

UĞUR KARABAĞ

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ SAĞ. BİL. ENST.

DOKTORA TEZİ

İSTANBUL-2025



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**FARKLI SON YIKAMA PROTOKOLLERİNİN EPOKSİ
REÇİNE ESASLI KANAL PATININ KÖK DENTİNİNE
BAĞLANMA DAYANIMI ÜZERİNE ETKİSİ**

UĞUR KARABAĞ

DANIŞMAN
PROF. DR. HANDAN ERSEV

ENDODONTİ ANABİLİM DALI
ENDODONTİ DOKTORA PROGRAMI

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 beyan ederim.

UĞUR KARABAĞ

AÇIKLAMA:

Kişisel Verileri Koruma Kurulu'nun 24/09/2020 tarihli ve 2020/722 sayılı toplantısında “Açık Erişim Sisteminde ıslak imzalı evrakların yayımlanması uygulamasının ilgili kişilere ait ıslak imzalı belgeleri içermeyecek şekilde güncellenmesi” Kararı üzerine tezlerde kişisel verilerin olmadan yüklenmesi uygulamasına başlanmıştır.

İTHAF



Canım kızım DOĞA'ya ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca bilimsel ve mesleki tecrübesi ile yoluma ışık tutan ve yardımlarıyla yetişmemde emek veren değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Handan ERSEV'e,

Eğitimimde emeği geçen Doç. Dr. Ayça YILMAZ ve İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nın çok değerli öğretim üyelerine,

Doktora eğitimim sürecinde özellikle klinik alanda bana hep yol gösteren ve desteğini esirgemeyen değerli Dr. Öğr. Üyesi Sıtkı Selçuk GÖKYAY, Dr. Öğr. Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Yağmur YALÇIN'a

Tez sürecini birlikte yürüttüğüm ve bilgi ve deneyimlerini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli arkadaşım Dr. Dt. Merve YÜNÜK'e

Doktora hayatımı keyifli bir yolculuk haline getiren endodonti anabilim dalındaki tüm asistan arkadaşlarıma,

Dünya görüşleri ve destekleriyle beni her zaman başarılı olmaya yönlendiren kıymetli amcalarıma,

Hayatın her alanında olduğu gibi bu süreçte de sabrını, ilgisini, sevgisini ve desteğini esirgemeyen ve yürüdüğüm tüm yollarda hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan canım annem, babam ve ablama,

Her zaman ve her konuda yanımda olan, varlığıyla güç bulduğum sevgili hayat arkadaşım ve eşim Kübra KARABAĞ'a çok teşekkür ederim.

İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Endodonti Doktora Programında Doktora öğrencisi Uğur Karabağ tarafından Prof. Dr. Handan ERSEV'in danışmanlığında hazırlanan "Farklı Son Yıkama Protokollerinin Epoksi Reçine Esaslı Kanal Patının Kök Dentinine Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi" başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından . . / . /202. . tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavında başarılı bulunmuş ve Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Ünvanı Adı Soyadı

Üniversite, Fakülte

Anabilim Dalı

Jüri

Ünvanı Adı Soyadı
Üniversite, Fakülte

Anabilim Dalı

Jüri

Ünvanı Adı Soyadı
Üniversite, Fakülte

Anabilim Dalı

Jüri-(Danışman)

Ünvanı Adı Soyadı

Üniversite, Fakülte

Anabilim Dalı

Jüri

Ünvanı Adı Soyadı
Üniversite, Fakülte

Anabilim Dalı

Jüri

Ünvanı Adı Soyadı
Üniversite, Fakülte

Anabilim Dalı

İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	ii
İTHAF.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	x
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Kök kanalı sisteminin yıkanması.....	4
2.2. Smear tabakası	4
2.3. Kök kanal sisteminin yıkanmasında kullanılan solüsyonlar.....	5
2.3.1. Sodyum hipoklorit (NaOCl)	8
2.3.2. Etilendiamintetraasetik asit (EDTA).....	10
2.3.3. Distile Su.....	11
2.3.4. Dual Rinse HEDP	13
2.4. Kök kanallarının doldurulması	15
2.4.1. Kök kanallarının doldurulmasında kullanılan kanal patları.....	15
2.4.1.1. Reçine içerikli patlar	16
2.5. Kök kanalı dentininin yapısı	18
2.6. Kök kanalı dentinine bağlanmayı etkileyen faktörler.....	19
2.6.1. Kök kanalının özelliklerinin bağlanma dayanımına etkisi.....	19
2.6.2. Kanal patlarının bağlanma dayanımına etkisi	20
2.6.3. Yıkama solüsyonlarının bağlanma dayanımına etkisi	21
2.7. Bağlanma dayanımının ölçülmesinde kullanılan yöntemler.....	21
2.7.1. İtme bağlanma dayanımı testi [Push-out bond strength test (push-out testi)] ..	22
2.8 Stereomikroskop analizi	23
2.9 Taramalı Elektron Mikroskobu [(SEM) – Scanning Electron Microscope] ...	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	25

3.1. Dişlerin seçilmesi.....	25
3.2. Dişlerin hazırlanması	26
3.3. Kanalların pat ile doldurulması, saklanması ve kesitlerin alınması.....	31
3.4. Push-Out bağlanma dayanımı testi	32
3.5. Stereomikroskop analizi	35
3.6. Taramalı elektron mikroskobu (SEM– Scanning Electron Microscope) analizi ...	35
3.7. İstatistiksel analiz.....	36
4. BULGULAR.....	37
5. TARTIŞMA.....	48
6. SONUÇLAR.....	80
KAYNAKLAR.....	81
FORMLAR.....	113
ETİK KURUL ONAYI.....	114
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI.....	116

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 0-1. Endodontide Kullanılan Yıkama Solüsyonları (Agarwal ve ark., 2019; Basrani ve Haapasalo, 2012; Sfeir ve ark., 2023; Zollinger ve ark., 2018)

Tablo 4-1. Gruplarda Elde Edilen Dentine Bağlanma Dayanımı Değerlerinin (MPa) Ortalamalarının Gruplar Arası İstatistiksel Analizi

Tablo 0-2. Gruplarda Elde Edilen Dentine Bağlanma Dayanımı Değerlerinin Ortalamalarının Gruplar Arası Karşılaştırmalarının Post-hoc Analizi

Tablo 4-3. Son Yıkamada Kullanılan Son Solüsyonun Aynı Olduğu Grupların Birleştirilmesiyle Oluşturulan Gruplarda Elde Edilen Dentine Bağlanma Dayanımı Değerleri (MPa) Ortalamalarının Gruplar Arası İstatistiksel Analizi

Tablo 4-4. Son Yıkamada Kullanılan Son Solüsyonun Aynı Olduğu Grupların Birleştirilmesiyle Oluşturulan Gruplarda Elde Edilen Dentine Bağlanma Dayanımı Değerleri Ortalamalarının Gruplar Arası Karşılaştırmalarının Post-Hoc Analizi

Tablo 0-5. Ayrılma Tiplerinin İstatistiksel Analizi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3-1. %2,5'lik NaOCl solüsyonu (Mediko Kimya, İstanbul, Türkiye)

Şekil 3-2. Dual Rinse HEDP (Medcem; Weinfelden, Switzerland)

Şekil 3-3. %17'lik EDTA solüsyonu (Aqua Medikal, İstanbul, Türkiye)

Şekil 3-4. AH Plus kanal patı (Dentsply, Konstanz, Germany)

Şekil 3-5. Isomet cihazı (ISOMET, Buehler LTD, Lake Buff, IL, ABD)

Şekil 3.6 Isomet cihazı ile elde edilen kesitler

Şekil 3-7. Universal test cihazı (A), Deney düzeneği (B)

Şekil 3-8. Adeviz ayrılma (A), Koheziv Ayrılma (B), Karma Ayrılma (C)

Şekil 4-1. Gruplarda elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerlerinin (MPa) ortalamaları

Şekil 4-2. Son yıkamada kullanılan son solüsyonun aynı olduğu grupların birleştirilmesiyle oluşturulan gruplarda elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ortalamaları

Şekil 4-3. Ayrılma tipleri

Şekil 4-4. Kontrol grubu ve son aktif yıkama solüsyonuna emsal teşkil eden deney gruplarına ait örnek SEM görüntüleri

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

‰: Yüzde

µm: Mikrometre

ark.: Arkadaşları

°C: Santigrat derece

Ca/P: Kalsiyum/fosfor

Ca⁺⁺: Kalsiyum iyonu

Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂: Hidroksiapatit

dk: Dakika

Dual Rinse HEDP: Etidronik asit tozu

Dual Rinse HEDP solüsyonu: Etidronik asit tozunun sodyum hipoklorit solüsyonuyla karıştırılması sonucu elde edilen çözelti

EDTA: Etilendiamintetraasetikasit

g: Gram

H⁺: Hidrojen iyonu

HEDP: 1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate

HOCl: Hipokloröz asit

ISO: International Organization for Standardization-Uluslararası Standardizasyon Örgütü

in vitro: Laboratuvar ortamında

ml: Mililitre

mm: Milimetre

MPa: Megapascal

N: Newton

Na⁺: Sodyum iyonu

NaOCl: Sodyum hipoklorit

NaOCl/EDTA veya EDTA/NaOCl: Solüsyonların bir çalışma grubunda ardışık kullanımı

OCl⁻: Hipoklorit iyonu

OH^- : Hidroksil iyonu

p: İstatistiksel anlamlılık değeri (*probability*)

PBS: Fosfat tamponlu serum fizyolojik solüsyonu

pH: potential of hydrogen / power of hydrogen

SEM: Taramalı elektron mikroskobu

π : Pi sayısı



ÖZET

Karabağ, U. (2025). Farklı Son Yıkama Protokollerinin Epoksi Reçine Esaslı Kanal Patının Kök Dentinine Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Bu çalışmanın amacı epoksi reçine esaslı AH Plus (Dentsply, Konstanz, Germany) patının farklı kanal yıkama protokolleri ardından dentine bağlanma dayanımı değerlerinin karşılaştırılmasıdır. Çalışmaya dâhil edilen 84 adet alt küçük azı dişi 12 farklı gruba rastgele dağıtıldıktan sonra Grup 1’de (G1-kontrol grubu) şekillendirme ve son yıkama aşamasında distile su kullanılmıştır. Şekillendirme aşamasında, 2 ila 7. gruplarda NaOCl, 8 ila 12. gruplarda Dual Rinse HEDP (Medcem; Weinfelden, Switzerland) solüsyonlarıyla yıkama yapılmıştır. Son yıkama aşamasında, distile su (DS), NaOCl (N), EDTA (E) ve Dual Rinse HEDP (DR) solüsyonlarının farklı sırada kullanılmasına göre oluşturulan deney grupları: G2-N/E; G3-N/E/DS; G4-N/DS/E/DS; G5-N/E/N; G6-N/E/N/DS; G7-N/DS/E/DS/N/DS; G8-DR; G9-DR/DS; G10-DR/E; G11-DR/E/DS; G12-DR/DS/E/DS. Kök kanalı dolgusunu takiben dişler 37° C’de %100 nemli ortamda 7 gün bekletilmiştir. Diş köklerinin orta 1/3’lük kısmından elde edilen 1±0,1 mm kalınlığında üçer adet yatay dentin kesitine (n=20) 1 mm/dk hızında kuvvet uygulanarak push-out testi gerçekleştirilmiştir. Gruplar arası karşılaştırmalarda Kruskal Wallis testi, alt grup karşılaştırmalarında Dunn’s çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (p<0,05). Son yıkamada solüsyonlar arasında ve sonrasında distile su kullanımının dentine bağlanma dayanımı değerlerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmüştür. Son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanıldığı gruplarda son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonu kullanılan gruplara kıyasla anlamlı derecede daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri saptanmıştır. Son aktif solüsyon olarak Dual Rinse HEDP solüsyonu kullanılan gruplarda elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerlerine kıyasla son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonu kullanılan tüm gruplarda daha düşük değerler gözlenirken şekillendirme aşamasında NaOCl solüsyonu kullanılan gruplarla saptanan farkın anlamlı olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: AH Plus, Dual Rinse HEDP, Yıkama Protokolü, Dentine Bağlanma Dayanımı, Push-out Testi

ABSTRACT

Karabağ, U. (2025). Effect of Different Final Irrigation Protocols on the Bond Strength of Epoxy Resin-Based Root Canal Sealer to Root Dentin. İstanbul University Institute of Health Sciences, Department of Endodontics. Doctoral Thesis. İstanbul.

The aim was to compare the bond strength values of epoxy resin-based AH Plus (Dentsply, Konstanz, Germany) sealer to dentin following various irrigation protocols. Eighty-four mandibular premolars included were randomly distributed into 12 groups. Distilled water was used during shaping and final irrigation in Group 1 (G1-control group). During shaping, groups 2 to 7 were irrigated with NaOCl, while groups 8 to 12 with Dual Rinse HEDP (Medcem; Weinfelden, Switzerland) solutions. Experimental groups formed according to the order of use of distilled water (DS), NaOCl (N), EDTA (E), and Dual Rinse HEDP (DR) solutions during final irrigation: G2-N/E; G3-N/E/DS; G4-N/DS/E/DS; G5-N/E/N; G6-N/E/N/DS; G7-N/DS/E/DS/N/DS; G8-DR; G9-DR/DS; G10-DR/E; G11-DR/E/DS; G12-DR/DS/E/DS. Following root canal filling and storage at 37° C and 100% humidity for 7 days, push-out tests were performed by applying a force of 1 mm/min to three horizontal 1±0.1 mm thick sections obtained from the middle third of the roots (n=20). Kruskal-Wallis test was used for intergroup comparisons and Dunn's multiple comparisons test for subgroup comparisons (p<0.05). Using distilled water during final irrigation did not cause a significant difference in bond strength values. Significantly higher bond strength values were detected in the groups NaOCl used as the final active solution compared to the groups EDTA used as the final active solution. Compared to the groups Dual Rinse HEDP used as the final active solution, lower values were observed in all groups EDTA used as the final active solution, while the difference detected for the groups NaOCl solution used during shaping was significant.

Keywords: AH Plus, Dual Rinse HEDP, Irrigation Protocol, Bond Strength to Dentin, Push-out Test

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Endodontal hastalıkların temelini mikroorganizmalar oluşturur ve bu hastalıkların tedavisindeki birincil amaç kök kanalı sistemindeki bakterilerin uzaklaştırılmasıdır (Gulabivala ve ark., 2010; Haapasalo ve ark., 2010).

Kök kanalı tedavisinin temelini “endodontik triad” olarak da bilinen kök kanallarının temizlenmesi, şekillendirilmesi ve sızdırmaz bir şekilde doldurulması oluşturur (Clark ve Khademi, 2016; Musani ve ark., 2009).

Kemomekanik hazırlık; kök kanallarının temizlenmesi, dezenfekte edilmesi ve şekillendirilmesini ifade etmek için kullanılan bir terimdir. Bu aşama, kök kanalı tedavisi ihtiyacı olan, özellikle de enfekte olmuş dişlerin tedavisi sırasında oldukça önemlidir. Çünkü tedavinin prognozu, klinisyenin bakterilerin yeniden çoğalabilmesi için substrat görevi görecek olan bakteri ürünleri ve nekrotik dokuyu ne kadar etkili bir şekilde ortadan kaldırdığıyla doğrudan ilişkilidir (Dennis ve ark., 2021)

Kök kanalı sisteminin anatomik ve morfolojik varyasyonları başarılı bir tedavi gerçekleştirme hedefinde zorluklar oluşturabilir. Özellikle enfekte dişlerde, bakteriler hem kök kanalının şekillendirilmesinde kullanılan aletlerin ulaşamadığı ana kanal duvarlarında hem de istmuslar, dallanmalar, derin dentin tübülleri ve C-şekilli veya oval kanallar gibi ulaşılması zor alanlarda kalabilir. Böylece kök kanallarının etkili bir şekilde yıkanmasının önemi ortaya çıkmaktadır (Wu ve Wesselink, 2001).

Kök kanallarının yıkanmasıyla beraber, kök kanalı sistemi içindeki enfekte olmuş dokular, yumuşak ve sert doku artıkları, fiziksel ve kimyasal olarak kök kanalı sisteminden uzaklaştırılmış olur. Kök kanallarının yıkanmasında kullanılan ajanlar, organik doku artıklarını uzaklaştırarak, mikroorganizmaların beslenmesi ve çoğalması için gerekli olan maddeleri uzaklaştırmakta, böylelikle de mikroorganizmaların sayı ve türlerinin azalmasını sağlamaktadır. Eğer kök kanalı tedavisinde antibakteriyel etkisi olan bir yıkama solüsyonundan faydalanılmazsa yeterli dezenfeksiyon ve asepsi sağlanamamaktadır (Orstavik ve ark., 1991; Sjogren ve ark., 1991).

Solüsyonların kanal içerisinde sağladığı kayganlıkla birlikte, kanal aletlerinin çalışması kolaylaşır, kanal aletinin üzerinde birikecek debris ile kesme etkinliğinin azalması engellenir, ıslak kanal duvarları sayesinde işlem hatalarının önüne geçilir ve kanal aletlerinin kırılma riski azalır (McGuigan ve ark., 2013).

Solüsyonların kanal aletlerinin ulaşamadığı düzensiz kanal bölgelerine ulaşımı da mümkün olduğundan, kök kanalı dolgu materyallerinin daha iyi adaptasyonu ve hızlı ve etkili bir iyileşme sağlanması mümkün olur (Alaçam, 2012a).

Kök kanallarının şekillendirilmesi sonrasında, kök kanalı dolgusundan önce yapılan yıkamaya yaygın olarak “son yıkama” adı verilmektedir. Son yıkama aşamasında, şekillendirme sonucunda kök kanalı duvarlarında biriken ve smear tabakası adı verilen tabakanın uzaklaştırılması ve kök kanallarının antimikrobiyal bir yıkama solüsyonu aracılığıyla yıkanması önerilmektedir (Basrani ve Haapasalo, 2012).

Sodyum hipoklorit (NaOCl), organik dokuların uzaklaştırılması ve dezenfeksiyon amacıyla en yaygın kullanılan endodontik yıkama solüsyonudur. NaOCl ayrıca düşük yüzey gerilimine sahip olması sayesinde, kök kanalındaki dentin duvarları boyunca yayılabilme ve biyofilmleri kolayca çözebilme özelliklerine de sahiptir (Zehnder ve ark., 2005a). NaOCl yalnızca organik dokuları uzaklaştırabildiğinden ayrıca inorganik doku çözücülere ihtiyaç duyulmaktadır. Şelatörler kalsiyum iyonlarıyla birleşerek şelatlar oluşturur ve smear tabakasının inorganik kısmını ortadan kaldırır (Zehnder ve ark., 2005b).

Bir disodyum tuzu olan etilendiamintetraasetik asidin (EDTA) %17'lik çözeltisi endodontide smear tabakasının uzaklaştırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Solüsyon smear tabakasının uzaklaştırılmasına katkıda bulunarak dentin tübül ağzlarını ortaya çıkarabilir (Neelakantan ve ark., 2012). Açığa çıkan dentin tübülleri, kanal patının adezyonunu kolaylaştırmaktadır (Martinho ve ark., 2020).

Yakın dönemde organik ve inorganik doku çözücü solüsyonların etkilerini bir arada elde etmek amacıyla hidroksietan-1,1-difosfonik asit (HEDP), etilendiamintetraasetik asit tozu, NaOCl solüsyonu ile karıştırılarak kullanılmaktadır. Dual Rinse HEDP (Medcem Weinfelden, İsviçre) olarak adlandırılan bu çözeltinin hem NaOCl solüsyonunun özelliklerine sahip olması hem de şelatlayıcı etki göstermesi nedeniyle yaygın olarak kullanılan yıkama ajanlarının yerini alabileceği iddia edilmektedir (Zehnder, 2019). Bu solüsyonun, şekillendirme işlemi boyunca veya sadece son yıkama işlemlerinde NaOCl solüsyonu yerine kullanılabileceği ve uygulamada kolaylık sağlayabileceği öne sürülmektedir (Paque ve ark., 2012).

Kök kanalı tedavilerinde son aşama, mikroorganizmaların yeniden çoğalarak enfeksiyona sebep olmalarını önleyebilmek amacıyla kök kanallarının üç boyutlu ve hermetik bir şekilde kapatılmasıdır (Miles ve ark., 1994). Bu nedenle, kök kanalı dolgu materyallerinin dentin duvarlarına adezyonu son derece önemlidir (Cecchetti ve ark., 2021).

Epoksi reçine esaslı kanal patları, düşük çözünürlükleri, iyi apikal sızdırmazlık kabiliyetleri ve dentine güçlü bağlanmaları nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedirler (Tay ve ark., 2006). Epoksi reçine esaslı bir kanal patı olan AH Plus (Dentsply, Konstanz, Germany), kök kanalı dentinine adaptasyonu ve radyopaklığı nedeniyle tercih edilir ve ayrıca hem sıcak hem de soğuk obtürasyon tekniklerinde kullanıma uygundur (Aksel ve ark., 2021).

Kanal dolgu maddeleri ile dentin duvarları arasındaki bağlanma dayanımının değerlendirilmesi, çeşitli testler yardımıyla yapılmaktadır (Tagger ve ark., 2002). Push-out testi kolayca değerlendirilebilir bir testtir. Bu test yönteminde kuvvet dentin ile kanal patının arayüzüne paralel olarak uygulanabilmekte, bu sayede düşük bağlanma dayanımı değerlerini dahi ölçebilmektedir (Drummond ve ark., 1996; Fisher ve ark., 2007).

Bu çalışmanın amacı, NaOCl, EDTA, Dual Rinse HEDP ve distile su solüsyonlarının farklı kombinasyonlarıyla yapılan yıkama işlemlerinin epoksi reçine esaslı AH Plus (Dentsply, Konstanz, Germany) kanal patının dentine bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerinin push-out testi ile değerlendirilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök kanalı sisteminin yıkanması

Kök kanalının antibakteriyel ve doku çözücü solüsyonlarla yıkanması endodontik yıkama olarak adlandırılır (Basrani ve Haapasalo, 2012; Haapasalo ve ark., 2014a). Kök kanalı tedavisinde yıkamanın mekanik ve kimyasal işlevleri; debrisin uzaklaştırılması, kanalın şekillendirilmesinin kolaylaştırılabilmesi için kaygan hale getirilmesi, organik ve inorganik bileşenlerin çözündürülmesi ve smear tabakasının uzaklaştırılması olarak sıralanabilir. Biyolojik işlevi ise daha çok antimikrobiyal etkiyle ilgili olup, planktonik olarak bulunan ve biyofilmlerdeki anaerobik ve fakültatif mikroorganizmalara karşı etki göstermek ve endotoksinleri inaktive etmek olarak sıralanabilir (Basrani ve Haapasalo, 2012).

2.2. Smear tabakası

Kök kanalının şekillendirilmesi aşamasında, el aletleri veya döner aletlerin kullanımı sonrasında, dentin duvarlarında organik ve inorganik dokulardan oluşan düzensiz bir tabaka oluşmaktadır. Bu tabakaya smear tabakası adı verilmektedir (Yang & Bae, 2002; Lui ve ark. 2007; Moon ve ark. 2010). Smear tabakası iki bölümden oluşur: Dentin yüzeyini örten yüzeysel tabaka ve dentin tübüllerinin içine girerek dentin tübüllerini tıkayan tabaka (Alamoudi, 2019). Bu tabakanın kök kanalı tedavisi üzerindeki etkisini araştırmak için birçok çalışma yapılmış ve çeşitli görüşler ortaya atılmıştır.

Eick ve ark. (1970) taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanarak smear tabakasını inceleyen ilk araştırmacılar arasında yer almışlar ve yaptıkları çalışmada smear tabakasının kalınlığının 0,5 ile 15 µm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. 1975 yılında McComb ve Smith (1975), kök kanallarının şekillendirilmesinin ardından kanal duvarlarında smear tabakasının oluştuğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar kanal duvarlarında oluşan smear tabakasının dentin talaşı, mikroorganizmalar, toksinler, odontoblastik uzantılar ve pulpa kalıntıları içerdiğini belirtmişlerdir. Prati ve ark. (1994) ise smear tabakasını incelemişler ve bunun düzensiz, şekilsiz ve ağaç kabuğuna benzeyen granüler bir görünüme sahip olduğunu bildirmişlerdir. Smear tabakasının kalınlığı dentinin farklı bölgelerine göre değişiklik göstermektedir ve kullanılan kanal aleti, şekillendirme tekniği, kök kanalı sisteminin kuru veya ıslak olup olması ve

kullanılan yıkama solüsyonunun miktarı gibi faktörlere bağlıdır (Gilboe ve ark., 1980). Yapılan çalışmalarda, döner alet sistemleri kullanılarak yapılan kök kanalı şekillendirmesinin, el aletleri kullanılarak yapılan şekillendirmeye göre daha yoğun smear tabakası birikimine neden olduğu gözlemlenmiş, herhangi bir şekillendirme yapılmadığında ise kök kanalı duvarlarında smear tabakasının bulunmadığı ifade edilmiştir (Czonstkowsky ve ark., 1990).

Smear tabakasının yapısında hem organik hem de inorganik maddeler bulunmaktadır. Organik yapıda kan hücreleri, nekrotik ve vital pulpa kalıntıları, mikroorganizmalar ve yan ürünleri ile odontoblast artıkları bulunur. İnorganik yapı ise, kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sırasında oluşan dentin talaşlarını içermektedir (Foschi ve ark., 2004).

Kök kanalı tedavisi sırasında smear tabakasının uzaklaştırılması konusunda farklı görüşler yer almaktadır. Bazı araştırmacılar, smear tabakasının varlığının bakterilerin ve toksinlerin kök kanalından dentin tübüllerine, dentin tübüllerinden de kök kanallarına nüfuz etmesini önleyerek bir savunma bariyeri görevi görmesini öne sürerek smear tabakasının kaldırılmaması gerektiğini savunmuşlardır (Drake ve ark., 1994; Galvan ve ark., 1994; Pashley ve ark., 1981). Ancak smear tabakasının mikroorganizmalar için besin açısından zengin bir ortam oluşturduğu ve bir bariyer görevi görerek yıkama solüsyonlarının ve kanal içi medikamentlerin dentin tübüllerine penetrasyonunu engelleyerek etkinliklerini azalttığı görüşü günümüzde hakimdir (Alamoudi, 2019; George ve ark., 2005; Khan ve Ahmed, 2023). Smear tabakasının kök kanalı duvarlarında bırakılması, dentin tübüllerini tıkayarak, sodyum hipoklorit, kalsiyum hidroksit ve diğer kanal içi medikamentlerin dentin tübüllerine penetrasyonunu engelleyebilmektedir (Violich ve Chandler, 2010). Kök kanallarının yıkanması ile smear tabakası kaldırıldığında ise solüsyonların dezenfeksiyon etkinliğinin arttığı bildirilmektedir (Qian ve ark., 2011). Gençoğlu ve ark. (1993), yaptıkları çalışmada kök kanallarının doldurulması sırasında smear tabakasının uzaklaştırılmasının kanal dolgu materyalinin kanal duvarlarına adaptasyonunu arttırdığını belirtmişlerdir.

2.3. Kök kanal sisteminin yıkanmasında kullanılan solüsyonlar

Kök kanalı tedavisinde kullanılan yıkama solüsyonları tedavinin başarısı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu solüsyonlar, kök kanallarındaki nekrotik

dokuların, mikroorganizmaların ve debrisin uzaklaştırılmasında önemli rol oynarlar. Aynı zamanda, enfekte yumuşak ve sert dokuların kuronale doğru taşınarak kanaldan uzaklaştırılmasıyla periapikal alana taşmasını önlemeye yardımcı olurlar. Yıkama solüsyonlarının bazıları inorganik, bazıları ise organik dokuları çözebilme özelliğine sahiptir. Ayrıca birçok solüsyon mikroorganizmalarla doğrudan temas ettiğinde antimikrobiyal etki göstererek mikroorganizmaların eliminasyonuna katkıda bulunur (Haapasalo ve ark., 2014a).

Günümüzde, tüm endodontik tedavi aşamalarında tek başına yeterli olabilecek ideal bir yıkama solüsyonu bulunmamaktadır. Ancak solüsyonların uygun sırayla kullanılması sayesinde etkili bir yıkama protokolü oluşturulabilir. Bu kapsamda kullanılan güncel yıkama solüsyonları Tablo 2-1’de gösterilmiştir (Agarwal ve ark., 2019; Basrani ve Haapasalo, 2012; Sfeir ve ark., 2023; Zollinger ve ark., 2018).

Tablo 2-1. Endodontide Kullanılan Yıkama Solüsyonları (Agarwal ve ark., 2019; Basrani ve Haapasalo, 2012; Sfeir ve ark., 2023; Zollinger ve ark., 2018)

Endodontide Kullanılan Yıkama Solüsyonları
A) Kimyasal Solüsyonlar 1. Sodyum hipoklorit (NaOCl) 2. Klorheksidin 3. Antibiyotikler 4. Şelasyon Ajanları: • Etilendiamintetraasetik asit (EDTA) • Sitrik asit • Zayıf Şelatörler: perasetik asit, etidronik asit, maleik asit, kitozan, fitik asit 5. Kombine Ürünler: • Dual Rinse HEDP (Medcem Weinfelden, İsviçre) • BioPure MTAD (Dentsply Tulsa Dental, Johnson City, TN) • QMix 2in1 (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, ABD) • SmearClear (Kerr Endodontics, Orange, CA, ABD) • Tetraclean (Ogna Laboratori Farmaceutici, Milano, İtalya)
B) Doğal Solüsyonlar 1. Yeşil çay 2. Triphala

İdeal bir yıkama solüsyonun sahip olması gereken özellikler şu şekilde sıralanabilir (Alaçam, 2000; Chow, 1983; Sundqvist ve ark., 1998; Tomson ve Simon, 2016; Torabinejad ve ark., 2002):

1. Kullanılan solüsyon kök kanalı tedavisinde kullanılan aletlerin ulaşamadığı bölgelerde kalan organik ve inorganik doku ve debrisini uzaklaştırabilmeli ve bu bölgelerdeki temizliğe yardımcı olmalıdır,
2. Kayganlaştırıcı özellik göstererek kanal aletlerinin kullanımını kolaylaştırmalıdır,
3. Endodotoksinleri etkisiz hale getirebilmelidir,
4. Smear tabakasını uzaklaştırarak dentin tübül ağzlarının ortaya çıkmasına yardımcı olmalıdır,
5. Antimikrobiyal etki göstermeli ve bu etkisini uzun süre koruyabilmelidir,
6. Diş ve periapikal dokular üzerinde antijenik, toksik ve karsinojenik etkileri olmamalıdır,
7. Kullanılacak kanal dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımını olumsuz etkilememelidir,
8. Uygulaması kolay olmalıdır,
9. Dişlerde renkleşmeye sebep olmamalıdır,
10. Klinisyene zarar vermemelidir,
11. Kolay temin edilebilmelidir,
12. Raf ömrü uzun olmalıdır,
13. Saklanması kolay olmalıdır.

2.3.1. Sodyum hipoklorit (NaOCl)

Sodyum hipokloritin (NaOCl) %0,5'lik konsantrasyonu, ilk olarak I. Dünya Savaşı sırasında Henry Drysdale Dakin adlı bir kimyager ve Alexis Carrel adlı bir cerrah tarafından kontamine yaraları temizleme amacıyla kullanılmıştır. Bu nedenle, çözeltiye "Dakin'in çözeltisi" adı verilmiştir (Zehnder, 2006). Kök kanalı tedavisi sırasında bir yıkama solüsyonu olarak NaOCl solüsyonu kullanımı Coolidge tarafından önerilmiştir (Coolidge, 1919; Grossman, 1943).

NaOCl, günümüzde kök kanalı tedavisinde kullanılan organik dokuları çözme yeteneği olan tek ajandır ve en sık tercih edilen yıkama solüsyonudur. NaOCl solüsyonunun organik doku çözme kabiliyeti; solüsyonun yoğunluğu, sıcaklığı, uygulama yöntemi ve etki süresi gibi faktörlere göre değişkenlik göstermektedir

(Haapasalo ve ark., 2014b). Klinik uygulamalarda genellikle %0,5 ile %6 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (Gu ve ark., 2017).

NaOCl, su ile teması halinde sodyum (Na^+) ve hipoklorit (OCl^-) iyonlarına ayrışır; ardından hipokloröz asit (HOCl) oluşur. Hipoklorit iyonları ile hipokloröz asit, amino asitlerin yapısını bozarak hidrolizine neden olur. Bu süreçte serbestlenen klor, protein içeren amino gruplarıyla tepkimeye girerek kloramin oluşumunu sağlar. Kloramin, güçlü bir oksidan olarak mikroorganizmaların enzim aktivitelerini engelleyerek hücre fonksiyonlarında geri dönüşü olmayan bozukluklara yol açar (Estrela ve ark., 2002; Haapasalo ve ark., 2014a).

NaOCl, yaklaşık pH değeri 11'in üzerinde olan kuvvetli bir bazdır. Antibakteriyel etkisinin bir kısmı, ortamın pH'sını artıran hidroksil iyonlarının serbestlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yüksek pH, hücre membranında kalıcı hasarlara yol açar. Konsantrasyon arttıkça, NaOCl solüsyonunun antimikrobiyal etkisi ve doku çözme kapasitesi artarken, aynı zamanda toksisitesi de yükselir. Yüksek yoğunluklarda kullanıldığında, periapikal dokulara taşması durumunda ciddi doku reaksiyonlarına neden olma riski artmaktadır. %1'lik NaOCl solüsyonunun yüzey gerilimi yaklaşık 75 din/cm'dir. Bu yüksek yüzey gerilimine rağmen dirençli mikroorganizmalar karşısında bile %1'lik çözelti etkili bir seçenek olarak değerlendirilebilmektedir (Estrela ve ark., 2002). Düşük konsantrasyonlu solüsyonlar, ultrasonik aktivasyonla birlikte daha etkili hale gelmektedir (Haapasalo ve ark., 2014b).

NaOCl solüsyonunun doku çözme kapasitesini etkileyen diğer unsurlar arasında kullanılan solüsyonun hacmi, sıcaklığı, tazeliği ve temas süresi yer alır. Organik doku ile temas sonrası yaklaşık iki dakika içinde çözme etkinliği azalmaya başlar. Bu nedenle solüsyonun taze olarak hazırlanması ve düzenli olarak yenilenmesi önemlidir. Ayrıca solüsyonun ısıtılması, düşük konsantrasyonlarda dahi etkinliğin artmasına katkı sağlar (Basrani ve Haapasalo, 2012). Yapılan bir çalışmada, 45°C'de kullanılan %1'lik NaOCl solüsyonunun, 20°C'deki %5,25'lik NaOCl solüsyonuyla benzer doku çözme etkinliği gösterdiği bildirilmiştir (Sirtes ve ark., 2005).

Smear tabakası dentin tübüllerinin içine doğru kanal patı uzantıları (sealer tag) aracılığıyla gerçekleşen penetrasyonu engelleyerek epoksi reçine esaslı kanal patının mikromekanik retansiyonunu olumsuz etkilemektedir (Aranda-Garcia ve ark., 2013; Gopikrishna ve ark., 2011; Kouvas ve ark., 1998; Vilanova ve ark., 2012). Birçok

araştırmacı smear tabakasının kaldırılmasının, patların kanal duvarlarına adezyonunu ve dolayısıyla dentine bağlanma dayanımını olumlu yönde etkileyebileceğini öne sürmüştür (Mader ve ark., 1984; McComb ve Smith, 1975; Moodnik ve ark., 1976; Souza Sde ve ark., 2012; Takeda ve ark., 1998). NaOCl solüsyonu güçlü bir organik doku çözücüdür ve mekanik şekillendirme sırasında oluşan yüzeysel debris uzaklaştırılabilir de kanal duvarlarında oluşan smear tabakasını tamamen uzaklaştıramamaktadır (Candeiro ve ark., 2012; Haapasalo ve ark., 2010). Bu nedenle, smear tabakasının uzaklaştırılabilmesi için NaOCl solüsyonunun yanında inorganik doku çözücü solüsyonların da kullanılması gerekmektedir (Wu ve ark., 2020).

2.3.2. Etilendiamintetraasetik asit (EDTA)

Etilendiamintetraasetik asit (EDTA), smear tabakasının inorganik kısmını uzaklaştırabilmek amacıyla yıkama solüsyonu olarak günümüzde en sık tercih edilen şelasyon ajanıdır (Ingle ve ark., 2008). EDTA solüsyonu, dentinin yapısındaki kalsiyum iyonlarıyla (Ca^{++}) etkileşime girerek kalsiyum şelatları oluşturur ve sonuçta dekalsifikasyon meydana gelir (Silva ve ark., 2013). EDTA solüsyonunun antibakteriyel etkisi olmadığı bildirilse de, uzun süreli uygulamalarda hücre zarındaki metal iyonlarıyla etkileşime girerek bazı yüzeysel proteinleri serbest bırakabilir ve bu da hücre ölümüne neden olabilir (Ingle ve ark., 2008).

Yalnızca EDTA solüsyonunun smear tabakasının uzaklaştırılması için yeterli olmadığı, bu nedenle NaOCl solüsyonu gibi organik doku çözücü bir solüsyon ile birlikte kullanılması gerektiği bilinmektedir. Klinik uygulamalarda genellikle %17'lik konsantrasyonda kullanılır ve hafif alkali bir pH seviyesine sahiptir (yaklaşık 7,3) (Basrani ve Haapasalo, 2012; Hulsmann ve ark., 2003). EDTA ve NaOCl solüsyonlarının ardışık kullanımının, NaOCl solüsyonunun dentin dokusunun daha derin tabakalarına etki etmesini sağlayarak, NaOCl solüsyonunun antibakteriyel etkinliğini destekleyebileceği de ifade edilmiştir (Haapasalo ve Orstavik, 1987; Orstavik ve Haapasalo, 1990).

Dentinin yapısı yaklaşık %70 organik ve %20 inorganik bileşenlerden ve %10 sudan oluşur. Hidroksiapatit kristalleri ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) dentinin inorganik yapısının büyük kısmını oluşturmaktadır. Şelasyon ajanları, bu hidroksiapatit kristallerindeki kalsiyum iyonları ile etkileşime girerek dentinin mikroyapısında değişikliklere yol açabilir ve kalsiyum/fosfor (Ca/P) oranını değiştirebilir (De-Deus ve ark., 2006;

Kadulkar ve ark., 2024). Bu değişiklikler, dentinin mikrosertliğini, geçirgenliğini, çözünürlüğünü ve kullanılan materyallerin dentine bağlanma dayanımını etkileyebilir (Doğan ve Çalt, 2001; Kadulkar ve ark., 2024). Yalnızca EDTA solüsyonu ile yapılan yıkamanın dentinin mineral yapısında belirgin bir değişikliğe yol açmadığı ancak NaOCl solüsyonu ile ardışık kullanıldığında dentinin mineral içeriğinde belirgin değişikliğe sebep olduğu ifade edilmiştir (Doğan ve Çalt, 2001). EDTA solüsyonu tek başına kullanıldığında smear tabakasının sadece inorganik kısmını uzaklaştırabilmektedir ve arta kalan organik yapı dentin yüzeyinde birikerek daha fazla dentin çözünmesini önlediği için EDTA solüsyonunun etkinliği azalmış olur (Baumgartner ve Mader, 1987; Doğan ve Çalt, 2001). EDTA solüsyonunun uzun süreli kullanımının ise dentin erozyonuna yol açabileceği bildirilmiştir (Baumgartner ve Mader, 1987; Calt ve Serper, 2002; Niu ve ark., 2002).

Literatür incelemesi yapıldığında EDTA solüsyonunun epoksi reçine esaslı kanal patının dentine bağlanma dayanımına etkisi konusunda farklı görüşler olduğu görülmektedir. Shokouhinejad ve ark. (2013a) yaptıkları dentine bağlanma dayanımı çalışmasında EDTA kullanılarak smear tabakasının uzaklaştırılmasının epoksi reçine esaslı kanal patının dentine bağlanma dayanımı açısından anlamlı bir fark oluşturmadığını gözlemlemişlerdir. De-Deus ve ark. (2008a) ise son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonunun kullanımıyla demineralize dentinin kolajen ağında çökme meydana geldiği takdirde kolajen matrikse reçine infiltrasyonu zorlaşacağından epoksi reçine esaslı patların dentine bağlanma dayanımının olumsuz etkilenebileceğini bildirmişlerdir. Öte yandan başka bir çalışmada smear tabakasının uzaklaştırılması sonucu açığa çıkan dentin tübülleri içerisine reçine uzantılarının penetrasyonu mikromekanik bir retansiyon sağlanmasının materyallerin dentine bağlanma dayanımına katkıda bulunabileceği ifade edilmiştir (Sfeir ve ark., 2023). Eldeniz ve ark. (2005b) da EDTA solüsyonu kullanılarak smear tabakası uzaklaştırıldığında epoksi reçine esaslı kanal patının dentine bağlanma dayanımı değerlerinin artacağını bildirmişlerdir.

2.3.3. Distile Su

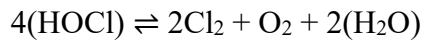
Kök kanalı tedavisinde yeterli mekanik şekillendirme yapıldıktan sonra dahi kök kanalında arta kalan canlı veya nekrotik pulpa dokusunu, debrisi ve mikroorganizmaları uzaklaştırabilmek için kök kanal sistemine bir veya daha fazla yıkama solüsyonunun uygulanması gerekmektedir (Lasala, 1992). Ne yazık ki, gerekli tüm etkileri

sağlayabilen tek bir yıkama solüsyonu yoktur. Bu nedenle tedavide başarıya ulaşabilmek amacıyla birden fazla ajanın belirli bir sırayla art arda kullanıldığı yıkama protokollerine ihtiyaç duyulmaktadır (Haapasalo ve ark., 2010).

Kök kanalı tedavilerinde ara yıkama solüsyonu olarak kullanılan distile su ve serum fizyolojik, doku çözücü veya antimikrobiyal aktiviteye sahip olmadıkları için ana yıkama solüsyonu olarak kullanılmamaktadır (Bystrom ve Sundqvist, 1983, 1985). Ayrıca smear tabakasına da etki etmemektedirler (Kadulkar ve ark., 2024; Ulusoy ve Gorgul, 2013). Distile su endodonti klinik pratiğinde ve bilimsel araştırmalarda (Aranda-Garcia ve ark., 2013; Neelakantan ve ark., 2011; Reboloso de Barrio ve ark., 2021; Tuncel ve ark., 2015) aktif yıkama solüsyonları arasında ve en son aşamada sıklıkla kullanılan bir solüsyondur.

EDTA, yaygın olarak %15 veya %17'lik konsantrasyonlarda kullanılan bir solüsyondur. Sulu çözeltileri trisodyum tuzlarının çözünmesiyle hazırlanmakta olup, sonuç olarak alkali bir pH (7,2) elde edilir. Bu pH değerinde sodyum hipoklorit ile EDTA arasında meydana gelen tepkime ekzotermiktir (Clarkson ve ark., 2011).

NaOCl ile EDTA solüsyonları karıştırıldığında, mevcut serbest klor çok hızlı bir biçimde azalmaya başlar (Grawehr ve ark., 2003). Sonuç olarak gaz oluşumu ortaya çıkar ve düşük miktarlarda klor gazı emisyonları gözlenmektedir (Baumgartner ve Ibay, 1987). NaOCl ve EDTA solüsyonları arasında asit-baz reaksiyonu gözlenir ve aşağıdaki reaksiyonlar ortaya çıkar ve ortamın pH'sı yükselmeye başlar.



EDTA ve NaOCl solüsyonlarının birbirine karışmasının neden olduğu serbest klor sayısındaki azalma, NaOCl solüsyonunun organik doku çözme becerisini önemli miktarda düşürür (de Almeida ve ark., 2015). Bu sebeple bu solüsyonlar karıştırılmamalıdır. Böylelikle EDTA solüsyonunun şelasyon yeteneği ve NaOCl solüsyonunun dezenfeksiyon kapasitesi korunabilir (Zehnder ve ark., 2005b).

Kök kanalı tedavisi sırasında yıkama solüsyonlarının art arda kullanımında, kullanılan ilk yıkama solüsyonu, bir sonrakini uygulamadan önce kök kanalından tamamen temizlenemeyebilir. Sonuç olarak, endodontik yıkama solüsyonları rutin olarak kök kanalı içinde birbirleriyle temas eder ve birbirleriyle etkileşime girerek

çeşitli yan ürünler oluşturabilir veya birbirlerinin etkilerini baskılayabilir. Bu nedenle istenmeyen etkileri önleyebilmek amacıyla ara bir yıkama solüsyonunun kullanımı gerekebilir (Mortenson ve ark., 2012).

2.3.4. Dual Rinse HEDP

Kök kanalı tedavisinde etkili bir dezenfeksiyon sağlanabilmesi için mikroorganizmaların, organik ve inorganik dokuların kök kanalından uzaklaştırılması gereklidir (Lottanti ve ark., 2009). Günümüzde etkin antibakteriyel özelliğinin yanında hem organik hem de inorganik dokuları çözebilen tek bir solüsyon bulunmamaktadır ve bu nedenle başarılı bir tedavi için birden fazla solüsyon ardışık olarak kullanılmaktadır (Ingle ve ark., 2008).

Etidronik asit [1-Hidroksietiliden-1,1-difosfonik asit (HEDP)] zayıf bir şelatördür ve NaOCl solüsyonuyla karıştırılarak kullanıldığında, NaOCl solüsyonunun kanal yıkama solüsyonu olarak etkinliğinin olumsuz yönde etkilenmediği gösterilmiştir (Zehnder ve ark., 2005b). NaOCl solüsyonunun kök kanalı tedavisinde istenen etkilerinin solüsyondaki serbestlenen klor miktarına bağlı olduğu bilinmektedir (Aubut ve ark., 2010). NaOCl solüsyonu etidronik asit ya da EDTA solüsyonları ile karıştırıldığında, NaOCl solüsyonunun serbestlediği klorun bağlanma oranları karşılaştırılmış; EDTA solüsyonunun 1 dakika içinde %95'lik bağlanmaya neden olduğu görülürken etidronik asit ile 1 saat sonunda %16'lık bağlanma tespit edilmiştir (Biel ve ark., 2017). Etidronik asit, NaOCl solüsyonunun etkisini önemsiz denecek düzeyde azalttığından, kök kanalı tedavisinde etidronik asit ve NaOCl solüsyonunun karıştırılarak kullanılmalarıyla "devamlı şelasyon" (continuous chelation) terimi gündeme gelmiştir (Neelakantan ve ark., 2012). Kök kanallarının yıkanması aşamasında, NaOCl solüsyonu klor serbestleyerek antibakteriyel ve organik doku çözücü etki gösterirken, etidronik asitin şelasyon özelliğine bağlı inorganik doku çözücü etkisiyle smear tabakası uzaklaştırılmış olur (Arias-Moliz ve ark., 2014; Paque ve ark., 2012).

Son yıllarda, NaOCl ile karıştırılmak üzere özel olarak geliştirilen Dual Rinse HEDP (Medcem Weinfelden, İsviçre) formülü, bir kapsül içerisinde 0,9 g ağırlıkta etidronik asit tozu içermektedir ve kullanıma hazır hale getirmek amacıyla her bir kapsülün 10 ml hacminde NaOCl solüsyonu ile karıştırılması gerekir (Medcem, 2024). %2,5 NaOCl / %9 HEDP ya da %5 NaOCl / %18 HEDP solüsyonları 1:1 oranda

karıştırılarak kombine bir solüsyon hazırlanabilmektedir (Castagnola ve ark., 2024; Kfir ve ark., 2020; Tartari ve ark., 2018a). Dual Rinse HEDP solüsyonu taze bir şekilde hazırlandığı anda pH'sının yaklaşık 12 olduğu, 1 günün sonunda ise 8,8'e düştüğü bildirilmiştir (Ballal ve ark., 2019a). Dual Rinse HEDP formülü NaOCl solüsyonu ile karıştırıldığında 1 saat boyunca şelasyon aktivitesini ve stabilitesini korur (Biel ve ark., 2017). De-Deus ve ark. (2008d) Dual Rinse HEDP solüsyonunun hem %9 hem de %18'lik konsantrasyonlarının 5 dakikalık sürenin sonunda smear tabakasını tamamen uzaklaştırabildiğini bildirmişlerdir. Sumathi (2017) ise, etidronik asit solüsyonunun 1 dakika süreyle kullanımının smear tabakasını 3 ve 5 dakika süreyle kullanıldığında kadar uzaklaştıramadığını, 5 dakika süreyle kullanımının ise dentinde erozyona neden olabileceğini ifade etmişlerdir.

Literatürde Dual Rinse HEDP ve EDTA solüsyonlarının karşılaştırıldığı çalışmalar incelendiğinde çeşitli bulgular rapor edildiği görülmektedir. Yıkama protokollerinin enfekte dentin üzerindeki antimikrobiyal etkisini değerlendiren bir çalışmada, Dual Rinse HEDP solüsyonunun, NaOCl/EDTA solüsyonlarından daha fazla antibakteriyel etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Giardino ve ark., 2019) Ballal ve ark. (2019b), NaOCl solüsyonunun dezenfeksiyon etkisinin %9'luk etidronik asit ile karıştırıldığında olumsuz etkilenmediğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca etidronik asit ile sodyum hipoklorit solüsyonu karışımının postoperatif ağrı ve inflamatuvar mediyatörlerin artışına neden olmadığını da bildirmişlerdir. Kfir ve ark. (2020) Dual Rinse HEDP solüsyonunu 0,5 dakika ve NaOCl/EDTA solüsyonlarını 5 dakika boyunca dentine uygulamışlar, her iki grupta da az da olsa erozyonla karşılaşsalar da aralarında anlamlı bir fark bulunmadığını ifade etmişlerdir. Castagnola ve ark. (2024) Dual Rinse HEDP ve NaOCl/EDTA solüsyonlarının smear tabakasının üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında kökün kural ve apikal 1/3'lük kısımda fark görememişler, orta 1/3'te ise Dual Rinse HEDP solüsyonunun daha etkin smear tabakası uzaklaştırabildiğini bildirmişlerdir. Aoun ve ark. (2023) da Dual Rinse HEDP solüsyonunun NaOCl/EDTA solüsyonlarına göre smear tabakasını daha etkili bir şekilde uzaklaştırabildiğini ifade etmişlerdir.

Etidronik asit ile NaOCl solüsyonu karışımlarının epoksi reçine esaslı kanal patının dentine bağlanma dayanımı değerlerine etkisi açısından farklı sonuçlar bildirilmiştir. Tartari ve ark. (2023) etidronik asit+NaOCl ve NaOCl/EDTA

solüsyonlarının epoksi reçine esaslı kanal patının dentine bağlanma dayanımı üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığını ifade etmişlerdir. Öte yandan Kaki ve Genç Şen (2018) ise etidronik asit+NaOCl solüsyonunun epoksi reçine esaslı kanal patının dentine bağlanma dayanımına herhangi bir olumlu etkisi olmadığını, NaOCl/EDTA solüsyonlarına göre anlamlı olarak daha düşük değerler elde edildiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte Neelakantan ve ark. (2012) etidronik asit+NaOCl solüsyonu ile yapılan devamlı şelasyonun epoksi reçine esaslı kanal patının dentine bağlanma dayanımına olumlu etki ettiğini ifade etmişlerdir.

2.4. Kök kanallarının doldurulması

Kök kanalı tedavisinin temel amacı, kök kanallarını uygun bir şekilde şekillendirmek ve temizlemek ve kök kanallarını üç boyutlu olarak, kurondan apikal foramene kadar biyouyumlu, boyutsal olarak stabil kök kanalı dolgu materyalleri ile doldurmaktır (Matsumiya, 1960). Hermetik bir kök kanalı dolgusu, kuronal veya periapikal bölgeden ana kanal, lateral kanallar, dentin tübülleri ve foramen apikale yoluyla kök kanal sistemine potansiyel olarak enfeksiyona neden olabilecek mikroorganizmaların yeniden girmesini önler. Böylece, kimyasal ve mekanik temizlik yoluyla elde edilen dezenfeksiyon korunmuş olur (Tauber ve ark., 1983).

Geleneksel bir kanal dolgusu, kanal patıyla bir araya gelmiş bir kor materyalinden oluşur. En sık kullanılan kor materyali güta-perkadır. Kanal patları genellikle kor materyali olarak kullanılan güta-perkanın kök kanalı duvarları ile arasında kalan boşlukları doldurmak amacıyla kullanılmaktadır (Ørstavik, 2006)

Schilder (2006) ideal kanal dolgu materyalinin kök kanalı duvarlarına ve düzensizliklere iyi adapte olması ve tüm kanalın homojen bir şekilde doldurulmasını sağlaması gerektiğini belirtmişlerdir. Ingle ve ark. (1994) ise başarısız tedavilerin %58'inin yetersiz kanal dolgusundan kaynaklanan mikrosızıntıya bağlandığını bildirmişlerdir.

2.4.1. Kök kanallarının doldurulmasında kullanılan kanal patları

Kök kanalı tedavisinde kullanılan kanal patlarının bugüne kadar sertleşme süreleri, çözünmeye karşı direnç özellikleri ve içerdikleri materyallere göre birçok sınıflandırmaları yapılmıştır.

- Çinko-oksit öjenol esaslı kanal patları

- Kalsiyum hidroksit esaslı kanal patları
- Cam iyonomer esaslı kanal patları
- Reçine esaslı kanal patları
- Silikon esaslı kanal patları
- Kalsiyum silikat esaslı kanal patları (Komabayashi ve ark., 2020)

Kök kanalı tedavisinde kullanılan kanal patları, kök dentini ile kor materyali arasında oluşabilecek boşlukları doldurmaları ve kor materyali ile kök dentini arasında bir bağlantı oluşturmaları amacıyla kullanılmaktadırlar. Bununla beraber kanal dolgu patları, ana kanal yanında istmusları, uzantıları, yan ve aksesuar kanalları da doldurabilmeleri açısından önem taşımaktadırlar. Aynı zamanda kök kanallarının doldurulması esnasında güta-perkanın yerleştirilmesi aşamasında kayganlaştırıcı görevi görürler (Johnson, 2006).

Grossman (1988), ideal bir kanal patının sahip olması gereken özellikleri şu şekilde sıralamıştır:

- 1 Hermetik bir örtüleme sağlamalı,
- 2 Sertleştikten sonra büzülme göstermemeli,
- 3 Bakterisid veya bakteristatik özellikte olmalı,
- 4 Dolgu materyali ile kök dentini arasında iyi bir bağlantı sağlayabilmeli,
- 5 Belirgin radyoopasiteye sahip olmalı,
- 6 Hazırlanması kolay olmalı,
- 7 Çevre dokularla uyumlu olmalı ve doku reaksiyonlarına sebep olmamalı,
- 8 Gerektiğinde kolayca uzaklaştırılabilmeli,
- 9 Dişte renkleşmeye neden olmamalı,
- 10 Kök kanallarına uygulamaya izin verecek kadar çalışma süresi uzun olmalı,
- 11 Doku sıvılarında çözünmemelidir.

2.4.1.1. Reçine içerikli patlar

Reçine içerikli patlar ikiye ayrılır: Metakrilat reçine esaslı kanal patları ve epoksi reçine esaslı kanal patları (Komabayashi ve ark., 2020).

2.4.1.1.1. Epoksi reçine esaslı kanal patları

Epoksi reçine bazlı kanal patları toz-likit veya pat-pat birleşimlerinden oluşmaktadırlar. Son dönemde kullanımları önemli derecede artmıştır. En büyük avantajları olarak adezyon yeteneklerinin ve apikal örtüleyici özelliklerinin yüksek olması, belirgin radyoopasiteye sahip olmaları ve üstün fizikokimyasal özellikleri sıralanabilir (Álvarez-Vásquez ve ark., 2024; Barthel ve ark., 1994; Vinola ve Mahalaxmi, 2024)

2.4.1.1.1.1. AH Plus Kanal patı

1954 yılında Andre Schroeder tarafından geliştirilen AH 26 kanal patı, likidinde bisfenol-A-diglisidil eter ve tozunda hekzametilen tetramin, bizmut oksit, gümüş ve titanyum dioksit içermektedir (Mamootil ve Messer, 2007). Polimerizasyon sırasında açığa çıkan formaldehit başlangıçta uzun süreli antiseptik özellikler sağlasa da biyolojik dokular için oldukça toksiktir. Bu toksik etkinin ancak bir hafta sonra azalabildiği ifade edilmiştir (Azar ve ark., 2000; Kaplan ve ark., 1999; Spangberg ve ark., 1993).

AH26 yüksek radyoopasiteye, düşük çözünürlüğe, minimal büzülme ve iyi adezyon özelliklerine sahiptir. Bu avantajlara rağmen formaldehit salınımı, uzun sertleşme süresi ve gümüş içeriği nedeniyle diş dokularında renkleşmeye sebep olmak gibi dezavantajları vardır. Tüm bu sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla AH Plus kanal patı geliştirilmiştir (Leonardo ve ark., 1999; Orstavik ve ark., 2001).

AH Plus, epoksi patında (A) epoksi reçine, silikon dioksit, bisfenol-A-diglisidil eter, kalsiyum tungstat, demir oksit, zirkonyum oksit amin patında ise (B) kalsiyum tungstat, zirkonyum oksit, adamantan amin, diamin, polidimetilsiloksan ve silikon dioksit içerir (Dentsply-Sirona, 2025; Orstavik ve ark., 2001). AH Plus, AH26 ile karşılaştırıldığında daha kısa bir sertleşme süresine ve daha yüksek radyoopasiteye sahiptir (Zmener ve ark., 1997). AH Plus hızlı hazırlanabilmesi ve kolaylık açısından toz-likit formu yerine çift pat olacak şekilde hazırlanmıştır ve sertleşme süresi yaklaşık 4 saattir. Bu iki pat 1/1 oranında kullanılır. AH Plus kanal patı, sertleşme süresi boyunca minimum büzülme gösterir. AH Plus'ın akışkan kıvamı, kök kanal sistemindeki mikro düzensizliklere yayılmasını sağlayarak mekanik bağlanmayı artırır ve kök dentinine iyi bir adezyon sağlar (Azar ve ark., 2000).

AH Plus, kök dentinindeki kolajen ağına bağlanır ve bu nedenle son yıkama aşamasında şelatör ajanların kullanılmasının kolajen ağını açığa çıkararak kanal patının dentine olan adezyonunu güçlendirdiği ifade edilmektedir (Hashem ve ark., 2009; Neelakantan ve ark., 2012; Sly ve ark., 2007)

AH Plus kök kanal patı iyi boyutsal stabiliteye, antibakteriyel özelliklere, dentin duvarlarına yüksek adaptasyona sahiptir ve gütaperkaya yakın radyoopasite gösterir (Kaplan ve ark., 2003). Erşahan ve Aydın (2010) AH Plus kanal patının bağlanma dayanımlarının EndoREZ ve Sealapex kanal patlarından daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Chandarani ve ark. (2022), AH Plus ve MTA Fillapex'in dentine bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, AH Plus kanal patının anlamlı olarak daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmişlerdir. Kayaoğlu ve ark. (2005) AH Plus kanal patının, *Enterococcus faecalis* sayısını azaltabildiğini bildirmişlerdir.

2.5. Kök kanalı dentininin yapısı

Dentin dokusu, insan dişlerinin büyük bir kısmını oluşturan kalsifiye bir dokudur. Esas olarak tip I kolajen fibrillerden ve hidroksiapatitten oluşmaktadır (Linde ve Goldberg, 1993).

Dentinin anatomik mikroyapısında, pulpa odasından dentin-mine sınırına, kök kanalından sementodental sınıra uzanan 1-2 μm çapında dentin tübülleri görülmektedir. Dentin tübüllerinin arasında ise intertübüler dentin tabakası bulunmaktadır. Kalsifiye kolajen fibrilleri yaklaşık olarak 50–100 μm çaptadır ve dentinin temel yapısını oluştururlar. Bu fibriller tübüllere dik açıyla konumlanır ve bir intertübüler dentin matriks ağı oluştururlar (Nalla ve ark., 2005).

Dentinin detaylı yapısını değerlendirmek için çeşitli çalışmalar yapılmış ve immünofloresan, mikroradyografi, taramalı elektron mikroskobu ve transmisyon elektron mikroskobu gibi birçok farklı teknik kullanılmıştır (Cagidiaco ve Ferrari, 1995).

Dentin tübül sayısı dişin dış kısmına yakın dentin alanlarında 10000–25000/mm² civarında iken, dentin tabakasının pulpaya yakın kısımlarında ise bu sayı 30000–52000/mm² seviyelerine kadar çıkabilmektedir (Garberoglio ve Brännström, 1976). Ayrıca dentin tübüllerinin çapı pulpa boşluğuna yakın dentin duvarlarında (2-3,2 μm)

dışın daha dış kısımlarındaki dentin alanlarına (0,5-1,2 μm) kıyasla daha geniştir (Garberoglio ve Brännström, 1976).

Kuronal ve kök dentinlerinde tübül morfolojisi ve intertübüler madde farklılıklarının yanı sıra kök kanalının farklı alanları arasında geniş bir varyasyon olduğu da söylenebilir (Holland, 1994).

Kanalın kuronal 1/3'lük kısmı, orta 1/3'lük kısmından daha fazla sayıda dentin tübülüne sahiptir. Kök kanalında kuronaldan apikale doğru gidildikçe tübüllerin ortalama çapı azalır. (Lo Giudice ve ark., 2015).

2.6. Kök kanalı dentinine bağlanmayı etkileyen faktörler

2.6.1. Kök kanalının özelliklerinin bağlanma dayanımına etkisi

Kök kanalı dentinine bağlanma dayanımı değerleri, kuronal dentine nazaran daha düşük seviyelerdedir. (Bouillaguet ve ark., 2003; Goracci ve ark., 2004). Yan kanallar, rezorbe alanlar, pulpa taşları ve çeşitli bölgelerdeki tersiyer dentin benzeri oluşumlar bağlanma dayanımını etkileyebilir (Mjor ve ark., 2001). Kök kanalı tedavisinde kullanılan patların adaptasyon ve penetrasyon özelliklerini, kök kanalı duvarlarının farklı bölgelerindeki dentin tübüllerinin yoğunluk ve düzeni, hangi dolgu tekniğinin kullanıldığı gibi faktörler etkileyebilir (Vassiliadis ve ark., 1996). Kökün kuronal bölümündeki tübül sayısı ve yoğunluğu, apikal bölgeye nazaran fazladır (Ferrari ve Mannocci, 2000). Diğer bazı çalışmalarda ise kök kanalı dentinine bağlanma dayanımının, tübül yoğunluğundan ziyade, intertübüler dentin alanları ile daha fazla ilişkili olduğu ortaya koyulmuştur (Foxton ve ark., 2005; Gaston ve ark., 2001).

Bağlanma açısından konfigürasyon faktörünün (C-faktörü) önemi vurgulanmaktadır. Kök kanalı dentini gibi sınırlanmış bölgelerde bağlanan yüzey alanının bağlanmayan yüzey alanına oranı (C-faktörü) yüksek olduğundan bağlanma istenen seviyelerde gerçekleşmeyebilir (Feilzer ve ark., 1987). Serbest yüzeyler ne kadar fazla ise polimerizasyon aşamasında stresin ortadan kaybolması için o derece yüksek bir akıcılık sağlanmaktadır. C-faktörü 3:1'den yüksekse bağlanma yetersizliği ve mikrosızıntı ihtimali artar (Yoshikawa ve ark., 1999). Giriş kavitesi için C-faktörü 6:1 ila 10:1 arasında olabilmekteyken, bu oran kök kanallarında 20:1 ila 100:1 arasında değişmektedir ve bu durum kanalın çapı ve uzunluğuyla doğrudan ilişkilidir (Carvalho ve ark., 1996; Morris ve ark., 2001). Özellikle ışıkla sertleşen materyaller için, kök

kanalının uygun olmayan geometrik konfigürasyonundan dolayı, sertleşme stresi çok yoğun olabilir ve reçine esaslı materyallerin dentin dokusundan ayrılmasına ve çeşitli boşlukların meydana gelmesine neden olabilir (Goracci ve ark., 2004).

Nakabayashi ve ark. (1982) tarafından ilk olarak ortaya atılan dentine bağlanma teorisine göre, bir asit (şelatör) kullanımına bağlı olarak smear tabakası uzaklaştırılır, yüzeysel dentin tabakası demineralize olur ve kolajen matriks açığa çıkar. Daha sonra yapılan uygulamalarla reçine esaslı materyal dentin tübülü ve kolajen matriks içine penetre olur. Bu reçine adeziv olarak tanımlanır ve bağlantıyı meydana getirir (Hansen ve Asmussen, 1989; Nakabayashi ve ark., 1982). Tüm bu aşamaların neticesinde 2-5 µm kalınlıkta reçineyle dolan kolajen matrikse “hibrit tabaka” denir (Van Meerbeek ve ark., 2003)

2.6.2. Kanal patlarının bağlanma dayanımına etkisi

Literatürde kanal patlarının özelliklerinin dentine bağlanma dayanımını etkilediği bildirilmiştir.

Kaplan ve ark. (2003), epoksi reçine esaslı kanal patlarının yeterli boyutsal stabiliteye ve dentin duvarlarına yüksek adaptasyona sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Fisher ve ark. (2007), epoksi reçine esaslı kanal patlarının, yapılarındaki epoksi halkaları ile dentinin kolajen ağında açığa çıkan amino grupları arasında oluşan kovalent bağlar sayesinde kök dentiniyle iyi bir adezyon sağladığını ifade etmişlerdir.

Neelakantan ve ark. (2012), inorganik doku çözücülerin kullanımının ardından kolajen fibrillerin açığa çıkmasıyla, epoksi reçine esaslı kanal patının dentinle daha güçlü bir bağlantı sağlayabileceği ifade etmişlerdir. Bu kimyasal bağlantı epoksi reçine esaslı kanal patlarının bağlanma dayanımının yüksek olmasının nedenlerinden biridir (Bowen, 1956; Vilanova ve ark., 2012) Ayrıca kanal patı uzantılarının (sealer tag) dentin tübülleri içine penetrasyonu ile oluşan mikromekanik retansiyonun, kanal patlarının dentine adezyonunda etkisinin olabileceği de ifade edilmektedir (Kouvas ve ark., 1998; Saleh ve ark., 2002). AH Plus kanal patının fiziksel özellikleri, dentin tübülleri içine penetrasyon sonucunda oluşan mekanik bağlantıya (mikromekanik retansiyon) olanak sağlamaktadır (Chandra ve ark., 2012).

Orstavik ve ark. (2001) ve Souza ve ark. (2009) epoksi reçine esaslı kanal patlarının sertleşme esnasında büzülme göstermediğini bildirmişlerdir. Ferreira ve ark.

(2023) kalsiyum silikat ve epoksi reçine esaslı kanal dolgu patlarının hacimsel değişimlerini incelemiş, kalsiyum silikat içerikli patlarda hacim kaybı gözlenirken AH Plus kanal patı 7 gün sonunda hacim kazanmıştır. AH Plus'ın zaman içinde hacim kazanmasını, görece düşük çözünürlüğüyle ve reçine matriksinin zaman içinde sıvı emerek hacim kaybını kompanse etmesiyle (Tanomaru-Filho ve ark., 2017; Torres ve ark., 2020) açıklamışlardır.

2.6.3. Yıkama solüsyonlarının bağlanma dayanımına etkisi

Kök kanalı tedavilerinde kullanılan yıkama solüsyonlarının kanal patlarının kök dentinine bağlanma dayanımı üzerinde farklı etkiler gösterdiği birçok çalışmada gösterilmiştir (Ari ve ark., 2003; Erdemir ve ark., 2004; Frankenberger ve ark., 2000; Karadağ ve ark., 2004; Lai ve ark., 2001; Morris ve ark., 2001; Öztürk ve Özer, 2004; Perdigao ve ark., 2007; Yiu ve ark., 2002).

Örneğin NaOCl solüsyonu kanal patının kanal duvarlarına adezyonunu engelleyebilecek gevşek organik kalıntıları ve smear tabakasının organik içeriğini uzaklaştırarak kanal patının dentine bağlanma dayanımına etki edebilmektedir (Leal ve ark., 2015; Neelakantan ve ark., 2011). Benzer şekilde inorganik doku çözücüler de özellikle epoksi reçine esaslı kanal patlarının adezyonunda önem taşıyan kolajen ağını açığa çıkararak ve smear tabakasının uzaklaştırılmasını sağlayarak dentine bağlanma dayanımına etki edebilmektedirler (Adl ve ark., 2017; Neelakantan ve ark., 2012).

2.7. Bağlanma dayanımının ölçülmesinde kullanılan yöntemler

Diş hekimliğinde bağlanma, dental girişimlerde kullanılan materyallerin kendi aralarında ya da materyaller ile diş dokuları arasında kimyasal, mekanik ya da mikromekanik ilişkiler kurulması olarak ifade edilebilir (Teixeira ve ark., 2004).

Son dönemde diş hekimliği alanında pek çok yeni materyal piyasaya çıkarılmıştır. Bu materyallerin karşılaştırılması ve klinik uygulamalar için uygunluklarının test edilmesi amacıyla genellikle laboratuvar testleri kullanılmaktadır (Sudsangiam ve van Noort, 1999). Kök kanalında dentin dokusuna bağlanmaya etki eden birden fazla faktör olmasından kaynaklı olarak bağlanma dayanımını test etmek zorlaşmaktadır. Bu sebeple, materyalleri değerlendirirken doğru test yönteminin tercih edilmesi son derece önemlidir.

Dentine bağlanmayı test etmek için yaygın olarak kullanılan güncel yöntemler şunlardır:

1. Çekme Bağlanma Dayanımı Testi (Pull-out Bond Strength Test)
2. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi (Shear Bond Strength Test)
3. Germe Bağlanma Dayanımı Testi (Tensile Bond Strength Test)
4. İtme Bağlanma Dayanımı Testi (Push-out Bond Strength Test)(Akbulut ve Belli, 2017)

2.7.1. İtme bağlanma dayanımı testi [Push-out bond strength test (push-out testi)]

Medikal alanda ilk olarak ortopedik implantların değerlendirilmesinde kullanılan bu testin diş hekimliğinde ilk kez kullanımı 1970 yılına kadar dayanmaktadır (Nilles ve ark., 1973; Roydhouse, 1970). Günümüzde ise bu test, genellikle endodonti alanında kök kanalı dolgusu ile dentin duvarı arasındaki bağlanmayı değerlendirmek amacıyla tercih edilmektedir (Shen ve ark., 2015). Dental materyali kök kanalından dışarı itebilecek kuvveti oluşturmak amacıyla sabit hızla ilerleyen bir uç kullanılır. Kuvvet bağlantı arayüzüne paralel, dentin tübüllerine dik gelmelidir. Materyali dentinden ayırabilecek en büyük kuvvet (Newton cinsinden) bağlanma dayanımını gösterir (Akbulut ve Belli, 2017). Elde edilen Newton (N) değeri, belirli bir formül aracılığıyla MegaPascal (MPa) birimine dönüştürülür (Leal ve ark., 2015).

Push-out testinde elde edilen sonuçlar; kullanılan materyalin türüne, uygulanan ucun çapına, bu ucun konumuna ve dentin kesitinin kalınlığına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Chen ve ark., 2013). Kullanılması planlanan test ucunun çapı, değerlendirilen materyalin çapından bir miktar daha küçük olacak şekilde seçilmeli ve dentin duvarlarına temas etmeyecek biçimde konumlandırılmalıdır (Chen ve ark., 2013). Brichko ve ark. (2018), push-out testlerinde kullanılan dentin kesitlerinin kalınlıklarının 1 ile 8 mm arasında değiştiğini, 4 mm'den daha ince kesitlerin ise "ince dilim push-out testi" olarak adlandırıldığını ifade etmişlerdir. 1 mm'den daha kalın olan dentin kesitleriyle yapılan testlerde, sürtünme kuvvetinin etkisiyle bağlanma dayanımı değerlerinin olduğundan daha yüksek çıkabileceği öne sürülmektedir. Bu nedenle, daha

tutarlı ve doğru sonuçlar elde edilebilmesi için push-out testlerinde ince dentin kesitlerinin tercih edilmesi önerilmektedir (Collares ve ark., 2016).

Push-out testinin başlıca avantajlarından biri, uygulanan kuvvetin dentin tübüllerine dik yönde iletilmesidir. Bu sayede, makaslama ve germe tipi bağlanma dayanımı testleriyle kıyaslandığında, bağlanma yüzeyinde daha düşük düzeyde stres oluşur. Ayrıca push-out testi, stres dağılımındaki değişikliklere karşı daha az duyarlıdır (Akbulut ve Belli, 2017).

2.8 Stereomikroskop analizi

Push-out bağlanma dayanımı testinin ardından, örnekler ayrılma tiplerinin değerlendirilmesi amacıyla stereomikroskop altında büyütme yardımıyla değerlendirilir. Kesitlerde gözlenen ayrılma tipleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Dos Santos ve ark., 2021; Sarkar ve ark., 2005; Vaiyapuri ve ark., 2021).

Adeziv ayrılma: Test edilen materyal ile dentin arasındaki arayüzde meydana gelen ayrılma.

Koheziv ayrılma: Test edilen materyalin kendi içerisinde (molekülleri arasında) oluşan ayrılma.

Karma ayrılma: Hem adeziv hem de koheziv ayrılmanın gözlenebildiği ayrılma türüdür.

2.9 Taramalı Elektron Mikroskopu [(SEM) – Scanning Electron Microscope]

Taramalı elektron mikroskopunun diş hekimliği alanında kullanımı 1962 yılına dayanmaktadır. Günümüzde birçok araştırmada aktif olarak kullanılmaktadır (Stewart ve Boyde, 1962).

SEM kök kanallarındaki smear tabakası, dentin tübülleri, debris ve yüzey defektlerinin görüntülenebilmesine olanak sağlamaktadır (Kulik-Sajewicz ve ark., 2024; McComb ve Smith, 1975; Razumova ve ark., 2025; Saghiri ve ark., 2012). Taramalı elektron mikroskopu restoratif ve endodontik materyallerin diş dokularına adaptasyonunu ve adezyonunu incelemek amacıyla da sıklıkla kullanılmaktadır. SEM dentine bağlanma dayanımı çalışmalarında da yıkama solüsyonlarının dentin üzerinde yaptığı değişiklikleri gözlemleyebilmek amacıyla ek bir analiz yöntemi olarak

kullanılmaktadır (El Sayed, 2024; Fernandes Zancan ve ark., 2021; Teixeira ve ark., 2009).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılacak olan diş örneklerinin ve materyallerin hazırlanması ve deneyler İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda ve Endodonti Anabilim Dalı Kliniği'nde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya başlamadan önce İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'na başvurulmuş ve 21.06.2020 tarih ve 685 sayı numarası ile onay alınmıştır.

Çalışmamız ile ilgili G*power 3.1 programı ile yapılan güç analizinde çalışma grubunun “Bağlanma dayanımı” etki büyüklüğü 0,42 bulunmuş (Leal ve ark., 2015) (alfa hata olasılığı=0,05); güç değeri 0,80 alınarak yapılan örneklem genişliği analizinde toplam alınması gerekli minimum örnek sayısı 192 (192/12 her gruba 16 örnek) olarak bulunmuştur. Çalışmamız her deney grubunda 20 örnek (n=20) olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.1. Dişlerin seçilmesi

Çalışmada İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı'nda çekilmiş, çekim nedeni belli olmayan, yeni çekilmiş tek kanallı ve tek köklü alt küçük azı dişleri kullanılmıştır.

Toplanan dişlerin üzerindeki diş taşları ve yumuşak doku artıkları bir ultrasonik cihaz (Woodpecker, Guilin, China) yardımı ile temizlenmiştir. Dişler toplandıktan sonra 10 dakika süresince %2,5'lik sodyum hipoklorit [NaOCl (Mediko Kimya, İstanbul, Türkiye)] solüsyonunda bekletilmiştir.

Dişler stereomikroskop (Leica MZ75, Leica Imaging Systems Ltd, Cambridge, UK)] kullanılarak 40X altında incelenmiştir. Köklerinde kırık, çatlak bulunmayan, kök ucu gelişimini tamamlamış ve kuronunda aşırı sert doku kaybı olmayan ve dijital kumpas (Tograt, Koodmax, İstanbul, Türkiye) yardımıyla mine-sement sınırı seviyesinde mezio-distal/bukko-lingual çapların oranı 2'den küçük olduğu saptanan tek köklü 84 alt küçük azı dişi çalışmaya dahil edilmek üzere seçilmiştir.

Dişlerin seçimi esnasında periapikal röntgen cihazıyla (KODAK / CareStream 2100 DC, NY, USA) mezio-distal ve bukko-palatinal yönlerden alınan dijital radyografiler yardımıyla, birden fazla kök kanalına sahip, kanal tedavisi görmüş veya

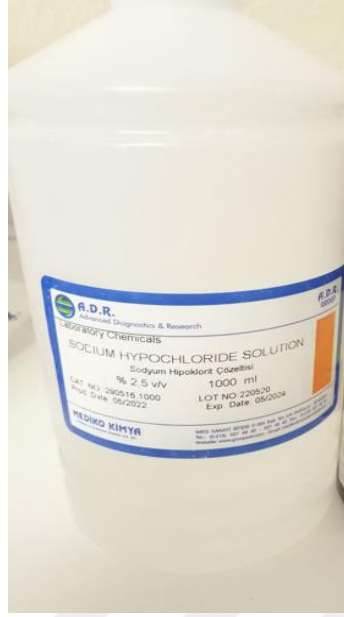
iç-dış kök rezorpsiyonuna sahip dişler çalışmanın dışında tutulmuştur. Aynı dijital periapikal radyografiler kullanılarak kanal eğim açısı 0° ila 5° arasında olan (Schneider, 1971) dişler ImageJ görüntüleme programı (National Institutes of Health and the Laboratory for Optical and Computational Instrumentation [LOCI, University of Wisconsin]) yardımıyla seçilmiş ve çalışmamıza dahil edilmiştir. Seçilen dişler deney aşamasına kadar $+4^{\circ}\text{C}$ derecede %0,1'lik timol solüsyonu içerisinde muhafaza edilmiştir.

Dişlere su soğutması altında endodontik giriş kavimleri açıldıktan sonra 10 numara K-tipi bir eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) kullanılarak kök kanalları boyunca herhangi bir tıkanıklık olup olmadığı kontrol edilmiş ve bir tıkanıklık saptanan dişler çalışmaya dahil edilmemiştir.

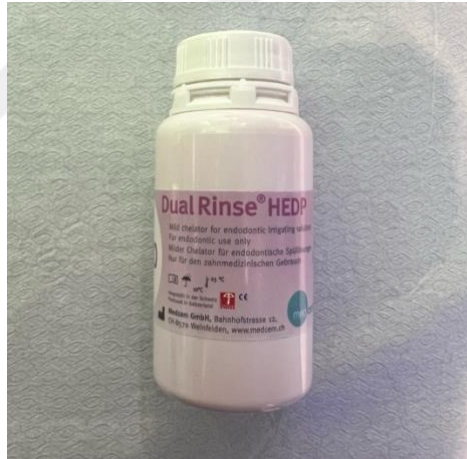
3.2. Dişlerin hazırlanması

Dişler, RANDOM.ORG (Randomness and Integrity Services Ltd., Dublin, Ireland) (<https://www.random.org>, 2023) adlı web sitesi yardımıyla 12 gruba rastgele dağıtılmıştır.

Çalışmamızda, distile su, %2,5 konsantrasyonunda NaOCl solüsyonu (Şekil 3-1), %2,5 NaOCl+%9 Dual Rinse HEDP (Medcem; Weinfelden, Switzerland) solüsyonu [10 ml %2,5'lik NaOCl solüsyonunun kapsül içinde sunulan 0,9 g Dual Rinse HEDP tozu ile karıştırılmasıyla elde edilen taze hazırlanmış %9'luk Dual Rinse HEDP solüsyonu] (Şekil 3-2) ve %17 konsantrasyonunda etilendiamintetraasetik asit [EDTA (Aqua Medikal, İstanbul, Türkiye)] (Şekil 3-3) kullanılmıştır.



Şekil 3-1. %2,5'lik NaOCl solüsyonu (Mediko Kimya, İstanbul, Türkiye)



Şekil 3-2. Dual Rinse HEDP (Medcem; Weinfelden, Switzerland)



Şekil 3-3. %17'lik EDTA solüsyonu (Aqua Medikal, İstanbul, Türkiye)

Şekillendirme sırasında 1. grupta distile su, 2 ila 7. gruplarda NaOCl solüsyonu, 8 ila 12. gruplarda Dual Rinse HEDP solüsyonu kullanılmıştır.

Şekillendirme ve son yıkama aşamalarında kullanılacak olan solüsyonların kök ucundan dışarı akmasını önlemek ve efektif bir geri akım sağlamak amacıyla tüm dişlerin kök ucu çevresine yapışkan bir mum (DynaFlex, DynaFlex, Missouri, ABD) uygulanmıştır.

Bütün dişlerde 10 numaralı K-tipi el eğesi, ucu apikal foramenden görünene kadar kanal içerisinde ilerletilmiş ve çalışma uzunluğu, bu uzunluktan 1 mm kısa olacak şekilde belirlenmiştir.

Tüm gruplar için şekillendirme işlemine başlamadan önce dişlerin endodontik giriş kavileri çalışma grubunda şekillendirme aşamasında kullanılması planlanan yıkama solüsyonu (distile su, NaOCl solüsyonu veya Dual Rinse HEDP solüsyonu) ile doldurulmuştur. 15 numaralı K-tipi eğe ile rehber yol oluşturulduktan sonra resiprokasyon hareketiyle çalışan Reciproc (VDW, Münih, Almanya) NiTi alet sistemi, X-Smart Plus (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland) endomotorun ön ayarlı Reciproc modunda kullanılmış, üretici firmanın önerisi doğrultusunda, öncelikle R25 numaralı alet ile şekillendirme yapılmıştır. Daha sonra kanal boşluğunun tamamının şekillendirme sonrası oluşan konik formun içine dahil edilmesi ve yuvarlak bir kanal yatay kesiti elde edilmesi amacıyla R50 numaralı alet kullanılarak şekillendirme

tamamlanmıştır. Aletlerin kullanımı sırasında her 3 gagalama hareketinin ardından kök kanallarının yıkanması amacıyla 2 ml yıkama solüsyonu kullanılmıştır. Böylelikle şekillendirme aşamasında her grupta toplam 14 ml yıkama solüsyonu kullanılmıştır.

Tüm gruplarda 30-gauge yandan delikli endodonti yıkama iğnesi (Endo-Top, Cercamed, Stalowa Wola, Poland), çalışma uzunluğundan 1 mm kısa olacak şekilde kullanılarak yıkama yapılmıştır. Tüm yıkama işlemleri esnasında kronometre kullanılarak süre takibi yapılmıştır.

Uygulanacak yıkama protokollerine göre 12 deney grubu (her grupta diş köklerinin orta 1/3 bölgesinden 3'er kesit alınarak elde edilen 20 adet yatay kesit olacak şekilde) aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

Grup 1 (n=20): Distile Su (DS)

Bu grupta şekillendirme aşamasında distile su kullanılmıştır.

Son yıkamada 5 ml distile su 1 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

Grup 2 (n=20): NaOCl; NaOCl / EDTA (N-N/E)

Bu grupta şekillendirme aşamasında NaOCl solüsyonu kullanılmıştır.

Son yıkamada sırasıyla 5 ml NaOCl solüsyonu 1 dakika süresince ve 5 ml EDTA solüsyonu 3 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

Grup 3 (n=20): NaOCl; NaOCl / EDTA / Distile Su (N-N/E/DS)

Bu grupta şekillendirme aşamasında NaOCl solüsyonu kullanılmıştır.

Son yıkamada sırasıyla 5 ml NaOCl solüsyonu 1 dakika süresince, 5 ml EDTA solüsyonu ile 3 dakika süresince ve 5 ml distile su 1 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

Grup 4 (n=20): NaOCl; NaOCl / Distile Su / EDTA / Distile Su (N-N/DS/E/DS)

Bu grupta şekillendirme aşamasında NaOCl solüsyonu kullanılmıştır.

Son yıkamada sırasıyla 5 ml NaOCl solüsyonu 1 dakika süresince, 5 ml distile su 1 dakika süresince, 5 ml EDTA solüsyonu 3 dakika süresince ve 5 ml distile su 1 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

Grup 5 (n=20): NaOCl; NaOCl / EDTA / NaOCl (N-N/E/N)

Bu grupta şekillendirme aşamasında NaOCl solüsyonu kullanılmıştır.

Son yıkamada sırasıyla 5 ml NaOCl solüsyonu 1 dakika süresince, 5 ml EDTA solüsyonu 3 dakika süresince ve 5 ml NaOCl solüsyonu 1 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

Grup 6 (n=20): NaOCl; NaOCl / EDTA / NaOCl / Distile Su (N-N/E/N/DS)

Bu grupta şekillendirme aşamasında NaOCl solüsyonu kullanılmıştır.

Son yıkamada sırasıyla 5 ml NaOCl solüsyonu 1 dakika süresince, 5 ml EDTA solüsyonu 3 dakika süresince, 5 ml NaOCl solüsyonu 1 dakika süresince ve 5 ml distile su 1 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

Grup 7 (n=20): NaOCl; NaOCl / Distile Su / EDTA / Distile Su / NaOCl / Distile Su (N-N/DS/E/DS/N/DS)

Bu grupta şekillendirme aşamasında NaOCl solüsyonu kullanılmıştır.

Son yıkamada sırasıyla 5 ml NaOCl solüsyonu 1 dakika süresince, 5 ml distile su 1 dakika süresince, 5 ml EDTA solüsyonu 3 dakika süresince, 5 ml distile su 1 dakika süresince, 5 ml NaOCl solüsyonu 1 dakika süresince ve 5 ml distile su 1 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

Grup 8 (n=20): Dual Rinse HEDP; Dual Rinse HEDP (DR-DR)

Bu grupta şekillendirme aşamasında Dual Rinse HEDP solüsyonu kullanılmıştır.

Son yıkamada 5 ml Dual Rinse HEDP solüsyonu 3 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

Grup 9 (n=20): Dual Rinse HEDP; Dual Rinse HEDP / Distile Su (DR-DR/D)

Bu grupta şekillendirme aşamasında Dual Rinse HEDP solüsyonu karışımı kullanılmıştır.

Son yıkamada sırasıyla 5 ml Dual Rinse HEDP solüsyonu 3 dakika süresince ve 5 ml distile su 1 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

Grup 10 (n=20): Dual Rinse HEDP; Dual Rinse HEDP / EDTA (DR-DR/E)

Bu grupta şekillendirme aşamasında Dual Rinse HEDP solüsyonu kullanılmıştır.

Son yıkamada sırasıyla 5 ml Dual Rinse HEDP solüsyonu 3 dakika süresince ve 5 ml EDTA solüsyonu 3 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

Grup 11 (n=20): Dual Rinse HEDP; Dual Rinse HEDP / EDTA / Distile Su (DR-DR/E/DS)

Bu grupta şekillendirme aşamasında Dual Rinse HEDP solüsyonu kullanılmıştır.

Son yıkamada sırasıyla 5 ml Dual Rinse HEDP solüsyonu 3 dakika süresince, 5 ml EDTA solüsyonu 3 dakika süresince ve 5 ml distile su 1 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

Grup 12 (n=20): Dual Rinse HEDP; Dual Rinse HEDP / Distile Su / EDTA / Distile Su (DR-DR/DS/E/DS)

Bu grupta şekillendirme aşamasında Dual Rinse HEDP solüsyonu kullanılmıştır.

Son yıkamada sırasıyla 5 ml Dual Rinse HEDP solüsyonu 3 dakika süresince, 5 ml distile su 1 dakika süresince, 5 ml EDTA solüsyonu 3 dakika süresince ve 5 ml distile su 1 dakika süresince kanal içine uygulanmıştır.

3.3. Kanalların pat ile doldurulması, saklanması ve kesitlerin alınması

Tüm gruplarda şekillendirme ve son yıkama işlemlerini takiben, şekillendirme ve yıkama işlemleri sırasında kök ucu çevresine uygulanan yapışkan mum uzaklaştırılmış ve kök kanalları R50 kâğıt konlar (Recirpoc Paper Points, VDW, Münih, Almanya) yardımıyla kurutulmuştur. AH Plus (Dentsply, Konstanz, Germany) (Şekil 3-4) kanal patı, üretici firmanın talimatlarına sadık kalınarak hazırlanmış ve ISO #40 lentülo (Golden Star Medical Co. Ltd; Guangdoni, China) ile düşük devirde hava boşluğu kalmamasına özen gösterilerek kök kanalları doldurulmuştur.



Şekil 3-4. AH Plus kanal patı (Dentsply, Konstanz, Germany)

Her bir dişin endodontik giriş kavitesi geçici dolgu materyali (Cavit; 3M ESPE, Seefeld, Germany) ile restore edilmiştir.

Daha sonra kanal dolgusu işleminin kalitesini ve boşluk olmadığını doğrulayabilmek amacıyla, bukkal-lingual ve mezio-distal yönlerden periapikal radyografiler alınarak kontrol sağlanmıştır.

Dişler kanal patının tamamen sertleşmesi için etüvde 37°C’de vücut sıvılarının taklit edilebilmesi amacıyla fosfat tamponlu serum fizyolojik solüsyonu (PBS) (Gündüz Kimya, İstanbul, Türkiye) emdirilmiş gazlı bez arasında %100 nemde 7 gün süreyle bekletilmiştir.

3.4. Push-Out bağlanma dayanımı testi

Dişler, kesit alma aşamasında işlem kolaylığı ve operasyonel hatalardan kaçınabilmek amacıyla dikdörtgen prizması şeklindeki bir kalıp içerisinde dişin uzun aksı yer düzlemine dik olacak bir şekilde soğuk akrilik (Imicryl, Konya, Türkiye) bloklara gömülmüştür. Böylece yatay kesitlerin kök kanalına dik olacak şekilde alınabilmesi sağlanmıştır.

Her bir diş kökünün orta 1/3’lük kısmından 3’er adet yatay kesit alınmış ve defektli kesitler çalışma dışında bırakılarak her grupta 20 adet yatay kesit olması sağlanmıştır.

Akrilik bloklara gömülen dişlerden, su soğutması altında düşük hızlı hassas elmas bıçaklar kullanılarak (IsoMet 1000; Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) (Şekil 3-5) 1

$\pm 0,1$ mm kalınlığında yatay kesitler elde edilmiştir (Şekil 3-6). Kesit kalınlıkları dijital kumpas yardımıyla 4 farklı yönden ölçülerek kontrol edilmiştir.



Şekil 3-5. Isomet cihazı (ISOMET, Buehler LTD, Lake Buff, IL, ABD)



Şekil 3-6. Isomet cihazı ile elde edilen kesit örnekleri

Her bir kesitte kanalın kuronal ve apikal tarafındaki çapları stereomikroskop kullanılarak 40X altında alınan görüntüler üzerinden ImageJ görüntüleme programı kullanılarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

Dentine bağlanma dayanımı testi, üniversal test cihazı (Autograph AG-X; Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) (Şekil 3-7) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu test cihazında, her bir kanal kesitinin çapına uygun olacak şekilde özel üretilmiş olan uç çapı 0,5 mm, 0,6 mm veya 0,8 mm olan paslanmaz çelik uç kullanılmıştır. Böylece çelik uç çapı / kanal kesit çapı oranının %75-85 arasında olması sağlanmıştır. Kesitlere bu uçlar ile 1 mm/dk hızında apiko-kuronal yönde kuvvet uygulanmıştır.



A



B

Şekil 3-7. Üniversal test cihazı (A), Deney düzeneği (B)

Materyalin dentinden ayrılması anında üniversal test cihazı tarafından algılanan maksimum kuvvet değeri Newton (N) cinsinden kaydedilmiştir.

Dentine bağlanma dayanımı değeri, kaydedilen maksimum kuvvet (N) kanal patının dentin kesitine bağlanma yüzey alanına (mm²) bölünerek aşağıdaki formül (Leal ve ark., 2015) kullanılarak Megapascal (MPa) cinsinden elde edilmiştir:

$$\text{Dentine Bağlanma Dayanımı (MPa)} = \frac{\text{Maksimum Kuvvet (N)}}{\text{Bağlanma Yüzey Alanı (mm}^2\text{)}}$$

Kanal patının dentin kesitine bağlanma yüzey alanı ise,

$$\pi \cdot (R + r) \cdot [(h^2 + (R - r)^2)^{0.5}] \text{ (Leal ve ark., 2015)}$$

formülü kullanılarak hesaplanmıştır. R kesitin kuronal yüzeyindeki kanal boşluğunun yarıçapını, r kesitin apikal yüzeyindeki kanal boşluğunun yarıçapını, h ise kesitin kalınlığını ifade etmektedir. π değeri ise yapılan hesaplamalarda 3,14 olarak kabul edilmiştir.

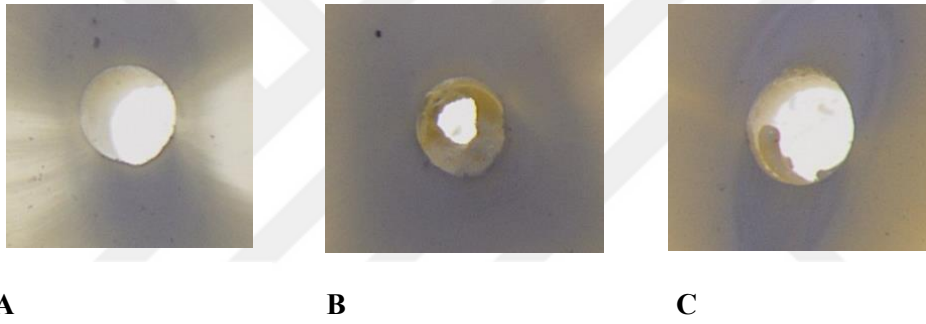
3.5. Stereomikroskop analizi

Push-out testi uygulandıktan sonra, kanal patının kök dentininden ayrılma tiplerinin tespit edilebilmesi için, kesitler stereomikroskop aracılığıyla 40X altında incelenmiştir. Ayrılma tipleri koheziv, adeziv ve karma (Şekil 3-8) olmak üzere aşağıdaki şekilde 3 grupta değerlendirilmiştir (Dos Santos ve ark., 2021; Sarkar ve ark., 2005; Vaiyapuri ve ark., 2021).

Adeziv ayrılma: Kanal patı ile dentin arasındaki arayüzde meydana gelen ayrılma.

Koheziv ayrılma: Kanal patının kendi içerisinde oluşan ayrılma.

Karma ayrılma: Hem adeziv hem de koheziv ayrılmanın gözlenebildiği ayrılma.



Şekil 3-8. Adeziv ayrılma (A), Koheziv ayrılma (B), Karma ayrılma (C)

3.6. Taramalı elektron mikroskobu (SEM– Scanning Electron Microscope) analizi

Çalışmada kullanılan yıkama protokolleri sonrasında kök kanalı duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılıp uzaklaştırılmadığını tespit etmek amacıyla SEM (JEOL NeoScope JCM-5000 Bench Top SEM, Japonya) analizi yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan yıkama protokollerinin uygulandığı ikişer adet diş bukkal ve lingual kök yüzeylerine su soğutması altında oluklar açılarak ağız spatülü yardımıyla dikey olarak iki eşit parçaya ayrılmıştır. Örnekler SEM analizi için hazırlandıktan sonra taranan kök kanalı duvarından elde edilen görüntüler değerlendirilmiştir.

3.7. İstatistiksel analiz

Bu çalışmada istatistiksel analizler NCSS (Number Cruncher Statistical System, 2007 Statistical Software, Utah, USA) paket programı ile yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel metotların (ortalama, standart sapma, median, interquartil range) yanı sıra Shapiro-Wilk normallik testi ile değişkenlerin dağılımına bakılmış, normal dağılım göstermeyen çoklu gruplar arası karşılaştırmalarda Kruskal Wallis testi, alt grup karşılaştırmalarında Dunn's çoklu karşılaştırma testi, nitel verilerin karşılaştırmalarında ki-kare testi kullanılmıştır. Sonuçlar, anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde %95'lik güven aralığında değerlendirilmiştir.



4. BULGULAR

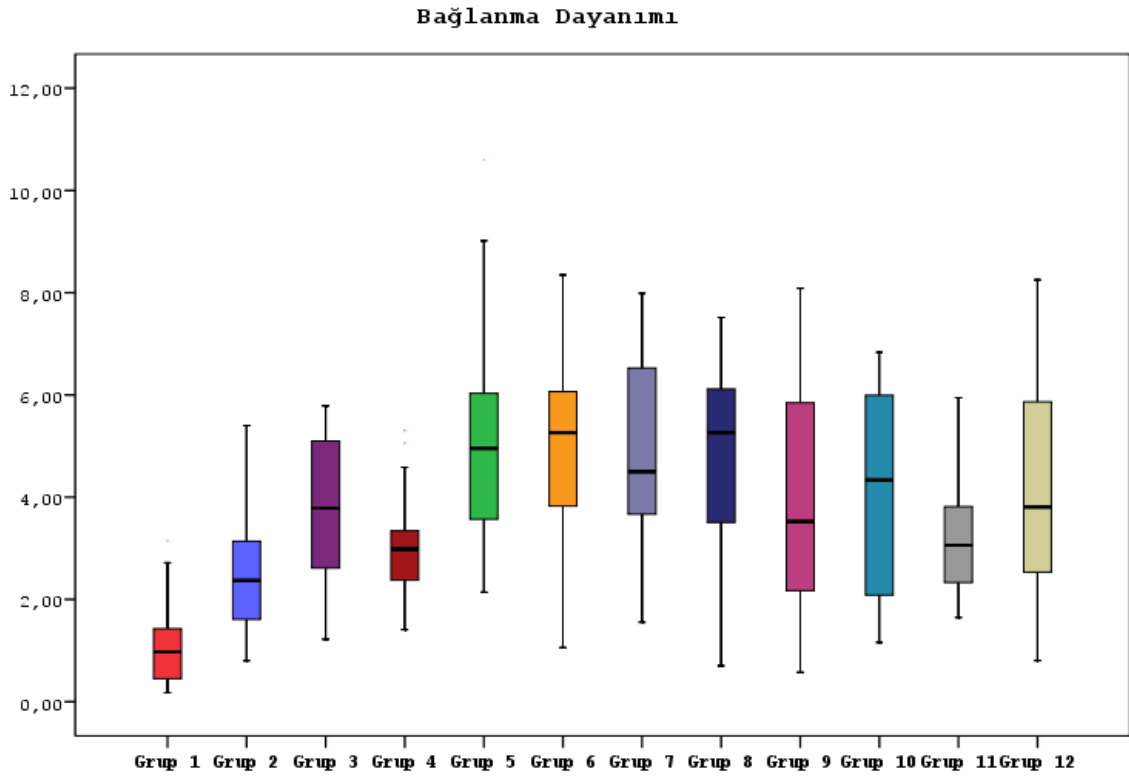
Gruplarda elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerlerinin ortalamalarının gruplar arası istatistiksel analizi Tablo 4-1’de verilmiştir:

Tablo 4-1. Gruplarda Elde Edilen Dentine Bağlanma Dayanımı Değerlerinin (MPa) Ortalamalarının Gruplar Arası İstatistiksel Analizi

Bağlanma Dayanımı	Ort±SS	Median (IQR)
Grup 1 (DS)	1,10±0,84	0,98 (0,42-1,49)
Grup 2 (N-N/E)	2,49±1,14	2,37 (1,61-3,23)
Grup 3 (N-N/E/DS)	3,83±1,47	3,78 (2,55-5,13)
Grup 4 (N-N/DS/E/DS)	3,05±1,08	2,98 (2,25-3,36)
Grup 5 (N-N/E/N)	5,21±2,28	4,96 (3,5-6,07)
Grup 6 (N-N/E/N/DS)	5,17±1,80	5,26 (3,79-6,1)
Grup 7 (N-N/DS/E/DS/N/DS)	4,90±1,85	4,5 (3,64-6,53)
Grup 8 (DR-DR)	4,67±1,94	5,26 (3,32-6,15)
Grup 9 (DR-DR/DS)	3,98±2,37	3,52 (2,11-5,86)
Grup 10 (DR-DR/E)	4,13±1,94	4,34 (2,05-6,04)
Grup 11 (DR-DR/E/DS)	3,19±1,22	3,06 (2,33-3,98)
Grup 12 (DR-DR/DS/E/DS)	4,19±2,24	3,81 (2,48-6,06)
p	0,0001**	

Kruskal Wallis Testi (p<0,05)

Gruplarda elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerlerinin ortalamaları Şekil 4-1’de verilmiştir.



Şekil 4-1. Gruplarda elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerlerinin (MPa) ortalamaları

Gruplarda elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerlerinin ortalamalarının gruplar arası karşılaştırmalarının post-hoc analizi Tablo 4-2’de verilmiştir.

Tablo 4-2. Gruplarda Elde Edilen Dentine Bağlanma Dayanımı Değerlerinin Ortalamalarının Gruplar Arası Karşılaştırmalarının Post-hoc Analizi

Dunn’s Çoklu Karşılaştırma Testi	p
Grup 1 / Grup 2	0,001*
Grup 1 / Grup 3	0,0001**
Grup 1 / Grup 4	0,005*
Grup 1 / Grup 5	0,0001**
Grup 1 / Grup 6	0,0001**
Grup 1 / Grup 7	0,0001**
Grup 1 / Grup 8	0,0001**
Grup 1 / Grup 9	0,0001**
Grup 1 / Grup 10	0,0001**

Grup 1 / Grup 11	0,011*
Grup 1 / Grup 12	0,0001**
Grup 2 / Grup 3	0,058
Grup 2 / Grup 4	0,110
Grup 2 / Grup 5	0,0001**
Grup 2 / Grup 6	0,0001**
Grup 2 / Grup 7	0,001*
Grup 2 / Grup 8	0,001*
Grup 2 / Grup 9	0,058
Grup 2 / Grup 10	0,009*
Grup 2 / Grup 11	0,058
Grup 2 / Grup 12	0,020*
Grup 3 / Grup 4	0,088
Grup 3 / Grup 5	0,045*
Grup 3 / Grup 6	0,015*
Grup 3 / Grup 7	0,052
Grup 3 / Grup 8	0,083
Grup 3 / Grup 9	0,957
Grup 3 / Grup 10	0,570
Grup 3 / Grup 11	0,123
Grup 3 / Grup 12	0,705
Grup 4 / Grup 5	0,001*
Grup 4 / Grup 6	0,001*
Grup 4 / Grup 7	0,01*
Grup 4 / Grup 8	0,005*
Grup 4 / Grup 9	0,372
Grup 4 / Grup 10	0,058
Grup 4 / Grup 11	0,787
Grup 4 / Grup 12	0,137
Grup 5 / Grup 6	0,808
Grup 5 / Grup 7	0,766
Grup 5 / Grup 8	0,871

Grup 5 / Grup 9	0,123
Grup 5 / Grup 10	0,224
Grup 5 / Grup 11	0,01*
Grup 5 / Grup 12	0,194
Grup 6 / Grup 7	0,570
Grup 6 / Grup 8	0,646
Grup 6 / Grup 9	0,088
Grup 6 / Grup 10	0,185
Grup 6 / Grup 11	0,001*
Grup 6 / Grup 12	0,144
Grup 7 / Grup 8	0,892
Grup 7 / Grup 9	0,176
Grup 7 / Grup 10	0,291
Grup 7 / Grup 11	0,003*
Grup 7 / Grup 12	0,279
Grup 8 / Grup 9	0,317
Grup 8 / Grup 10	0,372
Grup 8 / Grup 11	0,007*
Grup 8 / Grup 12	0,482
Grup 9 / Grup 10	0,787
Grup 9 / Grup 11	0,465
Grup 9 / Grup 12	0,665
Grup 10 / Grup 11	0,130
Grup 10 / Grup 12	0,978
Grup 11 / Grup 12	0,168

Dunn's Çoklu Karşılaştırma Testi ($p<0,05$)

Tüm deney gruplarında dentine bağlanma dayanımı değerleri kontrol grubuna (DS) kıyasla anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.

Grup 2'de (N-N/E) elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerlerinin, Grup 5 (N-N/E/N), Grup 6 (N-N/E/N/DS), Grup 7 (N-N/DS/E/DS/N/DS), Grup 8 (DR-DR),

Grup 10 (DR-DR/E) ve Grup 12’de (DR-DR/DS/E/DS) elde edilen değerlere göre anlamlı derecede düşük olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Grup 3’te (N-N/E/DS) elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerleri Grup 5 (N-N/E/N) ve Grup 6’da (N-N/E/N/DS) elde edilen değerlere göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0,05$).

Grup 4’te (N-N/DS/E/DS) elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerlerinin, Grup 5 (N-N/E/N), Grup 6 (N-N/E/N/DS), Grup 7 (N-N/DS/E/DS/N/DS) ve Grup 8’de (DR-DR) elde edilen değerlere göre anlamlı derecede düşük olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Grup 5 (N-N/E/N), 6 (N-N/E/N/DS), Grup 7 (N-N/DS/E/DS/N/DS) ve Grup 8’de (DR-DR) elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerleri, Grup 11’de (DR-DR/E/DS) elde edilen değerlere göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.

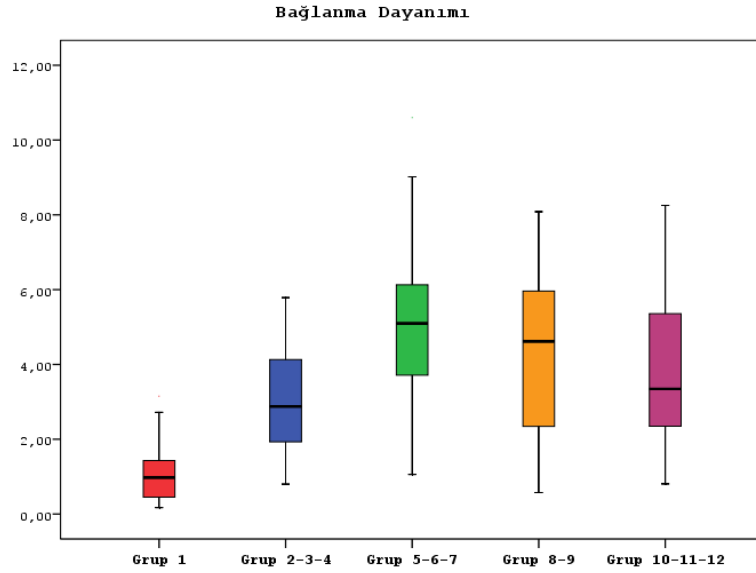
Diğer deney grupları arasında dentine bağlanma dayanımı değerleri açısından anlamlı bir fark görülmemiştir.

Son yıkamada kullanılan son solüsyonun aynı olduğu grupların birleştirilmesiyle oluşturulan gruplarda elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerleri ortalamalarının gruplar arası istatistiksel analizi Tablo 4-3’te gösterilmiştir.

Tablo 4-3. Son Yıkamada Kullanılan Son Solüsyonun Aynı Olduğu Grupların Birleştirilmesiyle Oluşturulan Gruplarda Elde Edilen Dentine Bağlanma Dayanımı Değerleri (MPa) Ortalamalarının Gruplar Arası İstatistiksel Analizi

	Bağlanma Dayanımı	
	Ort±SS	Median (IQR)
Grup 1 (Distile Su)	1,10±0,84	0,98 (0,42-1,49)
Grup 2-3-4 (EDTA solüsyonu)	3,13±1,34	2,88 (1,93-4,2)
Grup 5-6-7 (NaOCl solüsyonu)	5,09±1,96	5,10 (3,71-6,14)
Grup 8-9 (Dual Rinse HEDP solüsyonu)	4,32±2,17	4,62 (2,33-6)
Grup 10-11-12 (Dual Rinse HEDP solüsyonu ardından EDTA solüsyonu)	3,84±1,88	3,34 (2,34-5,38)
p Kruskal Wallis Testi (p<0,05)	0,0001**	

Son yıkamada kullanılan son solüsyonun aynı olduğu grupların birleştirilmesiyle oluşturulan gruplarda elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerleri ortalamaları Şekil 4-2’de gösterilmiştir.



Şekil 4-2. Son yıkamada kullanılan son solüsyonun aynı olduğu grupların birleştirilmesiyle oluşturulan gruplarda elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ortalamaları

Son yıkamada kullanılan son solüsyonun aynı olduğu grupların birleştirilmesiyle oluşturulan gruplarda elde edilen dentine bağlanma dayanımı değerleri ortalamalarının gruplar arası karşılaştırmalarının post-hoc analizi Tablo 4-4'te gösterilmiştir.

Tablo 4-4. Son Yıkamada Kullanılan Son Solüsyonun Aynı Olduğu Grupların Birleştirilmesiyle Oluşturulan Gruplarda Elde Edilen Dentine Bağlanma Dayanımı Değerleri Ortalamalarının Gruplar Arası Karşılaştırmalarının Post-Hoc Analizi

	p
Grup 1 / Grup 2-3-4	0,0001**
Grup 1 / Grup 5-6-7	0,0001**
Grup 1 / Grup 8-9	0,0001**
Grup 1 / Grup 10-11-12	0,0001**
Grup 2-3-4 / Grup 5-6-7	0,0001**
Grup 2-3-4 / Grup 8-9	0,005*
Grup 2-3-4 / Grup 10-11-12	0,055
Grup 5-6-7 / Grup 8-9	0,164
Grup 5-6-7 / Grup 10-11-12	0,001*
Grup 8-9 / Grup 10-11-12	0,263

Dunn's Çoklu Karşılaştırma Testi ($p < 0,05$)

Kontrol grubu (DS) ile karşılaştırıldığında, son yıkamada kullanılan son solüsyonun aynı olduğu grupların birleştirilmesiyle oluşturulan grupların dentine bağlanma dayanımı değerleri ortalamaları istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek olarak saptanmıştır ($p=0,0001$).

Son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanıldığı grupların birleştirilmesiyle oluşturulan grubun (Grup 5-6-7) dentine bağlanma dayanımı değerleri ortalamaları son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonunun kullanıldığı deney gruplarının (Grup 2-3-4, Grup 10-11-12) dentine bağlanma dayanımı değerleri ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,001$, $p=0,0001$).

Son aktif solüsyon olarak Dual Rinse HEDP solüsyonunun kullanıldığı deney gruplarının birleştirilmesiyle oluşan grubun (Grup 7-8) dentine bağlanma dayanımı değerleri ortalaması, şekillendirme aşamasında NaOCl solüsyonu ve son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonunun kullanıldığı deney gruplarının birleştirilmesiyle oluşan

grubun (Grup 2-3-4) dentine bağlanma dayanımı değerleri ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,005$).

Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Ayrılma tiplerinin istatistiksel analizi Tablo 4-5'te verilmiştir.

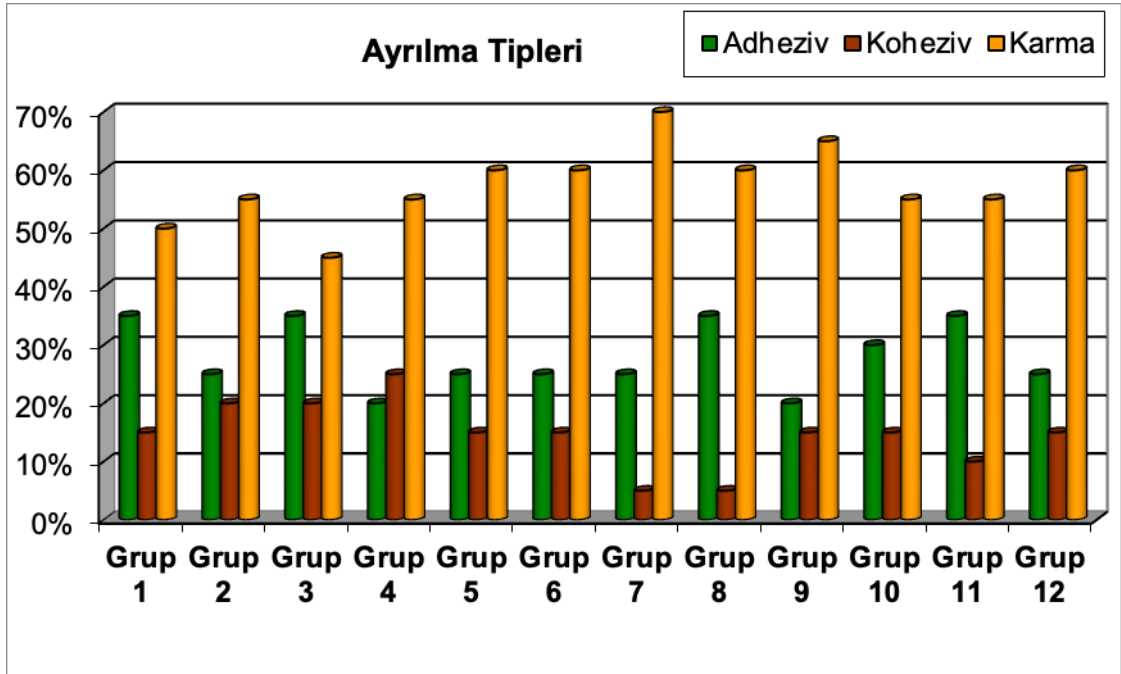
Tablo 4-5. Ayrılma Tiplerinin İstatistiksel Analizi

	Adeziv	Koheziv	Karma	p
Grup 1 (DS)	7 35%	3 15%	10 50%	0,991
Grup 2 (N-N/E)	5 25%	4 20%	11 55%	
Grup 3 (N-N/E/DS)	7 35%	4 20%	9 45%	
Grup 4 (N-N/DS/E/DS)	4 20%	5 25%	11 55%	
Grup 5 (N-N/E/N)	5 25%	3 15%	12 60%	
Grup 6 (N-N/E/N/DS)	5 25%	3 15%	12 60%	
Grup 7 (N-N/DS/E/DS/N/DS)	5 25%	1 5%	14 70%	
Grup 8 (DR-DR)	7 35%	1 5%	12 60%	
Grup 9 (DR-DR/DS)	4 20%	3 15%	13 65%	
Grup 10 (DR-DR/E)	6 30%	3 15%	11 55%	
Grup 11 (DR-DR/E/DS)	7 35%	2 10%	11 55%	
Grup 12 (DR-DR/DS/E/DS)	5 25%	3 15%	12 60%	

Ki-kare testi ($p<,05$)

Gruplarda gözlemlenen ayrılma tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p=0,991$). Tüm gruplarda en fazla “karma” ayrılma tipi, en az “koheziv” ayrılma tipi gözlemlenmiştir.

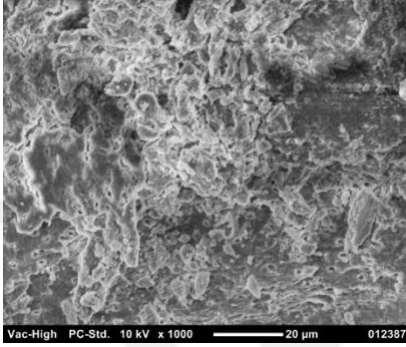
Ayrılma tiplerinin gruplara göre dağılımı Şekil 4-3'te gösterilmiştir.



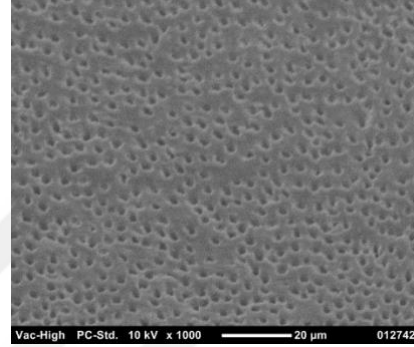
Şekil 4-3. Ayrılma tipleri

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi bulguları

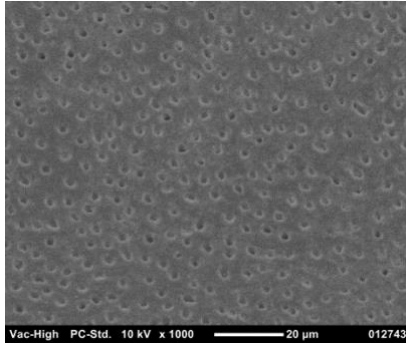
Çalışmadaki yıkama protokollerinin uygulandığı dişlerde yapılan SEM analizi sonucunda kontrol grubu haricinde deney gruplarında kök kanalı duvarından smear tabakasının uzaklaştırıldığı saptanmıştır. Kontrol grubu ve son aktif yıkama solüsyonuna emsal teşkil eden deney gruplarına ait örnek SEM görüntüleri Şekil 4-4’de verilmiştir.



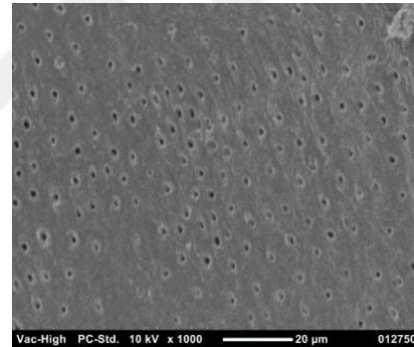
Grup 1 (Kontrol grubu – Distile su)



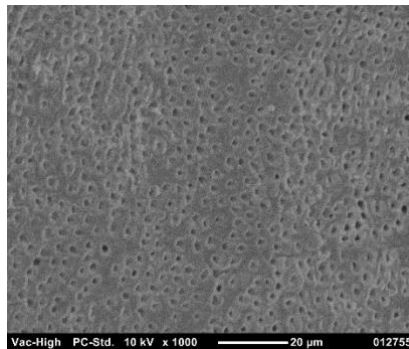
Grup 4 (EDTA solüsyonu)



Grup 5 (NaOCl solüsyonu)



Grup 8 (Dual Rinse HEDP solüsyonu)



Grup 12 (Dual Rinse HEDP / EDTA solüsyonları)

Şekil 4-4. Kontrol grubu ve son aktif yıkama solüsyonuna emsal teşkil eden deney gruplarına ait örnek SEM görüntüleri

5. TARTIŞMA

Kök kanalı tedavisinin başarısı, kök kanal sisteminin organik ve inorganik doku artıklarından ve mikroorganizmalardan arındırılmasını takiben üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulmasına bağlıdır (Bystrom ve Sundqvist, 1981). Hem apikal hem de kural sızıntı kök kanalı tedavisinin başarısını olumsuz etkilemektedir (Madison ve ark., 1987; Ray ve Trope, 1995; Saunders ve Saunders, 1994). Mikrosızıntı, dentin duvarları ile kök kanalı dolgusu arasındaki alana mikroorganizmaların, sıvıların ve çeşitli kimyasalların geçişi olarak tanımlanmaktadır (Timpawat ve ark., 2001). Endodontik tedavide mikrosızıntının önüne geçilemediği bildirilmiştir (Gutmann, 1993). Meydana gelen bu mikrosızıntının bir sonucu olarak da geride kalmış patojen mikroorganizmalar için bir besin kaynağı oluşur ve bu durum periapikal dokularda enflamasyonun başlamasına veya devam etmesine yol açar (Saunders ve Saunders, 1994). Doku sıvıları da kanal dolgusu ile uygun şekilde doldurulmamış bölgelerde kanal dolgu materyalini çözündürerek kanal içinde hapsolmuş mikroorganizmaların iltihap oluşturabilecek yan ürünlerinin periradiküler dokulara ulaşarak iritasyona sebep olmasına yol açabilir (Bergenholtz, 2016; Ingle, 2002). Bu doğrultuda kök kanalı dolgusunun kanal duvarlarıyla yapacağı iyi bir adezyon sayesinde mikrosızıntı azalabilmektedir (Saleh ve ark., 2002; Schwartz, 2006). Bu nedenle, kök kanalı dolgu materyalleri ve kanal duvarları arasındaki bağlanma, kök kanalı tedavisinin uzun dönem başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Shipper ve Trope, 2004).

Kanal patlarının dentine bağlanma dayanımı endodontik tedavilerde çeşitli nedenlerden dolayı önem arz etmektedir. Bağlanma dayanımı bakteriyel infiltrasyonun önlenmesi ve tedavinin uzun dönem başarısının sağlanması için büyük önem taşıyan sızdırmazlığın sağlanması açısından kritiktir (Eldeniz ve ark., 2005b; Özkoçak ve Sonat, 2015; Tagger ve ark., 2002). Öte yandan farklı kanal patları bağlanma dayanımını etkileyen farklı kimyasal bileşim ve özelliklere sahiptir. Bağlanma dayanımını değerlendirmek, farklı kanal patlarının karşılaştırılmalarına ve adezyon gibi konularda birbirlerine olan üstünlüklerinin ortaya konmasına olanak tanır (Cimpean ve ark., 2022; Özkoçak ve Sonat, 2015; Sagsen ve ark., 2011). Ayrıca smear tabakası varlığı, yıkama protokolleri gibi bağlanma dayanımını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi ve kanal patlarından en yüksek verimi alabilmek için klinik protokollerin optimize edilmesi de

bağlanma dayanımının değerlendirilmesiyle elde edilebilecek faydalardandır (Eldeniz ve ark., 2005b; Rifaat ve ark., 2023).

Daha önce yapılan dentine bağlanma dayanımı çalışmalarında çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır (Kaki ve ark., 2018; Leal ve ark., 2015; Neelakantan ve ark., 2015b; Vilanova ve ark., 2012). Yeni çekilmiş dişlerin kullanılması, uzun vadede kök yüzeyinde nem kaybından dolayı oluşabilecek kırık ve çatlakların önlenmesi ve deney sonuçlarının etkilenmemesi açısından önemlidir. Birçok araştırmacı, çekilmiş insan dişlerinin kullanılmasının klinik şartları taklit etmeyi yeterli seviyede sağladığını belirtmiştir (Belli ve ark., 2001; Galvan ve ark., 2002; Mello ve ark., 2020; Nagaş ve ark., 2010; Sauaia ve ark., 2006; Tselnik ve ark., 2004; Zaia ve ark., 2002). Tüm bu bilgiler ışığında çalışmamızda yeni çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır.

Wu ve Wesselink (1993), laboratuvar çalışmalarında standardize edebilmek amacıyla aynı tip dişlerin kullanılmasını, aynı zamanda bu dişlerin morfolojik olarak da mümkün olduğunca benzer olması gerekliliğini belirtmişlerdir. Tüm bu nedenlerden dolayı çalışmamızda, anatomik varyasyonlardan kaynaklı farklılıkların önüne geçebilmek amacıyla tek ve düz kanallı tek köklü alt küçük azı dişleri kullanılmıştır.

Kanal morfolojilerinin tespit edilmesinde periapikal radyografiler, konik ışınli bilgisayarlı tomografi ya da bilgisayarlı mikro tomografi yöntemleri tercih edilebilir. (Shrestha ve ark., 2024; Wei ve ark., 2018; Wolf ve ark., 2020; Wu ve Wesselink, 2001). Tarama ve görüntüleme aşamalarının zaman alması ve maliyet sebeplerinden dolayı çalışmamızda uygun dişlerin seçilmesinde mezio-distal ve bukkal-lingual yönlerde alınan dijital periapikal radyografilerden faydalanılması tercih edilmiştir.

Kök kanalında dentine bağlanma dayanımının değerlendirilmesi, kök kanalının anatomik yapısının karmaşıklığı nedeniyle oldukça zordur. Bu nedenle, kanalın yapısına uygun bir test yöntemi seçmek, elde edilen bulguların geçerliliği açısından büyük önem taşır (Akbulut ve Belli, 2017). Ancak bu testlerin standardizasyonunu zorlaştıran bir dizi faktör bulunmaktadır ve hangi yöntemin tercih edileceği konusunda tartışmalar sürmektedir (Teixeira ve ark., 2009).

Dentine bağlanma dayanımını değerlendirmek için makaslama, germe, çekme ve itme (push-out) testi gibi birçok test yöntemi kullanılabilmektedir (Akbulut ve Belli, 2017)

Push-out testi kanal dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımını değerlendirmek için en yaygın kullanılan yöntemdir (Sirisha ve ark., 2014). Bu yöntemin diğer testlere göre avantajı, klinik koşullarda olduğu gibi test edilen kök kanalı dolgusunun etrafında çepeçevre dentin dokusu varken patın bağlanma dayanımının ölçülmesinin mümkün olmasıdır (Brichko ve ark., 2018; Huffman ve ark., 2009).

Kanal dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımını farklı yöntemlerle incelendiği bir çalışmada, push-out testinin diğer yöntemlere kıyasla daha güvenilir sonuçlar verdiği, mikro-germe testinde ise materyallerin hazırlık aşamasında birçok hata meydana geldiği ve elde edilen verilerin geniş bir aralıkta dağılım gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca push-out testindeki ayrılmanın dentin ile bağlanma yüzeyine paralel olduğu ve bunun klinik koşullara daha uygun olabileceği ifade edilmiştir (Goracci ve ark., 2004). Diğer bazı çalışmalarda da push-out testinin etkili, pratik ve güvenilir olduğu belirtilmiştir (Pane ve ark., 2013; Rahimi ve ark., 2013). Tüm bu bilgiler ışığında, kanal dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımını değerlendiren önceki birçok çalışmada olduğu gibi (Gesi ve ark., 2005; Nagaş ve ark., 2007; Sousa-Neto ve ark., 2005; Üngör ve ark., 2006; Üreyen Kaya ve ark., 2008) çalışmamızda da push-out bağlanma dayanımı testi tercih edilmiştir.

Push-out bağlanma dayanımı testi, kanal dolgu materyallerinin bağlanma dayanımının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmakla birlikte, deney düzeneklerinde görülen farklılıklar ve araştırmacıların parametreleri net bir şekilde belirtmemesi, sonuçların karşılaştırılabilirliğini zorlaştırmaktadır (De-Deus ve ark., 2015). Bu nedenle, elde edilen verilerin geçerliliğini sağlamak için her bir parametrenin etkisinin iyi bir şekilde anlaşılması gerekmektedir (Chen ve ark., 2013).

Bağlanma dayanımı çalışmalarında dentinin mekanik özellikleri kanal dolgu materyalinin dentine bağlanma dayanımını etkileyeceğinden (Neelakantan ve ark., 2015b) çalışmamızda kullanılacak örnekler deneyler yapılana kadar %0,1 oranında timol içeren distile su solüsyonunda +4°C’de saklanmıştır (Cavalcante ve ark., 2007; Pereira ve ark., 2009; Triolo ve Swift, 1992). Timol içeren distile su solüsyonu dişlerin organik ve inorganik yapısında değişikliğe sebep olmamaktadır (Goodis ve ark., 1991). Çekilmiş insan dişlerinin kullanıldığı birçok çalışmada da örnekler timol içeren

solüsyonlarda (distile su) saklanmıştır (Civelek ve ark., 2003; Demarco ve ark., 2001; Rueggeberg, 1991).

Push-out testinin sonuçlarına etki eden parametreler bazı çalışmalarda araştırılmış ve bu parametreler iki ana grupta ele alınmıştır: birincisi test edilen materyale ait parametreler, ikincisi ise deney düzeneğiyle ilgili parametrelerdir. Kanal patlarının bağlanma dayanımının değerlendirilmesinde, kullanılan dentin kesitinin kalınlığı, dişin hangi bölgesinin kullanıldığı, kanal dolgu yöntemi ve materyalin elastiklik modülü gibi faktörlerin sonuçlara anlamlı şekilde etki ettiği gösterilmiştir. Deney düzeneğiyle ilgili olarak ise test düzeneğindeki yerleştirme konumu, kullanılan paslanmaz çelik ucun çapı ve kuvvetin uygulama hızı gibi parametrelerin sonuçları etkileyebileceği belirtilmiştir (Chen ve ark., 2013; Collares ve ark., 2016; Pane ve ark., 2013)

Push-out testlerinde farklı kalınlıklarda dentin kesitleri kullanılmıştır (Amin ve ark., 2012; Hashem ve ark., 2009; Shokouhinejad ve ark., 2013b). Son yıllarda yapılan araştırmalarda, kesit kalınlığının artmasıyla dentin ve materyal arasındaki sürtünme kuvvetinin arttığı ve bunun bağlanma dayanımı değerlerini arttırabileceği ifade edilmiştir (Chen ve ark., 2013; Collares ve ark., 2016). Diğer bir çalışmada ise ince kesit kalınlığına sahip dentin disklerinin kullanılmasıyla materyalin kayması esnasında ara yüzeyde meydana gelen sürtünme direncinin (frictional sliding) bağlanma dayanımına etkisinin azaldığı vurgulanmıştır (De-Deus ve ark., 2012). Ancak kesit kalınlığının aşırı azalması, bağlanma dayanımının hesaplanmasında kullanılan formüllerin doğru sonuç vermesini engelleyebilir (Collares ve ark., 2016). Dentin ve materyal arasındaki sürtünme kuvvetinin bağlanma dayanımına etkisini en aza indirmek amacıyla (Collares ve ark., 2016; Moinzadeh ve ark., 2015) çalışmamızda $1 \pm 0,1$ mm kalınlığında kesitlerin kullanılması tercih edilmiştir.

Yapılan birçok araştırmada, örneklerin hazırlanması ve deneyler sırasında meydana gelebilecek işlemsel hataları önlemek ve deney aşamalarını kolaylaştırabilmek amacıyla dişler akrilik bloklara gömülmüştür (Fransen ve ark., 2008; Pitout ve ark., 2006; Williamson ve ark., 2009b). Çalışmamızda da standart kalıplar hazırlanarak, seçilen düz kanallı dişler akrilik bloklar içerisine uzun eksenleri dik olacak şekilde gömülmüştür. Böylece alınacak kesitlerin de kök kanalına dik olması sağlanmıştır.

Bağlanma dayanımının incelendiği çalışmalarda kökün farklı bölgelerinden alınan kesitlerde patların itme kuvvetlerine karşı direnci incelenebilir (De Bem ve ark., 2020).

Kökün kuronal 1/3'lük kısmındaki kanal dolgularında kanal tedavisinin başarısını olumsuz etkileyen porözite ve boşluk gibi düzensizlikler daha sık görülmektedir (Drukteinis ve ark., 2021; Pedulla ve ark., 2020). Ayrıca kökün kuronal 1/3'lük kısımları daha oval ve geniş olduğundan şekillendirme sonrasında yatay düzlemde yuvarlak şekilli bir kanal formu elde edilmesi zordur (Weiger ve ark., 2002).

Yıkama solüsyonlarının kökün apikal 1/3'lük kısmına penetrasyonu zorlaştığından etkileri azalabilmektedir (Haapasalo ve ark., 2010). Smear tabakasının varlığı AH Plus kanal patının dentine bağlanma dayanımını olumsuz etkilemektedir (Eldeniz ve ark., 2005b). Kuruvilla ve ark. (2015) %17'lik EDTA ve %18'lik etidronik asit solüsyonlarının kök kanalının orta 1/3'lük kısmında smear tabakasını etkili bir şekilde uzaklaştırırken apikal 1/3'te yeterince uzaklaştıramadıklarını bildirmişlerdir. Benzer şekilde kökün apikal 1/3'lük kısmında smear tabakasının kaldırılmasının daha zor olduğu önceki birçok araştırmada da ifade edilmiştir (Ciocchi ve ark., 1989; Mancini ve ark., 2009; O'Connell ve ark., 2000; Takeda ve ark., 1999; Torabinejad ve ark., 2003). Ayrıca kökün apikal 1/3'ünde kanal patının tübüler penetrasyonu ve dentine bağlanma dayanımı da daha zayıftır (Sagsen ve ark., 2011). Silva ve ark. (2019), kökün orta 1/3'lük kısımdan alınan örneklerin apikal ve kuronal kesitlere göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri gösterdiğini belirtmiştir. Çalışmamızda tüm bu bilgiler göz önüne alınarak daha önceki bazı çalışmalarda olduğu gibi (Amin ve ark., 2012), (Oliveira ve ark., 2016), (Razmi ve ark., 2016), (C. N. Carvalho ve ark., 2017) push-out testi için kökün orta 1/3'ünden kesitler alınmıştır. Böylece çalışmamızda kullanılan örneklerin standardizasyonu sağlanmaya çalışılmış ve yapılan kıyaslamaların daha geçerli olması ve daha güvenilir sonuçlar elde edilmesi hedeflenmiştir.

Push-out testinde deney sonuçlarına etki edebilecek bir diğer parametre ise kuvvet uygulama aşamasında kullanılan paslanmaz çelik uçların çapıdır. Chen ve ark. (2013), uç çapı/kanal çapı oranının 0,85'ten küçük olması gerektiğini, aksi takdirde çelik uç ile dentin ve çelik uç ile dolgu materyali ara yüzeylerindeki stres dağılımının test sonuçlarına etki edebilecek verilerin ortaya çıkmasına neden olabileceğini ifade etmişlerdir. Ancak çelik uç çapının çok küçük olması durumunda ise, çelik ucun test

edilen materyali deleceğini ve hatalı sonuçlar elde edileceğini de bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise uç çapının kanal çapına oranının 0,7 ile 0,9 arasında olmasının güvenli ve tutarlı sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Pane ve ark., 2013). Bu nedenle, köklerin konik yapısına bağlı olarak, orta 1/3'lük kısımlardan alınan 3 farklı kesitin kanal çaplarının da değişiklik göstereceği göz önünde bulundurularak, çalışmamızda alınan kesitlerdeki kanal çaplarına uyum sağlayacak şekilde özel olarak üretilen 0,5 mm, 0,6 mm ve 0,8 mm çaplarında çelik uçlar tercih edilmiştir. Böylece tercih edilen çelik uç çapı ve kanal çapı oranının %75-85 arasında tutulması sağlanmıştır.

Kök kanallarının kemomekanik preparasyonu ve dezenfeksiyonu, kök kanalı tedavisinin başarısında rol oynayan en önemli faktörlerden biridir. (Sjogren ve ark., 1997). Lateral ve aksesuar kanalların, istmusların, dallanmaların ve kanal düzensizliklerinin yıkama solüsyonlarıyla dezenfekte edilmesi de en az kök kanallarının şekillendirilmesi ile birlikte enfekte dentin dokusunun kaldırılması kadar önemlidir (Hasselgren ve ark., 1988). Kök kanallarında dezenfeksiyonu optimal hale getirmek, kök kanalı dolgusunun dentine bağlanma dayanımını ve böylece tedavinin başarısını arttırmak amacıyla farklı yıkama protokolleri denenmiş ve yıkama solüsyonlarının etkinliğini iyileştirmek amacıyla solüsyonlara çeşitli ajanlar eklenerek araştırmalar yapılmıştır (Ballal ve ark., 2013; de Assis ve ark., 2011; Prado ve ark., 2011a).

Farklı yıkama solüsyonları ve protokollerinin epoksi reçine esaslı kanal dolgu patlarının dentine bağlanma dayanımı üzerine etkileri daha önce birçok kez araştırılmıştır (Leal ve ark., 2015; Prado ve ark., 2013; Vilanova ve ark., 2012). Kanal patlarının bağlanma dayanımını değerlendiren birçok çalışmada bir epoksi reçine esaslı kanal patı olan AH Plus'ın diğer pat tiplerinden daha üstün olduğu gösterilmiş ve bu nedenle dentine bağlanma dayanımı konusunda altın standart haline gelmiştir (Assmann ve ark., 2012; De-Deus ve ark., 2009; Lee ve ark., 2002; Saleh ve ark., 2002; Sevimay ve Kalayci, 2005). AH Plus kanal patı iyi boyutsal stabiliteye, antibakteriyel özelliklere, dentin duvarlarıyla yeterli adaptasyona sahiptir ve güta-perkaya yakın radyoopasite gösterir (Kaplan ve ark., 2003).

AH Plus'ın kök dentinine adezyonunun, yapısındaki epoksi halkaları ve dentinin kolajen ağında açığa çıkan amino grupları arasındaki kovalent bağlarla ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Fisher ve ark., 2007). Neelakantan ve ark. (2012), inorganik doku çözücülerin kullanımının ardından kolajen fibrillerin açığa çıkmasıyla, epoksi reçine

esaslı kanal patının dentinle daha güçlü bir bağlantı sağlayabileceği ifade bildirmiştir. Bu kimyasal bağlantı epoksi reçine esaslı kanal patlarının bağlanma dayanımının yüksek olmasının nedenlerinden biridir (Bowen, 1956; Vilanova ve ark., 2012) Smear tabakası ve debrisin ortadan kaldırılmasıyla dentin kolajenindeki amino gruplarının ortaya çıkması, epoksi reçine ile amino grupları arasındaki kovalent bağların sayısını da artırarak AH Plus'ın kök kanalı dentinine daha güçlü bir şekilde bağlanmasını sağlar (Donnermeyer ve ark., 2019). Ayrıca kanal patı uzantılarının (sealer.tag) dentin tübülleri içine penetrasyonu ile oluşan mekanik bağlantının (mikromekanik retansiyon), kanal patlarının dentine adezyonunda etkisinin olabileceği de ifade edilmektedir (Kouvas ve ark., 1998; Saleh ve ark., 2002). Mikromekanik retansiyon kanal patının fiziksel özelliklerinden etkilenebilmektedir (Chandra ve ark., 2012). Epoksi reçine esaslı kanal patlarının üstün penetrasyon yeteneğinin; akışkanlık, yüzey gerilimi, çözünürlük, viskozite, ince film yapısı, kimyasal bileşimi, genleşebilme kapasitesi, uzun süreli boyutsal stabilite, düşük polimerizasyon büzülmesi, çalışma ve sertleşme süresi gibi mekanik ve kimyasal özelliklerinin bir sonucu olabileceği düşünülmektedir (De-Deus ve ark., 2009; Ferrari ve Mannocci, 2000; Lee ve ark., 2002; Orstavik ve ark., 2001; Rahimi ve ark., 2009; Vilanova ve ark., 2012). Moon ve ark. (2010) da kanal patlarının kök dentinine penetrasyonu arttıkça, kanal patının örtücülüğünün (sealing) de o kadar iyi olabileceğini ifade etmişlerdir.

Bütün bu bilgilerin ışığında, çalışmamızda dentine bağlanma dayanımı araştırmalarında altın standart olarak kabul edilen epoksi reçine esaslı kanal patlarından biri olan AH Plus kullanılarak farklı yıkama solüsyonlarının ve protokollerinin bağlanma dayanımına etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Endodonti klinik pratiğinde kanal dolguları gütaperka ve kanal patı bir arada kullanılarak yapılmaktadır. Ancak kanal dolgusu aşamasında gütaperka benzeri bir materyal kullanıldığında, kanal duvarı, kanal patı ve kor materyali arasında birden fazla ara yüzey oluşur ve bu durum kanal patı üzerinde bağlanma dayanımı analizi yapılmak istenen bir çalışmada hatalı değerler elde edilmesine sebep olabilir (De-Deus ve ark., 2015). Ayrıca gütaperka ile kanal patı arasında bir bağlantı oluşmadığından kuvvet yüklemesi esnasında kuvvetlerin düzensiz dağılımı ve erken ayrılmalar meydana gelebilir (Williams ve ark., 2006). Böyle bir durumda ayrılmanın hangi yüzeyler arasında gerçekleştiği belirsiz olacağından elde edilen değerler kanal patının bağlanma

dayanımının değerlendirildiği bir çalışmada yanıltıcı olabilir (Neelakantan ve ark., 2011).

De-Deus ve ark. (2015), bağlanma dayanımı çalışmalarında kök kanallarının gütta-perka ve kanal patı ile doldurulmasının kanal patının kalınlık ve hacmini oldukça azaltacağından bağlanma dayanımı testinin sonuçlarını etkileyebileceğini bildirmiştir. Bazı araştırmacılar da soğuk lateral kompaksiyon ve sıcak vertikal kompaksiyon tekniklerinin push-out bağlanma dayanımı testlerinin sonuçlarını etkileyebileceğini rapor etmişlerdir (Gade ve ark., 2015; Mokhtari ve ark., 2015). Çalışmamızda kök kanalları yalnızca kanal patı ile doldurulmuştur. Ancak günümüzde kök kanalı tedavilerinde kanal patı ile birlikte kor materyali olarak gütta-perka kullanılmaktadır. Bu durum çalışmamızda klinik senaryoları taklit etme anlamında bir sınırlama olarak düşünülebilir.

AH Plus, iyi mekanik özelliklere sahip olması, sızdırmazlık kabiliyeti, yeterli biyouyumluluğu ve kök dentinine mikro-bağlanma gibi özellikleri nedeniyle altın standart haline gelmiştir (Amin ve ark., 2012; Flores ve ark., 2011; Grande ve ark., 2007; Lee ve ark., 2017; Silva ve ark., 2021; Topçuoğlu ve ark., 2014). C. N. Carvalho ve ark. (2017) her ne kadar kök kanallarının yalnızca kanal patıyla doldurulması klinik pratiği taklit etmese de gütta-perka kullanımının push-out testinin güvenilirliğini tehlikeye atabileceğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar gütta-perkanın esnek bir materyal olması ve kanal patıyla kimyasal bağlantı kurmaması nedeniyle (Huffman ve ark., 2009; Stoll ve ark., 2010) kanal dolgusunda bağlanma dayanımı anlamında en zayıf halka olduğunu ve bu nedenle yük uygulandığında kolayca ayrılacağını bildirmişlerdir. Ayrıca Huffman ve ark. (2009), deformasyon ve akışkanlık özellikleri (reoloji) farklı olan kanal dolgu materyallerinden elde edilen bulguların karşılaştırılmasının anlamlı olmayacağını ifade etmişlerdir. Jain ve ark. (2007) da kök kanallarının yalnızca kanal patıyla doldurulduğunda, kanal patı ve kor materyaliyle doldurulmasına göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri gözlemlendiğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar kök kanallarının yalnızca kanal patıyla doldurulmasının, özellikle dentin-kanal patı ara yüzeyindeki bağlanma dayanımını değerlendirmek için daha geçerli ve güvenilir bir prosedür olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer şekilde De-Deus ve ark. (2015) da kanal patının özelliklerini değerlendirmek amacıyla yapılan push-out çalışmalarında, kök kanallarının yalnızca kanal patıyla doldurulması

gerektiğini, aksi halde birden fazla bağlantı ara yüzeyi oluşacağını, kanalların yalnızca kanal patıyla doldurulması halinde ancak kanal patı ve dentin arasındaki bağlanma dayanımı değerlerinin elde edilebileceğini bildirmişlerdir. Bu bilgilere dayanarak, çalışmamızda sadece dentin ve pat arasındaki bağlanma dayanımı değerlerini elde etmek amacıyla kök kanalları yalnızca epoksi reçine esaslı kanal patı ile doldurulmuştur.

Huffman ve ark. (2009), Nagaş ve ark. (2011) ve (Assmann ve ark., 2012), reçine esaslı kanal patlarının sertleşebilmesi için gerekli olan bekleme süresinin 7 gün olması gerektiğini ileri sürmüştür. Sertleşme sürecini tamamlamamış olan kanal patında büzülme stresine bağlı prematür ayrılmalar gözlenebileceği bildirilmiştir (De Gee ve ark., 1994). Tüm bu çalışmalar göz önüne alınarak çalışmamızda, kanal dolgusu sonrası dişler PBS solüsyonu ile ıslatılmış gazlı bez içerisinde 37°C’de ve %100 nemli ortamda 7 gün süreyle bekletilmiştir.

Kök kanalı tedavisinde kullanılacak ideal solüsyonun özellikleri; güçlü antimikrobiyal etki, organik ve inorganik dokuları çözebilme yeteneği, yıkayıcı etkinin yanında kanal aletleri için kayganlaştırıcı etki, diş sert dokularını zayıflatıcı ve toksik etki göstermemesi ve tedavide kullanılacak kök kanalı dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımına olumsuz etki göstermemesi olarak sıralanabilir. Günümüzde bilinen hiçbir endodontik solüsyon, bu özelliklerin tümünü aynı anda barındırmamaktadır. (Haapasalo ve ark., 2010).

Kök kanal sisteminin düzensiz ve karmaşık bir yapıda olduğu konik ışınli bilgisayarlı tomografi, mikro bilgisayarlı tomografi gibi ileri görüntüleme yöntemleri yardımıyla gösterilmiştir (Ahmed ve ark., 2020; Ahmed ve ark., 2018; Vertucci, 2005). Dişin yapısal bütünlüğünün bozulmasıyla pulpa boşluğu ağız ortamına açıldığında, kök kanal sistemi farklı tür ve sayıda mikroorganizma ve mikroorganizma ürünü ile kontamine olmaktadır. Mikroorganizmalar, kök kanal sisteminde yer alan karmaşık ve düzensiz alanlar ve dentin tübüllerine yerleşebilmekte ve çoğalabilmektedirler (Basrani ve Haapasalo, 2012; Wang ve ark., 2012; Yang ve ark., 2016). Bu nedenle, endodontik tedavilerde başarıya ulaşabilmek için kök kanallarının mekanik olarak şekillendirilmesi sırasında ve son yıkama aşamasında çeşitli antimikrobiyal yıkama solüsyonları kullanılmalıdır (Haapasalo ve ark., 2014a).

Sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonu endodontik tedavilerde en sık kullanılan antimikrobiyal bir yıkama solüsyonudur (Dunavant ve ark., 2006; Siqueira ve ark., 2000; Williamson ve ark., 2009a). Günümüzde kök kanal sistemi içerisindeki organik dokuyu çözmede kullanılan tek solüsyondur (Beltz ve ark., 2003; Çobankara ve ark., 2010; Stojicic ve ark., 2010). Bu nedenle de nekrotik doku artıkları ile biyofilm tabakasının uzaklaştırılmasında çok önemli bir görevi vardır. Ayrıca maliyeti düşüktür ve kolaylıkla temin edilebilmesi nedeniyle de birçok klinisyen ve araştırmacı tarafından uzun yıllardır kök kanalı tedavilerinde kullanılmaktadır (Clarkson ve Moule, 1998). Ancak tek başına kullanıldığında inorganik dokuyu çözündüremediği için smear tabakasını tamamen ortadan kaldıramaz (Shahravan ve ark., 2007).

Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında el aletleri veya döner aletlerin kullanılması sonucu dentin duvarlarında inorganik ve organik dokulardan oluşan balçık benzeri bir kalıntı tabakası oluşur. Bu tabakaya smear tabakası denir (Yang ve Bae, 2002). Smear tabakası dentin talaşı, pulpa kalıntıları, predentin, nekrotik kalıntılar, bakteriler ve odontoblast uzantılarını içermektedir. Smear tabakasının, mikroorganizmalar için bir rezervuar veya substrat görevi görmesinin yanında (Pashley, 1984) dentin tübüllerinin içine doğru kanal patı uzantıları (sealer tag) aracılığıyla gerçekleşen penetrasyonu da engelleyerek mikromekanik retansiyonu ve adezyonu olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir (Aranda-Garcia ve ark., 2013; Gopikrishna ve ark., 2011; Kouvas ve ark., 1998; Vilanova ve ark., 2012; White ve ark., 1987). Birçok araştırmacı smear tabakasının kaldırılmasının, patların kanal duvarlarına adezyonunu ve dolayısıyla dentine bağlanma dayanımını olumlu yönde etkileyebileceğini öne sürmüştür (Mader ve ark., 1984; McComb ve Smith, 1975; Moodnik ve ark., 1976; Souza Sde ve ark., 2012; Takeda ve ark., 1999). Bu bilgiler ışığında, dentine bağlanma dayanımını değerlendirdiğimiz çalışmamızda smear tabakasının kök kanallarından uzaklaştırılması hedeflenmiştir.

NaOCl solüsyonu organik doku çözücü olarak endodonti kliniğinde kullanılan tek solüsyondur (Haapasalo ve ark., 2014a). Bununla birlikte NaOCl solüsyonu tek başına kullanıldığında smear tabakasının inorganik kısmına etkisi olmadığından smear tabakasını tamamıyla uzaklaştırılamamaktadır. Bu nedenle hem organik hem de inorganik artıkların kök kanalından etkili bir şekilde uzaklaştırılabilmesi için NaOCl

solüsyonunun inorganik doku çözücü solüsyonlarla ardışık kullanılması gerekmektedir (Basrani ve Haapasalo, 2012; Shahravan ve ark., 2007; Şen ve ark., 1995).

Smear tabakasının inorganik kısmının uzaklaştırılması için günümüze kadar pek çok solüsyon kullanılmıştır: EDTA, sitrik asit, perasetik asit ve maleik asit gibi şelatörler ile son dönemde klinikte kullanım sıklığı artan etidronik asit solüsyonu bunlardan bazılarıdır (N. K. Carvalho ve ark., 2017; Kuruvilla ve ark., 2015; Zehnder ve ark., 2005b). Şelatörler ayrıca dentindeki kalsiyum/fosfor oranını (Ca/P) değiştirerek dentinin yapısal özelliklerini de değiştirirler (Di Renzo ve ark., 2001a; Doğan ve Çalt, 2001).

EDTA günümüzde endodonti kliniğinde en çok kabul gören ve en sık kullanılan şelatördür ve dentine bağlanma dayanımı çalışmalarında da sıklıkla inorganik doku çözücü olarak kullanılmaktadır (Bayram ve ark., 2017; Leal ve ark., 2015; Neelakantan ve ark., 2012; Tartari ve ark., 2023).

Baumgartner ve Mader (1987) EDTA ve NaOCl solüsyonları ardışık kullanıldıklarında organik ve inorganik kalıntıları uzaklaştırmada etkili olsa da peritübüler ve intertübüler dentin alanlarının çözünmesine neden olabileceğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde bazı araştırmalarda EDTA'nın eroziv etkileri olabileceği ifade edilmiştir (Calt ve Serper, 2002; Niu ve ark., 2002). Ayrıca NaOCl ve EDTA solüsyonlarının art arda kullanılması ise NaOCl'nin pH'ını düşürür ve klorin gazı açığa çıkarır (Rossi-Fedele ve ark., 2012). Açığa çıkan klorin gazının insan vücudunda toksik etkileri olabilir (Baumgartner ve Ibay, 1987). NaOCl solüsyonun yapısındaki klorun kaybına bağlı olarak hipokloröz asitteki artış hipoklorit iyonunun miktarını azaltır (Baumgartner ve Ibay, 1987; Rossi-Fedele ve ark., 2012; Zehnder ve ark., 2005b). Bu durum NaOCl'nin doku çözücü ve antimikrobiyal etkinliğinde azalmaya neden olur (Grawehr ve ark., 2003) EDTA'nın kök dentini üzerindeki istenmeyen etkileri (erozyon, kök dentininde dekalsifikasyon gibi), NaOCl solüsyonunun doku çözücü ve antimikrobiyal özelliklerini baskılaması ve mikrosertliği azaltarak dişlerin kırılma direncini düşürmesi (Moshaverinia ve ark., 2010; Sayın ve ark., 2007; Uzunoğlu ve ark., 2012) gibi düşünceler son zamanlarda alternatif şelasyon ajanlarının araştırılmasına yol açmıştır (Calt ve Serper, 2002; Grawehr ve ark., 2003; Zehnder ve ark., 2005b)

Etidronik asit (1-hidroksietiliden-1,1-difosfonik asit) (pH=7,3) biyoyoumlu bir Şelasyon ajanıdır ve son yıllarda kök kanallarının yıkanmasında kullanımı yer edinmeye baŐlamıŐtır (Lottanti ve ark., 2009). Etidronik asit ve NaOCl solüsyonunun birlikte kullanımıyla, smear tabakasının oluşumunu enstrümantasyon aşamasında azaltabilmek düŐüncesinden yola çıkararak “devamlı Şelasyon” (Girard ve ark., 2005; Zehnder ve ark., 2005b) kavramı gündeme gelmiş ve böylelikle kanal dolgu materyallerinin kök dentinine daha iyi baŐlanabileceĐi d Ő n lm Őtır (Neelakantan ve ark., 2012; Rath ve ark., 2020).

Tartari ve ark. (2015) NaOCl solüsyonu ve etidronik asit birlikte kullanıldığında NaOCl solüsyonunun doku çözme aktivitesinde herhangi bir değişiklik gözlenmediğini bildirmişlerdir.

Yakın zamanda Dual Rinse HEDP olarak bilinen bir etidronik asit ürünü piyasaya s r lm Őtır. Formül dezenfeksiyon, deproteinizasyon ve Şelasyon özelliklerini bir arada sağlayabilmek amacıyla, NaOCl solüsyonu ile birlikte kullanılabilen zayıf bir Őelat r n bir araya gelmesiyle oluşmaktadır (Zehnder ve ark., 2005b). Şelasyon kapasitesinin daha az olması nedeniyle Dual Rinse HEDP solüsyonunun agresifliğinin, EDTA solüsyonuna göre daha az olduğu ortaya konmuŐtur (Ballal ve ark., 2021a).

Ballal ve ark. (2019a) Dual Rinse HEDP solüsyonunun düşük denebilecek seviyede sitotoksisiteye neden olduğunu ve NaOCl solüsyonunun sitoksititesine de etki etmediğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca Dual Rinse HEDP ve NaOCl solüsyonu arasında meydana gelen reaksiyon sonucunda solüsyonların kendilerinden daha toksik bir ürün ortaya çıkmadığını bildirmişlerdir.

Dual Rinse HEDP konvansiyonel yıkama protokollerine alternatif olarak geliştirilmiştir. Çalışmamızda da son dönemde popülerliğini arttıran Dual Rinse HEDP formülü son yıkama aşamasında EDTA solüsyonuna alternatif inorganik doku çözücü olarak kullanılmıştır.

Literatür incelendiğinde etidronik asit ve EDTA’nın ayrı gruplarda kullanıldığı dentine baŐlanma dayanımı çalıŐmaları olsa da (Neelakantan ve ark., 2012; Paulson ve ark., 2018; Sfeir ve ark., 2023; Tartari ve ark., 2023), bu iki solüsyonun aynı çalışma grubunda ardışık kullanıldığı çalışma sayısı sınırlıdır. Neelakantan ve ark. (2012), etidronik asit ve EDTA solüsyonlarını aynı çalışma grubunda kullanmıŐtır.

Araştırmacılar epoksi reçine esaslı kanal patının dentindeki kolajen ağıyla kimyasal bağlantı kurduğunu, bu iki solüsyonun ardışık kullanımının kolajen ağının daha iyi açığa çıkmasını sağlayarak epoksi reçine esaslı kanal patının adezyonu için daha uygun bir ortam oluştuğunu belirtmişlerdir. Biz de literatürde konu hakkında yetersiz çalışma olması sebebiyle bu iki şelatörü art arda kullanarak bağlanma dayanımına etkisini değerlendirmeyi amaçladık.

Endodontide NaOCl solüsyonunun %0,5 ila %6 arasında değişen konsantrasyonları kullanılmaktadır (Gomes ve ark., 2001; Harrison ve Hand, 1981; Zehnder, 2006). NaOCl solüsyonunun klinisyenler tarafından en sık kullanılan konsantrasyonları %5,25 ve %2,5'tir. Ancak birçok araştırmacı NaOCl solüsyonunun %5,25 gibi yüksek konsantrasyonlarda kolajen yapıyı olumsuz yönde etkileyerek kanal patlarının dentine bağlanma dayanımını düşürebileceğini ifade etmiştir (Erdemir ve ark., 2004; Morris ve ark., 2001; Weston ve ark., 2007). Bu nedenle çalışmamızda da şekillendirme ve son yıkama aşamasında %2,5'lik NaOCl solüsyonu tercih edilmiştir. Benzer şekilde dentine bağlanma dayanımı üzerine yapılan birçok araştırmada da, şekillendirme ve son yıkama aşamalarında %2,5'lik NaOCl solüsyonunun kullanıldığı görülmektedir (Gaddala ve ark., 2015; Güzel ve ark., 2018; Neelakantan ve ark., 2012).

Ulusoy ve ark. (2017), kanal duvarlarından smear tabakasının uzaklaştırılmasının etkinliğini araştıran bir çalışmada farklı konsantrasyonlarda kullanılan etidronik asit solüsyonları (%9 ve %18) arasında anlamlı bir fark olmadığını ve yüksek konsantrasyondaki solüsyonun zararlı etkilerinden korunmak için %9'luk etidronik asit solüsyonunun kullanımının faydalı olabileceğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Erik ve ark. (2019) %9'luk etidronik asit veya %18'lik etidronik asit solüsyonlarının kullanımının kökün orta 1/3'lük kısmında smear tabakasının kaldırılması açısından anlamlı bir fark oluşturmadığını belirtmiştir. Tartari ve ark. (2018a), farklı konsantrasyonlardaki şelatörlerin dentinin organik ve inorganik yapısı üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, %9'luk etidronik asit ve %18'lik etidronik asit karışımlarının kullanımı arasında yüzey pürüzlülüğü açısından anlamlı bir fark olmadığını ifade etmişlerdir. Yadav ve ark. (2015) yüksek konsantrasyonlardaki solüsyonların dentin üzerindeki eroziv etkilerini önleyebilmek amacıyla %7 ila %10 arası konsantrasyonlardaki etidronik asit solüsyonlarının kullanımını önermişlerdir. Benzer şekilde Sumathi (2017) ve Okumuş ve ark. (2022) da %18'lik etidronik asit

solüsyonunun kök dentininde erozyona sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Ballal ve ark. (2021b), çalışmamızda da kullanılan AH Plus kanal patının dentine bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında %2,5'lik NaOCl solüsyonu+%9'luk Dual Rinse HEDP grubunda en yüksek bağlanma dayanımı değerleri saptamışlardır Tüm bu bilgiler ve üretici firmanın talimatları doğrultusunda hazırlanan preparatın %9 konsantrasyonda olması (Zehnder, 2019) göz önüne alınarak, çalışmamızda %2,5 NaOCl+%9 Dual Rinse HEDP konsantrasyonundaki karışım kullanılmıştır.

Literatür taraması yapıldığında EDTA solüsyonunun 1 ila 5 dakika arası sürelerde kullanıldığı görülmektedir (Çelik ve ark., 2014; Rath ve ark., 2020; Retana-Lobo ve ark., 2021; Shahi ve ark., 2012; Ulusoy ve ark., 2024; Zhang ve ark., 2010). Saito ve ark. (2008), 15 saniye, 30 saniye ve 1 dakika sürelerle %17 EDTA kullanımında smear tabakasının uzaklaştırılmasını incelemiş ve 1 dakikalık uygulamanın diğer sürelerle göre anlamlı olarak daha yüksek oranda smear tabakası kaldırdığını ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Calt ve Serper (2002) de, %17'lik EDTA solüsyonunun kök kanallarında kullanım süresinin kök dentinine etkilerini inceledikleri araştırmada, EDTA'nın kök kanallarına 1 dakika süreyle temasının smear tabakasını uzaklaştırmada etkili ve yeterli olduğunu, 10 dakika süreyle kullanımının ise peritübüler ve intertübüler dentin erozyonuna sebep olduğunu bildirmişlerdir. Mello ve ark. (2010) ve Scelza ve ark. (2004), son yıkama aşamasında %17'lik EDTA solüsyonunun 3 dakika uygulanması halinde smear tabakasını etkili bir şekilde uzaklaştırabildiğini ve dentin tübüllerinin açığa çıkmasında etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Teixeira ve ark. (2005) ve Prado ve ark. (2011b) da son yıkama aşamasında kullanılan EDTA solüsyonunun 3 dakika kullanıldığında smear tabakasını tamamen uzaklaştırdığını, 1 dakika kullanımının ise smear tabakasını tamamen uzaklaştıramadığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Fernandes Zancan ve ark. (2021) da %17'lik EDTA solüsyonu ile yapılan 1 dakikalık son yıkamanın smear tabakasının tamamen uzaklaştırılması ve temiz bir yüzey elde edilebilmesi için yeterli olmadığını, bu sürenin en az 3 dakika olması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu bilgiler göz önüne alınarak, çalışmamızda %17'lik EDTA solüsyonu 3 dakika süreyle uygulanmıştır. Daha önce yapılan birçok dentine bağlanma dayanımı çalışmasında da %17'lik EDTA solüsyonunun 3 dakika süreyle uygulanması tercih edilmiştir (Bayram ve ark., 2017; N. K. Carvalho ve ark., 2017; Leal ve ark., 2015).

Okumuş ve ark. (2022), Dual Rinse HEDP solüsyonunun 1 dakika ve 3 dakikalık kullanımları arasında dentin erozyonu ve smear tabakasının kaldırılması açısından anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir. De-Deus ve ark. (2008d) %9'luk etidronik asit solüsyonunun 3 dakika süreyle kullanımının 1 dakika kullanımına göre smear tabakasının kaldırılması ve tübüler açıklık bakımından daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Sumathi (2017), etidronik asit solüsyonunun 1 dakika süreyle kullanımının smear tabakasını 3 veya 5 dakika süreyle kullanıldığındaki kadar uzaklaştırmadığını, 5 dakika süreyle kullanımının ise dentinde erozyona neden olabileceğini ifade etmişlerdir. Erik ve ark. (2019) Dual Rinse HEDP solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliği (Lottanti ve ark., 2009) ve 3 dakika kullanımının dentin yapısında meydana getirdiği minör demineralizasyonu (Tartari ve ark., 2018a) göz önüne alarak solüsyonu 3 dakika süreyle uygulamayı tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Bu bilgiler ve literatürde daha önce etidronik asit solüsyonunun 3 dakika süreyle kullanıldığı diğer araştırmalar (Arias-Moliz ve ark., 2016; Morago ve ark., 2016) göz önüne alınarak, Dual Rinse HEDP solüsyonu çalışmamızın son yıkama aşamasında 3 dakika süreyle kullanılmıştır.

EDTA ve NaOCl solüsyonları ardışık kullanıldıklarında birbirleriyle etkileşime girebilirler. Bu solüsyonların birbirleriyle etkileşime girmelerinin sonucunda oluşan oksidasyona bağlı olarak bilinmeyen yan ürünler de ortaya çıkabilmektedir (Grande ve ark., 2006). Ayrıca EDTA solüsyonu NaOCl solüsyonu ile etkileşime girdiğinde moleküler yapısında da değişiklikler meydana gelmektedir (Orhan ve ark., 2022). Sreedev ve ark. (2020) yıkama solüsyonlarının doku çözücü etkilerini sonlandırmak ve yıkama solüsyonlarının ardışık kullanımının ardından meydana gelebilecek etkileşimleri önleyebilmek ve çöktirileri uzaklaştırabilmek amacıyla çalışmalarındaki gruplarda aktif solüsyonlar arasında ve ayrıca son yıkama ajanı olarak 5 ml distile su kullandıklarını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Neelakantan ve ark. (2015a), farklı son yıkama protokollerinin kanal patlarının dentine bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, aktif yıkama solüsyonlarının arasında 5 ml distile su kullandıklarını belirtmişlerdir.

NaOCl solüsyonunun kanal içerisinde kullanımının ardından sodyum klorit ve oksijene ayrışmasıyla ortaya çıkan ve dentin yüzeyinde kalan oksijen kabarcıklarının tübüllerin içine reçine penetrasyonunu ve reçinenin tübüllerle etkileşimini

engelleyebileceği düşünülmektedir (Neelakantan ve ark., 2011; Rueggeberg ve Margeson, 1990). Benzer şekilde Erdemir ve ark. (2004) da yıkama solüsyonların kullanımının ardından artık solüsyonlar ve ürünlerinin dentin tübülleri boyunca yayılarak reçine uzantılarının dentine penetre olmasını veya reçine monomerlerinin polimerizasyonunu olumsuz etkileyebileceğini (Nikaido ve ark., 1999) ve dentine bağlanma dayanımını azaltabileceğini ifade etmişlerdir.

Günümüzde araştırmacılar ve klinisyenler arasında distile su kullanımı ve yıkama protokolleri hakkında farklı fikir ve uygulamalar olduğu bilinmektedir. Tüm bu bilgiler ışığında daha önceki dentine bağlanma çalışmalarında da olduğu gibi (Bitter ve ark., 2013; Neelakantan ve ark., 2015b) çalışmamızın bazı gruplarında son yıkamada kullanılan aktif solüsyonların arasında ve ardından distile su kullanılmıştır. Böylelikle distile su kullanımının dentine bağlanma dayanımı üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Distile su ve serum fizyolojik, doku çözücü veya antimikrobiyal aktiviteye sahip olmadıkları için ana yıkama solüsyonu maddeleri olarak kullanılmamalıdır (Bystrom ve Sundqvist, 1983, 1985). Ayrıca daha önceki çalışmalarda da distile suyun smear tabakasına etki etmediği gösterilmiştir (Kadulkar ve ark., 2024; Ulusoy ve Gorgul, 2013). Birçok bağlanma dayanımı çalışmasında distile su negatif kontrol grubunda kullanılmıştır (Aranda-Garcia ve ark., 2013; Neelakantan ve ark., 2011; Reboloso de Barrio ve ark., 2021; Tuncel ve ark., 2015). Benzer şekilde bizim çalışmamızda da distile su kontrol grubunda tek başına kullanılmıştır.

Literatürde şelatörlerin smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştıran çalışmalar arasında bulgu farklılıkları olduğu görülmektedir. Castagnola ve ark. (2024), Patil ve ark. (2018), Deari ve ark. (2019) ve Bajpe ve ark. (2023) EDTA solüsyonunun, etidronik asit solüsyonuna göre smear tabakasını daha etkili bir şekilde uzaklaştırabildiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu bulguyu etidronik asit solüsyonunun zayıf bir şelatör olmasına bağlamışlardır.

Bununla birlikte birçok araştırmacı etidronik asit solüsyonunun zayıf bir şelatör olmasına rağmen devamlı şelasyon özelliği ve düşük yüzey enerjisine bağlı olarak kök kanallarında kolaylıkla yayılabilmesi sayesinde smear tabakasını uzaklaştırma konusunda EDTA solüsyonuna göre daha başarılı olduğunu ifade etmişlerdir (Özel ve ark., 2024; Ulusoy ve ark., 2017). Ibrahim ve Khalil (2021), Dual Rinse HEDP

solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırma konusunda EDTA solüsyonuna göre daha başarılı olduğunu ve bu durumun kanal patının penetrasyonuna ve bağlanma dayanımına olumlu etki edebileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar Dual Rinse HEDP solüsyonunun kullanımıyla gerçekleşen “devamlı şelasyon” sayesinde kalsiyum iyonlarının sürekli olarak kompleksleştirildiğini ve daha az smear tabakası ve debris birikiminin meydana geldiğini (Morago ve ark., 2016) belirtmişlerdir. Kuruvilla ve ark. (2015) da aralarında anlamlı fark olmasa da etidronik asit solüsyonunun EDTA solüsyonuna göre smear tabakasını uzaklaştırmada daha başarılı olduğunu ifade etmişlerdir.

Literatürde Dual Rinse HEDP solüsyonu ile EDTA solüsyonu arasında smear tabakasını uzaklaştırma açısından anlamlı bir fark olmadığını belirten birçok araştırma olduğu da görülmektedir (Espinoza ve ark., 2021; Kuruvilla ve ark., 2015; Lottanti ve ark., 2009; Sumathi, 2017).

Smear tabakası varlığının ve smear tabakasının uzaklaştırılma etkinliğinin sıklıkla SEM ile alınan görüntüler yardımıyla değerlendirildiği görülmektedir (Arslan ve ark., 2016; Doğan ve Çalt, 2001; Mancini ve ark., 2013; Nassar ve ark., 2015; Tartari ve ark., 2023). Çalışmamızda da son yıkama aşamasının ardından smear tabakasını gözlemlemek amacıyla sınırlı sayıda SEM görüntüsü üzerinde inceleme yapılmıştır.

Smear tabakasının kaldırılmasıyla dentin tübüllerinin açığa çıktığı ve dolayısıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığı bildirilmiştir (Ballal ve ark., 2013; Rotstein ve ark., 1996). Yüzey pürüzlülüğünün artması temas açısını azaltır (Wenzel, 1936) ve kanal patlarının dentin yüzeyini ıslatabilirliği artar (Gandhi ve ark., 2020). Ayrıca smear tabakası kanal patı ile dentin arasında kalarak patın dentine tübüllerine penetrasyonunu da engellediğinden adezyonu olumsuz etkilemektedir (White ve ark., 1987).

Çalışmamızda literatürde zaten detaylı bir şekilde belirtilmiş olan (Espinoza ve ark., 2021; Lottanti ve ark., 2009) yıkama protokolleri ile smear tabakasının uzaklaştırılma etkinliğinin karşılaştırılması amaçlanmamıştır. Smear tabakasının uzaklaştırılması aşamasında uygulanan protokoller konvansiyonel yöntemlerdir. Ancak laboratuvar ortamları, deney düzenekleri ve araştırmacılar arasında farklılıklar meydana gelebilmektedir. Bu nedenle bu yıkama protokollerinin çalışmamızda da etkili olup olmadığının tespit edilebilmesi amacıyla, daha önceki çalışmalarda da olduğu gibi (Abu Zeid ve Alnoury, 2024; Saleh ve ark., 2003; Tartari ve ark., 2023), çalışmamızda

kullanılan yıkama protokollerinin uygulandığı ikişer örnek diş kullanılarak SEM görüntüleri elde edilmiştir.

Çalışmamızda yapılan SEM analizinde, daha önce yapılan birçok araştırmanın (Ballal ve ark., 2009; Carvalho ve ark., 2008; Ulusoy ve ark., 2017) (Espinoza ve ark., 2021; Kuruvilla ve ark., 2015; Lottanti ve ark., 2009; Sumathi, 2017) bulgularına paralel olarak distile suyun kullanıldığı kontrol grubu hariç tüm deney gruplarında şelatörlerin kullanımına bağlı olarak smear tabakasının uzaklaştırılabildiği gözlemlenmiştir.

AH Plus kanal patı dentinin kolajen ağındaki amino gruplarıyla kovalent bağlar kurmaktadır (Fisher ve ark., 2007). Yapılan birçok çalışmada şelatörlerin kullanımıyla kolajen ağının açığa çıkarılmasının AH Plus kanal patının dentine bağlanma dayanımını arttırdığı gösterilmiştir (Bayram ve ark., 2017; Kumar ve ark., 2023; Neelakantan ve ark., 2011; Taşan ve Özlek, 2024; Tuncel ve ark., 2015). Ayrıca şelatörlerin kullanımıyla smear tabakası uzaklaştırılır, kanal patının tübül penetrasyonu ve dentine bağlanma dayanımı artar (Leal ve ark., 2015). Bu bulgular, çalışmamızın şelatörlerin kullanıldığı tüm deney gruplarına kıyasla sadece distile suyun yıkama solüsyonu olarak kullanıldığı kontrol grubunda anlamlı derecede daha düşük dentine bağlanma dayanımı değerleri elde edilmesi sonucuyla örtüşmektedir.

Çalışmamızın bazı gruplarında son yıkama aşamasında aktif solüsyonlar arasında ve sonrasında distile su kullanılmıştır. Bazı araştırmacılar aktif solüsyonlar arasında inert bir solüsyon kullanılmadığında solüsyonlar arasında meydana gelebilecek etkileşimler sonucu dentin tübüllerine penetrasyonun engellenebileceğini, bu durumun da bağlanma dayanımı değerlerini olumsuz etkileyebileceğini belirtmişlerdir (Akisue ve ark., 2010; Şen ve ark., 1995; Vivacqua-Gomes ve ark., 2002). Ancak Magro ve ark. (2015) solüsyonların birbirleriyle etkileşimi sonucu oluşacak bir “kimyasal smear tabakası” varlığının dentine bağlanma dayanımı değerlerine etki etmeyeceğini bildirmişlerdir. Ayrıca Neelakantan ve ark. (2015a), farklı son yıkama protokollerinin kanal patlarının dentine bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, son yıkama aşamasında distile suyla durulama yapmalarına rağmen kanal patlarının bağlanma dayanımı değerlerinin yıkama protokollerine göre değişiklik gösterdiğini, bu durumun kanal duvarlarında az miktarda da olsa her zaman aktif yıkama solüsyonlarının kalmasıyla ilişkili olabileceğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar ileriki çalışmalarda

kanal duvarlarında kalan aktif solüsyonların uzaklaştırılabilmesi amacıyla distile suyun aktivasyon yardımıyla uygulanmasını önermişlerdir.

Ballal ve ark. (2024) şekillendirme sırasında Dual Rinse HEDP solüsyonu ve son yıkamada EDTA solüsyonu kullanılan örneklerde en son serum fizyolojik kullanılarak daha önce kullanılan solüsyonların kimyasal artıklarının uzaklaştırılmasının AH Plus'ın örtücülüğüne katkıda bulunmadığını bildirmişler ve AH Plus patının örtücülüğü ile dentine adezyonu arasında korelasyon varlığının daha önce gösterildiğini (Neelakantan ve ark., 2011) belirtmişlerdir. Çalışmamızda son yıkamada yalnızca distile su kullanımının farklılık oluşturduğu gruplar arasında (Grup 2,3 ve 4; Grup 5,6 ve 7; Grup 8 ve 9; Grup 10,11 ve 12) dentine bağlanma dayanımı açısından farklılık görülmediğinden, bu bulgular bizim çalışmamızın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Çalışmamızın şartları altında, son yıkamada solüsyonlar arasında ve sonrasında distile su kullanımının kanal patının dentine bağlanma dayanımını etkilemediği kanısındayız. Bu nedenle çalışmamızda yalnızca aktif solüsyonlar arasında veya sonrasında distile su kullanımıyla birbirinden ayrılan gruplar bir arada değerlendirilerek de bir istatistik analiz yapılmıştır. Deney gruplarından elde edilen bulguların tartışması, belirtilen grupların bir arada değerlendirilmesinden elde edilen istatistiksel sonuçlara dayandırılarak ve son yıkamada kullanılan son aktif solüsyon belirtilerek adlandırılan gruplar üzerinden yapılmıştır.

Kök kanalı tedavisinde kullanılan solüsyonlar, hedeflenen etkilerinin yanı sıra kök dentinin organik ve inorganik içeriğinde değişikliklere neden olabilmektedir (Ari ve Erdemir, 2005; Cobankara ve ark., 2011; Doğan ve Çalt, 2001; Hennequin ve ark., 1994). Bu değişiklikler reçine esaslı kanal patlarının kök dentinine adezyonu etkileyebilmektedir (De-Deus ve ark., 2008b; Neelakantan ve ark., 2012; Perdigao ve ark., 2001).

Endodontide kullanılan yıkama solüsyonları kök dentinin yapısal özelliklerinin değişmesi, mikrosertlikte azalma ve erozyon gibi etkilere sebep olabilmektedir (Gandhi ve ark., 2016). Dentin erozyona uğradığında, organik matriks aynı şekilde kalırken mineral miktarı oldukça azalır. Böylece dentin tübüllerinin ağızlarının daha fazla genişlemesi ve fibröz bir intertübüler yapı meydana gelmesiyle adezyon sağlanabilmesi için daha dar ve daha az uygun olan bir yüzey kalır (Costa ve ark., 2024; Wiegand ve ark., 2021). Ayrıca erozyon sonucu hidroksiapatit kristallerinin çözünmesi, çökmeye

müsait kolajen fibrillerinin açığa çıkmasına neden olur (Romano ve ark., 2024). Çökmüş kolajen fibrilleri ve erozyon sonucu kalınlaşmış kolajen tabakasına reçine monomerleri yeterince infiltre olamayacağından zayıf bir hibrit tabaka oluşabilir ve dentine bağlanma dayanımı olumsuz etkilenebilir (Belmar da Costa ve ark., 2021; Giacomini ve ark., 2017).

Kfir ve ark. (2020) EDTA ve Dual Rinse HEDP solüsyonları kullanılan gruplar arasında smear tabakasının uzaklaştırılması ve dentin erozyonu açısından anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte diğer bazı araştırmacılar ise etidronik asit veya Dual Rinse HEDP solüsyonuna kıyasla, EDTA solüsyonunun daha fazla dentin erozyonuna neden olduğunu bildirmişlerdir (Deari ve ark., 2019; Dineshkumar ve ark., 2012; Lottanti ve ark., 2009; Zarean ve ark., 2023).

Bedir ve ark. (2017), EDTA gibi güçlü şelatörlerin kullanılmasıyla dentinde meydana gelebilecek erozyonun dentine bağlanma dayanımını olumsuz etkileyebileceğini, etidronik asit kullanıldığında ise erozyon görülmediğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda son aktif solüsyon olarak Dual Rinse HEDP solüsyonu kullanılan gruplarda son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonu kullanılan gruplara oranla daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri saptanması bu gerekçeye dayandırılabilir.

Dentinin pürüzlülük ve ıslanabilirlik gibi yüzey özellikleri, kullanılacak materyallerin iyi bir adezyon sağlayabilmesi açısından önemlidir (Marshall ve ark., 2010). Yıkama solüsyonlarının kullanımının ardından yüzey pürüzlülüğünün artmasıyla kanal patının penetre olabileceği yüzey düzensizlikleri de artacağından dentin ile kanal patı arasındaki mikromekanik retansiyon güçlenmiş olur (Eldeniz ve ark., 2005a). Sfeir ve ark. (2023) da son yıkama aşamasında şelasyon ajanlarının kullanılmasıyla meydana gelecek yüzey pürüzlülüğünün AH Plus kanal patının dentin tübülleriyle mikromekanik etkileşim kurmasını sağlayarak dentine bağlanma dayanımını arttırabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü arttıkça temas alanı da artacağından daha pürüzlü bir yüzeyin daha fazla ıslanabilirliğe sebep olduğu gösterilmiştir (Telles ve ark., 2017; Wenzel, 1936). Kanal patının ıslatabilirliğinin artmasının dentine adezyonu da olumlu etkiler (Gregoire ve ark., 2011).

Ari ve ark. (2004), Hu ve ark. (2010) ve Patil ve Uppin (2011) hem NaOCl solüsyonunun hem de EDTA solüsyonunun dentin pürüzlülüğünü belirgin bir şekilde

arttırdığını bildirmişlerdir. Hu ve ark. (2010) NaOCl solüsyonu kullanımıyla solüsyonun organik doku çözücü özelliğine bağlı olarak kolajen yapıda meydana getirdiği yüzey pürüzlülüğü sayesinde adeziv materyallerin mikromekanik retansiyonu için gerekli olan yüzey düzensizliklerinin oluşturulabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda NaOCl/EDTA/NaOCl gruplarında en yüksek dentine bağlanma değerleri saptanmasında yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen artışın etkisi olduğu kanısındayız.

Rath ve ark. (2020) hem etidronik asit solüsyonunun hem de EDTA solüsyonunun yüzey pürüzlülüğünde artışa sebep olduğunu bildirmişlerdir. Tartari ve ark. (2023), farklı son yıkama protokollerinin dentine bağlanma dayanımına etkisini inceledikleri çalışmalarında, son aktif solüsyon olarak etidronik asit solüsyonu kullanılan grupta EDTA solüsyonu kullandıkları gruba göre daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri saptasalar da anlamlı bir fark oluşmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, etidronik asit solüsyonunun yüzey pürüzlülüğünü EDTA solüsyonu kadar arttırmadığını (Tartari ve ark., 2018b), bununla birlikte etidronik asit solüsyonunun yüzey enerjisinde sebep olduğu artışın (Francis ve Valent, 2007) dentin ıslanabilirliğini arttırdığını (Tartari ve ark., 2018b) ve buna bağlı olarak güçlü bir mekanik bağlantı sağlanmasıyla etidronik asit solüsyonu kullandıkları grupta EDTA solüsyonu kullanılan gruplara göre anlamlı olmasa da daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri saptadıklarını bildirmişlerdir (Neelakantan ve ark., 2012; Tartari ve ark., 2023). Bu sonuçlar çalışmamızın bulgularıyla örtüşmektedir.

Çalışmamızda son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanıldığı gruplarda Dual Rinse HEDP solüsyonunun kullanıldığı gruplara göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri saptanmıştır. Bu bilgiler ışığında, Tartari ve ark. (2013)'nın bulgularına paralel olarak, son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanıldığı gruplarda Dual Rinse HEDP kullanılan gruplara oranla daha fazla pürüzlülük meydana gelmiş ve bu sayede mikromekanik bağlantı pozitif etkilenmiş (Elbahary ve ark., 2020; Saleh ve ark., 2002) olabilir.

Adezyon kavramı ele alındığında adeziv materyaller (kanal patı) kimyasal adezyon ve mikromekanik retansiyonun sağlanabilmesi için aderent (dentin yüzeyi) ile yeterli bir temasa (penetrasyona) sahip olmalıdır (Doğan Buzoğlu ve ark., 2007). Adezivin (kanal patı) yüzey (dentin) ile temas açısı azaldıkça ıslatabilirlik ve adezyon artar (Milosevic, 1992; O'Kane ve ark., 1993). Adezyon yüzeyin (dentin)

ıslanabilirliğinden etkilenmektedir (Al-Omari ve ark., 2001; Eick ve ark., 1997; Erickson, 1992). Yüzey enerjisi, yüzeylerin bulundukları ortama karşı adezyon yeteneklerinin veya gösterdikleri reaksiyonun bir ölçüsüdür. Bu olgu, atomlar arası çekimin bir sonucu olarak meydana gelir. Yüzey enerjisinin ölçümü, bir sıvı damlası ile üzerinde durduğu katının düz yüzeyi arasında oluşan açı cinsinden ifade edilebilir. Buna temas açısı [contact angle (θ)] denir ve yüzey enerjisiyle (ıslatılabilirlik) ters orantılıdır, yani temas açısı ne kadar düşüğe yüzey serbest enerjisi o kadar büyük olur ve dolayısıyla adezyon da o kadar iyi olur (Doğan Buzoğlu ve ark., 2007; Milosevic, 1992; O'Kane ve ark., 1993). Yıkama solüsyonları yüzey enerjisini değiştirerek (Tartari ve ark., 2018b) kök dentininin ıslanabilirliğine ve dolayısıyla adezyona etki edebilirler (Baier, 1992).

Şelatörlerin kullanımıyla smear tabakasının kaldırılması sonucunda dentin tübüllerinin açığa çıktığı ve yıkama solüsyonları ve patlar için daha geniş bir penetrasyon alanı oluştuğu ifade edilmektedir (Torabinejad ve ark., 2002; Wang ve ark., 2013). Benzer şekilde de Assis ve ark. (2011) şelatörlerin kullanımı sayesinde smear tabakasının kaldırılması sonrasında AH Plus kanal patının temas açısının azaldığını dolayısıyla patın ıslatabilirliğinin arttığını belirtmişlerdir.

Literatür incelemesi yapıldığında EDTA solüsyonunun dentin ıslanabilirliğine etkisi üzerinde farklı görüşlerin mevcut olduğu görülmektedir. EDTA solüsyonunun dentin ıslanabilirliğini arttırdığını ifade eden çalışmalar olsa da (de Assis ve ark., 2011; Telles ve ark., 2017), dentin ıslanabilirliğini azalttığını belirten birçok araştırma mevcuttur (Attal ve ark., 1994; Erickson, 1992; Hashem ve ark., 2009). EDTA solüsyonunun kullanımıyla açığa çıkan kolajen fibrillerinin düşük yüzey enerjisine sahip olduğu ve böylece dentinin ıslanabilirliğinin azalabileceği bildirilmiştir (Yılmaz ve ark., 2011a; Yılmaz ve ark., 2011b)

Hu ve ark. (2010), yıkama solüsyonlarının dentinin ıslanabilirlik ve pürüzlülüğüne etkisini inceledikleri çalışmalarında, NaOCl solüsyonunun dentinin ıslanabilirliğini arttırırken, EDTA solüsyonunun ıslanabilirliğe etkisi olmadığını bildirmişlerdir. Yılmaz ve ark. (2011b) da son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanıldığı gruplarda, son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonunun kullanıldığı gruplara göre daha yüksek dentin ıslanabilirliği değerleri saptamışlardır. Araştırmacılar bu bulguyu NaOCl solüsyonuyla yapılan deproteinizasyonun hidrofilik

bir yüzey oluşturmaya (Attal ve ark., 1994; Ruyter, 1992) bağlamışlardır. Bu bilgiler göz önüne alındığında çalışmamızda son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonunun kullanıldığı gruplarda düşük, son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanıldığı gruplarda yüksek dentine bağlanma dayanımı değerlerinin saptanmasında solüsyonların dentin ıslanabilirliğine etkilerinin sebep olduğu düşünülebilir.

Tammineedi ve ark. (2020) aralarında anlamlı fark olmasa da etidronik asit solüsyonunun dentin ıslanabilirliğini EDTA solüsyonuna oranla daha fazla arttırdığını bildirmişlerdir. Tartari ve ark. (2018b) yüzey ıslanabilirliğinin yüzey pürüzlülüğünden etkilendiğini (Rosales ve ark., 1999), dolayısıyla ıslanabilirlik üzerine yapılan çalışmalarda yıkama protokolleri uygulanmadan önce yüzey pürüzlülüğünün standardizasyonunun önemli bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada etidronik asit solüsyonunun yüzey pürüzlülüğünde küçük değişikliklere sebep olmasına rağmen, bifosfonat oluşu ve hidroksiapatit kristallerinde güçlü bir şekilde birikimi (adsorpsiyonu) sayesinde (Francis ve Valent, 2007) yüzey enerjisini arttırdığını saptamışlardır. Artan yüzey enerjisi materyaller arasındaki çekimi kolaylaştıran düşük temas açılara sebep olur ve ıslanabilirliği de artırır. Böylece etidronik asit solüsyonu kullanımıyla EDTA solüsyonu kullanımına kıyasla AH Plus kanal patı ile dentin duvarları arasında daha düşük aralık boyutu değerlerinin ve daha iyi marjinal adaptasyonunun sağlanabileceğini (Ulusoy ve ark., 2017) ve dolayısıyla daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri saptanabileceğini (De-Deus ve ark., 2008a; Neelakantan ve ark., 2012) belirtmişlerdir.

Yıkama solüsyonu olarak kullanılan EDTA solüsyonunun 7,3 olan pH değeri nedeniyle fazla miktarda barındırdığı OH⁻ iyonu varlığının, smear tabakasında bulunan hidroksiapatitin ayrışmasını azaltabileceği bildirilmiştir (Nikiforuk ve Sreebny, 1953; Yılmaz ve ark., 2011a). Bu nedenle, EDTA'nın şelat oluşturabileceği kalsiyum iyonlarının sayısı azalır ve sonuçta EDTA'nın kanal patlarının ıslatabilirliği üzerindeki etkisi azalmış olur (Gandhi ve ark., 2020). Kanal patının ıslatabilirliğinin azalmasının dentine adezyonu da olumsuz etkilemesi beklendiğinden (Gregoire ve ark., 2011) bu bilgiler çalışmamızın bulgularını destekler niteliktedir. Farklı pH değerlerine sahip EDTA solüsyonlarının 37°C'de son yıkamada kullanımının dentine bağlanma dayanımındaki etkilerinin daha ileri araştırmalarla incelenmesi gerektiği kanısındayız.

Yıkama solüsyonlarının dentin yüzeyindeki Ca/P oranına etki ederek (Hennequin ve ark., 1994) dentin geçirgenliğini ve kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu etkilediği bildirilmiştir (De-Deus ve ark., 2008a). Kurtz ve ark. (2003) ve Mallmann ve ark. (2005) dentin tübül yoğunluğu ve tübüler açıklık arttıkça daha derin penetrasyon ve daha uzun reçine bağlantıları oluşabileceğini ve bu durumun daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri sağlayabileceğini ifade etmişlerdir. Calt ve ark. (1999) kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunun, kanal dolgu materyali ile dentin duvarları arasındaki temas yüzeyini artırarak örtücülük özelliğini arttırabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca kanal dolgusunun retansiyonu da dentin tübülleri ve kanal patı uzantıları arasında oluşan mekanik kilitlenme (mechanical locking) ile artabilir (Sreedev ve ark., 2020).

Bazı araştırmacılar son aktif solüsyon olarak NaOCl kullanımıyla dentin yüzeyindeki tübüler açıklık çaplarının da artacağını ifade etmiştir (Calt ve Serper, 2002; Niu ve ark., 2002; Qian ve ark., 2011). Qian ve ark. (2011) dentinin yapısında bulunan kolajen fibrillerin hidroksiapatitle çevrili olduğunu (Di Renzo ve ark., 2001b), NaOCl solüsyonunun EDTA solüsyonundan önce kullanıldığı takdirde kolajen fibrillerine etki edemeyeceğini, ancak EDTA solüsyonunun kullanımıyla hidroksiapatit tabakasının uzaklaştırılmasının ardından NaOCl solüsyonunun kolajen fibrillerine etki ederek tübüler yüzey alanının artabileceğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Tartari ve ark. (2023) da NaOCl/EDTA/NaOCl grubunda tübül ağzlarının genişlediğini belirtmiş ve bu grupta yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri saptamışlardır. Tübül ağzlarının çaplarının artması daha önce de belirtildiği gibi kanal patının mikromekanik retansiyonunu da olumlu yönde etkileyip çalışmamızda son aktif solüsyonun NaOCl olduğu gruplarda dentine bağlanma dayanımı değerlerinin artmasına pozitif etki etmiş olabilir.

Deari ve ark. (2019) dentinde çözünmüş kalsiyum ile açığa çıkan tübüller arasında yüksek bir korelasyon olduğunu ifade etmişlerdir. Ibrahim ve Khalil (2021) Dual Rinse HEDP solüsyonunun EDTA solüsyonuna göre dentinden daha fazla kalsiyum çözdüğünü ve buna bağlı olarak Dual Rinse HEDP grubunun SEM görüntülerinde daha fazla açık dentin tübülü ile karşılaştıklarını bildirmişlerdir. Araştırmacılar açılmış dentin tübüllerine daha iyi bir kanal patı penetasyonu olacağını

ve sonuç olarak başarılı bir kanal tedavisi için gerekli olan üç boyutlu bir örtücülük sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Bununla birlikte literatür incelemesi yapıldığında dentine bağlanma dayanımı ve tübül penetrasyonu arasında bir ilişki olmadığını bildiren araştırmacılar da mevcuttur (Jainaen ve ark., 2008; Saleh ve ark., 2002 ; Saleh ve ark., 2003). Bulgulardaki farklılıklar kullanılan test yöntemlerinin farklılıklarından kaynaklanıyor olabilir.

Literatür incelemesi yapıldığında son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanımıyla ilgili farklı görüşler olduğu görülmektedir. Bazı araştırmacılar, son aktif solüsyon olarak kullanılan NaOCl solüsyonu ile organik dokular arasındaki etkileşimin ardından ortaya çıkan hipokloroz asit ve oksijen gibi yan ürünlerin, dentindeki kolajenin yapısını bozduğunu bildirmişlerdir (Daumer ve ark., 2000; Estrela ve ark., 2002). Kumar ve ark. (2019) kolajen yapısındaki bu bozulmanın reçine esaslı patların kimyasal adezyonunu engellediğini ifade etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca bu arta kalan oksijen kabarcıklarının reçine monomerlerinin tübüllere penetrasyonunu (Neelakantan ve ark., 2011; Rueggeberg ve Margeson, 1990) ve reçine monomerlerinin polimerizasyonunu engellediğini (Munksgaard ve ark., 1985; Neelakantan ve ark., 2011), dolayısıyla dentine bağlanma dayanımını olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Araştırmacıların saptadıkları bu bulguların Weston ve ark. (2007)'nin da daha önce ifade ettiği gibi, kullandıkları yüksek konsantrasyondaki NaOCl solüsyonunun dentine bağlanma dayanımı üzerindeki olumsuz etkisinden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Neelakantan ve ark. (2015b) AH Plus kanal patının dentine bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonunun kullanıldığı grupta, son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanıldığı gruba oranla daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri saptamışlardır. Araştırmacıların çalışmamızla çelişen bulguları kullandıkları solüsyonların uygulama süresi, konsantrasyon farkı ve örneklerin bekletme süresi gibi metodolojik farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir.

Bununla birlikte birçok araştırmada kök kanallarının yıkanmasında son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanımının avantajlarına değinilmektedir.

Yamada ve ark. (1983) son yıkama aşamasında dentin yüzeyinde debris ve smear tabakasını etkili bir şekilde uzaklaştırabilmek amacıyla EDTA solüsyonunun kullanımının ardından NaOCl solüsyonunun kullanımını önermişlerdir. Neelakantan ve ark. (2011) da NaOCl solüsyonunun kanal sisteminden kanal patının kanal duvarlarına adezyonunu engelleyebilecek gevşek organik kalıntıları uzaklaştırarak AH Plus kanal patının dentine bağlanma dayanımını olumlu etkileyebileceğini bildirmişlerdir. Leal ve ark. (2015) son yıkama protokollerinin epoksi reçine esaslı kanal patının dentine bağlanma dayanımına etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini NaOCl/EDTA/NaOCl grubunda tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu grupta tespit edilen yüksek bağlanma dayanımı değerlerini smear tabakasının inorganik ve organik içeriğinin uzaklaştırılabilmesiyle daha fazla dentin tübülünün açığa çıkmasına bağlı olarak kanal patının tübüllere daha iyi penetrasyonu ile ilişkilendirmişlerdir. Benzer şekilde Donnermeyer ve ark. (2019) da son yıkama protokollerinin kanal patlarının dentine bağlanma dayanımını inceledikleri çalışmalarında, AH Plus kanal patını değerlendirdikleri gruplar arasında, son yıkama aşamasında sırasıyla NaOCl/EDTA/NaOCl solüsyonlarının kullanıldığı grupta en yüksek bağlanma dayanımı değerleri saptamışlardır. Araştırmacılar şelatörlerin ardından NaOCl solüsyonunun kullanımının AH Plus kanal patının dentine bağlanma dayanımına pozitif etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu durumun smear tabakası ve debrisin tamamen uzaklaştırılması sayesinde kolajendeki amino gruplarının tamamen açığa çıkmasına bağlı olarak amino grupları ile epoksi reçine arasında oluşan kovalent bağların sayısının artmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Tartari ve ark. (2023) da son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanıldığı grupta epoksi reçine esaslı kanal patı ile görülen yüksek dentine bağlanma dayanımı değerlerini, kolajenin açığa çıkması sonucu oluşan temiz yüzeylerin sağladığı ıslanabilirliğin adeziv ile aderent arasında iyi bir etkileşim sağlanması ile meydana gelmiş olabileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda da son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanıldığı gruplarda en yüksek bağlanma dayanımı değerleri saptandığından araştırmacıların bulguları çalışmamızla örtüşmektedir.

Reçine esaslı kanal patları ile dentin arasındaki bağlantının sağlıklı bir şekilde meydana gelebilmesi için açığa çıkan kolajen ağının bozunmamış olması gerekmektedir (Neelakantan ve ark., 2012). Yüksek konsantrasyondaki NaOCl solüsyonu dentin yüzeyindeki kolajenle temas ettiğinde, yüzeysel mineralize dentin yüzeyinin hemen

altındaki (superficial subsurface layer) kolajenin oksidatif kimyasal bozunmasına yol açarak, kırılğan yapıya sahip, kolajen açısından fakir mineral açısından zengin bir tabaka (mineral ghost layer) oluşturduğu düşünülmektedir (Gu ve ark., 2017; Zancan ve ark., 2021). EDTA solüsyonunun kullanımının ardından son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun tekrar kullanılması, kolajenden yoksun bu alandaki işlevsiz fibrillerin uzaklaştırılmasını sağlayarak, smear tabakasından ve organik debristen arınmış ve tübül çaplarının genişlediği bir dentin yüzeyi elde edilmesini sağlayabilmektedir (Fernandes Zancan ve ark., 2021). Ayrıca Prati ve ark. (1999) dentine son olarak uygulanan NaOCl solüsyonunun ardından kolajen fibriller uzaklaştırılmış olsa da, kolajen fibrillerin kapladığı alana penetre olan reçine uzantılarının “tersine hibrit tabaka” oluşturarak, reçine esaslı materyallerin dentine bağlanma dayanımını arttırabileceğini (Pashley ve ark. 1995) ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Sreedev ve ark. (2020), kök kanallarının şekillendirilmesinin ardından amorf şekilli ve tübüler görünürlüğün değiştiği bir organik yapı oluştuğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar kök dentinin organik yapısında meydana gelen bu düzensiz mikro değişikliklerin NaOCl solüsyonuyla çözülebileceğini ve bu görüşlerine paralel olarak epoksi reçine esaslı kanal patlarıyla en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini şelatörlerin kullanımının ardından son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonun kullanıldığı grupta tespit ettiklerini ifade etmişlerdir. Adl ve ark. (2017) ise son yıkama aşamasında son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonu kullandıkları grupta NaOCl solüsyonu kullandıkları gruba göre epoksi reçine esaslı kanal patının daha düşük dentine bağlanma dayanımı değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar EDTA solüsyonunun kolajen ağında sebep olabileceği muhtemel çökmenin (García-Godoy ve ark., 2005) kanal patının infiltrasyonunu engelleyebileceğini ve düzgün bir hibrit tabakası oluşumunun önüne geçebileceğini ifade etmişlerdir.

Sayın ve ark. (2007), yalnızca EDTA solüsyonunun kullanımına kıyasla, EDTA solüsyonunun kullanımının ardından NaOCl solüsyonunun kullanımıyla kök dentininden daha fazla Ca^{2+} uzaklaştırıldığını bildirmişler ve son olarak kullanılan NaOCl solüsyonunun kök dentininin kimyasal yapısının değişimini kolaylaştırabileceğini ifade etmişlerdir. Saleh ve ark. (2002) dentin tübüllerinin açığa çıkmasıyla reçine uzantılarının penetre olabileceği çokça düzensiz yüzey meydana geldiğini (Gettleman ve ark., 1991) ve böylelikle AH Plus kanal patının dentine daha güçlü bağlanabileceğini belirtmişlerdir. Yılmaz ve ark. (2011b) da NaOCl solüsyonunun

kullanımıyla dentin tübüllerinin çap ve hacminin arttığını ve dolayısıyla düzensiz bir yapıya sahip poröz bir dentin yüzeyi (Niu ve ark., 2002) meydana gelebileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada yüzey pürüzlülüğündeki artışa paralel olarak dentin yüzeyinde kanal patının penetre olabileceği alanların da artmasıyla mikromekanik retansiyonun artabileceği (Saleh ve ark., 2002) ve daha iyi bir adezyon elde edilebileceği de ifade edilmiştir. Yukarıda belirtilen tüm bu bulguların çalışmamızın son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonu kullanılan gruplarındaki yüksek dentine bağlanma değerlerinde etkisi olabileceğini düşünmekteyiz.

Tartari ve ark. (2023) ise farklı son yıkama protokollerinin AH Plus kanal patının dentine bağlanma dayanımına farklı bekleme sürelerindeki etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, son aktif solüsyon olarak EDTA, etidronik asit ve NaOCl solüsyonlarının kullanıldığı gruplarda 7 günün sonunda anlamlı fark görmeseler de 20 aylık saklama süresinin ardından son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonunun kullanıldığı grupta anlamlı olarak daha düşük dentine bağlanma dayanımı elde etmişlerdir. NaOCl solüsyonunun kullanıldığı gruptaki bağlanma dayanımı değerleri anlamlı olmasa da etidronik asit solüsyonun kullanıldığı gruptan daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar bu bulguyu son aktif solüsyon olarak NaOCl kullanılan gruplarda pürüzlü (Niu ve ark., 2002) ve smear tabakasının tamamıyla uzaklaştırılmasına bağlı olarak oluşan temiz yüzeyde iyi ve stabil bir adezyon gerçekleşmesine (Marshall ve ark., 2010) bağlamışlardır.

Tüm bu bilgilerin yanında, mikroorganizmaların dentin tübüllerinden yeterince temizlenememesi, periapikal enflamasyonun oluşması veya devam etmesiyle sonuçlanabilir. (Safavi ve ark., 1990; Wong ve Cheung, 2014). Özellikle endodontik tedavilerin başarısızlığında baskın tür olan *Enterococcus faecalis*'in (Sundqvist ve ark., 1998) dentin tübüllerinden etkili bir şekilde uzaklaştırılabilmesinde dentin tübüllerine son olarak NaOCl solüsyonu uygulanması büyük önem taşımaktadır (Retamozo ve ark., 2010).

Literatür incelemesi yapıldığında dentine bağlanma dayanımı çalışmalarında sıklıkla farklı şelatörlerin etkilerinin karşılaştırıldığı görülmektedir (Donnermeyer ve ark., 2019; Göktürk ve ark., 2020; Kumar ve ark., 2023; Neelakantan ve ark., 2015b; Neelakantan ve ark., 2012).

Son yıkama protokollerinin kanal patlarının dentine bağlanma dayanımını değerlendiren bazı araştırmalarda, etidronik asit solüsyonu kullanılan grupta NaOCl/EDTA solüsyonlarının ardışık kullanıldığı gruplara göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri saptanmıştır (Neelakantan ve ark., 2015a; Neelakantan ve ark., 2012). Benzer şekilde Tuncel ve ark. (2015), zayıf bir şelatör olan etidronik asidin hem smear tabakasını uzaklaştırabildiğini hem de kök dentini üzerinde minimum zararlı etki gösterdiğini belirtmiş ve şelatör olarak etidronik asit solüsyonu kullandıkları grupta, EDTA solüsyonu kullandıkları gruba oranla daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri saptamışlardır. De-Deus ve ark. (2008) da etidronik asit kullandıkları grupta EDTA kullandıkları gruba göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri saptadıklarını bildirmişlerdir. Araştırmacılar kanal patı ile kanal duvarları arasındaki retansiyon için en önemli faktörün intertübüler dentin alanlarındaki kolajen matriks ile kanal patı arasındaki mikro-mekanik etkileşim olduğunu (Tagami ve ark., 1990; Tao ve Pashley, 1988), bu nedenle toplam intertübüler dentin alanının hibridizasyon süreci için önemli bir konu olduğunu belirtmişlerdir. EDTA solüsyonunun kullanımı tübüler alanı artırırken (De-Deus ve ark., 2008d), zayıf bir şelatör olan etidronik asit solüsyonu kullanıldığında ise hibridizasyon için daha geniş intertübüler dentin alanı ortaya çıktığını ve bu durumun daha yüksek bağlanma dayanımı değerleriyle sonuçlanabileceğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada zayıf bir şelatör kullanmanın bir diğer avantajının ise demineralizasyon derinliğiyle ilişkili olabileceğine değinilmiştir. Araştırmacılar güçlü bir şelatör kullanımıyla demineralizasyon derinliğinin artmasıyla dentindeki kolajen matriksinde meydana gelebilecek bir çökmenin (collapse) (García-Godoy ve ark., 2005; Schwartz, 2006) reçine esaslı kanal patlarının infiltrasyonunu oldukça zorlaştıracağını, reçinenin tamamen infiltre olamaması halinde hibrit tabaka ve derin demineralizasyon bölgesi altındaki etkilenmemiş (unaffected) dentin arasında sıvı akışı nedeniyle bağlanmanın bozulabileceğini (bond degradation) (De Munck ve ark., 2005; Pashley ve ark., 2004; Zhao ve ark., 2010) belirtmişlerdir. Tartari ve ark. (2023) da son yıkama aşamasında Dual Rinse HEDP kullandıkları grupta, NaOCl/EDTA solüsyonlarını ardışık kullandıkları gruba göre anlamlı olmasa da daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri saptamışlardır. Araştırmacılar etidronik asit solüsyonunun EDTA solüsyonu kadar kolajen açığa çıkarmamasına rağmen (Tartari ve ark., 2018a) daha yüksek bağlanma değerleri sağlamasını kolajenin açığa çıkmasıyla oluşan pürüzlü (Niu ve ark., 2002) ve temiz (De-Deus ve ark., 2008c; Tartari ve ark., 2018a) yüzeyin

kök dentininin yüzey enerjisini düşürerek (Francis ve Valent, 2007) ıslanabilirliğini arttırmasına (Tartari ve ark., 2018b) ve dolayısıyla adeziv ve adherent arasında iyi bir etkileşim sağlanabilmesine bağlamışlardır. Sfeir ve ark. (2023) da yaptıkları dentine bağlanma dayanımı çalışmalarında son aktif solüsyon olarak Dual Rine HEDP kullandıkları grupta, EDTA solüsyonu kullandıkları gruba göre anlamlı olmasa da daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri saptamışlardır. Bütün bu veriler çalışmamızda da son aktif solüsyon olarak Dual Rinse HEDP solüsyonunun kullanıldığı gruplarda son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonunun kullanıldığı gruplara göre elde edilen daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri bulgusunu desteklemektedir.

Sheena ve ark. (2017) EDTA solüsyonunun kullanımının ardından açığa çıkan çok sayıda dentin tübülünün adezyon alanlarında bölgesel stres kaynağı olarak etki ederek ayrılmalara sebep olabileceğini ve kanal patının adezyonunu olumsuz etkileyebileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca Pereira ve ark. (2007) dentinin yapısındaki nonkolajen proteinlerin (NCP) kolajen yapısının korunmasında ve kolajen fibril ağının çökmesini engellemede rol oynayabileceğini ve sonuç olarak dentine bağlanmaya etki edebileceğini bildirmişlerdir. EDTA solüsyonunun şelasyon mekanizmasının nonkolajen proteinlerin uzaklaştırılmasına da etki ettiği bilinmektedir (Ulusoy ve ark., 2020). Bu bulgular çalışmamızın son aktif solüsyon olarak EDTA solüsyonunun kullanıldığı gruplarında daha düşük dentine bağlanma değerleri elde edilmesinin bir açıklaması olabilir.

Literatür incelemesi yapıldığında dentine bağlanma dayanımı çalışmalarında etidronik asit ve EDTA solüsyonlarının aynı çalışma grubunda ardışık olarak kullanıldığı çalışma sayısının sınırlı olduğu görülmektedir. Neelakantan ve ark. (2012), AH Plus kanal patının dentindeki kolajen ağ ile bağlantı kurduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar NaOCl solüsyonunun şekillendirme sırasında kullanımının etidronik asit solüsyonu kullanımına kıyasla kolajen ağını daha az oranda açığa çıkarabileceğini, bunun da etidronik asit solüsyonunun devamlı şelasyon etkisinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca etidronik asit ve EDTA solüsyonları ardışık kullandıkları takdirde kolajen ağının daha fazla açığa çıkarılabileceğini ifade etmişlerdir. Bu görüşlerine paralel olarak farklı son yıkama solüsyonlarının AH Plus kanal patının dentine bağlanma dayanımına etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, etidronik asit/etidronik asit ve etidronik asit/EDTA gruplarında NaOCl/EDTA grubuna göre

anlamlı olarak daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri saptamışlardır. Çalışmada kolajen ağının ortaya çıkarılması ve stabil bir şekilde korunmasının, AH Plus kanal patının kolajen ağıyla etkileşime girerek dentine daha iyi infiltre olmasını sağlamasının da bu bulguda rol oynamış olabileceği belirtilmiştir. Çalışmamızda da şekillendirme sırasında Dual Rinse HEDP ve son yıkamada Dual Rinse HEDP ve Dual Rinse HEDP ile EDTA solüsyonlarının ardışık kullanıldığı gruplarda, şekillendirme sırasında NaOCl ve son yıkamada EDTA solüsyonlarının kullanıldığı gruplara göre daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri elde edildiğinden bu bulgular bizim çalışmamızla da örtüşmektedir.

Çalışmamızda son yıkama aşamasında Dual Rinse HEDP kullanılan grupta Dual Rinse HEDP ve EDTA solüsyonlarının ardışık kullanıldığı gruba göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri elde edilmiş olsa da anlamlı bir fark saptanmamıştır. Neelakantan ve ark. (2012) ise etidronik asit ve EDTA solüsyonlarını ardışık kullandıkları grupta, yalnızca etidronik asit kullandıkları gruba göre anlamlı olarak daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri elde etmişlerdir. Bu farkın sebebi araştırmacıların etidronik asit solüsyonunu şekillendirme, EDTA solüsyonunu ise son yıkama aşamasında kullanmalarından kaynaklanıyor olabilir. Ancak literatürde bu şelatörlerin aynı grupta kullanıldığı başka çalışmaya rastlanmadığından daha çok araştırmaya ihtiyaç vardır.

Çalışmamızda push-out test sonuçlarını değerlendirmek ve ayrılma tiplerini belirlemek amacıyla tüm örnekler stereomikroskop kullanılarak 40X altında incelenmiştir. Bu aşamada elde edilen sonuçlar pat-dentin bağlantısının ne şekilde (adeziv-koheziv-karma) bozulduğunu belirlememizde yardımcı olmuştur.

Epoksi reçine esaslı kanal patlarının bağlanma dayanımlarının değerlendirildiği önceki çalışmalar incelendiğinde, ayrılma tiplerine ilişkin farklı sonuçlarla karşılaşılmaktadır. Rodrigues Candido Lopes ve ark. (2023) en sık koheziv ayrılma saptarken, De Bem ve ark. (2020) adeziv ayrılmayı daha sık gözlemlemiştir. Bununla birlikte Bayram ve ark. (2017), Wiesse ve ark. (2018), Trindade ve ark. (2018), Padoin ve ark. (2022) ve Sreedev ve ark. (2020) ise en sık karma tip ayrılma saptamış ve bu sonuçlar bizim çalışmamızla da örtüşmektedir. Çalışmamızın tüm gruplarında en sık görülen ayrılma tipi karma ayrılma olarak tespit edilmiştir. Karma ayrılma tipi kanal patının hem dentinden hem de kendi içinde ayrılması olarak tanımlanabilir

(Neelakantan ve ark., 2012). Bu durumun epoksi reçine esaslı kanal patının hem nihai mukavemetiyle (ultimate strength) (Chen ve ark., 2013) hem de kök dentiniyle iyi bir şekilde bağlantı kurmasıyla (Donnermeyer ve ark., 2019) ilişkili olduğunu düşünmekteyiz.

Akçay ve ark. (2014) ve Topçuoğlu ve ark. (2014) kök kanalı tedavisinde kullanılan yıkama solüsyonlarının farklı yöntemlerle aktivasyonunun, AH Plus kanal patının kök dentinine penetrasyonunu anlamlı olarak arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca solüsyonların aktivasyonunun antibakteriyel etkinliği arttırdığı (Hoedke ve ark., 2021; Tonini ve ark., 2022), debrisin uzaklaştırılmasına pozitif etki ettiği (Ng ve ark., 2021) ve kanal patlarının dentine bağlanma dayanımını artırarak (Wiesse ve ark., 2018) endodontide başarıyı arttırdığı ifade edilmektedir.

Yıkama solüsyonlarının aktive edildiği, farklı yıkama protokolleri ve farklı içerikli kanal patlarının bir arada incelendiği ileri bağlanma dayanımı çalışmalarına ihtiyaç olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda farklı yıkama protokollerinin kısa dönemde epoksi reçine esaslı kanal patının dentine bağlanma dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgular son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanımının epoksi reçine esaslı AH Plus kanal patının dentine bağlanma dayanımına pozitif etki ettiğini göstermektedir. Her ne kadar çalışmamızın deney gruplarında son yıkama aşamasında solüsyonlar arası ve sonrasında distile su kullanımı dentine bağlanma değerleri üzerinde fark oluşturmamış olsa da NaOCl solüsyonunun dentin yüzeyindeki oksitleyici etkisinin reçine esaslı kanal patlarının adezyonu ve polimerizasyonu (Ari ve ark., 2003; Morris ve ark., 2001) üzerindeki muhtemel olumsuz etkileri gibi nedenlerden dolayı, bazı araştırmacıların da önerdiği gibi (Bitter ve ark., 2013; Neelakantan ve ark., 2015a; Sreedev ve ark., 2020) en azından son solüsyon olarak kullanılması gerektiğini düşünmekteyiz. Öte yandan dentine bağlanma dayanımı, kanal dolgusunun bütünlüğünün zaman içerisinde korunması için önemli bir faktör olsa da (De Munck ve ark., 2005; De Munck ve ark., 2004; Van Meerbeek ve ark., 1998), adeziv kanal dolgularının başarısını belirleyen faktörlerden yalnızca birisidir. Farklı yıkama protokollerinin kök kanal sisteminde yeniden enfeksiyonu ve mikrobiyal kolonizasyonu önleme yeteneği ve kanal patının bağlanma dayanımı değerleri üzerindeki uzun dönem etkilerinin daha fazla araştırılmasına ihtiyaç vardır.

6. SONUÇLAR

Farklı yıkama protokollerinin epoksi reçine esaslı AH Plus kanal patının kök dentinine bağlanma dayanımı üzerine etkisinin değerlendirildiği *in vitro* çalışmamızın koşulları altında;

1. Tüm deney gruplarında sadece distile su kullanılan kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha yüksek dentine bağlanma değerleri saptanmıştır.
2. Son yıkamada aktif solüsyonlar arasında ve sonrasında distile su kullanımının dentine bağlanma dayanımı değerlerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı gözlemlenmiştir.
3. Şekillendirme aşamasında ve son yıkama aşamasında son aktif solüsyon olarak Dual Rinse HEDP solüsyonunun kullanıldığı deney gruplarında, şekillendirme aşamasında NaOCl solüsyonu ve son yıkama aşamasında NaOCl ve EDTA solüsyonlarının ardışık kullanıldığı deney gruplarına kıyasla anlamlı olarak daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri gözlemlenmiştir.
4. Şekillendirme aşamasında ve son yıkama aşamasında son aktif solüsyon olarak Dual Rinse HEDP solüsyonunun kullanıldığı deney gruplarında, şekillendirme aşamasında Dual Rinse HEDP solüsyonu ve son yıkama aşamasında Dual Rinse HEDP ve EDTA solüsyonlarının ardışık kullanıldığı deney gruplarına kıyasla anlamlı olmasa da daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri saptanmıştır.
5. Şekillendirme aşamasında Dual Rinse HEDP solüsyonu ve son yıkama aşamasında Dual Rinse HEDP ve EDTA solüsyonlarının ardışık kullanıldığı deney gruplarında, şekillendirme aşamasında NaOCl solüsyonu ve son yıkama aşamasında NaOCl ve EDTA solüsyonlarının ardışık kullanıldığı deney gruplarına kıyasla anlamlı olmasa da daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri bulunmuştur.
6. Son yıkama aşamasında en son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanıldığı deney gruplarında, son aktif solüsyon olarak Dual Rinse HEDP solüsyonunun kullanıldığı deney gruplarına oranla anlamlı olmasa da daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri gözlemlenmiştir.
7. Son yıkama aşamasında en son aktif solüsyon olarak NaOCl solüsyonunun kullanıldığı deney gruplarında, EDTA solüsyonunun en son aktif solüsyon olarak kullanıldığı tüm deney gruplarına kıyasla anlamlı olarak daha yüksek dentine bağlanma dayanımı değerleri elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Abu Zeid, S. T., & Alnoury, A. S. (2024). Impact of Bioactivity on Push-Out Bond Strength of AH Plus Bioceramic versus BC Bioceramic Root Canal Sealers. *Applied Sciences*, 14(20), 9366. <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/20/9366>
- Adl, A., Sobhnamayan, F., Ghanbaran, S., & Sh, A. (2017). Effect of Smear Layer Removal on Bond Strength of Two Different Resin-Based Sealers; an In Vitro Study. 446.
- Agarwal, S., Raghu, R., Shetty, A., Gautham, P. M., & Souparnika, D. P. (2019). An in vitro comparative evaluation of the effect of three endodontic chelating agents (17% ethylenediamine tetraacetic acid, 1% peracetic acid, 0.2% chitosan) on the push out bond strength of gutta percha with a new bioceramic sealer (BioRoot RCS). *J Conserv Dent*, 22(5), 475-478. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_90_20
- Ahmed, H. M. A., Che Ab Aziz, Z. A., Azami, N. H., Farook, M. S., Khan, A. A., Mohd Noor, N. S., Ayoub, A. A., Imran, Z. A., Halim, M. S., Pai, A. R. V., Kacharaju, K. R., Mohammad, N., Nagendrababu, V., Nabhan, M. S., & Dummer, P. M. H. (2020). Application of a new system for classifying root canal morphology in undergraduate teaching and clinical practice: a national survey in Malaysia. *Int Endod J*, 53(6), 871-879. <https://doi.org/10.1111/iej.13271>
- Ahmed, H. M. A., Neelakantan, P., & Dummer, P. M. H. (2018). A new system for classifying accessory canal morphology. *Int Endod J*, 51(2), 164-176. <https://doi.org/10.1111/iej.12800>
- Akbulut, M. B., & Belli, S. (2017). Kök Kanal Dentinine Bağlantı: Güncel Test Yöntemlerine Genel Bakış. *Türkiye Klinikleri J, Endod-Special Topics*(1), 70-77.
- Akçay, M., Arslan, H., Meşe, M., & Şahin, N. N. (2014). The effect of photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonically and sonically irrigation techniques on the push-out bond strength of a resin sealer to the root dentin. *Clin. Oral Investig.*, 19, 1055 - 1061.
- Akisu, E., Tomita, V. S., Gavini, G., & Poli de Figueiredo, J. A. (2010). Effect of the combination of sodium hypochlorite and chlorhexidine on dentinal permeability and scanning electron microscopy precipitate observation. *J Endod*, 36(5), 847-850. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.11.019>
- Aksel, H., Makowka, S., Bosaid, F., Guardian, M. G., Sarkar, D., & Azim, A. A. (2021). Effect of heat application on the physical properties and chemical structure of calcium silicate-based sealers. *Clin Oral Investig*, 25(5), 2717-2725. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03586-w>
- Al-Omari, W. M., Mitchell, C. A., & Cunningham, J. L. (2001). Surface roughness and wettability of enamel and dentine surfaces prepared with different dental burs. *J Oral Rehabil*, 28(7), 645-650. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2001.00722.x>
- Alaçam, T. (2000). Kök kanallarının irrigasyonu. In *Endodonti* (2 ed., pp. 289-312). Barış Yayınları Fakülteler Kitabevi.
- Alamoudi, R. A. (2019). The smear layer in endodontic: To keep or remove – an updated overview. *Saudi Endod. J.*, 9(2), 71-81. https://doi.org/10.4103/sej.sej_95_18
- Álvarez-Vásquez, J. L., Erazo-Guijarro, M. J., Domínguez-Ordoñez, G. S., & Ortiz-Garay É, M. (2024). Epoxy resin-based root canal sealers: An integrative

- literature review. *Dent Med Probl*, 61(2), 279-291.
<https://doi.org/10.17219/dmp/156654>
- Amin, S. A., Seyam, R. S., & El-Samman, M. A. (2012). The effect of prior calcium hydroxide intracanal placement on the bond strength of two calcium silicate-based and an epoxy resin-based endodontic sealer. *J Endod*, 38(5), 696-699.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.007>
- Aoun, C., Rechenberg, D. K., Karam, M., Mhanna, R., Plotino, G., & Zogheib, C. (2023). Effect of Continuous Chelation Irrigation Using DualRinse HEDP+3% NaOCl with or without High-power Sonic Activation on Debris and Smear Layer Removal. *Eur Endod J*, 8(2), 162-169.
<https://doi.org/10.14744/eej.2022.93064>
- Aranda-Garcia, A. J., Kuga, M. C., Vitorino, K. R., Chavez-Andrade, G. M., Duarte, M. A., Bonetti-Filho, I., Faria, G., & So, M. V. (2013). Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. *Microsc Res Tech*, 76(5), 533-537.
<https://doi.org/10.1002/jemt.22196>
- Ari, H., & Erdemir, A. (2005). Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique. *J Endod*, 31(3), 187-189.
<https://doi.org/10.1097/01.don.0000137643.54109.81>
- Ari, H., Erdemir, A., & Belli, S. (2004). Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *J Endod*, 30(11), 792-795. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000128747.89857.59>
- Ari, H., Yasar, E., & Belli, S. (2003). Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod*, 29(4), 248-251.
<https://doi.org/10.1097/00004770-200304000-00004>
- Arias-Moliz, M. T., Morago, A., Ordinola-Zapata, R., Ferrer-Luque, C. M., Ruiz-Linares, M., & Baca, P. (2016). Effects of Dentin Debris on the Antimicrobial Properties of Sodium Hypochlorite and Etidronic Acid. *J Endod*, 42(5), 771-775. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.01.021>
- Arias-Moliz, M. T., Ordinola-Zapata, R., Baca, P., Ruiz-Linares, M., & Ferrer-Luque, C. M. (2014). Antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigant solution. *J Endod*, 40(12), 1999-2002.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.07.031>
- Arsilan, D., Guneser, M. B., Dincer, A. N., Kustarci, A., Er, K., & Siso, S. H. (2016). Comparison of Smear Layer Removal Ability of QMix with Different Activation Techniques. *J Endod*, 42(8), 1279-1285.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.04.022>
- Assmann, E., Scarparo, R. K., Bottcher, D. E., & Grecca, F. S. (2012). Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers. *J Endod*, 38(2), 219-221. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.10.018>
- Attal, J. P., Asmussen, E., & Degrange, M. (1994). Effects of surface treatment on the free surface energy of dentin. *Dent Mater*, 10(4), 259-264.
[https://doi.org/10.1016/0109-5641\(94\)90071-x](https://doi.org/10.1016/0109-5641(94)90071-x)
- Aubut, V., Pommel, L., Verhille, B., Orsiere, T., Garcia, S., About, I., & Camps, J. (2010). Biological properties of a neutralized 2.5% sodium hypochlorite solution. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 109(2), e120-125. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.09.022>

- Azar, N. G., Heidari, M., Bahrami, Z. S., & Shokri, F. (2000). In vitro cytotoxicity of a new epoxy resin root canal sealer. *J Endod*, 26(8), 462-465. <https://doi.org/10.1097/00004770-200008000-00008>
- Baier, R. (1992). Principles of adhesion. *Operative dentistry, Suppl 5*, 1-9.
- Bajpe, S., Shetty, C., Shetty, A., Kaur, G., Saji, S. A., & Prabha, C. (2023). Scanning electron microscopy evaluation of smear layer removal using ethylenediaminetetraacetic acid, etidronic acid, and chitosan nanoparticle solution as root canal irrigants. *Endodontology*, 35, 48 - 53.
- Ballal, N. V., Das, S., Rao, B. S. S., Zehnder, M., & Mohn, D. (2019a). Chemical, cytotoxic and genotoxic analysis of etidronate in sodium hypochlorite solution. *Int Endod J*, 52(8), 1228-1234. <https://doi.org/10.1111/iej.13110>
- Ballal, N. V., Gandhi, P., Shenoy, P. A., Shenoy Belle, V., Bhat, V., Rechenberg, D. K., & Zehnder, M. (2019b). Safety assessment of an etidronate in a sodium hypochlorite solution: randomized double-blind trial. *Int Endod J*, 52(9), 1274-1282. <https://doi.org/10.1111/iej.13129>
- Ballal, N. V., Ivica, A., Meneses, P., Narkedamalli, R. K., Attin, T., & Zehnder, M. (2021a). Influence of 1-Hydroxyethylidene-1,1-Diphosphonic Acid on the Soft Tissue-Dissolving and Gelatinolytic Effect of Ultrasonically Activated Sodium Hypochlorite in Simulated Endodontic Environments. *Materials (Basel)*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/ma14102531>
- Ballal, N. V., Kandian, S., Mala, K., Bhat, K. S., & Acharya, S. (2009). Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, 35(11), 1573-1576. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.07.021>
- Ballal, N. V., Narkedamalli, R., Camilleri, J., Kapralos, V., & Zehnder, M. (2024). Impact of final rinse with saline or alcohol solution on root canal sealability. *Swiss Dent J*, 134(4), 1-13. <https://doi.org/10.61872/sdj-2024-04-01>
- Ballal, N. V., Roy, A., & Zehnder, M. (2021b). Effect of Sodium Hypochlorite Concentration in Continuous Chelation on Dislodgement Resistance of an Epoxy Resin and Hydraulic Calcium Silicate Sealer. *Polymers (Basel)*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/polym13203482>
- Ballal, N. V., Tweeny, A., Khechen, K., Prabhu, K. N., Satyanarayan, & Tay, F. R. (2013). Wettability of root canal sealers on intraradicular dentine treated with different irrigating solutions. *J Dent*, 41(6), 556-560. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.04.005>
- Barthel, C. R., Losche, G. M., Zimmer, S., & Roulet, J. F. (1994). Dye penetration in root canals filled with AH26 in different consistencies. *J Endod*, 20(9), 436-439. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80033-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80033-6)
- Basrani, B., & Haapasalo, H. (2012). Update on endodontic irrigating solutions. *Endod Topics*, 27(1), 74-102.
- Baumgartner, J. C., & Ibay, A. C. (1987). The chemical reactions of irrigants used for root canal debridement. *J Endod*, 13(2), 47-51. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80153-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80153-X)
- Baumgartner, J. C., & Mader, C. L. (1987). A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod*, 13(4), 147-157. [https://doi.org/10.1016/s0099-2399\(87\)80132-2](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(87)80132-2)
- Bayram, H. M., Bayram, E., Kanber, M., Çelikten, B., & Saklar, F. (2017). Effect of different chelating solutions on the push-out bond strength of various root canal sealers. *Biomed. Res.*, 401-406.

- Bedir, S. S., Mossa, H., & Hassan, A. M. (2017). Etidronate as A Weak Chelating Agent on Root Canal Dentin: An Update Review. *J Clin Diagn Res*, 11(12), ZE05-ZE09. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2017/29740.11015>
- Belli, S., Zhang, Y., Pereira, P. N., & Pashley, D. H. (2001). Adhesive sealing of the pulp chamber. *J Endod*, 27(8), 521-526. <https://doi.org/10.1097/00004770-200108000-00006>
- Belmar da Costa, M., Delgado, A. H. S., Pinheiro de Melo, T., Amorim, T., & Mano Azul, A. (2021). Analysis of laboratory adhesion studies in eroded enamel and dentin: a scoping review. *Biomater Investig Dent*, 8(1), 24-38. <https://doi.org/10.1080/26415275.2021.1884558>
- Beltz, R. E., Torabinejad, M., & Pouresmail, M. (2003). Quantitative analysis of the solubilizing action of MTAD, sodium hypochlorite, and EDTA on bovine pulp and dentin. *J Endod*, 29(5), 334-337. <https://doi.org/10.1097/00004770-200305000-00004>
- Bergenholtz, G. (2016). Assessment of treatment failure in endodontic therapy. *J Oral Rehabil*, 43(10), 753-758. <https://doi.org/10.1111/joor.12423>
- Biel, P., Mohn, D., Attin, T., & Zehnder, M. (2017). Interactions between the Tetrasodium Salts of EDTA and 1-Hydroxyethane 1,1-Diphosphonic Acid with Sodium Hypochlorite Irrigants. *J Endod*, 43(4), 657-661. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.006>
- Bitter, K., Hambarayan, A., Neumann, K., Blunck, U., & Sterzenbach, G. (2013). Various irrigation protocols for final rinse to improve bond strengths of fiber posts inside the root canal. *Eur J Oral Sci*, 121(4), 349-354. <https://doi.org/10.1111/eos.12057>
- Bouillaguet, S., Troesch, S., Wataha, J. C., Krejci, I., Meyer, J. M., & Pashley, D. H. (2003). Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater*, 19(3), 199-205. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(02\)00030-1](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(02)00030-1)
- Bowen, R. L. (1956). Use of epoxy resins in restorative materials. *J Dent Res*, 35(3), 360-369. <https://doi.org/10.1177/00220345560350030501>
- Brichko, J., Burrow, M. F., & Parashos, P. (2018). Design Variability of the Push-out Bond Test in Endodontic Research: A Systematic Review. *J Endod*, 44(8), 1237-1245. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.05.003>
- Bystrom, A., & Sundqvist, G. (1981). Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res*, 89(4), 321-328. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1981.tb01689.x>
- Bystrom, A., & Sundqvist, G. (1983). Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 55(3), 307-312. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(83\)90333-x](https://doi.org/10.1016/0030-4220(83)90333-x)
- Bystrom, A., & Sundqvist, G. (1985). The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J*, 18(1), 35-40. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1985.tb00416.x>
- Cagidiaco, M. C., & Ferrari, M. (1995). *Bonding to dentin. Mechanism, morphology and efficacy of bonding resin composites to dentin in vitro and in vivo* [Ph.D. thesis, University of Amsterdam].
- Calt, S., & Serper, A. (2002). Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod*, 28(1), 17-19. <https://doi.org/10.1097/00004770-200201000-00004>

- Calt, S., Serper, A., Ozcelik, B., & Dalat, M. D. (1999). pH changes and calcium ion diffusion from calcium hydroxide dressing materials through root dentin. *J Endod*, 25(5), 329-331. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81165-9](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81165-9)
- Candeiro, G. T., Correia, F. C., Duarte, M. A., Ribeiro-Siqueira, D. C., & Gavini, G. (2012). Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod*, 38(6), 842-845. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.029>
- Carvalho, A. S., Camargo, C. H., Valera, M. C., Camargo, S. E., & Mancini, M. N. (2008). Smear layer removal by auxiliary chemical substances in biomechanical preparation: a scanning electron microscope study. *J Endod*, 34(11), 1396-1400. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.08.012>
- Carvalho, C. N., Grazziotin-Soares, R., de Miranda Candeiro, G. T., Gallego Martinez, L., de Souza, J. P., Santos Oliveira, P., Bauer, J., & Gavini, G. (2017). Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Iran Endod J*, 12(3), 343-348. <https://doi.org/10.22037/iej.v12i3.16091>
- Carvalho, N. K., Prado, M. C., Senna, P. M., Neves, A. A., Souza, E. M., Fidel, S. R., Sassone, L. M., & Silva, E. (2017). Do smear-layer removal agents affect the push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers? *Int Endod J*, 50(6), 612-619. <https://doi.org/10.1111/iej.12662>
- Carvalho, R. M., Pereira, J. C., Yoshiyama, M., & Pashley, D. H. (1996). A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent*, 21(1), 17-24. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8957911>
- Castagnola, R., Martini, C., Colangeli, M., Pellicciotta, I., Marigo, L., Grande, N. M., Bugli, F., & Plotino, G. (2024). In Vitro Evaluation of Smear Layer and Debris Removal and Antimicrobial Activity of Different Irrigating Solutions. *Eur Endod J*, 9(1), 81-88. <https://doi.org/10.14744/eej.2023.19042>
- Cavalcante, R. B., Lopes, F. F., Ferreira, A. S., Freitas Rde, A., & de Souza, L. B. (2007). Immunohistochemical expression of vimentin, calponin and HHF-35 in salivary gland tumors. *Braz Dent J*, 18(3), 192-197. <https://doi.org/10.1590/s0103-64402007000300003>
- Cecchetti, F., Spuntarelli, M., Zacccone, R., Mazza, D., Girolamo, M., & Baggi, L. (2021). Endodontic retreatment and bioceramics: A case report. *Journal of biological regulators and homeostatic agents*, 35, 147-153. <https://doi.org/10.23812/21-3suppl-17>
- Chandarani, S., Gundappa, M., Chowdhary, Z., Singh, D., Swarup, N., & Mehrotra, S. (2022). Comparative evaluation of push-out bond strength of AH-Plus, MTA-Fillapex and Epiphany SE root canal sealers: An Ex-Vivo study. *Indian J Dent Res*, 33(3), 313-317. https://doi.org/10.4103/ijdr.ijdr_1052_21
- Chandra, S. S., Shankar, P., & Indira, R. (2012). Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *J Endod*, 38(10), 1412-1416. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.05.017>
- Chen, W. P., Chen, Y. Y., Huang, S. H., & Lin, C. P. (2013). Limitations of push-out test in bond strength measurement. *J Endod*, 39(2), 283-287. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.002>
- Chow, T. W. (1983). Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod*, 9(11), 475-479. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(83\)80162-9](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(83)80162-9)
- Cimpean, S. I., Burtea, A. L. C., Chiorean, R. S., Dudescu, M. C., Antoniac, A., Robu, A., Campian, R. S., & Timis, L. I. (2022). Evaluation of Bond Strength of Four

- Different Root Canal Sealers. *Materials (Basel)*, 15(14).
<https://doi.org/10.3390/ma15144966>
- Ciucchi, B., Khettabi, M., & Holz, J. (1989). The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of the smear layer: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J*, 22(1), 21-28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1989.tb00501.x>
- Civelek, A., Ersoy, M., L'Hotelier, E., Soyman, M., & Say, E. C. (2003). Polymerization shrinkage and microleakage in Class II cavities of various resin composites. *Oper Dent*, 28(5), 635-641.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14531612>
- Clark, D., & Khademi, J. A. (2016). Incommensurability in Endodontics The Role of the Endodontic Triad. *J N J Dent Assoc*, 87(4), 18-20.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30289634>
- Clarkson, R. M., & Moule, A. J. (1998). Sodium hypochlorite and its use as an endodontic irrigant. *Aust Dent J*, 43(4), 250-256. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.1998.tb00173.x>
- Clarkson, R. M., Podlich, H. M., & Moule, A. J. (2011). Influence of ethylenediaminetetraacetic acid on the active chlorine content of sodium hypochlorite solutions when mixed in various proportions. *J Endod*, 37(4), 538-543. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.01.018>
- Cobankara, F. K., Erdogan, H., & Hamurcu, M. (2011). Effects of chelating agents on the mineral content of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 112(6), e149-154. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.06.037>
- Collares, F. M., Portella, F. F., Rodrigues, S. B., Celeste, R. K., Leitune, V. C. B., & Samuel, S. M. W. (2016). The influence of methodological variables on the push-out resistance to dislodgement of root filling materials: a meta-regression analysis. *Int Endod J*, 49(9), 836-849. <https://doi.org/10.1111/iej.12539>
- Coolidge, E. D. (1919). The Diagnosis and Treatment of Conditions Resulting from Diseased Dental Pulp. *The Journal of the National Dental Association*, 6(4), 337-349. <https://doi.org/https://doi.org/10.14219/jada.archive.1919.0061>
- Costa, M., Souza, B., Sales-Junior, R., Pomacóndor-Hernández, C., & Borges, B. (2024). Does the Application of Anti-Erosive Substances on Eroded Dentin Affect Bond Strength? A Systematic Review. *Odovtos - International Journal of Dental Sciences*. <https://doi.org/10.15517/ijds.2024.62021>
- Czonstkowsky, M., Wilson, E. G., & Holstein, F. A. (1990). The smear layer in endodontics. *Dent Clin North Am*, 34(1), 13-25.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2403940>
- Çelik, D., Er, K., Serper, A., Taşdemir, T., & Ceyhanlı, K. T. (2014). Push-out bond strength of three calcium silicate cements to root canal dentine after two different irrigation regimes. *Clin Oral Investig*, 18(4), 1141-1146.
<https://doi.org/10.1007/s00784-013-1082-4>
- Çobankara, F. K., Özkan, H. B., & Terlemez, A. (2010). Comparison of organic tissue dissolution capacities of sodium hypochlorite and chlorine dioxide. *J Endod*, 36(2), 272-274. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.10.027>
- Daumer, K. M., Khan, A. U., & Steinbeck, M. J. (2000). Chlorination of pyridinium compounds. Possible role of hypochlorite, N-chloramines, and chlorine in the oxidation of pyridinoline cross-links of articular cartilage collagen type II during acute inflammation. *J Biol Chem*, 275(44), 34681-34692.
<https://doi.org/10.1074/jbc.M002003200>

- de Almeida, L. H., Leonardo, N. G., Gomes, A. P., Souza, E. M., & Pappen, F. G. (2015). Influence of EDTA and dentine in tissue dissolution ability of sodium hypochlorite. *Aust Endod J*, 41(1), 7-11. <https://doi.org/10.1111/aej.12044>
- de Assis, D. F., Prado, M., & Simao, R. A. (2011). Evaluation of the interaction between endodontic sealers and dentin treated with different irrigant solutions. *J Endod*, 37(11), 1550-1552. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.08.014>
- De Bem, I. A., de Oliveira, R. A., Weissheimer, T., Bier, C. A. S., So, M. V. R., & Rosa, R. A. D. (2020). Effect of Ultrasonic Activation of Endodontic Sealers on Intratubular Penetration and Bond Strength to Root Dentin. *J Endod*, 46(9), 1302-1308. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.06.014>
- De Gee, A. J., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (1994). Sealing properties of Ketac-Endo glass ionomer cement and AH26 root canal sealers. *Int Endod J*, 27(5), 239-244. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1994.tb00262.x>
- De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., & Van Meerbeek, B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*, 84(2), 118-132. <https://doi.org/10.1177/154405910508400204>
- De Munck, J., Van Meerbeek, B., Yoshida, Y., Inoue, S., Suzuki, K., & Lambrechts, P. (2004). Four-year water degradation of a resin-modified glass-ionomer adhesive bonded to dentin. *Eur J Oral Sci*, 112(1), 73-83. <https://doi.org/10.1111/j.0909-8836.2004.00089.x>
- De-Deus, G., Brandao, M. C., Leal, F., Reis, C., Souza, E. M., Luna, A. S., Paciornik, S., & Fidel, S. (2012). Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. *Int Endod J*, 45(7), 642-651. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02023.x>
- De-Deus, G., Di Giorgi, K., Fidel, S., Fidel, R. A., & Paciornik, S. (2009). Push-out bond strength of Resilon/Epiphany and Resilon/Epiphany self-etch to root dentin. *J Endod*, 35(7), 1048-1050. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.04.024>
- De-Deus, G., Namen, F., Galan, J., Jr., & Zehnder, M. (2008a). Soft chelating irrigation protocol optimizes bonding quality of Resilon/Epiphany root fillings. *J Endod*, 34(6), 703-705. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.02.024>
- De-Deus, G., Paciornik, S., & Mauricio, M. H. (2006). Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J*, 39(5), 401-407. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01094.x>
- De-Deus, G., Reis, C., Fidel, S., Fidel, R., & Paciornik, S. (2008b). Dentine demineralization when subjected to EDTA with or without various wetting agents: a co-site digital optical microscopy study. *Int Endod J*, 41(4), 279-287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01345.x>
- De-Deus, G., Reis, C., Fidel, S., Fidel, R. A., & Paciornik, S. (2008c). Longitudinal and quantitative evaluation of dentin demineralization when subjected to EDTA, EDTAC, and citric acid: a co-site digital optical microscopy study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 105(3), 391-397. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2007.08.038>
- De-Deus, G., Souza, E., & Versiani, M. (2015). Methodological considerations on push-out tests in Endodontics. *Int Endod J*, 48(5), 501-503. <https://doi.org/10.1111/iej.12445>
- De-Deus, G., Zehnder, M., Reis, C., Fidel, S., Fidel, R. A., Galan, J., Jr., & Paciornik, S. (2008d). Longitudinal co-site optical microscopy study on the chelating ability

- of etidronate and EDTA using a comparative single-tooth model. *J Endod*, 34(1), 71-75. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.09.020>
- Deari, S., Mohn, D., & Zehnder, M. (2019). Dentine decalcification and smear layer removal by different ethylenediaminetetraacetic acid and 1-hydroxyethane-1,1-diphosphonic acid species. *Int Endod J*, 52(2), 237-243. <https://doi.org/10.1111/iej.12987>
- Demarco, F. F., Freitas, J. M., Silva, M. P., & Justino, L. M. (2001). Microleakage in endodontically treated teeth: influence of calcium hydroxide dressing following bleaching. *Int Endod J*, 34(7), 495-500. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00418.x>
- Dennis, D., Farahanny, W., Prasetya, W., Batubara, F., & Corresponding. (2021). Biological and Mechanical Principles of Chemomechanical Preparation in Root Canal Therapy: A Review. *Int. J. Clin. Dent.*, 14, 187-198.
- Dentsply-Sirona. (2025). AH Plus® AH Plus Jet® Root Canal Sealing Material. In *Kök kanal dolgu maddesi*. <https://www.dentsplysirona.com/tr-tr/kesfet/markava-gore-kesfet/ah-plus.html>: Dentsply Sirona.
- Di Renzo, M., Ellis, T. H., Sacher, E., & Stangel, I. (2001a). A photoacoustic FTIRS study of the chemical modifications of human dentin surfaces: I. Demineralization. *Biomaterials*, 22(8), 787-792. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(00\)00240-4](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(00)00240-4)
- Di Renzo, M., Ellis, T. H., Sacher, E., & Stangel, I. (2001b). A photoacoustic FTIRS study of the chemical modifications of human dentin surfaces: II. Deproteination. *Biomaterials*, 22(8), 793-797. [https://doi.org/10.1016/s0142-9612\(00\)00239-8](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(00)00239-8)
- Dineshkumar, M. K., Vinothkumar, T. S., Arathi, G., Shanthisree, P., & Kandaswamy, D. (2012). Effect of ethylene diamine tetra-acetic acid, MTAD, and HEBP as a final rinse on the microhardness of root dentin. *J Conserv Dent*, 15(2), 170-173. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.94587>
- Doğan Buzoğlu, H., Çalt, S., & Gümüşderelioğlu, M. (2007). Evaluation of the surface free energy on root canal dentine walls treated with chelating agents and NaOCl. *Int Endod J*, 40(1), 18-24. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01169.x>
- Doğan, H., & Çalt, S. (2001). Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod*, 27(9), 578-580. <https://doi.org/10.1097/00004770-200109000-00006>
- Donnermeyer, D., Vahdat-Pajouh, N., Schafer, E., & Dammaschke, T. (2019). Influence of the final irrigation solution on the push-out bond strength of calcium silicate-based, epoxy resin-based and silicone-based endodontic sealers. *Odontology*, 107(2), 231-236. <https://doi.org/10.1007/s10266-018-0392-z>
- Dos Santos, G. L., Cardoso, I. V., Suzin, S. M., Ballarin, A., Lopes, G. C., & Teixeira, C. S. (2021). Influence of different endodontic sealers on bond strength of fiber posts to weakened roots after resin restoration. *Clin Oral Investig*, 25(6), 4125-4135. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03744-0>
- Drake, D. R., Wiemann, A. H., Rivera, E. M., & Walton, R. E. (1994). Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *J Endod*, 20(2), 78-82. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81186-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81186-6)
- Drukteinis, S., Bilvinaite, G., Tusas, P., Shemesh, H., & Peciuliene, V. (2021). Porosity Distribution in Single Cone Root Canal Fillings Performed by Operators with Different Clinical Experience: A microCT Assessment. *J Clin Med*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/jcm10122569>

- Drummond, J. L., Sakaguchi, R. L., Racean, D. C., Wozny, J., & Steinberg, A. D. (1996). Testing mode and surface treatment effects on dentin bonding. *J Biomed Mater Res*, 32(4), 533-541. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(199612\)32:4<533::AID-JBM6>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(199612)32:4<533::AID-JBM6>3.0.CO;2-S)
- Dunavant, T. R., Regan, J. D., Glickman, G. N., Solomon, E. S., & Honeyman, A. L. (2006). Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod*, 32(6), 527-531. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.09.001>
- Eick, J. D., Gwinnett, A. J., Pashley, D. H., & Robinson, S. J. (1997). Current concepts on adhesion to dentin. *Crit Rev Oral Biol Med*, 8(3), 306-335. <https://doi.org/10.1177/10454411970080030501>
- Eick, J. D., Wilko, R. A., Anderson, C. H., & Sorensen, S. E. (1970). Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J Dent Res*, 49(6), Suppl:1359-1368. <https://doi.org/10.1177/00220345700490063601>
- El Sayed, M. (2024). Comparing Sectional and Total Dentin Bond Strengths of Three Endodontic Sealers after Using the Single-cone Obturation Technique: An In Vitro Study. *J Contemp Dent Pract*, 25(10), 976-982. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-3765>
- Elbahary, S., Haj-Yahya, S., Khawalid, M., Tsesis, I., Rosen, E., Habashi, W., Pokhojaev, A., & Sarig, R. (2020). Effects of different irrigation protocols on dentin surfaces as revealed through quantitative 3D surface texture analysis. *Sci Rep*, 10(1), 22073. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79003-9>
- Eldeniz, A. U., Erdemir, A., & Belli, S. (2005a). Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. *J Endod*, 31(2), 107-110. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000136212.53475.ad>
- Eldeniz, A. U., Erdemir, A., & Belli, S. (2005b). Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *J Endod*, 31(4), 293-296. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000140577.99708.c8>
- Erdemir, A., Ari, H., Gungunes, H., & Belli, S. (2004). Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod*, 30(2), 113-116. <https://doi.org/10.1097/00004770-200402000-00013>
- Erickson, R. L. (1992). Surface interactions of dentin adhesive materials. *Oper Dent*, Suppl 5, 81-94. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1470557>
- Erik, C. E., Orhan, E. O., & Maden, M. (2019). Qualitative analysis of smear layer treated with different etidronate concentrations: A scanning electron microscopy study. *Microsc Res Tech*, 82(9), 1535-1541. <https://doi.org/10.1002/jemt.23318>
- Erşahan, S., & Aydın, C. (2010). Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. *J Endod*, 36(12), 2000-2002. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.037>
- Espinoza, I., Conde Villar, A. J., Loroño, G., Estevez, R., Plotino, G., & Cisneros, R. (2021). Effectiveness of XP-Endo Finisher and Passive Ultrasonic Irrigation in the Removal of the Smear Layer Using two Different Chelating Agents. *J Dent (Shiraz)*, 22(4), 243-251. <https://doi.org/10.30476/dentjods.2021.86680.1204>
- Estrela, C., Estrela, C. R., Barbin, E. L., Spano, J. C., Marchesan, M. A., & Pecora, J. D. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J*, 13(2), 113-117. <https://doi.org/10.1590/s0103-64402002000200007>

- Feilzer, A. J., De Gee, A. J., & Davidson, C. L. (1987). Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res*, 66(11), 1636-1639. <https://doi.org/10.1177/00220345870660110601>
- Fernandes Zancan, R., Hadis, M., Burgess, D., Zhang, Z. J., Di Maio, A., Tomson, P., Hungaro Duarte, M. A., & Camilleri, J. (2021). A matched irrigation and obturation strategy for root canal therapy. *Sci Rep*, 11(1), 4666. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83849-y>
- Ferrari, M., & Mannocci, F. (2000). A 'one-bottle' adhesive system for bonding a fibre post into a root canal: an SEM evaluation of the post-resin interface. *Int Endod J*, 33(4), 397-400. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2000.00310.x>
- Ferreira, C. M. A., de Lima, C. O., Pinto, K. P., Barbosa, A. F. A., Fidalgo, G., Sena, G., Colaco, M. V., Barroso, R. C., Sassone, L. M., & Silva, E. (2023). pH influences the volumetric change of calcium silicate- and epoxy resin-based root canal sealers: An ex vivo micro-CT study. *Aust Endod J*, 49 Suppl 1, 194-201. <https://doi.org/10.1111/aej.12716>
- Fisher, M. A., Berzins, D. W., & Bahcall, J. K. (2007). An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *J Endod*, 33(7), 856-858. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.02.011>
- Flores, D. S., Rached, F. J., Jr., Versiani, M. A., Guedes, D. F., Sousa-Neto, M. D., & Pecora, J. D. (2011). Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *Int Endod J*, 44(2), 126-135. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01815.x>
- Foschi, F., Nucci, C., Montebugnoli, L., Marchionni, S., Breschi, L., Malagnino, V. A., & Prati, C. (2004). SEM evaluation of canal wall dentine following use of Mtwo and ProTaper NiTi rotary instruments. *Int Endod J*, 37(12), 832-839. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00887.x>
- Foxton, R. M., Nakajima, M., Tagami, J., & Miura, H. (2005). Adhesion to root canal dentine using one and two-step adhesives with dual-cure composite core materials. *J Oral Rehabil*, 32(2), 97-104. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01404.x>
- Francis, M. D., & Valent, D. J. (2007). Historical perspectives on the clinical development of bisphosphonates in the treatment of bone diseases. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 7(1), 2-8.
- Frankenberger, R., Kramer, N., Oberschachtsiek, H., & Petschelt, A. (2000). Dentin bond strength and marginal adaption after NaOCl pre-treatment. *Oper Dent*, 25(1), 40-45. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11203789>
- Fransen, J. N., He, J., Glickman, G. N., Rios, A., Shulman, J. D., & Honeyman, A. (2008). Comparative assessment of ActiV GP/glass ionomer sealer, Resilon/Epiphany, and gutta-percha/AH plus obturation: a bacterial leakage study. *J Endod*, 34(6), 725-727. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.03.006>
- Gaddala, N., Veeramachineni, C., & Tummala, M. (2015). Effect of Peracetic Acid as A Final Rinse on Push Out Bond Strength of Root Canal Sealers to Root Dentine. *J Clin Diagn Res*, 9(5), ZC75-77. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/12254.5960>
- Gade, V. J., Belsare, L. D., Patil, S., Bhede, R., & Gade, J. R. (2015). Evaluation of push-out bond strength of endosequence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: An in vitro study. *J Conserv Dent*, 18(2), 124-127. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.153075>
- Galvan, D. A., Ciarlone, A. E., Pashley, D. H., Kulild, J. C., Primack, P. D., & Simpson, M. D. (1994). Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of

- human roots. *J Endod*, 20(2), 83-86. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81187-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81187-8)
- Galvan, R. R., Jr., West, L. A., Liewehr, F. R., & Pashley, D. H. (2002). Coronal microleakage of five materials used to create an intracoronal seal in endodontically treated teeth. *J Endod*, 28(2), 59-61. <https://doi.org/10.1097/00004770-200202000-00002>
- Gandhi, B., Bollineni, S., Janga, R. K., Saraswati, D., & Babu, M. R. (2016). Evaluating the Effect of CPP-ACP as a Final Irrigant in Improving the Micro-Hardness of Erosive Root Dentin and its Influence on the Bond Strength of Self Etch Resin Sealer - An In-vitro Study. *J Clin Diagn Res*, 10(8), ZC53-56. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/20819.8272>
- Gandhi, P., Ballal, N. V., George, J. E., George, S. D., & Narkedamalli, R. K. (2020). Effect of chelating agents on the wettability of BioRoot RCS and AH Plus sealers. *Saudi Endod. J.*, 10(2), 100-105. https://doi.org/10.4103/sej.sej_82_19
- Garberoglio, R., & Brännström, M. (1976). Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol*, 21(6), 355-362. [https://doi.org/10.1016/s0003-9969\(76\)80003-9](https://doi.org/10.1016/s0003-9969(76)80003-9)
- García-Godoy, F., Loushine, R. J., Itthagarun, A., Weller, R. N., Murray, P. E., Feilzer, A. J., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2005). Application of biologically-oriented dentin bonding principles to the use of endodontic irrigants. *Am J Dent*, 18(4), 281-290.
- Gaston, B. A., West, L. A., Liewehr, F. R., Fernandes, C., & Pashley, D. H. (2001). Evaluation of regional bond strength of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod*, 27(5), 321-324. <https://doi.org/10.1097/00004770-200105000-00001>
- Gençoğlu, N., Samani, S., & Günday, M. (1993). Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, 19(11), 558-562. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81286-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81286-0)
- George, S., Kishen, A., & Song, K. P. (2005). The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endod*, 31(12), 867-872. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000164855.98346.fc>
- Gesi, A., Raffaelli, O., Goracci, C., Pashley, D. H., Tay, F. R., & Ferrari, M. (2005). Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod*, 31(11), 809-813. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000158230.15853.b7>
- Gettleman, B. H., Messer, H. H., & ElDeeb, M. E. (1991). Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod*, 17(1), 15-20. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(07\)80155-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(07)80155-5)
- Giacomini, M. C., Scaffa, P., Chaves, L. P., Vidal, C., Machado, T. N., Honorio, H. M., Tjaderhane, L., & Wang, L. (2017). Role of Proteolytic Enzyme Inhibitors on Carious and Eroded Dentin Associated With a Universal Bonding System. *Oper Dent*, 42(6), E188-E196. <https://doi.org/10.2341/16-178-L>
- Giardino, L., Del Fabbro, M., Morra, M., Pereira, T., Bombarda de Andrade, F., Savadori, P., & Generali, L. (2019). Dual Rinse((R)) HEDP increases the surface tension of NaOCl but may increase its dentin disinfection efficacy. *Odontology*, 107(4), 521-529. <https://doi.org/10.1007/s10266-019-00436-4>
- Gilboe, D. B., Svare, C. W., Thayer, K. E., & Drennon, D. G. (1980). Dentinal smearing: an investigation of the phenomenon. *J Prosthet Dent*, 44(3), 310-316. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(80\)90018-9](https://doi.org/10.1016/0022-3913(80)90018-9)

- Girard, S., Paque, F., Badertscher, M., Sener, B., & Zehnder, M. (2005). Assessment of a gel-type chelating preparation containing 1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate. *Int Endod J*, 38(11), 810-816. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.01021.x>
- Gomes, B. P., Ferraz, C. C., Vianna, M. E., Berber, V. B., Teixeira, F. B., & Souza-Filho, F. J. (2001). In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J*, 34(6), 424-428. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00410.x>
- Goodis, H. E., Marshall, G. W., Jr., & White, J. M. (1991). The effects of storage after extraction of the teeth on human dentine permeability in vitro. *Arch Oral Biol*, 36(8), 561-566. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(91\)90105-4](https://doi.org/10.1016/0003-9969(91)90105-4)
- Gopikrishna, V., Venkateshbabu, N., Krithikadatta, J., & Kandaswamy, D. (2011). Evaluation of the effect of MTAD in comparison with EDTA when employed as the final rinse on the shear bond strength of three endodontic sealers to dentine. *Aust Endod J*, 37(1), 12-17. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2010.00261.x>
- Goracci, C., Tavares, A. U., Fabianelli, A., Monticelli, F., Raffaelli, O., Cardoso, P. C., Tay, F., & Ferrari, M. (2004). The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci*, 112(4), 353-361. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00146.x>
- Göktürk, H., Özkoçak, I., & Büyükgebiz, F. (2020). Effect of different chelating agents on the bond strength of a silicone-based root canal sealer to root dentin. *J Conserv Dent*, 23(2), 158-162. https://doi.org/10.4103/jcd.Jcd_81_19
- Grande, N. M., Plotino, G., Falanga, A., Pomponi, M., & Somma, F. (2006). Interaction between EDTA and sodium hypochlorite: a nuclear magnetic resonance analysis. *J Endod*, 32(5), 460-464. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.08.007>
- Grande, N. M., Plotino, G., Lavorgna, L., Ioppolo, P., Bedini, R., Pameijer, C. H., & Somma, F. (2007). Influence of different root canal-filling materials on the mechanical properties of root canal dentin. *J Endod*, 33(7), 859-863. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.02.018>
- Grawehr, M., Sener, B., Waltimo, T., & Zehnder, M. (2003). Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J*, 36(6), 411-417. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00670.x>
- Gregoire, G., Dabsie, F., Dieng-Sarr, F., Akon, B., & Sharrock, P. (2011). Solvent composition of one-step self-etch adhesives and dentine wettability. *J Dent*, 39(1), 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.09.008>
- Grossman, L. (1988). *Endodontics* (11 ed.).
- Grossman, L. I. (1943). Irrigation of Root Canals. *J Am Dent Assoc*, 30(23), 1915-1917. <https://doi.org/https://doi.org/10.14219/jada.archive.1943.0397>
- Gu, L. S., Huang, X. Q., Griffin, B., Bergeron, B. R., Pashley, D. H., Niu, L. N., & Tay, F. R. (2017). Primum non nocere - The effects of sodium hypochlorite on dentin as used in endodontics. *Acta Biomater*, 61, 144-156. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2017.08.008>
- Gulabivala, K., Ng, Y. L., Gilbertson, M., & Eames, I. (2010). The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiol Meas*, 31(12), R49-84. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/31/12/R01>

- Gutmann, J. L. (1993). Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. *Int Endod J*, 26(2), 87-92. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1993.tb00548.x>
- Güzel, C., Uzunoğlu, E., & Doğan Buzoğlu, H. (2018). Effect of Low-surface Tension EDTA Solutions on the Bond Strength of Resin-based Sealer to Young and Old Root Canal Dentin. *J Endod*, 44(3), 485-488. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.09.007>
- Haapasalo, M., & Orstavik, D. (1987). In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res*, 66(8), 1375-1379. <https://doi.org/10.1177/00220345870660081801>
- Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., & Gao, Y. (2010). Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am*, 54(2), 291-312. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.001>
- Haapasalo, M., Shen, Y., Wang, Z., & Gao, Y. (2014a). Irrigation in endodontics. *Br Dent J*, 216(6), 299-303. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.204>
- Haapasalo, M., Wang, Z., Shen, Y., Curtis, A., Patel, P., & Khakpour, M. (2014b). Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. *J Endod*, 40(8), 1178-1181. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.12.029>
- Hansen, E. K., & Asmussen, E. (1989). Marginal adaptation of posterior resins: effect of dentin-bonding agent and hygroscopic expansion. *Dent Mater*, 5(2), 122-126. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(89\)90142-5](https://doi.org/10.1016/0109-5641(89)90142-5)
- Harrison, J. W., & Hand, R. E. (1981). The effect of dilution and organic matter on the anti-bacterial property of 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod*, 7(3), 128-132. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(81\)80127-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(81)80127-6)
- Hashem, A. A., Ghoneim, A. G., Lutfy, R. A., & Fouda, M. Y. (2009). The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal-filling systems. *J Endod*, 35(4), 537-540. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.01.003>
- Hasselgren, G., Olsson, B., & Cvek, M. (1988). Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. *J Endod*, 14(3), 125-127. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80212-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80212-7)
- Hennequin, M., Pajot, J., & Avignant, D. (1994). Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human root dentin. *J Endod*, 20(11), 551-554. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80071-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80071-3)
- Hoedke, D., Kaulika, N., Dommisch, H., Schlafer, S., Shemesh, H., & Bitter, K. (2021). Reduction of dual-species biofilm after sonic- or ultrasonic-activated irrigation protocols: A laboratory study. *Int Endod J*, 54(12), 2219-2228. <https://doi.org/10.1111/iej.13618>
- Holland, G. R. (1994). Morphological features of dentine and pulp related to dentine sensitivity. *Arch Oral Biol*, 39 Suppl, 3S-11S. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(94\)90182-1](https://doi.org/10.1016/0003-9969(94)90182-1)
- <https://www.random.org>. (2023). *RANDOM.ORG - True Random Number Service*. <https://www.random.org>. Retrieved February 1 from <https://www.random.org>
- Hu, X., Ling, J., & Gao, Y. (2010). Effects of irrigation solutions on dentin wettability and roughness. *J Endod*, 36(6), 1064-1067. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.03.007>
- Huffman, B. P., Mai, S., Pinna, L., Weller, R. N., Primus, C. M., Gutmann, J. L., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2009). Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J*, 42(1), 34-46. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01490.x>

- Hulsmann, M., Heckendorff, M., & Lennon, A. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J*, 36(12), 810-830. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2003.00754.x>
- Ibrahim, L., & Khalil, H. (2021). SEM and Energy Dispersive X-Ray Evaluation Of Smear Layer Removal Using Standard And Innovative Irrigation Protocols: A Comparative In Vitro Study. *Egypt Dent J*, 67(Issue 1 - January (Conservative Dentistry and Endodontics)), 861-869. <https://doi.org/10.21608/edj.2021.45671.1350>
- Ingle, J. I. (2002). Diagnostic acuity versus negligence. *J Endod*, 28(12), 840-841. <https://doi.org/10.1097/00004770-200212000-00012>
- Ingle, J. I., Bakland, L. K., & Baumgartner, J. C. (2008). *Ingle's Endodontics* 6. BC Decker. <https://books.google.com.tr/books?id=aV1kEf7mlckC>
- Ingle, J. I., Beveridge, E. E., & Glick, D. H. (1994). In: Endodontic Success & Failure: The Washington Study. In *Ingle JI, Bakland, LK, Eds. Endodontics*. (4th Ed. Baltimore: Williams & Wilkins ed., pp. 21–45).
- Jainan, A., Palamara, J. E., & Messer, H. H. (2007). Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *Int Endod J*, 40(11), 882-890. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01308.x>
- Jainan, A., Palamara, J. E., & Messer, H. H. (2008). The effect of a resin-based sealer cement on micropunch shear strength of dentin. *J Endod*, 34(10), 1215-1218. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.07.003>
- Johnson, W. T., Gutmann, J.L. (2006). Obturation of the Cleaned and Shaped Root Canal System. In S. C. K. M. Hargreaves (Ed.), *Cohen's Pathways of the Pulp*. (pp. 358-399). Mosby Inc. Elsevier, St. Louis, ABD.
- Kadulkar, N., Kataki, R., Deka, A., Medhi, H., Chakraborty, S., & Singh, A. (2024). Comparative Evaluation of the Effect of Different Chelating Agents on Mineral Content and Erosion of Radicular Dentine: A FESEM-EDS Analysis. *Eur Endod J*, 9(1), 73-80. <https://doi.org/10.14744/eej.2023.19971>
- Kaki, G. D., & Genç Şen, Ö. (2018). The effects of chelation on the adhesion of two different root canal sealers. *J. Adhes. Sci. Technol.*, 32(20), 2195-2203. <https://doi.org/10.1080/01694243.2018.1467107>
- Kaki, G. D., Recen, D., Başer Kolcu, M. I., & Güvenç, P. (2018). Effect of Dual Rinse HEDP root canal irrigation solution on coronal dentin adhesion. *Med J SDU*, 25, 412-419.
- Kaplan, A. E., Ormaechea, M. F., Picca, M., Canzobre, M. C., & Ubios, A. M. (2003). Rheological properties and biocompatibility of endodontic sealers. *Int Endod J*, 36(8), 527-532. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00683.x>
- Kaplan, A. E., Picca, M., Gonzalez, M. I., Macchi, R. L., & Molgatini, S. L. (1999). Antimicrobial effect of six endodontic sealers: an in vitro evaluation. *Endod Dent Traumatol*, 15(1), 42-45. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1999.tb00748.x>
- Karadağ, L. S., Bala, O., Türköz, E., & Mihcioğlu, T. (2004). The effects of water and acetone-based dentin adhesives on apical microleakage. *J Contemp Dent Pract*, 5(2), 93-101. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15150637>
- Kayaoğlu, G., Erten, H., & Orstavik, D. (2005). Growth at high pH increases *Enterococcus faecalis* adhesion to collagen. *Int Endod J*, 38(6), 389-396. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.00957.x>
- Kfir, A., Goldenberg, C., Metzger, Z., Hulsmann, M., & Baxter, S. (2020). Cleanliness and erosion of root canal walls after irrigation with a new HEDP-based solution

- vs. traditional sodium hypochlorite followed by EDTA. A scanning electron microscope study. *Clin Oral Investig*, 24(10), 3699-3706.
<https://doi.org/10.1007/s00784-020-03249-w>
- Khan, A., & Ahmed, R. (2023). Smear Layer Removal Efficacy of EDTA and Citric Acid in Endodontics. *Update Dent. Coll. j.*, 13, 9-14.
<https://doi.org/10.3329/updcj.v13i2.64888>
- Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C., & Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J*, 39(5), 703-720. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-288>
- Kouvas, V., Liolios, E., Vassiliadis, L., Parissis-Messimeris, S., & Boutsoukis, A. (1998). Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Endod Dent Traumatol*, 14(4), 191-195.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1998.tb00836.x>
- Kulik-Sajewicz, J., Kochmanska, A., Wilkoński, W., Tarczydło, B., Ostapiuk, M., & Barczak, K. (2024). Imaging methods to evaluate the quality of root canal system filling by endodontic sealers used in in vitro studies. *Pomeranian J. Life Sci.*, 70. <https://doi.org/10.21164/pomjlifesci.1033>
- Kumar, P. S., Meganathan, A., Shriram, S., Sampath, V., & Sekar, M. (2019). Effect of proanthocyanidin and bamboo salt on the push-out bond strength of an epoxy resin sealer to sodium hypochlorite-treated root dentin: An in vitro study. *J Conserv Dent*, 22(2), 144-148. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_377_18
- Kumar, S., Sanjeev, K., Sundaramoorthy, N., & Mahalaxmi, S. (2023). Effect of gallic acid as a final irrigant on push-out bond strength of an epoxy resin sealer to root canal dentin. *J Herbmmed Pharmacol.*, 12, 500-504.
<https://doi.org/10.34172/jhp.2023.44919>
- Kurtz, J. S., Perdigao, J., Geraldelli, S., Hodges, J. S., & Bowles, W. R. (2003). Bond strengths of tooth-colored posts, effect of sealer, dentin adhesive, and root region. *Am J Dent*, 16 Spec No, 31A-36A.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14674496>
- Kuruvilla, A., Jaganath, B. M., Krishnegowda, S. C., Ramachandra, P. K., Johns, D. A., & Abraham, A. (2015). A comparative evaluation of smear layer removal by using edta, etidronic acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent*, 18(3), 247-251.
<https://doi.org/10.4103/0972-0707.157266>
- Lai, S. C., Mak, Y. F., Cheung, G. S., Osorio, R., Toledano, M., Carvalho, R. M., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2001). Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res*, 80(10), 1919-1924.
<https://doi.org/10.1177/00220345010800101101>
- Lasala, A. (1992). *Endodoncia*. Salvat, México.
- Leal, F., Simao, R. A., Fidel, S. R., Fidel, R. A., & do Prado, M. (2015). Effect of final irrigation protocols on push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer to dentin. *Aust Endod J*, 41(3), 135-139. <https://doi.org/10.1111/aej.12114>
- Lee, J. K., Kwak, S. W., Ha, J. H., Lee, W., & Kim, H. C. (2017). Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorg Chem Appl*, 2017, 2582849. <https://doi.org/10.1155/2017/2582849>
- Lee, K. W., Williams, M. C., Camps, J. J., & Pashley, D. H. (2002). Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod*, 28(10), 684-688.
<https://doi.org/10.1097/00004770-200210000-00002>

- Leonardo, M. R., Bezerra da Silva, L. A., Filho, M. T., & Santana da Silva, R. (1999). Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 88(2), 221-225. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(99\)70119-8](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(99)70119-8)
- Linde, A., & Goldberg, M. (1993). Dentinogenesis. *Crit Rev Oral Biol Med*, 4(5), 679-728. <https://doi.org/10.1177/10454411930040050301>
- Lo Giudice, G., Cutroneo, G., Centofanti, A., Artemisia, A., Bramanti, E., Militi, A., Rizzo, G., Favalaro, A., Irrera, A., Lo Giudice, R., & Cicciu, M. (2015). Dentin Morphology of Root Canal Surface: A Quantitative Evaluation Based on a Scanning Electronic Microscopy Study. *Biomed Res Int*, 2015, 164065. <https://doi.org/10.1155/2015/164065>
- Lottanti, S., Gautschi, H., Sener, B., & Zehnder, M. (2009). Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J*, 42(4), 335-343. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2008.01514.x>
- Mader, C. L., Baumgartner, J. C., & Peters, D. D. (1984). Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod*, 10(10), 477-483. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(84\)80204-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(84)80204-6)
- Madison, S., Swanson, K., & Chiles, S. A. (1987). An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part II. Sealer types. *J Endod*, 13(3), 109-112. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80175-9](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80175-9)
- Magro, M. G., Kuga, M. C., Aranda-Garcia, A. J., Victorino, K. R., Chavez-Andrade, G. M., Faria, G., Keine, K. C., & So, M. V. (2015). Effectiveness of several solutions to prevent the formation of precipitate due to the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine and its effect on bond strength of an epoxy-based sealer. *Int Endod J*, 48(5), 478-483. <https://doi.org/10.1111/iej.12337>
- Mallmann, A., Jacques, L. B., Valandro, L. F., Mathias, P., & Muench, A. (2005). Microtensile bond strength of light- and self-cured adhesive systems to intraradicular dentin using a translucent fiber post. *Oper Dent*, 30(4), 500-506. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16130871>
- Mamootil, K., & Messer, H. H. (2007). Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *Int Endod J*, 40(11), 873-881. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01307.x>
- Mancini, M., Armellin, E., Casaglia, A., Cerroni, L., & Cianconi, L. (2009). A comparative study of smear layer removal and erosion in apical intraradicular dentine with three irrigating solutions: a scanning electron microscopy evaluation. *J Endod*, 35(6), 900-903. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.052>
- Mancini, M., Cerroni, L., Iorio, L., Armellin, E., Conte, G., & Cianconi, L. (2013). Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod*, 39(11), 1456-1460. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.07.028>
- Marshall, S. J., Bayne, S. C., Baier, R., Tomsia, A. P., & Marshall, G. W. (2010). A review of adhesion science. *Dent Mater*, 26(2), e11-16. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.157>
- Martinho, J. P., Franca, S., Paulo, S., Paula, A. B., Coelho, A. S., Abrantes, A. M., Caramelo, F., Carrilho, E., Marto, C. M., Botelho, M. F., Girao, H., & Marques-Ferreira, M. (2020). Effect of Different Irrigation Solutions on the Diffusion of

- MTA Cement into the Root Canal Dentin. *Materials (Basel)*, 13(23).
<https://doi.org/10.3390/ma13235472>
- Matsumiya, S. (1960). Histo-pathological and histo-bacteriological studies of the relation between the condition of sterilization of the interior of the root canal and the healing process of periapical tissues in experimentally infected root canal treatment. *Bull. Tokyo Dent. Coll.*, 1(1).
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1520290882426865536>
- McComb, D., & Smith, D. C. (1975). A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*, 1(7), 238-242.
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(75\)80226-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(75)80226-3)
- McGuigan, M. B., Louca, C., & Duncan, H. F. (2013). Endodontic instrument fracture: causes and prevention. *Br Dent J*, 214(7), 341-348.
<https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2013.324>
- Medcem. (2024). *Dual Rinse Broşür*.
- Mello, I., Kammerer, B. A., Yoshimoto, D., Macedo, M. C., & Antoniazzi, J. H. (2010). Influence of final rinse technique on ability of ethylenediaminetetraacetic acid of removing smear layer. *J Endod*, 36(3), 512-514.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.11.004>
- Mello, I., Michaud, P. L., & Tanner, N. (2020). Resistance to fracture of extracted teeth used for pre-clinical endodontic procedures: Influence of storage conditions. *Eur J Dent Educ*, 24(2), 272-275. <https://doi.org/10.1111/eje.12494>
- Miles, D. A., Anderson, R. W., & Pashley, D. H. (1994). Evaluation of the bond strength of dentin bonding agents used to seal resected root apices. *J Endod*, 20(11), 538-541. [https://doi.org/10.1016/s0099-2399\(06\)80068-3](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(06)80068-3)
- Milosevic, A. (1992). The influence of surface finish and in-vitro pellicle on contact-angle measurement and surface morphology of three commercially available composite restoratives. *J Oral Rehabil*, 19(1), 85-97.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1992.tb01593.x>
- Mjor, I. A., Smith, M. R., Ferrari, M., & Mannocci, F. (2001). The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J*, 34(5), 346-353.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00393.x>
- Moinzadeh, A. T., Jongsma, L. A., & Wesselink, P. R. (2015). Considerations about the use of the "push-out" test in Endodontic research. *Int Endod J*, 48(5), 498-500.
<https://doi.org/10.1111/iej.12416>
- Mokhtari, H., Rahimi, S., Forough Reyhani, M., Galledar, S., & Mokhtari Zonouzi, H. R. (2015). Comparison of Push-out Bond Strength of Gutta-percha to Root Canal Dentin in Single-cone and Cold Lateral Compaction Techniques with AH Plus Sealer in Mandibular Premolars. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 9(4), 221-225. <https://doi.org/10.15171/joddd.2015.040>
- Moodnik, R. M., Dorn, S. O., Feldman, M. J., Levey, M., & Borden, B. G. (1976). Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, 2(9), 261-266. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(76\)80086-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(76)80086-6)
- Moon, Y. M., Shon, W. J., Baek, S. H., Bae, K. S., Kum, K. Y., & Lee, W. (2010). Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *J Endod*, 36(4), 732-736. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.006>
- Morago, A., Ordinola-Zapata, R., Ferrer-Luque, C. M., Baca, P., Ruiz-Linares, M., & Arias-Moliz, M. T. (2016). Influence of Smear Layer on the Antimicrobial Activity of a Sodium Hypochlorite/Etidronic Acid Irrigating Solution in Infected Dentin. *J Endod*, 42(11), 1647-1650. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.07.023>

- Morris, M. D., Lee, K. W., Agee, K. A., Bouillaguet, S., & Pashley, D. H. (2001). Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod*, 27(12), 753-757. <https://doi.org/10.1097/00004770-200112000-00010>
- Mortenson, D., Sadilek, M., Flake, N. M., Paranjpe, A., Heling, I., Johnson, J. D., & Cohenca, N. (2012). The effect of using an alternative irrigant between sodium hypochlorite and chlorhexidine to prevent the formation of para-chloroaniline within the root canal system. *Int Endod J*, 45(9), 878-882. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02048.x>
- Moshaverinia, A., Brantley, W. A., Chee, W. W., Rohpour, N., Ansari, S., Zheng, F., Heshmati, R. H., Darr, J. A., Schricker, S. R., & Rehman, I. U. (2010). Measure of microhardness, fracture toughness and flexural strength of N-vinylcaprolactam (NVC)-containing glass-ionomer dental cements. *Dent Mater*, 26(12), 1137-1143. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.08.002>
- Munksgaard, E. C., Irie, M., & Asmussen, E. (1985). Dentin-polymer bond promoted by Gluma and various resins. *J Dent Res*, 64(12), 1409-1411. <https://doi.org/10.1177/00220345850640121801>
- Musani, I., Goyal, V., Singh, A., & Bhat, C. (2009). Evaluation and comparison of biological cleaning efficacy of two endofiles and irrigants as judged by microbial quantification in primary teeth - an in vivo study. *Int J Clin Pediatr Dent*, 2(3), 15-22. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1013>
- Nagaş, E., Çehreli, Z. C., Durmaz, V., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. (2007). Regional push-out bond strength and coronal microleakage of Resilon after different light-curing methods. *J Endod*, 33(12), 1464-1468. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.07.028>
- Nagaş, E., Uyanık, O., Altundaşar, E., Durmaz, V., Çehreli, Z. C., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. (2010). Effect of different intraorifice barriers on the fracture resistance of roots obturated with Resilon or gutta-percha. *J Endod*, 36(6), 1061-1063. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.03.006>
- Nagaş, E., Uyanık, O., Durmaz, V., & Cehreli, Z. C. (2011). Effect of plunger diameter on the push-out bond values of different root filling materials. *Int Endod J*, 44(10), 950-955. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01913.x>
- Nakabayashi, N., Kojima, K., & Masuhara, E. (1982). The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res*, 16(3), 265-273. <https://doi.org/10.1002/jbm.820160307>
- Nalla, R. K., Porter, A. E., Daraio, C., Minor, A. M., Radmilovic, V., Stach, E. A., Tomsia, A. P., & Ritchie, R. O. (2005). Ultrastructural examination of dentin using focused ion-beam cross-sectioning and transmission electron microscopy. *Micron*, 36(7-8), 672-680. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2005.05.011>
- Nassar, M., Hiraishi, N., Tamura, Y., Otsuki, M., Aoki, K., & Tagami, J. (2015). Phytic acid: an alternative root canal chelating agent. *J Endod*, 41(2), 242-247. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.09.029>
- Neelakantan, P., Nandagopala, M., Shemesh, h., & Wesselink, P. (2015a). The effect of root dentin conditioning protocols on the push-out bond strength of three calcium silicate sealers. *Int J Adhes Adhes*, 40, 104-108.
- Neelakantan, P., Sharma, S., Shemesh, H., & Wesselink, P. R. (2015b). Influence of Irrigation Sequence on the Adhesion of Root Canal Sealers to Dentin: A Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Push-out Bond Strength Analysis. *J Endod*, 41(7), 1108-1111. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.001>

- Neelakantan, P., Subbarao, C., Subbarao, C. V., De-Deus, G., & Zehnder, M. (2011). The impact of root dentine conditioning on sealing ability and push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer. *Int Endod J*, 44(6), 491-498. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01848.x>
- Neelakantan, P., Varughese, A. A., Sharma, S., Subbarao, C. V., Zehnder, M., & De-Deus, G. (2012). Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *Int Endod J*, 45(12), 1097-1102. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02073.x>
- Ng, W. N. I., Marruganti, C., Grandini, S., & Neelakantan, P. (2021). Root canal debridement by negative pressure irrigation, ultrasonically activated irrigation and their combination. *J Oral Sci*, 63(3), 286-288. <https://doi.org/10.2334/josnurd.21-0095>
- Nikaido, T., Takano, Y., Sasafuchi, Y., Burrow, M. F., & Tagami, J. (1999). Bond strengths to endodontically-treated teeth. *Am J Dent*, 12(4), 177-180.
- Nikiforuk, G., & Sreebny, L. (1953). Demineralization of hard tissues by organic chelating agents at neutral pH. *J Dent Res*, 32(6), 859-867. <https://doi.org/10.1177/00220345530320061401>
- Nilles, J. L., Coletti Jr., J. M., & Wilson, C. (1973). Biomechanical evaluation of bone-porous material interfaces. *J. Biomed. Mater. Res.*, 7(2), 231-251. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jbm.820070211>
- Niu, W., Yoshioka, T., Kobayashi, C., & Suda, H. (2002). A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *Int Endod J*, 35(11), 934-939. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00594.x>
- O'Connell, M. S., Morgan, L. A., Beeler, W. J., & Baumgartner, J. C. (2000). A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endod*, 26(12), 739-743. <https://doi.org/10.1097/00004770-200012000-00019>
- O'Kane, C., Oliver, R. G., & Blunden, R. E. (1993). Surface roughness and droplet contact angle measurement of various orthodontic bonding cements. *Br J Orthod*, 20(4), 297-305. <https://doi.org/10.1179/bjo.20.4.297>
- Okumuş, Ö., Kaya, S., Adigüzel, Ö., & Yeniçeri Özata, M. (2022). Evaluation of time exposure of different irrigation agents on radicular dentin erosion. *J Med Dent Inves*. <https://doi.org/10.5577/jomdi.e221170>
- Oliveira, D. S., Cardoso, M. L., Queiroz, T. F., Silva, E. J., Souza, E. M., & De-Deus, G. (2016). Suboptimal push-out bond strengths of calcium silicate-based sealers. *Int Endod J*, 49(8), 796-801. <https://doi.org/10.1111/iej.12519>
- Orhan, E. O., Irmak, O., Taşal, E., & Tanışlı, M. (2022). Molecular Interactions on Ethylenediaminetetraacetic Acid After Mixing With Sodium Hypochlorite. *IEEE Trans. Plasma Sci.*, 50. <https://doi.org/10.1109/TPS.2022.3174700>
- Ørstavik, D. (2006). Materials used for root canal obturation: Technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics*, 12, 25-38. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00197.x>
- Ørstavik, D., & Haapasalo, M. (1990). Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol*, 6(4), 142-149. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1990.tb00409.x>
- Ørstavik, D., Kerekes, K., & Molven, O. (1991). Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *Int Endod J*, 24(1), 1-7. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1991.tb00863.x>

- Orstavik, D., Nordahl, I., & Tibballs, J. E. (2001). Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater*, 17(6), 512-519. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(01\)00011-2](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(01)00011-2)
- Özel, B., Ayhan, T., Kaptan, F., Şahin, F., & Karapınar-Kazandağ, M. (2024). Dual- or single rinse? The tubular sealer penetration of endodontic chelating agents. *PLoS One*, 19(6), e0303377. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0303377>
- Özkoçak, I., & Sonat, B. (2015). Evaluation of Effects on the Adhesion of Various Root Canal Sealers after Er:YAG Laser and Irrigants Are Used on the Dentin Surface. *J Endod*, 41(8), 1331-1336. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.03.004>
- Öztürk, B., & Özer, F. (2004). Effect of NaOCl on bond strengths of bonding agents to pulp chamber lateral walls. *J Endod*, 30(5), 362-365. <https://doi.org/10.1097/00004770-200405000-00013>
- Padoin, K., Bohrer, T. C., Ceolin, L. G., Bier, C. A. S., Rosa, R. A. D., & Morgental, R. D. (2022). Does ultrasonic activation improve the bond strength and root canal filling quality of endodontic sealers? *Braz Dent J*, 33(3), 28-37. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202204728>
- Pane, E. S., Palamara, J. E., & Messer, H. H. (2013). Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials. *J Endod*, 39(5), 669-673. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.12.032>
- Paque, F., Rechenberg, D. K., & Zehnder, M. (2012). Reduction of hard-tissue debris accumulation during rotary root canal instrumentation by etidronic acid in a sodium hypochlorite irrigant. *J Endod*, 38(5), 692-695. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.12.019>
- Pashley, D. H. (1984). Smear layer: physiological considerations. *Oper Dent Suppl*, 3, 13-29. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6396586>
- Pashley, D. H., Michelich, V., & Kehl, T. (1981). Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent*, 46(5), 531-537. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(81\)90243-2](https://doi.org/10.1016/0022-3913(81)90243-2)
- Pashley, D. H., Tay, F. R., Yiu, C., Hashimoto, M., Breschi, L., Carvalho, R. M., & Ito, S. (2004). Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res*, 83(3), 216-221. <https://doi.org/10.1177/154405910408300306>
- Patil, C. R., & Uppin, V. (2011). Effect of endodontic irrigating solutions on the microhardness and roughness of root canal dentin: an in vitro study. *Indian J Dent Res*, 22(1), 22-27. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.79969>
- Patil, P. H., Gulve, M. N., Kolhe, S. J., Samuel, R. M., & Aher, G. B. (2018). Efficacy of new irrigating solution on smear layer removal in apical third of root canal: A scanning electron microscope study. *J Conserv Dent*, 21(2), 190-193. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_155_17
- Paulson, L., Ballal, N. V., & Bhagat, A. (2018). Effect of Root Dentin Conditioning on the Pushout Bond Strength of Biodentine. *J Endod*, 44(7), 1186-1190. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.04.009>
- Pedulla, E., Abiad, R. S., Conte, G., La Rosa, G. R. M., Rapisarda, E., & Neelakantan, P. (2020). Root fillings with a matched-taper single cone and two calcium silicate-based sealers: an analysis of voids using micro-computed tomography. *Clin Oral Investig*, 24(12), 4487-4492. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03313-5>
- Perdigao, J., Eiriksson, S., Rosa, B. T., Lopes, M., & Gomes, G. (2001). Effect of calcium removal on dentin bond strengths. *Quintessence Int*, 32(2), 142-146. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12066675>

- Perdigao, J., Lopes, M. M., & Gomes, G. (2007). Interfacial adaptation of adhesive materials to root canal dentin. *J Endod*, 33(3), 259-263. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.10.002>
- Pereira, J. R., Valle, A. L., Shiratori, F. K., Ghizoni, J. S., & Melo, M. P. (2009). Influence of intraradicular post and crown ferrule on the fracture strength of endodontically treated teeth. *Braz Dent J*, 20(4), 297-302. <https://doi.org/10.1590/s0103-64402009000400006>
- Pereira, P. N., Bedran-de-Castro, A. K., Duarte, W. R., & Yamauchi, M. (2007). Removal of noncollagenous components affects dentin bonding. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 80(1), 86-91. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30572>
- Pitout, E., Oberholzer, T. G., Blignaut, E., & Molepo, J. (2006). Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or Resilon root canal filling material. *J Endod*, 32(9), 879-881. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.02.004>
- Prado, M., Gusman, H., Gomes, B. P., & Simao, R. A. (2011a). The importance of final rinse after disinfection of gutta-percha and Resilon cones. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 111(6), e21-24. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2011.01.014>
- Prado, M., Gusman, H., Gomes, B. P., & Simao, R. A. (2011b). Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *J Endod*, 37(2), 255-258. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.11.011>
- Prado, M., Simao, R. A., & Gomes, B. P. (2013). Effect of different irrigation protocols on resin sealer bond strength to dentin. *J Endod*, 39(5), 689-692. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.12.009>
- Prati, C., Selighini, M., Ferrieri, P., & Mongiorgi, R. (1994). Scanning electron microscopic evaluation of different endodontic procedures on dentin morphology of human teeth. *J Endod*, 20(4), 174-179. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80330-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80330-4)
- Qian, W., Shen, Y., & Haapasalo, M. (2011). Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *J Endod*, 37(10), 1437-1441. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.06.005>
- Rahimi, M., Jainaen, A., Parashos, P., & Messer, H. H. (2009). Bonding of resin-based sealers to root dentin. *J Endod*, 35(1), 121-124. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.10.009>
- Rahimi, S., Ghasemi, N., Shahi, S., Lotfi, M., Froughreyhani, M., Milani, A. S., & Bahari, M. (2013). Effect of blood contamination on the retention characteristics of two endodontic biomaterials in simulated furcation perforations. *J Endod*, 39(5), 697-700. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.01.002>
- Rath, P. P., Yiu, C. K. Y., Matinlinna, J. P., Kishen, A., & Neelakantan, P. (2020). The effects of sequential and continuous chelation on dentin. *Dent Mater*, 36(12), 1655-1665. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.10.010>
- Ray, H. A., & Trope, M. (1995). Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J*, 28(1), 12-18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1995.tb00150.x>
- Razmi, H., Bolhari, B., Karamzadeh Dashti, N., & Fazlyab, M. (2016). The Effect of Canal Dryness on Bond Strength of Bioceramic and Epoxy-resin Sealers after Irrigation with Sodium Hypochlorite or Chlorhexidine. *Iran Endod J*, 11(2), 129-133. <https://doi.org/10.7508/iej.2016.02.011>

- Razumova, S., Brago, A., Kryuchkova, A., Troitskiy, V., Bragunova, R., & Barakat, H. (2025). Evaluation of the efficiency of smear layer removal during endodontic treatment using scanning electron microscopy: an in vitro study. *BMC Oral Health*, 25(1), 151. <https://doi.org/10.1186/s12903-025-05510-8>
- Reboloso de Barrio, E., Gancedo-Caravia, L., García-Barbero, E., & Pérez-Higueras, J. J. (2021). Effect of exposure to root canal irrigants on the push-out bond strength of calcium silicate-based cements. *Clin Oral Investig*, 25(5), 3267-3274. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03658-x>
- Retamozo, B., Shabahang, S., Johnson, N., Aprecio, R. M., & Torabinejad, M. (2010). Minimum contact time and concentration of sodium hypochlorite required to eliminate *Enterococcus faecalis*. *J Endod*, 36(3), 520-523. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.005>
- Retana-Lobo, C., Tanomaru-Filho, M., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Benavides-Garcia, M., Hernandez-Meza, E., & Reyes-Carmona, J. (2021). Push-Out Bond Strength, Characterization, and Ion Release of Premixed and Powder-Liquid Bioceramic Sealers with or without Gutta-Percha. *Scanning*, 2021, 6617930. <https://doi.org/10.1155/2021/6617930>
- Rifaat, S., Rahoma, A., Alkhalifa, F., AlQuraini, G., Alsalman, Z., Alwesaibi, Z., & Taymour, N. (2023). Push-Out Bond Strength of EndoSeal Mineral Trioxide Aggregate and AH Plus Sealers after Using Three Different Irrigation Protocols. *Eur J Dent*, 17(1), 76-81. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1742128>
- Rodrigues Candido Lopes, G., Paz Dotto, M. E., Hideo Nomura, L., Peressoni Vieira Schuldt, D., Garcia, L., & da Silveira Teixeira, C. (2023). Impact of Heating Exposure on the Micro-Push-Out Bond Strength of Bioceramic Sealers. *Int J Dent*, 2023, 3327275. <https://doi.org/10.1155/2023/3327275>
- Romano, L. K., Soares, E. J., Alves Amorim, A., Geng Vivanco, R., & Pires-de-Souza, F. C. P. (2024). Effect of natural agents on the bond strength to eroded dentin. *J Esthet Restor Dent*, 36(5), 770-777. <https://doi.org/10.1111/jerd.13172>
- Rosales, J. I., Marshall, G. W., Marshall, S. J., Watanabe, L. G., Toledano, M., Cabrerizo, M. A., & Osorio, R. (1999). Acid-etching and hydration influence on dentin roughness and wettability. *J Dent Res*, 78(9), 1554-1559. <https://doi.org/10.1177/00220345990780091001>
- Rossi-Fedele, G., Dogramaci, E. J., Guastalli, A. R., Steier, L., & de Figueiredo, J. A. (2012). Antagonistic interactions between sodium hypochlorite, chlorhexidine, EDTA, and citric acid. *J Endod*, 38(4), 426-431. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.01.006>
- Rotstein, I., Dankner, E., Goldman, A., Heling, I., Stabholz, A., & Zalkind, M. (1996). Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod*, 22(1), 23-25. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(96\)80231-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(96)80231-7)
- Roydhouse, R. H. (1970). Punch-Shear Test for Dental Purposes. *Journal of Dental Research*, 49(1), 131-136. <https://doi.org/10.1177/00220345700490010501>
- Rueggeberg, F. A. (1991). Substrate for adhesion testing to tooth structure - review of the literature. *Dent Mater*, 7(1), 2-10. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(91\)90017-s](https://doi.org/10.1016/0109-5641(91)90017-s)
- Rueggeberg, F. A., & Margeson, D. H. (1990). The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res*, 69(10), 1652-1658. <https://doi.org/10.1177/00220345900690100501>
- Ruyter, I. E. (1992). The chemistry of adhesive agents. *Oper Dent, Suppl* 5, 32-43. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1470551>

- Safavi, K. E., Spangberg, L. S., & Langeland, K. (1990). Root canal dentinal tubule disinfection. *J Endod*, 16(5), 207-210. [https://doi.org/10.1016/s0099-2399\(06\)81670-5](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(06)81670-5)
- Saghiri, M. A., Asgar, K., Lotfi, M., Karamifar, K., Saghiri, A. M., Neelakantan, P., Gutmann, J. L., & Sheibaninia, A. (2012). Back-scattered and secondary electron images of scanning electron microscopy in dentistry: a new method for surface analysis. *Acta Odontol Scand*, 70(6), 603-609. <https://doi.org/10.3109/00016357.2011.645057>
- Sagsen, B., Ustun, Y., Demirbuga, S., & Pala, K. (2011). Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *Int Endod J*, 44(12), 1088-1091. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01925.x>
- Saito, K., Webb, T. D., Imamura, G. M., & Goodell, G. G. (2008). Effect of shortened irrigation times with 17% ethylene diamine tetra-acetic acid on smear layer removal after rotary canal instrumentation. *J Endod*, 34(8), 1011-1014. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.05.014>
- Saleh, I. M., Ruyter, I. E., Haapasalo, M., & Orstavik, D. (2002). The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers. *Int Endod J*, 35(10), 859-866. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00585.x>
- Saleh, I. M., Ruyter, I. E., Haapasalo, M. P., & Orstavik, D. (2003). Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. *J Endod*, 29(9), 595-601. <https://doi.org/10.1097/00004770-200309000-00013>
- Sarkar, N. K., Caicedo, R., Ritwik, P., Moiseyeva, R., & Kawashima, I. (2005). Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod*, 31(2), 97-100. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000133155.04468.41>
- Sauaia, T. S., Gomes, B. P., Pinheiro, E. T., Zaia, A. A., Ferraz, C. C., & Souza-Filho, F. J. (2006). Microleakage evaluation of intraorifice sealing materials in endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 102(2), 242-246. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2005.10.055>
- Saunders, W. P., & Saunders, E. M. (1994). Influence of smear layer on the coronal leakage of Thermafil and laterally condensed gutta-percha root fillings with a glass ionomer sealer. *J Endod*, 20(4), 155-158. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80325-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80325-0)
- Sayın, T. C., Serper, A., Çehreli, Z. C., & Otlı, H. G. (2007). The effect of EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl with and without subsequent NaOCl treatment on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 104(3), 418-424. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2007.03.021>
- Scelza, M. F., Pierro, V., Scelza, P., & Pereira, M. (2004). Effect of three different time periods of irrigation with EDTA-T, EDTA, and citric acid on smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 98(4), 499-503. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2004.03.027>
- Schilder, H. (2006). Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod*, 32(4), 281-290. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.02.007>
- Schneider, S. W. (1971). A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 32(2), 271-275. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(71\)90230-1](https://doi.org/10.1016/0030-4220(71)90230-1)

- Schwartz, R. S. (2006). Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system-the promise and the problems: a review. *J Endod*, 32(12), 1125-1134. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.08.003>
- Sevimay, S., & Kalayci, A. (2005). Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. *J Oral Rehabil*, 32(2), 105-110. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01385.x>
- Sfeir, G., Bukiet, F., Hage, W., El Hachem, R., & Zogheib, C. (2023). Impact of Final Irrigation Protocol on the Push-Out Bond Strength of Two Types of Endodontic Sealers. *Materials (Basel)*, 16(5). <https://doi.org/10.3390/ma16051761>
- Shahi, S., Rahimi, S., Yavari, H. R., Samiei, M., Janani, M., Bahari, M., Abdolrahimi, M., Pakdel, F., & Aghbali, A. (2012). Effects of various mixing techniques on push-out bond strengths of white mineral trioxide aggregate. *J Endod*, 38(4), 501-504. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.01.001>
- Shahravan, A., Haghdooost, A. A., Adl, A., Rahimi, H., & Shadifar, F. (2007). Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*, 33(2), 96-105. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.10.007>
- Sheena, P., Raj, I., Ramesh, R., & Christalin, R. (2017). Adhesion of Epoxy Resin Based Endodontic Sealers to the Root Canal with and Without Smear Layer Removal. *IOSR J. Dent. Med. Sci.*, 16, 106-112. <https://doi.org/10.9790/0853-160302106112>
- Shen, Y., Peng, B., Yang, Y., Ma, J., & Haapasalo, M. (2015). What do different tests tell about the mechanical and biological properties of bioceramic materials? *Endodontic Topics*, 32(1), 47-85. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/etp.12076>
- Shipper, G., & Trope, M. (2004). In vitro microbial leakage of endodontically treated teeth using new and standard obturation techniques. *J Endod*, 30(3), 154-158. <https://doi.org/10.1097/00004770-200403000-00007>
- Shokouhinejad, N., Gorjestani, H., Nasseh, A. A., Hoseini, A., Mohammadi, M., & Shamshiri, A. R. (2013a). Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Aust Endod J*, 39(3), 102-106. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2011.00310.x>
- Shokouhinejad, N., Hoseini, A., Gorjestani, H., & Shamshiri, A. R. (2013b). The effect of different irrigation protocols for smear layer removal on bond strength of a new bioceramic sealer. *Iran Endod J*, 8(1), 10-13. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23411764>
- Shrestha, K., Shubham, S., Ahmed, S., & Gautam, V. (2024). Variations in the Root Form and Root Canal Morphology of Permanent Mandibular canine. *J Nepal Health Res Counc*, 21(3), 463-466. <https://doi.org/10.33314/jnhrc.v21i3.4707>
- Silva, E., Canabarro, A., Andrade, M., Cavalcante, D. M., Von Stetten, O., Fidalgo, T., & De-Deus, G. (2019). Dislodgment Resistance of Bioceramic and Epoxy Sealers: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Evid Based Dent Pract*, 19(3), 221-235. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2019.04.004>
- Silva, E., Cardoso, M. L., Rodrigues, J. P., De-Deus, G., & Fidalgo, T. (2021). Solubility of bioceramic- and epoxy resin-based root canal sealers: A systematic review and meta-analysis. *Aust Endod J*. <https://doi.org/10.1111/aej.12487>
- Silva, P. V., Guedes, D. F., Nakadi, F. V., Pecora, J. D., & Cruz-Filho, A. M. (2013). Chitosan: a new solution for removal of smear layer after root canal instrumentation. *Int Endod J*, 46(4), 332-338. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02119.x>

- Siqueira, J. F., Jr., Rocas, I. N., Favieri, A., & Lima, K. C. (2000). Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod*, 26(6), 331-334. <https://doi.org/10.1097/00004770-2000060000-00006>
- Sirisha, K., Rambabu, T., Shankar, Y. R., & Ravikumar, P. (2014). Validity of bond strength tests: A critical review: Part I. *J Conserv Dent*, 17(4), 305-311. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.136340>
- Sirtes, G., Walimo, T., Schaetzle, M., & Zehnder, M. (2005). The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod*, 31(9), 669-671. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000153846.62144.d2>
- Sjogren, U., Figdor, D., Persson, S., & Sundqvist, G. (1997). Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*, 30(5), 297-306. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1997.00092.x>
- Sjogren, U., Figdor, D., Spangberg, L., & Sundqvist, G. (1991). The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. *Int Endod J*, 24(3), 119-125. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1991.tb00117.x>
- Sly, M. M., Moore, B. K., Platt, J. A., & Brown, C. E. (2007). Push-out bond strength of a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). *J Endod*, 33(2), 160-162. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.09.014>
- Sousa-Neto, M. D., Silva Coelho, F. I., Marchesan, M. A., Alfredo, E., & Silva-Sousa, Y. T. (2005). Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er : YAG and Nd : YAG lasers. *Int Endod J*, 38(12), 866-870. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.01027.x>
- Souza Sde, F., Francci, C., Bombana, A. C., Kenshima, S., Barroso, L. P., D'Agostino, L. Z., & Loguercio, A. D. (2012). Qualitative SEM/EDS analysis of microleakage and apical gap formation of adhesive root-filling materials. *J Appl Oral Sci*, 20(3), 329-334. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572012000300006>
- Souza, S. F., Bombana, A. C., Francci, C., Goncalves, F., Castellan, C., & Braga, R. R. (2009). Polymerization stress, flow and dentine bond strength of two resin-based root canal sealers. *Int Endod J*, 42(10), 867-873. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01581.x>
- Spangberg, L. S., Barbosa, S. V., & Lavigne, G. D. (1993). AH 26 releases formaldehyde. *J Endod*, 19(12), 596-598. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80272-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80272-4)
- Sreedev, C. P., Raju, I., Kumaravadivel, K., Mathew, S., Thangavel, B., & Natesan Thangaraj, D. (2020). Influence of Different Types of Root Canal Irrigation Regimen on Resin-based Sealer Penetration and Pushout Bond Strength. *Cureus*, 12(4), e7807. <https://doi.org/10.7759/cureus.7807>
- Stewart, A. D., & Boyde, A. (1962). Ion etching of dental tissues in a scanning electron microscope. *Nature*, 196, 81-82. <https://doi.org/10.1038/196081a0>
- Stojicic, S., Zivkovic, S., Qian, W., Zhang, H., & Haapasalo, M. (2010). Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod*, 36(9), 1558-1562. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.06.021>
- Stoll, R., Thull, P., Hobeck, C., Yuksel, S., Jablonski-Momeni, A., Roggendorf, M. J., & Frankenberger, R. (2010). Adhesion of self-adhesive root canal sealers on

- gutta-percha and Resilon. *J Endod*, 36(5), 890-893.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.01.004>
- Sudsangiam, S., & van Noort, R. (1999). Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *J Adhes Dent*, 1(1), 57-67.
- Sumathi, K. (2017). A Comparative Evaluation of Efficacy of Phytic Acid, Etidronic Acid and EDTA on Smear Layer Removal and Dentin Erosion at Different Time Intervals Using Scanning Electron Microscope: An In Vitro study.
- Sundqvist, G., Figdor, D., Persson, S., & Sjogren, U. (1998). Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 85(1), 86-93.
[https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(98\)90404-8](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(98)90404-8)
- Şen, B. H., Wesselink, P. R., & Türkün, M. (1995). The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *Int Endod J*, 28(3), 141-148. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1995.tb00289.x>
- Tagami, J., Tao, L., & Pashley, D. H. (1990). Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins. *Dent Mater*, 6(1), 45-50.
[https://doi.org/10.1016/0109-5641\(90\)90044-f](https://doi.org/10.1016/0109-5641(90)90044-f)
- Tagger, M., Tagger, E., Tjan, A. H., & Bakland, L. K. (2002). Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endod*, 28(5), 351-354.
<https://doi.org/10.1097/00004770-200205000-00001>
- Takeda, F. H., Harashima, T., Eto, J. N., Kimura, Y., & Matsumoto, K. (1998). Effect of Er:YAG laser treatment on the root canal walls of human teeth: an SEM study. *Endod Dent Traumatol*, 14(6), 270-273. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1998.tb00851.x>
- Takeda, F. H., Harashima, T., Kimura, Y., & Matsumoto, K. (1999). A comparative study of the removal of smear layer by three endodontic irrigants and two types of laser. *Int Endod J*, 32(1), 32-39. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1999.00182.x>
- Tammineedi, S., Kakollu, S., Thota, M. M., Basam, L. C., Basam, R. C., & Chinthamreddy, S. (2020). Comparison of the effect of sodium hypochlorite, EDTA, and etidronic acid on wettability of root canal sealers using contact angle goniometer: An in vitro study. *Journal of Dr. YSR University of Health Sciences*, 9(3), 178-182. https://doi.org/10.4103/jdrntruhs.Jdrntruhs_78_20
- Tanomaru-Filho, M., Torres, F. F. E., Chavez-Andrade, G. M., de Almeida, M., Navarro, L. G., Steier, L., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2017). Physicochemical Properties and Volumetric Change of Silicone/Bioactive Glass and Calcium Silicate-based Endodontic Sealers. *J Endod*, 43(12), 2097-2101.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.07.005>
- Tao, L., & Pashley, D. H. (1988). Shear bond strengths to dentin: effects of surface treatments, depth and position. *Dent Mater*, 4(6), 371-378.
[https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(88\)80052-6](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(88)80052-6)
- Tartari, T., Bachmann, L., Zancan, R. F., Vivan, R. R., Duarte, M. A. H., & Bramante, C. M. (2018a). Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. *Int Endod J*, 51 Suppl 1, e42-e54. <https://doi.org/10.1111/iej.12764>
- Tartari, T., Duarte Junior, A. P., Silva Junior, J. O., Klautau, E. B., Silva, E. S. J. M. H., & Silva, E. S. J. P. A. (2013). Etidronate from medicine to endodontics: effects of different irrigation regimes on root dentin roughness. *J Appl Oral Sci*, 21(5), 409-415. <https://doi.org/10.1590/1679-775720130201>

- Tartari, T., Guimaraes, B. M., Amoras, L. S., Duarte, M. A., Silva e Souza, P. A., & Bramante, C. M. (2015). Etidronate causes minimal changes in the ability of sodium hypochlorite to dissolve organic matter. *Int Endod J*, 48(4), 399-404. <https://doi.org/10.1111/iej.12329>
- Tartari, T., Wichnieski, C., Bachmann, L., Jafelicci, M., Jr., Silva, R. M., Letra, A., van der Hoeven, R., Duarte, M. A. H., & Bramante, C. M. (2018b). Effect of the combination of several irrigants on dentine surface properties, adsorption of chlorhexidine and adhesion of microorganisms to dentine. *Int Endod J*, 51(12), 1420-1433. <https://doi.org/10.1111/iej.12960>
- Tartari, T., Wichnieski, C., Silva, R. M., Letra, A., Duarte, M. A. H., & Bramante, C. M. (2023). Final irrigation protocols can be used to promote stable long-term bond strength of AH Plus to dentin. *J Appl Oral Sci*, 31, e20230005. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2023-0005>
- Taşan, A., & Özlek, E. (2024). Effects of ethylenediaminetetraacetic acid, citric acid, and etidronic acid on root dentin mineral content and bond strength of a bioceramic-based sealer: A scanning electron microscopy-energy dispersive spectroscopy study. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 18(1), 37-43. <https://doi.org/10.34172/joddd.40798>
- Tauber, R., Morse, D. R., Sinai, I. A., & Furst, M. L. (1983). A magnifying lens comparative evaluation of conventional and ultrasonically energized filing. *J Endod*, 9(7), 269-274. [https://doi.org/10.1016/s0099-2399\(83\)80116-2](https://doi.org/10.1016/s0099-2399(83)80116-2)
- Tay, F. R., Hosoya, Y., Loushine, R. J., Pashley, D. H., Weller, R. N., & Low, D. C. (2006). Ultrastructure of intraradicular dentin after irrigation with BioPure MTAD. II. The consequence of obturation with an epoxy resin-based sealer. *J Endod*, 32(5), 473-477. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.10.054>
- Teixeira, C. S., Alfredo, E., Thome, L. H., Gariba-Silva, R., Silva-Sousa, Y. T., & Sousa-Neto, M. D. (2009). Adhesion of an endodontic sealer to dentin and gutta-percha: shear and push-out bond strength measurements and SEM analysis. *J Appl Oral Sci*, 17(2), 129-135. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572009000200011>
- Teixeira, C. S., Felipe, M. C., & Felipe, W. T. (2005). The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *Int Endod J*, 38(5), 285-290. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.00930.x>
- Teixeira, F. B., Teixeira, E. C., Thompson, J., Leinfelder, K. F., & Trope, M. (2004). Dentine bonding reaches the root canal system. *J Esthet Restor Dent*, 16(6), 348-354; discussion 354. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2004.tb00066.x>
- Telles, I., Melo, M., Magno, M., Simão, R., & Prado, M. (2017). Wettability of endodontic sealers on the root surface using different irrigants. *Revistas*, 74, 283. <https://doi.org/10.18363/rbo.v74n4.p.283>
- Timpawat, S., Amornchat, C., & Trisuwan, W. R. (2001). Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. *J Endod*, 27(1), 36-39. <https://doi.org/10.1097/00004770-200101000-00011>
- Tomson, P. L., & Simon, S. R. (2016). Contemporary Cleaning and Shaping of the Root Canal System. *Prim Dent J*, 5(2), 46-53. <https://doi.org/10.1308/205016816819304196>
- Tonini, R., Salvadori, M., Audino, E., Sauro, S., Garo, M. L., & Salgarello, S. (2022). Corrigendum: Irrigating Solutions and Activation Methods Used in Clinical Endodontics: A Systematic Review. *Front Oral Health*, 3, 876265. <https://doi.org/10.3389/froh.2022.876265>

- Topçuoğlu, H. S., Tuncay, O., Demirbuga, S., Dincer, A. N., & Arslan, H. (2014). The effect of different final irrigant activation techniques on the bond strength of an epoxy resin-based endodontic sealer: a preliminary study. *J Endod*, 40(6), 862-866. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.10.012>
- Torabinejad, M., Handysides, R., Khademi, A. A., & Bakland, L. K. (2002). Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 94(6), 658-666. <https://doi.org/10.1067/moe.2002.128962>
- Torabinejad, M., Khademi, A. A., Babagoli, J., Cho, Y., Johnson, W. B., Bozhilov, K., Kim, J., & Shabahang, S. (2003). A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod*, 29(3), 170-175. <https://doi.org/10.1097/00004770-200303000-00002>
- Torres, F. F. E., Zordan-Bronzel, C. L., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Chavez-Andrade, G. M., Pinto, J. C., & Tanomaru-Filho, M. (2020). Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *Int Endod J*, 53(3), 385-391. <https://doi.org/10.1111/iej.13225>
- Trindade, T. F., Barbosa, A. F. S., Castro-Raucci, L. M. S., Silva-Sousa, Y. T. C., Colucci, V., & Raucci-Neto, W. (2018). Chlorhexidine and proanthocyanidin enhance the long-term bond strength of resin-based endodontic sealer. *Braz Oral Res*, 32, e44. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0044>
- Triolo, P. T., Jr., & Swift, E. J., Jr. (1992). Shear bond strengths of ten dentin adhesive systems. *Dent Mater*, 8(6), 370-374. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(92\)90022-5](https://doi.org/10.1016/0109-5641(92)90022-5)
- Tselnik, M., Baumgartner, J. C., & Marshall, J. G. (2004). Bacterial leakage with mineral trioxide aggregate or a resin-modified glass ionomer used as a coronal barrier. *J Endod*, 30(11), 782-784. <https://doi.org/10.1097/00004770-200411000-00008>
- Tuncel, B., Nagas, E., Cehreli, Z., Uyanik, O., Vallittu, P., & Lassila, L. (2015). Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Braz Oral Res*, 29. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2015.vol29.0059>
- Ulusoy, O. I., Ballal, N. V., Narkedamalli, R., Ulusoy, N., Shetty, K. P., & Luke, A. M. (2024). Dislodgement resistance and structural changes of tricalcium silicate-based cements after exposure to different chelating agents. *PLoS One*, 19(1), e0296647. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296647>
- Ulusoy, O. I., & Gorgul, G. (2013). Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, smear layer removal and erosion. *Aust Endod J*, 39(2), 66-72. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2010.00291.x>
- Ulusoy, O. I., Manti, A. S., & Çelik, B. (2020). Nanohardness reduction and root dentine erosion after final irrigation with ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acids. *Int Endod J*, 53(11), 1549-1558. <https://doi.org/10.1111/iej.13372>
- Ulusoy, O. I., Zeyrek, S., & Çelik, B. (2017). Evaluation of smear layer removal and marginal adaptation of root canal sealer after final irrigation using ethylenediaminetetraacetic, peracetic, and etidronic acids with different concentrations. *Microsc Res Tech*, 80(7), 687-692. <https://doi.org/10.1002/jemt.22851>
- Uzunoğlu, E., Aktemur, S., Uyanık, M. O., Durmaz, V., & Nagaş, E. (2012). Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at

- different time exposures. *J Endod*, 38(8), 1110-1113.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.04.026>
- Üngör, M., Onay, E. O., & Oruçoğlu, H. (2006). Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J*, 39(8), 643-647. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01132.x>
- Üreyen Kaya, B., Keçeci, A. D., Orhan, H., & Belli, S. (2008). Micropush-out bond strengths of gutta-percha versus thermoplastic synthetic polymer-based systems - an ex vivo study. *Int Endod J*, 41(3), 211-218. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01342.x>
- Vaiyapuri, R., Mathimaraiselvan, C., Prasad, A., Shanmugam, R., Sivakumar, J., & Soundappan, S. (2021). Stereomicroscopic Evaluation of Fiber Post Failure Modes after Use of Three Different Endodontic Sealers: An In Vitro Study. *J. oper. dent.*, 6, 6-10. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10047-0110>
- Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (2003). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*, 28(3), 215-235. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12760693>
- Van Meerbeek, B., Perdigão, J., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (1998). The clinical performance of adhesives. *J Dent*, 26(1), 1-20. [https://doi.org/10.1016/s0300-5712\(96\)00070-x](https://doi.org/10.1016/s0300-5712(96)00070-x)
- Vassiliadis, L., Liolios, E., Kouvas, V., & Economides, N. (1996). Effect of smear layer on coronal microleakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 82(3), 315-320. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(96\)80359-3](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(96)80359-3)
- Vertucci, F. J. (2005). Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*, 10(1), 3-29.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00129.x>
- Vilanova, W. V., Carvalho-Junior, J. R., Alfredo, E., Sousa-Neto, M. D., & Silva-Sousa, Y. T. (2012). Effect of intracanal irrigants on the bond strength of epoxy resin-based and methacrylate resin-based sealers to root canal walls. *Int Endod J*, 45(1), 42-48. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01945.x>
- Vinola, S. M. J., & Mahalaxmi, S. (2024). Characterisation and evaluation of physical properties of AH-Plus sealer with and without the incorporation of petasin, pachymic acid, curcumin and shilajit-an invitro study. *BMC Oral Health*, 24(1), 352. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04108-w>
- Violich, D. R., & Chandler, N. P. (2010). The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J*, 43(1), 2-15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01627.x>
- Vivacqua-Gomes, N., Ferraz, C. C., Gomes, B. P., Zaia, A. A., Teixeira, F. B., & Souza-Filho, F. J. (2002). Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally condensed gutta-percha root fillings. *Int Endod J*, 35(9), 791-795. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00569.x>
- Wang, Z., Shen, Y., & Haapasalo, M. (2012). Effectiveness of endodontic disinfecting solutions against young and old *Enterococcus faecalis* biofilms in dentin canals. *J Endod*, 38(10), 1376-1379. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.06.035>
- Wang, Z., Shen, Y., & Haapasalo, M. (2013). Effect of smear layer against disinfection protocols on *Enterococcus faecalis*-infected dentin. *J Endod*, 39(11), 1395-1400. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.05.007>
- Wei, M. Y., Wang, X. L., Li, Y., & Gao, Y. (2018). [Study on root canal variation of maxillary premolar and its relationship to maxillary sinus by cone-beam CT].

- Shanghai Kou Qiang Yi Xue, 27(2), 156-163.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30146642>
- Weiger, R., ElAyouti, A., & Lost, C. (2002). Efficiency of hand and rotary instruments in shaping oval root canals. *J Endod*, 28(8), 580-583.
<https://doi.org/10.1097/00004770-200208000-00004>
- Wenzel, R. N. (1936). Resistance of Solid Surfaces to Wetting by Water *Ind. Eng. Chem.*, 28(8), 988-994. <https://doi.org/10.1021/ie50320a024>
- Weston, C. H., Ito, S., Wadgaonkar, B., & Pashley, D. H. (2007). Effects of time and concentration of sodium ascorbate on reversal of NaOCl-induced reduction in bond strengths. *J Endod*, 33(7), 879-881.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.04.004>
- White, R. R., Goldman, M., & Lin, P. S. (1987). The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by endodontic filling materials. Part II. *J Endod*, 13(8), 369-374. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80195-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80195-4)
- Wiegand, A., Lechte, C., & Kanzow, P. (2021). Adhesion to eroded enamel and dentin: systematic review and meta-analysis. *Dent Mater*, 37(12), 1845-1853.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.09.014>
- Wiesse, P. E. B., Silva-Sousa, Y. T., Pereira, R. D., Estrela, C., Domingues, L. M., Pecora, J. D., & Sousa-Neto, M. D. (2018). Effect of ultrasonic and sonic activation of root canal sealers on the push-out bond strength and interfacial adaptation to root canal dentine. *Int Endod J*, 51(1), 102-111.
<https://doi.org/10.1111/iej.12794>
- Williams, C., Loushine, R. J., Weller, R. N., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2006). A comparison of cohesive strength and stiffness of Resilon and gutta-percha. *J Endod*, 32(6), 553-555. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.08.002>
- Williamson, A. E., Cardon, J. W., & Drake, D. R. (2009a). Antimicrobial susceptibility of monoculture biofilms of a clinical isolate of *Enterococcus faecalis*. *J Endod*, 35(1), 95-97. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.09.004>
- Williamson, A. E., Marker, K. L., Drake, D. R., Dawson, D. V., & Walton, R. E. (2009b). Resin-based versus gutta-percha-based root canal obturation: influence on bacterial leakage in an in vitro model system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 108(2), 292-296.
<https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.01.043>
- Wolf, T. G., Kim, P., Campus, G., Stiebritz, M., Siegrist, M., & Briseno-Marroquin, B. (2020). 3-Dimensional Analysis and Systematic Review of Root Canal Morphology and Physiological Foramen Geometry of 109 Mandibular First Premolars by Micro-computed Tomography in a Mixed Swiss-German Population. *J Endod*, 46(6), 801-809. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.03.002>
- Wong, D. T., & Cheung, G. S. (2014). Extension of bactericidal effect of sodium hypochlorite into dentinal tubules. *J Endod*, 40(6), 825-829.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.09.045>
- Wu, D., Ma, Y. Z., Jia, J., Xin, B. C., Wang, D. S., Sun, D. G., & Wang, L. X. (2020). Removal of the root canal smear layer using Carisolv III and sodium hypochlorite. *Medicine (Baltimore)*, 99(22), e20372.
<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000020372>
- Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (1993). Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J*, 26(1), 37-43.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1993.tb00540.x>

- Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2001). A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J*, 34(2), 137-141. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00361.x>
- Yadav, H. K., Tikku, A. P., Chandra, A., Yadav, R. K., & Patel, D. K. (2015). Efficacy of etidronic acid, BioPure MTAD and SmearClear in removing calcium ions from the root canal: An in vitro study. *Eur J Dent*, 9(4), 523-528. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.172613>
- Yamada, R. S., Armas, A., Goldman, M., & Lin, P. S. (1983). A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod*, 9(4), 137-142. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(83\)80032-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(83)80032-6)
- Yang, S. E., & Bae, K. S. (2002). Scanning electron microscopy study of the adhesion of *Prevotella nigrescens* to the dentin of prepared root canals. *J Endod*, 28(6), 433-437. <https://doi.org/10.1097/00004770-200206000-00004>
- Yang, Y., Shen, Y., Wang, Z., Huang, X., Maezono, H., Ma, J., Cao, Y., & Haapasalo, M. (2016). Evaluation of the Susceptibility of Multispecies Biofilms in Dentinal Tubules to Disinfecting Solutions. *J Endod*, 42(8), 1246-1250. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.05.011>
- Yılmaz, Z., Aktemur, S., Buzoğlu, H. D., & Gümüşderelioğlu, M. (2011a). The effect of temperature and pH variations on the surface tension of EDTA solutions. *J Endod*, 37(6), 825-827. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.03.012>
- Yılmaz, Z., Başbağ, B., Buzoğlu, H. D., & Gümüşderelioğlu, M. (2011b). Effect of low-surface-tension EDTA solutions on the wettability of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 111(1), 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.08.008>
- Yiu, C. K., Garcia-Godoy, F., Tay, F. R., Pashley, D. H., Imazato, S., King, N. M., & Lai, S. C. (2002). A nanoleakage perspective on bonding to oxidized dentin. *J Dent Res*, 81(9), 628-632. <https://doi.org/10.1177/154405910208100910>
- Yoshikawa, T., Sano, H., Burrow, M. F., Tagami, J., & Pashley, D. H. (1999). Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. *J Dent Res*, 78(4), 898-905. <https://doi.org/10.1177/00220345990780041001>
- Zaia, A. A., Nakagawa, R., De Quadros, I., Gomes, B. P., Ferraz, C. C., Teixeira, F. B., & Souza-Filho, F. J. (2002). An in vitro evaluation of four materials as barriers to coronal microleakage in root-filled teeth. *Int Endod J*, 35(9), 729-734. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00529.x>
- Zancan, R. F., Di Maio, A., Tomson, P. L., Duarte, M. A. H., & Camilleri, J. (2021). The presence of smear layer affects the antimicrobial action of root canal sealers. *Int Endod J*. <https://doi.org/10.1111/iej.13522>
- Zarean, P., Göllner, M., Zarean, P., & Neuhaus, K. W. (2023). 2D and 3D Erosion Landscape Analysis of Endodontic-Treated Teeth Using EDTA and HEDP as Chelating Agents: A High-Resolution Micro-Computed Tomographic Study. *Dent. J.*, 11(12), 286. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/dj11120286>
- Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *J Endod*, 32(5), 389-398. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.09.014>
- Zehnder, M. (2019). Etidronate (Dual Rinse HEDP) for root canal irrigation in clinical use. *Quintessenz Zahnmedizin*. https://doi.org/https://qos.quintessenz.de/qd_2019_08_s896_qos_en.pdf
- Zehnder, M., Schicht, O., Sener, B., & Schmidlin, P. (2005a). Reducing surface tension in endodontic chelator solutions has no effect on their ability to remove calcium

- from instrumented root canals. *J Endod*, 31(8), 590-592.
<https://doi.org/10.1097/01.don.0000152300.44990.6d>
- Zehnder, M., Schmidlin, P., Sener, B., & Waltimo, T. (2005b). Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod*, 31(11), 817-820.
<https://doi.org/10.1097/01.don.0000158233.59316.fe>
- Zhang, K., Kim, Y. K., Cadenaro, M., Bryan, T. E., Sidow, S. J., Loushine, R. J., Ling, J. Q., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2010). Effects of different exposure times and concentrations of sodium hypochlorite/ethylenediaminetetraacetic acid on the structural integrity of mineralized dentin. *J Endod*, 36(1), 105-109.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.10.020>
- Zhao, S. J., Zhang, L., Tang, L. H., & Chen, J. H. (2010). Nanoleakage and microtensile bond strength at the adhesive-dentin interface after different etching times. *Am J Dent*, 23(6), 335-340. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21344833>
- Zmener, O., Spielberg, C., Lamberghini, F., & Rucci, M. (1997). Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer. *Int Endod J*, 30(5), 332-334.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1997.00086.x>
- Zollinger, A., Mohn, D., Zeltner, M., & Zehnder, M. (2018). Short-term storage stability of NaOCl solutions when combined with Dual Rinse HEDP. *Int Endod J*, 51(6), 691-696. <https://doi.org/10.1111/iej.12875>

FORMLAR

ETİK KURUL ONAYI



İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

FARKLI SON YIKAMA PROTOKOLLERİNİN EPOKSİ REÇİNE ESASLI KANAL PATININ KÖK DENTİNİNE BAĞLANMA DAYANIMI ÜZERİNE ETKİSİ

ORJİNALLIK RAPORU

%8

BENZERLİK ENDEKSİ

%2

İNTERNET KAYNAKLARI

%8

YAYINLAR

%0

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1

Odabaşı Tezer, Emine. "Farklı Son Yıkama Solüsyonlarının Epoksi Rezin Esaslı Kök Kanal Dolgu Patının Bağlanma Dayanımına Etkilerinin Değerlendirilmesi", Ankara Üniversitesi (Turkey), 2024

Yayın

%2

2

Günel, Esin. "Revaskülarizasyon Tedavisinde Degisik Seviyelerde Uygulanan Kalsiyum Silikat İçerikli Ajanin Nanosizinti ve Kirilma Direnci üZerine Etkisi.", Ankara Üniversitesi (Turkey), 2024

Yayın

%1

3

Özen, Derya. "İki Farklı Kök Kanal Dolgu Tekniği İle Farklı Kök Kanal Patlarının Bağlanma Dayanımının Değerlendirilmesi", Ankara Üniversitesi (Turkey), 2024

Yayın

%1

4

dspace.ankara.edu.tr
İnternet Kaynağı

%1