

İŞİNSU ATALAY

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ SAĞ. BİL. ENST.

DOKTORA TEZİ

İSTANBUL-2021



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

~~DOKTORA TEZİ~~

FARKLI ŞELASYON AJANLARININ KÖK DENTİNİ
PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN
İNCELENMESİ

İŞINSU ATALAY

DANIŞMAN
PROF. DR. F. RAİF ERİŞEN

ENDODONTİ ANABİLİM DALI
ENDODONTİ PROGRAMI

İSTANBUL-2022

DOKTORA TEZ ONAYI



BEYAN



İTHAF

Hayatımın her anında yanımda olan sevgili aileme ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Lisans eğitimim itibari ile ve doktora çalışmam süresince karşılaştığım güçlükleri aşmamda desteğini ve sevgisini benden hiçbir zaman esirgemeyen, bu yol boyunca bilgisi ve tecrübesi ile önüme ışık tutan çok değerli sayın hocam ve tez danışmanım **Prof. Dr. F. Raif ERİŞEN'e**,

Doktora eğitimimde emeği geçen, her zaman bize yön gösteren bilgileriyle bizi donatan İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalındaki tüm değerli **hocalarıma**,

Bu tezin analizlerini gerçekleştirmemi sağlayan, Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nden **Öğr. Gör. Sümeyra Büyükçelebi, Öğr. Gör. Dr. Hande Yöndemli, Öğr. Gör. Kemal Doğan ve Öğr. Gör. Özkan Üzüm'e**,

Doktora eğitimime başladığım ilk günden itibaren her şeyimi paylaştığım ve beraber yol aldığım sevgili arkadaşım **Dr. Dt. Selin Bulgu'ya**,

Doktora eğitimim süresince ihtiyacım olan her konuda bana yardımcı olan, motivasyon veren sevgili arkadaşım **Dr. Dt. Beliz Özel'e**,

Hayatım boyunca her konuda olduğu gibi bu süreç boyunca da yanımda olan ve her anımda destek veren canım kuzenim **İldeniz Uslu Bıçak'a**,

Haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, hayatım boyunca olduğu gibi bu süreç boyunca da benim için her türlü fedakarlıkta bulunan, her türlü desteği sağlayan, sevgilerini en güzel hissettiren canım annem **Tülin Atalay** ve babam **Bekir Atalay'a**,

Her zaman yanımda olan, sevgisini ve desteğini her anımda hissettiğim canım kardeşim **Sera Melis Atalay'a**

sonsuz teşekkürlerimi sunarım..

İÇİNDEKİLER

DOKTORA TEZ ONAYI.....	İİ
BEYAN.....	İİİ
İTHAF.....	İV
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
TABLolar LİSTESİ.....	İX
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	Xİİ
ÖZET	XİV
ABSTRACT.....	XV
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kök kanalı tedavisinin amacı ve günümüze kadar ilerleyişi	3
2.2. Kök kanalı tedavisinde irrigasyon	4
2.3. Kök kanalı tedavisinde kullanılan irrigasyon ve aktivasyon teknikleri	5
2.3.1. Manuel irrigasyon ve aktivasyon	5
2.3.2. EndoVac.....	7
2.3.3. Ultrasonik Aktivasyon	7
2.3.4. Sonik Aktivasyon.....	8
2.3.4.1. EndoActivator	8
2.3.5. Lazer ile Aktivasyon	9
2.3.5.1. PIPS (Photon Induced Photoacoustics Streaming)	10
2.4. Kök kanalı tedavisinde kullanılan irrigasyon ajanları	11
2.4.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl).....	11
2.4.2. Klorheksidin (CHX).....	15
2.4.3. Distile Su ve Serum Fizyolojik	17
2.5. Şelasyon ajanlarının kök kanalı tedavisindeki önemi	17
2.5.1. Kök kanalı irrigasyonunda sıklıkla kullanılan şelasyon ajanları	20
2.5.1.1. Etilendiamintetraasetik Asit (EDTA).....	20
2.5.1.2. EDTAC	22
2.5.1.3. Etidronik Asit (HEPB)	23

2.5.1.4. QMix	24
2.5.1.5. BioPure MTAD	25
2.5.2. Kök kanalı irrigasyonunda şelatif amaçla kullanılan organik asitler	26
2.5.2.1. Sitrik Asit (CA)	26
2.5.2.2. Fitik Asit (IP6, inositol heksakisfosfat)	27
2.5.2.3. Maleik Asit (MA).....	28
2.5.3. Dentin dokusunun yapısı.....	29
2.5.4. Şelasyon ajanlarının dentin dokusu üzerindeki etkileri	31
2.5.4.1. Dentin dokusunda demineralizasyon	31
2.5.4.2. Dentin mikrosertliği	33
2.5.4.3. Dentin geçirgenliği.....	33
2.5.4.4. Dentin pürüzlülüğü.....	34
2.6. Kök dentini pürüzlülüğünün fiziksel ve kimyasal analizinde kullanılan cihazlar	36
2.6.1. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Analizleri	36
2.6.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM).....	37
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	38
3.1. Etik kurul	38
3.2. Çalışma için numune sayısının belirlenmesi.....	38
3.3. Çalışma için örnek seçimi	38
3.4. Kök kesitlerinin hazırlanması	39
3.5. Deney solüsyonlarının hazırlanması	42
3.5.1. Fitik asit solüsyonunun hazırlanması.....	42
3.5.2. Sitrik asit solüsyonunun hazırlanması.....	43
3.6. Deney gruplarının hazırlanması.....	44
3.7. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Analizi	47
3.8. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopi (EDX) Analizleri.....	51
3.9. İstatistik.....	55
4. BULGULAR.....	56
4.1. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) analizi	56
4.2. Enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisi (EDX) analizi	58
5. TARTIŞMA	61
KAYNAKLAR	76

ETİK KURUL KARARI	87
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI.....	88
ÖZGEÇMİŞ	89



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Grup içi ve gruplar arası AFM sonuçlarının değerlendirilmesi.....	56
Tablo 2: Gruplar arasında Ca, P ve Ca/P değerlerinin değerlendirilmesi.....	58



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Dentin yapısının şematik görseli (Huang ve ark., 2020)	30
Şekil 2: İsoet cihazı (Buehler Ltd, Lake Buff, IL)	39
Şekil 3: Kesiti alınacak dişin isomet cihazına yerleştirilmeden önce sabitlenmesi.....	40
Şekil 4: İsoet cihazı ile bukkolingual yönden kesiti alınan maksiller kesici dişin farklı açılardan alınan görüntüleri.....	40
Şekil 5: İsoet cihazı ile kesilmiş dişler.....	41
Şekil 6: Kesitleri alındıktan sonra dişlerin zımparalanmasında kullanılan zımpara kağıtları (800, 1000, 1200 gren).....	41
Şekil 7: Kesilme ve zımparalama işlemi sonrası gruplara ayrılmış dişler.....	41
Şekil 8: Fitik asit solüsyonu (%50; Sigma-Aldrich, MO, ABD).....	42
Şekil 9: Fitik asit solüsyonunun hazırlığı.....	42
Şekil 10: 50 ml fitik asit solüsyonu (%1).....	43
Şekil 11: Saf sitrik asit tozu.....	43
Şekil 12: Hassas tartıda sitrik asit ölçümü.....	43
Şekil 13: Sitrik asit solüsyonunun hazırlığı.....	44
Şekil 14: Sitrik asit solüsyonu (%10).....	44
Şekil 15: 2. ve 3. grupların ilgili solüsyonlarda bekletilmesi.....	45
Şekil 16: 4. ve 5. grupların ilgili solüsyonlarda bekletilmesi.....	45
Şekil 17: 2. Grup; Sodyum hipoklorit (%5; Microvem, Sakarya, Türkiye).....	46
Şekil 18: 3. Grup; EDTA (%17; Wizard, İstanbul, Türkiye).....	46
Şekil 19: Numunelerin (EDTA) numaralandırılıp eppendorf tüplerine yerleştirilmesi...	46
Şekil 20: AFM cihazı (NT-MDT, Ntegra Solaris).....	47
Şekil 21: AFM cihazının tarayıcı bölgesi.....	48
Şekil 22: AFM cihazına numunenin yerleştirilmesi.....	48
Şekil 23: AFM cihazı ile numune analizi.....	48
Şekil 24: AFM cihazı ile tarama yapılırken bilgisayar görüntüsü alınması.....	49
Şekil 25: Distile su (kontrol) grubuna ait (#4) numunenin 3 farklı bölgesinden alınan AFM analiz görüntüleri ($20 \times 20 \mu\text{m}^2$) (a) ve ortalama pürüzlülük değerleri (b).....	49
Şekil 26: NaOCl grubuna ait (#12) numunenin 3 farklı bölgesinden alınan AFM analiz görüntüleri ($20 \times 20 \mu\text{m}^2$) (a) ve ortalama pürüzlülük değerleri (b).....	49
Şekil 27: EDTA grubuna ait (#25) numunenin 3 farklı bölgesinden alınan AFM analiz görüntüleri ($20 \times 20 \mu\text{m}^2$) (a) ve ortalama pürüzlülük değerleri (b).....	50

Şekil 28: Fitik asit grubuna ait (#31) numunenin 3 farklı bölgesinden alınan AFM analiz görüntüleri ($20 \times 20 \mu\text{m}^2$) (a) ve ortalama pürüzlülük değerleri (b).....	50
Şekil 29: Sitrik asit grubuna ait (#50) numunenin 3 farklı bölgesinden alınan AFM analiz görüntüleri ($20 \times 20 \mu\text{m}^2$) (a) ve ortalama pürüzlülük değerleri (b).....	50
Şekil 30: EDX analizi yapılmış altın kaplanmış numuneler (distile su grubu).....	51
Şekil 31: SEM (Zeiss EVO LS10) ve EDX (Bruker) cihazı.....	51
Şekil 32: Distile su (kontrol) grubuna ait (#4) numuneden farklı büyütmelemlerle elde edilen SEM görüntüleri; x2000 (a), x5000 (b), x10000 (c).....	52
Şekil 33: NaOCl grubuna ait (#12) numuneden farklı büyütmelemlerle elde edilen SEM görüntüleri; x2000 (a), x5000 (b), x10000 (c).....	52
Şekil 34: EDTA grubuna ait (#25) numuneden farklı büyütmelemlerle elde edilen SEM görüntüleri; x2000 (a), x5000 (b), x10000 (c).....	52
Şekil 35: Fitik asit grubuna ait (#31) numuneden farklı büyütmelemlerle elde edilen SEM görüntüleri; x2000 (a), x5000 (b), x10000 (c).....	53
Şekil 36: Sitrik asit grubuna ait (#50) numuneden farklı büyütmelemlerle elde edilen SEM görüntüleri; x2000 (a), x5000 (b), x10000 (c).....	53
Şekil 37: EDX bölümü (Bruker).....	53
Şekil 38: Distile su (kontrol) grubuna ait (#4) numunenin EDX analizi.....	54
Şekil 39: NaOCl grubuna ait (#12) numunenin EDX analizi.....	54
Şekil 40: EDTA grubuna ait (#25) numunenin EDX analizi.....	54
Şekil 41: Fitik asit grubuna ait (#31) numunenin EDX analizi.....	55
Şekil 42: Sitrik asit grubuna ait (#50) numunenin EDX analizi.....	55
Şekil 43: Grup içi ve gruplar arası AFM sonuçları.....	56
Şekil 44: Gruplar arası ortalama AFM sonuçları.....	58
Şekil 45: Gruplar arası Ca sonuçları.....	59
Şekil 46: Gruplar arası P sonuçları.....	60
Şekil 47: Gruplar arası Ca/P sonuçları.....	60

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

#: Numara

ark: Arkadaşlar

W: Watt

NaOCl: Sodyum Hipoklorit

Ca⁺²: Kalsiyum iyonu

OH⁻: Hidroksil iyonu

OCl⁻: Hipoklorit iyonu

HOCl: Hipokloröz asit

H⁺: Hidrojen iyonu

pH: Hidrojen gücü (power of hydrogen)

CHX: Klorheksidin

EDTA: Etilendiamintetraasetik asit

HEPB: Etidronik asit

IP6: Fitik asit

MA: Maleik asit

CA: Sitrik asit

Ca(OH)₂: Kalsiyum hidroksit

Ca: Kalsiyum

P: Fosfor

H₂O₂: Hidrojen Peroksit

PAA: Perasetik asit

PA: Fosforik asit

%: Yüzde

kV: Kilo Volt

no: Numara

n: adet

dk: dakika

E. faecalis: Enterococcus faecalis

C. albicans: Candida albicans

ml: Mililitre

nm: Nanometre

μm : Mikrometre

kHz: Kilohertz

SEM: Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)

EDX: Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi

AFM: Atomik Kuvvet Mikroskopu (Atomic Force Microscope)

Ra: Pürüzlülük değeri

Sa: Ortalama pürüzlülük değeri



ÖZET

Atalay, I. (2021). Farklı Şelasyon Ajanlarının Kök Dentini Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti ABD. Doktora Tezi. İstanbul

Başarılı bir kök kanalı tedavisi birbirini izleyen birçok basamaktan oluşmaktadır. Kök kanalı tedavisinde başarı sağlamak için; kök kanalının anatomik şekline uygun bir biçimde şekillendirilmesi, tüm kanal sisteminin irrigasyonunun sağlanması ve hermetik bir şekilde kök kanalı dolgusunun tamamlanması gerekmektedir. Bu noktada devreye giren irrigasyon aşaması endodontik başarının en önemli aşamalarından biridir. İrrigasyona destek olma amacıyla şelasyon ajanlarından yararlanılmaktadır. Bu ajanlar artık dokuların uzaklaştırılmasının yanı sıra temas ettikleri dentin dokusu üzerinde fizikokimyasal değişiklikler yaratmaktadır. Bu çalışmanın amacı irrigasyon aşamasında kullanılan farklı şelasyon ajanlarının kök dentini pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemektir.

Bu çalışmada 25 adet çekilmiş üst kesici diş kullanılmıştır. Dişler dikey olarak ortadan ikiye ayrıldıktan sonra 5 gruba ayrılmıştır: Distile su (kontrol), NaOCl (%5), EDTA (%17), fitik asit (%1), sitrik asit (%10). Her grup ilgili solüsyonda 15 dakika boyunca bekletilmiştir. Numuneler sırasıyla yüzey pürüzlülüğü incelemesi için AFM, mineral içeriği (Ca ve P) incelemesi için EDX analizine alınmıştır. Çalışmanın istatistiksel analizlerinde tek yönlü varyans Anova ve Turkey testlerinden yararlanılmıştır.

Çalışmanın sonucunda, EDTA, sitrik asit ve fitik asit solüsyonlarının dentin yüzeyinde pürüzlülüğü arttırdığı görülmüştür. Fitik asit ve sitrik asit solüsyonları dentin dokusunda Ca/P oranını düşürmüştür. Diğer gruplarda istatistiksel bir fark görülmemiştir.

Fitik asit ve sitrik asit solüsyonlarının kök dentini dokusundan diğer irrigasyon ajanlarına kıyasla daha fazla kalsiyum uzaklaştırması, dentin yüzeyinin pürüzlülük, geçirgenlik, mikrosertlik gibi özelliklerini etkileyecektir. Bu ajanlar kök kanalı tedavisinde kullanılırken, yaratacakları etkiler göz önünde bulundurularak dikkatli olunmalıdır. Kullanılan bu şelasyon ajanlarının ortaya çıkardığı yüzey pürüzlülüğündeki artış, uygulanacak kanal dolgu materyallerinin dentin yüzeyi ile adezyonunu destekleyerek klinik fayda sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Şelasyon, İrrigasyon, Dentin pürüzlülüğü, Fitik asit, Endodonti

ABSTRACT

Atalay, I. (2021). Evaluation of the Effects of Different Chelation Agents on Root Dentin Roughness. İstanbul University, Institute of Health Science, Department of Endodontics. Doctoral Thesis. İstanbul.

Successful root canal treatment consists of many successive steps. To ensure success in root canal treatment; it is necessary to shape the root canal in accordance with its anatomical shape, in order to provide irrigation and the hermetic obturation of the entire canal system. At this point, the irrigation phase is one of the most important stages of endodontic success. Chelation agents support irrigation. They also create physicochemical changes when it comes in contact with the dentin, as well as removing the residual tissues. The aim of this study is to examine the effect of different chelation agents used in the irrigation phase on root dentin roughness.

25 extracted maxillary incisors were used in this study. After samples were separated longitudinally into halves, they were divided into 5 groups: Distilled water (control), NaOCl (5%), EDTA (17%), phytic acid (1%), citric acid (10%). Each group was kept in the relevant solution for 15 minutes. The samples were taken into AFM analysis for surface roughness analysis and EDX analysis for mineral content (Ca and P) analysis, respectively. One way Anova and Turkey tests were used in the statistical analysis of the study.

The results of this study showed that EDTA, citric acid and phytic acid solutions increased the roughness of the dentin surface. Phytic acid and citric acid solutions decreased the Ca/P ratio in dentin tissue. No statistical difference was observed in the other groups.

The higher removal of calcium from root dentin in phytic acid and citric acid solutions will affect the properties of the dentin surface such as roughness, permeability, and microhardness. When using these agents in root canal treatment, care should be taken; considering the effects they will create. The increase in surface roughness caused by chelating agents may provide clinical benefit by supporting the adhesion of the root canal filling materials to the dentin surface.

Key Words: Chelation, Irrigation, Dentin roughness, Phytic acid, Citric acid, Endodontics

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Başarılı bir kök kanalı tedavisi tek bir basamaktan değil birbirini izleyen birkaç adımdan oluşmaktadır. Bu aşamaların herhangi birinde yaşanan bir aksilik tedavinin başarısını olumsuz yönde etkilemektedir. Endodontik tedavinin amacı; kök kanalı sistemindeki mikroorganizmaların eliminasyonunu sağlamak ve tekrar kontaminasyon oluşumunu önlemektir (Moon ve ark., 2010). Kök kanalı tedavisinde istenilen bu başarıya ulaşabilmek için; kök kanalının anatomik şekline uygun bir biçimde şekillendirilmesi, tüm kanal sisteminin irrigasyonunun sağlanması ve hermetik bir şekilde kök kanalı dolgusunun yapılması gerekmektedir (Çelik & Belli).

İrrigasyon aşaması endodontik başarının en önemli basamaklarından biridir. İrrigasyon ajanları tedavi sırasında kök kanallarının şekillendirilmesi amaçlı kullanılan endodontik aletlerin kesiciliğini arttırmakta, bu aletlerin dentin ile olan sürtünme direncini azaltmaktadır. Kök kanalı duvarının mekanik preparasyon ile ulaşılamayan bölgelerinde etkin bir temizlik ve dezenfeksiyon sağlanabilmesinin tek yolu irrigasyondur (Haapasalo ve ark., 2014).

Kök kanalı dolgusundaki amaç kanal sistemindeki tüm boşlukları eksiksiz bir şekilde doldurmak ve kanal sistemi veya periodonsiyum arasındaki girişlerin tıkanmasını sağlamaktır. Bu dolgu ne kadar eksiksiz yapılırsa prognoz da o kadar iyi olacaktır. İdeal bir kök kanalı dolgusu çok iyi kondanase edilmiş olmalı, tüm giriş potansiyeline sahip alanları kapatmalı, kanal duvarlarına adaptasyonu iyi olmalı ve apikal bölgede sonlanmalıdır (Peng ve ark., 2007).

Mekanik preparasyon kök kanalı sisteminde smear tabakası denilen bir tabaka meydana getirmektedir. Smear tabakası dentin tübüllerinin tıkanmasına sebep olmakta ve kanal temizliği ve dolgusunu kötü etkilemektedir. Bu tabakanın uzaklaştırılması için kök kanalı tedavisinde kullanılan rutin irrigasyon ajanları yeterli olmamakta, şelasyon ajanlarına başvurulması gerekmektedir. Smear tabakasının uzaklaştırılması ve dentin tübüllerinin açılması ile birlikte kök kanalı dolgu materyalinin kanal duvarlarına adaptasyonu desteklenmekte ve daha dayanıklı bir kök kanalı dolgusu sağlanmaktadır (Augusto ve ark., 2021; Zancan ve ark., 2021).

Kök kanalı dolgu materyalinin kanal duvarlarına adaptasyonunda uygun preparasyon işlemleri tek başına yeterli olmamakta, aynı zamanda kanalın anatomik yapısına bağlı faktörler de rol oynamaktadır (Oliveira ve ark., 2017). İrrigasyona destek olma amacı ile kullanılan şelasyon ajanları, smear tabakasının uzaklaştırılmasının yanı sıra temas ettiği dentin dokusunun fizikokimyasal özelliklerini etkileyerek mikrosertlik, pürüzlülük vb. konularda değişiklikler yaratmaktadır (Zancan ve ark., 2021). Kök kanalı dolgusunun kanal duvarlarına adaptasyonunun sağlanması ve istenilen seviyede tıkaç görevini sağlayabilmesinde temas ettiği yüzeyin pürüzlülük düzeyi önemli bir etken oluşturmaktadır (Pantoja ve ark., 2018).

Bu çalışmanın amacı irrigasyon aşamasında kullanılan farklı şelasyon ajanlarının kök dentini pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemektir. Bu çalışmanın sonunda elde edilen bilgilerin ışığı altında kök kanalı sisteminin etkin temizliğinin yanı sıra, kanal duvarlarında oluşabilecek pürüzlülük durumunda kök kanalı dolgu materyalinin kanal duvarlarına daha iyi adaptasyonunun sağlanacağı öngörülmekte, dolayısıyla klinikte kök kanalı tedavisinin başarısı konusunda destek sağlanacağı düşünülmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök kanalı tedavisinin amacı ve günümüze kadar ilerleyişi

Tarih boyunca diş hekimliği alanındaki birçok tedavinin günümüze gelene kadar oldukça değiştiğini ve ilerlediğini görmekteyiz (Castellucci, 2004). Kök kanalı tedavisi de bu konuda en ilkel sayılabilecek yöntemlerden günümüzde en teknolojik aletlerin desteklediği bir tedavi haline gelmiştir. Bu gelişimin başlamasında en büyük rolü Pierre Fauchard (1678-1761) oynamaktadır. Kendisine ‘Modern diş hekimliğinin babası’ ünvanı yakıştırılmaktadır. Fauchard, endodontik aletlerin kullanımına dikkat edilmesi gerektiğini belirtmiş, bu malzemelerin kırılmasının veya yutulmasının tehlikeleri hakkında uyarılarda bulunmuştur. Bu uyarılar günümüzde hala modern diş hekimliği uygulamalarında dikkate alınmaktadır (Lynch ve ark., 2006).

1891 yılında Alman diş hekimi Otto Walkhoff’un, kök kanallarını sterilize etmek için ilaç olarak kafurlu klorofenol kullanımı ile birlikte kök kanalının mekanik preparasyonunun yanı sıra kanal sisteminin dezenfeksiyonu ve dolayısıyla irrigasyon aşaması hakkında önemli bir adım atılmıştır (Castellucci, 2004). Kök kanalı tedavisinde başarı doğru yapılmış bir tanı ve planlanan tedavinin her aşamasının titizlikle uygulanmasına bağlıdır. 1960’ların başında, şekillendirilmiş bir kök kanalı sistemi yapısının, kanal girişinden apikal bölgeye kadar, 3 boyutlu bir kök kanalı dolgusunu sağlayabileceğine dair yeni bir inanış başlamıştır (Goodis, 2006). Geçtiğimiz yıllar boyunca gelişen teknoloji ile birlikte kullanılan malzemeler de oldukça değişmiştir. Buna rağmen uygulanan tedavideki temel prensipler aynı kalmıştır (Tomson & Simon, 2016).

Kök kanallarının şekillendirilmesi endodontik kontaminasyonun engellenmesinde önemli bir adımdır. Bununla birlikte farklı irrigasyon ajanlarının da tedavide kullanılması ile birlikte organik dokular uzaklaştırılır, smear tabakası kaldırılır ve ulaşılması güç olan apikal 1/3’lük bölgenin dezenfeksiyonu sağlanır. Son aşamada kök kanalı dolgu materyali ile kanal sisteminin 3 boyutlu dolgusunun sağlanması ile beraber dentin tübülleri ve apikal bölge hermetik şekilde tıkanır ve etkin bir endodontik tedavi uygulanmış olur (Heling & Chandler, 1996).

Kök kanalının şekillendirilmesi ve irrigasyonu, kök kanalı tedavisindeki en önemli aşamaları oluşturur. Pulpa boşluğunun tamamen doku artığı ve mikroorganizmalardan arındırılması endodontik tedavinin uzun süreli başarısını olumlu etkilemektedir (Gomes ve ark., 2013). Mekanik şekillendirme sırasında kök kanalı

sisteminin tüm yüzeyine ulaşmak mümkün değildir. Bu noktada irrigasyon ajanlarından yararlanılır. İrrigasyonun en önemli etkisi, doku yıkımı ve antimikrobiyal etki sağlamasıdır (Haapasalo ve ark., 2014). Bu aşamalar olması gerektiği şekilde uygulandığında 3 boyutlu kanal dolgusunu sağlamak daha kolay olacaktır.

2.2. Kök kanalı tedavisinde irrigasyon

İrrigasyon, “vücut boşluğunu veya yarayı su veya ilaçlı bir sıvı ile yıkamak” olarak tanımlanır. İrrigasyon aşaması kök kanalı tedavisinde hayati önem taşımaktadır (Basrani & Haapasalo, 2014).

Endodonti genel olarak mekanik bir alanmış gibi algılanıyor olsa da etkili bir tedavi gerçekleştirmek için sağlam bir biyolojik bakış açısını gerektirmektedir. Tedavide mekanik sürecin kısaltılmaya çalışılması, kanal dezenfeksiyonunun yetersiz kalmasına sebep olur. Kök kanalının şekillendirilmesi ve irrigasyonun etkinliği arasında güçlü bir ilişki vardır (Kahn ve ark., 1995). Tedavi sonucunu optimize etmek için kimyasal temizlik gözden kaçmamalı, üzerinde zaman harcanmalıdır (Tomson & Simon, 2016).

İrrigasyon ajanları, endodontik tedavi sırasında doku artıklarını uzaklaştırmak, kanal duvarlarında kayganlık sağlamak, kanal içerisindeki organik dokuyu çözmek ve antimikrobiyal etki yaratmak amacıyla kullanılmaktadır. Dezenfeksiyon ve temizliğin istenilen düzeyde olabilmesi, kullanılan irrigasyon ajanının mekanik ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Mekanik etki kanal içerisinde irrigasyon ajanının ileri geri akıntısı sayesinde oluşmaktadır. Hangi irrigasyon ajanı kullanılırsa kullanılsın, kök kanalı içerisindeki bakteri popülasyonu bu mekanik etki sayesinde önemli derecede azalmaktadır. Bununla birlikte yapılan çalışmalar antimikrobiyal etki içeren kimyasal yapısı sayesinde irrigasyon ajanlarının, salin solüsyonuna kıyasla bakteri popülasyonunu düşürmede çok daha yüksek düzeyde etki gösterdiğini belirtmiştir (Siqueira Jr ve ark., 2000).

İdeal bir irrigasyon solüsyonunda aranan özellikler (Tomson & Simon, 2016):

Biyolojik özellikler:

- Biyofilm içerisinde bulunan mikroorganizmalara ve planktonik durumlara karşı yüksek bakterisidal etkinlik
- İnaktif endotoksik etki

- Canlı dokular üzerinde toksik etki bulundurmamak ve allerjik etki yaratmamak

Mekanik özellikler:

- Doku artıklarını uzaklaştırmak
- Kanal sisteminde kayganlaştırıcı etkinlik sağlamak

Kimyasal özellikler:

- Organik dokuyu çözmek
- İnorganik doku ve smear tabakasını uzaklaştırmak

Kök kanalının mekanik preparasyonu, bu karmaşık sistemde irrigasyon ajanının etkisini gösterebilmesi için uygun alan sağlar (Berutti ve ark., 1997).

2.3. Kök kanalı tedavisinde kullanılan irrigasyon ve aktivasyon teknikleri

2.3.1. Manuel irrigasyon ve aktivasyon

Kök kanalı tedavisinin irrigasyonunda geleneksel olarak enjektör ve iğne kullanılır. Pozitif basınç ile uygulanan bu teknik sırasında dikkatli olunmadığı takdirde, kullanılan solüsyon periapikal dokulara taşabilmekte, önemli doku hasarı ve postoperatif ağrı oluşabilmektedir (Bowden ve ark., 2006; Zhu ve ark., 2013). Ancak bu teknik titizlikle uygulandığında, etkili ve yeterli irrigasyon sağlanabilmektedir (Haapasalo ve ark., 2014; Peters, 2004).

Abou-Rass ve Piccinino, irrigasyonun etkin olabilmesi için iğne ucunun uzaklaştırılmak istenen dokuya yakın olması gerektiğini savunmuştur. İstenilen derinliğe ulaşabilmek adına küçük çaplı iğneler, büyük çaplı iğnelerden daha etkili olmaktadır. Ancak iğne çapı daraldıkça, kırılma riski artabilmekte veya irrigasyon solüsyonunu enjekte etmekte zorluk yaşanabilmektedir (Abou-Rass & Piccinino, 1982; Kahn ve ark., 1995).

Kanal içerisine verilen solüsyon, iğnenin ucundan itibaren, kullanılan iğnenin tipi ve solüsyonun akışına bağlı olarak 1-3 mm kadar bir mesafe daha yol alabilmektedir. Kök kanalı irrigasyonunda yandan perfore iğneler, açık uçlu iğnelere kıyasla daha güvenilir kullanım sağlamaktadır (Haapasalo ve ark., 2014).

Kök kanallarında apikal bölgeye ulaşabilmek adına 27 veya 30 gauge iğneler kullanılmalıdır. Yapılan çalışmalarda apikal bölgeden 2 mm mesafe uzaklıkta yandan perfore iğne ile irrigasyon yapıldığında, solüsyonun periapikal bölgeden taşıdığı gözlenmiştir (Park ve ark., 2013).

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD), matematiksel modelleme ve bilgisayar simülasyonu yoluyla akış modellerini, fiziksel ve kimyasal olayları araştırmak için güçlü bir araçtır (Boutsioukis ve ark., 2009). Bu teknik günümüzde, kök kanalı tedavisinde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının akışını simüle etmek ve irrigasyon sırasında kullanılan kuvvet sebebiyle meydana gelen apikal basınç gibi parametreleri değerlendirmek için kullanılmaktadır. Kullanılan algoritmaların birbirinden farklı olabilmesi sebebiyle çalışmalardan elde edilen sonuçlar birbirinden farklılık gösterebilmektedir (Park ve ark., 2013).

Bu teknikten yararlanılarak yapılan bir araştırmada, irrigasyon solüsyonunu kanal içerisine çok yüksek bir hızda vermenin gerekli olmadığı; hafif bir basınç ile yaklaşık 4 ml/dk'lık bir irrigasyonun istenilen mesafelere ulaşımının sağlandığı görülmüştür. Çok yüksek bir akış hızında irrigasyona gerek yoktur ve yaklaşık 4 ml/dk'lık hafif bir irrigasyon basıncı, maksimum irrigant değişimi uzunluğuna ulaşılmasını sağlayacaktır. Bu, hekimlerin kök kanalı irrigasyonu sırasında apikal üçte birlik bölgede daha güvende hissetmelerini sağlayacaktır (Park ve ark., 2013).

Akışkanlar dinamiğinin kullanıldığı bir başka çalışmada, aynı çapta (30 gauge) 2 farklı tasarım ile kullanılan iğne uçlarının kök kanalındaki etkinliği kıyaslanmıştır. Ucu açık iğnenin apikalden 2 mm mesafeden, yandan perfore iğnenin ise apikalden 1 mm mesafeden etkin temizlik sağlayabildiği görülmüştür (Boutsioukis ve ark., 2010).

Kök kanalı tedavisinde kullanılan irrigasyon ajanlarından en çok beklenen özellikler; yıkama etkisi, doku çözücü etki, antimikrobiyal etkinlik ve düşük toksisitedir. Irrigasyon ajanının aktivasyonu ve devamlı tazelenmesi solüsyonun etkinliğini oldukça arttırmaktadır (Stojicic ve ark., 2010).

Kök kanalının apikaline irrigasyon iğnesinin ulaşamadığı durumlarda, solüsyonun kök ucuna kadar ulaşabilmesini sağlamak için kanal boyutuna uygun bir gutta-perka veya kanal eğesi ile ileri-geri hareketler ile solüsyonun kanal içerisinde ilerlemesi kolaylaştırılabilir (Plotino ve ark., 2016).

2.3.2. EndoVac

EndoVac (Discus Dental, Culver City, CA) apikal bölgeye negatif basınç uygulayan bir irrigasyon sistemidir. Negatif basınç sayesinde, irrigasyon solüsyonunun akış yönü tersine çevrilmiştir. Böylece irrigasyonun periapikal dokulara ekstrüzyon olasılığı önlenmektedir. EndoVac sistemi 3 ana bileşenden oluşur: Mikro kanül, makro kanül ve ana uygulama ucu. Ana uç, irrigasyon solüsyonunun hem kanal içerisine verilmesini hem de kanaldan dışarı çıkarılmasını sağlar. Makro kanül, irrigasyon solüsyonunun pulpa odasından kök kanalının kural ve orta bölgelerine ulaşımını sağlar. Mikro kanül ise, 12 adet mikroskobik delik içermektedir. Bu sayede kök kanalından doku artıklarının uzaklaştırılması sağlanır (Desai & Himel, 2009).

Nielsen ve Baumgartner yaptıkları araştırmada, aynı süre içerisinde EndoVac sistemi ile kök kanalına daha fazla hacimde irrigasyon solüsyonu verilebildiğini belirtmiştir. Ayrıca pozitif basınçla yapılan irrigasyona kıyasla EndoVac sistemi ile apikalden 1 mm mesafeden daha fazla doku artığı uzaklaştırıldığı görülmüştür (Nielsen & Baumgartner, 2007).

2.3.3. Ultrasonik Aktivasyon

Ultrasonik ünite de kullanılan frekans aralığı 25 ile 40 kHz arasındadır (Plotino ve ark., 2007). Ultrasonik aktivasyon; “kavitasyon” ve “akustik akış” üretme kabiliyeti ile irrigasyon solüsyonunun etkinliğini artırır. Ultrasonik aktivasyon sırasında kullanılan aletin ucu ile kavitasyon miktarı sınırlandırılmaktadır. Akustik akışın etkisi ise daha belirgindir. Ultrason, temas ettiği sıvının moleküllerinde pozitif ve negatif basınç kabarcıkları oluşturur. Bu kabarcıklar kararsız hale gelir ve parçalanarak vakum dekompresyonuna benzer bir patlamaya neden olur (Plotino ve ark., 2016).

Kök kanalı tedavisinde ultrasonik aktivasyondan faydalanılırken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Salınım yapan uç, kök kanalı duvarına dokunduğunda enerji azalır. Bu aletler metal alaşımından yapıldığı için kanal duvarlarından kontrolsüz bir şekilde dentin dokusunu uzaklaştırarak morfolojiyi bozabilmektedir (Plotino ve ark., 2019).

Bununla birlikte dikkatli uygulandığı zaman ultrasonik aktivasyon, irrigasyon solüsyonunun hem doku çözücü hem de antibakteriyel etkinliğini büyük ölçüde artırarak, kök kanalı sisteminden etkin bir şekilde organik ve inorganik doku artıklarını uzaklaştırabilmektedir (Plotino ve ark., 2016).

2.3.4. Sonik Aktivasyon

Sonik aktivasyonun kök kanallarını dezenfekte etmek için etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Bu sistemler genellikle farklı ölçülerde plastik uçlar yardımıyla manuel kullanılan bir parça ile sonik frekans verilerek uygulanır (Plotino ve ark., 2016). Sonik cihazın aktivasyonu, kullanılan uçtan 1 - 6 kHz arasında değişen frekansta mekanik salınım üretilmesi ile oluşur (de Gregorio ve ark., 2009).

Geleneksel yöntem olan iğne ile irrigasyon ile kıyaslandığında çalışma boyundan 4,5 ve 2 mm uzaklıktan uygulandığında, ultrasonik veya sonik aktivasyonun lateral kanallara daha iyi etki ettiği görülmüştür (de Gregorio ve ark., 2009). Ayrıca sonik aktivasyonun; smear tabakasını ve eğimli anatomiye sahip kök kanallarında kalan biyofilmi etkin bir şekilde uzaklaştırdığı görülmüştür (Uroz-Torres ve ark., 2010).

Son yıkamada kullanılan aktivasyon teknikleri, irrigasyon ajanının etkisini arttırmaktadır (Paragliola ve ark., 2010) Yapılan bir araştırmada, 30 saniye boyunca endodontik eğelerle yapılan pasif aktivasyonun sonik veya ultrasonik aktivasyondan daha az doku artığı uzaklaştırabildiği görülmüştür. Sonik ve ultrasonik aktivasyon kendi arasında kıyaslandığında ise ultrasonik aktivasyonun sonik aktivasyona göre daha temiz kanallar ile sonuçlandığı gösterilmiştir (Sabins ve ark., 2003).

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, aktif iğne ile irrigasyon, sonik ve ultrasonik aktivasyon ile irrigasyon kıyaslanmıştır. Bu 3 aktivasyon tekniğinin eşit derecede etkinlik sergilediği tespit edilmiştir. Ayrıca bu tekniklerin, irrigasyon ajanının doku çözme hızını pasif irrigasyon ile kıyaslandığında on kat daha fazla arttırdığı görülmüştür (Stojicic ve ark., 2010).

2.3.4.1. EndoActivator

EndoActivator (Advanced Endodontics, Santa Barbara CA), kök kanalı sistemi irrigasyonu için sonik enerjiyi kullanır. Sistem pille çalışır ve 2 bileşenden oluşmaktadır: El aleti ve aktivatör uçlar (Sarı 15/02, Kırmızı 25/04, Mavi 35/04). EndoActivator cihazı dakikada 2.000-10.000 devir ile çalışmaktadır. Üretici firma, bu cihazın kök kanalı tedavisinde temizleme ve şekillendirme sırasında geleneksel irrigasyonun uygulanması sonrası, tedavi bitiminde son yıkamada kullanılmasını önermektedir (Desai & Himel, 2009). Son yıkama sırasında kök kanalına irrigasyon ajanı doldurulduktan sonra aktivasyon cihazının kanal içerisine yerleştirilmesi ve 30-60 saniye boyunca

çalıştırılmasının etkin bir kök kanalı temizliği sağladığı belirtilmiştir (Desai & Himel, 2009; Sabins ve ark., 2003)

EndoActivator cihazının uçları, kanal hazırlığı sonrası ortaya çıkan şekle benzer konikliğe ve genişliğe sahiptir. Yapılan bir araştırmada, kanal boyutlarına daha iyi uyum sağlayan bu aktivatör uç sayesinde, irrigasyon solüsyonlarının temizleme etkinliğinin önemli ölçüde arttığı görülmüştür (Caron ve ark., 2010).

Bir diğer çalışmada, EndoActivator ile her bir irrigasyon solüsyonunun 1 dakikalık aktivasyonunun kök kanallarında, hem ultrasonik hem de kontrol gruplarından daha iyi temizlik sağladığı görülmüştür. Bu çalışmanın sonucunda, EndoActivator ile aktivasyon, daha az doku artığı içeren kanallar ve daha açık dentin tübülleri ile sonuçlanmıştır. Ayrıca lateral ve aksesuar kanalların daha iyi doldurulabildiği görülmüştür (Kanter ve ark., 2011).

2.3.5. Lazer ile Aktivasyon

Endodonti alanında, kök kanalı dezenfeksiyonunu sağlamak amacıyla çeşitli tiplerde lazerler kullanılmıştır: Diyot lazer, gaz lazer (CO₂), erbium: YAG (ER: YAG) lazer, neodymium: YAG (ND: YAG) lazer. Bakterisidal etki, kullanılan lazerin dalga boyu ve enerjisine bağlıdır. Çoğu zaman buna bakteri hücre duvarında değişiklikler yaratabilecek termal etkiler de eklenir. Bu etkiler sayesinde osmotik değerler değişir ve hücre ölümü sağlanır (Plotino ve ark., 2016).

Nd: YAG ve ER: YAG lazerin kullanıldığı bir araştırmada bu iki lazerin de kök kanalı tedavisinde kullanılan dolgu patının kanal duvarlarına adezyonunu desteklediği görülmüştür (Sousa-Neto ve ark., 2005).

Diyot lazerin salınım yaptığı 810-980 nm'lik dalga boyunun kızılötesi aralıkta olması ve ince, esnek, iletken liflerin kullanılması sebebiyle endodontik tedavilerde kullanılması uygundur (Moritz ve ark., 1997; Wang ve ark., 2005). Diyot lazerler, melanin ve hemoglobin için yüksek absorpsiyon zirveleri; su ve hidroksiapatit ile sınırlı etkileşimleri ile iyi bir penetrasyon potansiyeline sahiptir. Güç çıkışı 0,5 ila 7 W arasında değişir ve sürekli dalga, darbeli güç gibi farklı çalışma modları ile kullanılabilir (Sreedev ve ark., 2020).

Wang ve ark., in vitro yaptıkları araştırmaya, 980 nm dalga boyundaki diyot lazerin, kök kanalı duvarlarından smear tabakasını ve doku artıklarını uzaklaştırmak ve kanal

dolgusundan sonra apikal sızıntıyı azaltmak için yararlı olduğunu göstermektedir (Wang ve ark., 2005).

Yapılan bir diğer araştırmada diyet lazer uygulanan kök kanalında epoksi reçine bazlı kök kanal patının ortalama tübüler penetrasyon derinliğinin, EDTA ve sitrik asitten daha yüksek değerlerde olduğu bulunmuştur (Sreedev ve ark., 2020).

Lazer uygulamalarında optik fiberin ucundan yayılan enerji kanal boyunca yönlendirilir ancak yan duvarlara etki etmeyebilir. Bu kısıtlamanın üstesinden gelmek için, radyasyonun lateral emisyonuna izin veren bir yönlendirme sistemi ile antimikrobiyal etkinin güçlendirilmesi amaçlanmıştır. Ancak yine de kök kanalı içerisindeki biyofilm ve bakteriler tamamen ortadan kaldırılamamıştır (Leonardo ve ark., 2005; Plotino ve ark., 2016). Kök kanallarının doğrudan dezenfeksiyonu için yüksek güçlü lazerlerin uygulanmasını destekleyen güçlü bir kanıt hala yoktur (Plotino ve ark., 2016).

Yapılan bazı araştırmalar, benzersiz özelliklerinin geleneksel kanal hazırlığında ulaşılamayan bölgelerde bakterisidal etkiyi arttırabileceğinden ötürü lazer ışını ile aktivasyonun kök kanalı dezenfeksiyonuna alternatif bir yöntem değil ek bir yöntem olması gerektiğini savunmaktadır (Bergmans ve ark., 2006).

2.3.5.1. PIPS (Photon Induced Photoacoustics Streaming)

Foton kaynaklı fotoakustik akış sistemi (PIPS), irrigasyon solüsyonlarında bulunan su moleküllerini aktive etmek için Er:YAG lazerin kullanımına dayanır. Lazer ışığı, irrigasyon solüsyonunu aktif bir şekilde isthmus ve lateral kanallara iterek, kök kanalı sisteminin daha derin bir şekilde 3 boyutlu temizliğini sağlar. İrrigasyon solüsyonlarını aktive etmek için gereken son derece düşük enerji seviyesi, çok kısa atım süresi sayesinde dentin ablasyon eşiğinin altındadır. Buna rağmen, irrigasyon ajanının ve doku artıklarının apikalden taşması için hala potansiyel bir risk bulundurmaktadır (Mandras ve ark., 2020).

Yapılan bir araştırmada, yapay düz kök kanalı içerisinde PIPS ve ultrasonik aktivasyonun benzer düzeyde doku artığı uzaklaştırdığı görülmüştür (Kurzman ve ark., 2020).

2.4. Kök kanalı tedavisinde kullanılan irrigasyon ajanları

Kök kanalı tedavisinde kullanılan irrigasyon ajanlarının sınıflandırılması (Kandaswamy & Venkateshbabu, 2010):

I. Kimyasal irrigasyon ajanları:

- a. Doku çözücü ajanlar: Sodyum hipoklorit (NaOCl)
- b. Antibakteriyel ajanlar:
 - i. Bakterisidal: Klorheksidin (CHX)
 - ii. Bakteriyostatik: MTAD
- c. Şelatif ajanlar:
 - i. Düşük pH: Etidronik asit (HEPB)
 - ii. Yüksek pH: Etilendiamintetraasetik asit (EDTA)

II. Doğal ajanlar:

- a. Antibakteriyel ajanlar: Yeşil çay, Triphala

2.4.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Dakin'in orijinal %0,5'lik sodyum hipoklorit solüsyonu açık yaraların tamponlanması amacı ile sağlık alanında kullanılmaya başlanmıştır. Ancak kök kanalı sisteminde bu konsantrasyonun etkisinin yetersiz olacağı öngörülmüştür (Zehnder, 2006).

Sodyum hipoklorit (NaOCl) kök kanalı tedavisinde kullanılan en önemli irrigasyon ajanıdır (Haapasalo ve ark., 2014). Sodyum hipoklorit 1920'li yıllardan bu yana, farklı konsantrasyonlarda (%0,5-5,2) mekanik preparasyonu destekleyici bir irrigasyon ajanı olarak endodontik tedavilerde kullanılmaktadır (Becking, 1991).

NaOCl kök kanalı sisteminde hem nekrotik hem de vital dokulara etki ederek kemomekanik kalıntıları uzaklaştırmada oldukça etkili olması nedeniyle endodontik tedavilerde en sık tercih edilen irrigasyon ajanıdır (Yesilsoy ve ark., 1995).

Yapılan araştırmalar sonucunda sodyum hipoklorit solüsyonunun geniş spektrumlu antibiyotik etki gösterdiği belirtilmiştir. Sodyum hipoklorit vejetatif veya spor-fom bakterileri, mantarları, protozoaları ve virüsleri (HIV, rotavirüs, Hepatit A ve B dahil olmak üzere) hızlıca elimine edebilme özelliğine sahiptir (Siqueira Jr ve ark., 2000).

Sodyum hipokloritin antibakteriyel etkisi tartışmasız kabul edilmiş olsa da mikroorganizmaları yok etme mekanizması tam olarak anlaşılmış değildir. NaOCl suya eklendiğinde, hipokloroz asit (HOCl) açığa çıkmaktadır. Bu asit yüksek bir oksidizan

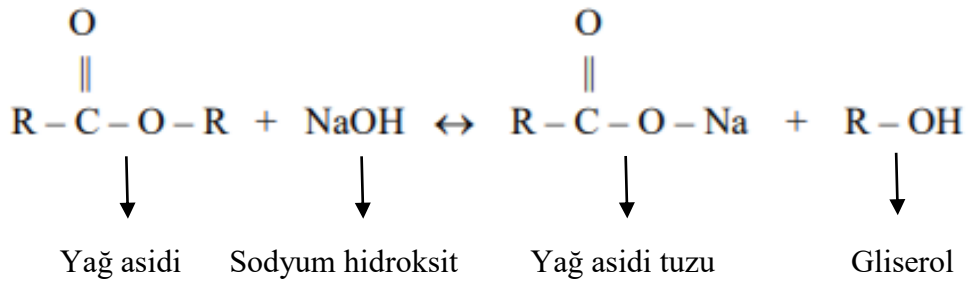
olan klorin ajanını içerir. Bazı çalışmaların sonuçlarına göre, klor temel enzimlerde geri dönüşümsüz oksidasyona sebep olmakta, dolayısıyla bakteri hücresinin metabolik fonksiyonlarını bozmaktadır. Klorun antibakteriyel etkisinin bu şekilde açığa çıktığı düşünülmektedir. pH azaldıkça NaOCl solüsyonunda bulunan ayrılmamış HOCl konsantrasyonu artmaktadır. Dolayısıyla asidik pH ile NaOCl solüsyonunun dezenfektan etkinliği yükselmektedir. Ancak solüsyonun stabilitesi için alkalın pH mutlaka gereklidir (Siqueira Jr ve ark., 1997).

Sodyum hipoklorit, su ile reaksiyona girdiğinde aşağıdaki gibi dinamik bir denge sergiler (Estrela ve ark., 2002):



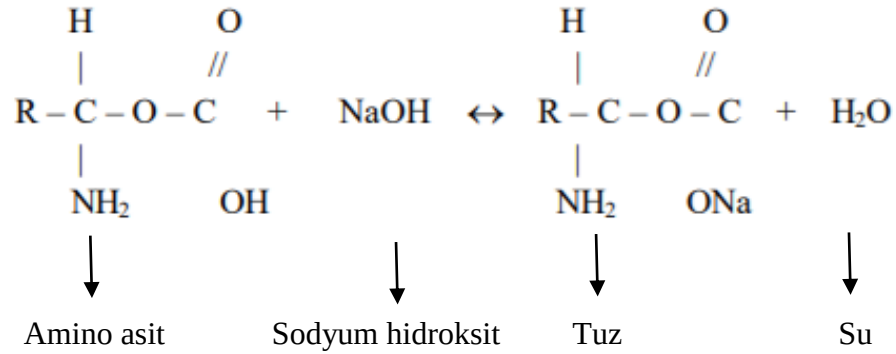
Sodyum hipoklorit, organik ve yağ çözücü etki göstererek yağ asitlerini, yağ asidi tuzlarına (sabun) ve gliserole (alkol) dönüştürür. Bunun sonucunda kalan çözeltinin yüzey gerilimi azalır (Estrela ve ark., 2002).

Sabunlaşma reaksiyonu:



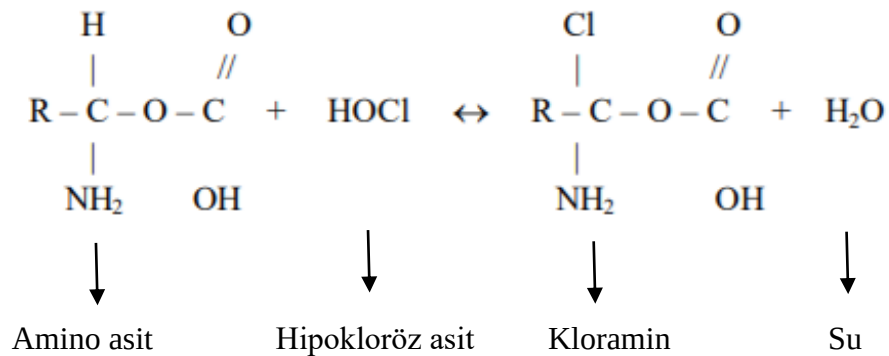
Sodyum hipoklorit, aminoasitleri nötralize ederek su ve tuz oluşturur. Bunun sonucunda açığa çıkan hidroksil iyonları ile pH'da azalma meydana gelir (Estrela ve ark., 2002).

Amnoasit nötralizasyonu reaksiyonu:



Sodyum hipoklorit solüsyonunda bulunan hipokloröz asit, organik doku ile temas ettiğinde bir çözücü görevi görerek klorin açığa çıkarır. Klorin, protein amino grubu ile karşılaştığında kloramin bileşikleri meydana getirir. Hipokloröz asit (HOCl^-) ve hipoklorit iyonları (OCl^-) aminoasitlerin yıkımına ve hidrolize sebep olur (Estrela ve ark., 2002).

Kloramin reaksiyonu:



NaOCl , endodontik tedavide her ne kadar etkili bir ajan olsa da kullanımına dikkat edilmelidir. NaOCl apikal bölgeden taşıdığı takdirde çok şiddetli doku reaksiyonları ve ağrılara sebep olabilmektedir (Yesilsoy ve ark., 1995). Heggars ve ark. yaptığı bir çalışmada 4 farklı zaman diliminde farklı konsantrasyonlarda (%0,25, %0,025 ve %0,0125) kullanılan NaOCl solüsyonunun antibakteriyel ve doku toksisitesi üzerindeki

etkilerini incelemiştir. Bu araştırmanın sonucunda %0,025'lik konsantrasyonda kullanılan NaOCl solüsyonunun bakterisidal etki gösterdiği ve dokuya toksik etki göstermediği; %0,25'lik konsantrasyonun ise dokuda toksik etki gösterdiği bulunmuştur (Heggars ve ark., 1991).

Fakültatif gram pozitif bir anaerob olan *Enterococcus faecalis* (E. faecalis), inatçı periapikal enfeksiyonlar veya endodontik tedavi görmüş dişlerin tekrarlayan enfeksiyonları ile ilişkilidir ve uygulanan tedavilere direnç gösterebilmektedir (Evans ve ark., 2002). Sodyum hipokloritin konsantrasyonu azaldıkça, antibakteriyel etkisi de azalmaktadır. Spangberg ve ark. bu konuda yaptıkları incelemelerin sonucunda; kullanılan irrigasyon ajanının en ideal konsantrasyonun minimum toksisite ile maksimum antimikrobiyal etkinin birleştiği konsantrasyon olduğunu savunmuştur. Ancak yapılan çalışmada bu kritere tam olarak uyan bir ajan bulunamamıştır. %5'lik NaOCl, kök kanalı sisteminde bulunan bakterileri elimine etmek için gerektiğinden fazla kuvvetli bulunmuşken, %0,5'lik konsantrasyon organik dokuyu çözmüş ancak *Staphylococcus aureus* bakterisini elimine etmekte yetersiz kalmıştır (Yesilsoy ve ark., 1995).

Sodyum hipoklorit; rahatsız edici tadı, toksisitesi ve smear tabakasını uzaklaştırmadaki yetersizliği sebebiyle eleştirilmektedir. Kök kanalı tedavisinde irrigasyon ajanı kullanılırken doku toksisitesi, antimikrobiyal etki ve kanal yüzeylerinde yarattığı etkilerin hepsi göz önüne alındığında farklı NaOCl konsantrasyonlarının tedavi sonucundaki etkileri araştırılmıştır. de Almeida Rodrigues ve ark. yaptıkları çalışmada farklı konsantrasyonlar içeren NaOCl solüsyonunun (%5,25 ve %2,5), EDTA (%17) ile kombinasyonu sonucu dentin geçirgenliğinin artışı incelemiş ve yüksek konsantrasyonlu NaOCl kullanımı ile dentin geçirgenliğinin daha çok arttığı görülmüştür (de Almeida Rodrigues ve ark., 2019).

Pashley ve ark., hafif ve yüksek konsantrasyon içeren NaOCl solüsyonlarının canlı dokulardaki biyolojik etkilerini incelemiş ve %0,5 ve %1'lik NaOCl solüsyonların, %5,25'lik konsantrasyondan daha düşük düzeyde sitotoksikite ve yıkıcı etki gösterdiğini belirtmiştir (Haapasalo ve ark., 2005).

Kök kanalı hazırlığı sırasında, endodontik aletlerin etkisiyle oluşan dentin talaşları, organik materyal ve irrigasyon solüsyonu kalıntılarına karışır ve kanal duvarlarına yapışan, smear tabakası adı verilen tabaka meydana gelir. Smear tabakası,

içeriğinde pulpa dokusu, kan hücreleri veya odontoblastik yapılar gibi organik ve inorganik elementler bulunduran bir tabakadır. Bu tabaka kök kanalı sisteminin durumuna göre içerisinde çeşitli mikroorganizmalar ve bunların ürünlerini bulundurabilir (Teixeira ve ark., 2005).

Bu tabaka iki bölge meydana getirebilir:

1. Organik madde ve dentin parçacıklarından oluşan 1-2 µm kalınlığındaki tabaka
 2. Dentin tübüllerinin 40 µm derinliğine kadar uzanabilen tabaka (smear tıkaçları)
- Büyük ölçüde dentin talaşı içermektedir (Teixeira ve ark., 2005).

Smear tabakası kanal duvarlarında veya dentin tübüllerinin içerisinde bulunabilir. Bu tabaka uzaklaştırılmadığı takdirde enfeksiyon için potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca kök kanalı dolgu materyalinin kanal duvarlarına adaptasyonunu olumsuz etkileyecektir. Smear tabakasının uzaklaştırılması daha başarılı bir kök kanalı dolgusu için yer hazırlar. Hiçbir şekillendirme tekniği smear tabakasını kök kanalı sisteminden tamamen uzaklaştırmaya yetmez (Mohammadi ve ark., 2019).

Smear tabakası organik ve inorganik doku artıkları barındırmaktadır. Ancak sodyum hipokloritin inorganik doku çözücü etkisi bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu tabakayı uzaklaştırmada tek başına kullanımı yeterli değildir. Bu sebeple sodyum hipoklorit solüsyonu ile şelasyon ajanlarının kombine kullanımı önerilmektedir (Wu ve ark., 2020).

2.4.2. Klorheksidin (CHX)

Klorheksidin (CHX), floridi takiben koruyucu diş hekimliği alanında en yoğun araştırılan ajandır (Fardai & Turnbull, 1986). Klorheksidin glukonat günümüzde oldukça etkili bir oral antimikrobiyal ajan olarak kabul edilmektedir. Bu ajan periodontal tedavilerde, çürük önleyici ve oral enfeksiyonları tedavi edici ajan niteliğinde kullanılmaktadır. Klorheksidin geniş spektrumlu, uzun süreli etkinliği ve toksik düzeyinin kontrol altında tutulabilir seviyede olması endodontik tedavilerde de destekleyici bir irrigasyon ajanı olabileceğini düşündürmektedir (Jeansonne & White, 1994).

Klorheksidin, gram-pozitif ve gram-negatif mikroorganizmalar, mayalar, mantarlar, fakültatif anaerob ve aeroblar bakteriler karşısında etkinlik gösterir. Klorheksidin hücre duvarlarına adsorbsiyonu hücre içi bileşenlerin sızıntısı ile

sonuçlanır. Düşük konsantrasyonlarda, küçük molekül ağırlıklı maddeler (potasyum, fosfor vb.) dışarı sızarak bakteriyostatik etki sağlarken, yüksek konsantrasyonlarda sitoplazma çökmesi ve pıhtılaşma reaksiyonları sonucunda bakterisidal etki gösterir (Fardai & Turnbull, 1986).

Klorheksidin'in insan hücreleri üzerinde sitotoksik etkisi vardır. Ancak periapikal dokudan taşıdığı takdirde sodyum hipoklorit ile kıyaslandığında daha az ağrıya sebep olduğu bilinmektedir. CHX, mikroorganizmaların hücre duvarına veya dış zarına tutunarak eliminasyon sağlar. Ancak sodyum hipoklorit ile kıyaslandığında planktonik bakterileri çok daha yavaş öldürdüğü görülmüştür. Klorheksidin'in organik veya inorganik doku yıkıcı etkisi bulunmamaktadır. Bu sebepler nedeniyle CHX, tek başına kök kanalı tedavisinde irrigasyon ajanı olarak kullanılmamalıdır (Haapasalo ve ark., 2014).

Enterococcus faecalis kök kanalı tedavisindeki başarısızlık sebepleri arasında önemli bir etiyolojik faktör olarak görülmektedir. Lima ve ark. yaptıkları çalışmada klorheksidin glukonatın *E. faecalis* üzerindeki etkisini incelemiştir. Araştırma sonucunda %2'lik CHX solüsyonunun geleneksel kök kanalı tedavisine direnç göstermiş dişlerde görülen endodontik enfeksiyonun eliminasyonunda önemli bir rol oynayabileceğini görülmektedir (Lima ve ark., 2001).

Klorheksidin birçok bakterinin yok edilmesini sağlasa da biyofilm veya diğer organik artıkları uzaklaştıramamaktadır. Geride kalan bu artık doku, kök kanalı dolgusunun tıkaçıcı kapasitesini azaltma ve tedavinin başarısını kötü etkileme potansiyeline sahiptir. Bunu önlemek için sodyum hipokloritin kök kanalı tedavisinde rutin kullanımı şarttır. %2'lik CHX solüsyonunun son yıkama ajanı olarak kullanıldığında, bakteri popülasyonunu önemli derecede düşürdüğü gözlenmiştir (Zehnder ve ark., 2005). Bunun yanında, NaOCl kullanımının ardından, EDTA kullanımını takiben son irrigasyon ajanı olarak CHX kullanımının, son irrigasyon ajanı olarak NaOCl kullanımı ile kıyaslandığında daha az dentin erozyonuna sebep olduğu görülmüştür. Bu bilgilerin ışığı altında %2'lik CHX solüsyonunun smear tabakası da uzaklaştırıldıktan sonra son irrigasyon ajanı olarak kullanımı önerilebilir (Haapasalo ve ark., 2014). Sodyum hipoklorit solüsyonu kanal içerisinde mevcutken CHX kullanımı, kahverengi-kırmızı renkte bir çökelti meydana getirebilmektedir (Basrani ve ark., 2007; Zehnder ve ark., 2005).

2.4.3. Distile Su ve Serum Fizyolojik

Distile su veya serum fizyolojik, kök kanalı tedavisi sırasında istenmeyen reaksiyonları önlemek amacıyla iki farklı irrigasyon ajanı arasında kullanılabilir (ör; NaOCl ve CHX). Ancak bu solüsyonlar antimikrobiyal veya doku çözücü etkilere sahip olmamaları nedeniyle temel irrigasyon ajanı olarak tercih edilmemektedir. Aksi takdirde tedavi bitiminde kök kanalı boşluğu içerisinde oldukça fazla doku ve bakteri artığı kalacaktır (Haapasalo ve ark., 2014).

Byström ve ark., yaptıkları incelemede sodyum hipoklorit ve serum fizyolojik solüsyonlarının endodontik tedavideki antimikrobiyal etkilerini kıyaslamıştır. Araştırma sonucunda antiseptik özelliği olmayan bir ajanın kullanımı sonucunda da bakteri popülasyonunda bir miktar azalma olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin kök kanalının preparasyonu sayesinde olduğu tahmin edilmektedir. Ancak sodyum hipokloritin tedaviden bağımsız bir antimikrobiyal etkisi olduğu ve %0,5'lik NaOCl solüsyonunun serum fizyolojiktan daha güçlü bir antimikrobiyal etki sağladığı belirtilmiştir (Byström & Sundqvist, 1983).

2.5. Şelasyon ajanlarının kök kanalı tedavisindeki önemi

Kök kanalı preparasyonunda, herhangi bir kalıntı buludurmeyen temiz bir yüzey elde etmek tedavinin temel amaçlarından biridir (Cergneux ve ark., 1987). Kök kanalı şekillendirilmesi sırasında irrigasyon ajanı kullanılmadığı durumda, kanal içerisinde çok daha fazla miktarda doku artığı kaldığı görülmüştür (Dai ve ark., 2011).

McComb & Smith (1975) elektron mikroskobu ile yaptıkları çalışmada, şekillendirilmiş kök kanalı duvarları yüzeyinde 'smear tabakası' adı verilen dağınık bir katman olduğunu kanıtlamıştır. Bu tabaka kanal içerisinde kullanılan çeşitli aletlerin hareketleri ve irrigasyon solüsyonlarının doku çözücü etkisi sebebiyle meydana gelmektedir (Cergneux ve ark., 1987). Smear tabakası genellikle 'kök kanalı duvarlarına yapışmış ve kısmen veya tamamen dentin tübüllerini kapatabilen yer değiştirmiş inorganik dentin dokusu içerisine hapsolmuş organik madde' olarak tanımlanmaktadır (Kamble ve ark., 2017).

Smear tabakasının kök kanalı sisteminden uzaklaştırılması gerektiğine dair tartışmalar hala sürmektedir. Smear tabakası kaldırıldığı takdirde dentin geçirgenliği artmaktadır. Parshley ve ark. bu durumun ileride bakteriyel invazyona sebep olabileceğini vurgulamış; smear tabakasının varlığının dentin geçirgenliğini azaltarak dentin

tübüllerine bakteriyel geçişi engelleyebileceğini, bu sebeple bu tabakanın diş dokularından uzaklaştırılmamasının da düşünülmesi gerektiğini savunmuştur. Bu fikre sahip farklı çalışmalar da bulunmaktadır (Kamble ve ark., 2017; Pashley ve ark., 1981). Ancak Williams ve Goldmann smear tabakasının tamamlanmış bir katmandan oluşmadığını ve bakteri geçişini sadece bir miktar erteleyebileceğini ancak geçişin tam olarak engelini sağlayamayacağını belirtmiştir (Shahravan ve ark., 2007).

Smear tabakası irrigasyon ajanlarının ve kanal içi medikamentlerin enfekte olmuş dentin tübüllerine geçişini kısıtlamakta ve antimikrobiyal etkinliği azaltarak dezenfeksiyonu engellemektedir. Bakteri ile kontamine olmuş bir smear tabakası enfeksiyon kaynağıdır ve bu enfekte tabaka ileride bakterilerin çoğalması için potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır (Dai ve ark., 2011).

Bunların yanı sıra temiz bir yüzey sağlandığı takdirde kullanılacak materyallerin de dokuya uyumu daha iyi olacaktır (Bra & Johnson, 1974). Smear tabakasının ortadan kaldırılması ile kök kanalı dolgu materyalinin kanal duvarlarına adaptasyonu daha iyi sağlanmakta ve apikal ve kural tıkama daha etkili bir şekilde sağlanabilmektedir (Barbosaa ve ark., 2020; Shahravan ve ark., 2007). Bu sebeple başarılı bir kök kanalı tedavisi için bu tabakanın ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Kök kanalının irrigasyonu sırasında kullanılan solüsyonlar; pulpa dokusu artıklarını, nekrotik dokuyu ve bakteri kalıntılarını şekillendirilmiş kanaldan uzaklaştırabilmelidir (Goldman ve ark., 1982). Tüm bunları sağlayabilen tek bir irrigasyon ajanı günümüzde bulunmamaktadır (Baumgartner & Mader, 1987). NaOCl etkili bir organik doku çözücü ajandır ancak smear tabakasında inorganik doku yoğunluğu oldukça fazladır (Cergneux ve ark., 1987). Bu sebeple kök kanalı sisteminin etkili temizliğini sağlamak için destekleyici ajanlara ihtiyaç duyulur. Bu noktada şelasyon ajanlarından yararlanılır.

Şelatörler, dentinde bulunan hidroksiapatit kristalleri içerisindeki kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek dentin içerisindeki kalsiyumu uzaklaştırır (Calt & Serper, 2002). Bu ajanlar irrigasyonda tek başına kullanılmamakta, NaOCl ile kombine kullanımda etkili sonuçlar vermektedir (Goldman ve ark., 1982; Morago ve ark., 2019).

Kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2) materyalini; 1920 yılında Hermann endodontik tedavide antibakteriyel bir pansuman seçeneği olarak sunmuştur. Ca(OH)_2 , başlangıçta pulpal tedavilerde kullanılırken sonrasında enfekte diş tedavilerinde de başarılı sonuçlar

vermiştir (Byström ve ark., 1985). Kalsiyum hidroksit doku oluşumunu indükleyici etkileri, enfeksiyonlar üzerinde antibakteriyal etkisi ve bunun gibi birçok destekleyici özelliği sebebiyle diş hekimliğinde ve endodonti alanında oldukça sık kullanılan bir materyaldir (Heithersay, 1975).

Ca(OH)_2 yaklaşık 12,5 değerinde pH'a sahip olan güçlü bir alkali maddedir. Sulu çözeltisinde kalsiyum hidroksit, kalsiyum (Ca^{+2}) ve hidroksil (OH^-) iyonlarına ayrışır. Kök kanalı tedavisi açısından değerlendirildiğinde Souza ve ark. kalsiyum hidroksitin apikal bölgede 4 etkisi olabileceğini vurgulamıştır: Anti-inflamatuar aktivite, asit ürünlerinin nötralizasyonu, alkalın fosfataz aktivasyonu ve antibakteriyel etki (Johns ve ark., 2014).

Avantajlarına rağmen, yapılan araştırmalar Ca(OH)_2 materyalinin kök kanalından tam olarak uzaklaştırılmasının oldukça zorlayıcı olabildiğini söylemektedir. Başarılı bir kök kanalı dolgusunun sağlanabilmesi için kök kanallarının doku artıklarından olduğu gibi kanal içi ilaçlardan da arındırılması gerekir (Wiseman ve ark., 2011).

Kök kanalı içerisinde Ca(OH)_2 kalıntıları, smear tabakası ve pulpa artıklarından etkilenmektedir. Kanalin anatomisi, irrigasyon ajanının çeşidi, bu ajanın dentine geçirgenliğinin derinliği gibi durumlar da kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılmasını etkilemektedir. Çeşitli aktivasyon tekniklerinin Ca(OH)_2 'in kök kanalı ve isthmuslardan uzaklaştırılmasında etkili olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Bramante ve ark., 2012; Wiseman ve ark., 2011).

Kalsiyum hidroksit, yapısında inorganik materyal bulundurması sebebiyle sodyum hipoklorit solüsyonu ile kök kanalından tamamen uzaklaştırılamamaktadır. Bu aşamada, artık dentin dokusunun ve smear tabakasının inorganik bölümünde olduğu gibi kalsiyum hidroksitin de uzaklaştırılması için farklı ajanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Şelasyon ajanları, kök kanalından uzaklaştırılmak istenen inorganik dokuya etki ederek bu noktada destek sağlamaktadır (Y. Wang ve ark., 2017).

Tercih edilen şelasyon ajanının smear tabakasını uzaklaştırmasının ardından kök kanalını son bir kez irrigasyon ajanı ile dezenfekte etmenin yararlı olduğu düşünülmektedir (Yamada ve ark., 1983; Zehnder, 2006). Son yıkama ajanı olarak kullanılacak bu solüsyonun seçimi tedavinin tek seans mı yoksa çok seans mı süreceğine dikkat edilerek yapılmalıdır. Yapılan bir araştırmada, çok seanslı bir kök kanalı tedavisinde eğer kanal içerisine ara seansta kalsiyum hidroksit ajanı uygulandıysa,

kalsiyum hidroksit materyalinin etkisini desteklemek amaçlı son yıkama ajanı olarak şelasyon ajanını takiben sodyum hipoklorit kullanımı önerilmektedir (Zehnder ve ark., 2003).

Kök kanalı irrigasyonunda kullanılan şelasyon ajanları, sodyum hipoklorit ile güçlü reaksiyonlara girmektedir. Bu ajanlar NaOCl içerisindeki klorinin etkisini hızlı bir şekilde düşürerek NaOCl'nin antimikrobiyal etkisini yitirmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple şelasyon ajanlarının NaOCl solüsyonu ile asla karıştırılmaması gerekmektedir. Bu ajanlar NaOCl ile irrigasyon sonrası son yıkama ajanı olarak tercih edilmelidir (Zehnder, 2006; Zehnder ve ark., 2005).

Kök kanalı tedavisinde her bir kanal ortalama 5-10 ml miktarında şelasyon ajanlarıyla yaklaşık 1 dakika boyunca yıkanır. Dentin sertliğinin dentinin mineral içeriğine bağlı olmasından dolayı, kanal yüzeylerinin şelasyon ajanlarına maruz kaldığı süre uzadıkça, kök dentininin zayıflayacağı unutulmamalıdır (Angker ve ark., 2005; Calt & Serper, 2002; Zehnder, 2006).

Kök kanalı dolgu materyali ile kanal duvarı arasındaki boşluğun ortadan kaldırılması, kanal dolgusu sırasında dolgu malzemesinin yer değiştirmesini önlemeye yardımcı olur. Şelasyon ajanlarının, epoksi reçine bazlı patların kullanımının kök kanallarında yerinden çıkma direncine etkisinin incelendiği sistemik bir derlemede, kontrol gruplarına kıyasla bu ajanların kanal patlarının direncini arttırdığı, dolayısıyla tedavinin daha stabil bir kanal dolgusu ile sonuçlandığı görülmüştür (Augusto ve ark., 2021).

2.5.1. Kök kanalı irrigasyonunda sıklıkla kullanılan şelasyon ajanları

2.5.1.1. Etilendiamintetraasetik Asit (EDTA)

Etilendiamintetraasetik asit (EDTA), kök kanallarının şekillendirilmesinin ardından geride kalan inorganik doku artıklarını ve smear tabakasını kaldırmak amaçlı kullanılan bir şelatör ajandır (Tomson & Simon, 2016). Tek başına EDTA, organik doku çözücü özellik barındırmamasından ötürü tüm doku artıklarını uzaklaştırmada yetersiz kalmaktadır. Tek başına smear tabakasını uzaklaştırmak amaçlı kullanıldığında, bu tabakadaki inorganik dokuyu kaldırmış, ancak geriye kalan organik dokuyu etkileyememesi üzerine kanal yüzeyinde fibröz doku artıkları bıraktığı izlenmiştir (Baumgartner & Mader, 1987).

EDTA, nötr veya hafif alkali bir solüsyondur. Asidik pH ortamında EDTA çökelir. Bazı çalışmalar %5, hatta %1'lik konsantrasyonlarda EDTA solüsyonunun smear tabakasının uzaklaştırılmasında yeterli olduğunu savunsun da bu şelasyon ajanı kök kanalı tedavilerinde genel olarak %17 veya %15'lik konsantrasyonlarda kullanılır. Smear tabakasını uzaklaştırmak için önerilen şelasyon ajanı kullanım süresi ortalama 2 dakikadır. Ancak bu tabaka kalınlaştıkça daha uzun süre şelasyon uygulamak gerekmektedir (Haapasalo ve ark., 2014).

Kök kanalı duvarlarına temas edebildiği takdirde EDTA'nın 1 dakikadan kısa bir sürede smear tabakasını uzaklaştırabildiği görülmüştür. Bunun yanı sıra en iyi sonucu alabilmek adına EDTA'nın en az 15 dakika kök kanalı içerisinde tutulması gerektiğini söyleyen çalışmalar da bulunmaktadır (Calt & Serper, 2002).

EDTA'nın antimikrobiyal etkisi yok denecek kadar azdır (Haapasalo ve ark., 2014; Tomson & Simon, 2016). Buna rağmen bazı çalışmalar EDTA'nın antifungal etkisi olduğunu savunmaktadır (Ates ve ark., 2005; Sen ve ark., 2000). EDTA, bakteri hücrelerini öldürmeden hücre zarını zayıflatır. Bu etkisiyle diğer kimyasal ajanlarla sinerjik etki gösterebilir (Haapasalo ve ark., 2014).

Smear tabakasının varlığı antibakteriyel ajanların dentin tübüllerine nüfuz etmesini engellemektedir. Buna karşılık, 1 dakikalık EDTA (%17) ile şelasyonun, NaOCl'nin antimikrobiyal etkinliğini geliştirmediği gösterilmiştir. Bunun sebebi; NaOCl'nin smear tabakasını tam olarak uzaklaştıramaması, smear tabakası kaldırıldıktan sonra ajanların dentin tübüllerine girememesi veya E. faecalis'in eliminasyonundaki yetersizlikten kaynaklanıyor olabilir (Shabahang & Torabinejad, 2003).

EDTA'nın kök kanalı tedavisinin bitimine doğru NaOCl ile irrigasyon sonrasında uygulanması önerilir. EDTA, NaOCl'nin antimikrobiyal etkisini azaltmaktadır. Bu sebeple bu iki ajanın dönüşümlü olarak kullanımından kaçınılmalıdır. Kök kanalının mekanik preparasyonu sonrası geride kalan NaOCl'nin uzaklaştırılması için serum fizyolojik ile durulama ve sonrasında EDTA ile smear tabakasının uzaklaştırılması önerilmektedir (Tomson & Simon, 2016).

Kök kanalı enstrümantasyonunda ortaya çıkan smear tabakasının kaldırılması, kök kanalı dolgu materyallerinin kanal duvarlarına daha iyi uyum sağlamasına yardımcı olarak kök kanallarının sızıntıya sebep olmayacak bir şekilde kapatılmasını sağlamaktadır (Unnikrishnan ve ark., 2019). Kök kanallarının EDTA ile irrigasyonunun lateral ve

aksesuar kanalların doldurulma olasılığını arttırdığı görülmüştür (Goldberg ve ark., 1986).

Meryon ve ark. yaptıkları incelemede EDTA (%10) solüsyonunun kök kanalı içerisine 1 dakika süreyle uygulanması sonucu smear tabakasının tamamen kalktığını ve dentin tübül ağzlarının genişlediğini belirtmiştir (Calt & Serper, 2002). Cergneux ve ark. da EDTA (%15) solüsyonu ile yaptıkları çalışmada solüsyonun 4 dakika boyunca kök kanalına uygulanması sonucu smear tabakasının ortamdan tamamen uzaklaştığını belirtmiştir (Cergneux ve ark., 1987).

EDTA, kök kanalı tedavisinde sodyum hipoklorit ile irrigasyonun sonunda son yıkama ajanı olarak kullanılmaktadır (Haapasalo ve ark., 2014). EDTA'nın; sodyum hipoklorit ile kombine kullanımı ile, NaOCl'nin organik ve EDTA'nın inorganik doku çözücü etkisi sayesinde, kök kanalındaki pulpa artıkları v.b hem inorganik hem de organik dokudan oluşan smear tabakasının tamamının kök kanalı sisteminden uzaklaştırıldığı, temiz dentin duvarları ile birlikte açık dentin tübüllerinin bırakıldığı görülmüştür (Baumgartner & Mader, 1987; Goldman ve ark., 1982; Haapasalo ve ark., 2012).

Yapılan bir araştırma, kök kanalı şekillendirmesi bitiminde EDTA (%15) ile irrigasyonun ardından NaOCl (%6) ile son irrigasyon uygulamasının, dentin erozyonunu hızlandırdığını, bunun yanında kök kanalı duvarındaki artıkların uzaklaştırılmasını desteklediğini göstermektedir (Niu ve ark., 2002).

Goldman ve ark. kök kanalının mekanik preparasyonu sonrasında kullanılan EDTA ve NaOCl'nin farklı konantrasyonları ile yaptıkları incelemede, en etkili sonucu alabilmek adına; preparasyon sırasında irrigasyon ajanı olarak %5,25'lik konantrasyonda NaOCl kullanımını ve preparasyon bitiminde %17'lik konantrasyonda EDTA ile şelasyon işlemini ve bunu takiben son yıkama ajanı olarak 10 ml %5,25'lik konantrasyonda NaOCl kullanımını önermişlerdir (Yamada ve ark., 1983).

2.5.1.2. EDTAC

Von der Fehr ve Nygaard-Ostby, EDTA'ya setrimid ekleyerek EDTAC'a dönüştürmeyi önermiştir. Setrimid, yüzey gerilimini ve sıvı viskozitesini azaltır (Goldberg & Abramovich, 1977). Böylece şelatörün, kanal derinliklerine daha kolay ulaşması sağlanır.

EDTAC'ın uygulamadan 5 dakika sonra bir miktar etkiye sahip olduğu ve maksimum etkinliğini şekillendirilmiş kök kanalı içerisinde 15 dakika boyunca dentin ile temas ettikten sonra gösterdiği belirtilmiştir (Abbott ve ark., 1991; Goldberg & Spielberg, 1982)

Son yıllarda yapılan başka bir araştırmada ise, EDTAC (%17) solüsyonunun en iyi etkilerinin 1 dakikalık uygulaması sonucunda görüldüğü belirtilmiştir. Smear tabakası etkili bir şekilde ortadan kaldırılmış ve minimum derecede erozyon meydana gelmiştir. Ancak EDTAC 10 dakika uygulandığı takdirde peritübüler ve intertübüler dentinde aşırı derecede erozyona sebep olmuştur. Bu etki, dentin mikrosertliğinin oldukça azalmasına sebep olmaktadır (Darda ve ark., 2014).

EDTAC, dentin talaşlarından oluşan yüzeyel tabakayı ve kök kanalı şekillendirilmesi sırasında ortaya çıkan yumuşak artıkları uzaklaştırarak dentin duvarının temizlenmesine ve dezenfeksiyonuna yardımcı olur. EDTAC, dentin tübüllerinin çapını genişleterek uygulanan ajanların etkinliğini artırır. İrrigasyon ajanlarının dentin dokusuna etkisi arttıkça dentin geçirgenliği de artar. Tüm bu etkileri sayesinde kök kanalı dolgu materyallerinin kanal duvarlarına daha iyi uyumlanmasını sağlar (Goldberg & Abramovich, 1977).

2.5.1.3. Etidronik Asit (HEPB)

Bisfosfonatlar, osteoporoz veya osteolitik kemik yıkımını içeren neoplastik hastalıklardan muzdarip hastalarda sistemik olarak uygulanan oldukça biyoyumlu şelatörlerdir (Girard ve ark., 2005). Etidronik asit (1-hidroksietiliden-1,1-bisfosfonat) (HEPB) kemik hastalıklarının sistemik tedavisinde kullanılan toksik olmayan bir materyaldir. HEPB kişisel bakım ve ev ürünlerinin içerisinde de bulunmaktadır (Yadav ve ark., 2015). HEPB, EDTA veya sitrik asit gibi diğer şelatörlerden farklı olarak kombine kullanıldığında, sodyum hipokloritin özelliklerini bozmaz (Karale ve ark., 2016; Zehnder ve ark., 2005). Buna ek olarak HEPB, kök dentininin mineral içeriği üzerinde de oldukça az etki göstermektedir. HEPB'nin yeterli kalsiyum şelatlama kapasitesi ve oldukça biyoyumlu bir şelatör olması sebebiyle son zamanlarda EDTA'ya alternatif bir şelasyon ajanı olarak gösterilmektedir (Karale ve ark., 2016).

Yapılan bir araştırmada kanal temizliği etkinliğinin incelemesinde HEPB (%7) solüsyonunun, sitrik asit (%10) solüsyonundan daha az etkili olduğu görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan ajanın konantrasyonunun önemi vurgulanmıştır: %20'lik

konsantrasyonda kullanılan HEPB solüsyonunun kalsiyumu uzaklaştırmadaki etkinliği %17'lik EDTA ve %10'luk sitrik asit ile aynı düzeydedir. Bu noktada 1 dakikalık bir uygulama süresinin oldukça kısa olduğu vurgulanmıştır. Ancak bu süre uzadığında şelasyon ajanlarının dentin dokusu üzerinde istenmeyen etkilere sebep olabileceği bilinmektedir. Bu sebeple HEPB (%7-10) bu açıdan daha güvenilir kullanım sağlamaktadır. Sodyum hipoklorit solüsyonu ile karıştırılsa bile, sodyum hipokloritin etkisini değiştirmemesi sebebiyle de tedavi boyunca rahatlıkla kullanılabilir (Zehnder ve ark., 2005).

MTAD ile kıyaslandığında %18'lik ve %9'luk konsantrasyonlarda kullanılan HEPB solüsyonu, smear tabakasını uzaklaştırmada daha az etkili sonuç vermiştir. Ayrıca HEPB'nin etkinliğinin, kullanılan konsantrasyonu ile doğru orantılı olduğu görülmüştür (Yadav ve ark., 2017).

Son zamanlarda yapılan bir başka araştırmada EDTA (%17), CHX (%2) ve HEPB (%18)'nin C. Albicans üzerindeki antimikrobiyal etkisi araştırılmış ve HEPB'nin dentin dokusuna daha az etki ederek antimikrobiyal etki gösterdiği görülmüştür (Karale ve ark., 2016).

EDTA (%17), MTAD ve HEPB (%18)'nin son yıkama ajanı olarak kullanıldığı bir çalışmada en yüksek dentin mikrosertliği ile sonuçlanan deney grubunun HEPB olduğu tespit edilmiştir (Dineshkumar ve ark., 2012).

HEPB üzerinde yapılan incelemelerin sonunda, EDTA ile kıyaslandığında şelasyon özelliğinin daha kısıtlı olması sebebiyle son yıkama ajanından ziyade irrigasyon ajanı olarak kullanılması önerilmektedir. Sodyum hipoklorit ile karıştırılarak kullanıldığında sodyum hipokloritin doku çözücü etkisini arttıracak, dentin ile kanal dolgu materyali arasında daha iyi bağlanma sağlanacağı düşünülmektedir (Basrani & Haapasalo, 2012).

2.5.1.4. QMix

Rutin kök kanalı tedavisi irrigasyon protokolünde önerilen sodyum hipoklorit ve EDTA kombinasyonuna alternatif olarak, QMix solüsyonu üretilmiştir. QMix irrigasyon ajanı; 2si bir arada şeklinde üretilen bir karışımdır. İçeriğinde; bir bisbiguanid antimikrobiyal madde (%2 klorheksidin), bir poliaminokarboksilik asit kalsiyum şelatlama maddesi (%17 EDTA), bir yüzey aktif madde (N-setilN,N,N trimetilamonyum

bromür) ve deiyonize su bulundurur (Chia ve ark., 2020; Jose ve ark., 2016). Bu ajan; klorheksidinin devamlı olan etkinliği ve antimikrobiyal özelliği ile EDTA'nın smear tabakasını kaldırma kapasitesini birleştirmek amacıyla tasarlanmıştır (Baldasso ve ark., 2017).

Enterococcus faecalis üzerindeki antibakteriyel etkinliğin incelendiği bir araştırmada, QMix solüsyonunun klorheksidinden daha etkin olduğu görülmüştür. Ayrıca yapılan bu araştırmada QMix solüsyonunun farklı pH'larda bile (Dai ve ark., 2011) smear tabakasını uzaklaştırma konusunda EDTA'ya benzer etkinlik gösterdiği görülmüştür (Chia ve ark., 2020; Stojicic ve ark., 2012).

Sistematik bir incelemede, QMix'in smear tabakasını uzaklaştırma konusunda, MTAD, NaOCl veya fitik asit solüsyonlarından daha etkili olduğu anlaşılmıştır. Ancak Qmix; maleik asit (%7) ve sitrik asit (%10) kadar etkili olamamıştır (Chia ve ark., 2020).

Son irrigasyon ajanı olarak QMix, 3 farklı solüsyonla karşılaştırılmıştır: Perasetik asit (%1), EDTA (%17), sitrik asit (%10). Bu çalışmada sodyum hipoklorit (%2,5) ile irrigasyon sonrası son yıkama ajanı olarak bu ajanlar kullanılmış ve ardından bir kez daha NaOCl (%2,5) ile durulama yapılmıştır. QMix ve perasetik asitin dentinin organik ve inorganik dokularını koruma konusunda sitrik asit ve EDTA'dan daha etkili olduğu görülmüştür (Baldasso ve ark., 2017).

2.5.1.5. BioPure MTAD

2003 senesinde Torabinejad ve Johnson, Biopure MTAD (Dentsply, Tulsa, OK) tanıtımını yapmıştır. Bu solüsyon; geniş spektrumlu bir antibiyotik olan doksisisiklinin sulu çözeltisi (%3), demineralize edici özelliği olan sitrik asit (%4,25) ve deterjan olarak polisorbat (%0,5) karışımından oluşmaktadır. MTAD, EDTA'ya alternatif amaçlı olarak üretilmiştir (Singla ve ark., 2011; Torabinejad, Shabahang, ve ark., 2003).

BioPure MTAD ve EDTA arasındaki en önemli fark, BioPure MTAD'de bulunan doksisisiklinin dentine yüksek bağlanma afinitesidir. Bu özellik genişletilmiş bir antibakteriyel etkiye izin verir (De-Deus ve ark., 2007). Doksisisiklinin bu güçlü etkinliği; düşük pH, anti-kollajenaz aktivite, dentine bağlanma ve zamanla kademeli olarak salınma kabiliyetine bağlı olabilir. MTAD; NaOCl veya EDTA'dan farklı olarak 2-5 dakikalık uygulamaların sonunda *E. faecalis* popülasyonunu elimine etmiştir. Solüsyon seyreltilse bile antibakteriyel etkinliğin devam ettiği görülmektedir (Torabinejad, Shabahang, ve

ark., 2003). Yapılan başka bir çalışmada istenilen seviyede antibakteriyel etki için 5 dakikalık uygulama önerilmektedir (Shabahang & Torabinejad, 2003).

MTAD özellikle apikal üçte birlik bölgeden smear tabakasını uzaklaştırma konusunda NaOCl ve EDTA'dan daha başarılı sonuçlar vermiştir (Ali Mozayeni ve ark., 2009; Singla ve ark., 2011). Bununla birlikte başka bir çalışmada 1 dakika boyunca 1 ml BioPure MTAD, EDTA (%17), sitrik asit (%42) veya NaOCl (%5,25) uygulamasının ardından 3 ml NaOCl (%5,25) ile irrigasyonun, smear tabakasının tamamen uzaklaştırılmasında yetersiz olduğu görülmüştür (Mancini ve ark., 2009).

De-Deus ve ark. yaptıkları çalışmada MTAD ve sitrik asit (%5) solüsyonlarının EDTA'ya (%17) kıyasla inorganik materyali önemli ölçüde daha hızlı çözdüğünü bildirmiştir (Singla ve ark., 2011). Bu bulgu smear tabakasını uzaklaştırma açısından değerlendirildiğinde, MTAD'ın klinik olarak başarı sağlayacağını göstermektedir.

MTAD kök kanalı irrigasyon maddesi olarak kullanıldığında smear tabakasının büyük bir bölümünü ortadan kaldırsa bile, kök kanalı duvar yüzeylerinde organik bileşenlerin bazı kalıntılarının dağılmış halde kaldığı görülmektedir. Son irrigasyon ajanı olarak MTAD uygulanmadan önce kanal içi irrigasyon maddesi olarak düşük konsantrasyonlarda NaOCl kullanıldığında MTAD'nin smear tabakasını tamamen kaldırma etkinliği artmaktadır (Torabinejad, Cho, ve ark., 2003). EDTA'nın aksine NaOCl ile MTAD'nin kombine kullanımının intraradiküler dentin dokusunda minimal erozyonla sonuçlandığı, MTAD'ın dentin yapısına veya tübüllere önemli ölçüde bir etkisinin bulunmadığı bildirilmiştir (Mancini ve ark., 2009; Torabinejad, Khademi, ve ark., 2003).

2.5.2. Kök kanalı irrigasyonunda şelatif amaçla kullanılan organik asitler

2.5.2.1. Sitrik Asit (CA)

Sitrik asit kök kanalı tedavisi irrigasyonunda uzun süredir yer alan bir ajandır. Sitrik asit son yıkama ajanı olarak, sodyum hipoklorit sonrası smear tabakasını uzaklaştırmak adına EDTA'ya alternatif olarak tercih edilebilmektedir. Endodontik tedavilerde %1-10'luk konsantrasyonu kullanılabilir. Sitrik asit, EDTA'dan daha agresif bir ajandır. Şelatör ajan olarak kullanım sonrası NaOCl irrigasyonu önerilmemektedir. Bunun sebebi EDTA ve NaOCl kombinasyonuna kıyasla bu kombinasyonun kök kanalı

duvarlarında çok daha fazla erozyon ile sonuçlanmasıdır. Sitrik asit, MTAD gibi diğer şelatör ajanların içeriğinde bir komponent olarak yer almaktadır (Singla ve ark., 2011).

%50'lik konsantrasyonda sitrik asit solüsyonunun kök kanalının şekillendirilmesi sırasında sodyum hipoklorit ile dönüşümlü olarak kullanıldığı bir çalışmada, nekrotik doku uzaklaştırılmış ve kök kanalının dolgu materyali ile tıkanmasını destekleyecek duruma gelmesi sağlanmıştır (Loel, 1975).

Wayman ve ark. %10, %25 ve %50'lik konsantrasyonlarda sitrik asit solüsyonlarını irrigasyonda kullandıkları çalışmada tüm grupların dokulardan kalsiyumu uzaklaştırdığını belirtmiştir (Wayman ve ark., 1979).

Sitrik asit de EDTA gibi sodyum hipoklorit solüsyonundaki mevcut kloru azaltıp, solüsyonu etkisiz hale getirmektedir (Zehnder ve ark., 2005). NaOCl, sitrik asit ile kombine kullanıldığında, şiddetli bir efervesan reaksiyon gözlenmiştir. Kök kanalı tedavisi sırasında NaOCI ve EDTA kombinasyonunun, NaOCl ve sitrik asit kombinasyonundan daha az klor gazı açığa çıkardığı, bu nedenle kemomekanik işlemler sırasında kök kanalı sisteminden hem organik hem de inorganik materyali uzaklaştırmak amacıyla NaOCI ve EDTA kombinasyonunun tercih edilmesi önerilmektedir (Baumgartner & Ibay, 1987).

2.5.2.2. Fitik Asit (IP6, inositol heksakisfosfat)

Fitik asit, doymuş bir siklik asittir; 6 adet fosfat parçasının bağlı olduğu miyoinositol halkasından oluşmaktadır (Ali ve ark., 2010). Bitki tohumları ve kepekteki fosforun ana depolanma formudur ve çoğu bitki formunun %1-3'ünü oluşturmaktadır (Graf, 1983; Nikhil ve ark., 2016; Raboy, 2003).

Fitik asit ökaryotik hücrelerde ortak bir bileşen olarak bulunur ve hücre sel temizlikte temel bir bileşen olarak rol oynamaktadır (Raboy, 2003). Fitik asitin kan şekerini kontrol ettiğine, böbrek taşı oluşumunu azaltabileceğine ve çeşitli kanser türlerine karşı koruma sağlayabileceğine inanılmaktadır (Ali ve ark., 2010). Szwergold ve ark., tümörler ve hücre dizilerinden alınan özütler üzerinde yaptıkları inceleme sonucu, memeli organlarının önemli oranda IP6 içerdiğini gözlemlemiştir. İnositol polifosfatlar hücre içi sinyalleşmede rol almaktadır. Memeli organlarında da bulunduğu, hücre içi aktivitelerde nörotransmitter olarak görev aldıkları belirtilmektedir (Ali ve ark., 2010; Szwergold ve ark., 1987). In vitro çalışmalar, fitik asitin, eritrolösemi ve insan meme

kanseri dahil olmak üzere farklı hücre dizilerinde hücre proliferasyon hızını azalttığı belirtilmiştir (Shamsuddin ve ark., 1992; Shamsuddin ve ark., 1996).

Fitik asitin şelasyon potansiyeli oldukça kuvvetlidir. Kalsiyum, çinko, demir gibi polikatyonik elementlerin emilimindeki etkileri yıllardır incelenmektedir (Graf, 1983). Fitik asit (IP6), oldukça negatif yüklü bir moleküldür ve kalsiyuma afinitesi yüksektir. %1'lik IP6 çözeltisinin pH'ı 1,2 civarındadır (Muana ve ark., 2020). Hücre içinde de kalsiyum bulunduğundan, bu asitin belirli fizyolojik koşullar altında şelat oluşturacağı düşünülmektedir (Luttrell, 1993). Tüm bu bilgiler göz önünde bulundurulduğunda fitik asitin kök kanalı tedavisinde şelasyon ajanı olarak kullanılabileceği tahmin edilmiştir (Nassar ve ark., 2015).

Son yıllarda yapılan bir araştırmada fitik asit (%1) ve fitik asit (%1) ve sodyum hipokloritin (%5) kombine kullanımının şelatlama kabiliyetleri değerlendirilmiştir. Fitik asitin sodyum hipoklorit ile kombine kullanımının, tek başına kullanımı ile karşılaştırıldığında daha iyi şelatlama kabiliyeti sergilediği görülmüştür (Puvvada ve ark., 2017).

Fitik asitin kuronal dentin ve kök kanalı üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada, fitik asit (%1) solüsyonunun smear tabakasını uzaklaştırabildiği ve canlı hücreler üzerinde negatif bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu araştırma fitik asitin EDTA'dan daha biyouyumlu olduğunu vurgulamaktadır (Nassar ve ark., 2015). Yapılan bir başka incelemede ise fitik asitin (%1) smear tabakasını uzaklaştırmada EDTA kadar etkili olmadığı gözlenmiştir (Jagzap ve ark., 2017). Canlı hücreler ile olan biyouyumluluğu ve smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliği göz önünde bulundurulduğunda; fitik asitin kök kanalı tedavisinde alternatif bir şelasyon ajanı olarak kullanılması üzerine daha fazla araştırma yapılması desteklenmelidir.

2.5.2.3. Maleik Asit (MA)

Maleik asit (MA), adeziv diş hekimliğinde kullanılan hafif bir organik asittir. Restoratif diş hekimliğinde asitleme aşamasında kullanıldığında smear tabakasını kaldırma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür (Nidambur Vasudev Ballal ve ark., 2009). Kök kanalı tedavisinde smear tabakası ve E.faecalis eliminasyonu kabiliyeti, dokularda daha az toksik etki göstermesi, maleik asitin (N Vasudev Ballal ve ark., 2009) (Ferrer-Luque ve ark., 2010) EDTA'ya alternatif olabileceğini düşündürmektedir (Ferrer-Luque ve ark., 2015).

Apikal bölgeden smear tabakasını uzaklaştırma etkisi incelendiğinde, son yıkama ajanı olarak maleik asit (%7) kullanımının, EDTA'dan (%17) daha etkili olduğu görülmüştür. Dezenfeksiyon için çok önemli olan bu bölgenin temizliği kök kanalı tedavisinin başarısı için oldukça önem teşkil etmektedir. Bu incelemede MA'in 1 dakikalık uygulanması ardından NaOCl (%2,5) ile irrigasyonun son yıkama prosedürü açısından oldukça etkili olduğu belirtilmiştir (Nidambur Vasudev Ballal ve ark., 2009).

Yapılan başka bir incelemede kök kanalı dentininin mekanik özellikleri ve smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla kullanılan maleik asitin değişik zaman dilimleri ile uygulanması sonucu 45 saniyelik uygulamanın etkili sonuçlar verdiği belirtilmiştir (L. Wang ve ark., 2017).

2.5.3. Dentin dokusunun yapısı

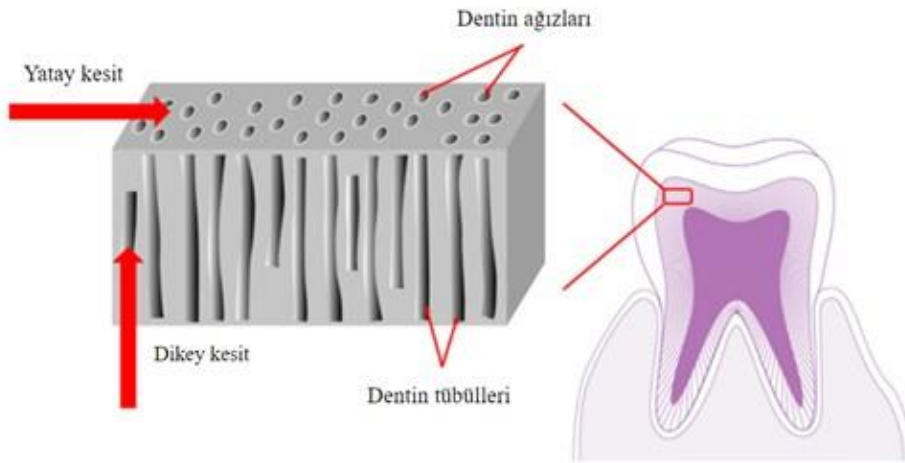
Dişlerin en büyük hacmini oluşturan yapısal bileşen dentin dokusudur (Tjäderhane ve ark., 2009). Dentin; mineyi desteklemek, diş pulpasını korumak ve çiğneme kuvvetlerine dayanmakta görev almak üzere kendine özgü mekanik özelliklere sahip mineralize bir bağ dokusudur.

Dentin bileşimi iki şekilde anlatılabilir: Hücre dışı dentin (ekstrasellüler dentin), mineralize organik hücre dışı matristen (ekstraselüler matris) oluşur; fonksiyonel dentin ise pre dentin ve odontoblastları içermektedir. Bu yapılar stoplazmik yapıları sayesinde mineralize dentin ve dentin sıvısına penetre olabilme kabiliyetine sahiptir. Mineral yapı ağırlık yüzdesinin yaklaşık %70'ini ve hacmin %45'ini oluştururken; organik matris ağırlık yüzdesinin yaklaşık %20'sini ve hacmin %33'ünü oluşturur, geri kalan kısım sudur (Linde & Goldberg, 1993; Tjäderhane ve ark., 2009).

Günümüzde yaygın olarak dentin, oluşum evrelerine göre beş farklı tipe ayrılır: Dentin-mine birleşimi, manto dentin, primer dentin, sekonder dentin ve tersiyer dentin. Tersiyer dentin; pulpa dokusunu korumak için savunucu dentin oluşumunu temsil etmektedir ve kendi içerisinde dokuyu oluşturan hücrelere bağlı olarak reaksiyoner veya onarıcı (tamir) dentin olarak sınıflandırılabilir (Tjäderhane ve ark., 2009).

Mineralize hücre dışı dentin ayrıca intertübüler ve peritübüler dentin olarak ikiye ayrılır. İntertübüler dentin, dentinogenez sırasında pre dentin mineralizasyonu yolu ile odontoblastlar tarafından oluşturulur. Peritübüler dentin, mineralize dentin içindeki dentin tübüllerinin duvarlarının içindeki mineralizasyon ile oluşur ve pulpa yakınında bulunmayabilir (Tjäderhane ve ark., 2009).

Dentin (Şekil 1), dentin tübülleri (1-2 μm) tarafından çaprazlanarak çevrelenen, intertübüler dentin (kısmen mineralize) içine gömülü peritübüler dentin (mineralize) ile sarılmış heterojen bir materyaldir. Dentin tübülleri, dentin-pulpa sınırından itibaren; manto dentini, dentin-mine sınırı ve dentin-sement sınırının en dış katmanları dışındaki tüm dentin yüzeylerine radyal olarak uzanır. Dentin tübüllerinin çapı pulpaya yakın alanlarda en genişken, mine ve sement dokusuna doğru bu çaplar azalmaktadır (Huang ve ark., 2020; Tjäderhane ve ark., 2009).



Şekil 1: Dentin yapısının şematik görseli (Huang ve ark., 2020)

Kuron oluşumunu takiben, Hertwig epitel kök kılıfının epitel hücrelerinin, odontoblast farklılaşmasını başlatması ile kök dentini oluşumu başlar (Linde & Goldberg, 1993). Hertwig epitel kök kılıfının parçalanmasından sonra oluşan 15-30 μm genişliğindeki kolajen fibril köprüleri sement-dentin birleşiminin yapısını oluşturmaktadır (Ho ve ark., 2009; Tjäderhane ve ark., 2009). Kök dentininin en dış kısmını Tomes'in granüler tabakası oluşturur. Bu tabakanın, kökteki manto dentinini temsil ettiğine veya kök manto dentininin hemen altında yer aldığına inanılmaktadır (Tjäderhane ve ark., 2009).

Sement-dentin birleşiminden apikale doğru ilerledikçe dentin tübüllerinin düzeni ve yoğunluğu azalmaktadır (Carrigan ve ark., 1984; Mjör & Nordahl, 1996). Ayrıca kök dentininin bukkal ve lingual bölgelerinin, mezial ve distal bölgelerine kıyasla daha geçirgen olduğu görülmüştür (Thaler ve ark., 2008). Kök dentininin genel yapısının ve tübül yoğunluğunun bu şekilde farklılık göstermesi; dentin dokusunun farklı bölgelerinde bakteriyel penetrasyona eğilim, geçirgenlik veya dental materyallerin adezyonu gibi özellikleri farklı oranlarda etkileyebilir.

2.5.4. Şelasyon ajanlarının dentin dokusu üzerindeki etkileri

Dentin dokusu organik ve inorganik dokudan meydana gelmektedir. Hidroksiapatit kristallerinde bulunan kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) elementleri, diş sert dokularındaki temel inorganik materyali oluşturmaktadır (Doğan & Çalt, 2001). NaOCl, yüzeysel kök dentinindeki kalsiyum/fosfor (Ca/P) oranını azaltabilir veya hiç değiştirmeyebilir. Bu durum solüsyonun kullanılan konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Bununla birlikte, tek başına veya NaOCl ile kombine kullanılan EDTA'nın dentindeki Ca/P oranını azalttığı belirtilmiştir. EDTA kuvvetli bir kalsiyum şelatörüdür. Dentinden sadece kalsiyum iyonu uzaklaştırmakla kalmaz, dentine uzun süre temas ettiği durumda yüzeye yakın bölgelerde 'mineralize olmayan' alanlarla birlikte demineralize lezyonlar meydana getirir (Sayin ve ark., 2007).

Şelasyon ajanlarının dentin dokusunda kimyasal değişikliklere sebep olduğu bilinmektedir. Dentin dokusundaki Ca/P oranının değişmesi, organik ve inorganik bütünlüğü etkileyerek, geçirgenlik, çözünürlük gibi özellikler üzerinde etki gösterir. Tüm bu değişimler sonucunda tedavi sırasında kullanılacak materyallerin diş sert dokularına adezyonu etkilenir (Eldeniz ve ark., 2005; Scelza ve ark., 2003).

2.5.4.1. Dentin dokusunda demineralizasyon

1957 yılında Nygaard ve ark., mineral bileşenleri esas olarak fosfor ve kalsiyum olan dentin gibi liyofobik dokuların bile suda çözünebildiğini vurgulamıştır. Bu denkleme EDTA'nın disodyum tuzları eklendiğinde solüsyondan kalsiyum iyonları uzaklaşır. Bu reaksiyon dentin dokusundan daha fazla iyonun çözünmesine yol açar. Böylece açığa çıkan ürünün stabil kalması sağlanır. Şelasyon ajanları bu şekilde dentin dokusunda dekalsifikasyona sebep olmaktadır (Hülsmann ve ark., 2003).

Şelasyon ajanları kalsiyum ile stabil bir yapı oluşturur. Ortamdaki tüm iyonlar bağlandığında denge sağlanmış olur ve daha fazla çözünme gerçekleşmez. EDTA, kendini sınırlayıcı özelliklere sahip bir şelasyon ajanıdır (Seidberg & Schilder, 1974). Bu sınırlamanın sebebinin dentindeki demineralizasyonun ortamdaki pH'ı değiştirmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Seidberg ve Schilder'in yaptığı çalışmaya göre, fazla miktarda EDTA kullanıldığı takdirde, toz haline getirilmiş dentinin inorganik bileşeninin yüzde %73'ünün şelatlanabilmesi mümkündür. Reaksiyonun en yüksek hızı, uygulamanın ilk 1 saatinde olmakta ve reaksiyon 7 saat içerisinde dengeye ulaşmaktadır. Kullanılan EDTA'nın miktarı fazla bile olsa EDTA; dentinin inorganik içeriğinin belli

bir miktarı ile reaksiyona girebilmektedir. Bu da EDTA'nın şelasyon etkisini sınırlayıcılığını göstermektedir (Seidberg & Schilder, 1974).

Nygaard-Ostby (1957), pH değeri 7,3'e tamponlanmış EDTA (%15) solüsyonunun dentin demineralizasyonunda etkili olduğunu bulmuştur. Doğal koşullarda çoğu şelasyon ajanının pH değeri nötre yakındır. Dentin dokusundaki kalsiyumun hidrojen ile değişimi, ortamın pH'nın azalmasına yol açar. Asitin açığa çıkmasıyla EDTA'nın etkinliği zamanla azalır. Diğer yandan asitin hidroksiapatitle etkileşime girmesi sonucu dentinin çözünürlüğü etkilenmektedir (Hülsmann ve ark., 2003).

Şelasyon ajanlarının, sodyum hipoklorit ile etkileşimi sonucu dentinin mineral dokusu etkilenir. Bu durum kollajenin açığa çıkışına ve dentinde erozyona sebep olmaktadır (Keine ve ark., 2020). Kanal tedavisi bitiminde, hipoklorit sonrası EDTA kullanıldığında, hidroksiapatit tabakasının kollajen liflerinin hipokloritin çözücü etkisinden korunduğu görülmektedir. Ancak EDTA veya demineralize edici etkisi bulunan ajanların kullanımı sonrası NaOCl kullanıldığında, dentindeki kollajen zaten demineralizasyona maruz kaldığı için daha zayıf hale gelmekte ve erozyon daha şiddetli olmaktadır (Qian ve ark., 2011).

Farklı konsantrasyonlarda kullanılan NaOCl (%3, %5) ve EDTA (%8, %17) solüsyonlarının enjektör iğnesi ve GentleWave sistemi ile aktivasyon sağlanarak son yıkama ajanı olarak kullanılmasının dentin yapısında ortaya çıkardığı değişiklikler EDX analizi ile incelenmiştir. Her iki teknikte de NaOCl irrigasyonunun ardından son yıkama ajanı olarak EDTA irrigasyonunun, minimum seviyede dentin erozyonu ile sonuçlandığı görülmüştür. Son yıkama ajanı olarak EDTA kullanımının ardından NaOCl ile irrigasyonun artan kalsiyum ve fosfor kaybı ile en fazla erozyon ile sonuçlandığı belirtilmiştir. Bu araştırmadan yola çıkarak endodontik tedavi sonrası kökün zayıflamasını önlemek için EDTA'dan sonra uzun süreli NaOCl ile son irrigasyon aşamasından uzak durulması gerektiği düşünülebilir (Wang ve ark., 2016).

EDTA mineralize dokulardan kalsiyum iyonlarını uzaklaştırmaktadır. Ancak tek başına irrigasyon ajanı olarak kullanıldığında dentinin organik matriksi, EDTA'nın çözücü etkisini sınırlandırmaktadır. Yapılan bir çalışmada EDTA'nın (%17) tek başına kullanımının, NaOCl (%2,5) ile kombine kullanımına kıyasla kök dentininden daha az kalsiyum iyonu uzaklaştırdığı görülmüştür (Sayin ve ark., 2007).

2.5.4.2. Dentin mikrosertliği

Dentin sertliği kök kanalı lümeninden sement-dentin birleşimine doğru artar. Aynı zamanda apikal bölgedeki sertlik değeri, orta ve servikal bölümlerden daha azdır (Hülsmann ve ark., 2003). Laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarda irrigasyon solüsyonlarının diş dokularının mikrosertliği üzerinde genellikle zararlı etki oluşturduğu gözlemlenmiştir (Dotto ve ark., 2020).

Şelatörlerin smear tabakası ve kök dentini üzerindeki demineralize edici etkisi sonucu kollajen açığa çıkmakta ve mikrosertlik azalmaktadır (Cruz-Filho ve ark., 2011). Mikrosertlikteki azalma, şelasyon ajanının uygulama süresi uzadıkça artmaktadır. (De-Deus, Paciornik, & Mauricio, 2006).

Yapılan bir araştırmada dentinin EDTAC solüsyonuna maruz bırakılması sonucu sertliğinin son derece azaldığı izlenmiştir. Bu çalışmada EDTA çözeltisi de kullanılmıştır ve EDTA'dan korunan dentin bölgelerinin sertliğini koruduğu ancak EDTA ile temasta olan dokuların sertliğinin azaldığı görülmüştür (Patterson, 1963).

Başka bir araştırmada son yıkama ajanı olarak EDTA (%17) ve sitrik asit (%10) solüsyonları kullanılmış ve iki ajanın da dentin mikrosertliğini azalttığı ancak sitrik asitin daha fazla azalmaya sebep olduğu görülmüştür (Unnikrishnan ve ark., 2019). Bununla beraber sitrik asitin mikrosertliği EDTA'dan daha az etkilediğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (De-Deus, Paciornik, & Mauricio, 2006).

Yapısal olarak farklı da olsalar, farklı şelatörler kök dentininde benzer sonuçlar yaratmaktadır. EDTA (%17), fitik asit (%1), ve sitozanın (%0,2) kullanıldığı bir çalışmada EDTA en fazla olmak üzere 3 ajanın da dentin mikrosertliğini önemli oranda azalttığı görülmüştür (Nikhil ve ark., 2016).

2.5.4.3. Dentin geçirgenliği

Dentin tübüllerinin çapı pulpa-dentin sınırından (1,2 µm) sement-dentin sınırına (0,4 µm) doğru giderek azalır. Milimetre kare başına düşen tübül sayısı pulpadan uzaklaştıkça azalmaktadır. Tübüllerin sıklığı, dolayısıyla dentin geçirgenliği apekse yaklaştıkça azalmaktadır (Hülsmann ve ark., 2003).

Kök kanalı tedavisi sırasında dentin tübülleri daha geçirgen hale getirilebilirse, irrigasyon sıvıları, artıkları ve kalan mikroorganizmaları daha etkili bir şekilde

temizleyebilir ve kullanılan ajanların dentin tübüllerine daha fazla nüfuz etmesi sağlanabilir (Cohen ve ark., 1970).

Smear tabakası diffüzyon engelleyici etkisiyle dentin geçirgenliğini %25-49 oranında azaltmaktadır (Hülsmann ve ark., 2003; Pashley, 1992). EDTA diş hekimliğinde kullanılan solüsyonlar içerisindeki, kök kanalı dentinini kimyasal olarak yumuşatabilen, smear tabakasını çözeabilen ve dentin geçirgenliğini arttıran ilk şelatördür (Cruz-Filho ve ark., 2011).

EDTA yardımı ile smear tabakasının kök kanalından tamamen uzaklaştırılmasının, kök kanalı dolgusunu iyi etkilediği ve kök kanalını tıkama kabiliyetini kuvvetlendirdiği görülmüştür (Cergneux ve ark., 1987). Yapılan bir çalışmada, EDTAC (%15) ve NaOCl (%1) solüsyonlarının kombine kullanımının kök dentin geçirgenliğini önemli oranda arttırdığı görülmüştür (Abbott ve ark., 1989). Ayrıca EDTA, kök dentininde geçirgenliği arttırarak kanal içi medikamentlerin kök kanalı sisteminde daha iyi etki göstermesini sağlamaktadır (Hülsmann ve ark., 2003).

Tüm bunlar göz önüne alındığında şelasyon ajanlarının kullanımının; smear tabakasını uzaklaştırması sonucu dentin geçirgenliğini arttırdığı ve bunların sonucunda kök kanalı sisteminin daha etkili temizliğinin sağlandığı, dolayısıyla yapılan tedavinin başarısını destekleyeceği öngörülebilir.

2.5.4.4. Dentin pürüzlülüğü

Kök kanalı tedavisi sırasında kemo-mekanik preparasyon sebebiyle pürüzlülük meydana gelmektedir. İrrigasyon solüsyonlarının dentin dokusunda kalsiyum ve fosfor oranına etki etmesi, yüzey pürüzlülüğünü değiştirmektedir (Tartari ve ark., 2013). Şelasyon ajanlarının dentin dokusunda pürüzlülüğü arttırdığına dair yapılan bir çok çalışma bulunmaktadır (Eldeniz ve ark., 2005; Keine ve ark., 2020; Öztekin & Adıgüzel, 2019).

Adezyon, farklı moleküler bileşime sahip iki yüzeyin kimyasal, fiziksel veya mekanik çekim kuvvetleriyle birbirine bağlanması işlemi olarak tanımlanmaktadır. Mekanik adezyon, bir malzemenin doğal veya yapay boşluklar içinde başka bir cisme hapsedilmesiyle meydana gelir. Kimyasal adezyon, kovalent ve metalik bağlar gibi birincil değerlik kuvvetlerinden kaynaklanabilir. Fiziksel adezyon ise Van der Waals kuvvetleri, London dağılım kuvvetleri ve hidrojen bağları gibi ikincil değerlik

kuvvetlerine dayanır. Bir kök kanalı dolgu patının adezyonu, kök kanalı duvarlarına yapışma ve gutta-perka konilerinin birbiri ve dentin dokusu ile bütünleşmesini sağlama kapasitesi olarak tanımlanır (Nunes ve ark., 2008; Sousa-Neto ve ark., 2005).

Farklı endodontik patların, farklı irrigasyon solüsyonlarının uygulanması sonrası kök kanallarına adezyonunun değerlendirildiği bir çalışmanın sonucunda, şelasyon ajanı (EDTA) uygulamasının, patların dentine daha yüksek adezyonu ile sonuçlandığı görülmektedir (Nunes ve ark., 2008).

Kök kanalı dentininin geçirgenliği ve pürüzlülüğünün artışı kanal dolgu materyallerinin adezyonunu iyi yönde etkilemektedir. Ancak bunun aşırı olduğu durumlarda dentinde boşluklar meydana getirilerek istenmeyen sonuçlara sebep olunabilir. Irrigasyon solüsyonlarının abraziv etkileri, pürüzlülük seviyesini arttırdıkça kök kanalı sistemi içerisinde meydana gelebilecek mikrobiyal adezyon ve apikal sızıntı riskleri artar (Keine ve ark., 2020; Öztekin & Adıgüzel, 2019). Pürüzlülük artsın veya artmasın, bu riski en aza indirmek adına kök kanalı sisteminin dikkatli bir şekilde kimyasal ve mekanik olarak temizliğinin ve 3 boyutlu dolgusunun sağlanması gerekmektedir.

Bununla birlikte, yüzey pürüzlülüğündeki artış; kök kanalı duvarlarındaki yüzey alanını ve kök kanalı dolgu materyalinin kanal duvarlarına yüzey temasını arttıracaktır. Adeziv materyallerin diş dokularına mikromekanik bağlantısını kuvvetlendireceğinden dolayı yüzey pürüzlülüğünün artması, restoratif ve endodontik diş hekimliğinde klinik başarı açısından fayda sağlamaktadır (Ballal ve ark., 2010; Keine ve ark., 2020).

Qmix, klorheksidin ve sodyum hipokloritin kök dentinin üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada yüzey pürüzlülüğünün en fazla Qmix grubunda arttığı, sodyum hipoklorit ve klorheksidinin ise benzer ve daha az pürüzlülük meydana getirdiği görülmüştür (Öztekin & Adıgüzel, 2019).

EDTA ve maleik asitin dentin dokusu üzerindeki etkilerinin karşılaştırıldığı bir araştırmada, mikrosertlik seviyelerinde benzer sonuç görülürken maleik asitin yüzey pürüzlülüğünde daha fazla artış meydana getirdiği görülmüştür (Ballal ve ark., 2010).

Sitrik asit (%19) ve EDTA (%17)'nin yüzey pürüzlülüğü ve mikrosertlik üzerinde etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada, sitrik asitin en az mikrosertlik ve en fazla yüzey pürüzlülüğüne sebep olduğu görülmüştür (Eldeniz ve ark., 2005).

Ayrıca şelasyon ajanlarının kullanımının lazer gibi aktivasyon cihazları ile desteklenmesinin yüzey pürüzlülüğünde artış meydana getirdiği belirtilmelidir (de Macedo ve ark., 2015). Bu şekilde irrigasyon ajanlarının etkinliği artmakta, daha iyi dezenfeksiyon sağlanabilmekte, smear tabakası daha etkin bir şekilde uzaklaştırılmakta, yüzey pürüzlülüğü artışı ile kök kanalı dolgu materyalinin kanal duvarlarına daha iyi penetrasyonu sağlanmaktadır (Moon ve ark., 2012).

Kök kanalı patının dentin dokusuna adezyonu konusunda NaOCl uygulanan numunelerde önemli ölçüde daha düşük bağ kuvveti değerleri elde edilmiştir. Bu bulgu, smear tabakası varlığının endodontik patların adezyonu üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu vurgulamaktadır (Tuncel ve ark., 2015). Bu durum; dentine bağlanma etkinliğini, smear tabakasının eliminasyonu ile elde edilen kök kanal yüzeyinin mikromorfolojik modelinin, dentinin mineral içeriğinden daha fazla etkiliyor olabileceğini düşündürmektedir. Ancak bunu kanıtlayabilmek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Hara ve ark., 2004). Bunun yanı sıra kullanılan ajanların sebep olduğu yüzey pürüzlülüğündeki artışın, kanal patının dentin tübülleri ile mikromekanik etkileşimini destekleyeceği ve dolayısıyla klinik olarak faydalı olabileceği düşünülmektedir (Tuncel ve ark., 2015).

2.6. Kök dentini pürüzlülüğünün fiziksel ve kimyasal analizinde kullanılan cihazlar

İrrigasyon solüsyonlarının dentinin bileşimi üzerinde oluşturduğu değişiklikler, enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisi (EDX), mikro-Raman spektroskopisi, atomik kuvvet mikroskobu (AFM), Sirius kırmızı boya ile polarize ışık mikroskobu altında, mikrosertlik ve pürüzlülük testleri gibi çeşitli tekniklerle doğrudan ve dolaylı olarak analiz edilebilir (Tartari ve ark., 2018).

2.6.1. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Analizleri

Hidroksiapatit kristallerinde bulunan kalsiyum (Ca) ve fosfor (P), diş sert dokusunun ana inorganik bileşenleridir (Ari & Erdemir, 2005). Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisinin (EDX) kombine kullanımı, organik ve inorganik numune yüzeylerinin incelenmesine olanak sağlar. Bu sistemin en büyük avantajı, numunelerin güvenilir ve zarar görmeden analizinin yapılabilmesidir. Analiz yöntemi, numuneyi her mineral için karakteristik dalga boyu emisyonu veren yüksek voltajlı bir elektron ışını ile bombardıman etmeye dayanmaktadır.

Numuneden yayılan ışınların dalga boyundaki değişiklikler, numune yüzeyindeki spesifik mineral konsantrasyonundaki değişiklikleri gösterir (Rotstein ve ark., 1996).

2.6.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) 1986 yılında Binning ve Gerber sayesinde, güçlü bir görüntüleme yöntemi olarak ortaya çıkmıştır (Hu ve ark., 2010; Rugar & Hansma, 1990). AFM, dış yüzeylerinin en dış tabakasındaki partikül dağılım modelini değerlendirmek amacıyla kullanılabilir (Farina ve ark., 1999).

AFM, esnek bir mikro konsolun ucuna monte edilmiş çok küçük bir ucun, numuneyi nazıkçe temas ile tarayarak, görüntünün paralel çizgiler halinde dijitalize edilmesiyle çalışır. Uçtaki kuvvetler nedeniyle konsolun bükülmesi, bir lazer işaretçinin sapması ile ölçülür. Lateral ve vertikal yönlerde tarama piezoelektrik cihazlar ile sağlanmaktadır. AFM, biyolojik örneklerin 3 boyutlu yüzey topografisini yüksek çözünürlükle görüntüleme fırsatı sunar. Bu analizler; hava, su veya diğer saklama koşullarında, yüksek veya düşük sıcaklıklar altında yapılabilir (De-Deus, Paciornik, Pinho Mauricio, ve ark., 2006). Bu cihazla çalışmanın bir diğer avantajı ise numune preparasyonunda çok kapsamlı bir hazırlık gerektirmemesidir (Hu ve ark., 2010; Marshall Jr ve ark., 1995). Analiz edilecek numune birçok kez haritalanabilir. AFM yazılım odaklı bir cihaz olması sayesinde yüzey karakterizasyonunun yüksek matematiksel doğruluğu elde edilebilir ve görüntü özellikleri (pürüzlülük, tepe noktaları vb.) nicel olarak belirlenebilir (Farina ve ark., 1999; Hu ve ark., 2010).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın planlanması İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda yapılmıştır. Bu tezde yapılan analiz çalışmaları Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir.

3.1. Etik kurul

Çalışma için gerekli etik kurul onayı İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 20.06.2019 tarihli 87 sayılı toplantısında 2019/47 dosya numarası ile alınmıştır.

3.2. Çalışma için numune sayısının belirlenmesi

Dentin yüzeyi pürüzlülüğünün analizinde kullanılacak numunelerin sayısı; G*Power programı kullanılarak yapılan Power analizi sonucunda pürüzlülük için etki boyutu d (effect size): 0.855, standart sapması 0.11, Power: 0.80 ve α : 0.05 için tespit edilen örneklem sayısı her grup için minimum 8 adet ($n=8$) olarak saptanmıştır. Çalışmamızda her grup 10 adet numuneden oluşmaktadır.

Dentin mineral içeriğinin analizinde kullanılacak numune sayısı; G*Power programı kullanılarak yapılan Power analizi sonucunda Ca/P için etki boyutu d (effect size): 0.658, standart sapması 0.128, Power: 0.80 ve α : 0.05 için tespit edilen örneklem sayısı her grup için minimum 5 adet ($n=5$) olarak saptanmıştır. Çalışmamızda her grup 6 adet numuneden oluşmaktadır.

3.3. Çalışma için örnek seçimi

Bu çalışmada 25 adet maksiller kesici diş kullanılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılacak numunelerin birbiri ile aynı kriterlere sahip olmasını sağlamak için tek kök ve tek kanal içeren dişler tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılacak olan bu dişlerin çekim sebepleri ve seçim kriterleri aşağıda sıralanmıştır.

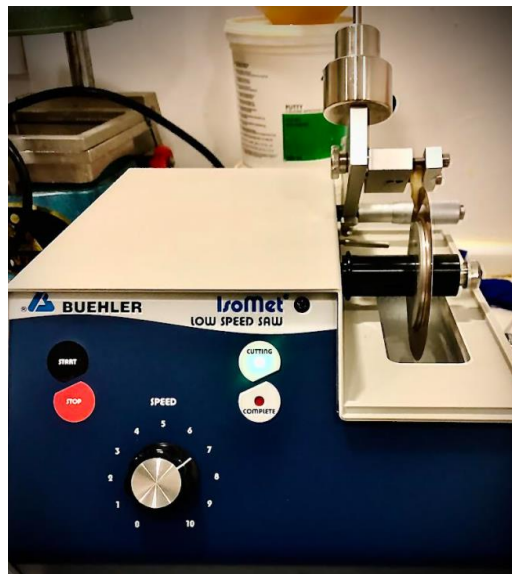
- Kök gelişimini tamamlamış dişler
- Kron-kök bütünlüğü bozulmamış dişler
- Çürük bulundurmayan veya çürük bölgenin dişin bütünlüğünü bozmadığı ve çalışmayı etkilemediği dişler
- Kök yüzeyinde herhangi bir kırık, çatlak veya kök bütünlüğünü bozacak bir harabiyet bulundurmayan dişler

- İç-dış rezorpsiyon bulundurmayan dişler
- Ortodontik sebepler nedeniyle çekilen dişler
- Periodontal problemler nedeniyle çekilen dişler
- Daha önce kök kanalı tedavisi görmemiş dişler
- Vertucci I sınıflamasına uyacak şekilde tek bir kök kanalı bulunduran dişler

Toplanan çekilmiş dişler çalışmaya alınana kadar distile suda bekletilmiştir. Dişlerin etrafında bulunan çeşitli doku artıkları dişin bütünlüğünü bozmayacak şekilde frez ve periodontal küretlerle uzaklaştırılmıştır.

3.4. Kök kesitlerinin hazırlanması

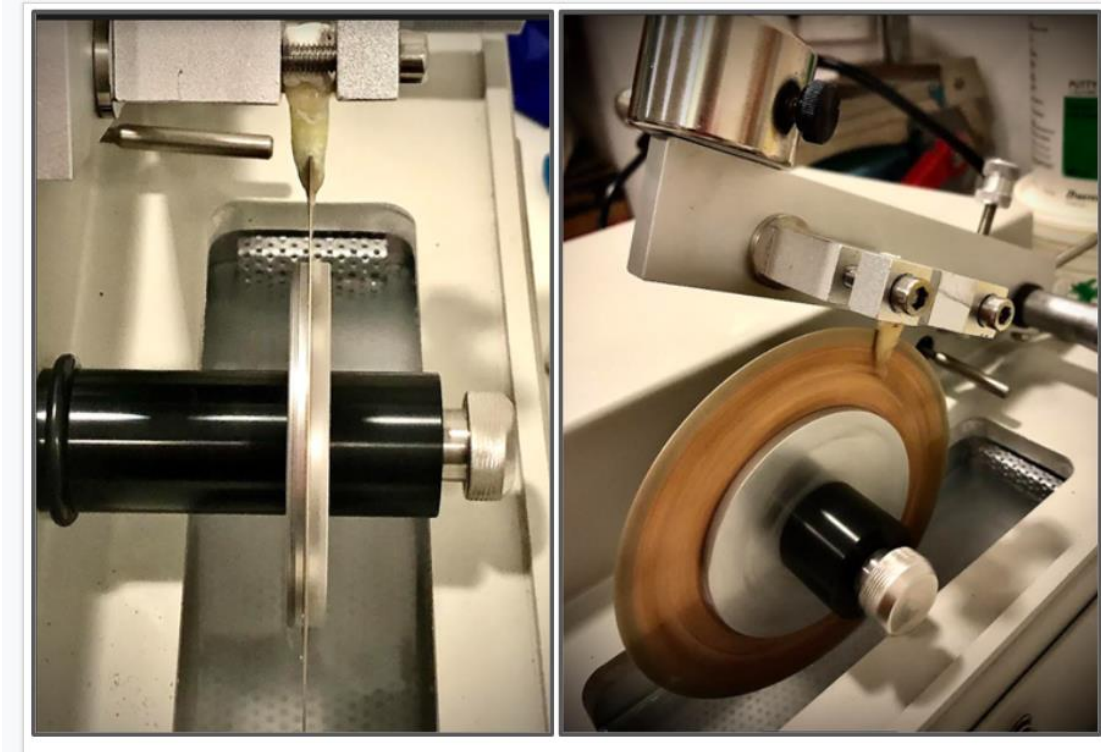
Kök kesitlerinin hazırlanmasında düşük hızlı, su soğutmalı, elmas bıçaklı mikrotom cihazı (ISOMET, Buehler Ltd, Lake Buff, IL) (Şekil 2) kullanılmıştır. Kesitlerin alınması sırasında dişlerin kuronlarından destek alınarak (Şekil 3) dişler cihaza yerleştirilmiştir. Cihaz kök boyunca çalıştırılmış ve kuronal bölgeye ulaştığında durdurulmuştur (Şekil 4). Çalışmada kök dentini boyunca farklı bölgelerden analiz yapabilmek amaçladığı için yatay değil dikey kesit alınmasına karar verilmiştir. Dişlerden bukkolingual yönde orta hattın olacak şekilde tek seferlik kesitler alınmıştır. ISOMET cihazı ile kök kesitleri alındıktan sonra aeratör ve elmas frez yardımıyla destek alınan kuronlar kök bölgesinden ayrılmıştır. Kök bölgesinden oluşan numuneler, kesit alındığı yerden ağız spatülü yardımı ile kanıtılarak ikiye ayrılmıştır.



Şekil 2: İso met cihazı (Buehler Ltd, Lake Buff, IL)



Şekil 3: Kesiti alınacak dişin isomet cihazına yerleştirilmeden önce sabitlenmesi



Şekil 4: İso met cihazı ile bukkolingual yönden kesiti alınan maksiller kesici dişin farklı açılardan alınan görüntüleri

Alınan kesitler (Şekil 5) teker teker sırasıyla 800, 1000 ve son olarak 1200'lük grenlerde zımpara kağıtları (Şekil 6) ile ıslatılarak zımparalanmıştır. Zımparalama işlemi sonrası kesitler randomize olarak gruplara ayrılmıştır (Şekil 7). Her bir grup kendi içerisinde deney aşamasına kadar distile suda bekletilmiştir.



Şekil 5: İsomet cihazı ile kesilmiş dişler



Şekil 6: Kesitleri alındıktan sonra dişlerin zımparalanmasında kullanılan zımpara kağıtları (800, 1000, 1200 gren)



Şekil 7: Kesilme ve zımparalama işlemi sonrası gruplara ayrılmış dişler

3.5. Deney solüsyonlarının hazırlanması

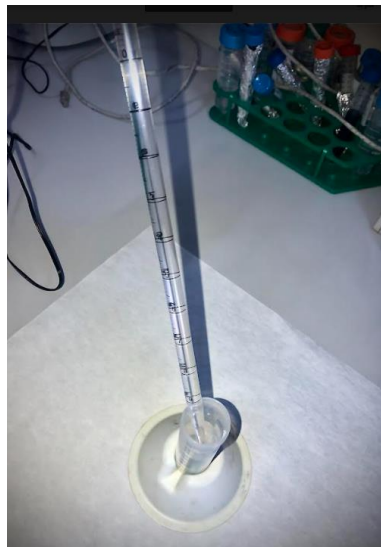
Çalışmada kullanılacak distile su, EDTA (%17, Wizar, Rehber Kimya, İstanbul, Türkiye) ve sodyum hipoklorit solüsyonları (%5, Microvem, Altun sterilizasyon ve medikal, Sakarya, Türkiye) hazır temin edilmiştir.

3.5.1. Fitik asit solüsyonunun hazırlanması

Fitik asit solüsyonu (Sigma-Aldrich, MO, ABD) (Şekil 8) yurtdışından sipariş edilmiştir. 250 ml'lik hazır solüsyon %50'lik konsantrasyonda temin edilmiştir. Bu solüsyondan, distile su ile dilue edilerek %1'lik konsantrasyonda olacak şekilde 50 ml'lik solüsyon hazırlanmıştır (Şekil 9). Çalışmamızda, hazırlanan bu solüsyon kullanılmıştır (Şekil 10).



Şekil 8: Fitik asit solüsyonu (%50; Sigma-Aldrich, MO, ABD)



Şekil 9: Fitik asit solüsyonunun hazırlığı



Şekil 10: 50 ml fitik asit solüsyonu (%1)

3.5.2. Sitrik asit solüsyonunun hazırlanması

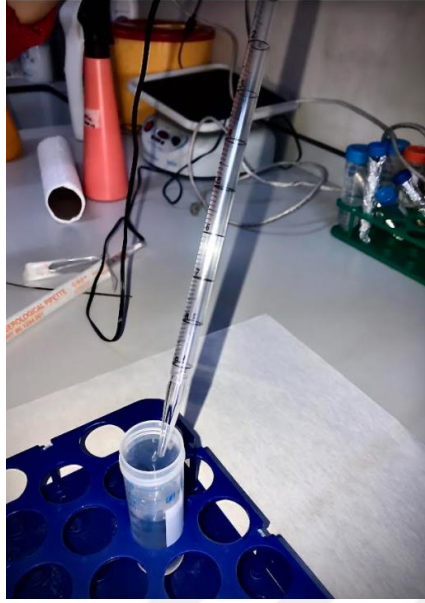
Sitrik asit saf toz kıvamında temin edilmiştir (Şekil 11). Hassas tartıda tartılan 5 gramlık sitrik asit tozu distile su içerisinde çözünmüştür (Şekil 12) ve %10'luk konsantrasyonda olacak şekilde 50 mililitrelik bir solüsyon hazırlanmıştır (Şekil 13). Çalışmamızda, hazırlanan bu solüsyondan faydalanılmıştır (Şekil 14).



Şekil 11: Saf sitrik asit tozu



Şekil 12: Hassas tartıda sitrik asit ölçümü



Şekil 13: Sitrik asit solüsyonunun hazırlığı



Şekil 14: Sitrik asit solüsyonu (%10)

3.6. Deney gruplarının hazırlanması

Çalışmada 25 adet maksiller kesici diş kullanılmıştır. Kesiti alınan dişler randomize bir şekilde gruplara ayrılmıştır. Her bir deney grubu 10 adet numune içermektedir. Her numune ilgili solüsyonda 15 dakika boyunca bekletilmiştir (Şekil 15-16). Çalışma 5 gruptan oluşmaktadır:

1. Distile su grubu (kontrol)
2. Sodyum hipoklorit (%5) grubu (Şekil 17)
3. EDTA (%17) grubu (Şekil 18)
4. Fitik asit (%1) grubu
5. Sitrik asit (%10) grubu

1. Grup distile suda bekletildikten sonra kurumaya bırakılmıştır.
2. Grup distile suda bekletildikten sonra 15 dakika sodyum hipoklorit (%5) solüsyonunda bekletilmiştir. Sonrasında 5 dakika distile suda durulanıp kurumaya bırakılmıştır.
3. Grup distile suda bekletildikten sonra 15 dakika EDTA (%17) solüsyonunda bekletilmiştir. Sonrasında 5 dakika distile suda durulanıp kurumaya bırakılmıştır.
4. Grup distile suda bekletildikten sonra 15 dakika fitik asit (%1) solüsyonunda bekletilmiştir. Sonrasında 5 dakika distile suda durulanıp kurumaya bırakılmıştır.
5. Grup distile suda bekletildikten sonra 15 dakika sitrik asit (%10) solüsyonunda bekletilmiştir. Sonrasında 5 dakika distile suda durulanıp kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 15: 2. ve 3. grupların ilgili solüsyonlarda bekletilmesi



Şekil 16: 4. ve 5. grupların ilgili solüsyonlarda bekletilmesi



Şekil 17: 2. Grup; Sodyum hipoklorit (%5; Microvem, Sakarya, Türkiye)



Şekil 18: 3. Grup; EDTA (%17; Wizar, İstanbul, Türkiye)



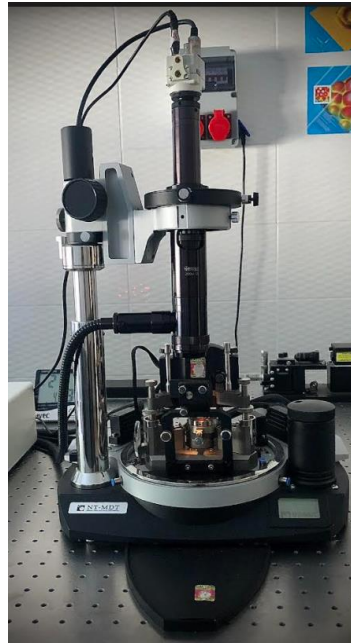
Şekil 19: Numunelerin (EDTA) numaralandırılıp eppendorf tüplerine yerleştirilmesi

Her bir grup hazırlandıktan sonra teker teker eppendorf tüplerine koyulmuştur. Numunelerin görüntüsünün birbirinden ayırt edilmesinin oldukça zor olmasından ötürü analiz sırasında ve aralarında karışıkları önlemek amacıyla; 1. grup 1-10 arası, 2. grup 11-20 arası, 3. grup 21-30 arası (Şekil 19), 4. grup 31-40 arası ve 5. grup 41-50 arası numularla etiketlenmiştir. Numuneler analiz yapılacak olan Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne gönderilmiştir.

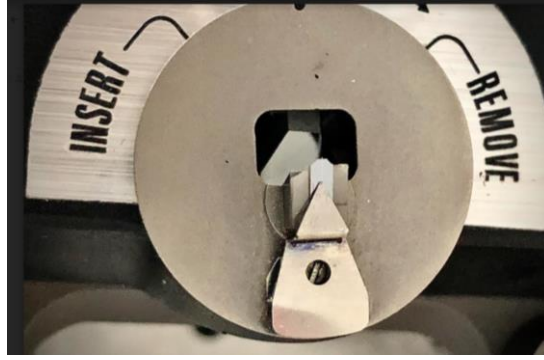
3.7. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Analizi

Bu tez çalışmasında, kök dentini yüzey topografyasının kalitatif ve kantitatif analizlerinin saptanmasında Atomik Kuvvet Mikroskop cihazından (AFM) (NT-MDT, Ntegra Solaris) (Şekil 20) yararlanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğündeki değişiklikler analiz edilirken AFM'nin ince detaylara (nanometre seviyesine) inebilmesinin çalışmada daha net sonuçlar elde edilmesini sağlayacağı düşünülmüştür.

Analiz yapılacak alanların sement değil kök dentini olmasına dikkat edilmiştir. AFM ile her bir numunenin 3 farklı bölgesinden $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ 'lik kesit alanları olacak şekilde yarı-temas (tapping) modunda çalışılarak (Şekil 21) incelemeler yapılmıştır. AFM incelemesi sırasında dişler yere paralel olacak şekilde çift taraflı bant ile lamele yerleştirilmiş (Şekil 22) ve önceden belirlenen bölgelerinden analiz edilmiştir (Şekil 23-24). Numunelerin pürüzlülük değerleri (R_a) ve ortalama pürüzlülük değerleri (S_a) hesaplanmış 3 boyutlu görüntüler elde edilmiştir (Şekil 25-29).



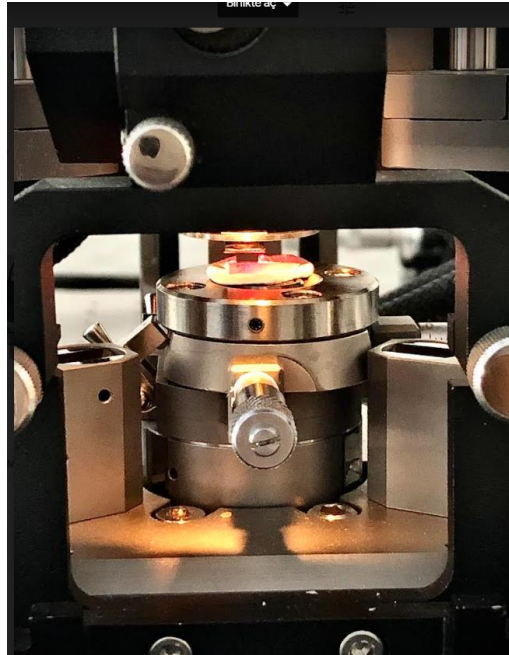
Şekil 20: AFM cihazı (NT-MDT, Ntegra Solaris)



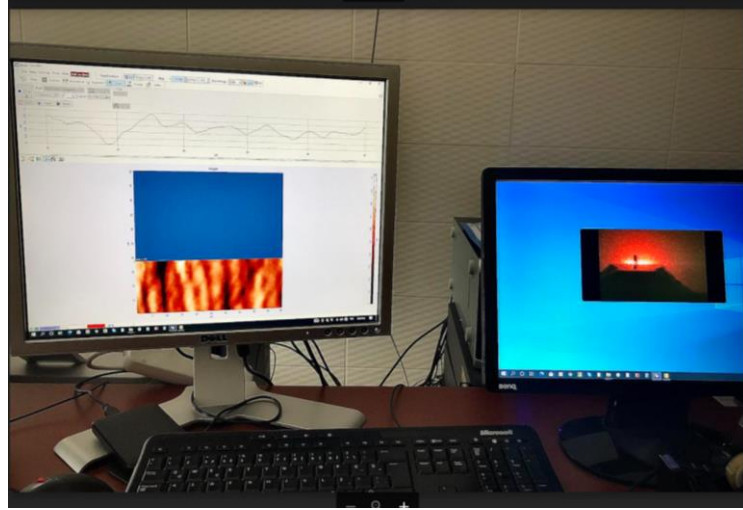
Şekil 21: AFM cihazının tarayıcı bölgesi



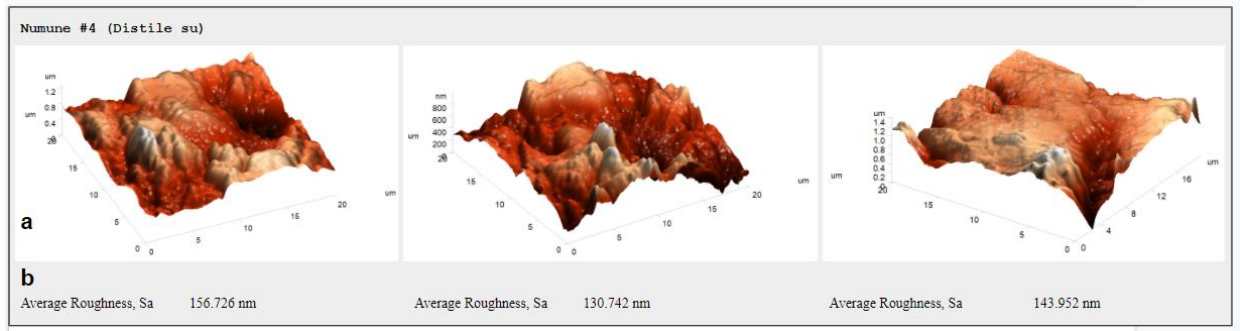
Şekil 22: AFM cihazına numunenin yerleştirilmesi



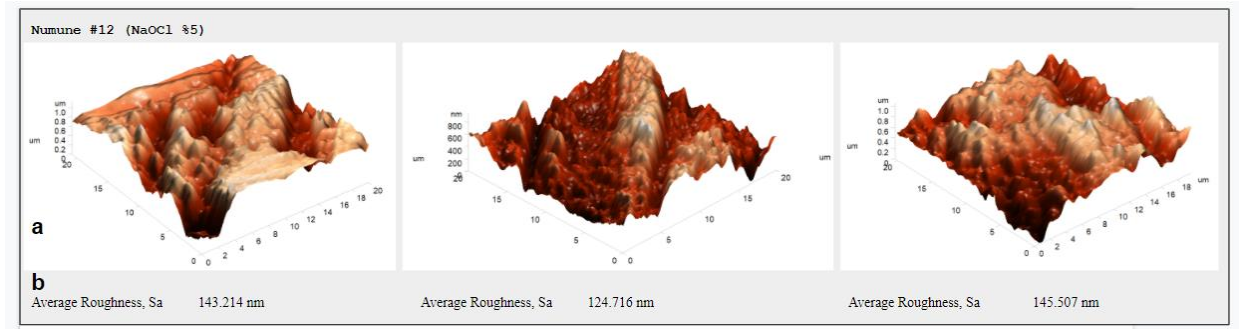
Şekil 23: AFM cihazı ile numune analizi



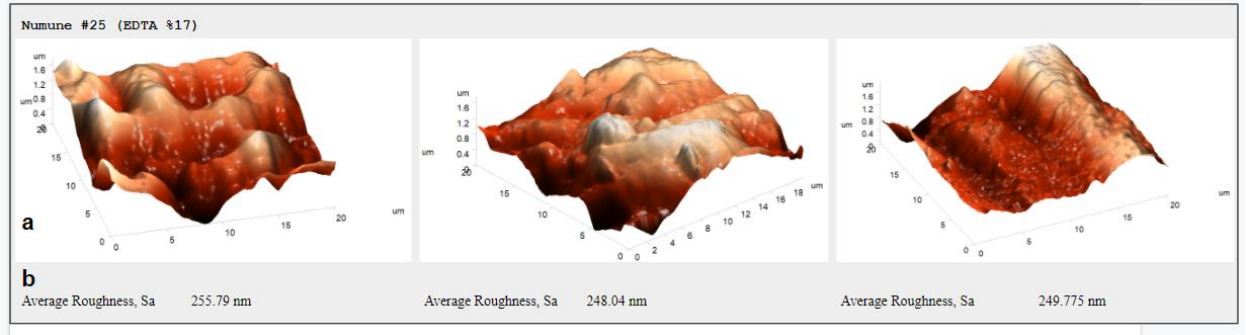
Şekil 24: AFM cihazı ile tarama yapılırken bilgisayar görüntüsü alınması



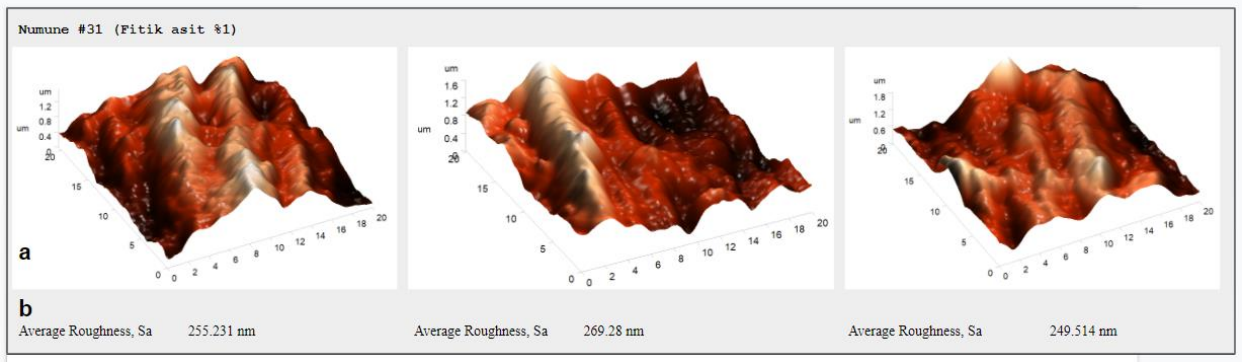
Şekil 25: Distile su (kontrol) grubuna ait (#4) numunenin 3 farklı bölgesinden alınan AFM analiz görüntüleri ($20 \times 20 \mu\text{m}^2$) (a) ve ortalama pürüzlülük değerleri (b)



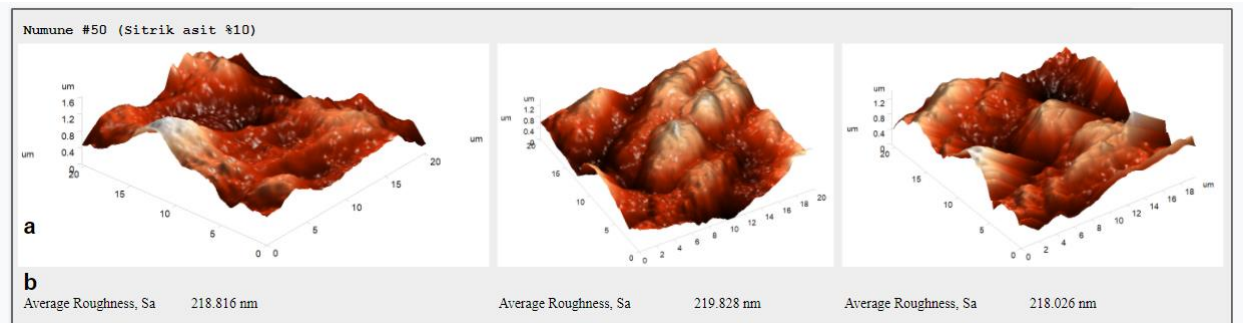
Şekil 26: NaOCl grubuna ait (#12) numunenin 3 farklı bölgesinden alınan AFM analiz görüntüleri ($20 \times 20 \mu\text{m}^2$) (a) ve ortalama pürüzlülük değerleri (b)



Şekil 27: EDTA grubuna ait (#25) numunenin 3 farklı bölgesinden alınan AFM analiz görüntüleri ($20 \times 20 \mu\text{m}^2$) (a) ve ortalama pürüzlülük değerleri (b)



Şekil 28: Fitik asit grubuna ait (#31) numunenin 3 farklı bölgesinden alınan AFM analiz görüntüleri ($20 \times 20 \mu\text{m}^2$) (a) ve ortalama pürüzlülük değerleri (b)



Şekil 29: Sitrik asit grubuna ait (#50) numunenin 3 farklı bölgesinden alınan AFM analiz görüntüleri ($20 \times 20 \mu\text{m}^2$) (a) ve ortalama pürüzlülük değerleri (b)

3.8. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi (EDX) Analizleri

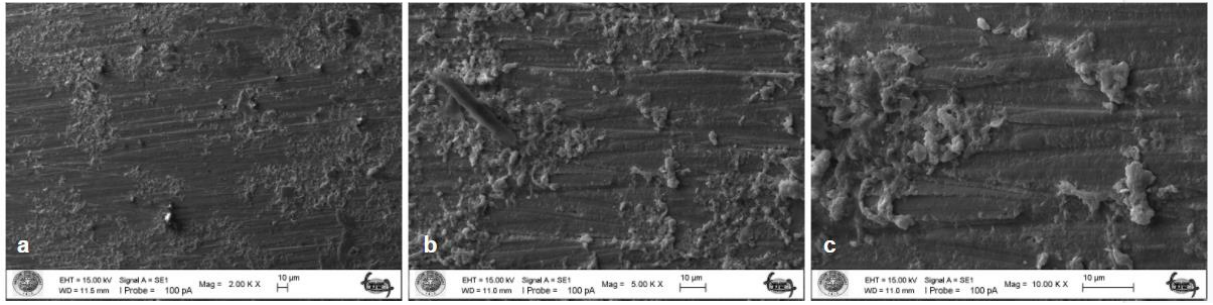
Şelasyon ajanlarının kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) oranlarında değişiklik yarattığı bilinmektedir. Analizlerde bu iki elementin değişimi göz önünde bulundurulmuştur. Deney için hazırlanan gruplar, AFM analizi sonrası EDX analizine alınmıştır. Numunelerin AFM ile incelenen bölgeleri ile aynı alanlardan analiz yapılmasına önem verilmiştir. Her numunedeki Ca ve P seviyeleri, enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisi (EDX) analizi kullanılarak analiz edilmiştir. Numuneler 5 nm altın (Şekil 30) tabakası ile kaplanmıştır (Şekil 30). Kök dentini yüzeyleri taramalı elektron mikroskobu (Şekil 31) (SEM) (Zeiss EVO LS10) ile x100, x2000, x5000 ve x10000 büyütme altında incelenmiş (Şekil 32-36) ve kök dentini bileşimindeki kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) seviyeleri 15kV altında, x100 büyütme altında enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX) (Bruker) (Şekil 37) ile analiz edilmiştir. Dentin numunelerinden alınan ölçümler, yaklaşık 100 µm çaplı alanlardan analiz edilmiştir. Mineral içerik ağırlıkları yüzde olarak ölçülmüştür (Şekil 38-42)



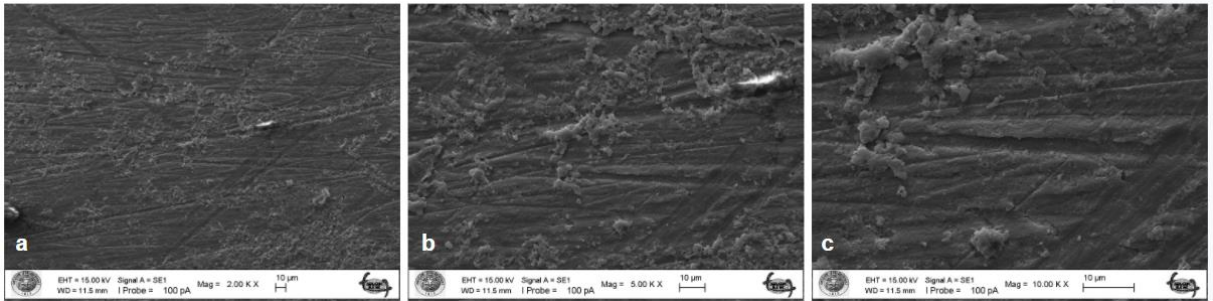
Şekil 30: EDX analizi yapılmış altın kaplanmış numuneler (distile su grubu)



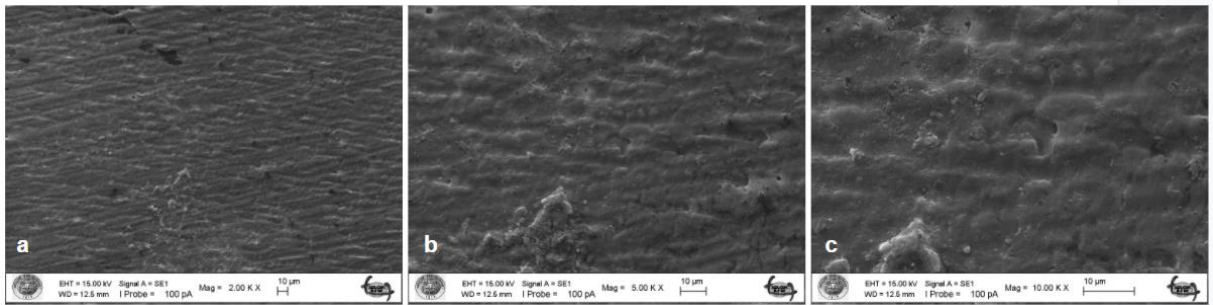
Şekil 31: SEM (Zeiss EVO LS10) ve EDX (Bruker) cihazı



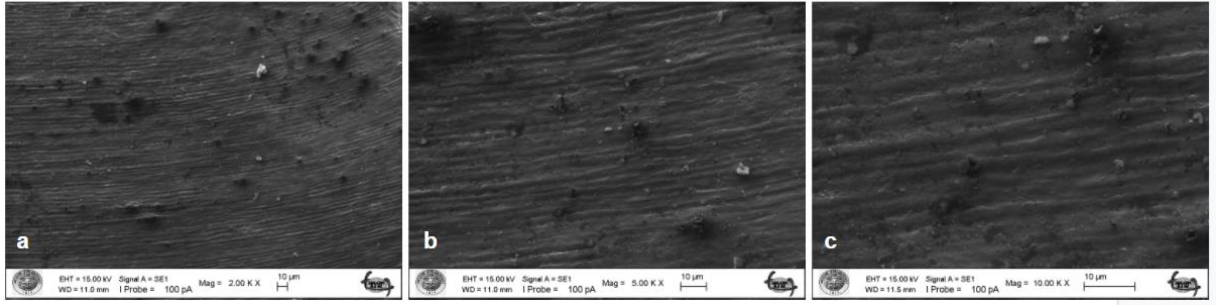
Şekil 32: Distile su (kontrol) grubuna ait (#4) numuneden farklı büyütmelemlerle elde edilen SEM görüntüleri; x2000 (a), x5000 (b), x10000 (c)



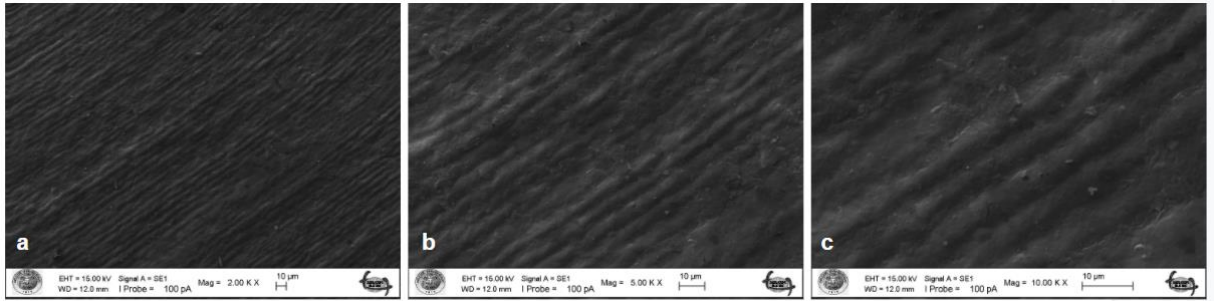
Şekil 33: NaOCl grubuna ait (#12) numuneden farklı büyütmelemlerle elde edilen SEM görüntüleri; x2000 (a), x5000 (b), x10000 (c)



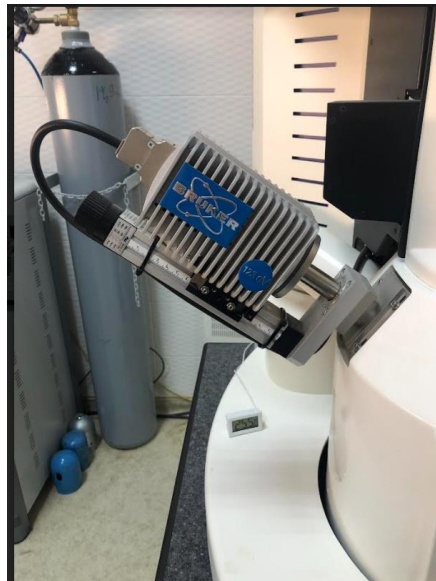
Şekil 34: EDTA grubuna ait (#25) numuneden farklı büyütmelemlerle elde edilen SEM görüntüleri; x2000 (a), x5000 (b), x10000 (c)



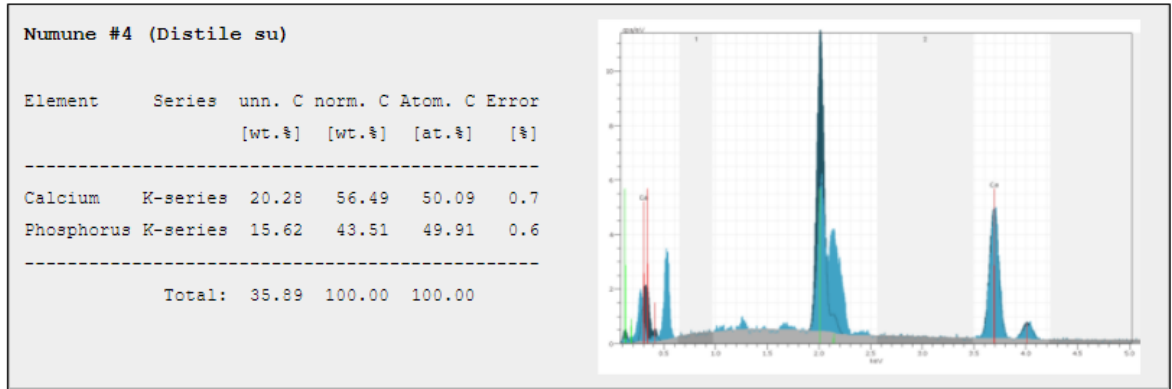
Şekil 35: Fitik asit grubuna ait (#31) numuneden farklı büyütmelemlerle elde edilen SEM görüntüleri; x2000 (a), x5000 (b), x10000 (c)



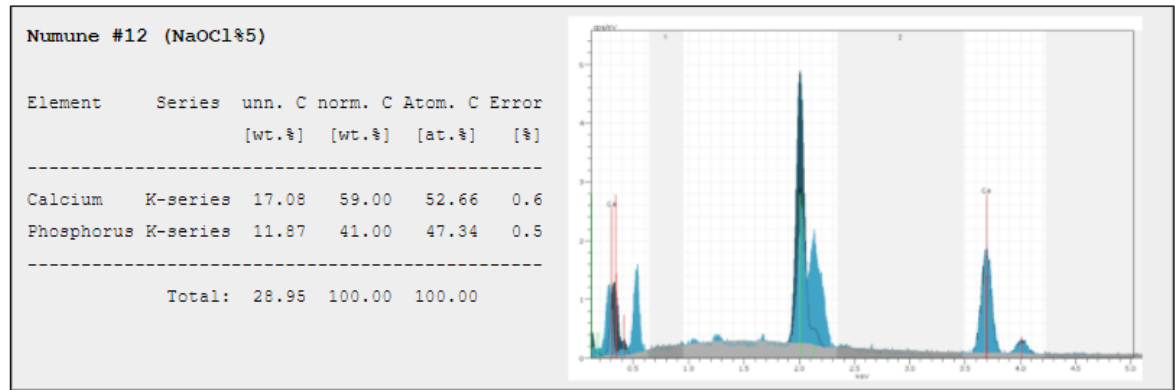
Şekil 36: Sitrik asit grubuna ait (#50) numuneden farklı büyütmelemlerle elde edilen SEM görüntüleri; x2000 (a), x5000 (b), x10000 (c)



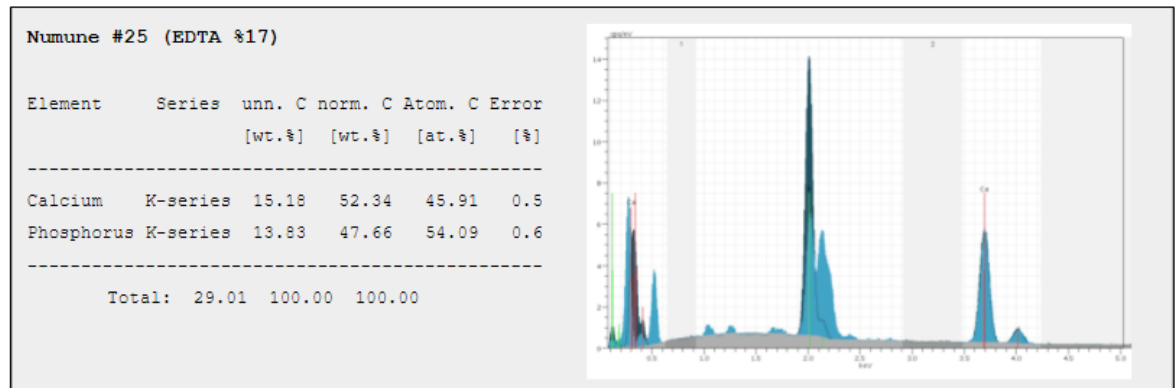
Şekil 37: EDX bölümü (Bruker)



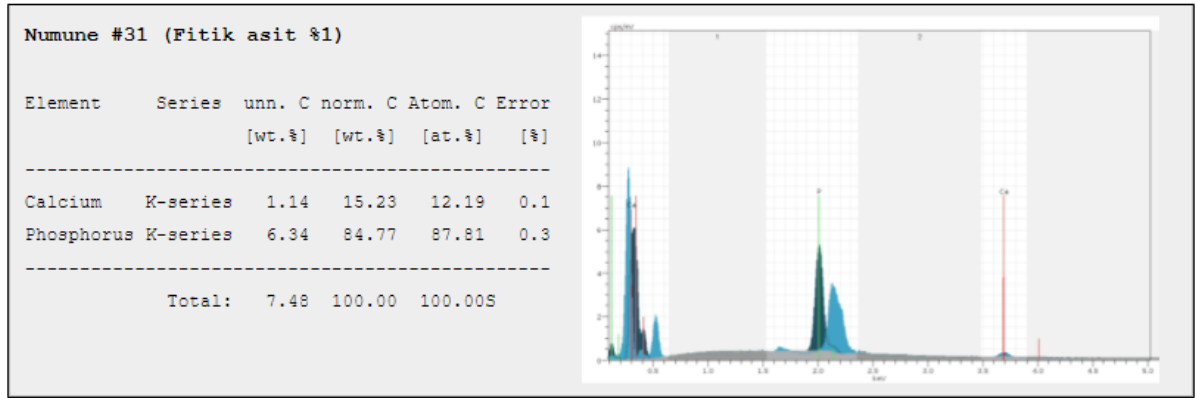
Şekil 38: Distile su (kontrol) grubuna ait (#4) numunenin EDX analizi



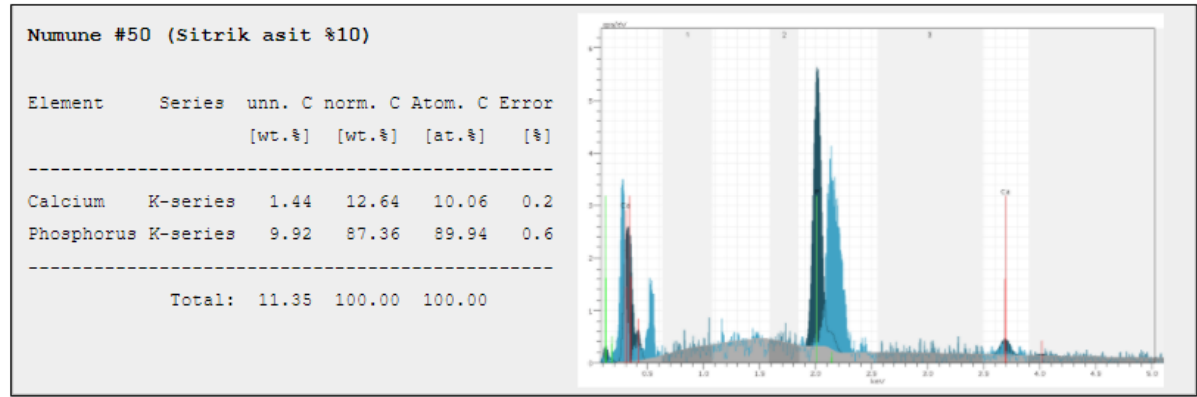
Şekil 39: NaOCl grubuna ait (#12) numunenin EDX analizi



Şekil 40: EDTA grubuna ait (#25) numunenin EDX analizi



Şekil 41: Fitik asit grubuna ait (#31) numunenin EDX analizi



Şekil 42: Sitrik asit grubuna ait (#50) numunenin EDX analizi

3.9. İstatistik

Çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilks testi, Q-Q grafikler ve histogramlar ile değerlendirildi. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotların (ortalama, standart sapma) yanı sıra niceliksel verilerin ikiden fazla grup arası değerlendirmelerinde Tek Yönlü Varyans Analizi (one way ANOVA test) kullanıldı. Varyansların homojenliği varsayımının test edilmesinde Levene testi kullanıldı. ANOVA testi sonucunda farklılığa neden olan grupların tespitinde; varyansları homojen olanlar Tukey HSD, homojen olmayanlar ise Tamhane T2 post-hoc testi ile değerlendirildi. Tekrarlayan verilerin değerlendirilmesinde Tekrarlayan Ölçümler İçin Varyans Analizi (ANOVA) testi kullanıldı. Anlamlılık $p < 0,05$ ve $p < 0,01$ düzeylerinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

4.1. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) analizi

Tablo 1: Grup içi ve gruplar arası AFM sonuçlarının değerlendirilmesi

Gruplar	AFM			¹ p	Ortalama AFM Ort±SS
	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm		
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS		
Grup I	155,25±43,59 ^a	154,43±45,69 ^a	217,98±64,52 ^a	0,118	160,40±42,13 ^a
Grup II	161,22±30,76 ^a	155,85±37,76 ^a	171,51±43,69 ^a	0,228	162,23±30,00 ^a
Grup III	271,54±53,23 ^b	271,54±45,70 ^b	169,64±29,65 ^b	0,266	264,89±36,01 ^b
Grup IV	227,41±15,11 ^b	244,45±28,04 ^b	251,58±23,70 ^b	0,066	236,38±17,14 ^b
Grup V	261,55±35,18 ^b	263,62±34,87 ^b	237,29±21,89 ^b	0,275	266,65±39,79 ^b
² p	<0,001**	<0,001**	<0,001**		<0,001**

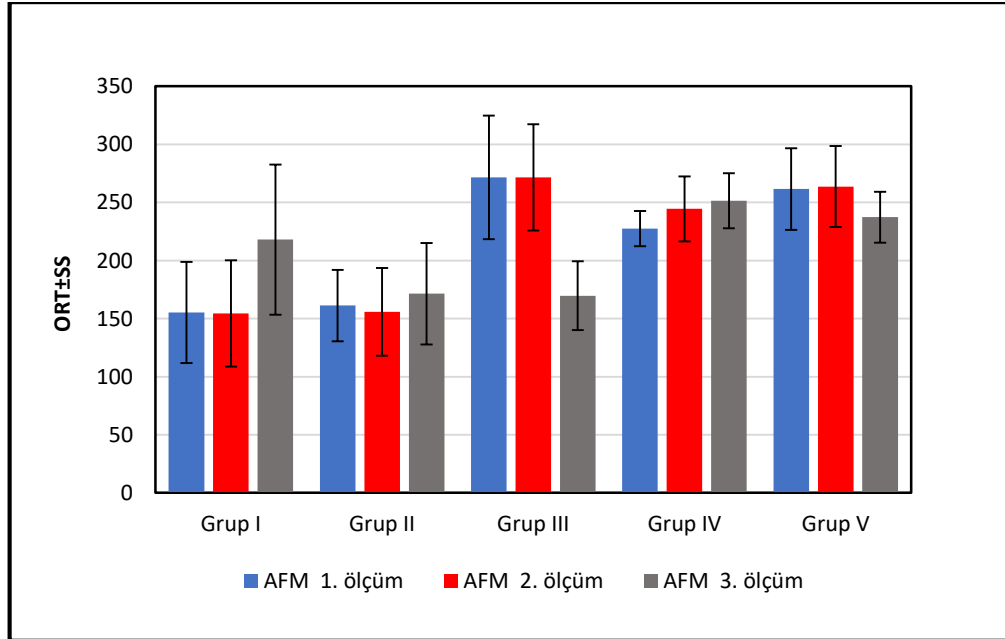
Veriler "Ortalama ± Standart Sapma" olarak sunulmuştur.

¹Tekrarlayan Ölçümler İçin Varyans Analizi (ANOVA)

²Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA)

**p<0,01

Tukey HSD Post-Hoc Testi: İkili post-hoc değerlendirmelerde, aynı küçük harfler ile simgelenen gruplar arasında istatistiksel açıdan fark bulunmazken, harflendirmenin farklı olduğu gruplar arasında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır.



Şekil 43: Grup içi ve gruplar arası AFM sonuçları

Gruplar arasında birinci AFM ölçümü ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı ($p<0,001$; $p<0,01$) (Tablo 1; Şekil 43). Farklılığın hangi gruptan kaynakladığını saptamak amacıyla yapılan ikili post-hoc testi sonucunda; Grup I'in birinci AFM ölçümü ortalaması, Grup III ($p<0,001$), Grup IV ($p=0,001$) ve Grup V'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Grup II'nin birinci AFM ölçümü ortalaması, Grup III ($p<0,001$), Grup IV ($p=0,003$) ve Grup V'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Diğer gruplar arasında ise birinci AFM ölçüm ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).

Gruplar arasında ikinci AFM ölçümü ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı ($p<0,001$; $p<0,01$) (Tablo 1; Şekil 43). Farklılığın hangi gruptan kaynakladığını saptamak amacıyla yapılan ikili post-hoc testi sonucunda; Grup I'in ikinci AFM ölçümü ortalaması, Grup III ($p<0,001$), Grup IV ($p<0,001$) ve Grup V'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Grup II'nin ikinci AFM ölçümü ortalaması, Grup III ($p<0,001$), Grup IV ($p<0,001$) ve Grup V'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Diğer gruplar arasında ise ikinci AFM ölçüm ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).

Gruplar arasında üçüncü AFM ölçümü ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı ($p<0,001$; $p<0,01$) (Tablo 1; Şekil 43). Farklılığın hangi gruptan kaynakladığını saptamak amacıyla yapılan ikili post-hoc testi sonucunda; Grup I'in üçüncü AFM ölçümü ortalaması, Grup III ($p<0,001$), Grup IV ($p=0,002$) ve Grup V'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Grup II'nin üçüncü AFM ölçümü ortalaması, Grup III ($p<0,001$), Grup IV ($p=0,001$) ve Grup V'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Diğer gruplar arasında ise üçüncü AFM ölçüm ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).

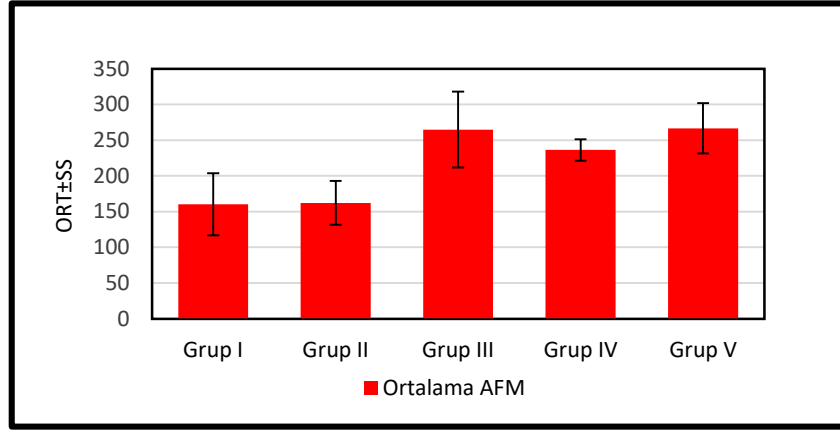
Grup I'de; birinci, ikinci ve üçüncü AFM ölçümü ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).

Grup II'de; birinci, ikinci ve üçüncü AFM ölçümü ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).

Grup III'te; birinci, ikinci ve üçüncü AFM ölçümü ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).

Grup IV'te; birinci, ikinci ve üçüncü AFM ölçümü ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).

Grup V'te; birinci, ikinci ve üçüncü AFM ölçümü ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).



Şekil 44: Gruplar arası ortalama AFM sonuçları

Gruplar arasında ortalama AFM ölçümü ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı ($p<0,001$; $p<0,01$) (Tablo 1; Şekil 44). Farklılığın hangi gruptan kaynakladığını saptamak amacıyla yapılan ikili post-hoc testi sonucunda; Grup I'in ortalama AFM ölçümü ortalaması, Grup III ($p<0,001$), Grup IV ($p<0,001$) ve Grup V'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Grup II'nin ortalama AFM ölçümü ortalaması, Grup III ($p<0,001$), Grup IV ($p<0,001$) ve Grup V'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Diğer gruplar arasında ise ortalama AFM ölçüm ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).

4.2. Enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisi (EDX) analizi

Tablo 2: Gruplar arasında Ca, P ve Ca/P değerlerinin değerlendirilmesi

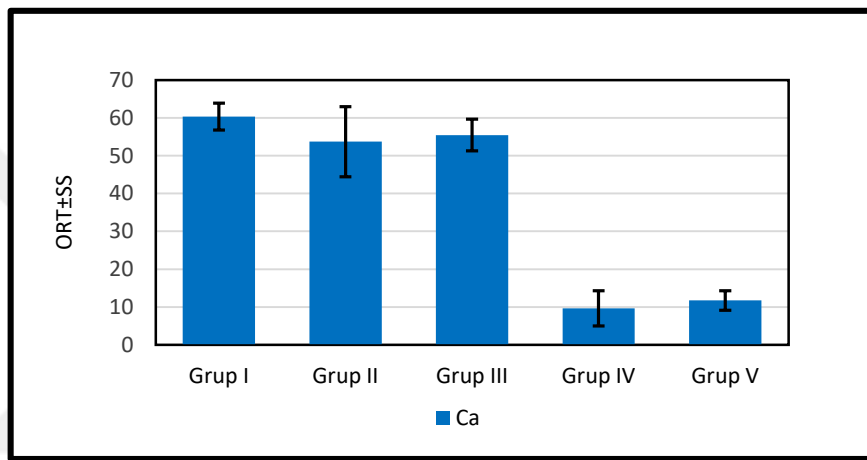
Gruplar	Ca	P	Ca/P
	Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS
Grup I	60,35±3,57 ^a	39,65±3,57 ^a	1,54±0,22 ^a
Grup II	53,73±9,28 ^a	46,27±9,28 ^a	1,24±0,46 ^a
Grup III	55,49±4,20 ^a	44,51±4,20 ^a	1,27±0,22 ^a
Grup IV	9,64±4,66 ^b	90,36±4,66 ^b	0,11±0,06 ^b
Grup V	11,71±2,60 ^b	88,29±2,60 ^b	0,13±0,34 ^b
p	<0,001**	<0,001**	0,003**

Veriler "Ortalama ± Standart Sapma" olarak sunulmuştur.

Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA)

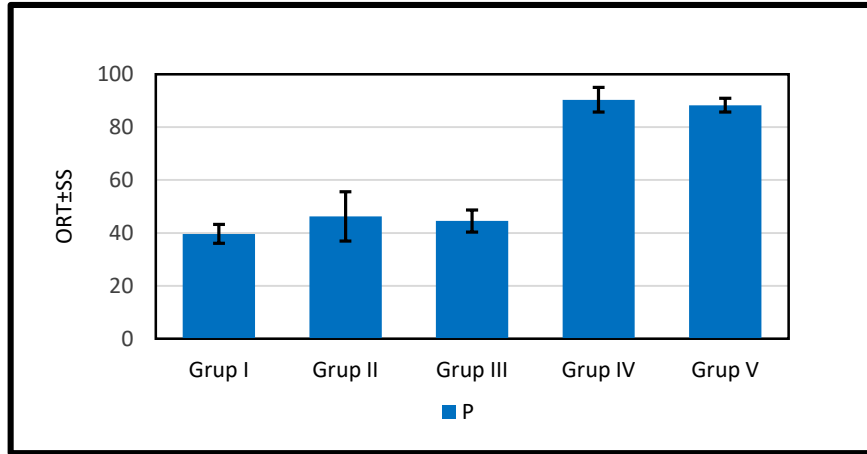
** $p<0,01$ Tukey HSD Post-Hoc Testi: İkili post-hoc değerlendirmelerde, aynı küçük harfler ile simgelenen gruplar arasında istatistiksel açıdan fark bulunmazken, harflendirmenin farklı olduğu gruplar arasında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmıştır.

Gruplar arasında Ca değeri ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı ($p<0,001$; $p<0,01$) (Tablo 2; Şekil 45). Farklılığın hangi gruptan kaynaklandığı saptamak amacıyla yapılan ikili post-hoc değerlendirmeler sonucunda; Grup IV'ün Ca değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Grup V'in Ca değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Diğer gruplar arasında Ca değeri ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).



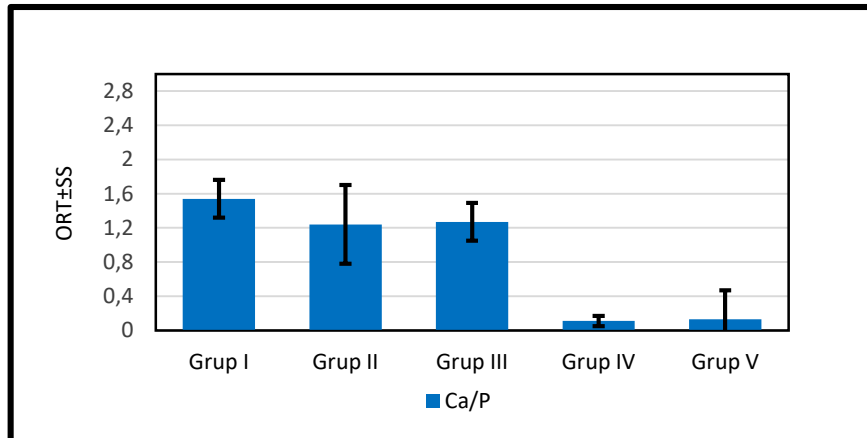
Şekil 45: Gruplar arası Ca sonuçları

Gruplar arasında P değeri ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı ($p<0,001$; $p<0,01$) (Tablo 2; Şekil 46). Farklılığın hangi gruptan kaynaklandığı saptamak amacıyla yapılan ikili post-hoc değerlendirmeler sonucunda; Grup IV'ün P değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Grup V'in Ca değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Diğer gruplar arasında P değeri ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).



Şekil 46: Gruplar arası P sonuçları

Gruplar arasında Ca/P değeri ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptandı ($p=0,003$; $p<0,01$) (Tablo 2; Şekil 47). Farklılığın hangi gruptan kaynaklandığı saptamak amacıyla yapılan ikili post-hoc değerlendirmeler sonucunda; Grup IV'ün Ca/P değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Grup V'in Ca/P değeri ortalaması, Grup I'den ($p<0,001$), Grup II'den ($p<0,001$) ve Grup III'ten ($p<0,001$) anlamlı düzeyde düşük saptandı ($p<0,01$). Diğer gruplar arasında Ca/P değeri ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık saptanmadı ($p>0,05$).



Şekil 47: Gruplar arası Ca/P sonuçları

5. TARTIŞMA

Kök kanalı tedavisinde kullanılan materyallerin dentin pürüzlülüğüne etkisi birçok parametreye dayanmaktadır. Bu parametrelerin büyük çoğunluğunu kullanan irrigasyon ajanları etkilemektedir. Şelasyon ajanları kök dentini yapısındaki hidroksiapatit yapısını etkileyerek pürüzlülüğe sebep olmaktadır. Kök dentini pürüzlülüğündeki değişiklikler klinik başarıyı etkilemektedir. Kemomekanik preparasyonun neden olduğu pürüzlülük artışı, yeniden kontamine olmuş kök kanallarında mikrobiyal adezyona katkıda bulunabilir, ancak aynı zamanda endodontik dolgu materyalleri ile yüzey temasını da arttırmaktadır (Keine ve ark., 2020).

Kök kanalı dolgularında sızdırmazlığın önemi birçok hekim tarafından vurgulanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda sızdırmazlık etkinliğini arttırması beklenen adeziv kök kanalı dolgu malzemelerine ilgi oldukça artmıştır. Birçok üretici, ürünlerinin adezyon kalitesini iddia ederek piyasaya sürmektedir. Ancak kanal içinde etkin bir adezyonun sağlanabilmesi için öncelikle uygun bir yüzey oluşturulması gerekmektedir (McComb & Smith, 1975).

Şelasyon, mutlivalan pozitif iyonların belirli kimyasal maddeler tarafından tutulumunu sağlayan fizikokimyasal bir süreçtir. Şelasyon ajanları; radiküler dentin yapısındaki hidroksiapatit kristalleri içerisinde bulunan kalsiyum iyonları ile reaksiyona girer. Bu aşamada dentinin mikro yapısı ve kalsiyum/fosfor oranında değişiklikler meydana gelir. Dentinin mineral içeriğindeki bu değişikliklerin oluşumu sonucunda, organik ve inorganik bileşenlerin orijinal oranı değişebilir. Bunun sonucunda dentin dokusunun mikrosertlik, geçirgenlik ve çözünürlük gibi özelliklerinde değişiklikler meydana gelebilir ve bakteri istilasına karşı direnç azalabilir (Ballal ve ark., 2010).

Yaptığımız çalışmada numuneler ilgili solüsyonlarda 15 dakika bekletilmiştir. Yapılan araştırmalarda şelasyon ajanlarının optimum etkinlik sürelerinin kararlaştırılmasında tartışmalı sonuçlar bulunmaktadır. EDTA solüsyonunun kanal duvarlarına ulaştığı sürece 1 dakikadan kısa sürede smear tabakasını uzaklaştırabildiği savunulurken, bu ajanın etkisini optimum seviyede gösterebilmesi için kök kanalı içerisinde en az 15 dakika bekletilmesi gerektiğini savunan çalışmalar da mevcuttur (Calt & Serper, 2002; Goldberg & Spielberg, 1982).

McComb ve Smith yaptıkları çalışmada, EDTA içerikli REDTA solüsyonunun dentin duvarlarına 15 dakika temas etmesi sonucu yeterince temizlik sağladığını, ancak etkinin 24 saat sonra daha büyük olduğunu belirtmiştir (Goldberg & Spielberg, 1982; McComb & Smith, 1975). Nygaard-Ostb, 10-15 dakikadan az olmayacak bir uygulama süresi önermektedir (Goldberg & Spielberg, 1982). EDTA'nın dentin talaşları üzerindeki demineralize edici etkisinin değerlendirilmesinde, talaşların boyutuna bağlı olarak demineralizasyon reaksiyonunun ilk 1 saat boyunca daha etkili olduğu bulunmuştur (Seidberg & Schilder, 1974).

Goldberg ve Spielberg, EDTAC solüsyonunun etkinliğinin 5 dakika sonra bile görülebileceğini ancak optimum etkinliğin 15 dakikada oluştuğunu bildirmiştir. Şelasyon ajanının uygulama süresini uzatmak, etkinliğini arttırmamaktadır. Dolayısıyla aynı etkiyi devam ettirebilmek için solüsyonun 15 dakikada bir yenilenmesi önerilmektedir. (Goldberg & Spielberg, 1982). Buna karşın, Patterson, EDTAC'ın kök kanalında 24 saat uygulanması sonrası oluşan dekalsifikasyonun, 5 güne kadar devam ettiğini, dolayısıyla etkisinin sınırlı olmadığını öne sürmüştür (Seidberg & Schilder, 1974).

Yapılan bir araştırmada, kök kanalı preparasyonu sonrası son yıkama ajanı olarak farklı sürelerde EDTA (%15) kullanımının smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliği incelenmiştir. 3 ml EDTA kullanımı ardından 3 ml NaOCl (%1) ile kök kanalları 1, 3 ve 5 dakika irrigé edilmiştir. Araştırma sonucunda uygulama sürelerinin smear tabakasının uzaklaştırılmasındaki etkinlikleri arasında belirgin bir fark bulunmamış, tüm gruplar kök kanallarından etkin bir şekilde smear tabakasını uzaklaştırmıştır (Teixeira ve ark., 2005).

Ayrıca, gutta-perka çözücülerinin kök dentini yüzeyi pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin incelendiği bir araştırmada hazırlanan diş numuneleri ilgili solüsyonlarda 15 dakika bekletilmiştir (Erdemir ve ark., 2004). Çalışmamızda kök kanalı şekillendirilmesi sonrası kanal yüzeyi üzerindeki değil, kök dentini üzerindeki etkiler incelenerek, oluşacak etkinin tam olarak anlaşılabilmesi amaçlanmıştır. İncelediğimiz solüsyonların etkisinin şüphe bırakmayacak şekilde anlaşılması adına araştırmamızda uygulama süresinin 15 dakika olmasına karar verilmiştir. Bu süre Goldberg ve ark.'nın EDTAC ajanının maksimum etkinliğini 15 dakikada gösterdiğini belirttiği çalışma ile uyumludur (Goldberg & Spielberg, 1982).

Kök kanalı tedavisinde kullanılan irrigasyon ajanlarının kullanıldığı konsantrasyonlar değişkenlik gösterebilmektedir. Çalışmamızda; NaOCl için %5, EDTA için %17, fitik asit için %1, sitrik asit için %10'luk konsantrasyonlar tercih edilmiştir.

Sodyum hipoklorit solüsyonu, kök kanalı tedavisinde kullanılan en önemli irrigasyon ajanıdır. NaOCl'nin uygulandığı süre ve konsantrasyondan bağımsız olarak dentinin sertlik, elastik modülü v.b mekanik özelliklerini etkilediği bilinmektedir (Pascon ve ark., 2009). NaOCl solüsyonu tedavilerde kullanılırken %0,5-8,25'lik konsantrasyonlar tercih edilebilir. Solüsyonun etkinliğini arttırmak için, solüsyon tazelenmeli ve kullanımı sırasında sıkça ajitasyonu sağlanmalı veya tekrarlanarak uygulanmalıdır (Haapasalo ve ark., 2014; Orłowski ve ark., 2020).

%1 ve %5'lik NaOCl konsantrasyonlarının kıyaslandığı randomize klinik bir çalışmada, 3 aylık ve 12 aylık klinik takip sonrası iyileşmenin iki grupta da benzer olduğu görülmüştür (Verma ve ark., 2019).

İrreversible pulpitis vakalarında farklı konsantrasyonlarda kullanılan NaOCl solüsyonunun postoperatif ağrıya etkisinin incelendiği bir araştırmada, tedavi sonrası ilk 72 saatlik süreçte, %5,25'lik solüsyonun, %2,5'luk solüsyona oranla daha düşük post operatif ağrı ile sonuçlandığı görülmüştür (Farzaneh ve ark., 2018).

Son yıllarda yapılan bir araştırmada, kontrollü irrigasyon ve pasif ultrasonik irrigasyon teknikleri kullanılmış ve farklı konsantrasyonlardaki NaOCl solüsyonunun smear tabakasının kaldırılması üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu araştırmanın sonucunda, EDTA pasif ultrasonik irrigasyon ile ajite edildiği sürece kullanılan NaOCl konsantrasyonunun (%1 veya %5) herhangi bir fark yaratmadığı, kuronal üçte birlik bölgeden smear tabakasının tamamen uzaklaştırıldığı görülmüştür. Bunun yanında, irrigasyonun pasif ultrasonik irrigasyon ile desteklenmediği durumlarda, smear tabakasını daha etkin uzaklaştırabilmek adına daha yüksek konsantrasyonlarda (%5) NaOCl solüsyonunun tercih edilmesi önerilmektedir. (Orłowski ve ark., 2020).

Sodyum hipoklorit solüsyonu yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığı takdirde *Enterococcus faecalis*'i kök kanalı sisteminden tamamen uzaklaştırabilmektedir (Orłowski ve ark., 2020). Yapılan bir araştırmada %1'lik konsantrasyonda NaOCl solüsyonunun olgun biyofilm tabakasını uzaklaştırmada yetersiz kaldığı görülmüştür. Bununla birlikte bu çalışmada, %2,5 ve %5'lik konsantrasyonlardaki solüsyonların

antimikrobiyal etkinliklerinin birbiri ile benzer ve %1'lik konsantrasyondan daha etkin sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Frough-Reyhani ve ark., 2016) .

E. faecalis'i kök kanalından elimine etmeyi amaçlayan başka bir araştırmada, şelasyon ajanı olarak EDTA kullanımı; %1, %3 ve %5'lik NaOCl solüsyonlarının PIPs aktivasyonu ile desteklenmiştir. %1 ve %3'lük konsantrasyon içeren gruplarda 48 saat sonra tekrar bakteri üremesi izlenmiştir. Bu araştırmanın sonucunda antimikrobiyal aktivitenin %5'lik konsantrasyonda düşük konsantrasyonlardan daha etkin sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır (Golob ve ark., 2017).

Farklı irrigasyon ajanlarının *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*, ve *Staphylococcus aureus*'a karşı inhibe edici etkileri incelenmiştir. Bu araştırmada sitrik asit (%6 ve %10), EDTA (%17) ve NaOCl (%0,5, %2,5 ve %5,25) solüsyonları kullanılmıştır. Araştırmanın geneline bakıldığında yüksek konsantrasyonda kullanılan NaOCl'nin tüm mikroorganizmalara karşı diğer irrigasyon ajanlarından daha etkin antimikrobiyal aktivite gösterdiği anlaşılmıştır (Fidalgo ve ark., 2010).

NaOCl'nin dentinin inorganik yapısı üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Bununla birlikte NaOCl, organik içerik konsantrasyonunu zamana bağlı olarak zayıflatır ve ortadan kaldırır. Bunun sonucunda dentinin eğilme direnci ve sertliği olumsuz etkilenir. %5 ve %10'luk NaOCl konsantrasyonlarının, intertübüler dentin üzerinde oluşturduğu erozyon benzeri izlerin, %1'lik konsantrasyon içeren NaOCl solüsyonu uygulanmış gruptakilerden daha derin ve daha geniş olduğu izlenmiştir (T.-F. Wang ve ark., 2017).

Çalışmamızda amacımız antimikrobiyal aktiviteyi ölçmek olmasa da klinikte olası inatçı enfeksiyonlarda daha fazla tercih edilebilecek, aynı zamanda istenmeyen derecede erozyona sebep olmadan etkinliğini gösterebilecek konsantrasyon olduğu düşünülerek, kök dentini pürüzlülüğüne etkisini incelemek amaçlı %5'lik konsantrasyonda NaOCl solüsyonu kullanımına karar verilmiştir.

EDTA, kök kanalı tedavilerinde genellikle %15 veya %17'lik konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. %5 veya %1'lik konsantrasyonlarının da smear tabakasını etkili olarak kaldırdığını savunan incelemeler bulunmaktadır (Haapasalo ve ark., 2014).

%1, %5, %10 ve %15'lik EDTA konsantrasyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma ve dentinde erozyon oluşturma etkisinin incelendiği bir araştırmada, %1'lik solüsyonun erozyon oluşumunun diğer gruplardan daha düşük olduğu, smear tabakasını

uzaklaştırma konusunda kuronal bölgede her grubun benzer etki gösterdiği görülmüştür (Şen ve ark., 2009).

%17'lik konsantrasyonda kullanılan EDTA solüsyonunun smear tabakasını kök kanalı sisteminden yeterli düzeyde veya tamamen uzaklaştırabildiği farklı incelemelerde görülmüştür (Çalt & Serper, 2000; Kaushal ve ark., 2020). Yapılan bu çalışmalarda ultrasonik aktivasyon gibi yöntemlerin, irrigasyon ve şelasyon ajanlarının smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliklerine katkıda bulunduğu dikkat çekmektedir (Lui ve ark., 2007).

Günümüzde smear tabakasını kök kanalı sisteminden uzaklaştırabilmek adına uygulanabilecek en etkili yöntemin; 10 ml %17'lik EDTA'yı takiben 10 ml %5'lik NaOCl ile son bir irrigasyon uygulaması olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Çalt & Serper, 2000). Çalışmamızda buna dayanarak %17'lik EDTA solüsyonu kullanımına karar verilmiştir. Ayrıca fitik asit ve sitrik asit solüsyonları ile kıyaslanacağı düşünüldüğünde, bu konsantrasyonun kullanımının pürüzlendirme etkinliğini de daha iyi gösterebileceği göz önünde bulundurulmuştur.

Fitik asit, oldukça kuvvetli şelatlama özelliğine sahiptir. Bakır ve demir gibi iki değerlikli katyonları şelatlayarak antioksidan işlevi görerek karsinojen ve hücresel hasardan sorumlu reaktif oksijen türlerinin oluşumunu engeller. Hayvan çalışmaları, fitik asitin uzun süreli ve yüksek dozlarda uygulandığında güvenli sonuçlar verdiğini göstermiştir (Gandhi ve ark., 2020).

Farklı konsantrasyonda kullanılan fitik asit (%5, %10, %17) ve sitrik asit (%5, %10, %17) solüsyonlarının smear tabakasını kaldırmadaki etkisinin incelendiği bir araştırmada EDTA (%17) ve %10'luk konsantrasyonda kullanılan fitik asitin kök yüzeyleri boyunca smear tabakasını kaldırmada en etkili sonuç verdiği, %5'lik fitik asit solüsyonunun en az dentin erozyonu, %10'luk sitrik asit solüsyonunun ise en fazla dentin erozyonu ile sonuçlandığı görülmüştür (Gandhi ve ark., 2020).

Nassar ve ark. yaptıkları bir araştırmada, %1'lik fitik asit solüsyonunun osteoblast benzeri hücrelerin canlılığı ve alkalen fosfataz aktivitesi üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Araştırmanın sonucunda fitik asitin canlı hücreler üzerinde EDTA'dan daha biyoyumlu sonuçlar verdiği ve osteoblast benzeri hücrelerin differansiyasyonuna olumsuz bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Bu araştırmada fitik asitin smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliği de incelenmiştir. Fitik asit, düz kuronal dentin yüzeyinde,

EDTA'dan (%17) daha temiz ve açık dentin tübül yüzeyleri ile sonuç vermiştir. Kök kanalı yüzeyinde ise EDTA ile fitik asit orta bölgede apikal bölgeden daha etkili sonuçlar vermiştir (Nassar ve ark., 2015).

EDTA (%17) ve fitik asitin (%1) smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinlikleri 1, 3, 5 dakikalık sürelerde test edilmiştir. Bu incelemenin sonucunda fitik asitin daha az erozyona sebep olduğu ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin orta seviyede olduğu belirtilmiştir (Tartari ve ark., 2018).

Antimikrobiyal etkinliğin incelendiği bir araştırmada, fitik asit (%1), NaOCl (%5), CHX (%2), fitik asit ve NaOCl kombinasyonu, fitik asit ve CHX kombinasyonu ve distile suyun *E. feacalis*'e karşı etkinliği incelenmiştir. Tek başına veya diğer irrigasyon ajanları ile kombine kullanılan fitik asitin; NaOCl, CHX, EDTA vb. gibi geleneksel kök kanalı irrigasyon maddelerine kıyasla daha üstün antimikrobiyal ve şelatlama etkinliği gösterdiği bildirilmiştir (Puvvada ve ark., 2017).

Fitik asit (%1) ve EDTA (%17)'nin kök kanalı içerisinden kalsiyum hidroksit materyalinin uzaklaştırılmasındaki etkinliğinin incelendiği bir araştırmada her iki solüsyonun da etkin bir şekilde materyali uzaklaştırdığı ancak tamamen ortadan kaldıramadığı görülmüştür. Bu araştırmada istatistiksel bir fark olmasa da fitik asitin kalsiyum hidroksiti daha iyi uzaklaştırabildiği belirtilmiştir (Eymirli ve ark., 2017).

Yapılan bir araştırmada fitik asitin smear tabakasını, konsantrasyonu yarıya indirilse bile EDTA'dan daha fazla uzaklaştırabildiği görülmüştür. %1'lik fitik asit solüsyonu, kök kanalı sisteminden sırasıyla %0,5'lik fitik asit ve %17'lik EDTA solüsyonundan daha etkin bir şekilde uzaklaştırabilmiştir. Bununla birlikte bu araştırmada dentin erozyonu da en fazla %1'lik fitik asit solüsyonunda açığa çıkmıştır (KALÇAY & TINAZ, 2018).

Smear tabakasının etkin bir şekilde uzaklaştırılması, güçlü antimikrobiyal aktivite, kabul edilebilir seviyede erozyon ile birlikte optimum irrigasyon etkinliği elde edileceği düşünülerek çalışmamızda %1'lik konsantrasyonda fitik asit kullanımına karar verilmiştir.

Sitrik asit solüsyonu, EDTA'ya alternatif olarak NaOCl ile irrigasyonun ardından son yıkama ajanı olarak tercih edilebilmektedir. Bu solüsyon kök kanalı tedavilerinde %1-10'luk konsantrasyon aralıklarında kullanılabilir (Haapasalo ve ark., 2014).

Haznedaroğlu ve ark. yaptıkları araştırmada farklı konsantrasyonlarda sitrik asit solüsyonlarının (%50, %25, %10 ve %5) smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliğini incelemiştir. Bu çalışmanın sonucunda düşük konsantrasyonlardaki solüsyonun smear tabakasını, yüksek konsantrasyonlardaki solüsyonlar kadar etkili bir şekilde uzaklaştırdığı görülmüştür. Ancak yüksek konsantrasyondaki solüsyonların dentinde daha fazla erozyona sebep olacağı düşünüldüğünde, tedavide düşük konsantrasyonların tercih edilmesi önerilmiştir (Haznedaroğlu, 2003).

EDTA (%17) ve sitrik asit (%10) solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma ve kök kanalı dolgu materyalinin dentin tübüllerine penetrasyonunun incelendiği bir araştırmada, iki solüsyon arasında istatistiksel olarak fark olmadığı, smear tabakasının kural ve orta üçte birlik bölgelerden etkili bir şekilde uzaklaştırıldığı ve şelasyon ajanı uygulamasının kök kanalı dolgu materyalinin dentin tübüllerine penetrasyonunu olumlu etkilediği görülmüştür (Machado ve ark., 2018).

EDTA (%17) ve farklı konsantrasyonlarda sitrik asit solüsyonlarının (%5 ve %10), manuel aktivasyon ile smear tabakasını uzaklaştırmadaki etkinliğinin incelendiği araştırmada sitrik asit solüsyonunun EDTA'dan daha etkin sonuç verdiği görülmüştür. Farklı konsantrasyonlarda uygulanan sitrik asit solüsyonları birbiri ile benzer etkinlik göstermiştir (Olivieri ve ark., 2016).

Smear tabakası eliminasyonunun, kullanılan solüsyonların uygulama süresi ile bağlantısının incelendiği bir araştırmada, kök kanalında ilk 30 saniyede EDTA (%17), sitrik asitten (%10) daha az madde kaldırmıştır. 3 dakikalık uygulamanın sonucunda ise etkinlik artmış, ancak yine sitrik asit EDTA'dan daha etkili sonuç vermiştir (Prado ve ark., 2011).

Di Lenarda ve ark., smear tabakasını uzaklaştırmak için EDTA (%15) ve sitrik asit (%19) solüsyonlarını kullanmıştır. 3 dakikalık uygulamanın sonucunda apikal üçte birlik bölgede sitrik asitin EDTA'dan daha etkin olduğu görülmüştür. Pérez- Heredia ve ark. yaptıkları araştırmada EDTA (%15) ve sitrik asit (%15) solüsyonlarını kullanarak servikal ve orta üçte birlik kısımlardan apikal üçte birlik kısma kıyasla daha fazla smear tabakasının uzaklaştırılabildiğini belirtmiştir (Pérez-Heredia ve ark., 2006; Prado ve ark., 2011).

Yapılan araştırmalardan da anlaşıldığı üzere, sitrik asit solüsyonu smear tabakasını kaldırmada etkili bir ajandır (Haznedaroğlu, 2003; Machado ve ark., 2018;

Olivieri ve ark., 2016; Pérez-Heredia ve ark., 2006; Prado ve ark., 2011). Ancak aynı zamanda yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında istenmeyen düzeylerde dentin erozyonuna sebep olabilmektedir. Bu nedenle çalışmamızda hem etkili smear tabakası kaldırdığı bildirilen hem de kabul edilebilir düzeyde erozyon ile sonuçlanan yüzde olarak %10'luk sitrik asit konsantrasyonu tercih edilmiştir.

Diş sert dokularının ana yapıtaşı olan hidroksiapatit kristalleri, içeriğinde kalsiyum (Ca) ve fosfor (P) elementlerini bulundurmaktadır. Ca/P oranındaki değişiklikler, hidroksiapatitin inorganik bileşenlerindeki değişiklikleri gösterir. Dentin ve sement dokusundaki organik ve inorganik bileşenlerin oranının mineden daha farklı olması sebebiyle, bu dokulardaki Ca/P oranındaki azalmanın mine dokusundaki düşüşten daha önemli farklılıklar yarattığı düşünülmektedir (Rotstein ve ark., 1996).

Vital ve devital dişlerin yapısal ve bileşimsel farklılıklarını ileri derecede inceleyebilmek adına atomik kuvvet mikroskobu (AFM), enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisi (EDX) ve mikro-Raman spektroskopisinden yararlanılmıştır. Enfeksiyon bulundurmayan vital ve çekimden en az iki yıl önce kök kanalı tedavisi görmüş devital dişlerden alınan dentin kesitleri incelenmiştir. AFM analizinde incelenen mineralize kristal boyutlarının, devitalize örneklerde vital örneklerden daha büyük olduğu görülmüştür. Bu sonuç vital ve devital dişlerin bileşimlerinin birbirinden farklılık gösterdiğini doğrulamaktadır. EDX analizinde gruplar arasındaki Ca/P oranında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bununla birlikte, mikro-Raman analizlerinde, devitalize dişlerin dentin dokusunun, hidroksiapatit dışında, önemli miktarlarda düşük kalsiyum içeriğine sahip apatit fazları içerdiği bulunmuştur: Oktakalsiyum fosfat, dikalsiyum fosfat dihidrat ve trikalsiyum fosfat. Daha büyük mineral kristalleri, devitalize dişlerde azalmış mekanik dirençten sorumlu olabilir. Ayrıca, düşük Ca içeriğine sahip kalsiyum-fosfat fazları daha düşük materyal direncine sahiptir ve bu fazların devitalize dişlerdeki varlığı, artan kırılgenliklerini açıklayabilir (Zelic ve ark., 2014).

Yapılan bu araştırma, bizim çalışmamız açısından önem taşımaktadır. Kök kanalı tedavisi görmüş dişlerde uygulanmış olan şelasyon ajanlarının Ca ve P oranlarında değişiklikler yarattığı bilinmektedir (Scelza ve ark., 2003). Kök kanalı tedavisi görmüş dişler canlılığını yitirmektedir ve ileride kırılmaya daha yatkın olabilmektedir (Lynch & Burke, 2002; Yan ve ark., 2019). Kök kanalı tedavisi görmüş devital dişler üzerinde yapılan bu araştırma, tedavi sırasında dişte oluşturduğumuz riskleri anlayabilmek adına

önem taşımaktadır. Nitekim, kök kanalı tedavisi sırasında uygulanan şelasyon ajanları da dentin dokusunda yapısal değişikliklere sebep olmaktadır. Bu değişikliklerin hangi şelasyon ajanı ile ne derecede meydana geldiğini anlayabilmemiz açısından yaptığımız araştırmada EDX ve AFM analizlerinden yararlanma kararı alınmıştır.

Kalsiyum uzaklaştırma derecesinin incelendiği bir araştırmada, EDTA (%17), EGTA (%17), EDTAC (%15) ve tetrasiklin-HCl (%1) solüsyonlarının tek başına veya NaOCl (%2,5) ile birlikte uygulanması sonrası kök kanalı dentinindeki değişimler alev fotometrisi (alev emisyon spektroskopisi) kullanılarak analiz edilmiştir. Tedavi süresinden bağımsız olarak, tüm tekli veya kombine irrigasyon rejimleri, kontrol grubundan önemli ölçüde daha fazla kalsiyum uzaklaştırmıştır. EDTA ve EDTA ile NaOCl kombinasyonu ile tedavi, kök kanalı dentininden maksimum miktarda kalsiyum uzaklaştırmıştır. EGTA ile NaOCl dışındaki tüm kombine tedavi grupları, kendilerinin tek tedavi versiyonlarından önemli ölçüde daha fazla kalsiyum uzaklaştırmıştır. Tüm gruplarda tedavi süresinin 1 dakikadan 5 dakikaya uzatılması, önemli ölçüde daha fazla kalsiyum uzaklaştırılmasıyla sonuçlanmıştır (Sayin ve ark., 2007). Bu çalışmanın sonucu bizim araştırmamızla çelişmektedir. Araştırmamızda kombine uygulamalar analiz edilmemiş olsa da, EDTA ve NaOCl gruplarının analizleri sonucu mineral içeriğinde istatistiksel bir farklılık göstermemiştir.

Doğan ve ark., EDTA (%17), RC-Prep ve NaOCl'nin (%2,5), kombine ve tek başına kullanımının kök dentininin mineral içeriği üzerindeki etkilerini, enerji dağılım spektrometresi analizi ile değerlendirmiştir. Son yıkama ajanı olarak NaOCl irrigasyonunun, kök dentini yüzeyinde şelatlama ajanlarının etkinliğini önemli derecede değiştirdiği görülmektedir. EDTA ve RC-Prep'in tek başına kullanımı kök dentininin mineral içeriğinde önemli bir değişiklik meydana getirmemiştir (Doğan & Çalt, 2001). EDTA'nın tek başına dentinin mineral içeriğini değiştirmemiş olması bizim araştırmamızla uyum göstermektedir. Ayrıca yapılan bu çalışmada dentin kesitleri ilgili solüsyonlarda, bizim çalışmamızda olduğu gibi 15 dakika bekletilmiştir.

EDTA'nın tek başına kullanımının kök dentininin mineral içeriğini etkilememesinin birkaç sebebi olabilir. EDTA ortamdan inorganik dokuyu uzaklaştırırken organik fibröz doku birikimine sebep olmaktadır. Bunun sonucunda dentinin daha fazla çözünmesi sınırlandırılmaktadır. Bir diğer açıklama olarak şelasyon ajanlarının ortamdaki smear tabakasını uzaklaştırırken alttaki substrat tabakada daha fazla

dekalsifikasyon yaratmıyor olma ihtimali gösterilebilir (Doğan & Çalt, 2001; Verdelis ve ark., 1999).

Baumgartner ve ark., irrigant olarak tek başına NaOCl kullanımının, dentinin daha fazla çözünmesini önleyen inorganik materyali açığa çıkarabileceğini veya organik yapısı ortamdan uzaklaşırken, inorganik yapısı hala ortamda bulunan bir smear tabakasını geride bırakabileceğini öne sürmüştür (Baumgartner & Cuenin, 1992). Bu mineralize tabaka, Doğan ve ark. yaptıkları çalışmada NaOCl irrigasyonunun dentin yüzeyinin Ca/P oranını arttırması ile sonuçlanmasının nedenlerinden biri olabilir (Doğan & Çalt, 2001). Aynı şekilde bu açıklama, bizim çalışmamızda olduğu gibi, organik dokunun azalma miktarına bağlı olarak Ca/P oranında bir değişim görülmemesini de açıklayabilmektedir.

Çalışmamızda sitrik asit ve fitik asit dışındaki deney gruplarının kalsiyum ve fosfor oranlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Yapılan çalışmalarda görülmektedir ki NaOCl irrigasyonunun şelasyon ajanı ardından kullanımı dentin içeriğindeki kalsiyum oranını etkilemektedir (Ari & Erdemir, 2005; Doğan & Çalt, 2001; Wang ve ark., 2016). Çalışmamızda irrigasyon solüsyonları tek başına kullanılmış, NaOCl ile kombine bir kullanım yapılmamıştır. Dolayısıyla benzer bir etki olup olmayacağı öngörülememektedir. Bu tür kalsiyum kayıplarının endodontik dolgu materyallerinin ve adeziv simanların dentin dokusuna bağlantısı üzerindeki etkilerinin ayrıntılı olarak incelenmesi gerekmektedir. İleride buna yönelik incelemeler yapılması tavsiye edilmektedir.

Ari ve ark., ICP-AES (İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma atomik emisyon spektrometresi) tekniğini kullanarak farklı irrigasyon ajanlarının dentinin mineral içeriğine etkisini incelemiştir. Çalışmada 15 dakika uygulama süresi ile, klorheksidin glukonat (%0,2), H₂O₂ (%3), EDTA (%17), NaOCl (%5,25), NaOCl (%2,5) irrigasyon ajanları incelenmiştir. NaOCl (%5,25) hariç tüm deney gruplarında Ca seviyesinin düştüğü görülmüştür. NaOCl solüsyonunun dentin minerali içeriğini etkilememiş olması bizim çalışmamızla uyumlu olsa da, EDTA'nın dentin içeriğindeki Ca seviyesinde azalma ile sonuçlanması bizim çalışmamızla uyuşmamaktadır. Ayrıca yapılan bu çalışmanın sonucunda fosfor (P) düzeyi NaOCl (%5,25) hariç tüm gruplarda azalma ile sonuçlanmıştır. Buna karşın bizim çalışmamızda P düzeyleri fitik asit ve sitrik asit gruplarında artış gösterirken, diğer gruplarda belirgin bir farklılıkla sonuçlanmamıştır (Ari & Erdemir, 2005). Yapılan bu araştırma kök kanalı şekillendirilmesi sonrası

uygulanmıştır. Dolayısıyla ortamda smear tabakası yoğunluğu tartışılmazdır. Bu yöntemle inceleme yapılmış olması, ortaya çıkan sonucun bizim çalışmamızdan farklı olmasını açıklayabilir.

Yapılan bu çalışmada NaOCl'nin düşük konsantrasyonunun (%2,5) ortamdaki Ca miktarını azaltırken, yüksek konsantrasyonunun (%5,25) herhangi bir değişiklik ile sonuçlanmadığı dikkat çekmektedir (Ari & Erdemir, 2005). Bu sonuç bizim araştırmamızın sonucu ile tartışmalı olarak değerlendirilebilir. Çalışmamızda kullandığımız yüksek konsantrasyonlu NaOCl, mineral değişimi üzerinde etki göstermemiştir. Bu açıdan bu çalışma ile uyum göstermektedir. Ancak düşük konsantrasyonlu NaOCl solüsyonunun ekisi çalışmamızda incelenmemiştir. Dolayısıyla bu sonucu kendi araştırmamızı göz önüne alarak yorumlamak doğru değildir.

Çalışmamızda, analiz öncesi kök kanalı şekillendirilmesi yapılmamıştır. Kullanılan solüsyonların kök dentini dokusuna doğrudan erişilebilmesi için düz dentin yüzeyleri kullanılmıştır. Bu şekilde analiz yapılmasının tercih edilmesinin sebebi; yalnızca sağlam kök dentininde meydana gelen kalsiyum ve fosfor değişiminin ölçülmesini sağlamak ve kök kanalı hazırlığı sonrası meydana gelen smear tabakası içeriğinin neden olabileceği herhangi bir kontaminasyonu ve elde edilen sonuçların yanlış değerlendirilmesini önlemektir. Aynı incelemenin in vivo koşullar altında gerçekleştirilmesi durumunda, mineralizasyon oranlarının kök kanalı sisteminin karmaşık morfolojisinden etkilenebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Dentin üzerine uygulanan ve smear tabakasını elimine etme amaçlı kullanılan zayıf organik asitler olan CA (pH; 1,67) ve fitik asit (pH; 1,2), EDTA'ya (nötr değere yakın pH) kıyasla daha düşük pH'a sahiptir. Bu sebeple dokularda daha derin demineralizasyona ve daha fazla kalsiyum kaybına neden olmaktadır (Muana ve ark., 2020). Yaptığımız çalışmada da fitik asit ve sitrik asit solüsyonlarının kök dentini üzerinde diğer irrigasyon ajanlarından daha fazla kalsiyum uzaklaştırdığı görülmektedir. Bu etki dentin yüzeyinde pürüzlülük, geçirgenlik, mikrosertlik gibi özellikleri etkileyecektir (Cruz-Filho ve ark., 2011; Hülsmann ve ark., 2003; Tartari ve ark., 2013; Unnikrishnan ve ark., 2019). Bu ajanlar kök kanalı tedavisinde kullanılırken, yaratacakları etkiler göz önünde bulundurularak dikkatli olunmalıdır.

Yapılan çalışmalardan da anlaşıldığı üzere dentin minerali içeriğindeki değişiklikler oldukça farklılık gösterebilmektedir (Ari & Erdemir, 2005; Doğan & Çalt,

2001; Sayin ve ark., 2007; Wang ve ark., 2016; Zelic ve ark., 2014). Daha anlaşılır bilgi edinebilmek adına, aynı numuneler üzerinden, aynı mineral içeriklerinin analizinde birden fazla inceleme tekniği kullanılarak değerlendirme yapmak bu konuda daha açık ve net sonuçlar alınmasına yardımcı olabilir.

Şekillendirilmiş kök kanallarında perasetik asit (PAA) (%1), EDTA (%17) ve NaOCl (%2,5) solüsyonlarının son yıkama ajanı olarak kullanılması sonucu dentin üzerinde oluşan değişiklikler incelenmiştir. Son yıkama ajanı olarak PAA kullanılan grup ve EDTA ardından NaOCl uygulanan grup istatistiksel olarak daha pürüzlü dentin yüzeyleri ile sonuçlanmıştır (Keine ve ark., 2020). Bu çalışmada kullanılan yöntem bizim araştırmamızdan oldukça farklıdır. Kök kanalları şekillendirildiği için solüsyonların uygulama süresi klinik şartlarında 1 dakika olacak şekilde yapılmıştır. İncelenen kök kanalı yüzeyi şekillendirilmiş kanal yüzeyi olması sebebiyle düz değil, oval ve yüzeysel olarak daha düzensiz yapıdadır. Böyle bir yüzeyin AFM ile değerlendirilmesinin güvenilir sonuç vermesi oldukça zor olacaktır. Nitekim analiz tercihi olarak konfokal lazer mikroskobundan yararlanılmıştır. Araştırma sonucunda tek başına NaOCl, kontrol grubu ile benzer sonuçlar vermiştir. Bu açıdan sonuç bizim çalışmamızla uyum göstermektedir. Buna ek olarak, NaOCl ve EDTA kombinasyonunun daha pürüzlü sonuç vermiş olmasının, bizim çalışmamızda tek başına EDTA kullanımının kontrol grubundan daha farklı sonuç vermiş olması ile uyumlu olduğu düşünülebilir.

Hu ve ark. dentin kesitlerini 10 dakika boyunca EDTA (%17), NaOCl (%5,25) ve H₂O₂ (%3) solüsyonlarında bekleterek AFM ile dentin pürüzlülüğünü incelemiştir. 3 ayrı bölgeden 10x10 µm²'lik kesitlerin incelendiği bu çalışma materyal ve metod açısından bizim çalışmamıza benzemektedir. Çalışmanın sonucunda sırasıyla artacak şekilde NaOCl ve EDTA'nın yüzey pürüzlülüğünü istatistiksel olarak arttırdığı görülmüştür. EDTA'nın dekalsifiye edici etkisi ve NaOCl'in organik matriksi çözmesi sonucu yüzeyde değişiklik yaratması bu sonucun sebebi olabilir (Hu ve ark., 2010). Bu araştırma EDTA uygulamasında bizim çalışmamızla uyumlu sonuç gösterirken NaOCl konusunda bizim araştırmamızla çelişmektedir. Bunun sebebi alınan kesit alanlarının bizim çalışmamızdan daha küçük tutulması olabilir. Bu türde araştırmalar yapılırken kesit alanının çok geniş veya çok dar tutulması, sonuçlarda yanılsamalara sebep olabilmektedir. Bu yüzden çalışmamızda taranacak yüzey alanı 20x20 µm² olarak belirlenmiştir.

Ari ve ark., buna benzer bir araştırmayı pürüzlülük test cihazı kullanarak yaptıkları çalışmaya klorheksidin glukonat (%0,2) solüsyonunu da dahil etmiştir. 3 farklı bölgeden mikrometre düzeyinde kesitler incelenmiş ve sonuç olarak farklı konsantrasyonlarda NaOCl (%2,5, %5,25) ve EDTA'nın (%17) yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı bulunmuştur. Diğer gruplar yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir değişiklik oluşturmamıştır (Ari ve ark., 2004). NaOCl solüsyonunun ortaya çıkardığı bu sonuç bizim araştırmamızla çelişmektedir. Araştırmanın ayrıntısında analiz edilen kesit alanı hakkında detay verilmemiştir. Dolayısıyla tam olarak sonucun neden farklı olduğunu yorumlamak güçtür. Bununla birlikte, EDTA bizim araştırmamızda da burada olduğu gibi yüksek pürüzlülükle sonuçlanmıştır.

15 dakika boyunca Qmix, NaOCl (%5) ve CHX (%2) solüsyonlarında bekletilen dentin kesitlerinin yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Deney sonucunda NaOCl ve CHX solüsyonlarının dentin üzerinde benzer etki gösterdiği, Qmix solüsyonunun yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür (Öztekin & Adıgüzel, 2019). Bu çalışmada distile su kullanılarak bir kontrol grubunun çalışılmaması dikkat çekmektedir. NaOCl ve CHX solüsyonlarının etkileri birbirine benzer sonuç verse de bu sonucun yüzeyde etkisiz mi yoksa pürüzlülükte artış olarak mı olduğunu anlamak güçtür. Bizim alışmamızda NaOCl (%5) distile su grubu ile benzer sonuç vermiştir. CHX solüsyonunun diğer çalışmalarda pürüzlülüğe daha az etki ettiği belirtilmiştir (Ari & Erdemir, 2005). Bu durumda CHX'in kontrol grubu gibi bir etki sergiliyor oluşu kabul edilirse, bu çalışmada NaOCl ile benzer sonuç alınması NaOCl'nin de pürüzlülüğe daha az etkisi olduğunu düşündürebilir. Bu sonucun bizim çalışmamızla uyumlu olduğu düşünölebilir.

Konfokal lazer mikroskop ile yüzey analizinin yapıldığı bir araştırmada EDTA ve NaOCl solüsyonlarının tek başına ve birbiri ile kombine kullanımı incelenmiştir. Bu araştırmada numuneler 10 dakika ilgili solüsyonlarda bekletilmiş ve sonucunda kombine kullanımların sırasının istatistiksel bir fark yaratmadığı, NaOCl'nin tek başına kullanımı dışında tüm grupların yüzey pürüzlülüğünde artış olduğu belirtilmiştir (Elbahary ve ark., 2020). NaOCl'nin tek başına kullanımının bir etki göstermemiş olması ve EDTA'nın farklı sonuç vermesi bizim araştırmamızla uyumludur. Ancak bizim araştırmamızda kombine kullanım test edilmemiştir.

Tartari ve ark., kapsamlı bir yüzey pürüzlülüğü incelemesi yapmıştır. İncelemede profilometre cihazı ile 0,8 milimetrelilik 3 farklı bölgeden inceleme yapılmıştır. Çalışmada dentin kesitleri kök kanalı hazırlığının simulasyonunu sağlama amaçlı öncelikle 30 dakika distile su, ve NaOCl (%2,5), NaOCl (%5) ve HEPB (%18) (kombine) solüsyonlarında bekletilmiş, ardından NaOCl (%2,5) grubu alt gruplara ayrılarak 3 dakika boyunca EDTA (%17), CA (%10) ve 5 dakika HEPB (%9) solüsyonlarında bekletilmiştir. Bu alt gruplar 3 dakika boyunca NaOCl (%2,5) ile son bir irrigasyon aşamasından geçmiştir. Bu araştırmanın sonucunda distile su veya NaOCl'nin tek başına kullanıldığı durumlar dışında, farklı irrigasyon rejimlerinin dentin pürüzlülüğünde önemli bir artışa sebep olduğu gözlenmiştir. Yaptığımız çalışmada kullandığımız şelasyon ajanlarının ardından NaOCl uygulaması yapılmamıştır (Tartari ve ark., 2013). Dolayısıyla iki çalışmayı sonuçlar açısından kıyaslamak güçtür. Ancak bizim çalışmamızda da distile su ve NaOCl yüzey pürüzlülüğünde benzer sonuç vermiştir. Ayrıca bu çalışmanın bulguları, yalnızca şelasyon ajanlarının kullanıldığı irrigasyon rejimlerinin kök kanalı dentininin pürüzlülüğünü artırabildiği vurgulanmaktadır (Tartari ve ark., 2013). Bu açıdan, bu araştırmanın sonuçları çalışmamızla uyum göstermektedir.

Eldeniz ve ark. dentin kesitlerini 2,5 dakikalık sürelerle sırasıyla önce sitrik asit (%19) ardından NaOCl (%5,25) ve EDTA (%17) ardından NaOCl (%5,25) solüsyonlarında bekleterek yüzey pürüzlülüklerini bilgisayar destekli pürüzlülük test cihazı ile incelemiştir (Eldeniz ve ark., 2005). Yüzey incelemeleri, mikrometre seviyesinde 3 farklı bölgeden kesitler alınarak yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda sitrik asit grubunun yüzey pürüzlülüğünde EDTA ve kontrol grubundan daha fazla artış olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın sonucu bizim araştırmamızla çelişmektedir. EDTA ve sitrik asit bizim araştırmamızda benzer sonuçlar vermiştir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken bir ayrıntı kullanılan sitrik asit konsantrasyonunun yüksekliğidir (Eldeniz ve ark., 2005).

Muana ve ark., konfokal lazer mikroskobu ile yüzey pürüzlülüğü incelemesi yapmıştır. Çalışmada her grup 1 dakika süreyle EDTA (%17), sitrik asit (%10), fitik asit (IP6) (%1) ve fosforik asit (PA) (%37) solüsyonlarında bekletilmiştir. Irrigasyon solüsyonları mikrofırçalar yardımıyla ajite edilmiştir, böylece solüsyonların etkinliklerini daha iyi gösterebileceği düşünülmüştür. Her bir kesitin 3 farklı yüzeyinden analiz yapılmıştır (Muana ve ark., 2020). Kontrol grubu ile kıyaslandığında tüm deney grupları

yüzey pürüzlülüğünde anlamlı farklar ile sonuç vermiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri en düşükten en yükseğe olarak sırasıyla; EDTA, CA, IP6 ve PA grupları şeklinde izlenmiştir. Bu araştırma bizim çalışmamızla bir takım benzer sonuçlarla birlikte, tartışmalı sonuçlar da bulundurmaktadır. Bizim araştırmamızda EDTA, fitik asit ve sitrik asit benzer sonuçlar verirken bu araştırmada birbirinden farklı değerler göstermektedir. Bu araştırmada fosforik asit kullanımı beklendiği üzere yüzey pürüzlülüğünü en yüksek derecede arttırmıştır. Ayrıca araştırmada bekleme süresi oldukça kısa tutulmuştur (1 dakika). Ancak aynı zamanda irrigasyon solüsyonlarının etkinliği mikrofırçalarla desteklenmiştir (Muana ve ark., 2020).

Fitik asitin etkisini daha iyi anlayabilmek adına farklı konsantrasyonlarda ve sürelerde bu solüsyonun etkisini daha fazla araştırmak gerekmektedir. Bu şekilde fitik asitin dentin üzerindeki etkilerini değerlendirmek, kök kanalı tedavisi sırasında dentine bağlanma ve sızdırmazlık üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak mümkün olacaktır.

Ari ve ark. zararsız bir irrigasyon solüsyonunun daha iyi bir kök kanalı dolgusu sağlayacağını düşünmüştür. Bu sebeple kök kanalı irrigasyonunda daha az pürüzlülüğe sebep olacak ajanların kullanımını önermiştir. Yapılan çalışmada antibakteriyel etki araştırılmamış ve kök dentini üzerinde en az yapısal değişiklik gösteren solüsyonun en güvenilir ajan olacağı savunulmuştur (Ari ve ark., 2004). Ancak bu bakış açısı başarılı bir kök kanalı tedavisi için yeterli değildir. Endodontik başarı için birçok parametre dengeli bir şekilde sağlanmalıdır (Haapasalo ve ark., 2014; Heling & Chandler, 1996). İrrigasyon ajanlarının kök dentini yüzeyinde yaptığı değişimler söz konusu olduğunda bilinmesi gereken bir başka özellik ise kök kanalı hazırlığı sonrası uygulanacak kanal dolgu materyallerinin dentin yüzeyi ile adezyonunun daha iyi sağlanabilmesi açısından pürüzlü bir yüzeyin gerektiğidir. Kök kanalı tedavisinde sağlanan yüzey pürüzlülüğündeki artış, bu materyallerin kök dentini dokularına mikromekanik olarak bağlanmasında klinik fayda sağlayabilir (Ballal ve ark., 2010; Eldeniz ve ark., 2005). İleride yapılacak araştırmalarda sadece farklı irrigasyon rejimlerinin dentin yapısı üzerindeki etkisinin değil, aynı zamanda bu protokollerin rekontaminasyonlarda bakterilerin ve kök kanalı patlarının kanal duvarlarına adezyonu üzerindeki etkisinin de değerlendirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbott, P., ve ark. (1991). An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *International endodontic journal*, 24(6), 308-316.
- Abbott, P. V., ve ark. (1989). Barriers to diffusion of Ledermix® paste in radicular dentine. *Dental Traumatology*, 5(2), 98-104.
- Abou-Rass, M., & Piccinino, M. V. (1982). The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 54(3), 323-328.
- Ali, M., ve ark. (2010). Phytic acid: How far have we come? *African Journal of Biotechnology*, 9(11), 1551-1554.
- Ali Mozayeni, M., ve ark. (2009). Effect of 17% EDTA and MTAD on intracanal smear layer removal: A scanning electron microscopic study. *Australian Endodontic Journal*, 35(1), 13-17.
- Angker, L., ve ark. (2005). Characterising the micro-mechanical behaviour of the carious dentine of primary teeth using nano-indentation. *Journal of Biomechanics*, 38(7), 1535-1542.
- Ari, H., & Erdemir, A. (2005). Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique. *Journal of endodontics*, 31(3), 187-189.
- Ari, H., ve ark. (2004). Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *Journal of endodontics*, 30(11), 792-795.
- Ates, M., ve ark. (2005). The effect of calcium chelating or binding agents on *Candida albicans*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 100(5), 626-630.
- Augusto, C. M., ve ark. (2021). Influence of the use of chelating agents as final irrigant on the push-out bond strength of epoxy resin-based root canal sealers: A systematic review. *Australian Endodontic Journal*.
- Baldasso, F. E. R., ve ark. (2017). Evaluation of the effect of four final irrigation protocols on root canal dentin components by polarized light microscopy and scanning electron microscopy. *Microscopy research and technique*, 80(12), 1337-1343.
- Ballal, N. V., ve ark. (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. *Journal of endodontics*, 35(11), 1573-1576.
- Ballal, N. V., ve ark. (2009). A comparative in vitro evaluation of cytotoxic effects of EDTA and maleic acid: root canal irrigants. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 108(4), 633-638.
- Ballal, N. V., ve ark. (2010). Evaluation of the effect of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on the microhardness and surface roughness of human root canal dentin. *Journal of endodontics*, 36(8), 1385-1388.
- Barbosaa, A. F. S., ve ark. (2020). Comparative Effect of Rotary Microbrush Combined with Different Chemical Irrigants on Root Dentine Microhardness, Roughness and Bond Strength to an Epoxy-based Sealer. *Oral Health Prev Dent*, 18, 555-562.
- Basrani, B., & Haapasalo, M. (2012). Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic topics*, 27(1), 74-102.

- Basrani, B., & Haapasalo, M. (2014). Topical disinfectants for root canal irrigation. *Disinfection of Root Canal Systems: The Treatment of Apical Periodontitis*, 109-140.
- Basrani, B. R., ve ark. (2007). Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *Journal of endodontics*, 33(8), 966-969.
- Baumgartner, J. C., & Cuenin, P. R. (1992). Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *Journal of endodontics*, 18(12), 605-612.
- Baumgartner, J. C., & Ibay, A. C. (1987). The chemical reactions of irrigants used for root canal debridement. *Journal of endodontics*, 13(2), 47-51.
- Baumgartner, J. C., & Mader, C. L. (1987). A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of endodontics*, 13(4), 147-157.
- Becking, A. G. (1991). Complications in the use of sodium hypochlorite during endodontic treatment: report of three cases. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 71(3), 346-348.
- Bergmans, L., ve ark. (2006). Bactericidal effect of Nd: YAG laser irradiation on some endodontic pathogens ex vivo. *International endodontic journal*, 39(7), 547-557.
- Berutti, E., ve ark. (1997). Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *Journal of endodontics*, 23(12), 725-727.
- Boutsioukis, C., ve ark. (2010). The effect of root canal taper on the irrigant flow: evaluation using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *International endodontic journal*, 43(10), 909-916.
- Boutsioukis, C., ve ark. (2009). Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a computational fluid dynamics study. *International endodontic journal*, 42(2), 144-155.
- Bowden, J. R., ve ark. (2006). Life-threatening airway obstruction secondary to hypochlorite extrusion during root canal treatment. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 101(3), 402-404.
- Bra, M., & Johnson, G. (1974). Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. *The Journal of prosthetic dentistry*, 31(4), 422-430.
- Bramante, C. M., ve ark. (2012). Efficacy of the NaviTip FX irrigation needle in removing calcium hydroxide from root canal. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 4(4), e226.
- Byström, A., ve ark. (1985). The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Dental Traumatology*, 1(5), 170-175.
- Byström, A., & Sundqvist, G. (1983). Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 55(3), 307-312.
- Calt, S., & Serper, A. (2002). Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of endodontics*, 28(1), 17-19.
- Caron, G., ve ark. (2010). Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *Journal of endodontics*, 36(8), 1361-1366.
- Carrigan, P. J., ve ark. (1984). A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. *Journal of endodontics*, 10(8), 359-363.
- Castellucci, A. (2004). A brief history of endodontics. *Castelluci A. Endodontics. Il Tridente, Firenze*, 2-5.

- Cergneux, M., ve ark. (1987). The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *International endodontic journal*, 20(5), 228-232.
- Chia, M. S. Y., ve ark. (2020). Effect of QMix irrigant in removal of smear layer in root canal system: a systematic review of in vitro studies. *Restorative dentistry & endodontics*, 45(3).
- Cohen, S., ve ark. (1970). The effects of acids, alkalies, and chelating agents on dentine permeability. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 29(4), 631-634.
- Cruz-Filho, A. M., ve ark. (2011). Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *Journal of endodontics*, 37(3), 358-362.
- Çalt, S., & Serper, A. (2000). Smear layer removal by EGTA. *Journal of endodontics*, 26(8), 459-461.
- Çelik, K., & Belli, S. Kök Kanal Tedavilerinde Başarısızlık Sebepleri. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 33(1), 6-12.
- Dai, L., ve ark. (2011). The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *Journal of endodontics*, 37(1), 80-84.
- Darda, S., ve ark. (2014). An in-vitro evaluation of effect of EDTAC on root dentin with respect to time. *Journal of international oral health: JIOH*, 6(2), 22.
- De-Deus, G., ve ark. (2007). Dentin demineralization when subjected to BioPure MTAD: a longitudinal and quantitative assessment. *Journal of endodontics*, 33(11), 1364-1368.
- De-Deus, G., ve ark. (2006). Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *International endodontic journal*, 39(5), 401-407.
- De-Deus, G., ve ark. (2006). Real-time atomic force microscopy of root dentine during demineralization when subjected to chelating agents. *International endodontic journal*, 39(9), 683-692.
- de Almeida Rodrigues, P., ve ark. (2019). Effects of Different NaOCl Concentrations Followed by 17% EDTA on Dentin Permeability. *The journal of contemporary dental practice*, 20(7), 839.
- de Gregorio, C., ve ark. (2009). Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study. *Journal of endodontics*, 35(6), 891-895.
- de Macedo, H. S., ve ark. (2015). Effect of Nd: YAG (1064-nm) and diode laser (980-nm) EDTA agitation on root dentin ultrastructure properties. *Photomedicine and laser surgery*, 33(7), 349-356.
- Desai, P., & Himel, V. (2009). Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *Journal of endodontics*, 35(4), 545-549.
- Dineshkumar, M. K., ve ark. (2012). Effect of ethylene diamine tetra-acetic acid, MTAD™, and HEBP as a final rinse on the microhardness of root dentin. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 15(2), 170.
- Doğan, H., & Çalt, S. (2001). Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *Journal of endodontics*, 27(9), 578-580.
- Dotto, L., ve ark. (2020). Effect of root canal irrigants on the mechanical properties of endodontically treated teeth: a scoping review. *Journal of endodontics*, 46(5), 596-604. e593.
- Elbahary, S., ve ark. (2020). Effects of different irrigation protocols on dentin surfaces as revealed through quantitative 3D surface texture analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 1-9.

- Eldeniz, A. U., ve ark. (2005). Effect of EDTA and citric acid solutions on the microhardness and the roughness of human root canal dentin. *Journal of endodontics*, 31(2), 107-110.
- Erdemir, A., ve ark. (2004). Effect of the gutta-percha solvents on the microhardness and the roughness of human root dentine. *Journal of oral rehabilitation*, 31(11), 1145-1148.
- Estrela, C., ve ark. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal*, 13, 113-117.
- Evans, M., ve ark. (2002). Mechanisms involved in the resistance of *Enterococcus faecalis* to calcium hydroxide. *International endodontic journal*, 35(3), 221-228.
- Eymirli, A., ve ark. (2017). Effect of laser-activated irrigation with ethylene diaminetetraacetic acid and phytic acid on the removal of calcium hydroxide and triple antibiotic paste from root dentin. *Photomedicine and laser surgery*, 35(1), 43-48.
- Fardai, O., & Turnbull, R. S. (1986). A review of the literature on use of chlorhexidine in dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 112(6), 863-869.
- Farina, M., ve ark. (1999). Atomic force microscopy study of tooth surfaces. *Journal of structural biology*, 125(1), 39-49.
- Farzaneh, S., ve ark. (2018). Effect of two different concentrations of sodium hypochlorite on postoperative pain following single-visit root canal treatment: a triple-blind randomized clinical trial. *International endodontic journal*, 51, e2-e11.
- Ferrer-Luque, C. M., ve ark. (2010). Antimicrobial activity of maleic acid and combinations of cetrime with chelating agents against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Journal of endodontics*, 36(10), 1673-1675.
- Ferrer-Luque, C. M., ve ark. (2015). Antimicrobial residual effects of irrigation regimens with maleic acid in infected root canals. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 22(1), 1-5.
- Fidalgo, T. K. d. S., ve ark. (2010). Inhibitory activity of root canal irrigants against *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis* and *Staphylococcus aureus*. *Brazilian oral research*, 24, 406-412.
- Frough-Reyhani, M., ve ark. (2016). Antimicrobial efficacy of different concentration of sodium hypochlorite on the biofilm of *Enterococcus faecalis* at different stages of development. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 8(5), e480.
- Gandhi, S. A., ve ark. (2020). A Comparative Evaluation of Phytic Acid as Final Rinse Solution with Other Chelating Agents for Elimination of Intraradicular Smear: A Scanning Electron Microscopy Study. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 12(Suppl 1), S576.
- Girard, S., ve ark. (2005). Assessment of a gel-type chelating preparation containing 1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate. *International endodontic journal*, 38(11), 810-816.
- Goldberg, F., & Abramovich, A. (1977). Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *Journal of endodontics*, 3(3), 101-105.
- Goldberg, F., ve ark. (1986). Effect of irrigation solutions on the filling of lateral root canals. *Dental Traumatology*, 2(2), 65-66.
- Goldberg, F., & Spielberg, C. (1982). The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 53(1), 74-77.

- Goldman, M., ve ark. (1982). The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. *Journal of endodontics*, 8(11), 487-492.
- Golob, B. S., ve ark. (2017). Efficacy of photon-induced photoacoustic streaming in the reduction of *Enterococcus faecalis* within the root canal: different settings and different sodium hypochlorite concentrations. *Journal of endodontics*, 43(10), 1730-1735.
- Gomes, B. P., ve ark. (2013). Chlorhexidine in endodontics. *Brazilian dental journal*, 24, 89-102.
- Goodis, H. E. (2006). Commentary on: Filling root canals in three dimensions. *Journal of endodontics*, 32(4), 279-280.
- Graf, E. (1983). Applications of phytic acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 60(11), 1861-1867.
- Haapasalo, M., ve ark. (2005). Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic topics*, 10(1), 77-102.
- Haapasalo, M., ve ark. (2012). Irrigation: beyond the smear layer. *Endodontic topics*, 27(1), 35-53.
- Haapasalo, M., ve ark. (2014). Irrigation in endodontics. *British dental journal*, 216(6), 299-303.
- Hara, A. T., ve ark. (2004). Influence of the mineral content and morphological pattern of artificial root caries lesion on composite resin bond strength. *European journal of oral sciences*, 112(1), 67-72.
- Haznedaroğlu, F. (2003). Efficacy of various concentrations of citric acid at different pH values for smear layer removal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 96(3), 340-344.
- Hegggers, J. P., ve ark. (1991). Bactericidal and wound-healing properties of sodium hypochlorite solutions: the 1991 Lindberg Award. *The Journal of burn care & rehabilitation*, 12(5), 420-424.
- Heithersay, G. S. (1975). Calcium hydroxide in the treatment of pulpless teeth with associated pathology. *International endodontic journal*, 8(2), 74-93.
- Heling, I., & Chandler, N. P. (1996). The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *Journal of endodontics*, 22(5), 257-259.
- Ho, S. P., ve ark. (2009). Structure, chemical composition and mechanical properties of human and rat cementum and its interface with root dentin. *Acta biomaterialia*, 5(2), 707-718.
- Hu, X., ve ark. (2010). Effects of irrigation solutions on dentin wettability and roughness. *Journal of endodontics*, 36(6), 1064-1067.
- Huang, L., ve ark. (2020). Nanoscale chemical and mechanical heterogeneity of human dentin characterized by AFM-IR and bimodal AFM. *Journal of advanced research*, 22, 163-171.
- Hülsmann, M., ve ark. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International endodontic journal*, 36(12), 810-830.
- Jagzap, J. B., ve ark. (2017). Effectiveness of three different irrigants-17% ethylenediaminetetraacetic acid, Q-MIX, and phytic acid in smear layer removal: A comparative scanning electron microscope study. *Contemporary clinical dentistry*, 8(3), 459.
- Jeansonne, M. J., & White, R. R. (1994). A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *Journal of endodontics*, 20(6), 276-278.

- Johns, D. A., ve ark. (2014). Clinical and radiographical evaluation of the healing of large periapical lesions using triple antibiotic paste, photo activated disinfection and calcium hydroxide when used as root canal disinfectant. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 6(3), e230.
- Jose, J., ve ark. (2016). Comparative evaluation of antimicrobial activity of QMiX, 2.5% Sodium Hypochlorite, 2% Chlorhexidine, Guava Leaf extract and Aloe vera extract against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*—An in-vitro Study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 10(5), ZC20.
- Kahn, F. H., ve ark. (1995). An in vitro evaluation of the irrigating characteristics of ultrasonic and subsonic handpieces and irrigating needles and probes. *Journal of endodontics*, 21(5), 277-280.
- KALÇAY, M., & TINAZ, A. C. (2018). Effects of different concentrations of phytic acid on smear layer removal and erosion. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 28(3), 341-347.
- Kamble, A. B., ve ark. (2017). Scanning electron microscopic evaluation of efficacy of 17% ethylenediaminetetraacetic acid and chitosan for smear layer removal with ultrasonics: an in vitro study. *Contemporary clinical dentistry*, 8(4), 621.
- Kandaswamy, D., & Venkateshbabu, N. (2010). Root canal irrigants. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 13(4), 256.
- Kanter, V., ve ark. (2011). A quantitative and qualitative analysis of ultrasonic versus sonic endodontic systems on canal cleanliness and obturation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 112(6), 809-813.
- Karale, R., ve ark. (2016). Effect of dentin on the antimicrobial efficacy of 3% sodium hypochlorite, 2% chlorhexidine, 17% ethylenediaminetetraacetic acid, and 18% etidronic acid on *Candida albicans*: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 19(5), 455.
- Kaushal, R., ve ark. (2020). A comparative evaluation of smear layer removal by using ethylenediamine tetraacetic acid, citric acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 23(1), 71.
- Keine, K. C., ve ark. (2020). Peracetic acid as a single endodontic irrigant: effects on microhardness, roughness and erosion of root canal dentin. *Microscopy research and technique*, 83(4), 375-380.
- Kurzmann, C., ve ark. (2020). The efficacy of ultrasonic and PIPS (photon-induced acoustic streaming) irrigation to remove artificially placed dentine debris plugs out of an artificial and natural root model. *Lasers in medical science*, 35(3), 719-728.
- Leonardo, M. R., ve ark. (2005). Er: YAG laser: antimicrobial effects in the root canals of dogs' teeth with pulp necrosis and chronic periapical lesions. *Photomedicine and Laser Therapy*, 23(3), 295-299.
- Lima, K. C., ve ark. (2001). Susceptibilities of *Enterococcus faecalis* biofilms to some antimicrobial medications. *Journal of endodontics*, 27(10), 616-619.
- Linde, A., & Goldberg, M. (1993). Dentinogenesis. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 4(5), 679-728.
- Loel, D. A. (1975). Use of acid cleanser in endodontic therapy. *The Journal of the American Dental Association*, 90(1), 148-151.
- Lui, J.-N., ve ark. (2007). Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer. *Journal of endodontics*, 33(4), 472-475.

- Luttrell, B. (1993). The biological relevance of the binding of calcium ions by inositol phosphates. *Journal of Biological Chemistry*, 268(3), 1521-1524.
- Lynch, C., & Burke, F. (2002). Incomplete tooth fracture following root-canal treatment: a case report. *International endodontic journal*, 35(7), 642-646.
- Lynch, C. D., ve ark. (2006). Pierre Fauchard: the 'father of modern dentistry'. *British dental journal*, 201(12), 779-781.
- Machado, R., ve ark. (2018). Evaluation of 17% EDTA and 10% citric acid in smear layer removal and tubular dentin sealer penetration. *Microscopy research and technique*, 81(3), 275-282.
- Mancini, M., ve ark. (2009). A comparative study of smear layer removal and erosion in apical intraradicular dentine with three irrigating solutions: a scanning electron microscopy evaluation. *Journal of endodontics*, 35(6), 900-903.
- Mandras, N., ve ark. (2020). Influence of Photon-Induced Photoacoustic Streaming (PIPS) on Root Canal Disinfection and Post-Operative Pain: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 9(12), 3915.
- Marshall Jr, G., ve ark. (1995). Atomic force microscopy of conditioning agents on dentin. *Journal of biomedical materials research*, 29(11), 1381-1387.
- McComb, D., & Smith, D. C. (1975). A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of endodontics*, 1(7), 238-242.
- Mjör, I., & Nordahl, I. (1996). The density and branching of dentinal tubules in human teeth. *Archives of oral biology*, 41(5), 401-412.
- Mohammadi, Z., ve ark. (2019). Smear layer removing ability of root canal irrigation solutions: a review. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 20(3), 395-402.
- Moon, Y.-M., ve ark. (2012). Effect of laser-activated irrigation of 1320-nanometer Nd: YAG laser on sealer penetration in curved root canals. *Journal of endodontics*, 38(4), 531-535.
- Moon, Y.-M., ve ark. (2010). Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *Journal of endodontics*, 36(4), 732-736.
- Morago, A., ve ark. (2019). Dentine tubule disinfection by different irrigation protocols. *Microscopy research and technique*, 82(5), 558-563.
- Moritz, A., ve ark. (1997). In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence international*, 28(3).
- Muana, H. L., ve ark. (2020). Effect of smear layer removal agents on the microhardness and roughness of radicular dentin. *The Saudi Dental Journal*.
- Nassar, M., ve ark. (2015). Phytic acid: an alternative root canal chelating agent. *Journal of endodontics*, 41(2), 242-247.
- Nielsen, B. A., & Baumgartner, J. C. (2007). Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *Journal of endodontics*, 33(5), 611-615.
- Nikhil, V., ve ark. (2016). Effect of phytic acid, ethylenediaminetetraacetic acid, and chitosan solutions on microhardness of the human radicular dentin. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 19(2), 179.
- Niu, W., ve ark. (2002). A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *International endodontic journal*, 35(11), 934-939.
- Nunes, V. H., ve ark. (2008). Adhesion of Epiphany and AH Plus sealers to human root dentin treated with different solutions. *Brazilian dental journal*, 19(1), 46-50.

- Oliveira, K. V. d., ve ark. (2017). Effectiveness of different final irrigation techniques and placement of endodontic sealer into dentinal tubules. *Brazilian oral research*, 31.
- Olivieri, J. G., ve ark. (2016). Effect of manual dynamic activation with citric acid solutions in smear layer removal: A scanning electron microscopic evaluation. *Journal of dental sciences*, 11(4), 360-364.
- Orlowski, N. B., ve ark. (2020). Smear Layer Removal Using Passive Ultrasonic Irrigation and Different Concentrations of Sodium Hypochlorite. *Journal of endodontics*, 46(11), 1738-1744.
- Öztekin, F., & Adıgüzel, Ö. (2019). The effects of different irrigation agents on root canal dentine micro-hardness and surface roughness. *International Dental Research*, 9(1), 16-21.
- Pantoja, C. A. d. M. S., ve ark. (2018). Influence of ethanol on dentin roughness, surface free energy, and interaction between AH Plus and root dentin. *Brazilian oral research*, 32.
- Paragliola, R., ve ark. (2010). Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. *Journal of endodontics*, 36(2), 282-285.
- Park, E., ve ark. (2013). Apical pressure and extent of irrigant flow beyond the needle tip during positive-pressure irrigation in an in vitro root canal model. *Journal of endodontics*, 39(4), 511-515.
- Pascon, F. M., ve ark. (2009). Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *Journal of dentistry*, 37(12), 903-908.
- Pashley, D. H. (1992). Smear layer: Overview of structure and function. *Proceedings of the Finnish Dental Society. Suomen Hammaslaakariseuran toimituksia*, 88, 215-224.
- Pashley, D. H., ve ark. (1981). Dentin permeability: effects of smear layer removal. *The Journal of prosthetic dentistry*, 46(5), 531-537.
- Patterson, S. S. (1963). In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 16(1), 83-103.
- Peng, L., ve ark. (2007). Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *Journal of endodontics*, 33(2), 106-109.
- Pérez-Heredia, M., ve ark. (2006). The effectiveness of different acid irrigating solutions in root canal cleaning after hand and rotary instrumentation. *Journal of endodontics*, 32(10), 993-997.
- Peters, O. A. (2004). Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of endodontics*, 30(8), 559-567.
- Plotino, G., ve ark. (2016). New technologies to improve root canal disinfection. *Brazilian dental journal*, 27, 3-8.
- Plotino, G., ve ark. (2019). Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *Journal of Applied Oral Science*, 27.
- Plotino, G., ve ark. (2007). Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *Journal of endodontics*, 33(2), 81-95.
- Prado, M., ve ark. (2011). Scanning electron microscopic investigation of the effectiveness of phosphoric acid in smear layer removal when compared with EDTA and citric acid. *Journal of endodontics*, 37(2), 255-258.

- Puvvada, S., ve ark. (2017). Comparative assessment of chelating and antimicrobial efficacy of phytic acid alone and in combination with other irrigants. *Internat J Appl Dental Sci*, 3(2), 19e22.
- Qian, W., ve ark. (2011). Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *Journal of endodontics*, 37(10), 1437-1441.
- Raboy, V. (2003). myo-Inositol-1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakisphosphate. *Phytochemistry*, 64(6), 1033-1043.
- Rotstein, I., ve ark. (1996). Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *Journal of endodontics*, 22(1), 23-26.
- Rugar, D., & Hansma, P. (1990). Atomic force microscopy. *Physics today*, 43(10), 23-30.
- Sabins, R. A., ve ark. (2003). A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of endodontics*, 29(10), 674-678.
- Sayin, T. C., ve ark. (2007). Calcium loss from root canal dentin following EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl treatment with or without subsequent NaOCl irrigation. *Journal of endodontics*, 33(5), 581-584.
- Scelza, M. F. Z., ve ark. (2003). Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 95(2), 234-236.
- Seidberg, B. H., & Schilder, H. (1974). An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 37(4), 609-620.
- Sen, B. H., ve ark. (2000). The effect of ethylenediamine-tetraacetic acid on *Candida albicans*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 90(5), 651-655.
- Shabahang, S., & Torabinejad, M. (2003). Effect of MTAD on *Enterococcus faecalis*-contaminated root canals of extracted human teeth. *Journal of endodontics*, 29(9), 576-579.
- Shahravan, A., ve ark. (2007). Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of endodontics*, 33(2), 96-105.
- Shamsuddin, A. M., ve ark. (1992). Effects of inositol hexaphosphate on growth and differentiation in K-562 erythroleukemia cell line. *Cancer letters*, 64(3), 195-202.
- Shamsuddin, A. M., ve ark. (1996). Novel anti-cancer functions of IP6: growth inhibition and differentiation of human mammary cancer cell lines in vitro. *Anticancer research*, 16(6A), 3287-3292.
- Singla, M. G., ve ark. (2011). MTAD in endodontics: an update review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 112(3), e70-e76.
- Siqueira Jr, J., ve ark. (1997). Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro. *International endodontic journal*, 30(4), 279-282.
- Siqueira Jr, J. F., ve ark. (2000). Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of endodontics*, 26(6), 331-334.
- Sousa-Neto, M., ve ark. (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. *International endodontic journal*, 38(12), 866-870.
- Sreedev, C. P., ve ark. (2020). Influence of different types of root canal irrigation regimen on resin-based sealer penetration and pushout bond strength. *Cureus*, 12(4).

- Stojicic, S., ve ark. (2012). Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *International endodontic journal*, 45(4), 363-371.
- Stojicic, S., ve ark. (2010). Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *Journal of endodontics*, 36(9), 1558-1562.
- Szwergold, B. S., ve ark. (1987). Observation of inositol pentakis- and hexakis-phosphates in mammalian tissues by ^{31}P NMR. *Biochemical and biophysical research communications*, 149(3), 874-881.
- Şen, B. H., ve ark. (2009). The effect of different concentrations of EDTA on instrumented root canal walls. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 108(4), 622-627.
- Tartari, T., ve ark. (2018). Analysis of the effects of several decalcifying agents alone and in combination with sodium hypochlorite on the chemical composition of dentine. *International endodontic journal*, 51, e42-e54.
- Tartari, T., ve ark. (2013). Etidronate from medicine to endodontics: effects of different irrigation regimes on root dentin roughness. *Journal of Applied Oral Science*, 21, 409-415.
- Teixeira, C., ve ark. (2005). The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *International endodontic journal*, 38(5), 285-290.
- Thaler, A., ve ark. (2008). Influence of tooth age and root section on root dentine dye penetration. *International endodontic journal*, 41(12), 1115-1122.
- Tjäderhane, L., ve ark. (2009). Dentin basic structure and composition—an overview. *Endodontic topics*, 20(1), 3-29.
- Tomson, P. L., & Simon, S. R. (2016). Contemporary cleaning and shaping of the root canal system. *Primary dental journal*, 5(2), 46-53.
- Torabinejad, M., ve ark. (2003). The effect of various concentrations of sodium hypochlorite on the ability of MTAD to remove the smear layer. *Journal of endodontics*, 29(4), 233-239.
- Torabinejad, M., ve ark. (2003). A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of endodontics*, 29(3), 170-175.
- Torabinejad, M., ve ark. (2003). The antimicrobial effect of MTAD: an in vitro investigation. *Journal of endodontics*, 29(6), 400-403.
- Tuncel, B., ve ark. (2015). Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Brazilian oral research*, 29, 1-6.
- Unnikrishnan, M., ve ark. (2019). The evaluation of dentin microhardness after use of 17% EDTA, 17% EGTA, 10% citric acid, MTAD used as chelating agents combined with 2.5% sodium hypochlorite after rotary instrumentation: An in vitro SEM study. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 11(Suppl 2), S156.
- Uroz-Torres, D., ve ark. (2010). Effectiveness of the EndoActivator System in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Journal of endodontics*, 36(2), 308-311.
- Verdelis, K., ve ark. (1999). Effect of chelating agents on the molecular composition and extent of decalcification at cervical, middle and apical root dentin locations. *Dental Traumatology*, 15(4), 164-170.
- Verma, N., ve ark. (2019). Effect of different concentrations of sodium hypochlorite on outcome of primary root canal treatment: a randomized controlled trial. *Journal of endodontics*, 45(4), 357-363.

- Wang, L., ve ark. (2017). Effect of application time of maleic acid on smear layer removal and mechanical properties of root canal dentin. *Acta Odontologica Scandinavica*, 75(1), 59-66.
- Wang, T.-F., ve ark. (2017). Effects of different concentrations and exposure time of sodium hypochlorite on the structural, compositional and mechanical properties of human dentin. *Journal of Huazhong University of Science and Technology [Medical Sciences]*, 37(4), 568-576.
- Wang, X., ve ark. (2005). Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomedicine and laser surgery*, 23(6), 575-581.
- Wang, Y., ve ark. (2017). An in vitro study on the efficacy of removing calcium hydroxide from curved root canal systems in root canal therapy. *International journal of oral science*, 9(2), 110-116.
- Wang, Z., ve ark. (2016). Evaluation of root canal dentin erosion after different irrigation methods using energy-dispersive X-ray spectroscopy. *Journal of endodontics*, 42(12), 1834-1839.
- Wayman, B. E., ve ark. (1979). Citric and lactic acids as root canal irrigants in vitro. *Journal of endodontics*, 5(9), 258-265.
- Wiseman, A., ve ark. (2011). Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *Journal of endodontics*, 37(2), 235-238.
- Wu, D., ve ark. (2020). Removal of the root canal smear layer using Carisolv III and sodium hypochlorite. *Medicine*, 99(22), e20372.
- Yadav, H. K., ve ark. (2015). Efficacy of etidronic acid, BioPure MTAD and SmearClear in removing calcium ions from the root canal: An in vitro study. *European journal of dentistry*, 9(04), 523-528.
- Yadav, H. K., ve ark. (2017). A scanning electron microscopic evaluation of the effectiveness of etidronic acid, SmearClear and MTAD in removing the intracanal smear layer. *Journal of dentistry*, 18(2), 118.
- Yamada, R. S., ve ark. (1983). A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating. *J Endodon*, 9, 137-142.
- Yan, W., ve ark. (2019). Contribution of root canal treatment to the fracture resistance of dentin. *Journal of endodontics*, 45(2), 189-193.
- Yesilsoy, C., ve ark. (1995). Antimicrobial and toxic effects of established and potential root canal irrigants. *Journal of endodontics*, 21(10), 513-515.
- Zancan, R. F., ve ark. (2021). A matched irrigation and obturation strategy for root canal therapy. *Scientific Reports*, 11(1), 1-13.
- Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of endodontics*, 32(5), 389-398.
- Zehnder, M., ve ark. (2003). Tissue-dissolution capacity and dentin-disinfecting potential of calcium hydroxide mixed with irrigating solutions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 96(5), 608-613.
- Zehnder, M., ve ark. (2005). Chelation in root canal therapy reconsidered. *Journal of endodontics*, 31(11), 817-820.
- Zelic, K., ve ark. (2014). Nano-structural and compositional basis of devitalized tooth fragility. *Dental materials*, 30(5), 476-486.
- Zhu, W.-c., ve ark. (2013). Anatomy of sodium hypochlorite accidents involving facial ecchymosis—a review. *Journal of dentistry*, 41(11), 935-948.

ETİK KURUL KARARI

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

FARKLI ŞELASYON AJANLARININ KÖK DENTİNİ PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

%**8**

BENZERLİK ENDEKSİ

%**7**

İNTERNET KAYNAKLARI

%**4**

YAYINLAR

%

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1

nek.istanbul.edu.tr:4444

İnternet Kaynağı

%**2**

2

ejfm.trakya.edu.tr

İnternet Kaynağı

%**1**

3

docplayer.biz.tr

İnternet Kaynağı

<%**1**

4

www.turkurolojidergisi.com

İnternet Kaynağı

<%**1**

5

acikerisim.dicle.edu.tr

İnternet Kaynağı

<%**1**

6

dergipark.org.tr

İnternet Kaynağı

<%**1**

7

www.sssjournal.com

İnternet Kaynağı

<%**1**

8

istanbulsaglik.gov.tr

İnternet Kaynağı

<%**1**

9

acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080

İnternet Kaynağı

<%**1**

ÖZGEÇMİŞ

