



T.C.
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**DÖRT FARKLI İRİGASYON AKTİVASYON
YÖNTEMİNİN İÇ REZORPSİYON KAVİTESİ
HAZIRLANMIŞ DIŞLERDE DEBRİS
UZAKLAŞTIRMA ETKİNLİKLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

DİŞ HEKİMİ
VAHİDE HAZAL YARGICI

DANIŞMAN
PROF. DR. RABİA FİGEN KAPTAN

İSTANBUL, 2018

TEZ ONAYI FORMU

Kurum : Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

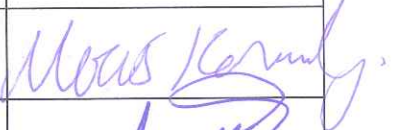



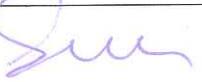
Program : Diş Hekimliği Fakültesi/ Endodonti Anabilim dalı

Tez Başlığı : Dört farklı irigasyon aktivasyon yönteminin iç rezorpsiyon kavitesi hazırlanmış dişlerde debris uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirilmesi

Tez Sahibi : Vahide Hazal Yargıcı

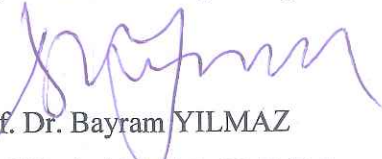
Sınav Tarihi : 20.07.2018

Bu çalışma jürimiz tarafından kapsam ve kalite yönünden Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı, Adı-Soyadı (Kurumu)	İmza
Jüri Başkanı:	Doç. Dr. Meriç Karapınar Kazandağ	
Tez danışmanı:	Prof. Dr. Rabia Figen Kaptan	
Üye:	Prof. Dr. Dilhan İlgü	
Üye:	Prof. Dr. Handan Ersev	
Üye:	Prof. Dr. Sema Yıldırım	

ONAY

Bu tez Yeditepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun 20.07.2018 tarih ve 2018/13-02 sayılı kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Bayram YILMAZ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlamasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarımı ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

20.07.2018

Vahide Hazal Yargıcı

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca ve tez çalışmalarım sırasında, hiçbir zaman benden sevgisini ve desteğini esirgemeyen, her konuda bana tecrübeleri ile doğru yolu gösteren çok kıymetli hocam Sayın **Prof. Dr. Rabia Figen KAPTAN'a**,

Her konuda iyi niyetiyle bana desteğini ve sevgisini esirgemeyen, tecrübeleriyle bana yol gösteren kıymetli hocam **Prof. Dr. Jale Tanalp'e**,

Doktora eğitimine başladığım ilk günden itibaren teorik ve pratik anlamdaengin deneyimlerini paylaşarak bana yardımcı olan değerli hocam **Doç. Dr. Meriç Karapınar Kazandağ'a**,

Yoğun çalışmalarım sırasında bana her zaman moral ve destek veren, gösterdikleri şefkat ile yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım **Doç. Dr. Elif Delve Başer, Dr. Öğr. üyesi Tuba Ayhan, Dr. Öğr. üyesi Emre Övsay** ve sevgili **Dr. Öğr. üyesi Güher Barut'a**,

Eğitimimin önemli kısmını birlikte geçirdiğim, bana her anlamda destek olan sevgili arkadaşım **Dr. Serpil Terzioğlu'na** ve güzel anılar biriktirdiğim, doktora eğitimimin bana kattığı sevgili arkadaşlarım **Sebahat Özler** ve tüm asistan arkadaşlarıma,

Tez çalışmam boyunca benden yardımını esirgemeyen sevgili kıdemlim **Dr.Simay Batırer'e**, her zaman bana güç veren, kıymetli arkadaşlarım **Gizem Türkmen** ve **Ash Tuncer'e**,

Beni her zaman en iyi koşullarda büyütüp yetiştiren, bugünlere gelmemi sağlayan, emeklerini ödeyemeyeceğim biricik annem **Asuman Yargıcı** ve sevgili babam **Adnan Yargıcı** ve canım ablam **Gözde Karadeniz'e**,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI FORMU	ii
BEYAN.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLO LİSTESİ.....	viii
RESİM LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR VE SİMGELER	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kök Kanallarının Temizlenmesinde İrigasyonun Önemi	3
2.1.1. İrigasyonun Amacı ve Etkileri.....	4
2.1.2. İdeal Kök Kanal İrigasyon Solüsyonunun Özellikleri.....	5
2.2. Endodontide Kullanılan İrigasyon Solüsyonları.....	6
2.2.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCI)	7
2.2.1.1. Sodyum Hipokloritin Etki Mekanizması	8
2.2.1.2. Sodyum Hipokloritin Etkinliğini Değiştiren Faktörler	10
2.2.1.3. Sodyum Hipokloritin Dezavantajları	13
2.2.2. Klorheksidin Diglukonat (CHX)	14
2.2.2.1. Klorheksidin Diglukonatın Kanal İçi Medikasyon Amacıyla Kullanımı	15
2.2.2.2. Klorheksidin Diglukonatın Diğer İrigasyon Solüsyonları ile Etkileşimi	16
2.2.3. Yüzey Aktif Ajanı İçeren İrigasyon Solüsyonları	16
2.2.3.1. Deterjan İlaveli İrigasyon Solüsyonları	16
2.2.3.2. Antibiyotik İlaveli İrigasyon Solüsyonları	17

2.2.4. Dekalsifikasyon Yapan Solüsyonlar	17
2.2.4.1. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)	17
2.2.4.2. Sitrik Asit	19
2.2.5. Diğer irigasyon solüsyonları	20
2.3. Smear Tabakası	20
2.4. Dentin Debrisi	22
2.5. Kök Kanalı İrigasyon Yöntemleri	23
2.5.1. Elle Yapılan İrigasyon	23
2.5.1.1. İrigasyon iğnelerinin kullanıldığı geleneksel irigasyon yöntemi	23
2.5.1.2. Fırçalar	25
2.5.1.3. Elle Yapılan Dinamik İrigasyon	26
2.5.2. Makine Destekli İrigasyon Yöntemleri	26
2.5.2.1. Döner başlıklarla beraber kullanılan aletler	26
2.5.2.2. Şekillendirme ile Beraber Sürekli İrigasyon Yapan Sistemler	29
2.5.2.3. Sonik aletler	30
2.5.2.4. Ultrasonik İrigasyon	32
2.5.2.5. Basınç Değişim Sistemleri	36
2.5.3. Lazerler	37
2.5.3.1. Lazer destekli kök kanal dezenfeksiyonu	39
2.5.3.2. Endodontide Yaygın Kullanılan Lazerler	39
2.6. Kök Rezorpsiyonları	44
2.6.1. İç Kök Rezorpsiyonları (İnternal Rezorpsiyon)	45
2.6.1.1. Enflamatuar İç Kök Rezorpsiyonları	47
2.6.1.2. İç Kök Replasman Rezorpsiyonları	50
2.6.2. Dış Kök Rezorpsiyonları (Eksternal Rezorpsiyonlar)	51
2.6.2.1. Yüzeysel Dış Kök Rezorpsiyonları	51
2.6.2.2. Enflamatuar Dış Kök Rezorpsiyonları	51
2.6.2.3. Dış Kök Replasman Rezorpsiyonları	52
3. GEREÇ VE YÖNTEM	54
3.1. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması	54
3.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	55
3.3. Örnek Dişlerin Silikon Blok İçerisine Gömülmesi	58
3.5. Dentin Debrisinin Hazırlanması ve Yerleştirilmesi	60

3.6. Grupların Oluşturulması	63
3.6.1. Geleneksel İşigasyon Yöntemi (Grup 1).....	64
3.6.2. XP-endo Finisher file ile İşigasyon Yöntemi (Grup 2).....	66
3.6.3. Pasif Ultrasonik İşigasyon Yöntemi (Grup 3).....	68
3.6.4. PIPS İşigasyon Aktivasyon Yöntemi (Grup 4).....	70
3.7. Örnek Dişlerin Stereomikroskop Altında İncelenmesi ve Dijital Görüntülerinin Alınması.....	72
3.8. İstatistiksel Değerlendirme:	73
4. BULGULAR.....	74
4.1. Güç Analizi	74
4.2. Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Yöntemlerine İlişkin Bulgular	74
4.2.1. 'Van der Sluis' Skorlama Yöntemi ile Elde Edilen Bulgular	74
4.2.2. Image J Programı ile Yapılan Alan Hesaplamasına İlişkin Bulgular	90
5. TARTIşMA	99
6. SONUÇLAR.....	119
7. KAYNAKLAR	121
8. ÖZGEÇMİş	143

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Kullanılan lazer ışımına göre hedef doku ve ışımın dalga boyları

Tablo 2. Geleneksel irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin irigasyonunda kullanılan; solüsyonunun hacmi, irigasyon süresi ve yönteminin detaylı olarak gösterilmesi(Grup 1)

Tablo 3. XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin irigasyonunda kullanılan; solüsyonun hacmi, irigasyon süresi ve yönteminin detaylı olarak gösterilmesi (Grup 2)

Tablo 4. Pasif ultrasonik irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin irigasyonunda kullanılan; solüsyonun hacmi, irigasyon süresi ve yönteminin detaylı olarak gösterilmesi (Grup 3)

Tablo 5. PIPS irigasyon aktivasyon grubuna ait 20 örnek dişin irigasyonunda kullanılan; solüsyonun hacmi, irigasyon süresi ve yönteminin detaylı olarak gösterilmesi (Grup 4)

Tablo 6. İki gözlemci tarafından kalan debris miktarına ilişkin verilen skorların değerlendirilmesi

Tablo 7. Dört deney grubuna ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris miktarına ilişkin skor değerlerinin Ki kare testi ile değerlendirilmesi

Tablo 8. Dört deney grubuna ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris miktarına ilişkin skor değerlerinin Kruskal Wallis testi ile elde edilen analiz sonuçları

Tablo 9. Dört deney grubuna ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris miktarına ilişkin skor değerlerinin gruplar arası değerlendirilmesi

Tablo 10. Geleneksel irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin, stereomikroskopta X20 büyütme altında, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelerinden alınan 40 adet görüntü

Tablo 11. Geleneksel irigasyon grubuna ait 20 adet örnek dişten (n1-n20) elde edilen 40 adet görüntüye, bağımsız iki gözlemci tarafından verilen skorlar

Tablo 12. XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin, stereomikroskopta X20 büyütme altında, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelerinden alınan 40 adet görüntü

Tablo 13. XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait 20 adet örnek dişten (n21-n40) elde edilen 40 adet görüntüye, bağımsız iki gözlemci tarafından verilen skorlar

Tablo 14. Pasif ultrasonik irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin, stereomikroskopta X20 büyütme altında, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelerinden alınan 40 adet görüntü

Tablo 15. Pasif ultrasonik irigasyon grubuna ait 20 adet örnek dışten (n41-n60) elde edilen 40 adet görüntüye, bağımsız iki gözlemci tarafından verilen skorlar

Tablo 16. PIPS irigasyon grubuna ait 20 örnek dışın, stereomikroskopta X20 büyütme altında, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelelerinden alınan 40 adet görüntü

Tablo 17. PIPS irigasyon aktivasyon grubuna ait 20 adet örnek dışten (n61-n80) elde edilen 40 adet görüntüye, bağımsız iki gözlemci tarafından verilen skorlar

Tablo 18. Image J Programı ile hesaplanan 4 farklı gruba ait kalan debris alanı değerlerinin incelenmesi

Tablo 19. Image J Programı ile hesaplanan, 4 farklı gruba ait kalan debris alanı değerlerinin, Dunn's Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılarak gruplar arası düzeyde incelenmesi

Tablo 20. Geleneksel irigasyon grubuna ait 20 örnek dışın, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelelerinde kalan debrisin, Image J programı kullanılarak piksel sayımı ile gerçekleştirilen 40 adet alan ölçümü

Tablo 21. XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait 20 örnek dışın, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelelerinde kalan debrisin, Image J programı kullanılarak piksel sayımı ile gerçekleştirilen 40 adet alan ölçümü

Tablo 22. PUI grubuna ait 20 örnek dışın, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelelerinde kalan debrisin, Image J programı kullanılarak piksel sayımı ile gerçekleştirilen 40 adet alan ölçümü

Tablo 23. PIPS ile irigasyon grubuna ait 20 örnek dışın, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelelerinde kalan debrisin, Image J programı kullanılarak piksel sayımı ile gerçekleştirilen 40 adet alan ölçümü

RESİM LİSTESİ

- Resim 1.** XP-endo Finisher file'in martensitik faz ve östenit faz halindeki görünümüleri
- Resim 2.** Irrisafe 20-25 mm ultrasonik irigasyon uçları
- Resim 3.** Su içerisindeki eğenin çevresinde meydana gelen akustik dalgalanmanın şematik çizimi
- Resim 4.** PIPS ucunun oluştuğu yapılar (A), PIPS ucunun kullanımı sırasında yalnızca kanal giriş ağzında konumlandırılması (B)
- Resim 5.** Örnek dişlerin kural kısımlarını uzaklaştırmak amacıyla kullanılan elmas separe
- Resim 6.** Kanal giriş açıklığını kontrol etmek için kullanılan #10 K tipi el eğesi
- Resim 7.** Çalışma boyunu ölçmek için kullanılan #15 K tipi el eğesi
- Resim 8.** Çalışma boyunun 16mm olarak ölçülmesi
- Resim 9.** X-Smart Plus endodontik motor
- Resim 10.** ProTaper Universal döner alet eğeleri (S1, S2, F1, F2, F3, F4, F5)
- Resim 11.** 30 gauge yandan delikli NaviTip irigasyon iğnesi
- Resim 12.** NaOCI (%5)
- Resim 13.** EDTA (%5)
- Resim 14.** Örnek dişlerin silikon içerisine gömülmesi için kullanılan metal parça
- Resim 15.** Örnek dişin silikon kalıptaki görüntüsü
- Resim 16.** Orta hattan bukko-palatinal yönde ikiye ayrılan örnek diş
- Resim 17.** Örnek dişin kök ucunun 5mm kural seviyesinde işaretlenmesi
- Resim 18.** 1,6mm çaplı elmas rond frez
- Resim 19.** Yarısı işaretlenmiş, elmas rond frez
- Resim 20.** Her iki yarım dişte, kök ucunun 5mm kuralinde hazırlanmış rezorpsiyon kaviteleri.
- Resim 21.** Hazırlanan dentin tozu
- Resim 22.** Dentin tozu ile %5'lik NaOCI solüsyonunun karıştırılmadan önce belirtilen oranlarda hazırlanışı
- Resim 23.** Dentin tozu ile %5'lik NaOCI solüsyonunun karıştırıldıktan sonra debrisin elde edilmesi
- Resim 24.** Rezorpsiyon kavitesi içerisine dentin debrisinin yerleştirilmesi
- Resim 25.** Mine-sement sınırından ısıtılmış mum ile çevrili, bütün haldeki örnek diş

- Resim 26.** Akışkan kompozit ile separe açıklıklarının kapatılması
- Resim 27.** Kullanılan akışkan kompozitin ışınlanması
- Resim 28.** Örnek dişlerin gömülü olduğu silikon kalıpların numaralandırılması
- Resim 29.** Geleneksel irigasyon grubuna ait örnek dişlerin görüntüsü (Grup 1)
- Resim 30.** Geleneksel irigasyon yönteminin uygulanması
- Resim 31.** XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait örnek dişlerin görüntüsü
(Grup 2)
- Resim 32.** 800 rpm ve 1N tork ayarlı X-Smart Plus endodontik motor
- Resim 33.** Lastik stoper 15mm’de konumlandırılmış XP-endo Finisher file
- Resim 34.** XP-endo Finisher file ile irigasyon yönteminin uygulanması
- Resim 35.** Pasif ultrasonik irigasyon grubuna ait örnek dişlerin görüntüsü (Grup 3)
- Resim 36.** Çalışma boyunun 1mm gerisine stoper yerleştirilen irrifafe uç
- Resim 37.** Irrifafe ucun kullanıldığı piezo ünit cihazı
- Resim 38.** Irrifafe kullanılarak yapılan pasif ultrasonik irigasyon yönteminin uygulanışı
- Resim 39.** PIPS irigasyon aktivasyon grubuna ait örnek dişlerin görüntüsü (Grup 4)
- Resim 40.** PIPS ucu (PIPS 400/14)
- Resim 41.** ER:YAG lazer cihazının PIPS kullanımını için ayarlandığı değerler
- Resim 42.** PIPS irigasyon aktivasyon yönteminin uygulanması
- Resim 43.** Dijital kamera bağlantılı stereomikroskop
- Resim 44.** Örnek dişlerin ayırım hattındaki kompozit materyalin spatül ile uzaklaştırılması
- Resim 45.** Örnek dişlerin tekrar ikiye ayrılması
- Resim 46.** İki gözlemci tarafından skorlama yöntemi ile değerlendirilen rezorpsiyon kavitelerinin örnek görüntüleri (0: kavitenin tamamı boş, 1: kavitenin yarısından azı dolu, 2: kavitenin yarısı veya yarısından fazlası dolu, 3: kavitenin tamamı dolu)
- Resim 47.** Sırasıyla skor 0, 1, 2 ve 3 değerlerini almış örnek görüntülerdeki debris alanlarının, Image J programı kullanılarak ölçülmesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Sodyum hipokloritin etki mekanizması ile meydana gelen ana tepkimelerin şematik diyagramı

Şekil 2. EDTA'nın kimyasal yapısı ve Ca^{+2} ile reaksiyonu

Şekil 3. Dört deney grubuna ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris miktarına ilişkin skor değerlerinin yüzdeli olarak grafik halinde gösterilmesi

Şekil 4. Dört deney grubuna ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris miktarına ilişkin ortalama skor değerlerinin grafik şeklinde gösterilmesi

Şekil 5. Dört farklı deney grubuna ait örnek dişlerin, Image J Programı ile hesaplanan kalan debris alanlarının grafik halinde gösterilmesi

KISALTMALAR VE SİMGELER

ark. : Arkadaşları

ANP: Apikal negatif basınç

CaOH₂: Kalsiyum hidroksit

CA : Sitrik asit

CB : Canal brush

CHX : Klorheksidin Diglukonat

dk : Dakika

EDTA : Etilen diamin tetraasetik asit

Er,Cr:YSGG : Erbiyum, krom: itriyum skandiyum galyum garnet

Er:YAG: Erbiyum: itriyum alüminyum garnet

G: Gauge

gr : Gram

Gİİ: Geleneksel iğne irigasyonu

H⁺: Hidrojen iyonu

H₂O : Su

HOCl⁻ : Hipokloröz asit

İKR: İç Kök Rezorpsiyonu

LAİ: Lazer aktive irigasyon

Micro-CT : Micro-computed tomography

mm : Milimetre

ml : Mililitre

MTA : Mineral trioxide aggregate

MTAD : Mixture of tetrasiklin isomer, acid and detergent

µs: Mikrosaniye

Na⁺: Sodyum iyonu

NaOH : Sodyum hidroksit

NaOCl : Sodyum hipoklorit

Ni-Ti : Nikel titanyum

OCI⁻ : Hipoklorit iyonu

OH⁻ : Hidroksil iyonu

pH : Power of hydrogen

PIPS: Photon induced photoacoustic streaming

PUI : Pasif ultrasonik irigasyon

SAF : Self adjusting file

SEM : Scanning elektron mikroskobu

s : Saniye



ÖZET

Yargıcı, V.H. (2018). Dört farklı irigasyon aktivasyon yönteminin, iç rezorpsiyon kavitesi hazırlanmış dişlerde debris uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirilmesi. Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Amaç: Bu çalışmada, geleneksel irigasyon, pasif ultrasonik irigasyon, XP-endo Finisher file ve PIPS olmak üzere, dört farklı irigasyon aktivasyon yönteminin, in vitro olarak hazırlanmış iç rezorpsiyon kavitelerinden, debris uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Gereç ve Yöntem: 88 adet tek kanallı üst kesici ve kanin insan dişi, Protaper döner eğeler kullanılarak ve son ege F5 (50/0,05) olacak şekilde şekillendirildikten sonra, separe yardımıyla longitudinal olarak ikiye ayrıldı. Ayrılan her bir yarım dişe, su soğutması altında elmas rond frez kullanılarak, standardize iç rezorpsiyon kaviteleri hazırlandı. Başka dişlerden, çelik rond frez kullanılarak elde edilen dentin tozu %5,25'lik sodyum hipoklorit (NaOCI) ile karıştırılarak dentin debris oluşturuldu. Hazırlanan dentin debris, rezorpsiyon kavitelerine yerleştirildi. İkiye ayrılan yarım dişler, silikon kalıpları içerisinde, yeniden bir araya getirilerek akışkan kompozit yardımıyla kök yüzeyindeki separe açıklıkları kapatıldı. Aktivasyon yöntemlerini uygulamak için hazır hale getirilen örnek dişler, 4 ana gruba ayrıldı (n=20): 1) Geleneksel irigasyon yöntemi, 2) PUI, 3) XP-endo Finisher file ile irigasyon, 4) PIPS ile irigasyon yöntemi.

Her bir grupta bulunan örnek dişler, son irigasyonda, eşit sürede NaOCI ile irige edilip; belirtilen yöntemler ile kanal içindeki solüsyon aktive edildi. İrigasyon aktivasyon işlemi tamamlandıktan sonra, örnek dişler silikon kalıplarından çıkarılarak tekrar iki yarım hale getirildi. Her yarım dişe ait rezorpsiyon kaviteleri stereomikroskopta x20 büyütme altında fotoğraflandı. Dijital ortamda kaydedilen fotoğraflar ile örnek dişlerin rezorpsiyon kaviteleri içinde kalan debris miktarları değerlendirildi. Değerlendirme amacıyla, Van der Sluis skorlama yöntemi ve Image J Alan Hesaplama programından yararlanıldı.

Bu çalışmada, istatistiksel analizler için NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 Statistical Software (Utah, USA) paket programı kullanılmıştır. Verilerin

değerlendirilmesinde, normal dağılım gösteren değişkenlerin gruplar arası karşılaştırmalarında; tek yönlü varyans analizi, normal dağılım göstermeyen değişkenlerin, gruplar arası karşılaştırmalarında; Kruskal Wallis testi, alt grup karşılaştırmalarında; Dunn's çoklu karşılaştırma testi, nitel verilerin karşılaştırmalarında ise; ki-kare testi kullanılmıştır. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

Bulgular: Van der Sluis skorlama yöntemi kullanılarak yapılan değerlendirme sonucuna göre; geleneksel irigasyon yönteminin kullanıldığı grupta, kalan debris miktarının en fazla skor değerine sahip olduğu görülmüştür ($p=0,0001$). PIPS grubuna ait kalan debris miktarına ilişkin skor değerinin, PUI ve XP-endo Finisher file gruplarına göre, anlamlı düzeyde daha az görülmüştür ($p < 0,05$). XP-endo Finisher file ile PUI grupları arasında ise, anlamlı bir farka rastlanılmamıştır ($p=0,507$).

Image J alan hesaplama programı kullanılarak elde edilen bulgulara göre; geleneksel irigasyon yönteminin kullanıldığı grupta, diğer yöntemlerden, anlamlı derecede daha fazla kalan debris alanına sahip olduğu görülmüştür ($p=0,0001$). PIPS grubu, XP-endo Finisher file grubundaki örneklere kıyasla daha az miktarda kalan debris alanına sahip bulunmuştur ($p=0,035$). PIPS grubu ile PUI grubu arasında ise, anlamlı bir farka rastlanılmamıştır ($p=0,401$). PUI ile XP-endo Finisher file grupları arasında da anlamlı düzeyde bir farklılığın olmadığı gözlenmiştir ($p=0,648$).

Sonuç: Her iki değerlendirme yöntemi ile elde edilen verilere göre, XP-endo Finisher file, PIPS ve PUI yöntemleri; geleneksel irigasyon yöntemine göre, rezorpsiyon kavitesinden debris uzaklaştırmada daha etkilidir. Image J Alan Hesaplama ve Van der Sluis skorlama yöntemlerinden elde edilen sonuçlar arasında farklılık tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İrigasyon, aktivasyon yöntemleri, iç rezorpsiyon, debris.

SUMMARY

Yargıcı V.H. (2018). Evaluation of debris removal efficacy of four different irrigation activation methods in teeth with artificial internal resorption.

Purpose: Assessment of efficiency of debris removing for four different irrigation activation methods including conventional irrigation, pasive ultrasonic irrigation, XP-endo Finisher file and PIPS on teeth prepared internal resorption cavity is intended in this study.

Material and method: After preparation of 88 single canaled upper anterior teeth by using protaper rotary files as F5 (50. 0,05) will be the last one, were separated longitudinally by using separe. Standard internal resorbtion cavities were prepared on each separeted half tooth by using diamond round bur under water cooling. Dentine particules that acquired from the other teeth by using stell rond frez were mixed with sodium hipochloride (NaOCl) to compose dentine debris. The composed dentine debris were positioned in resorbtion cavities. The separated half teeth were attached each other and the gaps created by separe were closed with liquid composite in their silicone molds. The sample teeth which prepared for practising activation methods divided into 4 main groups (n=20): 1) Conventional irrigation method, 2) irrigation with XP-endo Finisher file, 3) PUI, 4) irrigation with PIPS.

Sample teeth in all groups were irrigated with NaOCl in equal duration at final irrigation and the solution was activated via defined methods. After the irrigation activation procedure was completed, sample teeth were taken out from the silicone molds and separeted to two halves. Then images of the resorbtion cavities were taken at 20x magnification using a digital camera attached to stereomicroscope. Residual debris amount in resorbtion cavities at digital images were evaluated by two examiners who were unaware of the irrigation methods used. Van der Sluis scoring method and Image J Area calculating programme were used for evaluation of residual debris amount.

In the present study, NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 Statistical Software (Utah, USA) package programme was used for statistical analysis. To evaluate datas, Kruskal Wallis test was used for compare differences between groups, Dunn's multiple comparision test was used for compare subgroups and chi-square test was used for compare qualitative datas.

Findings: According to evaluation result achieved by using Van der Sluis scoring method, the residual debris amount of the conventional irrigation group has significantly the highest scores. The score of PIPS group was observed significantly lower than PUI and XP endo Finisher file. No significant difference ($p=0,507$) was observed between XP-endo Finisher file and PUI groups.

According to evaluation result achieved by using Image J programme, the residual debris amount of the conventional irrigation group has significantly the highest scores ($p=0,0001$). The area of residual debris amount of PIPS group was observed significantly lower than XP-endo Finisher file ($p=0,035$). No significant difference ($p=0,401$) was observed between PIPS and PUI groups. No significant difference ($p=0,648$) was observed between PUI and XP-endo Finisher file groups.

Result: According to the data achieved by both of two evaluating methods, XP-endo Finisher file, PIPS and PUI methods are more effective on removing of debris from resorption cavities, than conventional irrigation method. Differences were established between the results of Van der Sluis scoring method and Image J programme.

Key words: Irrigation, activation methods, internal resorption, debris.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Başarılı bir kök kanal tedavisi; pulpa dokusunun, dentin debrisinin ve mikroorganizmaların etkin bir şekilde uzaklaştırılması ile mümkün olmaktadır (1). Biyomekanik preparasyonun temel amacı ise kök kanalını temizlemek, şekillendirmek ve dezenfekte etmektir. Ancak kök kanalını şekillendirme işlemleri sırasında, kök kanalı içerisinde hiç temas edilmemiş alanlar, artık pulpa dokuları, smear tabakası, dentin debris, mikroorganizmalar ve ürünleri kalabilmektedir (2). Sadece mekanik şekillendirme ile son derece karmaşık bir anatomik yapıya sahip olan kök kanal sisteminde yeterli temizliğin sağlanamadığı, kök kanal yüzeylerinde %35'e ulaşan oranlarda ege ile hiç temas etmemiş alanların kalabildiği bilinmektedir (3).

Kök rezorpsiyonu, osteoklastik aktivite sonucunda dişin sert dokularında meydana gelen kayıp olarak tanımlanmaktadır (4). İç kök rezorpsiyonuna sahip kök kanallarındaki düzensizlikler, temizleme ve doldurma esnasında zorluklara yol açabilmektedir (5). Buna neden olarak; kök kanal şekillendirilmesi sırasında oluşan dentin debrisinin rezorpsiyon kavitesi içerisinde birikmesi ve uzaklaştırılmaması gösterilmektedir (6). Kronik enfeksiyonlar, travma ya da pulpa hücrelerinin enflamatuvar reaksiyonları nedeniyle meydana gelen bu sert doku kayıplarının, dişin iç yüzeyinde, dış yüzeyinde veya birbiri ile ilişkili olup olmadığını teşhis edebilmek; doğru tedavi yöntemini belirleyebilmek açısından önemlidir (7). Debrisin rezorpsiyon kaviteleri içerisinde kalması ve uzaklaştırılmaması ise kanal tedavisinin başarısını önemli ölçüde etkilemektedir (6).

İrigasyon solüsyonunun, geleneksel irigasyon yöntemleriyle kanal içerisindeki bu tür düzensizliklere ulaştırılması sınırlı olmaktadır. Bu nedenle, farklı irigasyon aktivasyon yöntemleri kullanılarak; irigasyon solüsyonlarının mekanik olarak aktive edilmesi amaçlanmaktadır (8).

İrigasyon solüsyonlarının mekanik olarak aktivasyonu ile solüsyonun hidrodinamik etkinliği artırılarak, ana kanallar, isthmus, rezorpsiyon kaviteleri, lateral kanallar, apikal delta gibi ulaşılması zor anatomik bölgelerde biriken debrisin uzaklaştırılmasının önemli derecede artırıldığı birçok çalışmada bildirilmiştir (9, 10).

İrrigasyon solüsyonlarının mekanik olarak aktive edilmesi amacıyla; el ile

uygulanan irigasyon yöntemleri, mekanik olarak aletlerle uygulanan irigasyon yöntemleri ve lazerler kullanılmaktadır (11).

Literatürde, iç kök rezorpsiyon kavitesinden debris uzaklaştırılmasına ilişkin oldukça az çalışmanın bulunması, güncel aktivasyon yöntemlerinin giderek önem kazanması ve her geçen gün yeni aktivasyon yöntemlerinin geliştirilmesi, bu çalışmanın planlanmasına neden olmuştur.

Bu çalışmada, geleneksel irigasyon, XP-endo Finisher file, pasif ultrasonik irigasyon (PUI) ve PIPS (Photon Induced Photoacoustic Streaming) ile irigasyon yöntemlerinin, yapay olarak oluşturulmuş iç kök rezorpsiyon kavitelerinden debris uzaklaştırma etkinliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

Kök kanalı tedavisinin amacı, apikal periodontitisin önlenmesi ve oluşmuşsa ortadan kaldırılmasıdır. Bu nedenle, kök kanal enfeksiyonuna neden olan mikroorganizmaların etkili bir şekilde uzaklaştırılması büyük önem taşır. Bunu sağlamak amacıyla, kök kanalı tedavileri kemomekanik bir yaklaşımla gerçekleştirilmektedir (12).

El ya da döner aletler ile kök kanallarının temizlenme ve şekillendirilmesinin ardından, kimyasal yıkama solüsyonları ve kanal içi medikamentler ile kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu ve kanal dolgu malzemeleri kullanılarak, kök kanal sisteminin üç boyutlu olarak hermetik ve sızdırmaz bir biçimde doldurulması, endodontik tedavinin temel aşamalarını oluşturur. Bu aşamaların her birinin ideal bir şekilde gerçekleştirilmesi, kök kanal tedavisinin başarısında büyük önem taşır (13).

Kök kanalı içerisinde bulunan yan kanallar, istmuslar ve iç kök rezorpsiyonu (İKR) gibi kanal içi düzensizlikler nedeniyle, kemomekanik temizlik çoğu zaman yetersiz kalabilmektedir. Özellikle mikroorganizmalarla dolu enfekte debrisin, kök kanal sistemi içerisinde kalması ve uzaklaştırılmaması, kanal tedavisinin prognozu üzerine olumsuz bir etkiye neden olmaktadır (6).

2.1. Kök Kanallarının Temizlenmesinde İrigasyonun Önemi

Pulpa ve periapikal doku hastalıklarının gelişmesinde; kök kanal sistemi içerisine yerleşen mikroorganizmalar, primer etiyolojik etken olarak görülmektedirler (1). Bu nedenle, kök kanal tedavisi sırasında; vital ve nekrotik pulpa artıklarının, mikroorganizmaların ve toksik ürünlerinin kök kanal sisteminden uzaklaştırılması gerekmektedir (2).

Mekanik şekillendirme ile oldukça karmaşık bir anatomik yapıya sahip olan kök kanal sisteminde, %35'e ulaşan oranlarda şekillendirilemeyen ve yeterli temizliğin sağlanamadığı kök kanal yüzeylerinin kaldığı bilinmektedir (14). Bununla birlikte, lateral ve aksesuar kanallar, iç rezorpsiyon kavitesinin dentin yüzeyleri, istmuslar, apikal delta gibi ulaşılması zor alanlar da mekanik olarak şekillendirilememektedir (3).

Günümüzde mekanik şekillendirme için yaygın olarak tercih edilen döner

aletler, kök kanallarında yuvarlak kesitli genişletme yapma eğilimindedirler. Bu yuvarlak kesitli şekillendirme sonucunda, genellikle uzun oval olan kök kanallarının merkezinde ya da merkezin bir tarafında yuvarlak kesitli şekillendirmeler gerçekleştirilmektedir (3, 14).

Mekanik şekillendirme ile ulaşılamayan bu alanlar ve düzensizliklerde kolayca birikebilen debrisin, geleneksel irigasyon yöntemleri ile uzaklaştırılması oldukça zor olmaktadır (15, 16). Bu nedenle etkin bir irigasyonun, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu ve temizlenmesi açısından çok önemli bir unsur olduğu görülmektedir (3, 16).

2.1.1. İrigasyonun Amacı ve Etkileri

Enfekte bir kök kanalında, polimikrobiyal bir topluluk içeren biyofilm tabakası bulunmaktadır. Bu tabaka içinde aerobik, anaerobik, gram pozitif ve gram negatif bakteriler bulunmaktadır (17).

Başarılı bir endodontik tedavi, tüm kök kanal sisteminde bakteriyel biyofilm tabakasının kaldırılmasıyla mümkündür (18). Biyofilm tabakası içerisinde yaşayan mikrobiyal toplulukların; sahip oldukları karakteristik özellikler nedeniyle, antimikrobiyal ajanlar ile yok edilmeleri oldukça zordur (17). Bu nedenle, kök kanalı irigasyon solüsyonlarından (19);

1. Debrisi uzaklaştırması ve kanal duvarını ıslatabilmesi
2. Yapışık biyofilm tabakasını bozabilmesi
3. Organik debrisi çözebilmesi
4. Kanal aletleriyle ulaşılamayan alanlarda dezenfeksiyon sağlayabilmesi
5. Smear tabakasını kaldırarak, dentin kanallarının ağızlarını açabilmesi

beklenmektedir.

İrigasyon solüsyonlarının, belirtilen bu amaçları yerine getirebilmeleri için bazı özellikleri bünyesinde barındırıyor olmaları gerekmektedir (20). İrigasyon solüsyonları sahip olduğu özellikleri sayesinde, kök kanal sistemi içerisinde mekanik, kimyasal ve biyolojik etkiler meydana getirebilmektedirler (21).

Mekanik ve kimyasal etkiler (22):

- Kök kanalı içindeki debrisin uzaklaştırılması
- Lubrikasyonun sağlanması
- Organik ve inorganik doku artıklarının çözünmesi
- Smear tabakasının uzaklaştırılması
- Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında ulaşılamayan alanların temizlenmesi olarak belirtilebilir.

Biyolojik etkiler (22):

- İrigasyon solüsyonlarının biyolojik etkileri, sahip oldukları antimikrobiyal etki ile ilişkilidir.
- Biyofilm içerisindeki anaerobik ve fakültatif mikroorganizmalara karşı etkili olmalıdırlar.
- Mikroorganizmalardan kaynaklanan endotoksinleri inaktive edebilmelidirler.
- Canlı dokularla temasta toksik etki göstermemelidirler.

2.1.2. İdeal Kök Kanal İrigasyon Solüsyonunun Özellikleri

Kemomekanik şekillendirme sırasında ve sonrasında, kök kanallarındaki enfeksiyonu kontrol altına alabilmek amacıyla, irigasyon solüsyonu seçimi büyük önem taşır. Periapikal doku hastalıklarının varlığında, ideal irigasyon solüsyonu biyofilm tabakasını bozabilmeli ve lipopolisakkaritleri (LPS) detoksifiye edebilmeli, aynı zamanda biyoyumlu ve antibakteriyel özellikte olmalıdır (23).

Günümüzde hiç bir irigasyon solüsyonu, istenilen özelliklerin tamamını yerine getirememekte ancak; yüksek antibakteriyel etkisi ve organik doku çözme kapasitesi nedeniyle, NaOCI ilk tercih edilen irigasyon solüsyonu olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (24).

İdeal kök kanalı irigasyon solüsyonunun sahip olması gereken özellikler şu şekilde belirtilmektedir (21, 22).

1. Germisid ve fungusid etkiye sahip olmalı
2. Periapikal dokuları irrite etmemeli
3. Stabilitesini korumalı
4. Uzun süreli antimikrobiyal etkili olmalı ve kullanımdan sonra etkisini sürdürebilmeli
5. Kan, serum ve doku proteinleri karşısında, etkinliğini kaybetmemeli
6. Smear tabakasını tamamen kaldırabilmeli
7. Düşük yüzey gerilimine sahip olmalı
8. Dentin ve dentin kanallarını dezenfekte edebilmeli
9. Periapikal dokuların tamirini olumsuz etkilememeli
10. Diş üzerinde leke oluşturmamalı ve renkleşmeye neden olmamalı.
11. Hücrel immün yanıtı tetiklememeli, non karsinojenik, non-toksik ve non-antijenik olmalı
12. Dentinin fiziksel özelliklerini değiştirmemeli
13. Kanal dolgu materyalinin örtücülük özelliğini bozmamalı
14. Uygulanması kolay olmalı
15. Pahalı olmamalı.

2.2. Endodontide Kullanılan İrigasyon Solüsyonları

Kök kanallarının irigasyonunda kullanılan solüsyonlar:

1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)
2. Klorheksidin diglukonat (CHX)
3. Yüzey aktif ajanı içeren irigasyon solüsyonları

- Deterjan ilaveli irigasyon solüsyonları
- Antibiyotik ilaveli irigasyon solüsyonları

4. Dekalsifikasyon yapan solüsyonlar (Şelasyon ajanları)

- Etilen diamin tetraasetik asit (EDTA)
- Sitrik asit

5. Diğer irigasyon solüsyonları

olarak sınıflandırılabilir (21, 23).

2.2.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Klorin; doğada serbest halde bulunmayıp; sodyum, magnezyum, potasyum ve kalsiyum ile beraber bulunan, bağışıklık sisteminin bir parçası olan nötrofiller tarafından oluşturulan bir komponenttir (24).

Potasyum hipoklorit, üretilen ilk kimyasal klorin solüsyonudur. Hipoklorit solüsyonları ilk olarak beyazlatma ajanları olarak kullanılmıştır. 19.yüzyılın sonlarında ise dezenfekte edici özelliği ile kullanılmaya başlanmıştır (12, 24).

Birinci Dünya Savaşı'nda kimyager Henry Drysdale Dakin ve cerrah Alexis Carrel enfekte yaraları temizlemek için %0,5 sodyum hipoklorit solüsyonu kullanmışlardır (12). 1920'lerde, sodyum hipoklorit, endodontide temel irigasyon ajanı olarak kullanılmaya başlanmıştır (12). Güçlü antibakteriyel etkisi ve proteolitik aktivitesi ile günümüzde bilinen en ideal irigasyon ajanıdır. Diğer ajanlardan farklı olarak nekrotik ve vital pulpa dokusunu ve smear tabakasının organik komponentlerini etkili bir biçimde çözebilme kapasitesine sahiptir (25).

Kloramin-T ve sodyum diklorosiyanat gibi diğer klorin salan ajanlar ise; benzer konsantrasyonlardaki sodyum hipoklorit kadar etkili olmadıklarından, endodontide geniş kullanım alanı bulamamışlardır (12).

Sodyum hipoklorit endodontide en yaygın kullanılan irigasyon solüsyonudur (19). Bunun nedeni ise, farklı irigasyon ajanlarıyla karşılaştırıldığında, üstün antibakteriyel etkinliği ve doku çözücü etkisiyle kök kanalında dezenfeksiyon sağlayabilmesidir (21, 23, 25).

Güçlü antimikrobiyal etkisi, yüksek pH değerine (pH>11) sahip olmasına bağlıdır (26). Silva ve ark.'nın (27) köpek dişleri kullanarak yaptıkları histolojik bir çalışmada, sodyum hipokloritin endotoksin inaktivasyonu sağladığı bildirilmiştir. Tanomaru ve ark.'nın (28) yaptığı bir çalışmada ise sodyum hipokloritin endotoksin inaktivasyonu etkisinin kalsiyum hidroksite göre daha az olduğu bildirilmiştir.

Sodyum hipoklorit, vital ve nekrotik dokular ile smear tabakasının organik kısımlarını çözmede, eşsiz bir kapasiteye sahiptir (26). Proteinleri oksidize ve hidrolize edebilmekte ve kırmızı kan hücrelerinin hemolizine sebep olabilmektedir (29). Dentinin yapısının yaklaşık olarak %20'sinin organik olması nedeniyle sodyum hipoklorit, dentinin fiziksel özelliklerini ve kimyasal yapısını da değiştirebilmektedir (30).

2.2.1.1. Sodyum Hipokloritin Etki Mekanizması

Solüsyon halindeki sodyum hipokloritin, su içerisinde çözündüğünde, aşağıdaki gibi bir denge içerisinde olduğunu bildirilmiştir (31, 32) :



Bu kimyasal reaksiyonun ilk basamağında oluşan sodyum hidroksit; sodyum hipokloritin organik dokuyu parçalayarak; yağ asitleri, tuzları ve gliserolü meydana getirdiği tepkimeyi (saponifikasyon reaksiyonu) indükler. Bu durum, sodyum hipokloritin, kanal içerisindeki yüzey geriliminin düşmesini sağlar (32). Sodyum hidroksit, aynı zamanda aminoasitleri nötralize ederek; su ve tuz meydana gelmesine neden olur (nötralizasyon reaksiyonu).

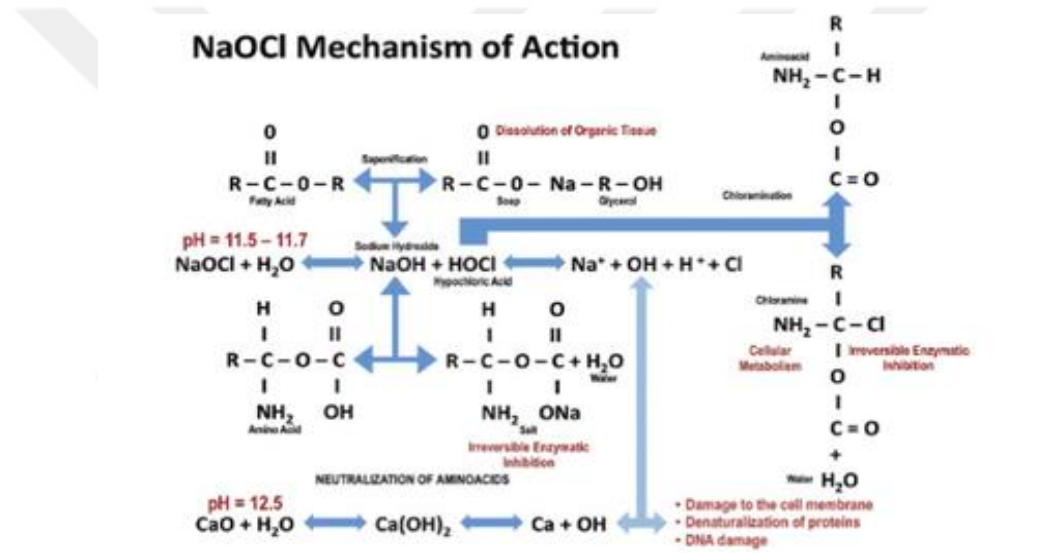
Reaksiyon sonucu meydana gelen bir diğer substrat, hipokloröz asit (HOCl) ise, organik dokuyla temas ettiğinde, çözücü görevi görür ve klorin meydana getirir. Klorinler, güçlü oksidan olup, bakterilerin temel enzimlerini geri dönüşümsüz olarak okside ederek, antibakteriyel etkiyi oluştururlar. Klorinler, proteinlerin amino grubuyla birleşip kloraminleri oluşturur (kloraminasyon reaksiyonu) (32).

HOCl, zayıf bir asit olduğu için, solüsyon içerisinde daha az aktif bir form olan hidrojen ve hipoklorit iyonu (OCI^-) haline dönüşme eğilimindedir (31).



Solüsyonun pH değerindeki değişiklik hipokloröz asit ile hipoklorit iyonu arasındaki bu dengeyi etkilemektedir (24). Yüksek asit ortamında (pH<11), belirtilen reaksiyonlar indüklenerek, NaOCl'in bakteriler üzerindeki yıkıcı etkisi artmaktadır (24, 32).

Sodyum hipoklorit doku proteinleri ile temas ettiğinde nitrojen, formaldehit ve asetaldehit oluşur. Peptit zincirleri bölünür ve proteinler parçalanır, amino grupları içerisindeki hidrojen klorin ile yer değiştirerek kloraminleri meydana getirir (Şekil 1). Kloraminler, antimikrobiyal etkiyi oluştururlar (31).



Şekil 1 : Sodyum hipokloritin etki mekanizması ile meydana gelen ana tepkimelerin şematik diyagramı (31)

Estrela ve ark. (32), sodyum hipokloritin organik dokularla karşılaştığında meydana gelen kimyasal reaksiyonları aşağıdaki şekilde özetlemiştir:

- **Sapnofikasyon Reaksiyonu:** Sodyum hipoklorit, yağ asitlerini parçalayarak asit tuzları ve gliserolün meydana gelmesini sağlar. Bu sayede, solüsyonun yüzey gerilimi düşer.

- **Nötralizasyon Reaksiyonu:** Sodyum hipoklorit, su ve tuz oluşturarak amino asitleri nötralize eder.
- **Hipokloröz Asit Formasyonu:** Klorin suda çözünüp, organik doku ile temas ettiği zaman, hipokloröz asit oluşur. Hipokloröz asit, okside edici zayıf bir asittir ve aminoasitlerin yıkımına ve hidrolizine neden olur.
- **Kloraminasyon Reaksiyonu:** Sodyum hipoklorit, bakteri enzimlerini inhibe edebilen ve güçlü bir antioksidan olan klorin iyonlarını salarak; kloramin meydana getirir. Kloraminler, hücre metabolizmasını yavaşlatırlar. Sodyum hipokloritin, organik dokuyu çözücü etkisinden de sorumludurlar.
- **Yüksek pH:** Sodyum hipoklorit güçlü bir bazdır ($pH > 11$). Sodyum hipokloritin antibakteriyal etkisi yüksek pH'sından kaynaklanır. Bu durum kalsiyum hidroksit mekanizmasına benzerlik gösterir. Yüksek pH, hücre metabolizmasındaki bazı biyosentetik değişimler, geri dönüşümsüz enzim inhibisyonları ve fosfolipit parçalanmaları oluşturarak, hücrenin sitoplazmik membran bütünlüğünün bozulmasına neden olur.

2.2.1.2. Sodyum Hipokloritin Etkinliğini Değiştiren Faktörler

A. Endodontide Kullanılan Sodyum Hipoklorit Konsantrasyonları

Endodontik irigasyon ajanı olarak sodyum hipoklorit %0,5 ile %6 konsantrasyonları arasında kullanılmaktadır (19, 21).

Dakin'in orjinal %0.5'lik sodyum hipoklorit solüsyonu açık yaralar için geliştirilmiştir. Kök kanal sistemi kapalı yara olarak düşünüldüğünden, daha yüksek konsantrasyonlara sahip sodyum hipoklorit solüsyonunun Dakin solüsyonuna kıyasla daha etkili olacağı düşünülmüştür. Sodyum hipokloritin antibakteriyal etkisi ve doku çözme etkinliği, solüsyonun konsantrasyonuna bağlı olmakla beraber konsantrasyondaki farklılıklar solüsyonun toksik etkisini değiştirmektedir (12, 21).

Konsantrasyona bağlı olarak oluşan toksik etkideki artış; ilk olarak, Amerika'da birçok hekim tarafından, ev tipi beyazlatma amacıyla %5.25' lik sodyum hipokloritin kullanımı sonucunda şiddetli irritasyonların görülmesiyle fark edilmiştir.

Sodyum hipokloritin vital dokular üzerinde; hemoliz, epitelyal ülserasyon ve

nekroz gibi toksik etkileri bulunmaktadır. Benzer toksik etki endodontide, irigasyon sırasında solüsyonun periapikal dokulara taşması ya da rubber-dam'dan sızması ile de görülebilmektedir (21). Kök kanal irigasyonu sırasında NaOCl kullanımına bağlı olarak; hastanın kıyafetinin zarar görmesi, solüsyonun hastanın veya diş hekiminin gözüne gelmesi, apikalden NaOCl ekstrüzyonu, alerjik reaksiyonlar ve anestezi solüsyon yerine NaOCl enjekte edilmesi gibi komplikasyonlar gözlenebilmektedir (29).

%3 ve üzeri konsantrasyona sahip sodyum hipoklorit solüsyonunun, dentinin elastikiyet modülünü ve esneklik dayanımını, serum fizyolojiğe göre, belirgin derecede düşürdüğü bildirilmiştir (33). Bunun nedeninin, konsantre hipokloritin dentinin kollajen matriks üzerindeki proteolitik aktivitesi olduğu bilinmektedir (21). Yüksek konsantrasyonlara sahip sodyum hipoklorit solüsyonunun; daha fazla doku çözme etkinliğine sahip olduğu bilinmektedir. Düşük konsantrasyonlardaki sodyum hipoklorit solüsyonlarının, yüksek hacimlerde ve sık sık yenilenerek kullanıldığında, aynı etkinin elde edilebileceği de gösterilmiştir (25, 34). Sirtes ve ark. (34), %1 konsantrasyondaki NaOCl solüsyonunun, endodontik tedavi sırasında pulpa dokusunu çözmek için yeterli olduğunu bildirmişlerdir. Siquera ve ark. (35), kanal içi mikroorganizmaların elimine edilmesinde %5'lik ve %0.5'lik NaOCl solüsyonları arasında anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir.

B. Sodyum Hipokloritin Yeterli Etkinliğe Ulaşması İçin Gereken Süre

Enflamatuar eksüda, doku kalıntıları, nekrotik artıklar ve mikroorganizmalar, sodyum hipokloritin etkinliğini zayıflatmaktadır. Bu nedenle, sürekli irigasyon ve solüsyonun kanal içerisinde kaldığı süre, sodyum hipokloritin etkinliği açısından önemli faktörlerdir (21).

Sodyum hipokloritin antibakteriyel etkisinden ve doku çözme kapasitesinden sorumlu olan klorin; kararsız yapıdadır ve doku çözülmesi sırasında yaklaşık 2 dakika içerisinde hızla tüketilmektedir. Bu yüzden, tedavi boyunca solüsyonun, sürekli yenilenmesi gerekmektedir (36).

C. İrigasyon Sırasında Sodyum Hipoklorit Solüsyonunun Akış Hızı ve Basıncı

İrigasyon solüsyonunun etkin bir kanal temizliği yapılabilmesi için tüm kök kanalı boyunca penetrasyon sağlaması, oldukça önem taşır. İrigasyon solüsyonunun penetrasyonu ve yıkama eylemi (flushing action), kök kanal anatomisine bağlı olmamakla birlikte; irigasyon iğnesinin kanal içerisindeki derinliğine, solüsyon özellikleri ve hacmine, solüsyonun kanal içerisine verilmiş hızı ve basıncına bağlıdır (37).

Boutsioakis ve ark. (38), çalışmalarında 30 gauge'lık enjektörün kullanıldığı geleneksel irigasyon yönteminde; 0.01– 0.26ml/s akış hızı sağlanarak, çalışma boyunun 1mm gerisinde irigasyon yapılması gerektiğini bildirmişlerdir. Çalışmada 0,53-0.79ml/s akış hızı ile, 0,5mm daha ileride solüsyonun türbülans oluşturabileceği, ancak bunun klinik koşullarda ideal olarak sağlanamayacağı bildirilmiştir.

D. Sodyum Hipokloritin Etkinliğinin Arttırılması

Vücut sıcaklığında sıvı içerisinde bulunabilen aktif klor iyonu esasında iki şekilde bulunur: Hipoklorit (OCI) veya hipokloröz asit (HOCl). Aynı miktarda klorin içeren hipokloröz asit, hipokloritten daha fazla bakterisidal etkiye sahiptir. Solüsyonun konsantrasyonu, içerisinde bulunan klorin pH'ına bağlı olarak değişmektedir.

Hipoklorit solüsyonunun etkinliğini arttırmanın bir yolu; bikarbonat ilavesi ile solüsyonun pH'ını düşürmektir. Bu yolla, solüsyonun vital dokulara olan toksik etkisinin de azalacağı öngörülebilir ancak, pH'yı düşürmek hipokloritin yarılanma ömrünü 1 haftadan daha kısa bir süreye indirerek solüsyonun stabilitesini azaltmaktadır. Ayrıca, tamponlayıcı etkisi için solüsyona ilave edilen bikarbonat miktarına bağlı değişen pH değeri, solüsyonun antibakteriyal etkisinde çok hafif bir artışa yol açmaktadır.

Hipoklorit solüsyonunun etkinliğini arttırmanın bir diğer yolu; düşük konsantrasyondaki sodyum hipoklorit solüsyonunun ısısını arttırmaktır. Bu sayede solüsyonun doku çözme kapasitesi ve organik debris uzaklaştırma yeteneği artmaktadır. Hipoklorit solüsyonu ısısının; 5 ile 60 derece arasında olmak üzere her 5 derece artışında antimikrobiyal etkisinin yaklaşık iki kat arttığı bildirilmiştir (12).

2.2.1.3. Sodyum Hipokloritin Dezavantajları

Sodyum hipoklorit, non spesifik okside edici bir ajandır. Oksidasyon reaksiyonları sonucunda meydana gelen ürünler korozivdir. Özellikle konsantre formlarda kullanılan solüsyonlar, ciltle temasta yakıcı olabilir, gözle temasta hasar oluşturabilmektedir (21).

NFPA (Natural Fire Protection Association) tarafından , gramaj bazında, %40'dan fazla sodyum hipoklorit içeren solüsyonlar yüksek riskli okside edici ajanlar, %40'dan az sodyum hipoklorit içeren solüsyonlar ise orta riskli okside edici ajanlar olarak tanımlanmaktadır (39).

Sodyum hipoklorit, canlı dokuyla temas ettiğinde, hemoliz, epitelyal ülserasyon ve nekroz meydana getirebilmektedir (29).

Sodyum hipokloritin sınırlamaları:

1. Toksik etkilidir
2. Stabilitesi bozulabilir
3. Oksitlenebilir
4. Kötü kokuludur
5. Smear tabakasının sadece organik kısmını uzaklaştırabilir (21).

Sodyum hipoklorite karşı gelişen alerjik reaksiyonlar

Sodyum ve klor insan vücudunun fizyolojisinde temel elementler olarak mevcut olduğundan, sodyum hipoklorite karşı gerçek bir alerji meydana gelmesi pek mümkün değildir (12, 21).

Sodyum hipokloritin aktif komponenti olan hipokloröz asit, fagositoz sürecinde nötrofiller tarafından parçalanır. Parçalanma aşırı olduğunda ise (likefaksiyon nekrozu: pürülan eksüda) lokal bir doku hasarı oluşmasına karşın, her zaman alerjik cevap gelişmez. Hipersensitivite ve kontakt dermatitis nadir durumlarda meydana gelir (21).

Sodyum hipoklorite karşı alerji geliştiğinde, klorin içeriğinden dolayı alternatif

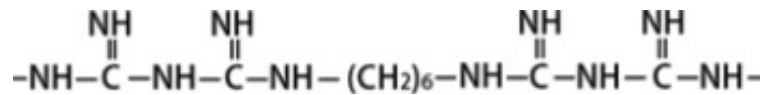
olarak klorheksidin (CHX) önerilmemektedir. Multialerjik bünyelerde, NaOCI ve CHX'e karşı deri-alerji testi yapılması uygun görülmektedir. Alerjik bireylerde yapılacak kanal tedavisinde, sodyum hipoklorit kullanılamayacağından, ara seansta kalsiyum hidroksit kullanımı önerilmektedir (21).

2.2.2. Klorheksidin Diglukonat (CHX)

Oral antiseptik olarak altın standart olduğu düşünülen CHX, diş hekimliğinde koruyucu bir ajan olarak, araştırmalarda geniş yer tutmuştur. Dental plak ve gingiviti önlediği, çürükten korumada etkili olduğu bilinmektedir. Oral cerrahi girişimlerinde, sekonder enfeksiyonu önlemek ve implant çevresindeki dokuların sağlığını idame ettirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bakterilerin ve Candida türlerinin kolonizasyonunu engellediği bilinmektedir. Kan varlığında, yara ve yanık alanlarda etkinliğini sürdürebilmektedir.

Diş hekimliğinde 1970 yılından itibaren kullanılmaya başlanan CHX; endodontide, irigasyon ajanı olarak, kanal içi medikament olarak ve Ca(OH)₂ ile birlikte kullanılmaktadır (40).

Yapısal formülü:



Antimikrobiyal aktivitesi: Bakterisidal etkiye sahip CHX, gr(+) ve gr(-) bakterilere, fakültatif ve zorunlu anaeroblara, mantarlara, özellikle candida albicanslara karşı oldukça etkilidir (41-44).

CHX, oda sıcaklığında solunum yolu virüslerine, herpes, sitomegalovirüslere ve HIV'e karşı etkiliyken, bakteri sporlarına karşı etki edememektedir. Bakterisidal etkisi; kationik molekülü sayesinde, ekstra mikrobiyal komplekslere ve negatif yüklü bakteri hücre duvarına bağlanabilmesi ve bu şekilde bağlandığı hücrenin osmotik dengesini değiştirmesiyle meydana gelir.

Mikroorganizmaları tamamen öldürmesi için gerekli süre; likit formunda 30s ve daha kısa, jel formunda ise 22 saniyeden 2 haftaya kadar değişebilmektedir. Düşük konsantrasyonlarda CHX, düşük molekül ağırlığına sahip substratların hücreden sızıp çıkmasına neden olarak bakteriyostatik etki oluşturur. Yüksek konsantrasyonlarda CHX ise; bakteri hücrelerinin sitoplazmalarında protein çapraz zincirlerini kırıp, koagülasyon ve çökeltme oluşturarak hücre ölümüne neden olurlar (40).

CHX'in popülaritesinin en önemli nedeni, sert dokuya bağlandıktan sonra antimikrobiyal aktivitesini uzun süre devam ettirebilme kapasitesine sahip olmasıdır (45). CHX'nin etkinliği pH'a bağlı olup, kan ve organik doku varlığında azalmaktadır (46). Ayrıca doku çözme etkisi olmadığı için, NaOCI'in yerini tutamamaktadır (45).

2.2.2.1. Klorheksidin Diglukonatın Kanal İçi Medikasyon Amacıyla Kullanımı

CHX'nin %2'lik jel formu, kanal tedavisi seansları arasında, kanal içi medikamenti olarak kullanılabilir. CHX jel tek başına kanal içi medikasyon amacıyla kullanıldığında, $Ca(OH)_2$ 'e kıyasla dentin kanallarındaki *E. faecalis* enfeksiyonuna karşı daha etkili olduğu bildirilmiştir (47-50).

CHX jelin antibakteriyel etkisini, kan ya da organik doku varlığında sürdürebilmesinden dolayı, kanal içinde eksüdasyon varlığında kullanılabilirliği önerilmektedir (51, 52). Yapılan bazı çalışmalarda; CHX jelin dentine direk teması sağlandığında, CHX solüsyonuyla eşit ya da daha yüksek antimikrobiyal etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (43, 44, 53). Agar difüzyon testinin kullanıldığı bazı çalışmalarda, %2'lik jel formundaki CHX'in, sıvı formdaki %2'lik CHX'e kıyasla daha yüksek antimikrobiyal etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (54).

Kanal içi medikament olarak kullanılan CHX, radyoopasite göstermez ve etki süresi 3-5 gündür (40). CHX jelinin kanal tedavisi tekrarı işlemlerinde kullanılması önerilmektedir. Endo ve ark.'nın (55) yaptığı klinik çalışmada; retreatment olgularında, seanslar arasında kullanılan %2'lik CHX jelinin; bakterileri %99,61 azalttığı, endotoksin miktarını ise %60,6 oranında düşürdüğü bildirilmiştir.

2.2.2.2. Klorheksidin Diglukonatın Diğer İrigasyon Solüsyonları ile Etkileşimi

CHX, endodontide %2'lik konsantrasyonda irigasyon solüsyonu olarak kullanılmaktadır. Geniş antimikrobiyal spektruma sahip olmasına karşın, doku çözme kabiliyeti olmayan CHX, irigasyon protokolünde, diğer irigasyon ajanlarıyla bir sıra dahilinde kullanılmaktadır (19, 40).

NaOCI ile CHX ardışık kullanımları sırasında, oluşturdukları antimikrobiyal etkinliği pekiştirirler; ancak bu ajanların kullanımı sırasında birbirine karışması, parakloroanilin adı verilen turuncu-kahverengi bir çökelti oluşmasına neden olur. Turuncu renk oluşma nedeninin, çökelti içeriğindeki demir iyonu olduğu düşünülmektedir (40, 56). Bu çökelti; dentin kanallarını tıkayan ve kanal dolgu patının dentine penetrasyonunu engelleyen kimyasal bir smear tabakası oluşturur, diş renginin değişimine neden olur ve oldukça sitotoksiktir (40, 57).

EDTA ile CHX'nin ardışık kullanımı sırasında, birbirleri ile temas etmeleri sonucunda ise, asit-baz reaksiyonu nedeniyle beyaz sütsü bir çökelti oluşur. Meydana gelen bu kimyasal smear tabakası ile dentin kanalları tıkanır. CHX; distile su, sitrik asit ve fosforik asit ile ardışık kullanıldığında ise herhangi bir çökelti meydana gelmez (40).

2.2.3. Yüzey Aktif Ajanı İçeren İrigasyon Solüsyonları

2.2.3.1. Deterjan İlaveli İrigasyon Solüsyonları

Yüzey aktif ajanların irigasyon solüsyonlarına eklenmesi ile yüzey gerilimi düşürülebilmekte ve bu sayede irigasyon ajanlarının, kök kanal duvarlarına penetrasyonu arttırılabilmektedir (19).

CHX-Plus (CHX-Plus, Vista Dental Products, Racine, WI), yüzey aktif ajanı ilave edilen güncel bir CHX solüsyonudur. Her ikisi de %2'lik konsantrasyona sahip CHX ve CHX-Plus'ın antibakteriyal etkinliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; CHX-Plus'ın CHX'e kıyasla biyofilm bakterilerini daha etkili bir şekilde uzaklaştırdığı bildirilmiştir (40).

Endodontide güncel bir irigasyon solüsyonu olan Chlor-XTRA (Vista Dental Products, Racine, WI, USA), sodyum hipokloritin etkinliğini arttırmak amacıyla üretilmiştir. Solüsyon, sodyum hipoklorit ve yüzey değiştiriciler (Triton-X, deterjan

türü) içermektedir (58).

QMix (Dentsply, Tulsa Dental); EDTA, klorheksidin ve yüzey aktif ajanı olarak deterjan içeren, pH değeri nötre yakın güncel bir irigasyon ajanıdır. İçeriğindeki yüzey aktif ajanı sayesinde yüzey gerilimi düşürülerek, solüsyonun daha iyi penetrasyonu sağlanmaktadır (21). QMix'in, E.feacalis ve karışık biyofilm bakterileri üzerine antimikrobiyal etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada, konfokal lazer mikroskobu altında, 1-3 dakika içerisinde, Qmix ve %2'lik NaOCI' in; %1'lik NaOCI, %2'lik CHX ve MTAD'a göre 2-12 kat daha fazla miktarda biyofilm bakterilerini uzaklaştırdığı görülmüştür. 1 dakika içerisinde; %2'lik NaOCI, QMix'e göre daha etkili bulunurken, 3 dakika içerisinde, QMix, diğer tüm kullanılan solüsyonlardan daha fazla bakteri uzaklaştırmıştır (59).

EDTA solüsyonuna deterjan ilave edilmesiyle oluşturulan SmearClear; %17 EDTA tuzu, katyonik (cetrimid) ve anyonik yüzey çözücüler içeren, suda çözünebilir bir solüsyondur (21). SmearClear ve EDTA solüsyonlarının kök kanallarından smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada, EDTA ile SmearClear solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma etkinlikleri arasında anlamlı bir fark bulunamadığı bildirilmektedir (60).

2.2.3.2. Antibiyotik İlaveli İrigasyon Solüsyonları

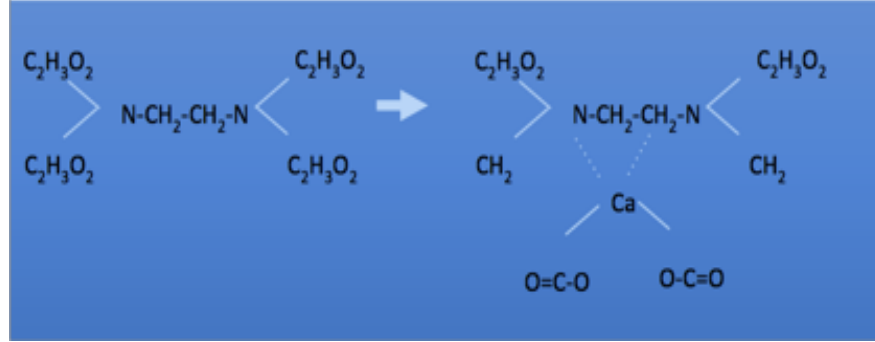
MTAD (a mixture of tetracycline isomer, acid, and detergent) ve Tetraclean, antibiyotik (doksisisiklin) barındıran kök kanalı irigasyon solüsyonlarıdır. Smear tabakasını kaldırmak amacıyla üretilmişlerdir. Antibakteriyel etkinliğe sahiptirler. Organik dokuyu çözebilme etkinlikleri bulunmadığından, sodyum hipoklorit ile yapılan kemomekanik şekillendirme sonrası, son irigasyon ajanı olarak kullanılmaları tavsiye edilmektedir (23). Bu solüsyonların kullanımları sonucunda, solüsyonların içeriğindeki tetrasiklin/doksisisiklin nedeniyle, antibiyotiklere karşı direnç oluşabileceği bildirilmiştir (61).

2.2.4. Dekalsifikasyon Yapan Solüsyonlar

2.2.4.1. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)

EDTA, 1957 yılında Birger Nygaard-Østby tarafından kök kanal tedavisinde şelasyon ajanı olarak kullanılmaya başlanmıştır (62). EDTA, disodyum tuzu, distile su

ve sodyum hidroksitten oluşan; smear tabakasını kaldırmaya yarayan bir kalsiyum şelasyon ajanıdır (62, 63).



Şekil 2: EDTA'nın kimyasal yapısı ve Ca^{+2} ile reaksiyonu

EDTA, dentin ve smear tabakasının yalnızca inorganik kısmını çözebilmektedir. EDTA ve benzer şelasyon ajanları; sodyum hipoklorit ile reaksiyona girdiğinde, serbest klorin miktarını azaltarak NaOCl'in antibakteriyel etkinliğini ve doku çözme kapasitesini düşürmektedir (64). Bu nedenle, şekillendirme sırasında sadece sodyum hipoklorit kullanılması, şekillendirme tamamlandıktan sonra, EDTA ile smear tabakasının ortadan kaldırılması, ardından debris uzaklaştırmak için yine NaOCl ile final irigasyonun yapılması önerilmektedir (65).

EDTA ve NaOCl arasındaki etkileşimin araştırıldığı çalışmalarda, EDTA ile NaOCl karıştırıldığında kalsiyum bağlama kapasitesinde bir değişiklik meydana gelmemiş, karışımda serbest klorin açığa çıkmamıştır. NaOCl'nin doku çözme kapasitesinde ise azalma meydana gelmiştir (66). EDTA gibi demineralize edici bir ajandan sonra, NaOCl gibi bir proteolitik ajan kullanımı, dentin kollajeninin peptit zincirlerinin açılmasına ve bu yapıda bir bozulma meydana gelmesine neden olur (67). Bu sıralama özellikle epoksi rezin içerikli kanal patlarının dentine bağlanmasını olumsuz yönde etkiler (67). Bu nedenle, klinikte EDTA ve NaOCl ayrı ayrı kullanılmalıdır (68). Pawlicka ve ark. (69), şelatörlerin uygulamadan 5dk sonra dentin mikrosertliğine etki ettiğini ve bunun özellikle kök kanal lümenine yakın olan dentinde görüldüğünü bildirmişlerdir.

Kanal dezenfeksiyonu için kullanılan kimyasal ajanlar, dentinin fizikokimyasal özelliklerini değiştirerek, bakterilerin biyofilm oluşturmak amacıyla dentine tutunmasını

ve yapışmasını engelleyebilmektedirler (19). Ayrıca, EDTA kök dentininin geçirgenliğini artırarak, endodontik medikamentlerin daha etkili olmasını sağlamaktadır (70).

EDTA kullanımı ile smear tabakasının kaldırılması, kullanılan diğer kök kanal dezenfeksiyon ajanlarının, dentinin derinliklerine diffüze olmasını ve bununla beraber antimikrobiyal etkinliklerinin artmasını sağlamaktadır (19).

EDTA'nın antimikrobiyal etkisinin az olduğu ya da hiç olmadığı bilinmektedir. Ates ve ark. (63); kalsiyum bağlayıcı ajanların *Candida albicans* üzerindeki etkinliğini araştırmış ve EDTA'nın antifungal etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

Kök kanalı içerisinden kalsiyum hidroksit uzaklaştırılmasında, şelatör ajanların rolü yapılan pek çok çalışmada bildirilmiştir. Şelatör ajanların metalik iyonları bağlama ve inaktif hale getirme özelliği vardır. Bu özelliği ile Ca(OH)_2 'in içerdiği Ca^{++} iyonlarını bağlayarak molekülün çözünmesini sağlarlar. Sitrik asit ve EDTA, bu amaçla en sık kullanılan irigasyon solüsyonlarıdır. EDTAC, EDTA-T, QMix, RC-Prep, Decal ve Hypaque kullanılan diğer şelasyon ajanlarına örnek olarak verilebilir (71).

2.2.4.2. Sitrik Asit

Sitrik asit, smear tabakasının inorganik kısmını uzaklaştıran organik bir asittir (72). Klinikte %1-50 arası konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (73). Biyouyumlu bir materyal olduğu düşünülmektedir ve kök kanal tedavisi sırasında dokular üzerinde herhangi bir yan etkisine rastlanmamıştır (74).

Sitrik asitin antimikrobiyal spektrumu NaOCl 'e göre daha dardır ve *C. albicans* üzerinde etkili bulunmamıştır. Sitrik asit, kök kanalı içinde kristal artıklar bırakmaktadır, bu durum dolguda sorunlara neden olabilmektedir (75).

De-Deus ve ark. (76), sitrik asitin şelasyon açısından EDTA'dan daha üstün olduğunu bildirirken; Scelza ve ark. (77), %10'luk sitrik asit ile %17'lik EDTA'nın etkinlikleri arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

2.2.5. Diğer irigasyon solüsyonları

Kök kanal tedavisinde kullanılan diğer irigasyon solüsyonları; steril su, serum fizyolojik, hidrojen peroksit, üre peroksit ve iodin bileşenleridir. İodin bileşikleri dışında, bu solüsyonlar kök kanalında tek başına kullanıldıklarında antimikrobiyal etkinlik sağlayamazlar ve doku çözücü özellikleri bulunmamaktadır (23).

%2'lik ve %4'lük konsantrasyonlarda kullanılan iyodin potasyum iyodid solüsyonları, kök kanallarında antimikrobiyal etki göstermekte; ancak doku çözücü etkileri bulunmamaktadır (78). Bir diğer dezavantajı, alerjik reaksiyonlar oluşturabilmeleridir. Bu nedenle, klinikte kullanımı yaygın değildir (23).

2.3. Smear Tabakası

Kök kanalı içerisinde, metal bir kanal aleti mineralize dentin duvarına temas ettiğiinde oluşan tabaka, smear tabakası olarak tanımlanmaktadır (79).

Mc Comb ve Smith (80), şekillendirilmiş dentin yüzeyinde smear tabakasını tanımlayan ilk isimlerdir. Bu araştırmacılar, SEM altında smear tabakasını; düzensiz, amorf ve granüler bir yapı olarak tabir etmişlerdir.

Smear tabakası, organik ve inorganik maddelerden oluşur. Organik içeriği; pulpa dokusu, debris, odontoblastik yapı, proteinler, tükürük, mikroorganizmalar ve kan hücrelerinden oluşur. İnorganik içeriğini ise, dentin yapısından gelen mineraller oluşturur (81).

Smear tabakası; el aleti, paslanmaz çelik veya Ni-Ti döner aletler ile oluşturulduğu gibi kök kanalında kullanılan çeşitli frezler ve ultrasonik uçların kanal duvarına teması ile de oluşabilmektedir. Endoaktivatör uçları gibi dentin dokusundan daha yumuşak modülüse sahip aletler; yüksek frekanslarda kullanımlarında dahi kanal duvarlarına temas ettiklerinde smear tabakası meydana getirmemektedirler (79).

Smear tabakası, yaklaşık 40 yıl önce tanımlanmasına rağmen, kök kanalından uzaklaştırılıp uzaklaştırılmaması günümüzde halen tartışılmaktadır (81) (82).

Smear tabakasının dentin kanallarının ağızlarını tıkayarak; dentin geçirgenliğini değiştireceği ve bu şekilde bakteri ve toksinlerin geçişini engelleyebileceği yönünde görüşler bildirilmiştir (81). Bu görüşe karşıt araştırmacılar ise smear tabakasının kanal

duvarından tamamen kaldırılması gerektiğini savunmaktadırlar (82).

Smear tabakasının kalması halinde; sodyum hipoklorit, Ca(OH)_2 ve diğer kanal içi medikamentlerin dentin kanallarına penetrasyonunun zorlaşacağı ve etkili bir dezenfeksiyon elde edilemeyeceği bildirilmektedir. Bununla beraber, smear tabakasının kanal dolgu maddeleri ile kanal duvarı arasında bir bariyer görevi göreceğinden bu materyallerin örtüleme özelliğinin azalacağı da savunulmaktadır (82). Ayrıca, enfekte kabul edilen smear tabakasının kaldırılması, kanal içi medikamentlerinin dentin kanallarına daha iyi penetre olabilmesini ve kanal dolgu materyallerinin kök kanal duvarlarına daha iyi adaptasyonunu sağlar (83).

Metzger ve ark. (84), 5 mikrometre kalınlığındaki smear tabakasının, kök kanal dolgusu ile kök kanalı duvarı arasında belirgin bir aralık oluşturduğunu ve bu boşluğa yaklaşık 5 kat bakteri kolonisi yerleşebileceğini göstermişlerdir.

Sonuç olarak, smear tabakasının aşağıdaki nedenler ile ilişkili olarak uzaklaştırılması önerilmektedir (81, 82).

1. Smear tabakası bakteri ve nekrotik doku içermektedir,
2. Smear tabakası, bakteriler için substrat görevi görür ve yaşam ortamı sağlar,
3. Bakterilerin derin dentin kanallarına penetre olmasına neden olur,
4. Kök kanal dezenfeksiyon ajanlarının ve medikamentlerin dentin kanallarına penetrasyonunu zorlaştırır ve kanal dolgu maddelerinin örtüleyici özelliğini azaltır.

Smear tabakasını kaldırmak amacıyla kullanılan en yaygın irigasyon ajanları; organik kısmını uzaklaştırmak için değişen konsantrasyonlarda sodyum hipoklorit ve inorganik kısmı uzaklaştırmak için kullanılan EDTA'dır (81, 85).

Sodyum hipoklorit aktivasyonunun, solüsyonun doku çözme ve bakterileri parçalama etkinliğini arttırdığı bilinmektedir. Aynı şekilde aktive edilen EDTA solüsyonunun, smear tabakasını uzaklaştırmada daha etkili olduğu bildirilmiştir (86). Smear tabakasını uzaklaştırmada önerilen irigasyon protokolü; aktivasyon altında sodyum hipoklorit kullanımını takiben EDTA ya da sitrik asit gibi şelasyon ajanının kullanılması olarak belirtilmektedir (86).

2.4. Dentin Debrisi

Kanal sistemi içindeki rezidüel debris; bakteri, diğer organizmalar, onların ürünleri, vital ve nekrotik pulpa dokusu, smear tabakası ve biyofilmden oluşur. Debrisi kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırmak, istmusların, aksesuar kanalların, apikal deltanın oluşturduğu kompleks anatomiden dolayı oldukça güçtür. Bu karmaşık anatomik bölgeler debrisin birikmesi için ideal alanlardır (87).

Pulpitisli dişlerin, kök kanal sisteminde kalan dentin debrisi, mikroorganizma içermediği için steril debris olarak tanımlanmaktadır. Vital dişlerin kök kanal sistemi içerisinde kalan dentin debrisi, yapılan kanal tedavisinin uzun dönem prognozu açısından büyük önem teşkil etmemektedir. Apikal periodontitisli dişlerin, kök kanal sisteminde kalan dentin debrisi, bakteri ve mikrobiyal antijen içermesi nedeniyle steril kabul edilmemektedir. Bu nedenle enfekte debrisin kök kanal sisteminden uzaklaştırılması, endodontik tedavinin başarısı açısından oldukça önemli olduğu bilinmektedir (79).

Mekanik şekillendirme yapıp, irigasyon solüsyonları ve yöntemlerinin kullanılmasına rağmen; ulaşılması zor alanlardan, debrisi tamamen uzaklaştırmak mümkün olamamaktadır. Debrisin kanaldan yeterince uzaklaştırılamaması endodontik başarıyı azaltmaktadır (87).

Kanal şekillendirme işleminden sonra, kanal aletleri ile hiç temas edilmemiş geniş kök yüzey alanları kalmaktadır. Büyük azı dişlerinde yapılan micro CT çalışmaları, kanal şekillendirilmesinden sonra, kök kanalının %35-50'sinin hiç dokunulmamış olarak kaldığını göstermiştir (79). Bu alanlar, şekillendirilmiş kanal duvarlarında oluşan debris, mikroorganizmalar ve mikroorganizma ürünlerini barındırmaktadır (88). Bu temas edilmemiş alanlarda smear tabakası bulunmaz ve bu alanlar ancak kimyasal olarak temizlenebilir (79).

Kanal tedavisi sırasında, özellikle döner alet ya da el aletleri kullanırken, az miktarda debris çıkışına sıkça rastlanır. Şekillendirilmemiş yüzeylerdeki debris birikimi; kök kanallarının yeteri kadar temizlenememesine, bununla beraber kanal dolgu maddelerinin dentin duvarına yeteri kadar penetre olamamasına neden olur. Isıtılmış güta perka kullanılarak kanal dolgusu tamamlansa dahi; kanallarda debris kalması durumunda, kanal dolgu maddesi tüm alanlara ulaşamamaktadır (84).

Dentin debrisi; pulpa dokusu kalıntıları, bakteri ve çeşitli irritan barındıran,

patojenik bir karışım olarak düşünülebilir. Debrisi uzaklaştırmak ve kanal sistemini temizlemek amacıyla çeşitli kanal içi irigasyon solüsyonları ve aktivasyon yöntemlerinin birlikte kullanımı önerilmektedir (87).

2.5. Kök Kanalı İrigasyon Yöntemleri

İrigasyon işleminin etkinliğini artırmak amacı ile çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Bunlar el ile uygulanan irigasyon aktivasyon yöntemleri ve cihazlar ile yapılan aktivasyon yöntemleri olarak iki ana başlık altında toplanmaktadır (11).

2.5.1. Elle Yapılan İrigasyon

2.5.1.1. İrigasyon iğnelerinin kullanıldığı geleneksel irigasyon yöntemi

Bu yöntemde irigasyon ajanı, çeşitli uçlardaki iğne ya da kanüllerle, pasif şekilde ya da ajitasyon yapılarak kanal içerisine gönderilir ve irigasyon iğnesi kanal boşluğu içerisinde yukarı ve aşağıya doğru hareket ettirilir (11, 89).

Son zamanlarda farklı irigasyon iğneleri geliştirilerek, hidrodinamik aktivasyonu arttırmak ve apikal ekstrüzyon olasılığını azaltmak amaçlanmaktadır (11, 89, 90). İlk kez Goldman ve ark. (91) tarafından yandan delikli irigasyon iğnelerinin kullanımı bildirilmiştir. Bu iğnelerin ucunun kapalı olarak tasarlanmasıyla, irigasyon solüsyonlarının, periapikal bölgeye taşma riskinin azaltılması amaçlanmıştır (92). Bu sayede; geleneksel iğne ile irigasyona kıyasla, kullanılan irigasyon solüsyonunun, kök kanal sistemi içinde daha fazla dağılım gösterdiği bildirilmiştir (91, 93).

Bu yöntemdeki önemli nokta; irigasyon sırasında kanül ya da iğnenin kanal boşluğu içerisinde gevşek kalması ve sıkışmamasıdır. İğnenin kanal içerisinde serbest olması, kalan açıklıklardan irigasyon solüsyonunun geri akmasına izin verir. Bu sayede, biriken debrisin daha fazla miktarda kurala taşınması sağlanır ve aynı zamanda solüsyonun periapikal dokulara taşması önlenir (11, 89).

İğne ile irigasyonun bir diğer avantajı da, iğnenin kanal içerisindeki penetrasyon derinliğinin ve kanala verilen solüsyon hacminin devamlı kontrol altında tutulabilir olmasıdır (11, 89, 90).

İğne ile irigasyon etkinliğini arttıran faktörler:

- ❖ İrigasyon iğne /kanül ucunun apikale olan yakınlığı
- ❖ İrigasyon solüsyonu hacminin fazla olması
- ❖ Küçük çapta uca sahip irigasyon iğnelerinin kullanılması
- ❖ İrigasyon solüsyonunun enjektörden kanal içerisine akış hızının kontrol edilebilmesi ve solüsyonun yenilenebilmesidir (11).

Geleneksel irigasyon yöntemleri ile; irigasyon solüsyonu, iğne ucunun sadece 1mm ilerisine ulaşabilmektedir. Bu durum kanalın temizliğinde engel oluşturmaktadır. İrigasyon sırasında, iğne dar bir kanalın kural 1/3'ünde en iyi ihtimalle orta 1/3'ünde konumlandırılabilir. Bu yüzden, irigasyon solüsyonunun penetrasyon derinliği ve dentin kanallarını temizleme etkinliği sınırlandırılmış olur (11).

'Vapor Lock' Etkisi

İrigasyon/ajitasyon sisteminin debris uzaklaştırma etkinliği; sistemin, solüsyonu kök kanalının apikaline ve instrümente edilmemiş bölgelere gönderme yeteneğine ve debris kanal duvarlarından uzaklaştırabilme gücüne bağlıdır. Dışın kökü, kemik soketi ile çevrili kapalı bir ortam içerisinde bulunmaktadır. Kök kanalları ise kapalı sonlanan kanallar olarak tabir edilir (94).

Kapalı uç tarafında oluşabilen gaz hareketleri, irigasyon solüsyonunun verilmesi esnasında 'vapor lock' etkisi yaratabilir (94). Kök kanalının apikal kısmında bulunan gaz baloncuklarının bu alanda irigasyon penetrasyonunu engelleyebildiği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (94-99).

'Vapor Lock', kuru kök kanalına irigasyon solüsyonu verilirken, apikal kısımda iğne ucu ile kanal duvarları arasında kalan boşlukta hava kabarcıklarının sıkışmasından kaynaklanabildiği gibi (11, 99); NaOCI solüsyonu ile organik materyallerin reaksiyonu sonucu meydana gelen hava kabarcıklarının birleşmesinden de oluşabilir (11, 98, 100).

Kök kanalların kapalı ucuna yakın alandaki hava/gaz birikimi nedeniyle meydana gelen 'vapor lock' etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda, yıkama sonrası özellikle apikal 0,5-1mm'lik kısımda daha fazla debris ve smear tabakası kaldığı gösterilmiştir (101). Esas olarak bu problem irigasyon solüsyonunun karmaşık kanal

geometrisi içerisinde dağılma ve karışma güçlüğünden kaynaklanmaktadır. Açık sistemde ise böyle bir problemle karşılaşılması mümkün olmaz. Bu nedenle, irigasyon etkinliğinin değerlendirildiği in vitro çalışmalarda kapalı sistem oluşturulmaya çalışılır (101). Kapalı sistemi taklit etmek için örnek dişler polivinil siloksan ölçü materyali içerisine gömülür (94).

ISO standartlarında #10 genişliğindeki apikal patency eğenin çalışma uzunluğunun 1mm gerisinde kullanılması ile apikal 2mm'de daha fazla irigasyon solüsyonunun yer değiştirdiği görülmüştür. Apikal patency file'ın irigasyon sırasında kullanılması apikalde kalan pulpa artıklarının uzaklaştırılmasına da yardımcı olur (101). Buna ek olarak; kök kanalından, apikal vapor lock etkisini kaldırmak konusunda halen sonuca varılamamıştır. Kanal içerisinde mevcut gaz baloncuklarının geleneksel irigasyon yöntemleri ile uzaklaştırılamayacağı düşünülmektedir (94).

Apikalde negatif basınçlı irigasyon yöntemlerinin kullanılmasıyla, vapor lock'un etkisinin azaltılabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur (101). Negatif basınçlı irigasyon sistemleri veya aktivasyon yöntemleri ile vapor lock etkisinden kaynaklanan sınırlandırmaların yok edilebileceği düşünülmektedir (94, 98).

2.5.1.2. Fırçalar

Kök kanalında bulunan irigasyon solüsyonunu ajite etmek ve debris kanal duvarlarından uzaklaştırmak amacıyla üretilmişlerdir. Navi Tip FX ve Endobrush, kök kanalı irigasyonunda kullanılan fırçalara örnek olarak verilebilir (11).

- 1. NaviTip FX:** 0,03mm çapında irigasyon iğnelerinin fırça kıllarıyla kaplanmasıyla elde edilir. İrigasyon solüsyonu kanal içine verilirken, fırçaların ileri geri hareketi ile kanal duvarlarının temizlenmesi amaçlanır.
- 2. Endobrush:** Naylon kıllardan oluşan spiral şeklinde fırçalardır. İrigasyon solüsyonu kanal içine verildikten sonra, aktif olarak rotasyon hareketi ve itme - çekme hareketi ile fırçalama yapılarak kullanılırlar. Kanal aletlerinin ulaşamadığı girinti, yan kanal, isthmus gibi ulaşılması zor alanlardan debris ve doku artıklarının uzaklaştırılması hedeflenir.

Fırçalamadan sonra biriken debrisin; periapikal bölgeye taşınması riskinden dolayı, bu fırçaların kanal boyunda kullanılmaması gerekir. Bu fırçaların naylon kıllarında kopmalar meydana gelebilmesi ve fırça kıllarının radyolüsent olması nedeniyle radyografide görüntülenememesi ise dezavantaj oluşturmaktadır (11).

Geleneksel irigasyon iğneleri ile kanal fırçalarının debris uzaklaştırma etkinliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; kural 1/3'de kanal fırçaları daha üstün bulunurken; apikal ve orta 1/3'de geleneksel irigasyon iğneleri ile kanal fırçaları arasında bir fark olmadığı gösterilmiştir (102).

2.5.1.3. Elle Yapılan Dinamik İrigasyon

Etkili bir irigasyon için irigasyon solüsyonunun, tüm kanal duvarları ile temasta olması gerekmektedir. Solüsyonun kök kanalının apikal kısmına ulaşması, 'vapor lock effect' nedeniyle çoğu zaman güçleşir. Gu ve ark. (11), şekillendirilmiş kanalda, güta perkanın 2-3mm ileri geri vuruşlarla kanal içerisinde hareket ettirilmesinin, hidrodinamik etki yaratacağını savunmuşlardır. Bu yöntemde, kök kanal genişliğine uyumlu bir güta perka, yıkama solüsyonu ile dolu kanala çalışma boyunda yerleştirilir ve kanal içerisinde kısa ve nazik vuruşlarla ileri-geri hareket ettirilerek, hidrodinamik bir aktivasyon oluşturulur (103). Bu çalışmada, güta perkanın 30 saniyede 100 ileri-geri hareketi ile gerçekleşen irigasyon aktivasyonunun, 60 saniyede 100 hareketin yapılmasıyla sağlanan aktivasyona göre, daha fazla hidrodinamik basınç oluşturduğu ve apikalde daha fazla türbülans meydana geldiği gösterilmiştir (11).

2.5.2. Makine Destekli İrigasyon Yöntemleri

2.5.2.1. Döner başlıklarla beraber kullanılan aletler

A. Ruddle Brush:

Döner aletle beraber kullanılan mikro fırçalar ilk kez Ruddle tarafından prepare edilmiş kök kanallarından debris ve smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla kullanılmıştır (11).

Ruddle Brush bir şaft ve şafta bağlı açılı bir fırça ucu olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Fırçasının merkezinden çevresine doğru, konik şekilde kıllar uzanmaktadır. Mikrofirçası 300rpm’de çalıştırılarak kullanıldığında, kök kanalının ulaşılması zor bölgelerindeki debrisin kural yönünde çıkartılmasına yardımcı olduğu belirtilmektedir (11).

Döner aletlerle kullanılan mikrofirçaların, Ca(OH)_2 ’i uzaklaştırma etkinliğini araştıran çalışmalarda, Ca(OH)_2 artıklarının kök ucuna doğru itildiği tespit edilmiştir. Bu nedenle yaygın kullanım alanı bulamamıştır (104, 105).

B. Canal Brush

Canal Brush (Coltene Whaledent, Langenau, Germany), elle ve döner başlık yardımı ile kullanılabilir. Fırça kılları oldukça esnek olup “polypropylen”den yapılmıştır. Toplam uzunluğu 41mm’dir. 25mm şaft ve 16mm fırça kısmından oluşmaktadır. Döner başlık yardımıyla kullanıldığında, 600rpm’de çalıştırılması önerilmektedir (106).

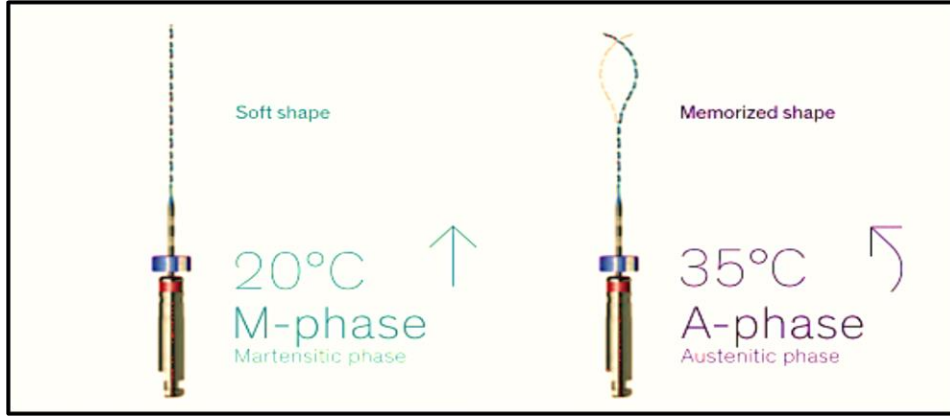
Salman ve ark.’nın (107) yaptığı bir çalışmada, Sonicare CanalBrush’ın kök kanallarını temizleme etkinliği araştırılmıştır. Kök kanallarının her üç bölgesinde de Sonicare Canal Brush kullanımı ile, geleneksel irigasyon yöntemine göre, daha temiz kök kanal duvarları elde edildiği bildirilmiştir.

C. XP-endo Finisher file

Nikel-titanyum esaslı güncel bir döner alet olan XP-endo Finisher file (FKG Dentaire SA, Switzerland) ile geleneksel irigasyon yöntemlerinin dezavantajlarını yok etmek ve istmus, lateral kanallar, apikal delta, rezorpsiyon kavitesi gibi karmaşık kök kanal anatomisine sahip dişlerde, yeterli dezenfeksiyonun sağlanması amaçlanmıştır (108).

XP-endo Finisher file’in, kök kanal şekillendirilmesi tamamlandıktan sonra ve kanal içinde irigasyon solüsyonu mevcutken kullanılması önerilmektedir. Kullanım talimatlarına göre; 800rpm ve 1N tork değerinde çalıştırılmalıdır (109). ISO 25 ve taper açısı bulunmayan bu döner eğe, oldukça esnektir (111).

Üç boyutlu olarak esneme özelliği sayesinde kök kanal konfigürasyonuna uyum sağlayabileceği bildirilmektedir (110).



Resim 1: XP-endo Finisher file'in martensitik faz (solda) ve östenit faz (sağda) halindeki görünümleri (109).

Oda sıcaklığında martensitik fazında (M) bulunan XP-endo Finisher file, kanal içerisine yerleştirildiğinde, vücut sıcaklığına geçer ve östenit (A) fazdaki molekül hafızası sayesinde şekil değiştirir. A fazında, aletin kanal içerisinde kullanımı süresince bulunduğu şekil sayesinde, geleneksel eğeler ile ulaşılması güç bölgelerde temizlik kolaylaşmaktadır. Alet, kanal içerisinden çıkartıp, yeterli soğukluğa erişince, M fazına geri dönerek eski şekline kavuşabilmektedir (109).

Elnaghy ve ark. (108), XP-endo Finisher file, Endoactivator ve eğe ile ajitasyon yöntemlerinin, eğimli kök kanallarından debris ve smear tabakası uzaklaştırma etkinlikleri incelemiştir; XP-endo Finisher file ve Endoactivator yöntemlerinin, kullanılan diğer yöntemlerden daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Endoactivator ile XP-endo Finisher arasında ise anlamlı düzeyde bir fark olmadığı bildirilmiştir.

Kfir A. ve ark. (111), XP-endo Finisher file, PUI ve SAF sisteminin, hazırlanmış standardize oluklardan kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinliklerini, değerlendirmişlerdir. SAF, PUI ve XP-endo Finisher file grupları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Geleneksel irigasyon yöntemi ile kıyaslandığında, diğer yöntemlerde, daha fazla miktarda kalsiyum hidroksit uzaklaştırıldığı bildirilmiştir.

Keskin ve ark. (112), XP-endo Finisher file, Endoactivator, PUI ve Canal Brush'in, iç rezorpsiyon kavitelerinden kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. XP-endo Finisher file ve PUI yöntemlerinin; geleneksel irigasyon, Endoactivator ve Canal Brush'a göre daha fazla miktarda kalsiyum hidroksit uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. XP-endo Finisher file ile PUI grupları arasında anlamlı düzeyde bir fark bulunamamıştır.

2.5.2.2. Şekillendirme ile Beraber Sürekli İrigasyon Yapan Sistemler

A. Quantec - E İrigasyon Sistemi:

Kendi içinde sıvı haznesi olan, şekillendirme boyunca devamlı irigasyon yapan bir sistemdir. İki adet solüsyon deposu, bir adet pompa ve şekillendirme sırasında devamlı irigasyon yapılmasını sağlayan tüpten oluşmaktadır (11, 113).

Bu sistemde döner alet ile kanal şekillendirme süresince devamlı irigasyon aktivasyonu sağlanması; kanal içindeki solüsyonun hacminde, temas süresinde ve kök kanalı içinde solüsyonun penetrasyon derinliğinde artışa sebep olmaktadır. Bu sayede geleneksel irigasyon yöntemine göre, debris uzaklaştırmada daha etkili olduğu ileri sürülmüştür (11, 114).

Setlock ve ark. (114), bu görüşten farklı olarak; Quantec-E irigasyon sistemi ile kural 1/3'te daha temiz kanal duvarları elde edilebileceğini, debris ve smear tabakasının kanal duvarlarından daha fazla uzaklaştırılacağını; ancak bu etkinliğin orta ve apikal 1/3'te sağlanamayacağını bildirmişlerdir.

B. Self Adjusting File

Orta kısmı boş olan döner bir alet ile mekanik preparasyon gerçekleştirilirken, aynı zamanda sürekli irigasyon yapılabilen bir sistemdir (84). SAF sistemi (Re-Dent-Nova, Ra'anana, Israel); SAF eğe, RDT3 ve VATEA olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır. SAF eğe, Ni-Ti alaşım esaslı, içerisi boş, dış yüzeyi kafes şeklinde olan bir kök kanal aletidir. Bu alet; 21 mm, 25 mm ve 31 mm olmak üzere üç farklı uzunlukta üretilmiştir. RDT3, saf egesinin resiprokasyon hareketi yapmasını sağlayan başlık kısmıdır. VATEA ise, solüsyon haznesinin olduğu kısımdır (84).

SAF kanala yerleştirildiğinde, kesitsel ve uzunlamasına olarak kök kanalının şeklini almaktadır. Eğinin ince metal yüzeyinin abraziv olması nedeniyle ileri geri titreşim hareketi ile kanal duvarlarını şekillendirir (84, 115).

Ahmetoğlu ve ark. (116), Ca(OH)_2 'in kök kanalından uzaklaştırılması ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, PUI'nin etkinliğinin SAF'a göre daha üstün olduğunu göstermişlerdir. Türker ve ark.'nın (117) çalışmasında ise, SAF ve EndoVac gruplarında Canal Brush'a göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

2.5.2.3. Sonik aletler

İlk kez 1985'de Barnett ve ark. (118), endodontide sonik aletleri kullanmışlardır. Sonik irigasyon, ultrasonik irigasyondan farklı olarak; daha düşük frekansta çalışır (1-6KHz) ve daha az makaslama gerilimi oluşturur (119). Bunun yanında, sonik enerji daha yüksek amplitüde gereksinim duyar ve kullanılan sonik uçta daha sık ileri-geri hareket oluşur (11). Ultrasonik sistemlerle karşılaştırıldıklarında, sonik aletlerin debris uzaklaştırma etkinliklerinin daha az olduğu ileri sürülmektedir (119). Literatürde, ultrasonik enerji ile sonik enerjinin etkinliklerinin kıyaslandığı çalışmalarda bir fikir birliğine varılamadığı görülmektedir (120-122).

Şekillendirilmesi tamamlanmış irigasyon solüsyonu ile dolu kök kanallarında sonik ve ultrasonik cihazların oluşturduğu etki mekanizması 'hidrodinamik fenomen' ile açıklanmaktadır (119). Hidrodinamik etki nedeniyle, kanal içerisinde aktive olan solüsyonun, biyofilm tabakasını daha kolay parçalayabileceği belirtilmiştir (123).

A. Rispisonic File

MM 1500 isimli başlığa takılarak kullanılan rispisonik eğeler (Medidenta International, Inc, Woodside, NY), düzensiz konisiteli ve çentikli bir yapıya sahiptir. Ancak çentikli yapısı kanal duvarlarında, istenmeyen değişikliklere neden olabilmektedir (11).

B. Endo Aktivatör Sistem

Taşınabilir bir başlık ve farklı boyutlarda, takılıp çıkarılabilen tek kullanımlık uçlardan (Sarı 15/02, Kırmızı 25/04, Mavi 35/04) oluşmaktadır (124). 22mm uzunluğa sahip bu uçlar polimer esaslı olup, güçlü ve kolay kırılmayan esnek yapıdadır. Uçlar aktif olmadığı için dentini kesmemekte ve kanal duvarlarına zarar vermeyerek, basamak, apikal transportasyon ve perforasyon gibi istenmeyen durumlara yol açmamaktadır (125).

Kök kanalı şekillendirme ve temizleme işlemleri bittikten sonra, pulpa odası ve kök kanalı irigasyon solüsyonu ile tamamen dolu haldeyken kullanılır. Kanal içerisine gevşekçe yerleştirilen endoaktivatör uçlarının, çalışma boyundan 2mm geride kullanılması önerilir. Kanal yeteri kadar genişletilmediğinde ya da kök kanal genişliğine uyumsuz daha geniş uç kullanıldığında, hidrodinamik etki sağlanamayacağından, irigasyon solüsyonunun ajitasyonu kısıtlanır (125). Endoaktivatörün kanal içerisinde yarattığı hidrodinamik aktivasyon sayesinde, isthmuslar, lateral kanallar gibi kök kanal sisteminin ulaşılması zor bölgelerine solüsyon penetresyonu ve sirkülasyonu artmaktadır (126, 127). Kullanımı sırasında, solüsyon ile dolu kanal içerisinde sık sık yüzeyel bir debris bulutu oluşur ve irigasyon solüsyonunun yenilenmesiyle temizlenir (11).

Radyolusent polimer uçların esnek olmalarına karşın, kanal içerisinde kırılmaları halinde radyografide görülememeleri, sistemin dezavantajını oluşturmaktadır (11).

C. Eddy İrigasyon Ucu (VDW)

5.000-6.000 Hz arasında frekans aralığına sahip Eddy sonik irigasyon sistemi üç boyutlu titreşim hareketi sayesinde irigasyon solüsyonunu aktive ederek; yan kanalların, ramifikasyon ve isthmus alanlarının kimyasal dezenfeksiyonunu sağlar. Poliamid yapısındaki esnek ucu sayesinde, kanal anatomisine uyum sağladığı ve basamak ya da perforasyon gibi komplikasyonların oluşumuna izin vermediği bildirilmektedir (128, 129).

2.5.2.4. Ultrasonik İrigasyon

Ultrasonik aletlerin endodontide kullanımı; 1957'de Richman'ın ultrasonik periodontal scalerı, apikal cerrahi ve kök kanalı debrislerini uzaklaştırmak amacıyla kullanmasıyla başlamıştır (130). 1980 yılında endodontik kullanım amaçlı bir ultrasonik ünit dizayn edilmiştir (11).

Ultrasonik cihaza bağlı eğeler, 25-30 kHz frekans aralığında titreşimler meydana getirir. Bu ultrasonik frekanslar insan kulağının duyamayacağı sınırlardadır Ultrasonik cihazlar yatay yönde vibrasyon meydana getirerek, ultrasonik uç boyunca kavitasyon alanları yaratırlar (130). Oluşan ultrasonik enerji, eğe boyunca irigasyon solüsyonuna aktarılır ve akustik dalgalanma meydana gelir (119, 131).

Ultrasonik irigasyon iki şekilde yapılmaktadır. Birincisi, kanal içi şekillendirmeye irigasyonun eş zamanlı olarak yapıldığı ultrasonik sistemdir. İkinci şekilde ise pasif ultrasonik irigasyon olarak tanımlanan, şekillendirmenin yapılmadığı, sadece solüsyonu aktive etmek amacıyla kullanılan ultrasonik sistemlerdir (11, 121).

Sluis ve ark. (121), pasif ultrasonik irigasyon yöntemine göre, ultrasonik irigasyonun kök kanal sisteminden, daha az miktarda smear tabakası ve pulpa dokusu uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Buna neden olarak da; ultrasonik irigasyonda kullanılan ultrasonik eğenin kök kanal duvarlarına teması sonucu, akustik dalgalanma ve kavitasyonda azalma meydana gelmesini göstermişlerdir.

Ultrasonik irigasyonda, kontrolün güç olması ve şekillendirilmiş kök kanallarında meydana gelebilecek düzensizlikler bu sistemin dezavantajlarını oluşturur. Strip perforasyon meydana gelme olasılığı, bu sistemde oldukça yüksektir. Bu nedenle ultrasonik irigasyon, geleneksel el aleti ile şekillendirme yöntemine, alternatif olarak düşünülmemektedir (11).

Pasif Ultrasonik İrigasyon

İlk olarak 1980'de Weller (132) tarafından tarif edilen pasif ultrasonik irigasyon, bir endodontik eğenin, ultrasonik enerji kullanarak aktive edilmesi ile kök kanalı içerisinde bulunan irigasyon solüsyonunun, mekanik olarak ajite edilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır (89). Bu yöntemde, kanal duvarlarında kesme işlemi yapılmadığından, dentinde düzensizlikler ve istenmeyen durumların meydana gelme

olasılığı azalır (121).

Pasif ultrasonik irigasyonun amacı, kök kanalı içerisinde bulunan solüsyonu aktive ederek; kanal duvarı ile daha fazla temas oluşturmak ve bu sayede, kök kanal sistemi içerisinde bulunan dentin debris, mikroorganizmalar ve organik doku kalıntılarını etkili bir şekilde uzaklaştırmaktır (89).

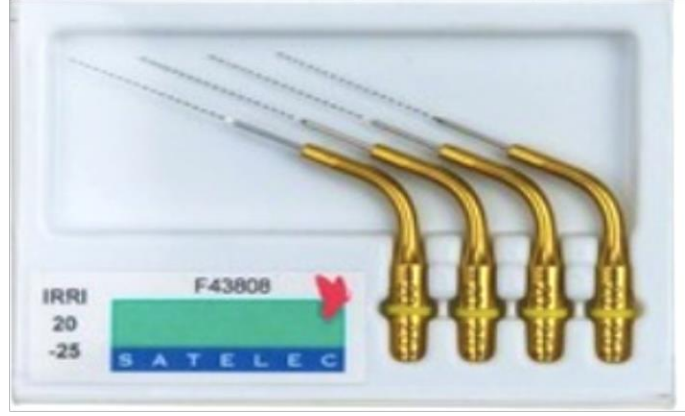
Kök kanalı şekillendirilmesi tamamlandıktan sonra, küçük çapta bir eğe kök kanalına yerleştirilir ve apikal daralma bölgesine doğru yaklaştırılır. Bu şekilde, eğenin kanal içinde serbest halde hareket edebilmesi ile kanal açıklığı kontrol edilir. Ardından kök kanalı, irigasyon solüsyonu ile doldurulur ve ultrasonik titreşimler yaratan eğe yardımıyla solüsyon aktive edilir. #15 çapındaki ultrasonik eğe, #25 çapındaki eğeye kıyasla solüsyon dolu kök kanalı içerisinde daha fazla akustik dalgalanma yaratır. #20 çapından daha büyük çapta eğe kullanarak yapılan aktivasyon, pasif ultrasonik irigasyonun amacına uygun görünmemektedir (89, 121).

Pasif ultrasonik irigasyon, kesikli ve devamlı pasif ultrasonik irigasyon olarak iki farklı yöntem ile uygulanabilmektedir (121).

Kesikli pasif ultrasonik irigasyonda, önce bir enjektör ve iğne yardımıyla irigasyon solüsyonu kök kanalına enjekte edilmekte, daha sonra ultrasonik bir uç ile solüsyon aktive edilmektedir (89). Bu amaçla kullanılan ultrasonik uçlara Irrisafe örnek verilebilir (133).

Irrisafe

Kök kanalından smear tabakasını, debris ve mikroorganizmaları güvenli bir şekilde uzaklaştırmaya yarayan, pasif uygulanan ultrasonik irigasyon ucudur (133). Kök kanal şekillendirilmesi tamamlandıktan sonra, kanal içi solüsyon ile doluyken kullanılması önerilen bu uçların, çalışma boyundan 1-2mm geride kullanılması, üretici firma tarafından tavsiye edilmektedir. İrigasyon aktivasyonu amacıyla özel olarak üretilen bu uçlar, kanal içinde rahat bir şekilde vibrasyon hareketi yapabilmelidir. Bu nedenle, PUI'dan önce, kök kanalının yeterli genişliğe ulaşmasını sağlamak oldukça önemlidir (133-135).



Resim 2: Irrisafe 20-25 mm ultrasonik irigasyon uçları

Verstraeten ve ark. (136), Irrisafe pasif ultrasonik ve PIPS lazer yöntemlerinin, debris uzaklaştırma etkinliklerini, micro CT yardımıyla değerlendirmişlerdir. PUI ve lazer gruplarına ait örnek dişlerde, hacimsel olarak hesaplanan kalan debris miktarları arasında, anlamlı bir fark bulunmadığını, ancak geleneksel irigasyon yöntemine göre, anlamlı derecede fazla miktarda debrisin uzaklaştırıldığını bildirmişlerdir.

Devamlı pasif ultrasonik irigasyon yönteminde ise, bir ultrasonik başlık, iğne tutucu ve 25 gauge'lık bir yıkama iğnesinden oluşan 'Nusstein iğnesi' kullanılmaktadır. Nusstein iğnesi ile titreşim oluşturulurken, eş zamanlı olarak, iğnenin ucundan kök kanalı içerisine irigasyon solüsyonu enjekte edilir (11). Pasif ultrasonik irigasyon sonucu oluşan gaz baloncukları patlayarak, solüsyonun ısını ve hidrostatik basıncını yükseltir. Bu sayede, kök kanalından debrisin uzaklaştırılması kolaylaşır (137). Distile su kullanılarak yapılan pasif ultrasonik irigasyonun incelendiği çalışmalarda, debris uzaklaştırma açısından başarılı olunamadığı gösterilmiştir (126, 138).

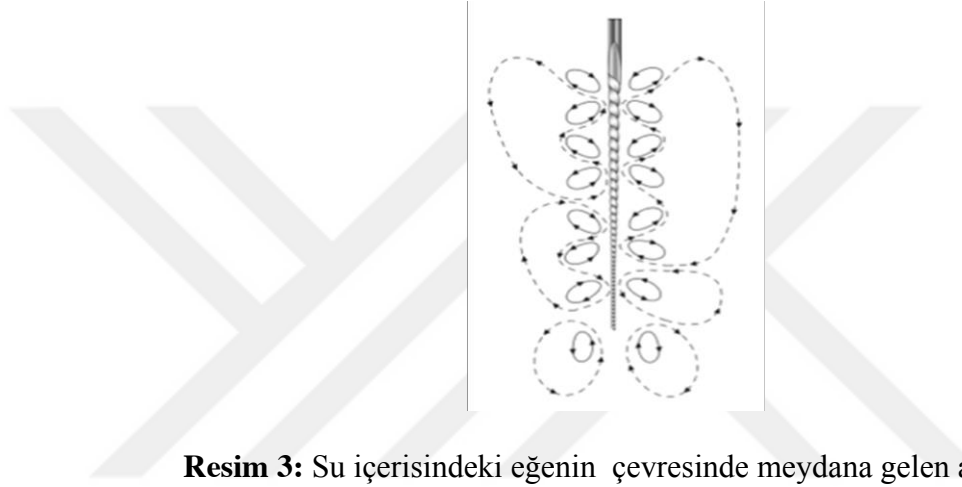
PUI'nun Etki Mekanizması:

Ultrasonik cihazı; mıknatıssal büzülme ya da piezoelektrik yoluyla, elektrik enerjisini belirli frekanslardaki ultrasonik dalgalara dönüştürmektedir. Kullanılacak ultrasonik materyalin yapısal özellikleri ise titreşim hareketi gösteren aletin frekansını belirlemektedir. Diş hekimliği pratiğinde bu frekans 30 kHz olarak belirlenmiştir. Prensi olarak, yüksek frekanslar sonucu irigasyon solüsyonunda yüksek hızda dalgalanmalar meydana gelmesi beklenir. Bu da, daha güçlü bir akustik dalgalanma

anlamına gelir (121, 137).

Akustik Dalgalanma

Solüsyonun, titreşim halindeki bir eğenin etrafında dairesel veya girdap şeklindeki hızlı hareketi, akustik dalgalanma olarak tabir edilmektedir. Ultrasonik irigasyon sırasında, kök kanalında meydana gelen akustik dalgalanma ‘akustik mikro dalgalanma’ olarak tanımlanmaktadır. Bu düzenli dalgalanma şekli, titreşim halindeki eğenin uzunluğu boyunca, meydana gelmektedir (121) (Resim 3).



Resim 3: Su içerisindeki eğenin çevresinde meydana gelen akustik dalgalanmanın şematik çizimi (121)

Akustik mikrodalgalanmanın yoğunluğu, kök kanalı içerisindeki eğenin solüsyonda serbestçe hareket edebilmesine bağlıdır. Eğenin kanal duvarlarıyla teması, akustik dalgalanmanın gücünü azaltmaktadır (80, 119, 139, 140).

Yapılan çalışmalarda, kurvatüre sahip kanallarda, kanal aletinde ‘precurving’ yapılarak, aletin kanal yüzeylerine teması önlenmeye çalışılıp; akustik mikrodalgalanmanın gücünün arttırılabileceği bildirilmiştir (119, 139). Akustik mikrodalgalanmanın gücünün arttırılmasıyla, kök kanal sistemi içerisindeki debris ve bakterilerin, etkili bir şekilde uzaklaştırılabileceği belirtilmiştir (119).

Kavitasyon oluşumu

Akım değişimi ya da akımdaki hızlanmalar sonucu, sıvıda oluşan gerilim kuvvetlerine bağlı olarak ani bir şekilde solüsyon içerisinde boşluklar meydana gelmesi,

kavitasyon olarak tanımlanmaktadır. Bu içi boş baloncuklar hızlı bir şekilde genişleyebilir ve daha sonra patlayabilirler. Baloncukların patlaması sonucu solüsyonda enerji açığa çıkar (119).

PUI sırasında, kök kanallarında stabil ve değişken olmak üzere iki tür kavitasyon meydana gelmektedir. Stabil kavitasyonda baloncuklar düz bir çizgide titreşim gösterirler. Değişken kavitasyon ise, baloncuklar yüksek enerjide titreşim yaparken oluşur. Eğenin hareketi ve yüzey özelliğine göre kavitasyonun şekli değişmektedir (121).

2.5.2.5. Basınç Değişim Sistemleri

A. Rins Endo

Rins Endo (Dürr Dental Co), özel bir enjektör ve iğne yardımıyla, irigasyon solüsyonunu kök kanalına enjekte ederken, aynı anda kök kanalından tahliye edebilen negatif basınçlı bir irigasyon sistemidir (92). Taşınabilir el aparatı, 7 mm uzunluğunda ucu açık kanül ve iğne ucundan oluşmaktadır (124). İrigasyon solüsyonunun enjekte edilmesi ve boşaltılması şeklindeki bu uygulama dakikada 100 tekrardan oluşmaktadır (92).

B. EndoVac sistem

İlk olarak 2004 yılında kullanılmaya başlanan EndoVac sistemi (Discus Dental, Cuper City, CA, USA); pozitif basınçlı irigasyonun dezavantajlarını ortadan kaldırmaya yönelik tasarlanmış olup, kanal içi aspirasyon metodunun kullanıldığı negatif basınçlı bir irigasyon yöntemidir (23).

EndoVac sistemi, ana dağıtıcı-emici uç, makrokanül, mikrokanül ve titanyum başlık ile bu parçaları birbirine ve yüksek emme gücüne sahip dental aspiratöre bağlayan küçük borulardan oluşmaktadır (141). Sistemin sahip olduğu bu parçalar sayesinde, solüsyon kanal içerisine taşınmakta ve çalışma boyu seviyesinde, negatif basınç ile geri verilmektedir. EndoVac sisteminin en önemli avantajı; solüsyonu, çalışma boyuna güvenli bir şekilde ulaştırılabilmesidir (142).

Fukumato ve ark. (143), EndoVac sistemi ile geleneksel irigasyon yöntemini apikalden debris çıkışı açısından değerlendirmişlerdir. Her iki sistemde de irigasyon iğnesi çalışma boyundan 2mm geride konumlandırılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, EndoVac sistemi, geleneksel irigasyon yöntemine kıyasla daha az miktarda debris çıkışına neden olmuştur.

Endovac kullanımı sırasında mikrokanüllerin tıkanması ise sistemin en önemli dezavantajını oluşturmaktadır. Makrokanülün temel amacı, mikrokanül kullanımından önce olabildiğince fazla miktarda debris uzaklaştırarak; mikrokanülün tıkanmasına neden olacak materyalleri ortamdan uzaklaştırmaktır. NaOCI ve EDTA'nın ayrı ayrı meydana getirdikleri kimyasal reaksiyonlar sayesinde, Endovac sisteminin boşluklarında tıkanma yaratabilecek organik ve inorganik debris çözülebilmektedir .

Nielsen ve Bamgartner (142), EndoVac ve geleneksel irigasyon yöntemlerinin apikal temizleme etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, EndoVac sisteminin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha etkin bir apikal temizleme sağladığını bildirmişlerdir.

2.5.3. Lazerler

Endodontide ilk kez 1971 yılında, Weichman ve Johnson, apikal forameni tıkamak için CO₂ lazer ile kök kanallarına lazer uygulamışlardır (144). İstenilen hedeflere ulaşılamasa da; yeni çalışmalara öncülük etmesi açısından, bu uygulama önem taşımaktadır. Daha sonraları, aynı amaç için Nd:YAG lazerler kullanılmıştır (145).

Lazer ışını uygulandığı hedef dokuda, o dokunun optik özelliğine bağlı olarak, 4 tip etkileşim gösterir. Bunlar; lazer enerjisinin absorpsiyonu, transmisyonu, lazer ışının refleksiyonu ve dağılmasıdır (142, 145).

Absorpsiyon: Lazer, dokuya uygulandığı zaman, kullanılan lazer ışının dalga boyuna bağlı olarak hedef dokuda farklı oranlarda emilim meydana gelir. Hedef dokunun içeriğine göre uygulanan lazer ışını emilir ya da iletilir.

Transmisyon (yayılm): Lazer enerjisi; hedef dokuda herhangi bir etki göstermeden, doku içerisinde yayılım göstermektedir. Yayılm, kullanılan lazer enerjisinin dalga boyuna göre değişiklik gösterir.

Refleksiyon: Hedef dokuyu etkilemeden lazer ışınının yüzeyden geri yansımadır. Bu durum, lazer ışınının istenilmeyen bölgeye gelebilme olasılığı nedeniyle tehlike yaratabilir. Çürük saptayıcı lazer cihazları, lazer ışınının yansıma özelliğinden faydalanmaktadır.

Dağılma: Lazer ışınının aktarılması esnasında, lazer enerjisinde azalma meydana gelip, dağılma oluşabilmektedir. Hedef dokuya komşu bölgelerde, ısı artışı oluşarak, istenmeyen etkiler meydana gelebilir.

Tablo 1: Kullanılan lazer ışınına göre hedef doku ve ışının dalga boyları (Nd:YAG: Neodymium-doped:yttrium aluminum garnet, Er:YAG: Erbium:yttrium aluminum garnet, Cr:YSGG: Chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet) (145)

Lazer Tipleri	Dalga Boyları	Kromoforlar	Hedef doku	Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları
Diode	850-1064	Pigmentler Hemoglobin Melanin	Gingiva, mukoza	Cerrahi, endodonti, ve periodontoloji
Nd:YAG	1064	Pigmentler Hemoglobin Melanin	Gingiva, mukoza	Cerrahi, endodonti, ve periodontoloji
Er:YAG	2940	Su Hidroksiapatit	Gingiva, mukoza mine, dentin, kemik	Cerrahi, endodonti ve kavite preparasyonu
Er, Cr:YSGG	2860	Su Hidroksiapatit	Gingiva, mukoza mine, dentin, kemik	Cerrahi, endodonti, ve kavite preparasyonu
CO ₂	10640	Su	Gingiva, mukoza mine, dentin, kemik	Cerrahi

2.5.3.1. Lazer destekli kök kanal dezenfeksiyonu

Lazer fotonlarının, kök kanal sistemi içerisinde hareketi ile lazer enerjisi oluşmaktadır. Kök kanal sistemi boyunca dağılan bu lazer enerjisinin; dentin dokusu tarafından absorbe edilebilmesi için, kök kanallarının temizlenmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle, lazer destekli kök kanal dezenfeksiyonu; kök kanallarının şekillendirilmesi tamamlandıktan sonra sağlanmalıdır. Absorbe edilen enerji miktarı, kök kanal sistemindeki bakteriyel biyofilmin uzaklaştırılmasını sağlar (146).

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda kök kanal dezenfeksiyonunda, yakın kızıl ötesi lazerler [diyet lazer (810-980 nm) ve neodimyum:itriyum-alüminyum garnet lazer (Nd:YAG) (1064nm)], orta-kızıl ötesi erbium lazerler [erbiyum: itriyum-alüminyum garnet (Er:YAG) (2940nm) ve erbiyum, krom: itriyum-skandiyum-galyum garnet (Er, Cr:YSGG) (2790nm)] veya uzak kızıl ötesi CO₂ lazerler ile NaOCl veya EDTA gibi kök kanalı iriganları aktive edildiğinde; geleneksel iğne ile irigasyon yöntemine göre, üstün sonuçlar elde edildiği gösterilmiştir (147). Aynı şekilde, smear tabakası, debris ve Ca(OH)₂ kalıntılarının uzaklaştırılmasında da, lazer aktivasyonu kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (148, 149). CO₂, Nd:YAG, Diod ve Erbiyum lazerler kök kanal dezenfeksiyonunu sağlamak için, çalışmalarda sıklıkla kullanılan lazer türleridir (150).

2.5.3.2. Endodontide Yaygın Kullanılan Lazerler

Nd:YAG Lazerler

1064 nm dalga boyuna sahip Nd:YAG (neodymium-doped yttrium aluminum garnet) lazerler, suda yarı absorbe edilmekte; bu nedenle endodontide çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Nd YAG lazer ışını, dentin duvarlarındaki smear tabakasını ve pulpa doku kalıntılarının kaldırılmasında, kök kanal dezenfeksiyonunda, dentin kanalları içindeki organik dokunun buharlaştırılmasında ve inorganik dokunun eritilmesinde etkilidir (151).

Nd:YAG lazerlerin, iki farklı mekanizma ile bakterilerde yıkıma neden olduğu düşünülmektedir. Birinci mekanizmada; bakterinin tutunduğu yüzeyde lazer ışığı daha fazla miktarda absorbe edilmektedir. Yüzeydeki ısı artışı nedeniyle yüzeye tutunan mikroorganizmaların öldüğü düşünülmektedir. İkinci mekanizmada ise; lazer ışığı bakteri tarafından absorbe edilir ve bakteri hücrelerinde direkt olarak hasar meydana

getirir (152). Lazerin termal etkisi ile de, bakteri hücre duvarında ozmotik basınç artışı, şişme ve hücre ölümüne varan değişiklikler oluştuğu belirtilmiştir (146).

Nd:YAG lazerler, dentin dokusunda en derin penetrasyonu olan dalga boyuna sahip lazerlerdir. Lazer enerjisi, dentinin derin tabakalarına ve dentin kanalcıklarının içerisine yayılım gösterir ve lazer ışınları sayesinde bu bölgelerdeki mikroorganizmalar üzerinde bakterisidal etki oluşur (153).

Klinke ve ark. (154), Nd:YAG lazerin derin dentin dokusundaki antibakteriyal etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, Nd:YAG lazerin; Streptococcus mutans üzerine, 1000 µm dentin derinliğine kadar bakterisidal etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Nd:YAG lazer, kök kanallarının dezenfeksiyonu amacıyla, smear tabakasını ve debrisini kaldırmada etkili bir yöntemdir. Nd:YAG lazerlerin bakterisidal etkinliği; 10 Hz frekansta, 15s boyunca uygulandığında, %77 ile %86 arasında değişmektedir. 200mj'da 20s boyunca uygulandığında etkinlik, %97 ile %99 arasındadır. 5s boyunca 1,5W ile kullanıldığında ise etkinliğin %99'dan fazla olduğu bildirilmiştir (155).

Nd:YAG lazerler, kök kanallarının dezenfeksiyonu amacıyla 200µm kalınlığında fiber optik kablolar kullanılarak kök kanalları içerisine uygulanabilmektedir. Nd:YAG lazer uygulanırken, ışının oluşturduğu ısının yayılabilmesi için; fiber optik uç, mikroorganizmalara direkt temas etmemelidir (153).

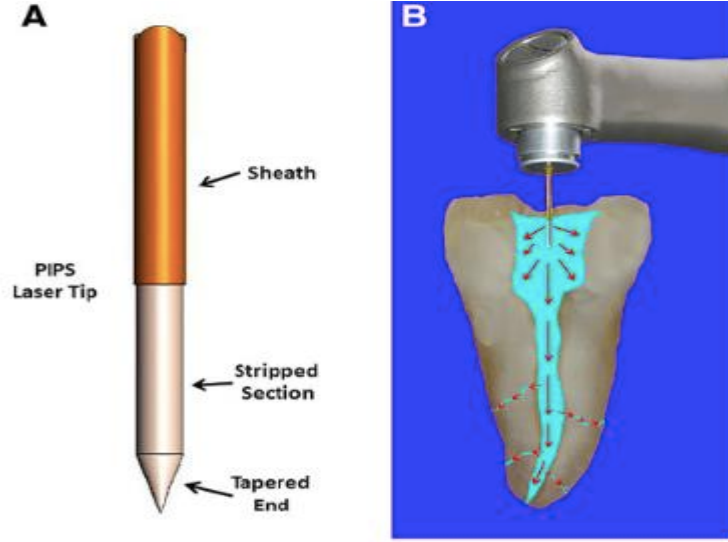
Er:YAG Lazerler

2940nm dalga boyuna sahip Er:YAG (erbium-doped yttrium aluminium garnet laser, erbium YAG lazer) lazerlerin; penetrasyon derinliğinin az olması nedeniyle, pulpa hasarı az olur. Bu nedenle, daha çok kaviteden çürüğü uzaklaştırmak için kullanılmaktadır. Aynı zamanda yarattığı anesteziik etki nedeniyle, ağrı hissini azaltır. Er:YAG lazerler, endodontide, kök kanal yüzeyindeki endotoksinlerin uzaklaştırılmasına yardımcı olarak antimikrobiyal etki sağlamaktadırlar (156). Er:YAG lazer ışınının, suda iyi bir şekilde absorbe olmasından dolayı, termal bir zarar oluşturmadan kök kanallarının dezenfeksiyonuna yardımcı olduğu bilinmektedir (157).

PIPS (Photon Initiated Photoacoustic Streaming) Yöntemi

Günümüzde iki farklı dalga boyuna sahip erbiyum lazer çeşitleri kullanılmaktadır; 2780nm Er,Cr:YSGG ve 2940nm Er:YAG lazerler. Bu dalga boyları, lazer ışınının suda ve hidroksiapatit içerisinde maksimum emilimlerini sağlar (158, 159). Erbiyum lazer ışını, diş sert dokusuna direkt olarak uygulandığı zaman, doku içerisindeki su hızlı bir şekilde buharlaşır ve yalnızca minimal termal etki oluşturularak, diş sert dokusu hafifçe kesilir. Erbiyum lazerin, diş sert dokusunda oluşturduğu bu etki nedeniyle; kanal tedavisi sırasında kullanılmış diğer lazer türleri ve irigasyon solüsyonlarına göre smear tabakasının kaldırılmasında daha etkili olabileceği bildirilmiştir (136). Kanal duvarlarından, debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması ile daha açık dentin kanallarının elde edilebileceği gösterilmiştir (160).

Lazer ışınının, optik fiber uçtan doğrusal yayılımı ve bu ucun kanal tedavisinde uygulanmasının zor olması nedeniyle, kanallar yeterince temizlenememektedir. Ayrıca, bu uçların kanal içerisinde kullanılabilmesi için, apikal çapın gereksiz yere genişletilmesi ve lazer ışınının, solüsyonda yarattığı hareket nedeniyle, apikalden debrisin çıkma riski dezavantaj oluşturmaktadır. Bu dezavantajları yok edebilmek amacıyla; güncel endodontide, PIPS (Photon Initiated Photoacoustic Streaming) adı verilen özel endodontik tasarım uçlar (Resim 4-A) geliştirilmiştir (159). Bu uçlar, irigasyon solüsyonu ile dolu pulpa odası içerisine yerleştirilerek kullanılmaktadır. Cihaz her atış yaptığında, solüsyonda şok dalgaları yaratmakta ve isthmuslar, lateral kanallar, dentin kanallarının derinlikleri dahil, tüm kök kanal sistemi içerisinde, kavitasyon etkisi oluşturmaktadır (Resim 4-B) (160).



Resim 4: PIPS ucunun oluşturduğu yapılar (A), PIPS ucunun kullanımı sırasında yalnızca kanal giriş ağzında konumlandırılması (B) (161)

PIPS yöntemi ile kök kanallarında sağlanan etkiler:

- Lazer etkisiyle solüsyonda oluşan hava baloncuğunun hacim artışı sayesinde, solüsyonda yavaş bir hareket oluşur.
- Hava baloncuğunun patlaması ile yüksek bir enerji yayılımı olur. Bu sayede, şok dalgaları ve ‘mikro-jetler’ gelişir. Makaslama kuvveti yakın yüzeylerde meydana gelir, primer kavitasyon oluşur.
- Primer kavitasyon oluşumunun ardından, daha küçük hava baloncuklarının meydana gelmesiyle sekonder kavitasyon oluşur (160).

Lazere bağlı oluşan etki, kanal içerisindeki solüsyonun emilim kapasitesine bağlıdır. Lazer radyasyonunun daha iyi emilebildiği solüsyon içerisinde, daha fazla primer ve sekonder kavitasyon meydana gelmektedir (158).

Solüsyon içerisinde az emilim gösteren dalga boyuna sahip lazer ışını, kök kanal duvarlarında, dentin kanallarında ve periodontal ligamentte hasara sebep olabilmektedir. Bu durum, iki erbiyum lazer arasındaki en önemli farkı oluşturur. 2940nm dalga boyuna sahip Er:YAG; Er,CrYSGG lazere göre yaklaşık iki kat daha fazla emilim göstermektedir. PIPS sistemi; 2940nm dalga boyuna sahip Er:YAG lazer cihazlarında

kullanılmaktadır (158, 159).

PIPS uç tasarımı, kök kanal temizleme etkinliğinde kilit rol oynamaktadır. 9mm uzunluğunda ve 600 mikrometre çapındaki bu uç, konik şekilde sonlanmaktadır ve poliamid yapıdadır. Açılı sonlanan apikal 3mm'lik kısmı, lateral yönde daha iyi emilime olanak tanımaktadır. Özel endodontik başlığı ile lazer cihazına (LightWalker®, Fotona, Slovenia) bağlıdır. Aksiyal yöndeki esnekliği sayesinde karmaşık anatomiye sahip dişlerde kullanılabilir (162).

PIPS sisteminde, kullanıcı talimatlarına göre; atış uzunluğu 50µs, frekans 10-20Hz, 0,15-0,5W ve güç ayarı 400W-1000W arasında olmalıdır. Hava/su spreyi kapalı halde bulunmalıdır. 20 ile 40s boyunca PIPS kullanılarak yapılan irigasyon aktivasyonunda kök yüzeyindeki ısı artışı yalnızca 1,5°C olmaktadır (162).

Kök kanal şekillendirilmesi tamamlandıktan sonra %17 EDTA ile smear tabakasının uzaklaştırılması önerilmektedir. Pulpa odası EDTA ya da NaOCI solüsyonu ile doldurulduktan sonra PIPS ucu kanal ağzındaki solüsyon ile temasta olacak şekilde yerleştirilir ve 30s boyunca solüsyon aktive edilir. PIPS ile aktivasyon sırasında kanal içi ve pulpa odasının her zaman solüsyon ile dolu olması önemlidir. Kullanımı sırasında; pulpa odasındaki solüsyonun azalmaması için, sürekli yenilenmesi önem taşımaktadır (158, 159).

Bakteriyel sızıntının değerlendirildiği bir çalışmada; PUI ve PIPS yöntemlerinin etkinlikleri kıyaslanmıştır. Sadece PIPS ile irigasyon aktivasyonunun yapıldığı örneklerde bakteriyel kontaminasyon %99,5 oranında azaltıldığı gözlenmiştir (159).

Ca(OH)₂'in kök kanallarından uzaklaştırılmasına yönelik bir çalışmada; PIPS, PUI ve sonik aktivasyon yöntemlerinin etkinlikleri kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonucunda; PIPS ile yapılan lazer aktivasyonu sonrasında, tüm örneklerde, Ca(OH)₂ tamamen uzaklaştırılmış, PUI grubundaki örneklerin ise %24'ünde hala Ca(OH)₂ kalıntılarına rastlanılmıştır (163).

PIPS yönteminin, E.feacalis'i kök kanallarından uzaklaştırma etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada; kanallar son ege ProTaper® F1 olana dek şekillendirilmiştir. Deney sonucunda PIPS grubuna ait tüm örneklerde, E.feacalis örneğine rastlanmamıştır. Bu çalışma; PIPS sisteminin üstün temizlik kabiliyeti sayesinde, minimal invaziv kanal preparasyonu yaklaşımını getirebileceğini göstermesi bakımından önem taşımaktadır (164).

PIPS kullanımı kanal tedavisinde iki önemli avantaj sağlamaktadır (165) :

- Daha iyi bir kök kanal temizliği elde edilerek kanal tedavisi başarı oranının artması sağlanır.
- Güçlü temizleme etkinliği sayesinde daha korumacı bir kök kanal preparasyonu yapılabilir. Bu sayede endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma direnci artırılarak, dişin bütünlüğü daha uzun dönemde korunabilir.

2.6. Kök Rezorpsiyonları

Dişin mineralize dokuları normal şartlarda rezorbe olmamaktadır. Kök kanalı içerisinde preentin, kök kanalı dış yüzeyinde odontoblastlar, sementoblastlar ve presementum bu rezorpsiyonu engelleyen faktörlerdir. Bu yapıların demineralize olduğu ya da zarar gördüğü durumlarda; polinükleer hücreler, harap olmuş ve korunmasız kalsifiye dokuların etrafında kolonize olarak rezorpsiyon oluşmasına neden olur (166).

Kök Rezorpsiyonlarında Sınıflandırma

Kök rezorpsiyonları, rezorpsiyonun meydana gelme şekline göre, temel olarak 2 sınıfa ayrılmaktadır (167):

1. Fizyolojik kök rezorpsiyonu
2. Patolojik kök rezorpsiyonu

Fizyolojik Kök Rezorpsiyonu

Daimi dişin sürmesi sırasında, çevresel bağ dokusu üzerindeki basınç nedeniyle bir stimülasyon meydana gelmektedir. Bu stimülasyonun, dişin sürme yolundaki alveoler kemiği ve süt dişi kökünde meydana getirdiği rezorpsiyon fizyolojik kök rezorpsiyonu olarak tanımlanır. Fizyolojik kök rezorpsiyonu yalnızca süt dişlerinde gözlenir (168, 169).

Patolojik Kök Rezorpsiyonu

Bu tip kök rezorpsiyonları, daimi dişlerde gözlenmekte ve endodontik bir problem olarak kabul edilmektedir (168, 169). Doğru tanı ve tedaviyi belirleyebilmek adına hastalıkların sınıflandırılması oldukça önemlidir (170). Andreasen (171), son 40 yıl boyunca, diş travmasının ardından meydana gelen diş rezorpsiyonları ile ilgili pek çok araştırmada bulunmuş ve bu konuda en yaygın kullanılan sınıflandırmayı yapmıştır:

1. İ Kök Rezorpsiyonları (İnternal Rezorpsiyonlar)

- Enflamatuar İ Kök Rezorpsiyonları
- İ Kök Replasman Rezorpsiyonları

2. Dış Kök Rezorpsiyonları (Eksternal Rezorpsiyonlar)

- Yüzeysel Dış Kök Rezorpsiyonları
- Enflamatuar Dış Kök Rezorpsiyonları
- Dış Kök Replasman Rezorpsiyonları

2.6.1. İ Kök Rezorpsiyonları (İnternal Rezorpsiyon)

İ kök rezorpsiyonu, pulpada üretilen granülasyon dokusuna komşu dentinin i yüzeyinde oluşan rezorpsiyon olarak tanımlanmaktadır (172). İnternal enflamatuar kök rezorpsiyonunda diş sert dokularının yıkım olayı odontoklastik aktivite ile meydana gelmektedir (168, 173). Bu süreçte, intradikler dentinde ve kök kanalları boyunca uzanan dentin kanalcıklarında, çok çekirdekli dev hücreler aracılığıyla, odontoklastik aktivite başlar ve yıkım gerçekleşir. Yıkım sonucu, pulpa boşluğu tarafındaki diş sert dokularında oluşan boşluklar, granülasyon dokusu ile dolar. İ kök rezorpsiyonu ile ilişkili pulpa granülasyon dokusunun kaynağına yönelik çeşitli teoriler olsa da en tutarlı açıklama, enfekte kronal pulpa boşluğunun neden olduğu pulpa dokusunun enflamasyonu veya travmadır (172).

İç Kök Rezorpsiyonlarının Etyolojisi :

Enfeksiyon : Enfeksiyon sebebi ile kök kanalında oluşan ve dentin kanallarında ilerleyen mikroorganizmaların toksinleri ve iltihabi ürünleri iç kök rezorpsiyonu meydana getirebilmektedir. Bakteriler, pulpa boşluğuna dentin kanalcıkları, çürük kavimleri, çatlak, kırık ve lateral kanallar aracılığıyla girebilmektedir. Ortamda bakteri bulunmadığında rezorpsiyon ilerlemeyip, kronik olarak seyredebilir (174).

Rezorpsiyonun ilerleyebilmesi için, rezorpsiyon alanın apikalinde kalan pulpa dokusu canlı olmalıdır çünkü, kan akışı ile odontoklastik hücrelere ortam sağlanmaktadır. Buna karşın, rezorpsiyon alanının kuralinde kalan enfekte pulpa dokusu ise, odontoklastik hücreleri stimüle etmektedir (174).

Travma : En sık görülen etyolojik etkenlerdendir. Yapılan bir çalışmada, iç kök rezorpsiyonu görülen 25 olgunun etyolojisinde; %45 oranında travma, %25 oranında iltihabi olaylar, %14 oranında çürük ve periodontal lezyonların etkili olduğu bildirilmiştir. Olguaların %16'sı ise idiyopatik etkenli olarak değerlendirilmiştir (175).

Travma nedeni ile pulpada kanama meydana geldiğinde; damar dışına çıkan kan organize olup granülasyon dokusunu oluşturmakta ve daha sonra proliferasyonla dentin duvarlarına basınç yapmaktadır. Odontoklastik hücrelerin indüklenmesiyle iç rezorpsiyon gelişimi başlamaktadır (167).

Isı : Isı artışı, predentin tabakasında harabiyet oluşturabilmektedir. Örneğin; yeterli su soğutması altında yapılmayan kural preparasyonu sonucu predentin tabakası zarar görerek, diş nekroze olabilmektedir. Bunun sonucunda kök kanalı içerisinde oluşan enfeksiyon rezorpsiyon sürecini başlatabilmektedir (167).

Kimyasal: Kanal tedavisi sırasında sitotoksik etkisi yüksek medikamentlerin kullanımının predentini tahrip edebildiği ve iç kök rezorpsiyonu için hazırlayıcı bir ortam oluşturduğu bildirilmiştir (167).

Bu etkenler dışında; bazı iç rezorpsiyon olgularında; periodontal hastalıklar, ortodontik tedaviler, brüksizm, çatlak diş, Herpes zoster, anakorezis, radyoaktivite, vital kök rezeksiyonu ve organik maddelerin etyolojisinde yer alabildiği bildirilmiştir (175). Bazı iç kök rezorpsiyonu olgularında ise, etyolojik etken idiyopatik olabilmektedir. Bu durumlarda genetik faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (167).

İç Kök Rezorpsiyonunda Dağılım

Dış kök rezorpsiyonuna nazaran daha nadir görülen iç kök rezorpsiyonları, tek dişte veya simetrik olarak gözlenebilmektedir. En fazla 40-50 yaşlarında görülmesine karşın, her yaşta karşılaşılabılır. Lokalizasyon olarak; iç kök rezorpsiyon olgularının en fazla orta 1/3 lük kısımda, bunu takiben apikal 1/3'lük kısımda, en az sıklıkta ise kural 1/3'te gözlenmektedir (168).

Daimi dişlerde görülme sıklığı, sırasıyla:

1. Orta keser dişler
2. Birinci ve ikinci büyük azılar,
3. Yan keserler,
4. Küçük azılar,
5. Kaninler
6. Üçüncü büyük azılar

olarak belirlenmiştir (168, 176).

2.6.1.1. Enflamatuvar İç Kök Rezorpsiyonları

Kök kanalı içerisinde gelişen iç kök rezorpsiyonlarıdır. Günümüzde iltihabi iç kök rezorpsiyonunu, bilinmeyen iritanın pulpada meydana getirdiği kronik geri dönüşümsüz pulpitisin yaptığına inanılır (175).

Rezorpsiyon alanının kuralinde, nekrotik, enfekte bir bölge bulunur. Vital ve nekrotik pulpa arasındaki rezorpsiyon alanında granülasyon dokusu bulunur. Sağlıklı pulpanın yerini granülasyon dokusu almaktadır. Enfeksiyon, travma, ısı ya da kimyasal faktörler nedeniyle pulpada meydana gelen dolaşım bozuklukları hücre metabolizmasını etkiler. Aktif hiperemi de yüksek oksijen basıncı ile klastik faaliyeti uyarmaktadır (174).

Klinik bulgular: Sıklıkla asemptomatik olarak gelişmektedir. İnternal kök rezorpsiyonu orta ve apikal 1/3'te lokalize olduğunda, rezorpsiyon sürecinin kronik enflamatuvar karakteri nedeniyle çoğunlukla hastada herhangi bir şikayet gözlenmez ve lezyon rutin radyolojik muayene esnasında saptanır; ancak rezorpsiyon alanı koroner üçlüdeyse ve harabiyet ileri düzeydeyse, granülasyon dokusundan kaynaklı pembe

renkteki yansıma teşhisi kolaylaştırır (177).

Kuronal bölgedeki iltihabi iç kök rezorpsiyonlarında dış sert dokularının incelenmesi ve granülasyon dokusunun damardan zengin bir yapıda olması nedeniyle bölgede pembe renkli bir görüntü mevcut olabilir. 'Pink spot' olarak adlandırılan bu görüntü servikal dış kök rezorpsiyonlarında da gözlenebilmektedir. Bazı olgularda fistül oluşarak periodontal aralığa açılır. Bu durumda klinik muayenede dikkat çeker (178).

Canlılık testlerine pozitif veya negatif yanıt alınabilir. İç kök rezorpsiyonunun aktif olarak devam edebilmesi için pulpanın bir kısmının canlı kalması gerekmektedir. Bu nedenle canlılık testlerinde pozitif yanıt alınabilir. Ancak, aktif bir rezorpsiyonu takiben tüm pulpanın canlılığını kaybettiği durumlarda negatif yanıt alınır (168).

Radyografik bulgular: İç kök rezorpsiyonu radyografik olarak belirgindir. Kök kanalı üzerinde simetrik olarak bulunan, oval, yuvarlak ya da konik görünümlü radyolusent bir alanla karakterizedir. Kuronal, orta veya apikal 1/3 kısımda, bir veya birden fazla alanda görülebilmektedir. Enfeksiyonun apikal foramen ya da lateral kanallar aracılığıyla çevre dokulara yayılması sonucu, ilgili kısımda periradiküler lezyon gelişmesi nedeni ile radyolusent bölgeler görülebilmektedir (168).

Histopatolojik Bulgular:

- İç kök rezorpsiyonu bölgesinde çok çekirdekli dev hücreli damardan zengin granülasyon dokusu bulunur.
- Pulpa, periodontal membran benzeri bir bağ dokusu ile de yer değiştirmiş olabilir.
- Rezorpsiyon sahasının kuronalinde nekrotik bir pulpa bölgesi bulunur. Dentin kanallarında mikroorganizmalar mevcuttur.
- Dentinde rezorpsiyon lakünlerindeki çok çekirdekli hücreler, kemiği rezorbe eden hücreler ile aynı enzimleri bulundurur: 'Acid phosphatase' ve 'Beta glucorinadase'.
- Sıklıkla rezorpsiyon ve tamir olayları birbirini takip etmekte ve iç kök rezorpsiyonu bölgesine kalsifik bir doku çökebilmektedir (168, 177).

Enflamatuvar İ Kök Rezorpsiyonlarının Tedavisi

Rezorpsiyon sahasının perfore olup olmamasına ve lokalizasyonuna göre planlanır. Yalnızca kök kanal tedavisi veya kök kanal tedavisi ile birlikte cerrahi işlem uygulanabilir (168).

İ kök rezorpsiyonunun ilerlemesi kök kanalındaki canlı doku varlığına bağlıdır. Bu nedenle i kök rezorpsiyonu tanısı konulduğu anda kök kanal tedavisine başlanarak rezorpsiyonun durdurulması sağlanmalıdır. Bu yaklaşım daha fazla sert doku kaybı ve perforasyonun engellenmesi açısından çok önemlidir (177).

Perforasyonun meydana gelmediği ve hermetik olarak doldurulabilecek olgularda kanal tedavisi endikedir. Perfore olan ve kök kanal tedavisi ile başarılı olunamayan vakalarda ise cerrahi tedavi endikedir. Kök kanal tedavisinin prognozunda, rezorpsiyon defektinin byklğu ve lokalizasyonu önem taşır. Amaç, kök kanalının biyomekanik preparasyonu takiben hermetik olarak doldurulması sonucunda dişin btnlğunun korunması ve fonksiyonun yeniden sağlanabilmesidir. Kanal tedavisi yapımı sırasında dikkat edilmesi gereken bir konu da; rezorpsiyon nedeniyle incelmiş kök kanal duvarlarının şekillendirme sırasında perfore edilmemesidir (167).

Kemomekanik şekillendirme sırasında ve sonrasında etkin bir irigasyon işleminin uygulanması önem taşır. Daha önce yapılan pek çok çalışmada farklı aktivasyon yöntemlerinin, kök kanalındaki düzensiz alanlardan debrisi uzaklaştırdığı ve bakteri sayısında azalmaya yol açtığı gösterilmiştir (179-181). Bu nedenle İKR'li dişlerin kemomekanik dezenfeksiyon prosedürlerinde irigasyon aktivasyon yöntemlerinin kullanılması, ulaşılması zor alanlarda kalan dokuları ve mikroorganizmaları uzaklaştırma bakımından oldukça önem taşımaktadır (129).

İ kök rezorpsiyonu olgularında, kanal içerisine medikament uygulanması gerekmektedir. Uygulanan kanal içi medikamentler; kök kanalındaki, dentin kanalcıklarındaki, evre dokulardaki mikroorganizmaları ve toksik ürünleri etkileyip, granülasyon dokusunun elimine edilmesini kolaylaştırarak daha kontrollü bir iyileşme sürecinin başlamasını sağlamaktadır (182).

Kanal içi medikament olarak sıklıkla tercih edilen kalsiyum hidroksit; alkali pH' sı ile klastik aktiveyi inhibe ederek iyileşme için uygun şartların sağlanmasına yardımcı olmaktadır (183). Ayrıca, yapılan çalışmalarda kök kanalında Ca(OH)₂ bekletmenin

kanal içerisindeki organik debrisini uzaklaştırmak konusunda NaOCl ile sinerjik etkisi olduğu gösterilmiştir (184).

İç kök rezorpsiyonu olgularında; kök kanalı dolgusunun hermetik olarak yapılabilmesi reenfeksiyonu önlemektedir. Anatomik zorlukların eliminasyonu amacı ile birden fazla kanal doldurma yöntemlerinin birlikte uygulandığı hibrit yöntemin kullanılması başarı şansını arttırmaktadır (168).

İç kök rezorpsiyonunun kökün dış yüzeyine ilerlediği ve perforasyon olduğu durumlarda başarı şansı azalmaktadır. Rekalsifikasyonun sağlanamadığı ve rezorpsiyon sahasının lokalizasyonu nedeniyle kanal tedavisinin başarılı olmadığı olgularda cerrahi tedavi endikedir (185). Perforasyon söz konusu olduğunda bölgenin tamiri amacıyla en sık kullanılan materyal 'mineral trioksit agregattır (MTA)'dır. Biyouyumluluğu ve nemli ortamda sertleşebilmesi başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (186). Periradiküler doku tarafında oldukça iyi tolere edilen MTA aynı zamanda periodonsiyumun rejenerasyonunu destekler yapıdadır (187). Geleneksel materyaller (amalgam, cam iyonomer siman, vb.) ile karşılaştırıldığında yüzeyi kapatma ve sızdırmazlık özelliği daha üstündür (188).

Biyoseramik ve biyoagregatlar, perforasyonlarda kullanılması önerilen ve MTA ile benzer sitotoksik özellik gösteren diğer materyallerdir (189). Hirschberg ve ark.'nın (190) çalışmalarında, bir biyoseramik olan Endosequence'in MTA'ya göre anlamlı derecede daha fazla sızdırmaya neden olduğu gösterilmiştir (190).

Her iki durumda da kök kanal tedavisine başlanmasının amacı; apikal bölgede herhangi bir vital doku bırakmayarak üst kısımdaki nekrotik dokunun kan desteğini kesip, rezorptif hücrelerin faaliyetini durdurmak ve kök kanal sistemini dezenfekte etmektir (191).

Kök rezorpsiyonlarında tedavi planlaması sırasında dişin restore edilebilirliği de göz önünde bulundurulmalıdır. Tedavi uygulamalarının ve restorasyonların başarılı olmadığı durumlarda ise çekim endikedir (192).

2.6.1.2. İç Kök Replasman Rezorpsiyonları

Odontoblast tabakasının ve predentinin harabiyetine ya da yok olmasına sebep olan mikrobiyal, fiziksel ya da kimyasal nedenlerle oluşan; pulpanın metaplastik dokuya

dönüşümü ile sonuçlanan rezorpsiyon türüdür. Genellikle, geri dönüşümsüz pulpitis, parsiyel nekroz, lüksasyon ve kök kırıkları gibi travmatik etkilerden sonra kırığın kural kısmında oluşmaktadır. Asemptomatik ilerleyen bu rezorpsiyonda, kök kanalı içerisindeki metaplazik doku nedeni ile radyografide kenarları düzgün olmayan radyopak bir görünüm oluşabilmektedir (168).

İrritasyonun devam etmediği ve organizma direncinin arttığı durumlarda yer değiştirme kendiliğinden durabilmektedir. Ancak, olgu radyografik ve klinik olarak takip edilmelidir (167).

2.6.2. Dış Kök Rezorpsiyonları (Eksternal Rezorpsiyonlar)

2.6.2.1. Yüzeysel Dış Kök Rezorpsiyonları

Kök yüzeyinde yapım-yıkım mekanizmasının görüldüğü geçici bir durum olmakla beraber, genellikle ortodontik uygulamalar gibi travma nedeniyle oluşmaktadır. Kök kanalının apikal kısımlarında revaskülarizasyonun söz konusu olduğu bölgelerde oluşabilmektedir. Klinik ve radyografik olarak bir belirtisi bulunmamaktadır (193).

Etkenin ortadan kaldırılmasıyla iyileşme gözlenebilmektedir. Bu nedenle tedavisinde; herhangi bir işlem uygulanmaz. Periyodik olarak vitalometrik ve radyografik kontrollerin yapılması önemlidir. Genellikle organizma tarafından, sert doku onarımı (sement yapımı) sağlandığı için prognozu iyidir (167, 193).

2.6.2.2. Enflamatuar Dış Kök Rezorpsiyonları

Dentine tutunmuş çanak şekilli (bowl-shaped) defekt olarak tanımlanan bu rezorpsiyon türü, kök rezorpsiyonları arasında en sık görülen gruptur. Pulpa dokusundaki enfeksiyon, iltihabi dış kök rezorpsiyonuna neden olan en önemli etkidir. Pulpadaki bakteriyel enfeksiyon ya da nekroz durumunda, bakteri ve ürünleri periodonsiyuma geçerek bu bölgede iltihabi bir stimülasyon oluşturur. Pulpa boşluğu ile periodonsiyum arasındaki bu ilişki, apikal foramen veya aksesuar kanallar yoluyla gerçekleşmektedir (194).

Apikal bölge, dişin diğer bölgelerine kıyasla, rezorbe edici faktörlere karşı daha dirençsizdir. Apikal bölgede yüzey alanının daha küçük olması, rezorbe edici

faktörlerin bu alanda daha çok bulunması ve yine bu alanda sement-dentin birleşim hattının zayıf olması bu bölgenin daha korunaksız olmasına neden olmaktadır (194, 195).

Apikal periodontitise bağlı oluşan enflamatuvar dış kök rezorpsiyonlarında radyografide, kök ucu kısalmış ve düzleşmiş olarak görülebilmektedir. Periapikal bölgenin histolojik görünüsü ise, granülomik veya kistik olabilmektedir (194).

Enflamatuvar dış kök rezorpsiyonlarında bir diğer faktör ise, diş eti oluşu enfeksiyonlarıdır. Kök yüzeyindeki hasar nedeniyle, epitelyal ataçmanın altında rezorptif hücreler uyarılır ve bu alanda rezorpsiyon başlayıp dentinde genişleyerek ilerler. İlk aşamada pulpada perforasyon gerçekleşmez, ancak kök kanalı çevresinde yayılım gösterir (178). Klinik muayenede asemptomatik olan dişte derin cep ile gözlenir. Rezorpsiyon lakünası, kuronda diş minesine altına uzanarak ilerleme gösterirse, bol damarlı granülasyon dokusu nedeniyle dişte pembe renkli bir görünüm 'pink spot' meydana gelir (196, 197). Klinik muayenede ilgili diş cansızdır, radyografik muayenede ise, başlangıçta kesin bulgular elde edilemese de ilerleyen aşamalarda, periodontal membranda genişleme ve kök yüzeyinde rezorbe alanlar görülebilir (198). Histopatolojik görünümde, aktif rezorpsiyon döneminde, klastik hücreler ile dolu lakünler , çok çekirdekli dev hücreler, iltihabi hücreler ve granülasyon dokusu mevcut iken; aktif olmayan rezorpsiyonlarda, çok çekirdekli dev hücreler sayıca az bulunmaktadır. Pulpa perforasyonunun mevcut olduğu enflamatuvar dış kök rezorpsiyonlarının tedavisinde, kök kanal tedavisi yapılarak kök kanalı hermetik olarak doldurulmalıdır (199, 200).

2.6.2.3. Dış Kök Replasman Rezorpsiyonları

Sement, dentin ve periodontal ligamentin patolojik kaybı sonucu, bu dokuların yerini kemik dokusunun almasıyla oluşan rezorpsiyonlardır. Dış kök replasman rezorpsiyonları, ankiloz ve yer değiştirme rezorpsiyonu olmak üzere iki şekilde görülmektedir (171):

Ankiloz: İstenmeyen bir iyileşme şekli olan ankiloz olgularında kök ile kemik dokusu arada herhangi bir doku olmadan birleşmektedir. İleri derece travmatik yaralanmalarda, oluşan iltihabi cevabın ardından kök yüzeylerinde sement kaybı meydana gelir. Çıplak kalan kök yüzeylerinde, periodontal ligament hücrelerinin yerine soket duvarından

gelen kemik öncü hücreleri gelmeye başlar. Bu şekilde, sementten yoksun diş kökü kemik dokusuyla doğrudan birleşir ve dento alveoler ankiloz meydana gelir (201, 202).

Klinik muayenede, perküsyonda metalik bir ses duyulur, diş mobil değildir ve hastada ağrı şikayeti bulunmamaktadır. Radyografik muayenede ise, travmadan 4-6 hafta sonrasında periodontal aralık izlenememekte, diş kökü ile kemik dokusu arasında radyolüsent çizgi görülememektedir (201, 203).

Yer değiştirme Rezorpsiyonu: Ankilozdan farklı olarak, diş kökü ile alveol kemik arasında gerçek bir birleşme yoktur, her iki bölge arasında iltihabi ve klastik hücreleri içeren bir granülasyon dokusu bulunmaktadır. Sıklıkla, intrüziv lüksasyon ve dişin uzun süre soket dışında kaldığı periodontal ligament hücrelerinin canlılığını yitirdiği avulsiyon olgularında görülmektedir (204).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

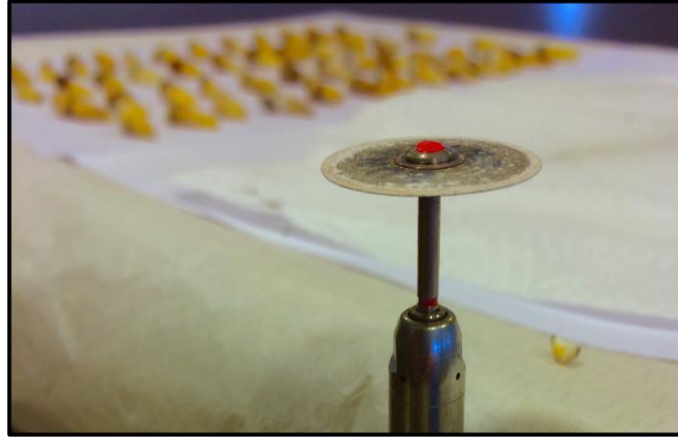
3.1. Örneklerin Seçilmesi ve Hazırlanması

Çalışmada; deney gruplarında 20'şer adet, pozitif ve negatif kontrol gruplarında 4'er adet olmak üzere, toplam 88 adet tek köklü ve tek kanallı insan üst kesici ve kanin dişleri kullanıldı. Dişler, operasyon mikroskobu altında incelendi ve çatlak, kırık ve rezorpsiyon mevcut olanlar çalışma dışı bırakıldı. Mezio-distal ve bucco-palatinal yönde radyografiler alınarak, dişlerin tek kanallı olup olmadığı kontrol edildi. Aşağıda belirtilen kriterlere uygun olan dişler seçilip, çalışmaya dahil edildi.

- çürük bulunmaması
- birden fazla kanala sahip olmamaları
- iç/dış kök rezorpsiyonu bulunmaması
- kırık veya çatlak olmaması
- kök kanallarında kalsifikasyon olmaması
- boyutsal olarak birbirlerine yakın olmaları
- benzer eğim ve kanal çapına sahip olmaları
- önceden yapılmış kök kanal tedavisi veya tedavi girişimi olmaması
- kuron ya da kökte herhangi bir restorasyon bulunmaması
- kök ucu oluşumunun tamamlanmış olması

Yukarıda belirtilen koşulları sağlamayan örnekler, çalışmaya dahil edilmedi. Örnek dişler çekildikten sonra, üzerlerindeki yumuşak doku kalıntıları ve diş taşları ultrasonik aletler yardımı ile mekanik olarak uzaklaştırıldı. Hazırlanan örnek dişler, deney aşamasına kadar izotonik sodyum klorür içerisinde bekletildi.

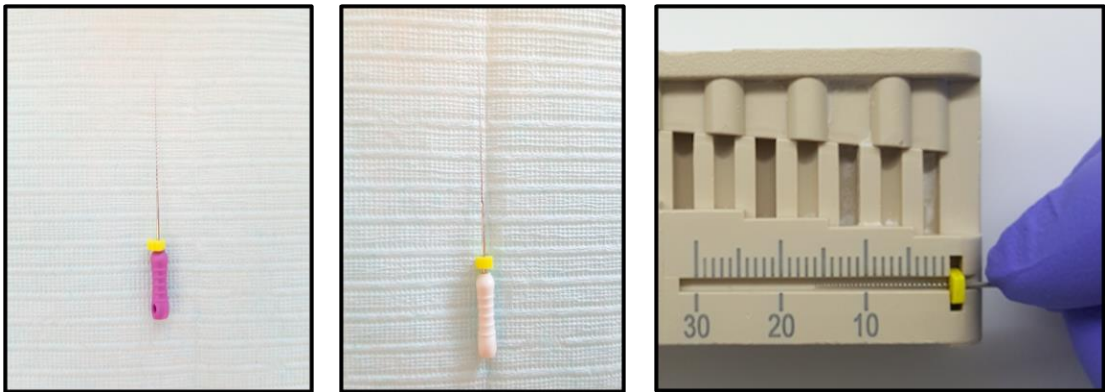
Örnek dişlerin kök boyları 17mm olacak şekilde, kuronlarından asetat kalem ile işaretlendi. Su soğutması altında, elmas separe (Sunshine diamonds separe, Acteon, UK) yardımıyla (Resim 5), işaretlenen çizginin kuralinde kalan diş sert dokuları uzaklaştırıldı. Mine-sement birleşim yerinden kök ucuna kadar olan mesafe 17mm olacak şekilde tüm dişler standardize edildi.



Resim 5: Örnek dişlerin kural kısmını uzaklaştırmak amacıyla kullanılan elmas separe

3.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Kuron kısımları uzaklaştırılan örnek dişlerin; kök kanal yolu açıklıkları, #10 K-tipi el eğesi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) yardımıyla kontrol edildi (Resim 6). #15 K-tipi el eğesi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) (Resim 7), kök kanalına yerleştirilip; X12 büyütmede, operasyon mikroskopu altında bakılarak, apikal foramen den görülünceye kadar ilerletildi. Çalışma boyu, bu uzunluktan 1mm kısa olacak şekilde hesaplandı ve 16mm olarak belirlendi (Resim 8).



Resim 6, 7 ve 8: Kanal giriş açıklığını kontrol etmek için kullanılan #10 K tipi el eğesi (solda), çalışma boyunu ölçmek için kullanılan #15 K tipi el eğesi (ortada) ve çalışma boyunun 16mm olarak ölçülmesi (sağda)

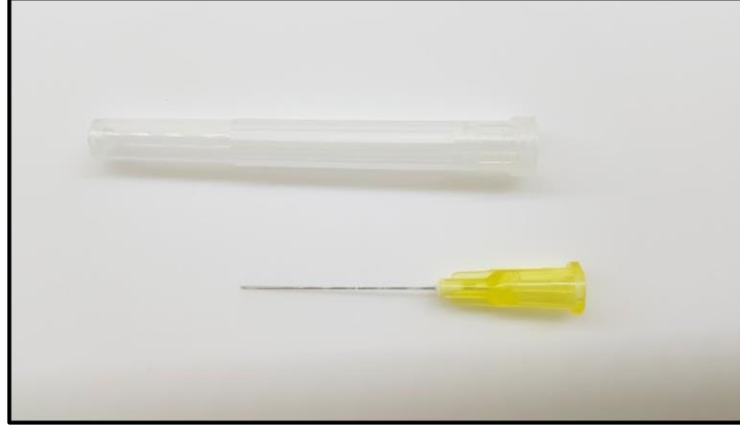
88 adet örnek diş, X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) endodontik motoru (Resim 9) ve Protaper Universal döner aletler (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) (Resim 10) kullanılarak; sırasıyla S1, S2, F1, F2, F3, F4, F5 eğeleri ile çalışma boyunca şekillendirildi. Her eğe değişiminden önce, “patency file” kullanılarak çalışma uzunluğu kontrol edildi.



Resim 9: X-Smart Plus endodontik motor



Resim 10: ProTaper Universal döner alet eğeleri
(S1, S2, F1, F2, F3, F4, F5)



Resim 11: 30 gauge yandan delikli NaviTip irigasyon iğnesi

Şekillendirme boyunca her ege değişimi sırasında, 2ml %5'lik NaOCl solüsyonu kullanılarak, 30 gauge yandan delikli NaviTip irigasyon iğnesi (Ultradent, South Jordan, UT, USA) (Resim 11) yardımıyla kök kanalları irige edildi. Her bir örnek dişin şekillendirilmesi tamamlanana kadar, toplam 240s boyunca, 16ml NaOCl solüsyonu (Wizard, Rehber Kimya, İstanbul) (Resim 12) kullanıldı.

Şekillendirme tamamlandıktan sonra, son irigasyon için, her kanal; 30s boyunca, 2,5ml %5'lik NaOCl, 60s boyunca 5ml %5'lik EDTA (Resim 13) ve son olarak 30s boyunca 2,5ml %5'lik NaOCl solüsyonu ile irige edildi.



Resim 12 ve 13: NaOCl (%5) ve EDTA (%5)

3.3. Örnek Dişlerin Silikon Blok İçerisine Gömülmesi

Şekillendirilen ve son irigasyonu tamamlanan örnek dişler, silikon (Zetaplus; Zhermack, Marl, Germany) kalıp içerisine gömüldü. Silikon kalıpların standardizasyonunu sağlamak amacıyla, içi boş metal bir parça kullanıldı (Resim 14). Örnek dişlerin gömülü olduğu silikonun sertleşmesi tamamlandıktan sonra, dişler metal kalıplarından çıkartıldı (Resim 15).



Resim 14: Örnek dişlerin silikon içerisine gömülmesi için kullanılan metal parça



Resim 15: Örnek dişin silikon kalıptaki görüntüsü

3.4. Rezorpsiyon Kaviteilerinin Oluşturulması

Örnek dişler silikon kalıplarından çıkartıldı ve dişlerin, cetvel kullanılarak belirlenen longitudinal yöndeki orta hatları, asetat kalemi ile işaretlendi. Sonsuz separe (0,25mm, Acurata, Almanya) yardımıyla, bukkal ve palatinal yüzeylerden kesim yapıldı. Separe, kök kanal boşluğuna temas etmeden, tüm örnek dişler longitudinal olarak ikiye ayrıldı (Resim 16).

İkiye ayrılan her yarım dişin kök ucunun 5mm kuronali, asetat kalemi ile işaretlendi (Resim 17).



Resim 16: Orta hattan bukko-palatinal yönde ikiye ayrılan örnek diş



Resim 17: Örnek dişin kök ucunun 5mm kuralı seviyesinde işaretlenmesi

İşaretlenen çizginin kuralında rezorpsiyon kavitesi oluşturmak amacıyla, 1,6mm çaplı elmas rond frez (Meisinger, Almanya) kullanıldı (Resim 18). Rezorpsiyon kavitesinin derinliğini ve yarıçapını 0,8mm olarak standardize edebilmek için, 1,6mm çapındaki frezin yarısı siyah oje ile işaretlendi (Resim 19).



Resim 18: 1,6mm çaplı elmas rond frez



Resim 19: Yarısı işaretlenmiş, elmas rond frez

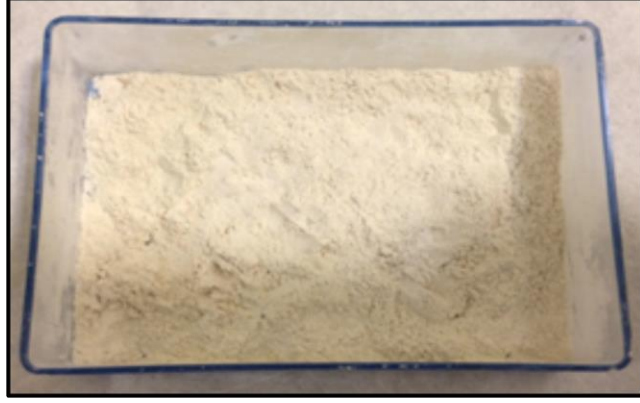
Rezorpsiyon kaviteleri, su soğutması altında, frezin boyalı kısmına gelinceye kadar ilerletilerek, örnek dişlerin her iki yarımında da oluşturuldu. Bu sayede 0,8mm derinliğinde rezorpsiyon kaviteleri hazırlandı. Rezorpsiyon kavitelerinin tabanı, kök ucunun 5mm kurali seviyesinde olacak şekilde; örnek dişlerin her iki yarımında simetrik olarak hazırlandı (Resim 20).



Resim 20: Her iki yarım dişte, kök ucunun 5mm kuralinde hazırlanmış rezorpsiyon kaviteleri.

3.5. Dentin Debrisinin Hazırlanması ve Yerleştirilmesi

Örnek dişlerden farklı olarak; 20 adet çekilmiş diş, buko-palatinal yönde önceden hazırlanmış oluklardan longitudinal olarak, sonsuz separe yardımıyla ikiye ayrıldı. İkiye bölünen her yarım diş parçası, sementten pulpa yönüne doğru, çelik rond frez ile su soğutması olmadan aşındırıldı. Elde edilen dentin tozu çalışma anına kadar kuru ve kapalı bir ortamda muhafaza edildi (Resim 21).



Resim 21: Hazırlanan dentin tozu

Elde edilen dentin tozu, iç rezorpsiyon kavitelerine yerleştirilmeden maksimum 5dk önce, %5'lik NaOCI solüsyonu ile karıştırıldı. Debris kıvamının standardizasyonu sağlamak amacıyla; her diş için, 100 mg dentin tozu ile 0,175ml %5'lik NaOCI solüsyonu, cam gode içerisinde karıştırılarak çamur kıvamı elde edildi (Resim 22 ve 23).



Resim 22 ve 23: Dentin tozu ile NaOCI'in karıştırılmadan önce belirtilen oranlarda hazırlanışı ve karıştırıldıktan sonra debrisin elde edilmesi

Elde edilen dentin debris, her yarım dişe ait rezorpsiyon kaviteleri içerisine ekskavator yardımıyla dolduruldu. Siman spatülü yardımıyla sıvanarak, rezorpsiyon kavitesi dışına taşan debris fazlalıkları uzaklaştırıldı (Resim 24).



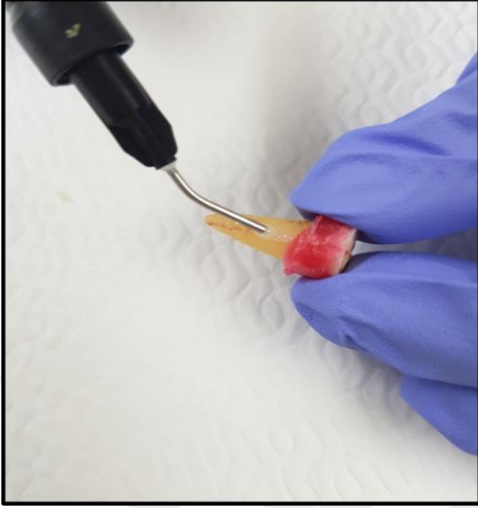
Resim 24: Rezorpsiyon kavitesi içerisine dentin debrisinin yerleştirilmesi

Rezorpsiyon kaviteleri, dentin debris ile doldurulduktan sonra; örnek dişler, başlangıçta gömülü oldukları silikon kalıplar içerisinde birleştirilerek, eski pozisyonlarını almaları sağlandı. Örnek dişlerin silikon kalıp içerisinde, bütün haldeki pozisyonlarını koruması için; mine-sement sınırlarından, ısıtılmış mum ile çevrelendi (Resim 25).



Resim 25: Mine-sement sınırından ısıtılmış mum ile çevrili, bütün haldeki örnek diş

Eski pozisyonu alması sağlanan dişler, silikon kalıplarından bütün halde çıkartılıp; mine sement sınırından apikale kadar uzanan, bukkal ve palatinaldeki separe açıklıkları, akışkan kompozit ile örtülendi ve 40s süreyle ışınlandı (Resim 26 ve 27).



Resim 26 ve 27: Akışkan kompozit ile separe açıklıklarının kapatılması (solda) ve kullanılan akışkan kompozitin ışınlanması (sağda)

3.6. Grupların Oluşturulması

Örnek dişlerin gömülü olduğu her bir silikon kalıp, 1'den 80'e kadar numaralandırıldı (Resim 28).



Resim 28: Örnek dişlerin gömülü olduğu silikon kalıpların numaralandırılması

Numaralandırılan örnek dişler, uygulanacak farklı irigasyon aktivasyon yöntemlerine göre, 4 gruba ayrıldı. Her grupta, 20 adet örnek diş olmak üzere; oluşturulan gruplar:

Grup 1: Geleneksel irigasyon yöntemi

Grup 2: XP-endo Finisher file ile irigasyon yöntemi

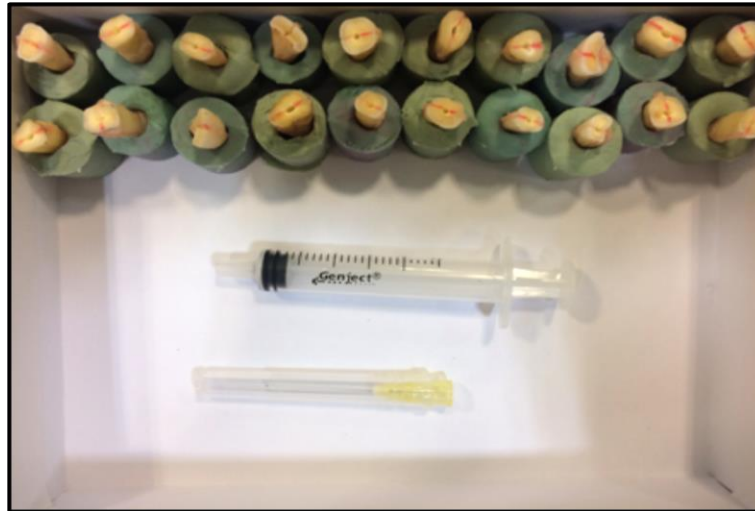
Grup 3: Pasif Ultrasonik İrigasyon (PUI) yöntemi

Grup 4: PIPS ile irigasyon yöntemi

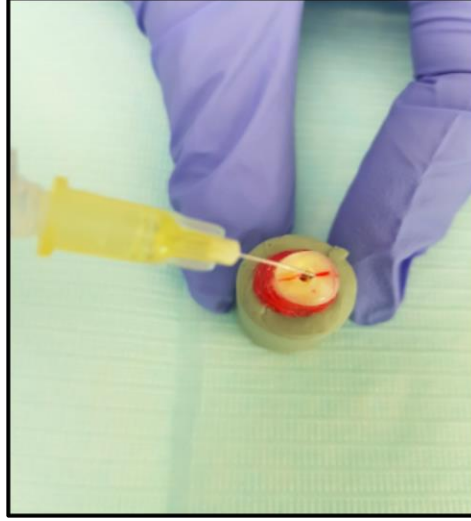
olarak belirlendi.

3.6.1. Geleneksel İrigasyon Yöntemi (Grup 1)

Geleneksel irigasyon grubuna ait 20 adet örnek diş (Resim 29); 3'er defa olmak üzere, 30'ar saniye boyunca, 2'şer ml %5'lik NaOCI solüsyonu ile irige edildi (Resim 30). İrigasyon için kullanılan 30 gauge'lık yandan delikli iğne, 15mm'de bükülerek; çalışma uzunluğunun 1mm gerisinde konumlandırıldı (Resim 30). İlave bir ajitasyon yöntemi kullanılmadı.



Resim 29: Geleneksel irigasyon grubuna ait örnek dişlerin görüntüsü (Grup 1)



Resim 30: Geleneksel irigasyon yönteminin uygulanması

Geleneksel irigasyon grubuna ait örnek dişler, son irigasyonda, toplamda 90s boyunca, 6ml %5'lik NaOCI solüsyonu ile irige edildi. Bu gruba ait tüm örnek dişlerde, toplamda 330s boyunca, 22ml NaOCI solüsyonu kullanılarak irigasyon gerçekleştirildi (Tablo 2).

Tablo 2: Geleneksel irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin irigasyonunda kullanılan; solüsyonunun hacmi, irigasyon süresi ve yönteminin detaylı olarak gösterilmesi(Grup 1)

İrigasyon aşamaları	Kullanılan NaOCI solüsyonu hacmi	Uygulanan süre	İrigasyon Yöntemi
Şekillendirme öncesi	2ml	30s	Geleneksel irigasyon
Şekillendirme sırasında	7x2ml (S1,S2,F1,F2,F3,F4, F5)	7x30s	Geleneksel irigasyon
Son irigasyon sırasında	6ml	3x30s	Geleneksel irigasyon
Toplam	22ml	330s	

3.6.2. XP-endo Finisher file ile İrigasyon Yöntemi (Grup 2)

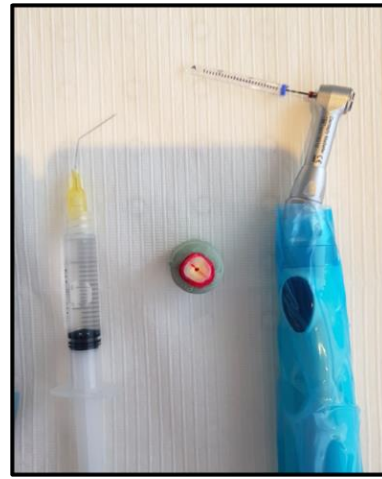
Bu gruba ait 20 adet örnek dişin (Resim 31) her biri, 3'er defa olmak üzere, 30'ar saniye boyunca, 2'şer ml %5'lik NaOCI solüsyonu ile XP-endo Finisher file (FKG Dental Staire, Switzerland) kullanılarak irige edildi. 25mm boyunda, 0,25mm çapa sahip XP-endo Finisher file, 1N tork ve 800rpm olarak ayarlanmış endodontik motorda kullanıldı (Resim 32). Eğenin üzerindeki lastik stoper, çalışma uzunluğunun 1mm gerisinde konumlandırıldı (Resim 33).



Resim 31: XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait örnek dişlerin görüntüsü (Grup 2)



Resim 32: 800 rpm ve 1N tork ayarlı X-Smart Plus endodontik motor



Resim 33: Lastik stoper 15mm'de konumlandırılmış XP-endo Finisher file

XP-endo Finisher file ile çalışma uzunluğunda 7-8mm vertikal hareketler yapılarak, toplamda 90s boyunca kanal içindeki irigasyon solüsyonu aktive edildi (Resim 34). İrigasyon aktivasyonu boyunca toplamda 6ml %5'lik NaOCl solüsyonu kullanıldı. Bu gruba ait tüm örnek dişlerde, toplamda 330s boyunca, 22ml NaOCl solüsyonu kullanılarak irigasyon gerçekleştirildi (Tablo 3). Her örnek diş için bir adet XP-endo Finisher file kullanıldı.



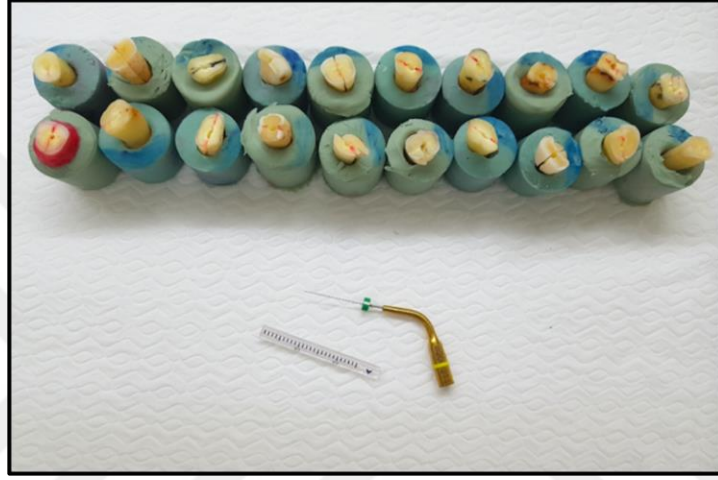
Resim 34: XP-endo Finisher file ile irigasyon yönteminin uygulanması

Tablo 3: XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin irigasyonunda kullanılan; solüsyon hacmi, irigasyon süresi ve yönteminin detaylı olarak gösterilmesi (Grup 2)

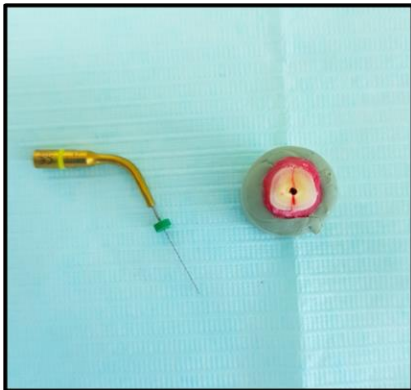
İrigasyon aşamaları	Kullanılan NaOCl solüsyonu hacmi	Uygulanan süre	İrigasyon Yöntemi
Şekillendirme öncesi	2ml	30s	Geleneksel irigasyon
Şekillendirme sırasında	7x2ml (S1, S2, F1, F2, F3, F4, F5)	7x30s	Geleneksel irigasyon
Son irigasyon sırasında	6ml	3x30s	XP- endo Finisher file ile irigasyon
Toplam	22ml	330s	

3.6.3. Pasif Ultrasonik İrigasyon Yöntemi (Grup 3)

Pasif ultrasonik irigasyon grubuna ait 20 adet örnek diş (Resim 35), 3'er defa olmak üzere, 30'ar saniye boyunca, 2'şer ml %5'lik NaOCI solüsyonu ile irrisafe uç (ISO 20, 21mm, Satelec-Acteon, France) kullanılarak irige edildi. PUI için kullanılan irrisafe uca, kanal boyunun 1mm gerisinde lastik stoper yerleştirildi (Resim 36). Irrisafe ucunun yerleştirildiği piezo üniten (Newtron PS, Satelec Acteon, UK) (Resim 37) güç seviyesi, orta kademedede olacak şekilde ayarlandı.



Resim 35: Pasif ultrasonik irigasyon grubuna ait örnek dişlerin görüntüsü (Grup 3)



Resim 36: Çalışma boyunun 1mm gerisine stoper yerleştirilen irrisafe uç



Resim 37: Irrisafe ucun kullanıldığı piezo ünit cihazı

Toplamda 90s boyunca, kanal içi %5'lik NaOCI solüsyonu ile irige edilirken; eş zamanlı olarak, kanal içindeki solüsyon, irrifafe uç ile kanal duvarlarıyla temas oluşturulmadan aktive edildi (Resim 38). İrigasyon aktivasyonu boyunca toplamda 6ml %5'lik NaOCI solüsyonu kullanıldı. Bu gruba ait tüm örnek dişlerde, toplamda 330s boyunca, 22ml NaOCI solüsyonu kullanılarak irigasyon gerçekleştirildi (Tablo 4). Bir ultrasonik uç, sadece 5 kök kanalında kullanıldı.



Resim 38: İrrifafe kullanılarak yapılan PUI yönteminin uygulaması

Tablo 4: Pasif ultrasonik irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin irigasyonunda kullanılan; solüsyon hacmi, irigasyon süresi ve yönteminin detaylı olarak gösterilmesi (Grup 3)

İrigasyon aşamaları	Kullanılan NaOCI solüsyonunun hacmi	Uygulanan süre	İrigasyon Yöntemi
Şekillendirme öncesi	2ml	30s	Geleneksel irigasyon
Şekillendirme sırasında	7x2ml (S1, S2, F1, F2, F3, F4, F5)	7x30s	Geleneksel irigasyon
Son irigasyon sırasında	6ml	3x30s	Pasif ultrasonik irigasyon
Toplam	22ml	330s	

3.6.4. PIPS İrigasyon Aktivasyon Yöntemi (Grup 4)

Bu gruba ait 20 örnek diş (Resim 39), 3'er defa olmak üzere, 30'ar saniye boyunca 2'şer ml %5'lik NaOCI solüsyonu ile PIPS irigasyon aktivasyon yöntemi kullanılarak irige edildi.



Resim 39: PIPS irigasyon aktivasyon grubuna ait örnek dişlerin görüntüsü (Grup 4)

PIPS ucu (PIPS 400/14, Fotona, Slovenia) (Resim 40) yerleştirilen, 2940 nm dalga boyuna sahip ER:YAG lazer cihazı (Fidelis Plus III AT; Fotona, Ljubljana, Slovenia); gücü 0,30W, enerjisi 0,20mJ, frekansı 15Hz olacak şekilde ayarlandı (Resim 41). Cihazın su ayarı tamamen kapalı konuma getirildi.

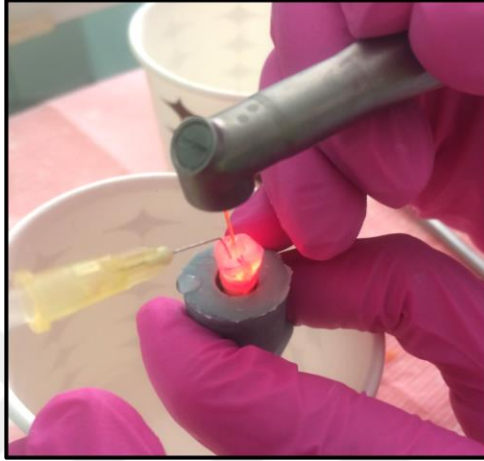


Resim 40: PIPS ucu (400/14)



Resim 41: ER:YAG lazer cihazının PIPS kullanımı için ayarlandığı değerler

PIPS irigasyon aktivasyon yönteminde, kök kanalının içi %5'lik NaOCI solüsyonu ile irige edilirken; PIPS ucu, kanal ağzındaki solüsyon ile temas edecek şekilde konumlandırılarak, solüsyon aktive edildi (Resim 42). İrigasyon aktivasyonu boyunca toplamda 6ml %5'lik NaOCI solüsyonu kullanıldı. Bu gruba ait tüm örnek dişlerde, toplamda 330s boyunca, 22ml NaOCI solüsyonu kullanılarak irigasyon gerçekleştirildi (Tablo 5).



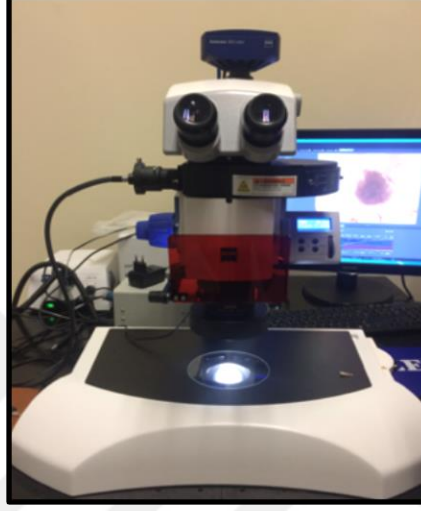
Resim 42: PIPS irigasyon aktivasyon yönteminin uygulanması

Tablo 5: PIPS irigasyon aktivasyon grubuna ait 20 örnek dişin irigasyonunda kullanılan; solüsyon hacmi, irigasyon süresi ve yönteminin detaylı olarak gösterilmesi (Grup 4)

İrigasyon aşamaları	Kullanılan NaOCI solüsyonunun hacmi	Uygulanan süre	İrigasyon Yöntemi
Şekillendirme öncesi	2ml	30s	Geleneksel irigasyon
Şekillendirme sırasında	7x2ml (S1, S2, F1, F2, F3, F4, F5)	7x30s	Geleneksel irigasyon
Son irigasyon sırasında	6ml	3x30s	PIPS ile irigasyon
Toplam	22ml	330s	

3.7. Örnek Dişlerin Stereomikroskop Altında İncelenmesi ve Dijital Görüntülerinin Alınması

İrigasyon aktivasyon yöntemleri uygulandıktan sonra, tüm örnek dişlere ait iç rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris miktarlarını değerlendirmek amacıyla, dijital kamera bağlantılı stereomikroskop (Axiocam 503 color, Zeiss Jena, Almanya) kullanıldı (Resim 43).



Resim 43: Dijital kamera bağlantılı stereomikroskop

Tüm örnek dişler, son irigasyon sonrasında, silikon kalıplarından çıkartıldı. Örnek dişlerin üzerindeki mum ve akışkan kompozit materyali, spatül yardımıyla uzaklaştırıldı ve dişler tekrar iki yarım diş haline getirildi (Resim 44 ve 45).



Resim 44 ve 45: Örnek dişlerin ayırım hattındaki kompozit materyalin spatül ile uzaklaştırılması ve dişlerin tekrar ikiye ayrılması

Her diş yarımı, stereomikroskop ile X20 büyütme altında incelendi ve tüm görüntüler, stereomikroskopun bağlı olduğu dijital kamera ile kaydedildi. Elde edilen dijital görüntüler, farklı iki yöntem ile değerlendirildi:

Skorlama yöntemi

'Van der Sluis' skorlama yöntemi kullanılarak, tüm örnek dişlere ait, her bir rezorpsiyon kavitesi iki bağımsız gözlemci tarafından skorlandı:

- Kavitenin tamamı boş ise '0'
- Yarısından azı dolu ise '1'
- Yarısı veya yarısından fazlası dolu ise '2'
- Tamamı dolu ise '3'

Image J programı ile Alan Hesaplaması

Dört farklı gruba ait toplam 166 örnek dişin stereomikroskopta, X20 büyütme altında alınan görüntüleri, Image J programı (Image J 1.51s, National Institutes of Health, USA) yardımıyla, piksel sayımı yapılarak, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris alanları değerlendirildi.

3.8. İstatistiksel Değerlendirme:

Bu çalışmada; istatistiksel analizler NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 Statistical Software (Utah, USA) paket programı ile yapılmıştır.

Verilerin değerlendirilmesinde, tanımlayıcı istatistiksel metotların (ortalama, standart sapma, median, interquartil range) yanı sıra, normal dağılım gösteren değişkenlerin gruplar arası karşılaştırmalarında; tek yönlü varyans analizi, normal dağılım göstermeyen değişkenlerin gruplar arası karşılaştırmalarında; Kruskal Wallis testi, alt grup karşılaştırmalarında; Dunn's çoklu karşılaştırma testi, nitel verilerin karşılaştırmalarında; ki-kare testi kullanılmıştır.

Gözlemciler arası uyum, ağırlıklı Kappa testi ile belirlenmiştir. Sonuçlar, anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

Bu çalışmada; yapay olarak iç rezorpsiyon kavitesi hazırlanmış dişlerde, dört farklı irigasyon aktivasyon yönteminin debris uzaklaştırma etkinlikleri incelenmiştir. Stereomikroskop kullanılarak X20 büyütme altında elde edilen görüntüler skorlanarak değerlendirilmiş ve Image J alan hesaplama programı kullanılarak ikinci bir değerlendirme daha gerçekleştirilmiştir.

4.1. Güç Analizi

Yapılan güç analizi sonucunda, dört gruptan oluşan çalışmamız için örneklem büyüklüğü '88' olarak hesaplanmıştır. Her bir grup için eşit sayıda ve 20'şer adet, pozitif ve negatif kontrol grupları için 4'er adet örnek dişin hazırlanması uygun görülmüştür.

Güç analizi sonucunda her grup için 20 adet örnek kullanılması uygun görülmesine karşın her bir diş üzerine iki adet rezorpsiyon kavitesi hazırlandığı için, 40 adet görüntü elde edilmesi mümkün olmuştur. Değerlendirme sonucu yapılan istatistiksel analizler, her grupta 40 örnek görüntü üzerinden yapılabilmektedir.

Toplam olarak bu çalışmanın kapsamı içinde, stereomikroskop altında '166' örnek görüntü elde edilerek değerlendirme yapılmıştır.

4.2. Çalışmada Kullanılan Değerlendirme Yöntemlerine İlişkin Bulgular

4.2.1. 'Van der Sluis' Skorum Yöntemi ile Elde Edilen Bulgular

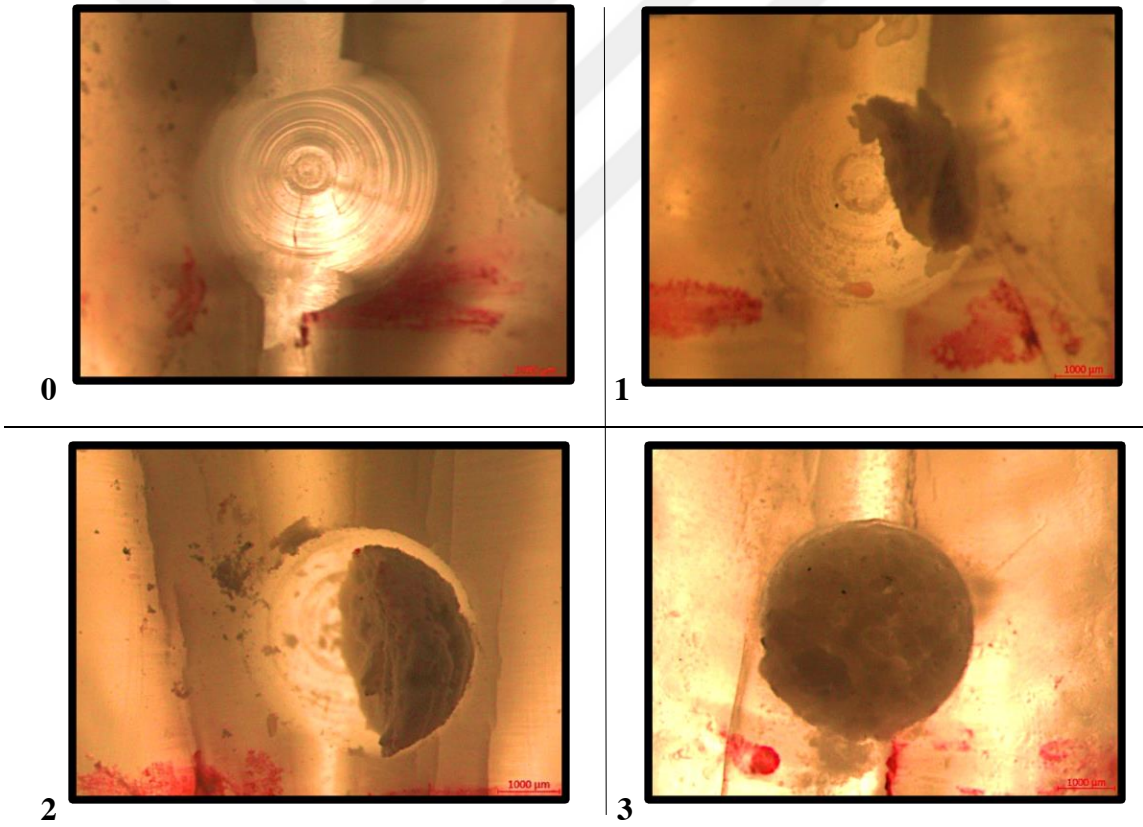
Çalışmamızda, stereomikroskopta X20 büyütme altında incelenen her yarım diş ait rezorpsiyon kavitelerinin görüntüleri, dişlerin hangi gruba ait olduğundan habersiz iki gözlemci tarafından skorlanmıştır (Resim 46).

Bu skorlama yöntemine göre (205) ;

- Kavitenin tamamı boş ise '0'
- Yarısından azı dolu ise '1'
- Yarısı veya yarısından fazlası dolu ise '2'
- Tamamı dolu ise '3'

olarak kodlama yapılmıştır.

Resim 46'da bu kodlamaya ilişkin örnek dişlerden alınan stereomikroskop görüntüleri yer almaktadır.



Resim 46 : İki gözlemci tarafından skorlama yöntemi ile değerlendirilen rezorpsiyon kavitelerinin örnek görüntüleri (0: kavitenin tamamı boş, 1:kavitenin yarısından azı dolu, 2: kavitenin yarısı veya yarısından fazlası dolu, 3: kavitenin tamamı dolu)

Bağımsız iki gözlemci tarafından, tüm örnek dışlara ait rezorpsiyon kavitlerinde kalan debris miktarına ilişkin verilen skor değerlerinin yüzdesi ve gözlemciler arasındaki uyum Kruskal Wallis testi ile değerlendirilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6: İki gözlemci tarafından kalan debris miktarına ilişkin verilen skorların değerlendirilmesi

		1.gözlemci							
		Skor 0		Skor 1		Skor 2		Skor 3	
2.gözlemci	Skor 0	31	56,36%	5	7,58%	0	0,00%	0	0,00%
	Skor 1	23	41,82%	60	90,91%	2	8,70%	0	0,00%
	Skor 2	1	1,82%	1	1,52%	20	86,96%	1	6,25%
	Skor 3	0	0,00%	0	0,00%	1	4,35%	15	93,75%

$\kappa_w:0,684$ $p=0,0001$

Tablo 6'dan görüleceği üzere, 1.gözlemci 55 görüntüyü '0' olarak skorlamıştır. 2.gözlemci ise 36 görüntüyü '0' olarak skorlamıştır. 2.gözlemci, 1.gözlemcinin '0' olarak skorladığı 55 görüntüden 31'ini '0' olarak (%56,36), 23'ünü '1' olarak (%41,82), 1'ini '2' olarak (%1,82) skorlamıştır. 1.gözlemcinin '0' olarak skorladığı hiç bir görüntüyü, 2.gözlemci '3' olarak skorlamamıştır.

1.gözlemci 66 görüntüyü '1' olarak skorlamıştır. 2.gözlemci ise 85 görüntüyü '1' olarak skorlamıştır. 2.gözlemci, 1.gözlemcinin '1' olarak skorladığı 66 görüntüden 5'ini '0' olarak (%7,58), 60'ını '1' olarak (%90,91), 1'ini '2' olarak (%1,52) skorlamıştır. 1.gözlemcinin '1' olarak skorladığı hiç bir görüntüyü, 2.gözlemci '3' olarak skorlamamıştır.

1. gözlemci 23 görüntüyü '2' olarak skorlamıştır. 2. gözlemci de 23 görüntüyü '2' olarak skorlamıştır. 2.gözlemci, 1.gözlemcinin '2' olarak skorladığı 23 görüntüden 2'sini '1' olarak (%8,70), 20'sini '2' olarak (%86,96), 1'ini '3' olarak (%4,35)

skorlamıştır. 1.gözlemcinin ‘2’ olarak skorladığı hiç bir görüntüyü, 2.gözlemci ‘0’ olarak skorlamamıştır.

2.gözlemci 16 görüntüyü ‘3’ olarak skorlamıştır. 2.gözlemci de 16 görüntüyü ‘3’ olarak skorlamıştır. 2.gözlemci, 1.gözlemcinin ‘3’ olarak skorladığı 16 görüntüden 1’ini ‘2’ olarak (%6,25), 15’ini ‘3’ olarak (%93,75) skorlamıştır. 1.gözlemcinin ‘3’ olarak skorladığı hiç bir görüntüyü, 2.gözlemci ‘0’ ve ‘1’ olarak skorlamamıştır.

Buna göre, 1.Gözlemci ve 2.Gözlemcinin debris uzaklaştırma etkinlik skoru sonuçları arasında, ‘Ağırlıklı Kappa’ sonuçlarına göre iyi düzeyde uyum bulunmuştur ($\kappa_w:0,684$ $p=0,0001$) (Tablo 6).

(Uyumun derecesini gösteren kappa katsayısı 0.20’ye eşit ya da küçük ise “zayıf uyum”, 0.21-0.40 aralığında ise “Ortanın altında uyum”, 0.41-0.60 aralığında ise “Orta düzeyde uyum”, 0.61-0.80 aralığında ise “İyi düzeyde uyum” ve 0.81-1.00 aralığında ise “Çok iyi düzeyde uyum” olarak tanımlanmaktadır) (206).

Dört farklı irigasyon aktivasyon yönteminden oluşan gruplara ait örnek dişlere 1. ve 2.gözlemci tarafından verilen ortalama skor değerleri ise Tablo 7’ de belirtilmiştir.

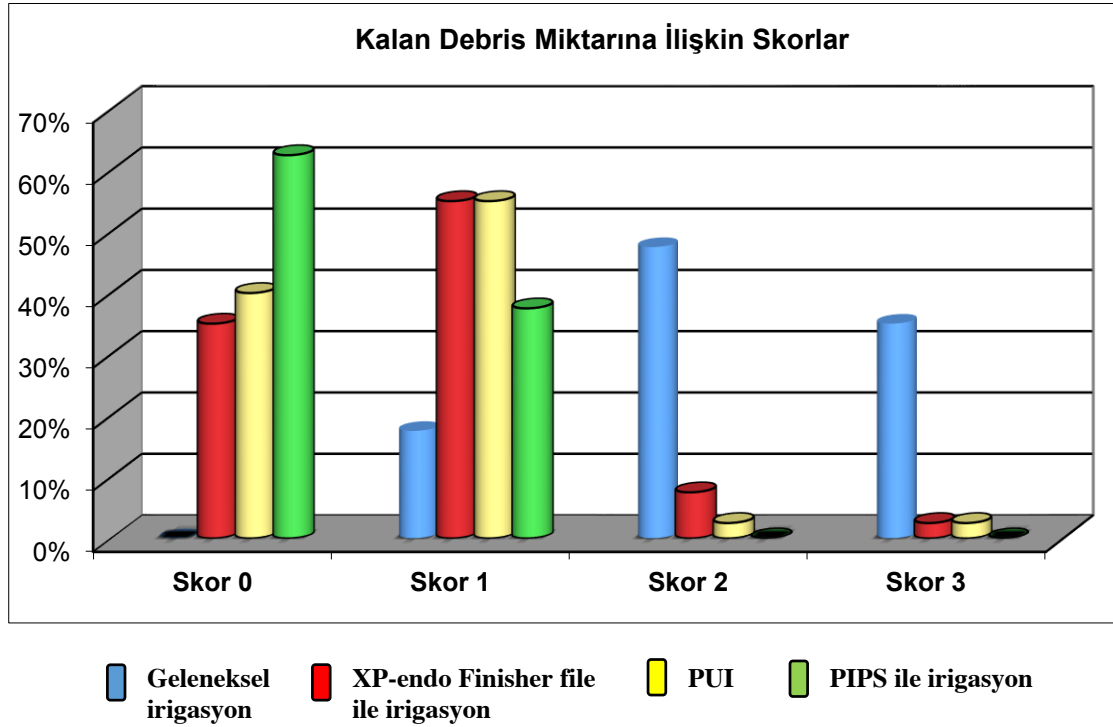
Tablo 7: Dört deney grubuna ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris miktarına ilişkin skor değerlerinin Ki kare testi ile değerlendirilmesi

	Geleneksel irigasyon		XP-endo Finisher file ile irigasyon		PUI	PIPS ile irigasyon		p
Skor 0	0	0,00%	14	35,00%	16	40,00%	25	62,50%
Skor 1	7	17,50%	22	55,00%	22	55,00%	15	37,50%
Skor 2	19	47,50%	3	7,50%	1	2,50%	0	0,00%
Skor 3	14	35,00%	1	2,50%	1	2,50%	0	0,00%

Ki kare testi ($p=0,0001$)

Yapılan Ki kare testi sonucunda, geleneksel irigasyon grubunun, diğer gruplara kıyasla debris uzaklaştırma etkinliği skor dağılımları arasında, istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($p=0,0001$). Geleneksel irigasyon grubunun debris uzaklaştırma etkinliği incelendiğinde; skor 2 ve skor 3 görülme sıklığı, XP-endo Finisher file ile irigasyon, pasif ultrasonik irigasyon (PUI) ve PIPS ile irigasyon gruplarından anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 7).

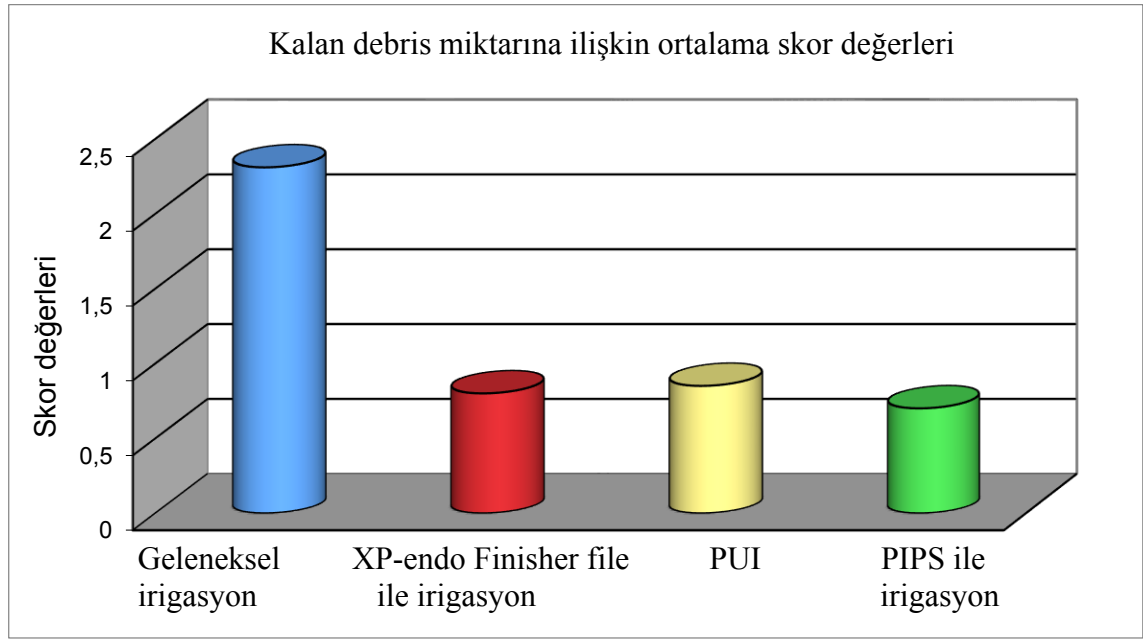
Tablo 7’de yer alan veriler kullanılarak; çalışmada kullanılan 4 farklı irigasyon aktivasyon grubunun aldığı farklı skor değerlerinin yüzdesi, sütun grafiği halinde gösterilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Dört deney grubuna ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris miktarına ilişkin skor değerlerinin yüzdeli olarak grafik halinde gösterilmesi

Dört farklı irigasyon aktivasyon grubuna ait örnek dişlerde kalan debris miktarlarına ilişkin, verilen skor değerlerinin ortalaması grafik halinde gösterilmiştir (Şekil 4).

Bu grafiğe göre; geleneksel irigasyon grubuna ait örnek dişler ortalama 2-2,5 arasında skorlanmıştır. XP-endo Finisher file ile irigasyon grubu, PUI grubu ve PIPS ile irigasyon grubuna ait örnek dişler 0,5-1 arasında skorlanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4: Dört deney grubuna ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitelelerinde kalan debris miktarına ilişkin ortalama skor değerlerinin grafik şeklinde gösterilmesi

Skor yüzdeleri ve skor ortalamalarını ifade eden grafikler değerlendirildiğinde, aktivasyon yöntemlerinin kullanıldığı grupların geleneksel irigasyon yöntemine kıyasla, daha etkili olduğu gözlenmektedir (Şekil 3 ve Şekil 4).

Bu çalışmada kullanılan farklı irigasyon aktivasyon yöntemlerinden oluşan 4 farklı grup için, 1.ve 2. gözlemci tarafından verilen skor değerleri Kruskal Wallis testi ile de analiz edilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8: Dört deney grubuna ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris miktarına ilişkin skor değerlerinin Kruskal Wallis testi ile elde edilen analiz sonuçları

	Kalan Debris Miktarını Belirten Skorlar	
	Ort±SS	Median (IQR)
Geleneksel irigasyon	2,13±0,82	2 (2-3)
XP-endo Finisher file ile irigasyon	0,80±0,65	1 (0-1)
PUI	0,85±0,58	1 (0-1)
PIPS ile irigasyon	0,70±0,52	1 (0-1)
p	0,0001	
Kruskal Wallis testi		

Yapılan Kruskal Wallis testi sonuçlarına göre, geleneksel irigasyon grubunun kalan debris miktarını belirten skor değerleri, diğer gruplara kıyasla anlamlı derece farklılıklar göstermiştir ($p=0,0001$) (Tablo 8).

Bu skor değerlerine göre, debris uzaklaştırma etkinliği bakımından, yine geleneksel irigasyon yöntemi en az etkili yöntem olarak görülmekle beraber; XP-endo Finisher file ile irigasyon ve PUI gruplarının birbirlerine benzer etkinliğe sahip olduğu görülmektedir. PIPS ile irigasyon yöntemi ise en etkili yöntem olarak bulunmuştur (Tablo 8).

Çalışmada kullanılan 4 farklı gruba ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitesinde kalan debris miktarlarına ilişkin skorlar, ikili gruplar halinde; Dunn's çoklu karşılaştırma testi kullanılarak değerlendirilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9: Dört deney grubuna ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris miktarına ilişkin skor değerlerinin gruplar arası değerlendirilmesi

Dunn's Çoklu Karşılaştırma Testi	Kalan Debris Miktarını Belirten Skor
Geleneksel / XP-endo Finisher file	0,0001
Geleneksel / PUI	0,0001
Geleneksel / PIPS	0,0001
XP-endo Finisher file / PUI	0,507
XP-endo Finisher file / PIPS	0.007
PUI / PIPS	0,032

PIPS ile irigasyon grubuna ait örnek dişlerde, kalan debris miktarına ilişkin skor değerleri; geleneksel irigasyon grubuna göre, çok ileri düzeyde anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p=0,0001$). XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna göre, ileri düzeyde anlamlı olarak düşük bulunurken ($p=0,07$); PUI grubuna göre, anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p=0,032$) (Tablo 9).

XP-endo Finisher file ile irigasyon grubu ile PUI grubuna ait kalan debris miktarını belirten skor değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p=0,507$) (Tablo 9). Buna göre, bu iki grubun debris uzaklaştırma etkinliklerinin benzer olduğu görülmektedir .

Yapılan Dunn's çoklu karşılaştırma testi sonucunda; geleneksel irigasyon grubunun kalan debris miktarını belirten skor değerleri; XP-endo Finisher file ile irigasyon, pasif ultrasonik irigasyon (PUI) ve PIPS ile irigasyon gruplarının, kalan debris miktarını belirten skor değerlerinden, istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($p=0,0001$) (Tablo 9).

Tablo 10: Geleneksel irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin, stereomikroskopta X20 büyütme altında, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelerinden alınan 40 adet görüntü (örnek Xa,b: X: diş numarasını, a:dişin 1.yarısını, b: dişin 2.yarısını belirtmektedir).



Tablo 11: Geleneksel irigasyon grubuna ait 20 adet örnek dışten (n1-n20) elde edilen 40 adet görüntüye, bağımsız iki gözlemci tarafından verilen skorlar (örnek Xa,b: X: dış numarasını, a: dışın 1.yarisını, b: dışın 2.yarisını belirtmektedir).

	1.gözlemci	2.gözlemci
Örnek 1a	2	2
Örnek 1b	2	3
Örnek 2a	3	3
Örnek 2b	1	0
Örnek 3a	2	2
Örnek 3b	2	2
Örnek 4a	3	3
Örnek 4b	3	3
Örnek 5a	3	3
Örnek 5b	2	2
Örnek 6a	2	2
Örnek 6b	3	3
Örnek 7a	1	1
Örnek 7b	2	2
Örnek 8a	1	1
Örnek 8b	1	1
Örnek 9a	3	3
Örnek 9b	3	3
Örnek 10a	2	2
Örnek 10b	3	3
Örnek 11a	3	3
Örnek 11b	2	2
Örnek 12a	2	1
Örnek 12b	1	1
Örnek 13a	2	2
Örnek 13b	3	3
Örnek 14a	2	2
Örnek 14b	3	3
Örnek 15a	2	2
Örnek 15b	1	1
Örnek 16a	2	2
Örnek 16b	2	2
Örnek 17a	2	2
Örnek 17b	3	3
Örnek 18a	2	2
Örnek 18b	2	2
Örnek 19a	3	3
Örnek 19b	3	3
Örnek 20a	2	1
Örnek 20b	1	1

Tablo 12: XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin, stereomikroskopta X20 büyütme altında, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelerinden alınan 40 adet görüntü (örnek Xa,b: X: diş numarasını, a:dişin 1.yarısını, b: dişin 2.yarısını belirtmektedir).



Tablo 13: XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait 20 adet örnek dışten (n21-n40) elde edilen 40 adet görüntüye, bağımsız iki gözlemci tarafından verilen skorlar (örnek Xa,b: X: diş numarasını, a:dişin 1.yarisını, b: dişin 2.yarisını belirtmektedir).

	1.gözlemci	2.gözlemci
Örnek 21a	1	1
Örnek 21b	0	1
Örnek 22a	0	0
Örnek 22b	0	0
Örnek 23a	0	0
Örnek 23b	0	0
Örnek 24a	0	0
Örnek 24b	0	0
Örnek 25a	0	1
Örnek 25b	0	0
Örnek 26a	1	1
Örnek 26b	1	1
Örnek 27a	1	1
Örnek 27b	0	2
Örnek 28a	1	1
Örnek 28b	0	0
Örnek 29a	1	1
Örnek 29b	1	1
Örnek 30a	0	1
Örnek 30b	1	1
Örnek 31a	1	1
Örnek 31b	1	0
Örnek 32a	2	2
Örnek 32b	1	1
Örnek 33a	1	0
Örnek 33b	1	0
Örnek 34a	1	1
Örnek 34b	1	1
Örnek 35a	2	2
Örnek 35b	2	2
Örnek 36a	1	1
Örnek 36b	1	1
Örnek 37a	1	1
Örnek 37b	0	0
Örnek 38a	0	0
Örnek 38b	1	1
Örnek 39a	1	1
Örnek 39b	1	1
Örnek 40a	3	2
Örnek 40b	1	1

Tablo 14: Pasif ultrasonik irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin, stereomikroskopta X20 büyütme altında, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelerinden alınan 40 adet görüntü (örnek Xa,b: X: diş numarasını, a:dişin 1.yarisını, b: dişin 2.yarisını belirtmektedir).



Tablo 15: Pasif ultrasonik irigasyon grubuna ait 20 adet örnek dışten (n41-n60) elde edilen 40 adet görüntüye, bağımsız iki gözlemci tarafından verilen skorlar (örnek Xa,b: X: dış numarasını, a: dışın 1.yarisını, b: dışın 2.yarisını belirtmektedir).

	1.gözlemci	2.gözlemci
Örnek 41a	0	1
Örnek 41b	0	1
Örnek 42a	0	1
Örnek 42b	0	1
Örnek 43a	1	1
Örnek 43b	0	1
Örnek 44a	3	3
Örnek 44b	1	1
Örnek 45a	1	1
Örnek 45b	1	1
Örnek 46a	1	1
Örnek 46b	1	1
Örnek 47a	0	0
Örnek 47b	1	0
Örnek 48a	1	1
Örnek 48b	1	1
Örnek 49a	1	1
Örnek 49b	1	1
Örnek 50a	1	1
Örnek 50b	0	1
Örnek 51a	1	1
Örnek 51b	0	1
Örnek 52a	0	0
Örnek 52b	1	1
Örnek 53a	1	1
Örnek 53b	1	1
Örnek 54a	0	0
Örnek 54b	0	0
Örnek 55a	1	1
Örnek 55b	0	1
Örnek 56a	0	0
Örnek 56b	0	0
Örnek 57a	1	1
Örnek 57b	1	1
Örnek 58a	0	0
Örnek 58b	0	0
Örnek 59a	1	1
Örnek 59b	2	2
Örnek 60a	1	1
Örnek 60b	1	1

Tablo 16: PIPS irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin, stereomikroskopta X20 büyütme altında, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelerinden alınan 40 adet görüntü (örnek Xa,b: X: diş numarasını, a:dişin 1.yarisını, b: dişin 2.yarisını belirtmektedir).



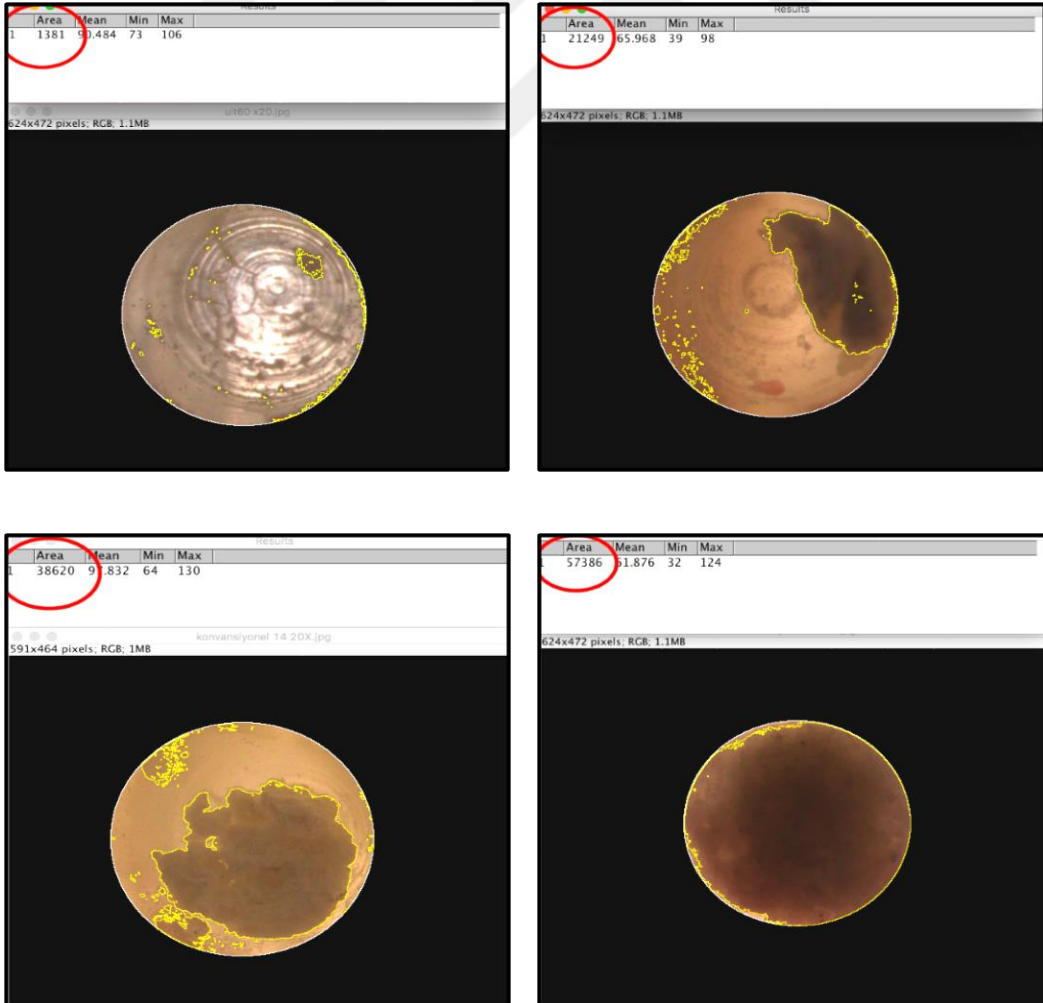
Tablo 17: PIPS irigasyon aktivasyon grubuna ait 20 adet örnek dışten (n61-n80) elde edilen 40 adet görüntüye, bağımsız iki gözlemci tarafından verilen skorlar (örnek Xa,b: X: dış numarasını, a: dışın 1.yarisını, b: dışın 2.yarisını belirtmektedir).

	1.gözlemci	2.gözlemci
Örnek 61a	0	1
Örnek 61b	0	1
Örnek 62a	0	0
Örnek 62b	0	0
Örnek 63a	1	1
Örnek 63b	0	0
Örnek 64a	1	1
Örnek 64b	0	1
Örnek 65a	0	0
Örnek 65b	1	1
Örnek 66a	1	1
Örnek 66b	1	1
Örnek 67a	0	0
Örnek 67b	0	1
Örnek 68a	1	1
Örnek 68b	1	1
Örnek 69a	0	1
Örnek 69b	0	0
Örnek 70a	0	0
Örnek 70b	0	0
Örnek 71a	0	1
Örnek 71b	0	0
Örnek 72a	0	1
Örnek 72b	0	0
Örnek 73a	0	0
Örnek 73b	0	1
Örnek 74a	1	1
Örnek 74b	1	1
Örnek 75a	1	1
Örnek 75b	1	1
Örnek 76a	0	0
Örnek 76b	1	2
Örnek 77a	1	1
Örnek 77b	1	1
Örnek 78a	0	1
Örnek 78b	0	1
Örnek 79a	0	1
Örnek 79b	0	0
Örnek 80a	0	1
Örnek 80b	1	1

4.2.2 Image J Programı ile Yapılan Alan Hesaplamasına İlişkin Bulgular

Stereomikroskopta, X20 büyütme altında incelenilen dört farklı gruba ait toplam 166 örnek dışın dijital olarak alınan görüntüler üzerindeki debris alanlarının, piksel hesaplamasına dayanılarak, Image J bilgisayar programında (Image J 1.51s, National Institutes of Health, USA) ölçümleri yapılmıştır. Görüntüler üzerinde, sarı renkli çizgilerin içinde kalan alanlar, debris alanları olarak kabul edilmektedir (Resim 47). Ölçüm sonucu elde edilen rakamsal değerler (örn: Area:38620, Resim 47), taralı alandaki piksel sayısını belirtmektedir.

Resim 47 : Sırasıyla skor 0, 1, 2 ve 3 değerlerini almış örnek görüntülerdeki kalan debris miktarlarının, Image J bilgisayar programı kullanılarak alanlarının ölçülmesi (Sarı renkli çizgi ile çevrili alan debris alanını belirtmektedir. Kırmızı ile çevrili değer ise, piksel bazında ölçülen alanı göstermektedir.)



Dört farklı deney grubuna ait 166 örnek dışın, rezorpsiyon kavitesi içerisinde kalan debris alan ölçümleri yapılarak kaydedilmiştir. Her bir gruba ait, kalan debris alanı ölçüm değerleri, Kruskal Wallis testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Tablo 18: Image J Programı ile hesaplanan 4 farklı gruba ait kalan debris alanı değerlerinin incelenmesi

Kalan Debris Alanı		
	Ort±SS	Medyan (IQR)
Geleneksel irigasyon	43945,53±17618,43	49104(34583,5-57811,5)
XP-endo Finisher ile irigasyon	7804,18±11572,66	1328,5(281,75-13385,75)
PUI	4752,73±9869,11	496,5(173-3724,25)
PIPS ile irigasyon	660,98±2178,62	94 (19-504,75)
p	0,0001	

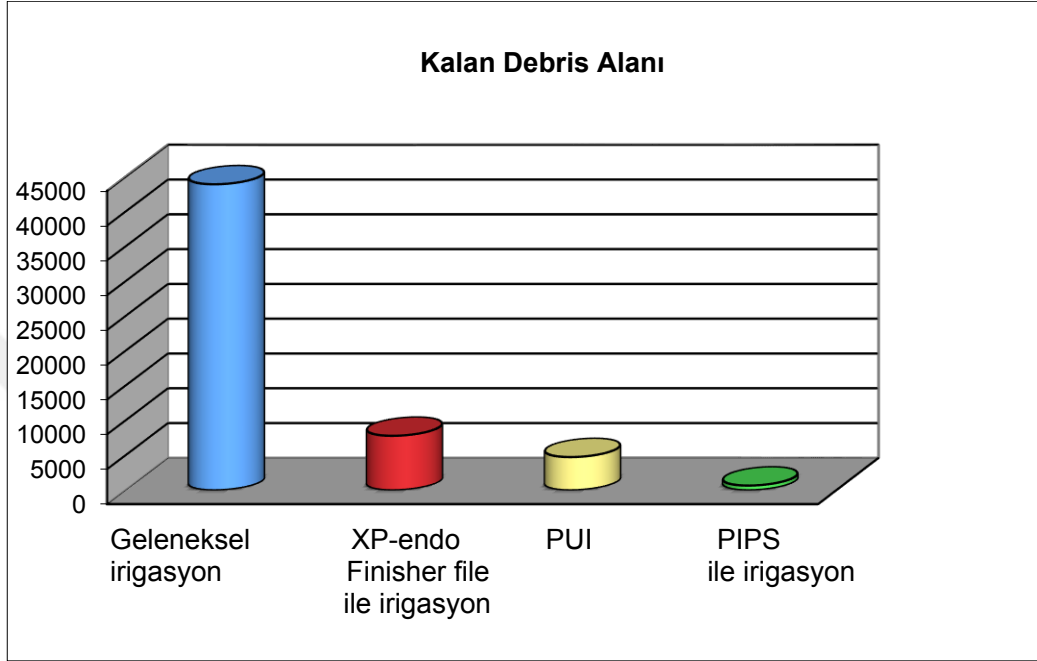
Kruskal Wallis Testi

Kruskal Wallis testi analizine göre, geleneksel irigasyon grubunda kalan debris alanına ilişkin ortalama değer 43.945, medyan 49.104; XP-endo Finisher file ile irigasyon grubunda ortalama değer 7804, medyan 1328; PUI grubunda ortalama değer 4752, medyan 496.5; PIPS ile irigasyon grubunda ise ortalama değer 660, medyan 94 olarak bulunmuştur (Tablo 18).

Geleneksel irigasyon grubuna ait örnek dişlerde kalan debris alanına ilişkin değerlerin, diğer 3 gruba kıyasla, çok ileri düzeyde anlamlı olarak farklı bulunmuştur (p=0,0001). Bu sonuçlara göre, geleneksel irigasyon yöntemine kıyasla, tüm irigasyon aktivasyon yöntemlerinin, daha etkili debris uzaklaştırdığı görülmektedir (Tablo 18, Şekil 5).

Tablo 18'deki veriler kullanılarak, 4 farklı deney grubuna ait örnek dişlerin Image J programı ile hesaplanan kalan debris alanları grafik halinde gösterilmiştir (Şekil 5).

Geleneksel irigasyon grubuna ait örnek dişlerin rezorpsiyon alanlarında kalan debris alanlarının ortalamasının 40.000-45.000 arasında, XP-endo Finisher file grubuna ait ortalamasının 5.000-10.000 arasında, PUI grubuna ait ortalamasının 0-5.000 arasında, PIPS grubuna ait ortalamasının ise 0'a yakın bir değerde olduğu görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5: Dört deney grubuna ait örnek dişlerin, Image J Programı ile hesaplanan kalan debris alanlarının grafik halinde gösterilmesi

Çalışmada kullanılan farklı irigasyon aktivasyon yöntemlerinden oluşan, 4 farklı gruba ait örnek dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris alanları, Dunn's çoklu karşılaştırma testi kullanılarak, ikili gruplar halinde değerlendirilmiştir (Tablo 19).

Tablo 19: Image J Programı ile hesaplanan, 4 farklı gruba ait kalan debris alanı değerlerinin, Dunn's Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılarak gruplar arası düzeyde incelenmesi

Dunn's Çoklu Karşılaştırma Testi	Kalan Debris Alanı
Geleneksel / XP-endo Finisher file	0,0001
Geleneksel / PUI	0,0001
Geleneksel / PIPS	0,0001
XP-endo Finisher file / PUI	0,648
XP-endo Finisher file / PIPS	0,035
PUI / PIPS	0,401

Yapılan Dunn's çoklu karşılaştırma testi sonucunda; geleneksel irigasyon grubuna ait örnek dişlerin rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris alanı ortalamaları ile; XP-endo Finisher file ile irigasyon, PUI ve PIPS ile irigasyon gruplarının, kalan debris alanı ortalamaları arasındaki fark, istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı bulunmuştur ($p=0,0001$) (Tablo 19).

XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait örnek dişlerin rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris alanı ortalamaları, PIPS ile irigasyon grubundaki örnek dişlerde kalan debris alanı ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,035$) (Tablo 19).

XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait örnek dişlerin rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris alanı ortalamaları ile PUI grubundaki örnek dişlerde kalan debris alanı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p=0,648$) (Tablo 19).

PUI grubuna ait örnek dişlerin rezorpsiyon kavitelerinde kalan kalan debris alanı ortalamaları ile PIPS ile irigasyon grubundaki örnek dişlerde kalan debris alanı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p=0,401$) (Tablo 19).

Bu çalışmanın Image J programı ile elde edilen bulgularına dayanılarak, geleneksel irigasyon grubunun debris uzaklaştırma etkinliği en az bulunmuştur. Aktivasyon yöntemleri birbirleri ile kıyaslandığında ise, PIPS ile irigasyon yöntemi ile PUI yönteminin, daha etkili olduğu görölmektedir.



Tablo 20: Geleneksel irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelerinde kalan debrisin, Image J programı kullanılarak piksel sayımı ile gerçekleştirilen 40 adet alan ölçümü

(örnek Xa,b: X:diş numarasını, a:dişin 1. yarısını, b: dişin 2.yarısını belirtmektedir).

	Alan
Örnek 1a	39671
Örnek 1b	50202
Örnek 2a	52194
Örnek 2b	324
Örnek 3a	61342
Örnek 3b	48965
Örnek 4a	64451
Örnek 4b	58285
Örnek 5a	61080
Örnek 5b	56391
Örnek 6a	43877
Örnek 6b	48208
Örnek 7a	26531
Örnek 7b	49243
Örnek 8a	12476
Örnek 8b	3140
Örnek 9a	58689
Örnek 9b	54964
Örnek 10a	44329
Örnek 10b	52696
Örnek 11a	63331
Örnek 11b	52328
Örnek 12a	33269
Örnek 12b	9308
Örnek 13a	53390
Örnek 13b	50149
Örnek 14a	35449
Örnek 14b	41308
Örnek 15a	45560
Örnek 15b	21841
Örnek 16a	51174
Örnek 16b	62170
Örnek 17a	45555
Örnek 17b	34295
Örnek 18a	43102
Örnek 18b	59227
Örnek 19a	66558
Örnek 19b	60336
Örnek 20a	32794
Örnek 20b	9619

Tablo 21: XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelerinde kalan debrisin, Image J programı kullanılarak piksel sayımı ile gerçekleştirilen 40 adet alan ölçümü (örnek Xa,b: X:diş numarasını, a:dişin 1. yarısını, b: dişin 2.yarısını belirtmektedir).

	Alan
Örnek 21a	14492
Örnek 21b	10067
Örnek 22a	107
Örnek 22b	60
Örnek 23a	597
Örnek 23b	51
Örnek 24a	4
Örnek 24b	1044
Örnek 25a	1744
Örnek 25b	844
Örnek 26a	30153
Örnek 26b	37613
Örnek 27a	6053
Örnek 27b	95
Örnek 28a	3038
Örnek 28b	836
Örnek 29a	3709
Örnek 29b	274
Örnek 30a	1613
Örnek 30b	714
Örnek 31a	894
Örnek 1b	842
Örnek 32a	35752
Örnek 32b	14516
Örnek 33a	239
Örnek 33b	146
Örnek 34a	7405
Örnek 34b	2023
Örnek 35a	31999
Örnek 35b	18228
Örnek 36a	4805
Örnek 36b	14815
Örnek 37a	743
Örnek 37b	305
Örnek 38a	169
Örnek 38b	125
Örnek 39a	22997
Örnek 39b	7843
Örnek 40a	34870
Örnek 40b	343

Tablo 22: PUI grubuna ait 20 örnek dişin, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelerinde kalan debrisin, Image J programı kullanılarak piksel sayımı ile gerçekleştirilen 40 adet alan ölçümü

(örnek Xa,b: X: diş numarasını, a: dişin 1. yarısını, b: dişin 2.yarısını belirtmektedir).

	Alan
Örnek 41a	3
Örnek 41b	492
Örnek 42a	41
Örnek 42b	103
Örnek 43a	501
Örnek 43b	128
Örnek 44a	46350
Örnek 44b	20437
Örnek 45a	509
Örnek 45b	19224
Örnek 46a	13248
Örnek 46b	6772
Örnek 47a	325
Örnek 47b	388
Örnek 48a	3311
Örnek 48b	5214
Örnek 49a	360
Örnek 49b	237
Örnek 50a	524
Örnek 50b	969
Örnek 51a	97
Örnek 51b	598
Örnek 52a	2322
Örnek 52b	3862
Örnek 53a	15487
Örnek 53b	221
Örnek 54a	31
Örnek 54b	337
Örnek 55a	5
Örnek 55b	176
Örnek 56a	200
Örnek 56b	172
Örnek 57a	3169
Örnek 57b	1049
Örnek 58a	72
Örnek 58b	39
Örnek 59a	5737
Örnek 59b	34551
Örnek 60a	2406
Örnek 60b	442

Tablo 23: PIPS ile irigasyon grubuna ait 20 örnek dişin, her iki yarımına ait rezorpsiyon kavitelerinde kalan debrisin, Image J programı kullanılarak piksel sayımı ile gerçekleştirilen 40 adet alan ölçümü.

(örnek Xa,b: X:diş numarasını, a:dişin 1. yarısını, b: dişin 2.yarısını belirtmektedir.)

	Alan
Örnek 61a	5
Örnek 61b	113
Örnek 62a	16
Örnek 62b	3
Örnek 63a	66
Örnek 63b	390
Örnek 64a	60
Örnek 64b	17
Örnek 65a	123
Örnek 65b	1522
Örnek 66a	1662
Örnek 66b	13796
Örnek 67a	16
Örnek 67b	31
Örnek 68a	679
Örnek 68b	1100
Örnek 69a	75
Örnek 69b	117
Örnek 70a	276
Örnek 70b	32
Örnek 71a	539
Örnek 71b	27
Örnek 72a	8
Örnek 72b	192
Örnek 73a	398
Örnek 73b	24
Örnek 74a	1214
Örnek 74b	214
Örnek 75a	557
Örnek 75b	15
Örnek 76a	75
Örnek 76b	402
Örnek 77a	1153
Örnek 77b	1160
Örnek 78a	11
Örnek 78b	22
Örnek 79a	66
Örnek 79b	18
Örnek 80a	13
Örnek 80b	232

5. TARTIŞMA

Endodontik tedavide, kök kanal sistemindeki nekrotik doku ve parçalanmış pulpa artıklarının, mikroorganizmaların, debrisin ve smear tabakasının uzaklaştırılarak, kök kanalının etkili bir şekilde temizlenmesi, şekillendirilmesi ve sızdırmaz bir biçimde doldurulması amaçlanmaktadır (126).

Kök kanalının şekillendirilmesi sırasında, kanal içerisinde hiç temas edilmemiş alanlar, artık pulpa dokuları, smear tabakası, dentin debris, mikroorganizmalar ve ürünleri kalabilmektedir (207). İrigasyon; bakterilerin, debrisin, gütta- perka, kanal patı ve kök kanal medikamenti gibi terapötik maddelerin uzaklaştırılması için mekanik şekillendirmenin yanında tamamlayıcı ve son derece önemli bir adımdır. Baker ve ark. (208); solüsyonun, mekanik olarak yıkama hareketinin (flushing action), doku çözme etkinliğinden çok daha önemli olduğunu ileri sürmüşlerdir.

İç kök rezorpsiyonuna sahip kök kanallarındaki düzensizlikler, temizleme ve doldurma sırasında birtakım zorluklara yol açabilmektedir (209). Bunlardan birisi, kök kanalının şekillendirilmesi sırasında oluşan dentin debrisinin, rezorpsiyon kavitesi içerisinde birikmesi ve uzaklaştırılmamasıdır. Debrisin kök kanal sistemi içerisinde kalması ve uzaklaştırılmaması, kanal tedavisinin başarısını önemli ölçüde etkilemektedir (6).

Endodontinin tarihsel gelişimi sürecinde, yıkama solüsyonları ve yıkama solüsyonlarının etkinliğinin arttırılmasına yönelik çalışmalara olan ilgi önemini daima korumuştur. Bu alanda bir çok yeni materyaller ve farklı yöntemler, geçmişte olduğu gibi, bugün de geliştirilmektedir.

Bu çalışmada, irigasyon solüsyonunu aktive etmek amacıyla kullanılan güncel yöntemlerden; XP-endo Finisher file ile irigasyon, PIPS ile irigasyon, PUI ve geleneksel irigasyon yöntemi kullanılarak, iç kök rezorpsiyonu hazırlanmış dişlerde debris uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntemin Değerlendirilmesi

Güç Analizinin Değerlendirilmesi

Bir çalışmanın gücünü etkileyen örnek sayısının, uygun olarak belirlenmesi; istatistiksel değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalarda oldukça önem taşımaktadır. Örnek sayısının, olması gerekenden daha küçük olarak belirlenmesi; istatistiksel olarak anlamlı sayılacak farkın, anlamsız olarak nitelendirilmesine neden olabilir. Örnek sayısının, olması gereken değerden daha fazla olması ise; anlamsız olarak nitelendirilecek küçük farklılıkların, anlamlı düzeyde fark oluşturmamasına neden olabileceği gibi, gereksiz maliyet, tedavi ve malzeme kullanımına neden olmaktadır (210).

Bu çalışmada, istatistiksel olarak etkinliğin artması amacı ile güç değeri 0,95 olacak şekilde düzenlenmiştir. Yapılan güç analizi sonuçlarına göre, her bir grup için eşit sayıda olmak üzere 20 adet, toplam örnek sayısının ise 88 olması uygun görülmüştür. Her bir diş üzerine iki adet rezorpsiyon kavitesi hazırlandığı için, her grupta 40 adet görüntü elde edilmesi mümkün olmuştur. Toplam olarak, bu çalışmanın kapsamı içinde, örnek sayısı 166 olarak belirlenmiştir.

Dişlerin Seçilmesi ve Hazırlanmasına İlişkin Değerlendirme

Kök kanalı tedavisinde kullanılan irigasyon solüsyonlarının veya irigasyon yöntemlerinin etkinliklerinin araştırıldığı in vitro çalışmalarda; çekilmiş insan dişleri, çekilmiş sığır dişleri veya hazır akrilik bloklardan yararlanılmaktadır. Bu tür çalışmalarda deney materyalinin seçiminde, bir çok faktörün etkisi göz önünde bulundurulmakla beraber; kullanılan materyalin mikrosertliği oldukça önem taşımaktadır (211). Pulpa boşluğuna komşu olan dentinin mikrosertlik değeri 35-40 kg/mm² iken, rezin materyalinin mikrosertlik değerinin 20-22 kg/mm² olduğu bildirilmiştir (212-215). Bu nedenle, çekilmiş insan dişlerinde dentinin uzaklaştırılabilmesi için rezin bloklara göre, iki kat daha fazla kuvvet uygulamak gerekmektedir ve rezin blokların şekillendirilmesi daha güç olmaktadır (216).

Şeffaf akrilikten yapılmış bloklarda, kanal şekillendirilmesi sırasında, sürtünmeden dolayı oluşan ısı, rezin materyalinde yumuşamaya ve erimeye neden olabilmektedir (217, 218). Resin blokların şekillendirilmesi sırasında eriyebilen akrilik

materyali, kök kanalının konfigurasyonunda değişikliğe yol açabileceği gibi, kök kanalının içinde hazırlanan oluk, rezorpsiyon kavitesi gibi boşluklarda birikerek çalışmada güçlükler neden olabilmektedir (217).

Rezin ve dentin talaşlarının partikül büyüklüklerinin farklı olduğu bilinmektedir. Bu durum, akrilik bloklarda debris uzaklaştırılmasının daha güç olmasına ve kök kanalının tıkanmasına neden olabilmektedir (214, 216).

Çekilmiş insan dişlerindeki dentin dokusunun; irigasyon solüsyonları üzerindeki tamponlama etkisiyle, solüsyonunun etkinliği de değişebilmektedir (16).

Weller ve ark. (132), kök kanalını taklit eden şeffaf akrilik rezin bloklar ile çekilmiş insan dişlerinin model olarak kullanılıp karşılaştırdıkları çalışmalarında, kök kanal şekillendirilmesi ve irigasyon yöntemlerinin etkinliklerinin, her iki modelde de benzer sonuçlar gösterdiğini bildirmişlerdir. Ancak, dentinin poröz yapısı (dentin kanallarının varlığı) nedeniyle, rezin materyallere kıyasla, doğal dişlerde farklı etkiler görülebileceği unutulmamalıdır (219).

Dentinin mikrosertliğinin standart bloklardan farklı olması, ısının rezinde yumuşamaya ve erimeye neden olabilmesi, eriyen rezin parçacıklarının rezorpsiyon kavitesi içerisine ve debris karışabilme olasılığı, solüsyon etkinliğinin kanal içeriği ve dentin dokusunun tamponlamasıyla değişebileceği gibi nedenlerle, klinik şartları daha iyi taklit edebilmek amacıyla, bu çalışmada çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır.

Çekilmiş insan dişlerinin kullanıldığı, debris uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalarda farklı diş grupları tercih edilmiştir. Rodig ve ark. (220), çalışmalarında üst yan kesici dişleri, De Groot ve ark. (148) alt küçük azı dişleri kullanmışlardır. Debris uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirilmesine ilişkin yapılan çalışmaların çoğunluğunda ise kanin grup dişler tercih edilmiştir (148, 221-223).

Bu çalışmada, standart rezorpsiyon kavitelerinin kolaylıkla hazırlanabilmesi amacıyla geniş kök kanallarına sahip olan üst kanin ve üst orta kesici dişler kullanılmıştır. Bununla beraber; üst orta kesici dişlerin, iç rezorpsiyon olgularının en sık rastlandığı grup olmaları, tercih nedenlerinden birini oluşturmaktadır.

İrigasyon solüsyonlarının etkinliğinin incelendiği in vitro çalışmalarda, çekilmiş insan dişlerinin standardizasyonunun mümkün olduğunca sağlanması, doğru

karşılaştırma yapılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle; rezorpsiyon, çatlak, kırık mevcut olan veya birden fazla kök kanalına sahip dişlerin tespit edilip, çalışmadan elimine edilebilmeleri için; operasyon mikroskobu altında incelenmekte (209, 224) ve dişlerden mezio-distal ve bukko-palatinal yönlerden radyografiler alınmaktadır (225-228). Bu çalışmada; mezio-distal ve bukko-palatinal yönde radyografiler alınarak; birden fazla kök kanalına sahip olan dişler elimine edilmiş; daha sonra operasyon mikroskobu altında örnek dişler incelenerek, rezorpsiyon, çatlak ve kırık mevcut olan dişler çalışma dışında bırakılmıştır.

İrigasyon aktivasyon yöntemlerinin etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalarda örnek dişlerin boylarının standardizasyonu, kuralden aşındırılarak (226, 227) ya da mine-sement sınırından kural kısmı uzaklaştırılarak sağlanmaktadır (229, 230).

Bu çalışmada kullanılan aktivasyon yöntemlerinden biri olan PIPS ile irigasyon yönteminde; PIPS ucu, solüsyon ile dolu kanal ağzıyla temasta ve sabit olacak şekilde konumlandırılır. PIPS haricinde, çalışmadaki diğer irigasyon yöntemlerinde kullanılan uçların, kanal içerisinde ileri-geri hareketi ile, giriş kavitesindeki solüsyon havuzunun, bu gruplardaki örnekler için irigasyon etkinliğine pozitif yönde katkı sağlayabileceği düşünüldü. Bu nedenle, aktivasyon yöntemlerine ilişkin farklılıklara yol açmaması amacıyla, solüsyonlar için rezervuar görevi gören giriş kavitesi faktörü elimine edilerek, dişlerin kural kısmı, mine-sement sınırından uzaklaştırılmıştır.

İrigasyon etkinliği ve debris uzaklaştırılması ile ilişkili araştırmalarda, çalışma uzunluğunun doğru hesaplanması büyük önem taşır. Kök kanalının en dar noktası olan apikal restriksiyon, kök kanal şekillendirmesinin ve kanal dolgusunun sonlandırılması gereken yerdir. Bu sınır; majör foramenin 0,5-1mm gerisinde yer almaktadır (167).

Miller ve ark. (227) ve Pasqualini ve ark. (229), #10 K-File'in ucunun mikroskop altında görünmesi ile dişlerin çalışma uzunluklarını belirlemişlerdir. Bu çalışmada da, mikroskop altında X10'luk büyütmede, #10 K-File'in ucu apikal foramenden görülünceye dek ilerletilmesiyle kök boyu saptanmış; bu uzunluktan 1mm kısaltılarak çalışma boyu belirlenmiştir. Bu yöntemin, fizyolojik foramen apikalenin hasara uğratılmadan şekillendirmenin yapılabilmesini sağladığı ve klinik şartların daha iyi gözlenebildiği düşüncesindeyiz.

Her eğe değişimi arasında “patency file” kullanılarak çalışma uzunluğu korunmuş, irigasyon etkinliğinde değişikliğe neden olabilecek tıkanmaların oluşması engellenmiştir.

Etkin bir irigasyon sağlamak, yeterli derecede debrisi uzaklaştırabilmek ve kök kanalındaki mikroorganizma sayısını belirgin oranda azaltabilmek için, apikal Şekillendirmenin en az 35-40 numaralı eğeler kullanılarak sonlandırılması oldukça önemlidir. Dişlerin anatomik yapılarının, her dişte farklılıklar göstermesi nedeniyle, standart bir apikal Şekillendirme genişliğinin mümkün olmadığı da bilinmektedir (167).

Kök kanallarından debris uzaklaştırılmasına ilişkin farklı çalışmalarda, apikal çapları farklı olan dişler kullanılmıştır. Lee ve ark. (9) apikal çapı #50 .06 , van der Sluis ve ark. (89) apikal çapı #20 .10, de Groot ve ark. (148) apikal çapı #35 .06 , de Moor ve ark. (231) apikal çapı #40 .06 olacak Şekilde apikal Őekillendirmeyi tamamlamışlardır.

Ahmad ve ark. (119), yaptıkları bir çalışmada, ultrasonik akustik akımın gerçekleşebilmesi için apikal Şekillendirme çapının en az #40 olması gerektiğini bildirmişlerdir. Lee ve ark. (219), ultrasonik irigasyon ile kök kanallarında temas edilemeyen yzeyleerde biriken debrisin uzaklaştırılmasına, kök kanallarının çapının ve konisitesinin etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmanın verileri göz önüne alındığında; kök kanallarının çapının ve konisitesinin artması, ultrasonik irigasyonun debris uzaklaştırma etkinliğini arttırmaktadır. Konuyla ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalarda ise; apikal genişlik #30’da bırakıldığı zaman, ultrasonik ucun çalışma uzunluğunun sadece 4-5 mm gerisine kadar ulaşabildiği bildirilmiştir (180, 232). Huang ve ark (233), kök ucunun apikal kısmının daha fazla genişletilmesinin, irigasyon solüsyonlarının apikal alanda daha iyi bir yıkama etkinliği gerçekleştirdiğini bildirmişlerdir. Konisite arttıķa, kuronal ve apikal kısım arasında daha etkili bir solüsyon hareketinin gerçekleştiği bildirilmiştir (236).

Bu alışmada, PIPS ile irigasyon grubunda, 0,4 mm çapındaki PIPS ucu üretici talimatları doğrultusunda, kanal ağzıyla temasta ve aynı anda kanal içerisine irigasyon solüsyonunu göndermek için 30 gauge’lık enjektör iğnesi, kanal duvarlarına temas ettirilmeyerek kullanıldı. Bu çaptaki lazer ucunun, kanal ağzı sınırlarına çarpmaması ve tüm aktivasyon yöntemleri kullanılırken, eş zamanlı olarak 30 gauge’lık enjektör iğnesinin, eksilen solüsyonu yenilemek amacıyla kanal içerisinde rahatça

kullanılabilmesi için, pilot çalışmada yapılan bir kaç deneme sonucu, apikal genişliğin #50 olmasının uygun olduğuna karar verildi. Tüm örnek dişler, crown-down prensibi ile çalışan ProTaper Universal döner eğe sistemi ile son eğe F5 (234) olacak şekilde genişletildi. Bu sayede, rezorpsiyon kavitesi mevcut olan geniş kök kanallarına sahip üst orta kesici ve kanin dişlerinde aşırı bir madde kaybı meydana getirilmemiş oldu. Ayrıca, gerek PIPS ile irigasyon yönteminde, gerekse PUI yönteminde, solüsyonunun aktivasyonunda kullanılan uçların, kanal içerisinde rahat bir şekilde hareket etmesine izin verilerek; bu uçların dar kanallarda takılıp zarar görmesinin ve rezorpsiyon kavitesinin duvarlarını bozması önlendi. Çalışmadan ve pilot çalışmadan elde edilen tecrübelerle dayanılarak; bu apikal genişliğin kanal içerisindeki solüsyonun daha kolay yenilenebilmesi ve aktive olabilmesi için yeterli olduğu kanısındayız.

Literatürde, iğne ucu genişliğinin, irigasyon üzerine etkilerini değerlendiren çalışmalarda; 27 gauge'lık irigasyon iğnesinin, #40 eğeye kadar genişletilmiş olan kök kanallarında, çalışma boyuna 2mm yaklaşabileceği gösterilmiştir (235, 236). Bu çalışmada, kemomekanik şekillendirme, son irigasyon ve aktivasyon yöntemlerinin uygulanması sırasında, çalışma boyunun 1mm gerisinde kalabilmek amacıyla 30 gauge'lık irigasyon iğnesi kullanıldı.

İç Rezorpsiyon Kavitesinin Oluşturulması ve Kavite İçerisine Yerleştirilecek Debris Hazırlığının Değerlendirilmesi

Bugünde dek yapılan bir çok çalışmada; geleneksel irigasyon yöntemi kullanıldığında, kök kanalı düzensizliklerinde ve şekillendirilememiş alanlarda, debrisin birikebildiği bildirilmiştir (209). İç kök rezorpsiyonuna sahip dişlerin mekanik olarak şekillendirilmesi sırasında, dentin debris, rezorpsiyon kavitesi içerisinde birikebilmekte ve bu alandaki debrisin uzaklaştırılması oldukça güç olabilmektedir. Kök kanalı düzensizliklerinde biriken debris ve beraberindeki bakterilerin varlığı ise, endodontik tedavinin uzun dönem başarısını düşürebilmektedir (209).

İrigasyon aktivasyon yöntemlerinin debris uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde; iç rezorpsiyon kavitesinden debris uzaklaştırılmasına ilişkin çalışmaların, çok az sayıda olduğu görülmüştür. Bu konuya ilişkin daha fazla bilgi edinebilmek ve literatüre katkı sağlayabilmek amacıyla, çalışmamızda iç kök rezorpsiyon kavitelerinden, debrisin uzaklaştırılması incelenmiştir.

Topçuoğlu ve ark.'nın (209, 237) yaptıkları çalışmalarda; iç kök rezorpsiyonu taklit edilmiş dişlerde, farklı irigasyon aktivasyon yöntemlerinin debris ve kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinlikleri değerlendirilmiştir. Çalışmalarda ikiye ayrılan her bir yarım dişin orta 1/3 seviyesi belirlenerek; su soğutması altında elmas rond frez yardımıyla kök ucunun 5mm kuronaline, 0,8mm derinliğe ve 1,6mm çapa sahip standart rezorpsiyon kaviteleri oluşturulmuştur.

Bu çalışmada, Topçuoğlu ve ark.'nın (209, 237) çalışmalarındaki rezorpsiyon kavitesi standartları referans alınarak; tüm örnek dişler longitudinal olarak ikiye ayrılmış ve kök ucunun 5mm kuronalinde, 1,6mm çapında standardize bir iç rezorpsiyon kavitesi hazırlanmıştır.

İç rezorpsiyon kaviteleri, 2015 yılından itibaren belli bir standardizasyona uyularak incelenmeye ve değerlendirilmeye başlanmıştır. Topçuoğlu ve ark.'larının (209, 237) yaptığı çalışmalar, iç rezorpsiyon kavitelerinin debridmanına ilişkin yapılan ilk çalışmalardandır. Bizim çalışmamızda ve literatürdeki takip eden kısıtlı sayıdaki çalışmalarda aynı standardizasyonlar kullanılarak, çalışmalar arasında kıyaslama yapılabilme imkanı sağlanmıştır.

Bu çalışmada, her yarım diş parçasına yarım küre şeklinde standart rezorpsiyon kaviteleri hazırlayabilmek amacıyla, 1,6mm çapındaki elmas rond frez, dijital kaliber ile ölçülerek; sap tarafındaki yarısı renkli oje yardımıyla boyandı. Bu şekilde, tüm örnek dişlerde, 0,8mm yarıçapında eşit ve standart kaviteler oluşturulmaya çalışılmıştır.

İrigasyon solüsyonlarının ve irigasyon aktivasyon yöntemlerinin debris uzaklaştırma etkinliklerinin incelendiği çalışmalarda, çekilmiş dişlerden elde edilen dentin tozu ile NaOCl solüsyonu karıştırılarak, dentin debrisinin elde edildiği bildirilmektedir (209, 220). Bu çalışmaların çoğunda, debrisin elde edilmesi için gerekli dentin tozu ile NaOCl solüsyonunun miktarları hakkında açıklayıcı bir bilgi verilmemiştir. Rodig ve ark. (220), 100mg dentin tozu ile 0,175ml NaOCl solüsyonunu karıştırarak, dentin debrisini elde ettiklerini ve çalışmalarında bu karışımı kullandıklarını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada da, Rodig ve ark.'nın (220) belirttiği oran kullanılarak; örnek dişlerin rezorpsiyon kavitelerine kolayca yerleştirilebilecek, çamur kıvamında dentin debrisini elde edilmiştir. Bu şekilde, kanal aleti temas etmemiş rezorpsiyon kavitelerinde

biriken doğal dentin debris taklit edilmeye çalışılmıştır.

İrigasyon yöntemlerinin, debris uzaklaştırma etkinliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, görünürlüğü arttırmak amacıyla; dentin tozu, bazik fuksin boyasıyla renklendirilerek kullanılmıştır (238). Bu çalışmada, lazer sistemi yer aldığı ve lazerlerin, ortamda boya varlığında daha etkili olduğunun bilinmesi nedeniyle gruplar arasında fark oluşumunu önlemek amacıyla ve bir çok debris çalışmasında da belirtildiği gibi dentin tozu renklendirilmeden kullanılmıştır (148, 219, 221, 222, 239).

Literatürdeki pek çok çalışmada, dentin debris elde etmek amacıyla karıştırılan dentin tozu ile NaOCI solüsyonunun; açıklayıcı bir neden belirtilmeden, maksimum 5 dakika içerisinde rezorpsiyon kavitesi içerisine yerleştirildiği bildirilmiştir (209, 240, 241).

Yapılan pilot çalışmada, bu süreyi geçince debris kıvamında, su kaybı nedeniyle sertleşme meydana geldiği ve rezorpsiyon kavitesi içerisine sıvama şeklinde yerleştirilmede güçlükler yaşandığı gözlenmiştir. Bu nedenle süre, 5dk'dan daha az olacak şekilde belirlenmiştir. Dentin tozunun, %5'lik NaOCI solüsyonu ile karıştırılmasıyla elde edilen çamur kıvamındaki dentin debris, maksimum 5dk içerisinde, örnek dişlere ait rezorpsiyon kaviteleri içerisine yerleştirilmiştir.

NaOCI, antibakteriyel etkinliği ve organik doku çözücü özelliğiyle son 60 yıldır endodonti pratiğinde en sık kullanılan, literatürde en çok yer verilen irigasyon solüsyonudur. Clarkson ve ark. (242), iki farklı konsantrasyona sahip NaOCI solüsyonlarının, doku çözme etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında; konsantrasyon oranı yükseldikçe, doku çözme kapasitesinin arttığını ve doku çözme için gereken sürenin kısaldığını bildirmişlerdir. %5,25 konsantrasyona sahip NaOCI solüsyonunun, daha düşük konsantrasyonlara kıyasla, doku çözme kapasitesinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Klinik şartlar göz önüne alındığında, kemomekanik şekillendirme sonrası rezorpsiyon kavitesinde biriken debris kıvamında, irigasyon ajanı olarak kullandığımız solüsyonun etkili olduğu görüşündeyiz. Bu çalışmada, kemomekanik preparasyon sırasında, son irigasyonda, debris hazırlanmasında ve irigasyon aktivasyon yöntemlerinin uygulanmasında, hep %5'lik konsantrasyona sahip NaOCI solüsyonu kullanılmıştır.

Travma, enfeksiyon gibi nedenlerle oluşan iç kök rezorpsiyonu olgularının en fazla kökün orta 1/3'ünde gözlemlendiği bildirilmiştir (168). Bu çalışmada da, iç rezorpsiyon kaviteleri, dişlerin orta 1/3'ünde hazırlanmıştır. Çalışmamızda, örnek dişlerde oluşturulan rezorpsiyon kavitesi, su soğutması altında elmas rond frez yardımıyla hazırlanmıştır. Bu sayede, gerek deneyin yapılması sırasında, gerekse sonuçların değerlendirilmesi sırasında, rezorpsiyon kavitelerinde bir standardizasyon sağlanmaya çalışılmıştır. Ancak hazırlanan rezorpsiyon kaviteleri, doğal iç kök rezorpsiyonu olgularından farklı olarak, sınırları daha düzgün kavitelere sahiptir. Buna bağlı olarak, irigasyon ile debrisin uzaklaştırılması, in vivo olgulara kıyasla daha kolay olabilir ve bu çalışmamızın bir limitasyonu olarak düşünülebilir.

Örnek dişler; bukko-palatinal yönde hazırlanan oluklardan separe yardımıyla iki eşit parçaya ayrılmış ve ardından her iki yarım diş için hazırlanan rezorpsiyon kavitesi içerisine debris yerleştirilmiştir. Daha sonra, ayrılan yarım dişler silikon kalıpları içerisinde birleştirilerek; kural kısımlarından, yarı ısıtılmış mum ile sabitlenmiş ve kök kanal sisteminin bütünlüğü korunmuştur. Ayrılan dişlerin bütünlüğü sağlandıktan sonra; silikon kalıplarından tekrar çıkartılan dişlerin, iki eşit parçaya ayrılması için oluşturulmuş separe açıklıkları, akışkan kompozit ile örtülenmiş ve dişler tekrar silikon içerisine gömülerek, tamamen kapalı bir ortam oluşturulması amaçlanmıştır. Kapalı sonlanan bu in vitro modeller sayesinde, kök kanalı ve periodontal ligament arasında sıkışan gaz gibi in vivo koşullar gerçeğe yakın şekilde taklit edilebilmektedir (243, 244).

Parente ve ark. (96) çalışmalarında, kapalı ve açık sistemle hazırlanmış ortamlarda, iki farklı irigasyon aktivasyonu yönteminin; debris ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. 40 adet tek köklü ve tek kanallı dişleri, manuel dinamik irigasyon ve EndoVac olmak üzere iki ana gruba ayırmışlardır. Daha sonra bu grupları da kendi içlerinde, açık ve kapalı sistemli olmak üzere iki alt gruba ayırarak; smear tabakası ve debris uzaklaştırma etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Kapalı sistemdeki manuel dinamik irigasyon grubunun smear tabakası ve debris uzaklaştırma etkinliği, açık sistemdeki manuel dinamik irigasyon ve EndoVac gruplarına kıyasla, daha az bulunmuştur. Apikal foramenin açık ya da kapalı olması EndoVac grubunu etkilemezken, manuel dinamik irigasyon grubunun sonuçlarını etkilediği gözlemlenmiştir.

Bu çalışmadaki üç grup, manuel dinamik irigasyonda olduğu gibi ileri geri hareket ile aktivasyon sağlayan yöntemler olduğundan dolayı; kapalı sistem oluşturulmuştur. Kompozit ile kaplı dişler silikon kalıplara gömülüp, kapalı bir kök kanal sistemi oluşturularak, klinik şartlara yakın sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

İrigasyon Solüsyonunun ve Aktivasyon Yöntemlerinin Seçilmesi

Bugüne dek yayınlanmış bir çok çalışmada, yalnızca mekanik şekillendirme ile bakterilerin tamamen uzaklaştırılamayacağı gösterilmiştir (9, 219, 245). Mekanik olarak yıkama (flushing action) ve biyolojik olarak doku çözme kabiliyeti ile etkinlik gösterdiği bilinen irigasyon solüsyonlarının, mikroorganizmaları öldürme ve kök kanallarındaki doku artıklarını uzaklaştırma bakımından gerekli olduğu bilinmektedir (9, 219).

Mekanik olarak gerçekleşen 'flushing action' ile organik dentin debris ve beraberindeki mikroorganizmalar uzaklaştırılabilmektedir. NaOCI solüsyonunun doku çözme etkisi; 'flushing action' ile kıyaslandığında, 'flushing action' kabiliyetinin, irigasyon etkinliği açısından daha önemli olduğu düşünülmektedir (208).

Bu çalışmada, irigasyon ajanı olarak yalnızca NaOCI solüsyonu kullanılmıştır. Çalışmamızda, yalnızca NaOCI'in 'flushing action' etkisinin dentin debrisini uzaklaştırma kabiliyeti test edilmiş; solüsyon, EDTA ya da benzer bir şelasyon ajanı ile birlikte kullanılmamıştır. Bu sayede, şelasyon ajanlarının debris çözme etkisi elimine edilip, çalışmamızın amacına yönelik; sadece irigasyon aktivasyon yöntemlerinin debris uzaklaştırmadaki etkinliklerinin, daha net olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bilindiği üzere, EDTA solüsyonları smear tabakasını uzaklaştırmak için kullanılan ve dentin debrisinin inorganik kısmının çözünmesine yardım eden bir ajandır (209). Bu çalışmada 'flushing action' etkisini daha iyi gözlemleyebilmek amacıyla ve literatüre de uygun olarak (209) EDTA'nın kullanılmamış olması çalışmamızın bir limitasyonu olarak düşünülebilir.

Literatürde oldukça az yer alan, rezorpsiyon kaviterlerinden debris uzaklaştırılmasına ilişkin çalışmalarda, daha önce kullanılmayan farklı aktivasyon yöntemlerini, bu çalışmada bir arada kullanarak; dört güncel aktivasyon yönteminin mekanik olarak yıkama etkinliklerini değerlendirmek amaçlanmıştır. Bu sayede,

rezorpsiyon kavitelerinden debrıs uzaklaştırma etkinlikleri değerlendirilerek, aktivasyon yöntemleri arasında karşılaştırma yapılabilmıştir.

Geleneksel irigasyon yöntemi ile etkin bir şekilde ‘flushing action’ meydana getirmek oldukça zordur (209) (235). Bununla beraber, irigasyon solüsyonunun kanal içerisindeki düzensizliklere ulaşması sınırlanmaktadır (129). Kullanılan irigasyon solüsyonlarının hacmini arttırmanın ise ‘flushing action’ yaratmada ve buna bağlı olarak, dentin debrısını kaldırmada etkili bir yöntem olmadığı bildirilmiştir (9, 113).

Bu çalışmada, tüm örnek gruplarda; şekillendirme sırasında, sonrasında ve aktivasyon yöntemlerinin uygulanması sırasında, NaOCI solüsyonun hacmi eşit ve sabit tutulmuştur.

İrigasyon solüsyonunun pozitif basınç ile kök kanalına verilmesi sırasında, iğnenin ucunun çalışma uzunluğundan 1mm geride olması gerektiği bildirilmiştir (246). Bu sayede, kimyasal solüsyonların periradiküler dokulara taşma riskinin azalacağı savunulmaktadır (124, 247). Munoz & Camacho-Cuadra (248), yaptıkları in vitro çalışmada, irigasyon iğnesi ucunun kanal içerisinde çalışma uzunluğundan 2mm kısa olacak şekilde konumlandırılması ile solüsyonun, iğne ucundan yalnızca 0,1-1mm derinliğe kadar penetre olabileceğini göstermişlerdir.

Bu çalışmada da geleneksel irigasyon grubuna ait dişlerde ve diğer tüm gruplarda irigasyon sırasında, iğne ucu çalışma uzunluğundan 1mm geride olacak şekilde konumlandırılmıştır.

Geleneksel irigasyon yönteminin değerlendirildiği çalışmalarda, irigasyon etkinliğinin arttırılması amacıyla irigasyon iğnesinin apikale yakın yerleştirilmesi ve 30 gauge ya da daha düşük çaplı iğneler kullanılması gerektiği bildirilmiştir (235, 249). İğne ucunun konumlandırıldığı derinliğin oluklara olan yakınlığı mekanik ‘flushing’ etkisini arttırdığı için, debrıs uzaklaştırılmasında önemli bir role sahip olduğu bildirilmiştir (233).

Bu çalışmada, tüm örneklerde kemomekanik şekillendirme sırasında yapılan irigasyonda, son irigasyonda ve aktivasyon yöntemlerinin uygulanması sırasında, irigasyon solüsyonunun kanal içine gönderilmesi amacıyla, 30 gauge yandan delikli irigasyon iğnesi kullanılmıştır. İrigasyon iğnesi, benzer çalışmalara uygun bir şekilde,

çalışma uzunluğunun 1mm gerisinde konumlandırılmıştır. İrigasyon iğnesinin, rezorpsiyon kavitesinin tabanı hizasında, yani kök ucunun 5mm kuronalinde konumlandırılarak irigasyonun yapıldığı daha ileri çalışmalar planlanabilir.

Stojicic ve ark. (250), farklı sıcaklık ve konsantrasyonlarda NaOCI solüsyonu ile farklı mekanik aktivasyon yöntemleri kullanarak; NaOCI solüsyonunun doku çözme üzerine etkinliğini araştırmışlardır. %1, %2, %4 ve %5,8 konsantrasyonlara sahip NaOCI solüsyonlarının kullanıldığı 4 ana grup oluşturulmuştur ve her bir grup için, solüsyon ısının 37°C ve 45°C'de olduğu iki alt grup oluşturmuşlardır. Bu gruplar, aktivasyon yöntemlerinin uygulanıp uygulanmamasına göre tekrar kendi içlerinde ayrılmıştır. Çalışmanın sonucunda, konsantrasyon ve ısı arttıkça, solüsyonun doku çözme kapasitesinin arttığını, ancak; en çok, solüsyonu aktive etmenin etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada irigasyon solüsyonunu aktive etmek amacıyla; geleneksel irigasyon, XP-endo Finisher file ile irigasyon, PUI ve PIPS ile irigasyon yöntemlerinin, kendi içerisindeki etkinlikleri ve birbirlerine olan üstünlükleri değerlendirilmiş ve solüsyon aktivasyonu üzerine yoğunlaşmıştır. NaOCI solüsyonunun yumuşak doku çözme etkinliği değerlendirilmediğinden, farklı konsantrasyonlar ve ısı değerleri incelenmemiştir.

Geleneksel irigasyon yönteminde, solüsyonlar kök kanal boşluğuna değişik çap ve dizaynlara sahip şırınga ve iğneler aracılığıyla dağıtıldığı için; istmuslar, anastomozlar, rezorpsiyon alanları ve kanalların apikal kısımları gibi ulaşılması güç alanların irigasyonu yetersiz kalabilmektedir. İrigasyon solüsyonunun 'flushing action' ile debris uzaklaştırma kabiliyeti ultrasonik aletler kullanılarak artırılabilir (251). Gu ve ark.'nın (251), yaptıkları çalışmada, aktivasyon işlemleri sırasında kullanılan metal kanül ve eğelerin kök kanal duvarlarına temasıyla, tekrar debris oluşabileceği ve bu durumun temizleme etkinliğini olumsuz yönde etkilediği bildirilmektedir.

Bu nedenle, çalışmamızda irigasyon sırasında, kanal duvarlarına temas etmeyerek, dentin duvarlarında harabiyete ve debris çıkışına yol açmayan pasif ultrasonik irigasyon yöntemi kullanılmıştır.

Literatürde, pasif ultrasonik irigasyon ile NaOCI solüsyonu etkinliği arasında sinerjik bir etki olduğu ileri sürülmektedir. Bunun nedeni olarak da, pasif olarak uygulanan ultrasoniklerin kanal içerisinde kullanımı sırasında meydana gelen ısı artışının; solüsyonun etkinliğinde artışa yol açması gösterilmektedir (252). Isı artışının, NaOCI solüsyonunun mekanik yıkama etkisini arttırdığına ilişkin bir çalışmaya rastlanılmazken; organik doku çözücü özelliğini arttırdığına ilişkin bir çok çalışma bulunmaktadır (252).

Bu çalışmada kullanılan debris örnekleri hazırlanırken, içine pulpa dokusu gibi organik materyaller ilave edilmedi. Rezorpsiyon kaviteleri içerisine yerleştirilen debris, sadece dentin içerdiği için ve NaOCI solüsyonunun, dentin debrisini çözme yeteneği olmadığı için, oluşabilecek ısı artışının etkisiz olacağı ve sadece mekanik etkinin sonuçlar üzerine yansıtacağı düşünülmüştür. Bu nedenle aktivasyon sırasında oluşabilecek ısı artışı değerlendirilmemiştir.

XP-endo Finisher file ile irigasyon, 2015 yılından beri kullanımı başlanan, dentin dokusunda harabiyete neden olmayan, güncel bir irigasyon aktivasyon yöntemidir (253). Yöntemin güncel olması, özellikle iç kök rezorpsiyonu olguları gibi karmaşık anatomilerde kullanımının önerilmesi, literatürde konuya ilişkin az sayıda çalışma bulunması ve çalışmalarda aktivasyon etkinliğinin göz ardı edilemeyecek düzeylerde olması nedeniyle, bu çalışmada XP-endo Finisher file ile irigasyon etkinliği değerlendirilmiştir. Aletin şekil hafızasına sahip olması ve kanal içinde çalıştırıldığında şekil değişikliği göstermesi nedeniyle (253), bu çalışmada; her bir örnek dış için 1 adet XP-endo Finisher file kullanılması uygun görülmüştür.

PIPS yöntemi ise, irigasyon solüsyonunu aktive etmeye yarayan, Er YAG lazerler ile kullanılan, literatürde son zamanlarda büyük ilgi ve önem kazanan, sadece endodontik amaçla üretilmiş bir uçtur. Jaramillo ve ark. (254), %6'lık NaOCI solüsyonu kullanmış ve iki gruba ayırdıkları dişlerden; 1. gruba 20dk boyunca geleneksel irigasyon yöntemi, 2. gruba ise 1dk boyunca PIPS ile irigasyon yöntemi uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda, geleneksel irigasyon grubuna ait dişlerde %83, PIPS ile irigasyon grubuna ait örnek dişlerde ise %100 dezenfeksiyon sağlandığı bildirilmiştir.

İrigasyon etkinliğine ilişkin çalışmalarda, PIPS yönteminin üstün etkisinin sıklıkla belirtilmesi ve endodontide kullanılan lazerler arasında bir güncellik kazanması nedeniyle, bu çalışmada PIPS ile irigasyon aktivasyon yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmada, kullanılan tüm irigasyon aktivasyon yöntemlerinin firma önerileri dikkate alınarak, tüm gruplarda eşit ve sabit olmak üzere, 3'er defa olmak üzere (3x30s), toplamda 90s boyunca kanalların irigasyonu sağlanmıştır. Klinik şartların taklit edildiği bu çalışmada, PIPS yönteminin kullanım talimatları doğrultusunda, dentinde ısı artışı meydana gelmesini önlemek amacıyla, 90 saniyenin üç aşamada (3x30s) tamamlanması uygun görülmüştür.

Değerlendirme Yönteminin Belirlenmesi

Literatürde debrisin; rezorpsiyon kavitesi, yapay oluk ya da hazırlanmış yan kanallardan uzaklaştırılmasında stereomikroskop kullanılmıştır. İncelenilen bölgenin alan büyüklüklerindeki farklılıklara bağlı olarak, kalan debris miktarının belirlenmesinde, farklı büyütme oranlarından yararlanılmıştır. Lee ve ark. (9), Van der Sluis ve ark. (241), de Groot ve ark. (148), de Moor ve ark. (231), yapay olukların son halini stereomikroskopta X40 büyütmede, Rodig ve ark. (220) X30 büyütmede, Deleu ve ark. (222) ise X13,6 büyütme kullanmışlardır.

Bu çalışmanın öncesinde yapılan pilot çalışmada, X7,5, X15, X20, X30 büyütme kullanılarak fotoğraflar elde edilmiş ve incelenmiştir. Skorum ve alan hesaplama yöntemleri ile yapacağımız değerlendirmelerde, rezorpsiyon kavitesinin ideal görüntüsünün X20 büyütme olduğuna karar verilmiştir. Bu nedenle, deney sonrası her gruptaki örnek dişler, dijital kamera bağlantılı stereomikroskopta X20 büyütme altında incelenmiş ve görüntüler kaydedilmiştir.

İstatistiksel olarak elde edilen sonuçların daha güvenilir olması amacıyla, alınan görüntüler iki farklı gözlemci tarafından skorlanmıştır. Yapılan Kappa analizi sonucu, gözlemcilerin görüş farklılıkları istatistiksel olarak anlamsız düzeyde bulunmuş ($p>0,05$) ve gözlemcilerin kalibrasyonunun sağlandığından emin olunmuştur (222).

Literatürde, debris uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalarda farklı skorum yöntemleri kullanılmıştır. Van der Sluis ve ark.'nın (255) bildirdiği kalitatif skorum yöntemi ile kalsiyum hidroksit, kök kanal patları ve debrisin

uzaklaştırılması değerlendirilebilmektedir. Bu konulara ilişkin çalışmalarda en sık kullanılan yöntem olduğu bilinmektedir (237, 256). Bu yöntemle elde edilen veriler görsel değerlendirmelere dayanmaktadır.

Debris, kalsiyum hidroksit, ya da kök kanal malzemelerinin uzaklaştırma etkinliklerinin incelendiği çalışmalarda, kullanılan bir diğer değerlendirme yöntemi ise Image J programıdır (257, 258). Bu programla, piksel sayımı yapılarak rakamsal sonuçlar elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada, değerlendirme yöntemi olarak Van der Sluis ve ark.'nın (255) çalışmalarında belirttiği skorlama yönteminden ve buna ilaveten, kantitatif sonuçların elde edilebildiği bir değerlendirme yöntemi olan, Image J programı ile alan hesaplama yönteminden yararlanılmıştır. İki farklı yöntemle değerlendirme yapılarak, olası belirgin farklılıklar durumunda, araştırmacılara yöntem önerilerinde bulunulması amaçlanmıştır.

Çalışma Bulgularının Değerlendirilmesi

XP-endo Finisher file ile İrigasyon Yönteminin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada kullanılan güncel bir yöntem olan XP-endo Finisher file'in, irigasyonda sağladığı etkinlik hakkında, literatürde 2015 yılından itibaren yapılan çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda, şekillendirme sonrası son irigasyon aşamasında, solüsyonu aktive etmek amacıyla kullanılan XP-endo Finisher file'in, esnek yapısıyla üç boyutlu olarak kanal morfolojisine adaptasyon sağlayabildiği ve bu sayede smear, debris ve kalsiyum hidroksit uzaklaştırmada etkili olduğu bildirilmiştir (259, 260).

Leoni ve ark.'nın (260); Micro CT yardımıyla değerlendirme yaptıkları ve pasif ultrasonik, SAF sistem, XP-endo Finisher file ile irigasyon ile geleneksel irigasyon yöntemlerinin, alt çene azı dişlerine ait istmus alanlarından debris uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında PUI ve XP-endo Finisher file ile irigasyon gruplarına ait örnek dişlerde kalan debris miktarı yüzdesinin, SAF sistem ve geleneksel irigasyon gruplarına göre, daha düşük olduğu görülmüştür (sırasıyla, %94.1 ve %89.7) ($p<0.05$). Diğer gruplardaki kalan debris miktarları arasında ise anlamlı bir fark bulunamadığı bildirilmiştir ($p>0.05$).

Bu çalışmada, PUI ve XP-endo Finisher file ile irigasyonun, debris uzaklaştırma etkinliğinin, geleneksel irigasyona kıyasla daha fazla olduğu ($p=0,0001$); XP-endo

Finisher file ile PUI yöntemleri arasında ise anlamlı bir fark olmadığı gözlenmiştir (p=0,507). Van der Sluis skorlama ile Image J alan hesaplama yöntemleri kullanılarak elde edilen bu sonuçlar, Leoni ve ark.'nın (260) sonuçlarını destekler niteliktedir.

Keskin ve ark. (112), iç rezorpsiyon kavitelerinden kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinliğini XP-endo Finisher file, PUI, Endoaktivatör, Canal Brush ve geleneksel irigasyon yöntemleri kullanarak karşılaştırmışlardır. XP-endo Finisher file ile PUI grubu benzer etkili, Endoaktivatör, Canal Brush ve geleneksel irigasyon grupları daha az etkili bulunmuştur. Endoaktivatör, Canal Brush ve geleneksel irigasyon grupları arasında ise kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinlikleri bakımından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Keskin ve ark.'nın (112) skorlama yöntemi ile elde ettiği bu bulgular, bu çalışmanın skorlama ve Image J programı ile alan hesaplama yöntemi ile elde edilen bulgularıyla uyumludur.

Image J programı ile alan hesaplama yönteminin, görsel değerlendirmeye bağlı yanılgıları ve operatör farklılıklarını ortadan kaldırmaya yönelik, gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği; bu nedenle, aynı örnek gruplarının değerlendirilmesinde, yöntemler arasında farklılıklar oluşabileceği net bir şekilde görülmektedir. Ancak; Image J programında; kavite içerisinde kalan üç boyutlu debris, iki boyutlu görüntü üzerinden değerlendirilerek piksel sayımı yapılması nedeniyle, elde edilen bulguların gerçeğe yakınlığı konusunda bir limitasyon oluşturabileceği de göz ardı edilmemelidir.

PUI Yönteminin Değerlendirilmesi

PUI yöntemi; pratik, maliyeti düşük ve etkili irigasyonda üstün başarı göstermesi nedenleriyle, çalışmalarda en sık kullanılan irigasyon aktivasyon yöntemlerinden biri olmuştur. Buna karşın, PUI yönteminin, bu çalışmada oluşturulan grupların tamamıyla bir arada kullanıldığı herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

De Moor ve ark. (221), PUI ve Er YAG Lazer ile irigasyonun, debris uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmışlar ve NaOCI solüsyonu ile, 20s boyunca lazer aktivasyonu yapılmasının; 60s boyunca PUI ile aktivasyon yapılmasıyla benzer etkiler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmanın skorlama yöntemi bulgularına göre, PIPS ile irigasyon yönteminin debris uzaklaştırma etkinliğinin, PUI yöntemine göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p=0,032$). Skorlama yöntemi ile elde edilen bu sonuçlar, De Moor ve ark.'nın (221), ER YAG Lazer kullanıldığında daha kısa sürede debris uzaklaştırıldığını gösteren çalışmasıyla uyumludur. Ancak, bu çalışmanın Image J programı ile elde edilen bulgularına göre, süre sabit tutulmasına rağmen, PIPS ile PUI yöntemlerinin etkinlikleri arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($p=0,401$). Bu çalışmada, De Moor ve ark.'nın (221) çalışmalarından farklı olarak; Er YAG lazer cihazının endodontik amaçla kullanılan ve güç değerlerinin farklı olarak ayarlandığı PIPS ucu ile kullanılmıştır. Bu özel uygulama sonucunda PIPS'in daha üstün olması beklenmektedir. Bu beklentiye uygun olarak, çalışmamızın skorlama sonuçlarına göre, PIPS yöntemi PUI'dan üstün bulunmuştur. Image J sonuçlarına göre ise, bu iki grup arasında bir benzerlik söz konusudur. Bunun nedeninin değerlendirme yöntemlerinin farklılığından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Howard ve ark. (261), 30 adet alt büyük azı dişinin mezial kanallarında apikalden 2 mm ve 4 mm uzaklıkta hazırlanmış oluklardaki mevcut debrisin; EndoVac, devamlı ultrasonik irigasyon yapan Piezoflow (ProUltra; Dentsply, Tulsa, OK) ve geleneksel irigasyon yöntemleri kullanılarak uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. K3 0.04 (SybronEndo, Orange, CA) döner aletler ile şekillendirme sonrasında %6'lık NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonları ile son irigasyonlar yapılmıştır. Örnek dişler X16 büyütme altında stereomikroskop ile incelenmiş, Van der Sluis skorlama yöntemiyle skorlanmış ve gruplar arası kök kanalı ve istmuslardaki debris uzaklaştırma etkinliği açısından anlamlı bir farklılık olmadığı bildirilmiştir.

Bu çalışmanın, Van der Sluis skorlama yöntemi ve Image J alan hesaplama yöntemi bulgularına göre, PUI yönteminin iç rezorpsiyon kavitelerinden debris uzaklaştırma etkinliğinin, geleneksel irigasyondan daha üstün bulunmuştur ($p=0,0001$). Bu çalışma ile Howard ve ark.'nın (261) yaptığı çalışmanın sonuçları arasında, PUI grubu ve geleneksel irigasyon grubunun birbirlerine olan üstünlüklerine ilişkin bu farklılığın, farklı irigasyon solüsyonu kullanılmış olmasından kaynaklanmış olabileceğini düşünmekteyiz. Bu çalışmada, debris çözme etkisini elimine etmek amacıyla şelasyon ajanı kullanılmamışken; Howard ve ark.'nın (261) yaptıkları çalışmada EDTA kullanılmasının, sonuçlar arasında farklılıklara yol açmış olabileceği

kanısında. Geleneksel irigasyon ve PUI yöntemlerinin uygulanması sırasında NaOCI solüsyonu aktive edilerek, debris mekanik olarak uzaklaştırılırken; ortamda şelasyon ajanı varlığında debris çözünmeye başlayıp, iki irigasyon yöntemi arasındaki etkinlik farkı net bir şekilde gözlemlenememiş olabilir.

PIPS ile İrigasyon Yönteminin Değerlendirilmesi

İrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında yer alan, PIPS ucu ile kullanılan lazerler, endodonti alanında giderek artan bir ilgiyle güncelliğini korumaktadır. İç rezorpsiyon kavitelerinden debris uzaklaştırılma etkinliğinin araştırıldığı bu çalışmada, lazer etkinliği de incelenerek, literatüre katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Laky ve ark. (262), PIPS yöntemini düşük (10mj ve 15Hz) ve yüksek (25mj ve 40Hz) olmak üzere farklı iki ayarda kullanarak; NaOCI solüsyonun, kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinliği ve apikal ekstrüzyon miktarını değerlendirmişlerdir. Kalsiyum hidroksit uzaklaştırma etkinlikleri arasında bir fark bulunamazken; yüksek ayarda kullanılan PIPS grubuna ait örnek dişlerde, apikal ekstrüzyon miktarının daha fazla olduğu bildirilmiştir. PIPS yönteminin 10mj ve 15Hz ayarlarında uygulanması, üreticinin tavsiye ettiği kullanım şeklidir. Laky ve ark.'nın daha yüksek güç değerlerinde de benzer etkiyle kalsiyum hidroksiti uzaklaştırmış olmaları ve daha fazla apikal ekstrüzyon görülmesi, bizim çalışmamızda üretici tavsiyelerine uyulmasına ve farklı güçlerin çalışmaya dahil edilmemesine neden olmuştur.

Kustaracı ve ark.'nın (149), konik uçlu Er, Cr; YSSG lazer ile kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılmasını değerlendirdikleri çalışmalarında, geleneksel irigasyon yöntemine göre, lazerin çok daha etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Arslan ve ark. (263), PIPS ile irigasyon yönteminin apikalde konumlandırılmış debris uzaklaştırma etkinliğini değerlendirmişlerdir. Bu amaçla, 48 adet çekilmiş insan dişi, apikal genişlik #40 olacak şekilde şekillendirilmiş, ardından longitudinal olarak separe yardımıyla ikiye ayrılmıştır. İkiye ayrılan her bir yarım dişin apikal 1/3'üne standardize oluklar hazırlanmış ve debris ile doldurulmuştur. Bir araya getirilen örnek dişler 4 gruba ayrılmış ve gruplara sırasıyla geleneksel irigasyon, sonik irigasyon, PUI ve PIPS ile irigasyon yöntemleri uygulanmıştır. İrigasyon sonrası dişler tekrar iki yarım parçaya ayrılmış ve dijital kamera bağlantılı stereomikroskop altında incelenerek

skorlanmıştır. Çalışmanın sonucuna göre; PIPS yönteminin kullanıldığı grupta, diğer tüm yöntemlere göre, daha fazla debris uzaklaştırıldığı bildirilmiştir.

Bu çalışmanın skorlama yöntemi sonuçlarına göre; PIPS ile irigasyon yönteminin kullanıldığı grupta, geleneksel irigasyon ($p=0,0001$), PUI ($p=0,032$) ve XP-endo Finisher file ile irigasyon ($p=0,007$) gruplarına göre, anlamlı düzeyde daha fazla debris uzaklaştırıldığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuçların, Arslan ve ark.'nın (263) çalışma sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Image J programı ile alan hesaplama yöntemi ile elde edilen istatistiksel sonuçlara göre; PIPS ile irigasyon ile PUI grupları arasında, debris uzaklaştırma etkinlikleri bakımından anlamlı derecede fark bulunmamakla beraber ($p=0,401$); XP-endo Finisher file ile irigasyon ($p=0,035$) ve geleneksel irigasyon ($p=0,0001$) gruplarına göre, PIPS ile irigasyon grubunun daha etkili olduğu bulunmuştur.

Buna göre, görsel bir değerlendirme olan skorlama yöntemi ve Image J programı ile alan hesaplamasıyla elde edilen sonuçların; PIPS ile irigasyon ve PUI yöntemleri arasında dikkate değer bir fark oluşturduğu gözlenmektedir. PIPS ile irigasyon grubunda diğer tüm gruplara göre, anlamlı derecede daha fazla debris uzaklaştırıldığı görülmüştür. Bu sonuç, skorlama yöntemi ile değerlendirmenin yapıldığı Arslan ve ark.'nın (263) çalışması ile uyumludur. Ancak, değerlendirme yöntemi değiştiğinde ve Image J programı kullanıldığında sonuçlar arasında bir farklılık meydana gelmiştir. Bunun da, değerlendirme yöntemlerinin farklılığından kaynaklandığı görülmektedir.

Bu çalışmadaki skorlama yöntemi ile elde edilen sonuçlar, literatürdeki bir çok çalışma ile uyumludur; ancak kantitatif sonuçlar elde edilebilen ve daha gerçekçi olduğunu düşündüğümüz Image J programı ile alan hesaplama yöntemi kullanıldığında, literatürdeki benzer çalışmalardan farklı sonuçlar elde edilmiştir. Literatürde bu tür çalışmalarda Van der Sluis skorlama yöntemi ile Image J alan hesaplama yönteminin bir arada kullanıldığı ve karşılaştırıldığı bir çalışma bulunamamıştır. Bununla beraber, iç rezorpsiyon kaviterlerinden debris uzaklaştırılmasına ilişkin çalışmalarda, daha önce Image J programı ile bir değerlendirmenin yapılmadığı görülmektedir.

Groot ve ark. (148), bu çalışmaya benzer bir yöntem kullanarak; geleneksel irigasyon, PUI ve Er:YAG lazer ile irigasyon aktivasyonunun, yapay kanallardan debris uzaklaştırma etkinliklerini araştırmışlardır. Lazer ile irigasyon aktivasyon yönteminin;

PUI'dan, PUI'un ise, geleneksel irigasyondan anlamlı derecede daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmanın Van der Sluis skorlama yöntemi ile elde edilen sonuçları, Groot ve ark.'nın (148) çalışma sonuçlarını destekler niteliktedir.

Diş hekimliği pratiğinde, önemli bir yer edinen lazerlerin endodontik uygulamalardaki yeri de dikkate değerdir. Endodontide güncel bir yöntem olan PIPS ucunun kullanıldığı lazer yönteminin; irigasyon aktivasyonunda başarılı olduğu ve rezorpsiyon kavitesi gibi ulaşılması güç kanal uzantılarından debris uzaklaştırmada etkili bir yöntem olarak kullanılabilmesi görüşündeyiz. Literatürde PIPS ile irigasyon yönteminin debris uzaklaştırma etkisinin değerlendirildiği çalışmalar henüz geniş yer tutmasa da, daha ileri çalışmalarla kanal tedavisi alanında öneminin artacağı ve yaygınlaşacağı, klinik olarak da endodontide sıklıkla kullanılacağı kanaatindeyiz.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ve literatürde yer alan bilgilerin ışığı altında, kök kanalı sisteminden debris uzaklaştırmak için aktivasyon yöntemlerinden olabildiğince faydalanılması gerektiği sonucuna varılabilir. İrigasyon aktivasyon yöntemleri ile ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalar da dikkate alınarak; özellikle, isthmus, lateral kanallar, rezorpsiyon alanları gibi mekanik olarak temizlenmesi güç alanların mevcut olduğu kanallarda, mekanik şekillendirme nedeniyle biriken ve uzaklaştırılması mümkün olmayan debris uzaklaştırmak için, irigasyon aktivasyon yöntemlerinin kullanılmasının, endodontik tedavilerin başarısını arttıracığı düşüncesindeyiz.

6. SONUÇLAR

1. Geleneksel irigasyon yönteminin, debris uzaklaştırma etkinliği değerlendirildiğinde; skor 2 ve skor 3 varlığı, XP-endo Finisher file, Pasif Ultrasonik İrigasyon (PUI) ve PIPS gruplarından anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Geleneksel irigasyon grubunun debris uzaklaştırma etkinliği değerlendirildiğinde; skor 1 ve skor 2 varlığı, XP-endo Finisher file, PUI ve PIPS gruplarından anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$).
2. Van der Sluis skorumlama yöntemi ile elde edilen bulgulara göre, geleneksel irigasyon grubunun debris uzaklaştırma etkinliği; XP-endo Finisher file, PUI ve PIPS grupları ile kıyaslandığında, çok ileri düzeyde anlamlı ve düşük bulunmuştur ($p=0,0001$).
3. Van der Sluis skorumlama bulgularına göre, PIPS ile irigasyon grubunun debris uzaklaştırma etkinliği geleneksel irigasyon grubuna göre, çok ileri düzeyde anlamlı ve yüksek ($p=0,0001$); XP-endo Finisher file ile irigasyon grubuna göre, ileri düzeyde anlamlı ve yüksek ($p=0,07$); PUI grubuna göre ise, anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,032$).
4. XP-endo Finisher file ile PUI gruplarının, debris uzaklaştırma etkinlikleri arasında, yapılan Van der Sluis skorumlama sonuçlarına göre, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p=0,507$).
5. Image J programı ile yapılan alan hesaplamaları bulgularına göre; geleneksel irigasyon grubuna ait dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris alanlarının ortalamaları; XP-endo Finisher file, PUI ve PIPS gruplarına ait dişlerin, rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris alanları ortalamalarından, çok ileri düzeyde anlamlı ve yüksek bulunmuştur ($p=0,0001$).
6. Image J programı ile yapılan alan hesaplamaları bulgularına göre, XP-endo Finisher file grubuna ait dişlerin rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris alanlarının ortalamaları, PIPS grubuna ait dişlerin rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris alanları ortalamalarından anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,035$).

7. Image J programı ile yapılan alan hesaplamaları bulgularına göre, XP-endo Finisher file grubuna ait dişlerin rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris alanlarının ortalamaları ile PUI grubuna ait dişlerin rezorpsiyon kavitelerinde kalan debris alanlarının ortalamaları arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p=0,648$).
8. Image J programı ile yapılan alan hesaplamaları bulgularına göre, PUI grubundaki dişlerin rezorpsiyon kaviteleri içerisinde kalan debris alanları ortalamaları ile PIPS grubundaki dişlerin rezorpsiyon kaviteleri içerisinde kalan debris alanları ortalamaları arasında anlamlı derecede bir farklılık bulunmamaktadır ($p=0,401$).
9. Bu çalışmanın Van der Sluis skorlama yöntemi ve Image J programı ile elde edilen bulgularına dayanılarak, geleneksel irigasyon grubunun debris uzaklaştırma etkinliği en az bulunmuştur. Aktivasyon yöntemleri birbirleri ile kıyaslandığında ise, PIPS ile irigasyon yöntemi ve PUI yönteminin, daha etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

7. KAYNAKLAR

1. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulps in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965;20:340-9.
2. Siqueira Jr JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *Journal of endodontics.* 2008;34(11):1291-301. e3.
3. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of endodontics.* 2004;30(8):559-67.
4. Patel S, Ford TP. Is the resorption external or internal? *Dental Update.* 2007;34(4):218-29.
5. Topçuoğlu H. S. AA, Düzgün S., Ceyhanlı K.T., Topçuoğlu G. Effectiveness of different irrigation procedures for removal of dentin debris from a simulated internal resorption cavity. *Int J Attif Organs.* 2015(38(3)):165-9.
6. Goldberg F, Massone E, Esmoris M, Alfie D. Comparison of different techniques for obturating experimental internal resorptive cavities. *Dental Traumatology.* 2000;16(3):116-21.
7. Heithersay G. Management of tooth resorption. *Australian Dental Journal.* 2007;52:S105-S21.
8. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clinical oral investigations.* 2017;21(9):2681-7.
9. Lee SJ, Wu MK, Wesselink P. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *International Endodontic Journal.* 2004;37(10):672-8.
10. Rödiger T, Döllmann S, Konietschke F, Drebenstedt S, Hülsmann M. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *Journal of endodontics.* 2010;36(12):1983-7.
11. Gu L-s, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of endodontics.* 2009;35(6):791-804.

12. Zehnder M. Root canal irrigants. *Journal of endodontics*. 2006;32(5):389-98.
13. Nair P. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *International endodontic journal*. 2006;39(4):249-81.
14. Hülsmann M, Schade M, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation with HERO 642 and Quantec SC rotary Ni-Ti instruments. *International Endodontic Journal*. 2001;34(7):538-46.
15. Wu MK, De Schwartz F, Van Der Sluis L, Wesselink P. The quality of root fillings remaining in mandibular incisors after root-end cavity preparation. *International Endodontic Journal*. 2001;34(8):613-9.
16. Wu MK, Wesselink P. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International Endodontic Journal*. 2001;34(2):137-41.
17. Kishen A. Advanced therapeutic options for endodontic biofilms. *Endodontic Topics*. 2010;22(1):99-123.
18. Adcock JM, Sidow SJ, Looney SW, Liu Y, McNally K, Lindsey K, et al. Histologic evaluation of canal and isthmus debridement efficacies of two different irrigant delivery techniques in a closed system. *Journal of endodontics*. 2011;37(4):544-8.
19. Haapasalo M, Shen Y. Current therapeutic options for endodontic biofilms. *Endodontic Topics*. 2010;22(1):79-98.
20. Chow T. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *Journal of endodontics*. 1983;9(11):475-9.
21. Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic topics*. 2012;27(1):74-102.
22. Borzini L, Condò R, De Dominicis P, Casaglia A, Cerroni L. Root canal irrigation: Chemical agents and plant extracts against *Enterococcus faecalis*. *The open dentistry journal*. 2016;10:692.
23. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dental Clinics*. 2010;54(2):291-312.
24. Mohammadi Z. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *International dental journal*. 2008;58(6):329-41.
25. Young G, Parashos P, Messer H. The principles of techniques for cleaning root canals. *Australian Dental Journal*. 2007;52:S52-S63.
26. Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *Journal of endodontics*. 2004;30(11):785-7.

27. Silva LABd, Leonardo MR, Assed S, Tanomaru Filho M. Histological study of the effect of some irrigating solutions on bacterial endotoxin in dogs. *Brazilian dental journal*. 2004;15(2):109-14.
28. Tanomaru Filho M, Leonardo MR, da Silva LAB. Effect of irrigating solution and calcium hydroxide root canal dressing on the repair of apical and periapical tissues of teeth with periapical lesion. *Journal of endodontics*. 2002;28(4):295-9.
29. Hülsmann M, Rödiger T, Nordmeyer S. Complications during root canal irrigation. *Endodontic topics*. 2007;16(1):27-63.
30. Hülsmann M. Effects of mechanical instrumentation and chemical irrigation on the root canal dentin and surrounding tissues. *Endodontic Topics*. 2013;29(1):55-86.
31. van der Waal S, Connert T, Laheij A, de Soet J, Wesselink P. Free available chlorine concentration in sodium hypochlorite solutions obtained from dental practices and intended for endodontic irrigation: are the expectations true? *Quintessence International*. 2014;45(6).
32. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal*. 2002;13(2):113-7.
33. Grigoratos D, Knowles J, Ng YL, Gulabivala K. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *International endodontic journal*. 2001;34(2):113-9.
34. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *Journal of Endodontics*. 2005;31(9):669-71.
35. Siqueira Jr JF, Rôças IN, Santos SR, Lima KC, Magalhães FA, de Uzeda M. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *Journal of Endodontics*. 2002;28(3):181-4.
36. Clarkson R, Moule A, Podlich H, Kellaway R, Macfarlane R, Lewis D, et al. Dissolution of porcine incisor pulps in sodium hypochlorite solutions of varying compositions and concentrations. *Australian dental journal*. 2006;51(3):245-51.
37. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, Bekiaroglou P. Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *International Endodontic Journal*. 2007;40(7):504-13.

38. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a computational fluid dynamics study. *International Endodontic Journal*. 2009;42(2):144-55.
39. Association NFP. Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers: National Fire Protection Association; 1990.
40. Gomes BP, Vianna ME, Zaia AA, Almeida JFA, Souza-Filho FJ, Ferraz CC. Chlorhexidine in endodontics. *Brazilian dental journal*. 2013;24(2):89-102.
41. Fardai O, Turnbull RS. A review of the literature on use of chlorhexidine in dentistry. *The Journal of the American Dental Association*. 1986;112(6):863-9.
42. Ferraz CCR, de Almeida Gomes BPF, Zaia AA, Teixeira FB, de Souza-Filho FJ. In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics*. 2001;27(7):452-5.
43. Sena N, Gomes B, Vianna M, Berber V, Zaia A, Ferraz C, et al. In vitro antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. *International endodontic journal*. 2006;39(11):878-85.
44. Gomes B, Ferraz C, Vianna M, Berber V, Teixeira F, Souza-Filho F. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International endodontic journal*. 2001;34(6):424-8.
45. Ma J, Al-Ashaw AJ, Shen Y, Gao Y, Yang Y, Zhang C, et al. Efficacy of ProTaper Universal Rotary Retreatment system for gutta-percha removal from oval root canals: a micro-computed tomography study. *J Endod*. 2012;38(11):1516-20.
46. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic topics*. 2005;10(1):77-102.
47. Basrani B, Tjäderhane L, Santos JM, Pascon E, Grad H, Lawrence HP, et al. Efficacy of chlorhexidine-and calcium hydroxide-containing medicaments against *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;96(5):618-24.
48. Gomes B, Souza S, Ferraz C, Teixeira F, Zaia A, Valdrighi L, et al. Abstract. *International Endodontic Journal*. 2003;36(4):267-75.
49. Gomes BP, Montagner F, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CCR, de Almeida JFA, et al. Antimicrobial action of intracanal medicaments on the external root surface. *Journal of dentistry*. 2009;37(1):76-81.

50. Almyroudi A, Mackenzie D, McHugh S, Saunders W. The effectiveness of various disinfectants used as endodontic intracanal medications: an in vitro study. *Journal of Endodontics*. 2002;28(3):163-7.
51. Denton G. Chlorhexidine. *Disinfection, Sterilization, and Preservation*. Edited by: Block SS. 2001. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
52. Gelinas P, Goulet J. Neutralization of the activity of eight disinfectants by organic matter. *Journal of Applied Bacteriology*. 1983;54(2):243-7.
53. Vianna ME, Gomes BP, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CCR, de Souza-Filho FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;97(1):79-84.
54. Ferraz CC, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Comparative study of the antimicrobial efficacy of chlorhexidine gel, chlorhexidine solution and sodium hypochlorite as endodontic irrigants. *Brazilian dental journal*. 2007;18(4):294-8.
55. Endo M, Martinho F, Zaia A, Ferraz C, Almeida J, Gomes B. Quantification of cultivable bacteria and endotoxin in post-treatment apical periodontitis before and after chemo-mechanical preparation. *European journal of clinical microbiology & infectious diseases*. 2012;31(10):2575-83.
56. Marchesan MA, Júnior BP, de Freitas Afonso MM, Sousa-Neto MD, Paschoalato C. Chemical analysis of the flocculate formed by the association of sodium hypochlorite and chlorhexidine. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2007;103(5):e103-e5.
57. Basrani BR, Manek S, Sodhi RN, Fillery E, Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *Journal of endodontics*. 2007;33(8):966-9.
58. Garcia AJ, Kuga MC, Palma-Dibb RG, Só MV, Matsumoto MA, Faria G, et al. Effect of sodium hypochlorite under several formulations on root canal dentin microhardness. *Journal of investigative and clinical dentistry*. 2013;4(4):229-32.
59. Stojicic S, Shen Y, Qian W, Johnson B, Haapasalo M. Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *International endodontic journal*. 2012;45(4):363-71.
60. Nelson-Filho P, Leite GdAS, Fernandes PM, da Silva RAB, Rueda JCA. Efficacy of SmearClear and ethylenediaminetetraacetic acid for smear layer removal in primary teeth. *Journal of Dentistry for Children*. 2009;76(1):74-7.

61. Tay FR, Mazzoni A, Pashley DH, Day TE, Ngoh EC, Breschi L. Potential iatrogenic tetracycline staining of endodontically treated teeth via NaOCl/MTAD irrigation: a preliminary report. *Journal of endodontics*. 2006;32(4):354-8.
62. Otsby B. Chelation in root canal therapy: EDTA for cleaning and widening of root canals. *Odontologisk Tidskrift*. 1957;65:3-11.
63. Ates M, Akdeniz BG, Sen BH. The effect of calcium chelating or binding agents on *Candida albicans*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2005;100(5):626-30.
64. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *Journal of Endodontics*. 2005;31(11):817-20.
65. 牛衛東. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions: *東京医科歯科大学*; 2002.
66. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International Endodontic Journal*. 2003;36(6):411-5.
67. Neelakantan P, Sharma S, Shemesh H, Wesselink PR. Influence of irrigation sequence on the adhesion of root canal sealers to dentin: a Fourier transform infrared spectroscopy and push-out bond strength analysis. *Journal of endodontics*. 2015;41(7):1108-11.
68. Hargreaves KM, Berman LH. *Cohen's pathways of the pulp*: Elsevier Health Sciences; 2015.
69. Pawlicka H, Piatkowska D, Hajdukiewicz G. Effectiveness of cleansing agents in root canal preparation. A scanning electron microscopy study. *Stomatologie der DDR*. 1981;31(9):684.
70. Hampson E, Atkinson AM. The relation between drugs used in root canal therapy and the permeability of the dentine. *Br Dent J*. 1964;116(12):546-50.
71. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International endodontic journal*. 2003;36(12):810-30.
72. Wu L, Mu Y, Deng X, Zhang S, Zhou D. Comparison of the effect of four decalcifying agents combined with 60 C 3% sodium hypochlorite on smear layer removal. *Journal of endodontics*. 2012;38(3):381-4.

73. Machado-Silveiro L, González-López S, González-Rodríguez M. Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. *International Endodontic Journal*. 2004;37(6):365-9.
74. Gutmann J, Saunders W, Nguyen L, Guo I, Saunders E. Ultrasonic root-end preparation Part 1. SEM analysis. *International Endodontic Journal*. 1994;27(6):318-24.
75. Alaçam T. Kök Kanallarının İrrigasyonu, Endodonti. *Fakülteler Kitabevi Ankara s*. 2000:289-312.
76. De-Deus G, Paciornik S, Pinho Mauricio M, Prioli R. Real-time atomic force microscopy of root dentine during demineralization when subjected to chelating agents. *International Endodontic Journal*. 2006;39(9):683-92.
77. Scelza MFZ, Teixeira AM, Scelza P. Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;95(2):234-6.
78. Molander A, Reit C, Dahlen G. The antimicrobial effect of calcium hydroxide in root canals pretreated with 5% iodine potassium iodide. *Endod Dent Traumatol*. 1999;15(5):205-9.
79. Haapasalo M, , Qian W, , Shen Y, . Irrigation: beyond the smear layer. *Endodontic Topics*2013. p. 35-53.
80. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*. 1975;1(7):238-42.
81. Jimna MM, Ashwini TS, Sowmya HK. Comparison and evaluation of two reciprocating root canal instruments on removal of smear layer by using two irrigants at apical one-third of the root canal-an ex vivo-scanning electron microscopic study. *J Conserv Dent*. 2017;20(6):451-8.
82. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2007;33(2):96-105.
83. Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endod*. 2010;36(8):1361-6.
84. Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, Zary R, Paque F, Hulsmann M. The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer-A scanning electron microscope study. *J Endod*. 2010;36(4):697-702.

85. Zand V, Mokhtari H, Reyhani MF, Nahavandizadeh N, Azimi S. Smear layer removal evaluation of different protocol of Bio Race file and XP- endo Finisher file in corporation with EDTA 17% and NaOCl. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(11):e1310-e4.
86. Schiavotelo TCL, Coelho MS, Rasquin LC, Rocha DGP, Fontana CE, Bueno C. Ex-vivo Smear Layer Removal Efficacy of Two Activated Irrigation Techniques After Reciprocating Instrumentation in Curved Canals. *Open Dent J*. 2017;11:512-9.
87. Klyn SL, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. In vitro comparisons of debris removal of the EndoActivator system, the F file, ultrasonic irrigation, and NaOCl irrigation alone after hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod*. 2010;36(8):1367-71.
88. Thomas AR, Velmurugan N, Smita S, Jothilatha S. Comparative evaluation of canal isthmus debridement efficacy of modified EndoVac technique with different irrigation systems. *J Endod*. 2014;40(10):1676-80.
89. van der Sluis LW, Gambarini G, Wu MK, Wesselink PR. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J*. 2006;39(6):472-6.
90. Falk KW, Sedgley CM. The influence of preparation size on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro. *J Endod*. 2005;31(10):742-5.
91. Goldman M, Kronman JH, Goldman LB, Clausen H, Grady J. New method of irrigation during endodontic treatment. *J Endod*. 1976;2(9):257-60.
92. Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo). *Int Endod J*. 2007;40(8):644-52.
93. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. Scanning electron microscope study of a new irrigation method in endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1979;48(1):79-83.
94. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay FR, et al. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. *J Endod*. 2010;36(2):282-5.
95. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Heilborn C, Cohenca N. Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study. *J Endod*. 2009;35(6):891-5.
96. Parente JM, Loushine RJ, Susin L, Gu L, Looney SW, Weller RN, et al. Root canal debridement using manual dynamic agitation or the EndoVac for final irrigation in a closed system and an open system. *Int Endod J*. 2010;43(11):1001-12.

97. Susin L, Liu Y, Yoon JC, Parente JM, Loushine RJ, Ricucci D, et al. Canal and isthmus debridement efficacies of two irrigant agitation techniques in a closed system. *Int Endod J.* 2010;43(12):1077-90.
98. Vera J, Hernandez EM, Romero M, Arias A, van der Sluis LW. Effect of maintaining apical patency on irrigant penetration into the apical two millimeters of large root canals: an in vivo study. *J Endod.* 2012;38(10):1340-3.
99. Peeters HH, Gutknecht N. Efficacy of laser-driven irrigation versus ultrasonic in removing an airlock from the apical third of a narrow root canal. *Aust Endod J.* 2014;40(2):47-53.
100. Schoeffel GJ. The EndoVac method of endodontic irrigation, part 2--efficacy. *Dent Today.* 2008;27(1):82, 4, 6-7.
101. Park E, Shen Y, Khakpour M, Haapasalo M. Apical pressure and extent of irrigant flow beyond the needle tip during positive-pressure irrigation in an in vitro root canal model. *J Endod.* 2013;39(4):511-5.
102. Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2006;32(12):1181-4.
103. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *Int Endod J.* 2008;41(7):602-8.
104. Gorduysus M, Yilmaz Z, Gorduysus O, Atila B, Karapinar SO. Effectiveness of a new canal brushing technique in removing calcium hydroxide from the root canal system: A scanning electron microscope study. *J Conserv Dent.* 2012;15(4):367-71.
105. Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endod.* 1990;16(7):323-7.
106. Pasricha SK, Makkar S, Gupta P. Pressure alteration techniques in endodontics-a review of literature. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(3):ZE01-6.
107. Salman MI, Baumann MA, Hellmich M, Roggendorf MJ, Termaat S. SEM evaluation of root canal debridement with Sonicare CanalBrush irrigation. *Int Endod J.* 2010;43(5):363-9.
108. Elnaghy A, Elsaka S. Cyclic fatigue resistance of XP-endo Shaper compared with different nickel-titanium alloy instruments. *Clin Oral Investig.* 2018;22(3):1433-7.

109. Vaz-Garcia ES, Vieira VTL, Petitot N, Moreira EJM, Lopes HP, Elias CN, et al. Mechanical Properties of Anatomic Finishing Files: XP-Endo Finisher and XP-Clean. *Braz Dent J.* 2018;29(2):208-13.
110. Kolli S, Balasubramanian SK, Kittappa K, Mahalaxmi S. Efficacy of XP-endo Finisher files in endodontics. *Aust Endod J.* 2018;44(1):71-2.
111. Kfir A, Blau-Venezia N, Goldberger T, Abramovitz I, Wigler R. Efficacy of self-adjusting file, XP-endo finisher and passive ultrasonic irrigation on the removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove. *Aust Endod J.* 2018;44(1):26-31.
112. Keskin C, Sariyilmaz E, Sariyilmaz O. Efficacy of XP-endo Finisher File in Removing Calcium Hydroxide from Simulated Internal Resorption Cavity. *J Endod.* 2017;43(1):126-30.
113. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod.* 2002;28(12):837-9.
114. Setlock J, Fayad MI, BeGole E, Bruzick M. Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(5):614-7.
115. De-Deus G, Souza EM, Barino B, Maia J, Zamolyi RQ, Reis C, et al. The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *J Endod.* 2011;37(5):701-5.
116. Ahmetoglu F, Simsek N, Keles A, Ocak MS, Er K. Efficacy of self-adjusting file and passive ultrasonic irrigation on removing calcium hydroxide from root canals. *Dent Mater J.* 2013;32(6):1005-10.
117. Turker SA, Kocak MM, Kocak S, Saglam BC. Comparison of calcium hydroxide removal by self-adjusting file, EndoVac, and CanalBrush agitation techniques: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2013;16(5):439-43.
118. Barnett F, Godick B, Tronstad L. Clinical suitability of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endod Dent Traumatol.* 1985;1(2):77-81.
119. Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 1987;13(10):490-9.
120. Jensen SA, Walker TL, Hutter JW, Nicoll BK. Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.* 1999;25(11):735-8.

121. van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 2007;40(6):415-26.
122. Walmsley AD, Lumley PJ, Laird WR. Oscillatory pattern of sonically powered endodontic files. *Int Endod J.* 1989;22(3):125-32.
123. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod.* 2007;33(2):81-95.
124. Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod.* 2009;35(4):545-9.
125. Ruddle CJ. Hydrodynamic disinfection: tsunami endodontics. *Dent Today.* 2007;26(5):110, 2, 4-7.
126. Guerisoli DM, Marchesan MA, Walmsley AD, Lumley PJ, Pecora JD. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J.* 2002;35(5):418-21.
127. Lussi A, Nussbacher U, Grosrey J. A novel noninstrumented technique for cleansing the root canal system. *J Endod.* 1993;19(11):549-53.
128. Zeng C, Willison J, Meghil MM, Bergeron BE, Cutler CW, Tay FR, et al. Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. *J Dent.* 2018.
129. Urban K, Donnermeyer D, Schafer E, Burklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig.* 2017;21(9):2681-7.
130. Gomma MM, Samy IS, Farag MM, Elinein NA. Vibration pattern of different endosonic instruments. *Egypt Dent J.* 1992;38(1):131-7.
131. Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod.* 1987;13(3):93-101.
132. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod.* 1980;6(9):740-3.
133. Robinson JP, Macedo RG, Verhaagen B, Versluis M, Cooper PR, van der Sluis LWM, et al. Cleaning lateral morphological features of the root canal: the role of streaming and cavitation. *Int Endod J.* 2018;51 Suppl 1:e55-e64.
134. Boutsoukis C, Tzimpoulas N. Uncontrolled Removal of Dentin during In Vitro Ultrasonic Irrigant Activation. *J Endod.* 2016;42(2):289-93.

135. Generali L, Cavani F, Serena V, Pettenati C, Righi E, Bertoldi C. Effect of Different Irrigation Systems on Sealer Penetration into Dentinal Tubules. *J Endod.* 2017;43(4):652-6.
136. Verstraeten J, Jacquet W, De Moor RJG, Meire MA. Hard tissue debris removal from the mesial root canal system of mandibular molars with ultrasonically and laser-activated irrigation: a micro-computed tomography study. *Lasers Med Sci.* 2017;32(9):1965-70.
137. Chopra S, Murray PE, Namerow KN. A scanning electron microscopic evaluation of the effectiveness of the F-file versus ultrasonic activation of a K-file to remove smear layer. *J Endod.* 2008;34(10):1243-5.
138. Goodman A, Reader A, Beck M, Melfi R, Meyers W. An in vitro comparison of the efficacy of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. *J Endod.* 1985;11(6):249-56.
139. Walmsley AD, Laird WR, Lumley PJ. Ultrasound in dentistry. Part 2--Periodontology and endodontics. *J Dent.* 1992;20(1):11-7.
140. Waplington M, Lumley PJ, Walmsley AD. Sonic instruments in root canal therapy. *Dent Update.* 1995;22(8):339-42.
141. Schoeffel GJ. The EndoVac method of endodontic irrigation: Part 4, Clinical use. *Dent Today.* 2009;28(6):64, 6-7.
142. Nielsen BA, Craig Baumgartner J. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod.* 2007;33(5):611-5.
143. Fukumoto Y, Kikuchi I, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. An ex vivo evaluation of a new root canal irrigation technique with intracanal aspiration. *Int Endod J.* 2006;39(2):93-9.
144. Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics. A preliminary investigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971;31(3):416-20.
145. Prathima GS, Bhadrashetty D, Babu SB, Disha P. Microdentistry with Lasers. *J Int Oral Health.* 2015;7(9):134-7.
146. Shrestha A, Kishen A. Polycationic chitosan-conjugated photosensitizer for antibacterial photodynamic therapy. *Photochem Photobiol.* 2012;88(3):577-83.
147. Gurbuz T, Yilmaz Y, Sengul F. Performance of laser fluorescence for residual caries detection in primary teeth. *Eur J Dent.* 2008;2(3):176-84.

148. de Groot SD, Verhaagen B, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR, van der Sluis LW. Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J.* 2009;42(12):1077-83.
149. Kustarci A, Er K, Siso SH, Aydin H, Harorli H, Arslan D, et al. Efficacy of Laser-Activated Irrigants in Calcium Hydroxide Removal from the Artificial Grooves in Root Canals: An Ex Vivo Study. *Photomed Laser Surg.* 2016;34(5):205-10.
150. Le Goff A, Dautel-Morazin A, Guigand M, Vulcain JM, Bonnaure-Mallet M. An evaluation of the CO2 laser for endodontic disinfection. *J Endod.* 1999;25(2):105-8.
151. Montero-Miralles P, Estevez-Luana R, DeGregorio-Gonzalez C, Valencia-dePablo O, Jaramillo DE, Cisneros-Cabello R. Effectiveness of Nd:YAG Laser on the elimination of debris and Smear Layer. A comparative study with two different irrigation solution: EDTA and QMix(R) in addition to NaOCl. *J Clin Exp Dent.* 2018;10(1):e70-e4.
152. Pirnat S, Lukac M, Ihan A. Study of the direct bactericidal effect of Nd:YAG and diode laser parameters used in endodontics on pigmented and nonpigmented bacteria. *Lasers Med Sci.* 2011;26(6):755-61.
153. Midda M. Lasers in periodontics. *Newsl Int Acad Periodontol.* 1991;1(1):2-3.
154. Klinke T, Klimm W, Gutknecht N. Antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation within root canal dentin. *J Clin Laser Med Surg.* 1997;15(1):29-31.
155. Ozses Ozkaya B, Gulsahi K, Ungor M, Gocmen JS. A Comparison of Er:YAG Laser with Photon-Initiated Photoacoustic Streaming, Nd:YAG Laser, and Conventional Irrigation on the Eradication of Root Dentinal Tubule Infection by *Enterococcus faecalis* Biofilms: A Scanning Electron Microscopy Study. *Scanning.* 2017;2017:6215482.
156. Midda M, Renton-Harper P. Lasers in dentistry. *Br Dent J.* 1991;170(9):343-6.
157. Kourti E, Pantelidou O. Comparison of different agitation methods for the removal of calcium hydroxide from the root canal: Scanning electron microscopy study. *J Conserv Dent.* 2017;20(6):439-44.
158. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):273-80.
159. Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, Divito E. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod.* 2011;37(7):1008-12.

160. Olivi G, DiVito E, Peters O, Kaitsas V, Angiero F, Signore A, et al. Disinfection efficacy of photon-induced photoacoustic streaming on root canals infected with *Enterococcus faecalis*: an ex vivo study. *J Am Dent Assoc.* 2014;145(8):843-8.
161. <https://adrsrl.it/allegati/81/pips-fotona.pdf>, PIPS-fotona brochure, 2012
162. DiVito E, Lloyd A. ER:YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: use of photon-induced photoacoustic streaming. *Dent Today.* 2012;31(11):122, 4-7.
163. Arslan H, Akcay M, Capar ID, Saygili G, Gok T, Ertas H. An in vitro comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic, sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide. *Int Endod J.* 2015;48(3):246-51.
164. Mathew J, Emil J, Paulaian B, John B, Raja J, Mathew J. Viability and antibacterial efficacy of four root canal disinfection techniques evaluated using confocal laser scanning microscopy. *J Conserv Dent.* 2014;17(5):444-8.
165. Dr Ralf Schlichting. Laser-activated irrigation with PIPS®. *laser.* 2016(2):20-5.
166. Çalışkan K. *Endodontide Tanı ve Tedaviler.* İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi; 2014.
167. Asci SK. *Endodonti.* İstanbul: Quintessence; 2014.
168. Patel S, Ricucci D, Durak C, Tay F. Internal root resorption: a review. *J Endod.* 2010;36(7):1107-21.
169. Lyroudia KM, Dourou VI, Pantelidou OC, Labrianidis T, Pitas IK. Internal root resorption studied by radiography, stereomicroscope, scanning electron microscope and computerized 3D reconstructive method. *Dent Traumatol.* 2002;18(3):148-52.
170. Heithersay GS. Management of tooth resorption. *Aust Dent J.* 2007;52(1 Suppl):S105-21.
171. Andreasen JO. Luxation of permanent teeth due to trauma. A clinical and radiographic follow-up study of 189 injured teeth. *Scand J Dent Res.* 1970;78(3):273-86.
172. Trope M. Root resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1998;10(4):515-22.
173. Gabor C, Tam E, Shen Y, Haapasalo M. Prevalence of internal inflammatory root resorption. *J Endod.* 2012;38(1):24-7.
174. Tronstad L. Root resorption--etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol.* 1988;4(6):241-52.

175. Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption--diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol.* 2003;19(4):175-82.
176. Caliskan MK, Turkun M. Prognosis of permanent teeth with internal resorption: a clinical review. *Endod Dent Traumatol.* 1997;13(2):75-81.
177. Markus Haapasalo UE. Internal inflammatory root resorption: the unknown resorption of the tooth. *Endodontic Topics.* 2006(14):60-79.
178. Patel S, Kanagasingam S, Pitt Ford T. External cervical resorption: a review. *J Endod.* 2009;35(5):616-25.
179. Akcay M, Arslan H, Mese M, Durmus N, Capar ID. Effect of photon-initiated photoacoustic streaming, passive ultrasonic, and sonic irrigation techniques on dentinal tubule penetration of irrigation solution: a confocal microscopic study. *Clin Oral Investig.* 2017;21(7):2205-12.
180. Burlison A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod.* 2007;33(7):782-7.
181. Plotino G, Cortese T, Grande NM, Leonardi DP, Di Giorgio G, Testarelli L, et al. New Technologies to Improve Root Canal Disinfection. *Braz Dent J.* 2016;27(1):3-8.
182. Carrotte P. Endodontics: Part 9. Calcium hydroxide, root resorption, endo-perio lesions. *Br Dent J.* 2004;197(12):735-43.
183. Mohammadi Z, Z CC, Shalavi S, Giardino L, Palazzi F, Asgary S. Management of Root Resorption Using Chemical Agents: A Review. *Iran Endod J.* 2016;11(1):1-7.
184. Andersen M, Lund A, Andreasen JO, Andreasen FM. In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. *Endod Dent Traumatol.* 1992;8(3):104-8.
185. Heithersay GS. Clinical endodontic and surgical management of tooth and associated bone resorption. *Int Endod J.* 1985;18(2):72-92.
186. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kaiyawasam SP. Tissue reaction to implanted super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. *J Endod.* 1995;21(11):569-71.
187. Regan JD, Gutmann JL, Witherspoon DE. Comparison of Diaket and MTA when used as root-end filling materials to support regeneration of the periradicular tissues. *Int Endod J.* 2002;35(10):840-7.

188. Jacobovitz M, Vianna ME, Pandolfelli VC, Oliveira IR, Rossetto HL, Gomes BP. Root canal filling with cements based on mineral aggregates: an in vitro analysis of bacterial microleakage. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(1):140-4.
189. Damas BA, Wheeler MA, Bringas JS, Hoen MM. Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and EndoSequence bioceramic root repair materials. *J Endod.* 2011;37(3):372-5.
190. Hirschberg CS, Patel NS, Patel LM, Kadouri DE, Hartwell GR. Comparison of sealing ability of MTA and EndoSequence Bioceramic Root Repair Material: a bacterial leakage study. *Quintessence Int.* 2013;44(5):e157-62.
191. European Society of E. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* 2006;39(12):921-30.
192. Moule AJ, Moule CA. The endodontic management of traumatized permanent anterior teeth: a review. *Aust Dent J.* 2007;52(1 Suppl):S122-37.
193. Ahmed N, Gopalakrishnan, Mony B, Parthasarthy H. External cervical resorption case report and a brief review of literature. *J Nat Sci Biol Med.* 2014;5(1):210-4.
194. Fernandes M, de Ataíde I, Wagle R. Tooth resorption part II - external resorption: Case series. *J Conserv Dent.* 2013;16(2):180-5.
195. Ahangari Z, Nasser M, Mahdian M, Fedorowicz Z, Marchesan MA. Interventions for the management of external root resorption. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015(11):CD008003.
196. Petel R, Fuks A. Pink Spot - Literature Review and Case Report. *J Clin Pediatr Dent.* 2016;40(5):353-5.
197. Thomas P, Krishna Pillai R, Pushparajan Ramakrishnan B, Palani J. An insight into internal resorption. *ISRN Dent.* 2014;2014:759326.
198. Lima TF, Gamba TO, Zaia AA, Soares AJ. Evaluation of cone beam computed tomography and periapical radiography in the diagnosis of root resorption. *Aust Dent J.* 2016;61(4):425-31.
199. Abbott PV. Prevention and management of external inflammatory resorption following trauma to teeth. *Aust Dent J.* 2016;61 Suppl 1:82-94.
200. Arora S, Gill GS, Saluja P, Setia V. Management of A Rare Case of Communicating Internal-External Inflammatory Resorption. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(5):ZD39-40.

201. Aziz K, Hoover T, Sidhu G. Understanding root resorption with diagnostic imaging. *J Calif Dent Assoc.* 2014;42(3):158-64.
202. Gault P. Idiopathic ankylosis-resorption: diagnosis and treatment. *Int Orthod.* 2013;11(3):262-77.
203. Mohadeb JV, Somar M, He H. Effectiveness of decoronation technique in the treatment of ankylosis: A systematic review. *Dent Traumatol.* 2016;32(4):255-63.
204. Finucane D, Kinirons MJ. External inflammatory and replacement resorption of luxated, and avulsed replanted permanent incisors: a review and case presentation. *Dent Traumatol.* 2003;19(3):170-4.
205. Van der Sluis L, Wu M, Wesselink P. The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. *International Endodontic Journal.* 2007;40(1):52-7.
206. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *biometrics.* 1977:159-74.
207. Siqueira JF, Jr., Rocas IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod.* 2008;34(11):1291-301 e3.
208. Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J Endod.* 1975;1(4):127-35.
209. Topçuoğlu HS, Akti A, Düzgün S, Ceyhanli KT, Topçuoğlu G. Effectiveness of different irrigation procedures for removal of dentin debris from a simulated internal resorption cavity. *The International journal of artificial organs.* 2015;38(3):165-9.
210. Schuur AH, Wu MK, Wesselink PR, Duivenvoorden HJ. Endodontic leakage studies reconsidered. Part II. Statistical aspects. *Int Endod J.* 1993;26(1):44-52.
211. Craig RG, Gehring PE, Peyton FA. Relation of structure to the microhardness of human dentin. *J Dent Res.* 1959;38(3):624-30.
212. Eldeeb ME, Boraas JC. The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals. *Int Endod J.* 1985;18(1):1-7.
213. Spyropoulos S, Eldeeb ME, Messer HH. The effect of Giromatic files on the preparation shape of severely curved canals. *Int Endod J.* 1987;20(3):133-42.
214. Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod.* 1975;1(8):255-62.
215. Miserendino LJ, Miserendino CA, Moser JB, Heuer MA, Osetek EM. Cutting efficiency of endodontic instruments. Part III. Comparison of sonic and ultrasonic instrument systems. *J Endod.* 1988;14(1):24-30.

216. Lim KC, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. *Int Endod J.* 1985;18(4):240-6.
217. Baumann MA, Roth A. Effect of experience on quality of canal preparation with rotary nickel-titanium files. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88(6):714-8.
218. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of NT Engine and McXim rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *Int Endod J.* 1997;30(4):262-9.
219. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J.* 2004;37(9):607-12.
220. Rodig T, Bozkurt M, Konietschke F, Hulsmann M. Comparison of the Vibratec system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *J Endod.* 2010;36(8):1410-3.
221. De Moor RJ, Meire M, Goharkhay K, Moritz A, Vanobbergen J. Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *J Endod.* 2010;36(9):1580-3.
222. Deleu E, Meire MA, De Moor RJ. Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. *Lasers Med Sci.* 2015;30(2):831-5.
223. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J.* 2004;37(10):672-8.
224. Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellini E, Conte G, Cianconi L. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod.* 2013;39(11):1456-60.
225. Alves FR, Almeida BM, Neves MA, Rocas IN, Siqueira JF, Jr. Time-dependent antibacterial effects of the self-adjusting file used with two sodium hypochlorite concentrations. *J Endod.* 2011;37(10):1451-5.
226. Brito PR, Souza LC, Machado de Oliveira JC, Alves FR, De-Deus G, Lopes HP, et al. Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: an in vitro study. *J Endod.* 2009;35(10):1422-7.

227. Miller TA, Baumgartner JC. Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the EndoVac to endodontic needle delivery. *J Endod.* 2010;36(3):509-11.
228. Alturaiki S, Lamphon H, Edrees H, Ahlquist M. Efficacy of 3 different irrigation systems on removal of calcium hydroxide from the root canal: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2015;41(1):97-101.
229. Pasqualini D, Cuffini AM, Scotti N, Mandras N, Scalas D, Pera F, et al. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of a 5% sodium hypochlorite subsonic-activated solution. *J Endod.* 2010;36(8):1358-60.
230. Bhuva B, Patel S, Wilson R, Niazi S, Beighton D, Mannocci F. The effectiveness of passive ultrasonic irrigation on intraradicular *Enterococcus faecalis* biofilms in extracted single-rooted human teeth. *Int Endod J.* 2010;43(3):241-50.
231. De Moor RJ, Blanken J, Meire M, Verdaasdonk R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med.* 2009;41(7):520-3.
232. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endod.* 2005;31(3):166-70.
233. Huang TY, Gulabivala K, Ng YL. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J.* 2008;41(1):60-71.
234. Marciano W, Valencia G, Willenbrock S. Renormalization-group-improved unitarity bounds on the Higgs-boson and top-quark masses. *Phys Rev D Part Fields.* 1989;40(5):1725-9.
235. Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod.* 1983;9(11):475-9.
236. Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M. Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. *J Endod.* 2006;32(5):417-20.
237. Topcuoglu HS, Duzgun S, Ceyhanli KT, Akti A, Pala K, Kesim B. Efficacy of different irrigation techniques in the removal of calcium hydroxide from a simulated internal root resorption cavity. *Int Endod J.* 2015;48(4):309-16.
238. H D. Farkli İrigasyon Sistemlerinin ve Tekniklerinin Yapay Kanallarda Debrisi Uzaklaştırmadaki Etkinliği. . İzmir: Ege Üniversitesi; 2013.

239. Zhu X, Yin X, Chang JW, Wang Y, Cheung GS, Zhang C. Comparison of the antibacterial effect and smear layer removal using photon-initiated photoacoustic streaming aided irrigation versus a conventional irrigation in single-rooted canals: an in vitro study. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(8):371-7.
240. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod.* 2010;36(1):143-6.
241. van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J.* 2005;38(10):764-8.
242. Clarkson RM, Moule AJ, Podlich H, Kellaway R, Macfarlane R, Lewis D, et al. Dissolution of porcine incisor pulps in sodium hypochlorite solutions of varying compositions and concentrations. *Aust Dent J.* 2006;51(3):245-51.
243. Tay FR, Gu LS, Schoeffel GJ, Wimmer C, Susin L, Zhang K, et al. Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod.* 2010;36(4):745-50.
244. Gulabivala K, Ng YL, Gilbertson M, Eames I. The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiol Meas.* 2010;31(12):R49-84.
245. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004;30(8):559-67.
246. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis E. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a Computational Fluid Dynamics study. *Int Endod J.* 2009;42(2):144-55.
247. Markose G, Cotter CJ, Hislop WS. Facial atrophy following accidental subcutaneous extrusion of sodium hypochlorite. *Br Dent J.* 2009;206(5):263-4.
248. Munoz HR, Camacho-Cuadra K. In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *J Endod.* 2012;38(4):445-8.
249. Sedgley CM, Nagel AC, Hall D, Applegate B. Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *Int Endod J.* 2005;38(2):97-104.
250. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod.* 2010;36(9):1558-62.

251. Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod.* 2009;35(6):791-804.
252. Cameron JA. The choice of irrigant during hand instrumentation and ultrasonic irrigation of the root canal: a scanning electron microscope study. *Aust Dent J.* 1995;40(2):85-90.
253. Uygun AD, Gundogdu EC, Arslan H, Ersoy I. Efficacy of XP-endo finisher and TRUShape 3D conforming file compared to conventional and ultrasonic irrigation in removing calcium hydroxide. *Aust Endod J.* 2017;43(2):89-93.
254. Al Shahrani M, DiVito E, Hughes CV, Nathanson D, Huang GT. Enhanced removal of *Enterococcus faecalis* biofilms in the root canal using sodium hypochlorite plus photon-induced photoacoustic streaming: an in vitro study. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(5):260-6.
255. van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. *Int Endod J.* 2007;40(1):52-7.
256. Capar ID, Ozcan E, Arslan H, Ertas H, Aydinbelge HA. Effect of different final irrigation methods on the removal of calcium hydroxide from an artificial standardized groove in the apical third of root canals. *J Endod.* 2014;40(3):451-4.
257. Mohammed SA, Vianna ME, Penny MR, Hilton ST, Mordan NJ, Knowles JC. Investigations into in situ *Enterococcus faecalis* biofilm removal by passive and active sodium hypochlorite irrigation delivered into the lateral canal of a simulated root canal model. *Int Endod J.* 2018;51(6):649-62.
258. Xu K, Wang J, Wang K, Gen N, Li J. Micro-computed tomographic evaluation of the effect of the final apical size prepared by rotary nickel-titanium files on the removal efficacy of hard-tissue debris. *J Int Med Res.* 2018;46(6):2219-29.
259. Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, Huang GT. Efficacy of 4 Irrigation Protocols in Killing Bacteria Colonized in Dentinal Tubules Examined by a Novel Confocal Laser Scanning Microscope Analysis. *J Endod.* 2016;42(6):928-34.
260. Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JF, Pecora JD, Sousa-Neto MD. Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *Int Endod J.* 2017;50(4):398-406.
261. Howard RK, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM. Comparison of debris removal with three different irrigation techniques. *J Endod.* 2011;37(9):1301-5.

262. Laky M, Volmer M, Arslan M, Agis H, Moritz A, Cvikl B. Efficacy and Safety of Photon Induced Photoacoustic Streaming for Removal of Calcium Hydroxide in Endodontic Treatment. *Biomed Res Int.* 2018;2018:2845705.
263. Arslan H, Capar ID, Saygili G, Gok T, Akcay M. Effect of photon-initiated photoacoustic streaming on removal of apically placed dentinal debris. *Int Endod J.* 2014;47(11):1072-7.



8. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	VAHİDE HAZAL	Soyadı	YARGICI
Doğum Yeri	İSTANBUL	Doğum Tarihi	08.10.1991
Uyruğu	T.C.	TC Kimlik No	13463437078
E-mail	hazal_yargici@hotmail.com	Tel	05433521751

Öğrenim Durumu

Derece	Alan	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora	Endodonti	Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	
Yüksek Lisans			
Lisans		Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2014
Lise	-	Ümraniye Anadolu Lisesi	2009