

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

İÇ KÖK REZORPSİYONLU DİŞLERDE KALSİYUM
HİDROKSİTİN REZORPSİYON KAVİTESİNDEN FARKLI
İRRİGAN AKTİVASYON YÖNTEMLERİ İLE
UZAKLAŞTIRILMASI

Dt. Begüm HASEKİ GÜLDAŞ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Alper KUŞTARCI

2017-ANTALYA

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

**İÇ KÖK REZORPSİYONLU DİŞLERDE KALSİYUM
HİDROKSİTİN REZORPSİYON KAVİTESİNDEN
FARKLI İRRİGAN AKTİVASYON YÖNTEMLERİ İLE
UZAKLAŞTIRILMASI**

Dt. Begüm HASEKİ GÜLDAŞ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Alper KUŞTARCI

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce (Proje
No: TDH-2016-1828) desteklenmiştir


“Kaynakça gösterilerek tezinden yararlanılabilir”


2017-ANTALYA


ONAY SAYFASI

(Adayın Adı-SOYADI) tarafından sunulan, bu çalışma jürimiz tarafından
oy birliği/oy çokluğu ile..... Endodonti Anabilim Dalında Uzmanlık
Tezi olarak kabul edilmiştir. .../.../... 16/10/2017

İmza

Üye : Prof. Dr. Kürsat ER
Akdeniz Üniversitesi 
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Üye : Doc Dr Alper KUSTARCI
Akdeniz Üniversitesi 
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Üye : Doç. Dr. Neşlihan SİMŞEK
İnönü Üniversitesi 
(Ünvanı, Adı Soyadı) (Üniversite)

Bu tez, 05/10/2017 tarih ve 36/288 sayılı Yönetim Kurulu kararıyla
belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Diş Hekimliği Fakültesi

Kurum Yöneticisi

Prof. Dr. Kürsat ER

Rektör

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Begüm HASEKİ GÜLDAŞ

İmza

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Alper KUŞTARCI

İmza

TEŐEKKÖRLER

Bu projenin gerçekleŐtirilmesinde emeği geçen, kendime örnek aldığım, çalışma hayatım boyunca sayĐı ve sevgi ile hatırlayacağım değerli danışman hocam Doç. Dr. Alper KUŞTARCI baŐta olmak üzere, uzmanlık eğitimim boyunca benden bilgi ve deneyimlerini hiç eksik etmeyen, iyi niyeti, sabrı ve sonsuz desteklerinden dolayı Sayın Prof. Dr. KőrŐat ER ve Yrd. Doç. Dr. Öznur TUNCAY'a, teŐekkőr ve sayĐılarımı sunarım.

Ayrıca, bugönlere gelmemi saĐlayan, her zaman, her konuda yanımda olan ve asla sevgilerini esirgemeyen babam ve anneme, uzmanlık tezi sűresince benimle birlikte sosyal hayatından vazgeçerek hiçbir zaman desteĐini ve sevgisini esirgemeyen sevgili eŐim Korcan GÜLDAŐ'a, örnek fotoĐraflarken kadrajıyla destek olan abim Egemen GÜLDAŐ'a, bűyűk bir keyif ile uzmanlık eĐitimim boyunca beraber çalıŐtıĐım iŐ arkadaşlarıma, tűm Endodonti kliniĐi çalıŐanlarına ve bu sűrete bana her tűrlű anlayıŐı gösteren tűm aileme ve dostlarıma tűm kalbimle teŐekkőr ederim.

Begűm HASEKİ GÜLDAŐ

ÖZET

Amaç: Ca(OH)₂, İKR'nin tedavisinde en sık kullanılan kanal içi ilaçtır. Ancak kullanılan kök kanal patının dentin tübüllerine yeterince penetre olmasını engellediği ve apikal sızıntıya yol açabildiği için, Ca(OH)₂'in kök kanal dolgusundan önce kanaldan tamamen uzaklaştırılması gerekmektedir. İKR gibi düzensiz kanal içi oluşumların varlığında Ca(OH)₂'in geleneksel yöntemlerle uzaklaştırılması mümkün değildir. Bu çalışmada; bir kanal içi ilaç olan Ca(OH)₂'in; XP, EA, PUI, Er,Cr:YSGG lazer ile LAİ yöntemleri ile İKR'li kanallardan uzaklaştırılmasını değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışmada, 75 adet çekilmiş tek köklü insan alt çene premolar dişi kullanıldı. Diş kök kanalları WaveOne Gold resiprokal hareketli ege sistemi ile şekillendirildi. Sonrasında, separe yardımı ile ortadan ikiye ayrılan dişlerin apikal 1/3 bölgesinde İKR kaviteleri oluşturuldu. Dişler tekrar birleştirilerek silikon materyali yardımı ile Eppendorf tüplerine yerleştirildi ve kanallara enjekte edilebilir Ca(OH)₂ gönderildi. Giriş kaviteleri kapatıldıktan sonra 1 hafta boyunca 37°C'de %100 nemli ortamda saklandı. Ardından dişler 5 mL %2,5 NaOCl ve 5 mL %17 EDTA ile irrigate edildi ve EA, PUI, LAİ ve XP yardımı ile irrigan aktivasyonu uygulandı. İşlemler bittikten sonra dişler tekrar ayrıldı ve İKR kavitelerindeki artık Ca(OH)₂ miktarı stereomikroskop ile değerlendirildi. Total alan ölçümünden Ca(OH)₂ bulunan alan çıkarılarak temizlenme yüzdesi hesaplandı. Alan hesaplaması Image J programı ile yapıldı.

Bulgular: Gİİ grubundaki rezorpsiyon kavitelerinde diğer gruplara göre anlamlı derecede daha fazla artık Ca(OH)₂ kaldığı (P < 0,05), EA, PUI, LAİ ve XP grupları arasında Ca(OH)₂'i uzaklaştırma etkinliği açısından anlamlı bir fark bulunmadığı görüldü (P > 0,05).

Sonuç: Tüm gruplarda İKR kavitelerinde Ca(OH)₂ artıklarının kaldığı ve kullanılan aktivasyon yöntemlerinin Gİİ yöntemine göre üstün olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler: XP-endo Finisher, Endoactivator, PUI, Er,Cr:YSGG lazer, iç kök rezorpsiyonu, kalsiyum hidroksit

ABSTRACT

Objective: Ca(OH)₂ has been established as the most frequently used intracanal medicament for internal resorption treatment. However, Ca(OH)₂ has to be completely removed before the canal filling because any Ca(OH)₂ residue on dentin walls can affect the dentinal bond strength and the penetration of sealers into the dentin tubules and cause to apical leakage. This study aimed to assess the effectiveness of XP, EA, Er, Cr: YSGG LAI, PUI techniques in removing calcium hydroxide from simulated internal resorption cavities.

Method: Seventy five single-rooted mandibular premolar teeth were instrumented with WaveOne Gold reciprocal moving file system. The teeth were fixed in modified Eppendorf vials with silicone impression material and subsequently, teeth were split into two halves with a separator disc and internal resorption cavities were formed in the apical 1/3 region of the teeth. The teeth were reassembled, and Ca(OH)₂ was delivered into the root canals with a lentulo file. The access cavities were sealed with a temporary filling material and teeth were stored at 37°C and 100% humidity for 1 week. Then the specimens were irrigated with 5 mL %2,5 NaOCl and 5 mL %17 EDTA and the activation was performed to the teeth with EA, PUI, LAI and XP agitation methods. After the process has run out, the teeth were separated again and the presence of Ca(OH)₂ in the internal root resorption cavities were assessed by stereomicroscopy. Area calculation was done with the Image J program.

Results: Remnants of Ca(OH)₂ in simulated internal root resorption cavities were found in all experimental groups. EA, PUI, LAI and XP were superior to CSI. There were no significant difference between these groups ($P > 0,05$).

Conclusions: In all groups Ca(OH)₂ residues remained in internal resorption cavities, Activation methods used, were found to be superior to conventional irrigation with needle.

Keywords: XP-Endo Finisher, EndoActivator, PUI, Er,Cr: YSGG laser, internal root resorption, calcium hydroxide

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
RESİMLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Daimi Dış Rezorpsiyonları	3
2.1.1. Travma Kaynaklı Kök Rezorpsiyonları:	5
2.1.1.1. Yüzeysel Rezorpsiyon:	5
2.1.1.2. Geçici Apikal İç Kök Rezorpsiyonu:	5
2.1.1.3. Basınç Rezorpsiyonu ve Ortodontik Rezorpsiyon :	6
2.1.1.4. Yer Değiştirme Rezorpsiyonu:.....	6
2.1.2. Hiperplastik İnvaziv Rezorpsiyonlar:.....	7
2.1.2.1. İç Kök Yer Değiştirme (İnvaziv) Rezorpsiyonu:.....	7
2.1.2.2. İnvaziv Koronal Rezorpsiyonu:	7
2.1.2.3. İnvaziv Servikal Rezorpsiyon:	8
2.1.3. Enfeksiyon Kaynaklı Kök Rezorpsiyonları:.....	8
2.1.3.1. İnflamatuvar Dış Kök Rezorpsiyonu:	8
2.1.3.2. Birleşik İç-Dış İnflamatuvar Rezorpsiyon:	9
2.1.3.3. İnflamatuvar İç Kök Rezorpsiyonu :	9
2.1.3.3.1. Apikal İnflamatuvar İç Kök Rezorpsiyonu:.....	9
2.1.3.3.2. İntraradiküler İnflamatuvar İç Kök Rezorpsiyonu:	10
2.1.3.3.3. İnflamatuvar İç Kök Rezorpsiyonunun Etiyoloji ve Patogenezi:	11
2.1.3.3.4. İnflamatuvar İç Kök Rezorpsiyonunun Histolojisi:	14
2.1.3.3.5.Epidemiyolojisi ve Görülme Sıklığı:.....	15
2.1.3.3.6. İnflamatuvar İç Kök Rezorpsiyonunun Tedavisi:	15
2.2. Kalsiyum Hidroksit Ve İç Kök Rezorpsiyonlu Dişlerde Etkisi	17
2.2.1. Kalsiyum Hidroksitin Kimyasal Özellikleri:	17
2.2. Kalsiyum Hidroksitin Mineralizasyon Aktivitesi:	19
2.2.3. Taşıyıcı Likitin Kalsiyum Hidroksit Üzerine Etkisi:	19
2.2.4. Hidroksil İyonlarının Dentine Nüfuzu:.....	20
2.2.5. Kalsiyum Hidroksitin Kök Kanalıdan Uzaklaştırılması:	21
2.2.5.1. Kalsiyum Hidroksitin Uzaklaştırılmasında Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları:	22
2.3. İrrigan Aktivasyon Yöntemleri	23

2.3.1. El ile Yapılan Aktivasyon Yöntemleri:	23
2.3.1.1. Geleneksel İğne İrrigasyonu:	23
2.3.1.2. El ile Dinamik Aktivasyon:	24
2.3.1.3. Kanal Fırçaları:	24
2.3.2. Makine ile Yapılan Aktivasyon Yöntemleri:	24
2.3.2.1. Döner Kanal Fırçası:	24
2.3.2.2. Endovac:	25
2.3.2.3. Self Adjusting File (SAF) Tekniği:	25
2.3.2.4. Sonik-Ultrasonik Aktivasyon:.....	25
2.3.2.5. Lazer Aktivasyonu:.....	26
2.3.2.6. XP-endo Finisher:	28
3. GEREÇ VE YÖNTEM	30
3.1. Diş Örneklerinin Seçimi:	30
3.2. Diş Örneklerinin Hazırlanması:	30
3.3. Kanalların Preperasyonu:.....	30
3.4. Rezorpsiyon Kavitelerinin Oluşturulması:	31
3.5. Deneysel İşlemler:	31
3.6. Stereomikroskop İle Değerlendirme:	35
3.7. İstatistiksel Analiz:	35
4. BULGULAR	37
5. TARTIŞMA	38
KAYNAKÇA	46
ÖZGEÇMİŞ.....	63

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Kalan Ca(OH) ₂ patının oranları	37
--	----

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Andreasen'in kök rezorpsiyonları sınıflaması.....	3
Şekil 2. Lindskog'un diş rezorpsiyonu sınıflaması.....	4
Şekil 3. İnvaziv servikal rezorpsiyonun klinik sınıflaması.....	8

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1 a. Yirmi beş yaşında hastanın mandibular birinci molarının enfeksiyon kaynaklı diş kök rezorpsiyonu. b. Endodontik tedaviden 1 yıl sonra alınan görüntüsü.	9
Resim 2. XP a. ostenit faz b. Martensit faz	29
Resim 3. a. Bukko-lingual yönde ortadan ikiye bölünmüş premolarların İKR kavitesinin görüntüsü. b. Ca(OH) ₂ ile doldurulmuş İKR kavitesi. c. Eppendorf tüpüne yerleştirilmiş diş örneği.	31
Resim 4. Diş örneğine Gİİ uygulanması.	32
Resim 5 a. EndoActivator b. EA ile diş örneklerine aktivasyon uygulanması.	32
Resim 6. a. Satelec P5 Newtron XS Ultrasonik aktivasyon cihazı. b. Diş örneğinin ultrasonik cihaz ile aktivasyonu.	33
Resim 7. a. XP kanal eğesi b. Diş örneğinin XP ile aktivasyonu	34
Resim 8. a. Er,Cr:YSGG (Biolase Waterlase MD) cihazı ve RFPT-5 ucu. b. Diş örneğine LAİ uygulanması.	34
Resim 9. Diş örneklerine ait İKR kavitelerinin toplam alanının ve kalan Ca(OH) ₂ artıklarının Image J programı kullanılarak hesaplanması.	35

SİMGELER VE KISALTMALAR

ark.	Arkadaşları
BT	Bilgisayarlı Tomografi
ÇB	Çalışma Boyutu
Ca(OH) ₂	Kalsiyum Hidroksit
°C	Santigrat Derece
cm	Santimetre
dk	Dakika
EA	EndoActivator
EDTA	Etilen diamin tetra asetik asit
Er,Cr:YSGG	Erbiyum, krom: itriyum skandiyum galyum garnet
Er:YAG	Erbiyum: itriyum alüminyum garnet
G	Gauge
gr	Gram
Gİİ	Geleneksel iğne irrigasyonu
GP	Güta-perka
İKR	İç Kök Rezorpsiyonu
KF	Kanal Fırçası

KIBT	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
LAI	Lazer aktive irrigasyon
mL	Mililitre
mm	Milimetre
μ -BT	Mikro-Bilgisayarlı Tomografi
μ s	Mikrosaniye
MTA	Mineral Trioksit Agregat
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
nolu	Numaralı
PAA	Perasetik asit
PİPS	Photon-initiated Photoacoustic Streaming
PUI	Pasif ultrasonik irrigasyon
SAF	Self Adjusting File
sn	Saniye
TEM	Taramalı elektron mikroskobu
XP	XP-endo Finisher

1. GİRİŞ

Başarılı bir kök kanal tedavisi için kök kanal sisteminin iyi bir şekilde temizlenmesi ve şekillendirilmesinden sonra dolgu materyalleri kullanılarak tam bir tıkama yapılması önemlidir. Geleneksel kök kanal tedavilerinde kemomekanik yaklaşım uygulanmaktadır. Bu yaklaşım; metalik aletler ile kök kanallarının temizlenme ve şekillendirme kombinasyonunu, kimyasal dezenfektanlar ile irrigasyon ve/veya kanala ilaç uygulanmasını ve kök kanal sisteminin siman ve kor materyali ile doldurulmasını içermektedir [1]. Fakat kök kanalı içerisindeki düzensizlikler, istmuslar ve iç kök rezorpsiyonu (İKR) gibi kanal içi düzensizlikler nedeniyle geleneksel yöntemler yetersiz kalmaktadır. Böyle durumlarda daha etkin kanal içi dezenfeksiyon sağlayabilmek için irrigasyon ajanlarının aktivasyonuna başvurulmaktadır.

Kök rezorpsiyonu, klastik aktivite sonucunda dişin sert dokularında meydana gelen kaybı ifade etmektedir [2]. Meydana gelen bu sert doku kaybının dişin iç yüzeyinde, dış yüzeyinde veya birbiri ile ilişkili olup olmadığını anlamak; sebebini ve tedavi yöntemini anlamak açısından önemlidir [3]. İKR, çoğunlukla, kronik enfeksiyonlar, travma veya pulpa hücrelerinin enflamatuvar reaksiyonları nedeniyle meydana gelir [4, 5]. Çoğunluğu asemptomatik olup rutin grafiler ile tespit edilen İKR'li dişlerin erken teşhisi ile uzun dönem başarılı sonuçlar elde edilebilmekte ve cerrahi olmayan tedavi girişimleri uygulanabilmektedir [5, 6].

Cerrahi olmayan İKR tedavisi esnasında rezorptif kavitenin düzensiz alanlarında yeterince etkili bir dezenfeksiyon ve ardından tıkama sağlamak oldukça zordur [5]. Kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2), İKR'nin tedavisinde sıklıkla kullanılan bir ilaçtır [7]. Bunun yanında, Ca(OH)_2 patının kök kanal dolgusu yapılmadan önce, kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılması gerekmektedir. Uzaklaştırılmadığında kanal patlarının dentin tübüllerine yeterli miktarda nüfus etmesi mümkün olmamaktadır [8]. Daha önce bazı çalışmalarda [9, 10] Ca(OH)_2 artıklarının apikal sızıntıyı arttırdığı gösterilmiştir.

Ca(OH)_2 'i kök kanalından uzaklaştırmak klinisyen için başlı başına bir sorun haline gelebilmektedir. Ca(OH)_2 'i kök kanalından uzaklaştırabilmek için pek çok irrigan ve aktivasyon cihazı denenmiştir. Bununla birlikte en sık kullanılan yöntem ana apikal eğe ile kök kanalının tekrardan şekillendirilmesi, NaOCl ve EDTA ile devamlı

irrigasyon yapılmasıdır [11]. Fakat, İKR olan dişlerde kanal yüzeyindeki düzensiz alanlardan dolayı Ca(OH)_2 artıklarını geleneksel irrigasyon yöntemleri ile uzaklaştırmak mümkün değildir. Bu da, penetrasyonu kabul edilebilir düzeyde ve ilerleyen dönemlerde sızdırmaya neden olmayacak bir kök kanal dolgusu yapılmasına engel olabilmektedir.

Bu durum hekimleri irrigasyonda kullanılan kimyasallara verdiği önemi ve arayışı arttırmış olsa da, iğne ile irrigasyonda solüsyonun kanal yüzeyinin her yeri ile teması sağlanamadığı için istenilen sonuçlar elde edilememiştir [12]. Endodonti tarihi boyunca, irriganların kanala ulaştırılması ve irrigan aktivasyon sistemlerinin geliştirilmesi konusunda çalışmalar yapılmıştır [13-15]. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte sonik, ultrasonik ve lazer enerjisi ile irriganlara aktivasyon uygulanabilmektedir [16].

Daha önce pek çok çalışmada [17-20], farklı irrigan aktivasyon tekniklerinin geleneksel yöntemlere göre daha başarılı oldukları gösterilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada da kullanacağımız irrigan aktivasyon tekniklerinin geleneksel tekniklerden daha üstün sonuçlar göstereceğini düşünmekteyiz.

Bu çalışmanın amacı; bir kanal içi ilaç olan Ca(OH)_2 'in geleneksel iğne irrigasyonu (Gİİ), Endoactivator (EA) (Dentsply Tulsa, Tulsa, Oklahoma, ABD), pasif ultrasonik irrigasyon (PUİ), lazer aktive irrigasyon (LAİ) ve XP-endo Finisher (XP) (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) irrigan aktivasyon yöntemleri kullanarak İKR'li kök kanallarından uzaklaştırılma oranını değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

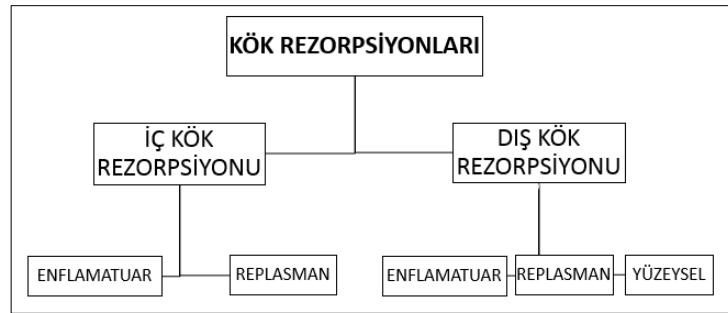
2.1. Daimi Diş Rezorpsiyonları

Diş rezorpsiyonu; dişin sert dokularını oluşturan (dentin, sement veya alveolar kemik gibi) mineralize alanların osteoklast veya osteoklast tipi hücreler tarafından patolojik veya fizyolojik olarak erimesi durumuna denir. Yalnızca primer dentisyondaki rezorpsiyon fizyolojik kabul edilirken, daimi dentisyondaki dişlerin rezorpsiyonu patolojik olarak gösterilmekte ve endodontik bir problem olarak kabul edilmektedir [5, 21].

Daimi dişlerin sert dokuları (dentin, sement ve mine) herhangi bir etken olmaksızın rezorpsiyona uğramazlar. Daimi dişlerin rezorpsiyonuna; travma, pulpanın veya periodontal dokuların veya her ikisinin kronik iltihabı, ortodontik diş hareketi [22], tümörler, diş sürmesi veya diş beyazlatma ile ilişkili periodontal ligamentte biriken basınç sebep olarak gösterilebilir [3, 23].

Rezorpsiyon kökün dış yüzeyinde başlayıp periodontal ligament, sement ve dentini içine alacak şekilde ilerleyebileceği gibi (dış kök rezorpsiyonu), pulpa boşluğundan başlayarak primer olarak dişin iç yüzeyindeki dentin tabakalarını da etkileyebilir (İKR). Hafif seyirli yüzeysel kök rezorpsiyonu hariç dişin doku kaybının geri dönüşü yoktur [24].

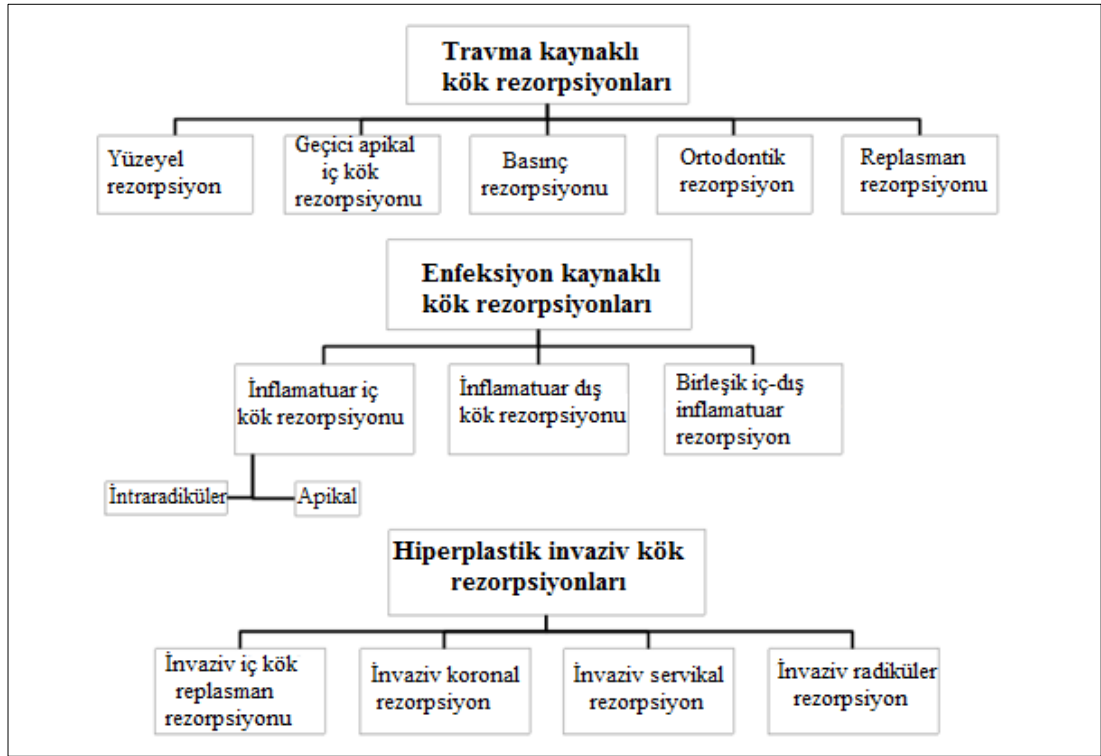
Doğru teşhis ve tedaviyi belirleyebilmek adına hastalıkların sınıflandırılması çok önemlidir [3]. Andreasen [25], son 40 yıl boyunca, diş travmasının ardından meydana gelen diş rezorpsiyonları ile ilgili pek çok araştırmada bulunmuş ve bu konuda en çok kabul gören sınıflandırmayı yapmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Andreasen'in kök rezorpsiyonları sınıflaması [25].

Fakat, Andreasen'in sınıflamasına son 20 yılda keşfedilen bütün rezorptif süreçlerin dâhil olmadığı düşüncesiyle yeni sınıflandırmalara ihtiyaç duyulmuştur. Yapılan bir çalışmada [23] rezorpsiyonlar; a) pulpal enfeksiyona bağlı rezorpsiyonlar, b) periodontal enfeksiyona bağlı enfeksiyonlar c) ortodontik kuvvetlere bağlı rezorpsiyonlar d) gömülü diş ve kistlere bağlı rezorpsiyonlar ve e) ankiloz olarak sınıflandırılmış ve yazar tarafından daha anlaşılabilir bir açıklama getirdiği öne sürülmüştür.

Kök rezorpsiyonları ile ilgili alternatif bir diğer sınıflama ise Lindskog tarafından yapılmıştır [26]. Bu sınıflandırma ile kök rezorpsiyonları 3 kategoriye ayrılmaktadır: a) travma kaynaklı kök rezorpsiyonları, b) enfeksiyon kaynaklı kök rezorpsiyonları ve c) hiperplastik invaziv kök rezorpsiyonları (Şekil 2). Sebebi bilinmeyen kök rezorpsiyonları ise idiyomatik rezorpsiyonlar altında incelenmiştir. Bazı araştırmacılar bu sınıflandırmayı; her kategori arasında basit ve açık bir ayırım yapması ve bu nedenle klinik yaklaşımda önemli ipuçları sağlaması nedeniyle avantajlı bulmuşlardır [3]. Bu nedenle çalışmamızda diş rezorpsiyonları, bu sınıflamadan yararlanılarak ele alınacaktır.



Şekil 2. Lindskog'un diş rezorpsiyonu sınıflaması [26].

2.1.1. Travma Kaynaklı Kök Rezorpsiyonları

'Travma' terimini daha geniş bir şekilde ele almak gerekirse bu kategorideki rezorpsiyonlar; ortodontik kuvvetler, mekanik travma (lüksasyon, avülsiyon vb.), bölgesel basınç artışına neden olan sürmemiş sürmekte olan diş veya neoplazma, cerrahi işlem, kimyasal madde veya ısı kaynaklı olabilmektedir. Bütün travma kaynaklı rezorpsiyonlarda sementum-sementoid-periodontal membran kompleksinde klastik aktiviteye neden olacak bir hasar meydana gelir. Bu kategori a) yüzeysel rezorpsiyon b) geçici apikal İKR c) basınç rezorpsiyonu d) ortodontik rezorpsiyon ve e) yer değiştirme rezorpsiyonu olarak beşe ayrılmaktadır [3].

2.1.1.1. Yüzeysel Rezorpsiyon

Enfektif olmayan rezorpsiyonlar içerisinde en hafif seyreden rezorpsiyon türüdür [3]. Sadece sement tabakasını veya çok yüzeysel bir şekilde dentini içerir. Travma veya ortodontik kuvvetler nedeniyle meydana gelebilir [27]. İnflamatuar etken ortadan kalkarsa periodontal iyileşme ve kök yüzeyinde tamir meydana gelir [28]. Radyografik olarak fark edilmesi güçtür. Lamina dura ve komşu alveolar kemikte hiçbir radyolusensi olmadan periodontal ligament morfolojisinde hafif bir değişiklik şeklinde gözlemlenebilir [3].

2.1.1.2. Geçici Apikal İç Kök Rezorpsiyonu

Andreasen tarafından 1986'da enfektif olmayan rezorpsiyonlar içinde tanımlanmıştır [24]. Odontoblast tabakası veya predentinin zarar gördüğü fakat pulpanın enfekte olmadığı durumlarda geçici İKR meydana geldiği deneysel olarak gösterilmiştir [4]. Özellikle lüksasyon benzeri akut diş travmaları sonrasında, pulpa ve periodonsiyuma zarar gelmesi sonucunda meydana gelebilmektedir [3]. Dişte geçici olarak meydana gelen bu durumun, travma gören diş vasküler destek sağlayarak iyileşmeyi teşvik etmek amacıyla meydana geldiği düşünülmektedir [3]. Travmayı takiben periapikal bölgeye yakın oluşur ve birkaç ay içerisinde rezorptif alan kendiliğinden ortadan kalkar. İntrapulpal hemoraji nedeniyle dişte renklenme meydana gelebilir fakat koronal pulpa odasında revaskülarizasyon meydana geldikten sonra kendiliğinden çözülebilir. Fakat her vakada renklenmenin kendiliğinden geçtiği görülmez. Bu durumda dışarıdan beyazlatma yapılabileceği gibi tek diş renklenmelerinde sıklıkla önerildiği gibi kök kanal tedavisi ardından kron içi beyazlatma ile tedavi etmek tercih edilebilir [3].

2.1.1.3. Basınç Rezorpsiyonu ve Ortodontik Rezorpsiyon

Enfektif olmayan kök rezorpsiyonuna neden olan travmalar içerisinde gömülü veya sürmekte olan dişler, tümörler, kistler ve ortodontik kuvvet neden olarak gösterilmektedir [3]. Tümörlerin, gömülü ve sürmekte olan dişlerin neden olduğu rezorpsiyon genellikle geniş ve radyografide net bir şekilde fark edilebilir. Gömülü veya sürmekte olan dişlerde bu durum sıklıkla maksiller kanin dişlerin lateral dişi rezorbe etmesi veya üçüncü molar dişlerin ikinci molar dişleri rezorbe etmesi ile meydana gelir [23].

Ortodontik kuvvete maruz kalan dişlerde; dişin ne kadar süre ortodontik kuvvete maruz kaldığı, uygulanan kuvvetin türü ve kökün uzunluğu, darlığı ve eğriliği rezorpsiyon riski açısından önem taşımaktadır [29, 30]. Ortodontik kuvvet nedeniyle en sık rezorpsiyonuna görülen dişler üst ön kesici dişlerdir [30]. Ortodontik rezorpsiyonun mekanizması hakkında pek çok teori öne sürülmüştür. Ancak, günümüzde aktif rezorpsiyona neden olan tüm sitokinlerin etkin olduğu “*steril bir enflamasyon*” olduğu düşünülmektedir [31]. Normalde ortodontik tedavi esnasında dişe kontrollü bir travma uygulamak hedeflenmektedir. Bu esnada basınç kök yüzeyine eşit dağılır, belirli bir noktada yoğunlaşmadığı için rezorpsiyon sadece kemikte meydana gelir ve diş hareket ettirilir. Bunun yanında bazı nadir durumlarda basınç kök ucu bölgesinde yoğunlaşabilir ve sement tabakasında hasara, böylelikle de rezorpsiyona neden olabilecek kadar yoğun olabilir [31]. Ortodontik rezorpsiyonların her zaman kökün dış yüzeyinde olacağı düşünülse de durum her zaman bu şekilde gelişmez. Ortodontik kuvvete bağlı hasar sementodontal birleşim yerini de içerir. Bundan dolayı hasar hem presementi hem de prementini etkileyebilir. Dolayısıyla ortodontik tedavi nedeniyle oluşan rezorpsiyonun aktif süreçlerinde radyografide apikal İKR gözlenmesi olasıdır [31]. Bender ve ark. [32], bu durumu “*periapikal yer değiştirme rezorpsiyonu*” olarak tanımlamışlardır.

2.1.1.4. Yer Değiştirme Rezorpsiyonu

Travma kaynaklı enfektif olmayan kök rezorpsiyonlarının en ciddi seyreden formudur. Adından da anlaşılacağı gibi kök yapısının alveolar kemik ile ilerleyici bir şekilde yer değiştirmesi durumudur [3]. Bu anormal ataçman durumu genellikle intrüzyon veya avülsiyon sonrası periodontal ligamentin uzun süre kuru kalması gibi ağır travma durumlarında meydana gelir [33]. İstenilen iyileşme şekli; sementoblastların hasarlı

kök yüzeyinin etrafını sarması ve semental bir iyileşme yüzeyi oluşmasıdır [34]. Fakat bu tarz ağır travma durumlarında kök yüzeyi kemik dokusunu oluşturan hücreler tarafından sarılabilir ve “ankiloz” olarak adlandırılan durum meydana gelir [35]. İstenmeyen bir iyileşme şeklidir. Bazı durumlarda kök tamamen yok olup yerini kemik dokusu alabilir.

2.1.2. Hiperplastik İnvaziv Rezorpsiyonlar

Bu tarz vakalarda fibroosseöz lezyonlara benzer tarzda rezorptif doku, yıkıcı bir şekilde sert dokuyu istila eder. Diğer 2 gruptan farklı olarak rezorpsiyona neden olan etkenin ortadan kaldırılması rezorpsiyon sürecini durdurmaz. Rezorptif dokunun tamamen ortadan kaldırılması veya etkinliğinin durdurulması gerekmektedir [3]. Hiperplastik invaziv rezorpsiyonlar pulpal veya periodontal kökenli olabilirler.

2.1.2.1. İç Kök Yer Değiştirme (İnvaziv) Rezorpsiyonu

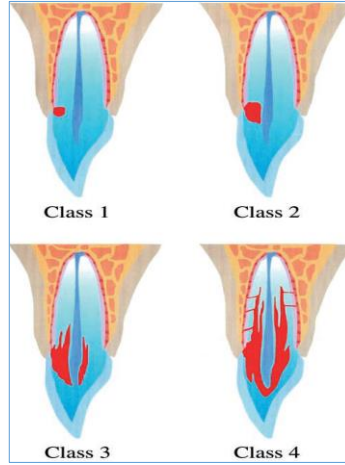
İç kök yer değiştirme rezorpsiyonu, pulpa odası içerisinde düzensiz bir büyüme ile karakterizedir ve normal kanal sınırlarını izlemek mümkün değildir [36]. Genişlemiş kanal boşluğu hafif-orta yoğunlukta bir bulanıklık göstererek kalsifiye bir izlenim uyandırır. Bu rezorpsiyon formu tipik olarak asemptomatiktir ve herhangi bir kök veya kron perforasyonu olmadığı sürece termal ve/veya elektrikli pulpa testine olumlu yanıt alınır [37]. İç kök yer değiştirme rezorpsiyonu, kronik irreversible pulpitis veya kısmi nekroz gibi düşük dereceli bir enflamasyondan kaynaklanmaktadır ve İKR rezorpsiyonu gibi odontoblast-predentin tabakasının zarar görmüş olması gerekmektedir [38]. Histolojik olarak; intraradiküler dentinin rezorpsiyonunu dentin yerine kemik veya sementuma benzeyen metaplastik sert bir dokunun çökmesi eşlik eder [5].

2.1.2.2. İnvaziv Koronal Rezorpsiyon

Nadiren meydana gelen bu durum, sürmekte olan dişlerde, mineden kaynaklı herhangi bir defekt olması durumunda agresif hiperplastik rezorpsiyon dokusunun invazyonu ile oluşur [3]. Böylesi bir durumda, diş kronunun labialindeki hipomineralizasyon alanında pembe rezorptif bir alan gözlenir. İlgili dişin olduğu alandaki süt dişinin intrüzyonu sonucunda meydana geldiği gözlenmiştir [3]. Radyografik olarak lezyon sınırları düzensiz gözlenir ve ilerleyişinde göre radyolüsent alan hem koronalde hem de kök bölgesinde ilerleme gösterebilir [3].

2.1.2.3. İnvaziv Servikal Rezorpsiyon

İnvaziv servikal rezorpsiyon, dış kök rezorpsiyonunun göreceli olarak az rastlanılan bir formudur [39]. Koronalde periodontal ligamentten kaynak alan, fibrovasküler bir dokunun yıkıcı invazyonu ile karakterizedir (Şekil 3) [40]. Bu patolojik doku; pulpaya ulaşana kadar mine, dentin ve sementte rezorpsiyona neden olur. İlerleyen aşamalarda fibröz dokunun içinde ektopik kalsifik odaklara rastlanabilir. Bu duruma neden olduğu en sık rapor edilen faktör kron içi beyazlatmadır [41].



Şekil 3. İnvaziv servikal rezorpsiyonun klinik sınıflaması [42].

2.1.3. Enfeksiyon Kaynaklı Kök Rezorpsiyonları

Dentoalveolar yapının enfeksiyona karşı tipik olarak meydana gelen enflamasyondur ve bu enflamasyon diş dokusunda rezorpsiyona neden olabilmektedir. Bu durum enflamatuvar endodontik patoloji kaynaklı olabileceği gibi travma kaynaklı enflamasyon nedeniyle de meydana gelebilmektedir [3]. Bu enfeksiyon kaynaklı rezorpsiyonlar enflamatuvar rezorpsiyon olarak adlandırılır ve dişin iç yüzeyini, dış yüzeyini veya her ikisini birden etkileyebilmektedir.

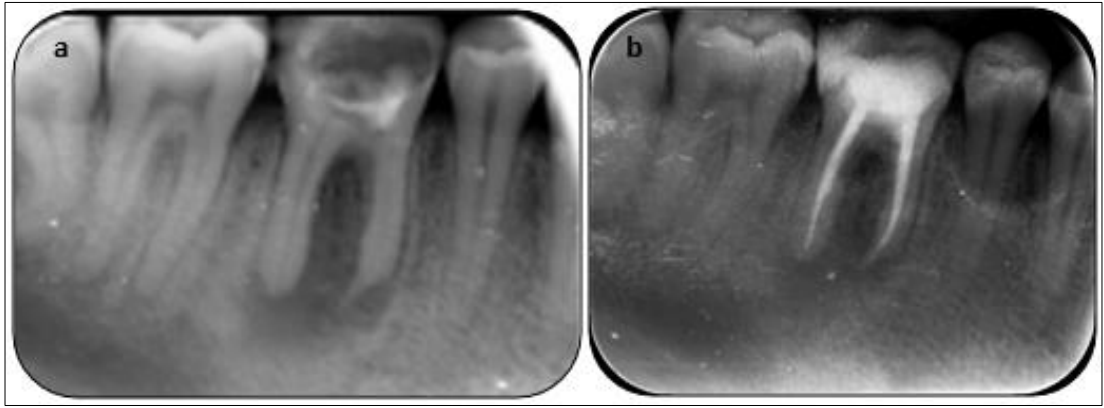
2.1.3.1. Enflamatuvar Dış Kök Rezorpsiyonu

Tipik olarak, avulsüyon veya lüksasyon travmasının ardından enfeksiyon geliştiğinde meydana gelen rezorpsiyondur [43]. Bunun yanında bazı durumlarda endodontik patoloji sebebiyle de meydana gelebilmektedir [44].

Dış kök rezorpsiyonu; genellikle alveolar kemiğin rezorpsiyonu sırasında meydana gelen reaksiyonlara eşzamanlı eşlik eder ve kemik rezorpsiyonuyla mekanizma açısından oldukça benzerlik gösterir [45]. Bunun yanında kök yüzeyi kemik ile karşılaştırıldığında rezorpsiyona daha dirençlidir. Bu durum diş kökünün dış yüzeyini

saran demineralize presement tabakasının varlığı ile açıklanmaktadır [45]. Travmaya uğramış dişlerde presement tabakasının geri dönüşümsüz bir şekilde zarar görmesi enflamatuvar bir rezorpsiyon oluşmasına zemin hazırlamaktadır [46].

Radyografik olarak dış kök rezorpsiyonu, hem diş kök yüzeyinde hem de komşu kemik dokusunda çanak benzeri bir radyolusentlik ile tanınır. Bu durum kendiliğinde duraklamaz, ilerleyici bir yapısı vardır. Bununla birlikte dış kök rezorpsiyonu çoğu zaman kök kanal tedavisi ile durdurulabilir (Resim 1).



Resim 1 a. Yirmi beş yaşında hastanın mandibular birinci molarının enfeksiyon kaynaklı dış kök rezorpsiyonu. b. Endodontik tedaviden 1 yıl sonra alınan görüntüsü.

2.1.3.2. Birleşik İç-Dış Enflamatuvar Rezorpsiyon

İnflamatuvar İKR'nin ilerleyip dış yüzey ile etkileşim halinde dişin hem iç hem de dış yüzeyinde oluşması durumudur [3]. Radyografide dişin iç yüzeyinden başlayıp dış yüzeyine ve kemik dokusuna yayılan bir radyolusensi olarak gözükür. Tedavisi oldukça zordur ve bulunduğu bölgeye göre tedavi edilip edilmeyeceğinin değerlendirilmesi gerekir.

2.1.3.3. İnflamatuvar İç Kök Rezorpsiyonu

Bu rezorpsiyon türü, lokalizasyonuna göre apikal ve intraradiküler form olarak ikiye ayrılmaktadır [3].

2.1.3.3.1. Apikal İnflamatuvar İç Kök Rezorpsiyonu

Günümüze kadar taramalı elektron mikroskobu (TEM) ile yapılan pek çok çalışmada [47-49] apikal periodontitisli dişlerin dış kök yüzeyinde rezorpsiyon varlığı gösterilmiştir. Bunun yanında aynı koşullarda kanalın iç yüzeyinde meydana gelen değişimler yeteri kadar incelenmemiştir. Vier ve ark. [50], değişik derecelerde

enflamatuar kök ucu patolojisi olan dişlerde zannedildiğinden daha sık apikal enflamatuar İKR görüldüğünü göstermişlerdir. Çalışmalarında periapikal lezyonlu dişlerin %74,7'sinde, dereceleri değişkenlik gösterecek şekilde (derece 1-4) apikal enflamatuar İKR'ye rastlanmıştır. Apikal enflamatuar İKR'yi erken evrelerinde radyografik olarak teşhis etmek mümkün olmasa da 3. ve 4. derecelerde gözlenmesi mümkündür.

2.1.3.3.2. İntraradiküler Enflamatuar İç Kök Rezorpsiyonu

Kökün perfore olmadığı durumlarda iç yüzeyinde meydana gelen enflamasyon kaynaklı rezorpsiyonlar, intraradiküler enflamatuar kök rezorpsiyonları olarak adlandırılmaktadır. Radyografide diş kökünün içerisinde yuvarlak radyolüsent alanlar olarak görüntü verir. Böyle vakalarda sıklıkla; perforasyon bölgesi ile periodontal ligamentin iletişim halinde olmasını sağlayan geniş bir aksesuar kanal varlığına rastlanır. Bu yapının kök içerisindeki rezorpsiyon bölgesine kollateral dolaşım ile destek sağlamak amacıyla oluştuğu düşünülmektedir [3].

Genel olarak ele almak gerekirse; enflamatuar İKR dişin sert dokularında rezorpsiyona neden olan ve hekimler tarafından hem iyi tanınan hem de yeteri kadar bilinmeyen diş hastalıklarından biridir [23]. İKR olan dişler çoğunlukla semptom vermezler. Bunun yanında eğer diş aktif rezorpsiyon döneminde ise pulpanın kısmen vital olduğu durumlarda pulpitis benzeri semptomlar gösterilebilir [51]. Diş uzun süre semptom vermez ise rezorpsiyon bölgesinde perforasyon meydana gelebilir veya pulpanın tamamen nekroz olmasının ardından akut veya kronik apikal periodontitis semptomları gelişebilir [5]. Klinik görüntü tamamen lezyonun gelişim derecesine ve lokalizasyonuna bağlıdır (örn: pinkspot). Radyografide görüntü verecek boyutlara eriştiğinde İKR'yi teşhis etmek zor olmaz. Tipik olarak kanal içerisinde simetrik oval ve radyolüsent bir alan olarak görüntü verir [51].

KIBT ile yapılan bazı çalışmalarda [52, 53], İKR'nin teşhisi açısından KIBT ile görüntülemenin konvansiyonel tekniklere göre daha güvenilir sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. Ayrıca yapılan çalışmalar, lezyonun lokalizasyonu ve tipi konusunda KIBT ile teşhisin daha kesin yapılabildiğini göstermiş ve bu tür vakalarda kullanılması yazarlar tarafından tavsiye edilmiştir [54, 55].

Çoğu diş hekimi İKR tanısını kolaylıkla koyabilirken nadiren görülen enflamatuar İKR'nin etyolojisi ve patolojisi kısmen anlaşılmaktadır. Ayrıca, İKR ve servikal rezorpsiyon arasında belirgin bir karışıklık yaşanmaktadır. Bilinmelidir ki, servikal rezorpsiyon ve enflamatuar dış kök rezorpsiyonunun aksine, enflamatuar İKR'de ilerleyen kök kanal enfeksiyonu nedeniyle pulpa dokusu tamamen nekroze olduğunda rezorpsiyon kendiliğinden durur [51]. Eğer teşhisi zamanında ve doğru bir şekilde yapılabilirse tedavisi göreceli olarak kolaydır ve prognozu uzun sürede mükemmel bir şekilde seyredilmektedir [51]. Bunun yanında kökün perfore olduğu durumlarda enfeksiyonun ortadan kaldırılması zorlaşır ve diş yapısının zayıflaması kötü yönde etkileyebilir.

Lezyon, perforasyona neden olabilecek boyutlara ulaşana kadar [56] veya bütün pulpanın nekroz ve enfekte bir hale gelmesi nedeniyle gelişen akut veya kronik apikal periodontitis nedeniyle herhangi bir semptom oluşana kadar bir belirti vermeyebilir [5]. İnflamatuar İKR, rezorpsiyon bölgesine yakın komşuluktaki sert dokuların tamiri söz konusu olmadan ilerleyici bir şekilde yıkımıyla seyreder, sıklıkla kronik pulpal enflamasyon ile ilişkilidir ve lezyon radyografide görülebilecek kadar genişlemiş olduğunda granülasyon dokusu içerisinde bakteri varlığına rastlanabilir [4]. Her ne kadar pulpal enflamasyonlarda sıklıkla kronik enfeksiyona rastlansa da her zaman enflamatuar kök rezorpsiyonu oluşması için gerekli koşullar eşlik etmez. Rezorpsiyonun tetiklenmesi için; ilgili bölgenin komşuluğundaki koruyucu odontoblast tabakasının ve preentinin hasarlanmış olması, dental pulpa içerisindeki artmış odontoklast prekürsörlerinin aktive olması ve kanalın çok çekirdekli dev odontoklast ve dentinoklast hücreleri tarafından istilaya uğraması gerekmektedir [31]. Morfolojik olarak osteoklastlara benzer bu çok çekirdekli dev hücrelerin enzimatik özellikleri ve rezorpsiyon şekli de benzerlik göstermektedir.

2.1.3.3.3. İnflamatuar İç Kök Rezorpsiyonunun Etiyoloji ve Patogenezi

Osteoklastlar kemik rezorpsiyonundan sorumlu, hareketli çok çekirdekli dev hücrelerdir. Monosit-makrofaj gibi tek çekirdekli hücrelerin füzyonu ile oluşan osteoklastlar; iskeletsel öncü hücrelerden farklılaşan osteoblast ve osteositlerin aksine kemik iliğinde veya dalakta üretilmektedir [57]. Birçok proenflamatuar sitokin salgınması ile hasar veya irritasyon bölgesine doğru göç eden osteoklastların fonksiyon göstermesi için kemik yüzeyine tutunmaları gerekmektedir. Yapılan çalışmalar [58,

59] sonucunda osteoklastların polarizasyon durumunun aktin sitoskeletonu ile sağlandığı gösterilmiştir. Aktif bir osteoklastın mineralize ekstrasellüler matriks ile temas halinde, aktin sitoskeletonu tekrar organize olur ve sert doku ile hücre membranının maksimum temasını sağlamak için organelden fakir (clear zone) alanı oluşturur [60]. Organelden fakir bölgeyi hücre zarına ait parmak benzeri çıkıntılar (podosom) çevreler. Kemik rezorpsiyonu bu parmak benzeri çıkıntıların olduğu alanda meydana gelir. Böylece clear zone içerisindeki rezorptif alanın ekstrasellüler ortamdan izolasyonu sağlanır ve sert dokunun rezorpsiyonu için asidik bir mikroortam yaratılmış olur [60]. Odontoklastlar diş sert dokularında rezorpsiyon meydana getiren hücrelerdir ve morfolojik olarak osteoklastlara benzerdirler [61]. Odontoklastlar, daha küçük, daha az çekirdekli olmaları ve daha küçük bir rezorpsiyon bölgesi oluşturmalarıyla osteoklastlardan farklılardır. Bunun yanında iki hücre de hedef dokularını benzer şekilde rezorpsiyona uğrattır. İkisinin de enzimatik özellikleri benzerdir ve ikisi de rezorpsiyon bölgesinde ‘*Howship lakünaları*’ olarak adlandırılan çukurcuklar oluştururlar [60].

Moleküler sinyalizasyon ele alınacak olursa, kemik rezorpsiyonu süresince klastik aktivasyonu kontrol eden OPG/RANKL/RANK transkripsiyon sisteminin diş rezorpsiyonunda da rol oynadığı gösterilmiştir [62]. Bu sistem osteoklastların öncü hücrelerinden farklılaşmasını sağlar. Periodontal ligament hücrelerinin diş kök rezorpsiyonundan sorumlu olduğu gibi, diş pulpasının da osteoprotegerin (OPG) ve mRNA’nın reseptör aktivatörü olan nükleer faktör kappa B ligand salgıladığı gösterilmiştir [63]. Tümör nekroz faktör süper familyasının bir üyesi olan osteoprotegerin ise, RANKL’a tuzak reseptör olarak bağlanır ve öncü klastik hücrelerin RANK reseptörüne olan afinitesini azaltır. Bu durum klastik hücre differansiyasyonunu azaltır. Bu nedenle OPG/RANKL/RANK sistemi odontoklast farklılaşmasında aktif rol oynamaktadır.

Osteoklastlar mineralize olmayan kollajen matrikslere tutunamaz [43]. Bu durum, dentin duvarındaki kollajen olmayan, organik yapının kök yüzeyinde rezorpsiyona engel olduğunu düşündürmüştür. Osteoklastlara benzer şekilde odontoklastlar da integrinler aracılığıyla amino asitlerin RGD (arginin-glisin-aspartik asit) dizini içeren hücre dışı proteinlerine bağlanabilir [64]. Özellikle avb3 integrin, klastik hücrelerin yapışmasında kilit rol oynamaktadır [65]. Mineralize dokularda bulunan, özellikle de

osteopontin'in yüzeyinde bulunan RGD peptid sekansı içeren ekstraselüler matriks proteinleri, klastik hücrelerin bağlanma yerleri olarak görev yapar. Osteopontin, aktin sitoskeletonunun yeniden düzenlenmesine aracılık eden, klastik hücrelerin mineralize dokulara yapışmasını optimize eden bir bağlayıcı molekül görevi görür. Bunun yanında, predentin içerisindeki RGD peptid eksikliğinin odontoklastların bağlanmasını azalttığı ve bu sayede kanal duvarlarının İKR'ye direnç gösterdiği düşünülmektedir [4].

İKR'nin oluşması için, kanal yüzeyindeki koruyucu odontoblast ve predentin tabakasının zarar görmüş ve alttaki mineralize dokunun açığa çıkmış olması gerekmektedir [23, 43]. Bu koruyucu tabakaların zarar görmesine neden olan etkenler tam olarak aydınlatılamamıştır. Literatürde İKR'ye neden olan faktörler arasında; travma, pulpitis, dişin kırık olması, diş transplantasyonu, restoratif prosedürler, invajinasyon, ortodontik tedavi ve hatta viral bir enfeksiyon olan Herpes zoster gösterilmektedir [66-69]. İKR olan 25 diş üzerinde yapılmış bir çalışmada [70], incelenen olguların %45'inin öncü faktörü olarak travma gösterilmiştir. Diğer vakalarda ise neden olarak, çürük lezyonlarının (%25) ve çürük/periodontal kaynaklı (%14) lezyonların sebep olduğu enflamasyon gösterilmiştir. Literatürdeki diğer raporlarda da travma [25, 64] ve pulpal enflamasyonun [51] İKR başlatma konusunda önemli birer etken olduklarından bahsedilmektedir.

Wedenberg ve Lindskog [4], enflamatuvar İKR'yi araştırdıkları bir çalışmada, maymun dişlerinde İKR'yi uyarmış ve farklı zaman aralıklarında dişleri radyolojik ve mikroskopik yöntemlerle incelemiştir. Çalışmada vital pulpalı maymun dişlerine kanal girişleri açılmış ve pulpaya Freud'un kompleman adjuvanı enjekte edilerek dişlerin bir kısmı kapatılmış bir kısmı da açık bırakılarak takip edilmiştir. Araştırmacılar her 2 grupta da dentin duvarında makrofaj kolonizasyonuna rastlamış olmalarına rağmen, sızdırmazlık sağlanmış olan dişlerde bu kolonizasyonun geçici olduğu gözlemlenmiştir. Diğer yandan kanal girişi açık bırakılan dişlerde ağızdaki bakterilerden dolayı pulpa enfekte olmuş ve rezorpsiyon hücrelerinin daha geniş bir alanda uzun süreli bir kolonizasyon gösterdiği görülmüştür. Makrofaj ve çok çekirdekli dev hücrelerin yalnızca dentinin zarar gördüğü alanlarda meydana gelmesi bir başka ilgi çekici nokta olarak gösterilmiştir. Çalışmaya göre bu durum ya predentinin mineralizasyonu sonucu veya predentin ve odontoblast tabakasının zarar

görmesi sonucunda meydana gelmiştir. Araştırmacılar İKR oluşabilmesi için mineralize dentinin açığa çıkmış olması gerektiği sonucuna varmışlardır. Dahası İKR'nin *geçici iç kök rezorpsiyonu ve ilerleyici iç kök rezorpsiyonu* olmak üzere iki değişik tipte görülebileceği sonucuna varmışlardır.

İKR'nin meydana gelebilmesi için bir diğer önemli husus klastik hücrelere ihtiyaçları olan kan desteğinin devam etmesidir. Enfekte olan nekrotik koronal pulpa klastik hücreler için stimülasyon sağlarken, apikal bölgede aktif kan desteğinin olması klastik hücrelere gerekli olan besini sağlar [71]. Bakteriler pulpaya dentin tübülleri, çürük kavitesi, çatlak, kırık veya lateral kanallar yoluyla ulaşabilirler. Bakteriyel stimulusun yokluğunda rezorpsiyon duraklayabilir, geçici olabilir ve teşhis edilemeyecek boyutlarda kalabilir. Bu nedenle apikalde rezorpsiyon bölgesindeki pulpanın vital olacağı düşünülmelidir. Eğer tedaviye başlanmaz ise İKR ilerlemeye devam edebilir ve enflame olan bağ dokusu rezorpsiyon bölgesini doldurur.

2.1.3.3.4. İnflamatuvar İç Kök Rezorpsiyonunun Histolojisi

İKR olan dişlere ait histolojik ve mikroanatomik çalışmalar; hayvan deneylerine ve İKR olup çekilmiş olan dişler üzerinde yapılan araştırmalara dayanmaktadır [4, 38]. Daha önce 1 araştırmacı, İKR nedeniyle çekilmiş 13 süt dişi ve daimi dişi incelemiş ve süt dişlerinde rezorpsiyonun daha hızlı ilerlediğini fakat 2 grup arasında başka bir fark olmadığını bildirmiştir [38].

İKR lezyonu çoğunlukla granülasyon dokusundan oluşur. Granülasyon dokusu içerisinde normal pulpa dokusunda olduğu kadar vasküler yapı bulunmaz. Bununla birlikte, periodontal bağ dokusu ve fibröz doku bakımından zengindir [5]. Pulpa bağ dokusu, lenfositler, makrofajlar, nötrofilik lökositler ve plazma hücreleri tarafından istila edilmiştir ve oldukça vaskülarize bir yapısı olan bu dokuda çeşitli derecelerde iltihaplanma alanları bulunmaktadır. Nötrofil ve makrofajlar mineralize dentin yüzeyine tutunurlar ve rezorptif lakünlerde pek çok odontoblast varlığına rastlanır [38]. Rezorpsiyon bölgelerinin hiçbirinde odontoblasta veya preentin tabakasına rastlanmaz. Bu dişlerde bakteriler dentin tübüllerinde veya kök kanalının nekrotik koronal kısmında lokalize olmuşlardır. Allen ve Gutmann [72], pulpal duvarın bazı bölgelerinde osteoid veya sement benzeri dokuya ve pulpa içerisinde kalsifikasyon alanlarına rastlamışlardır. Bu durum literatürde İKR'ye ait bir varyasyon olarak tanımlanmaktadır ve iç kök yer değiştirme rezorpsiyonu veya metaplastik rezorpsiyon

olarak adlandırılır [73, 74]. Yazarlara göre bu durumun başlıca sebebi kronik enflamasyon olan bir bölgede herhangi bir şekilde preentin veya odontoblast tabakasının zarar görmüş olmasıdır. Bunun yanında revaskularizasyon bölgesi içerisinde kök kanal dokusunun sert doku ile yer değiştirmesi sonucu oluşan osteoid bir dokunun ayırt edilmesi zor olabilmektedir [72].

2.1.3.3.5. Epidemiyolojisi ve Görülme Sıklığı

Nadir görülen bir durum olarak nitelendirilmesine rağmen enflamatuvar İKR'nin görülme sıklığı hakkında literatürdeki veriler yetersizdir [6]. Bazı çalışmalarda İKR'nin oranı %0,01-%0,1 arasında verilmiş olsa da paylaşılan çalışmaların çoğunun vaka olması ve hastalığın tedavisine daha çok odaklanması bu konudaki tahminlerin yetersiz olduğunu göstermektedir [19, 51, 75].

Cabrini ve ark. [76], Ca(OH)₂ ile pulpotomi yapılmış dişlerde yaptıkları histolojik çalışmalarda, 28 dişin 8'inde İKR olduğunu gördüler. Başka bir çalışmada ise [77], ototransplantasyon yapılmış olan maksiller kanin dişlerin %55'inde İKR'ye rastlanmıştır. Bu çalışmaların sonucunda enflamasyonun, İKR oluşumunda önemli bir epidemiyolojik etken olduğu gösterilmektedir. Wedenberg ve Lindskog da çalışmalarında enflamasyon ve travmayı, İKR oluşumunda önemli birer etken olarak gösterilmişlerdir [4]. Araştırmacılar, çalışmalarındaki bulgulara göre enflamasyonun devam etmediği durumlarda rezorpsiyonun da geçici olduğunu ortaya koymuşlardır. Hatta çalışmalarında İKR'nin aslında oldukça sık meydana gelebildiğini herhangi bir rakamsal tahminde bulunmadan bahsetmişlerdir. Gabor ve ark. [6] da yaptıkları çalışmada, bu bulguyu destekler sonuçlara varmışlardır. Konvansiyonel radyografilerde İKR belirtisi vermeyen pulpitisli dişleri incelemiş ve %50'sinin TEM görüntülerinde İKR kavitesine rastlamışlardır. Çalışmada enflamasyonun İKR'ye neden olabileceği vurgulanmıştır [6].

2.1.3.3.6. İnflamatuvar İç Kök Rezorpsiyonunun Tedavisi

İnternal rezorpsiyonlu dişlerin tedavisi göreceli olarak daha kolaydır. Bir diş enflamatuvar İKR tanısı konmasının ardından hekim dişin prognozu hakkında bir karara varmalıdır. Eğer dişin prognozu olumlu ise ve restore edilebilir olduğu kanaatine varılırsa derhal kök kanal tedavisine başlanmalıdır. İKR dentin sınırları içerisinde kalabilir veya daha da ilerleyerek rezorpsiyon alanı periyodonsiyum ile iletişim halinde olabilir. Rezorpsiyonun kökün dış yüzeyine ilerlediği ve perforasyon oluştuğu

vakalarda başarı şansı azalmaktadır. Bazı durumlarda, ilgili bölgeyi uygun şekilde tamir edebilmek için kompleks cerrahi işlemlerin yapılması düşünülebilir [78]. Perforasyon söz konusu olduğunda bölgenin tamiri amacıyla en sık kullanılan materyal mineral trioksit agregattır (MTA) [5]. Biyouyumluluğu ve nemde sertleşebiliyor olması bu gibi vakalarda başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır [79]. Periradiküler doku tarafında oldukça iyi tolere edilen MTA aynı zamanda periodonsiyumun rejenerasyonunu destekler yapıdadır [80]. Ayrıca, diğer geleneksel materyaller (amalgam, cam iyonomer siman, İRM vb.) ile karşılaştırıldığında yüzeyi kapatma ve sızdırmazlık özelliği daha üstündür [81]. Perforasyonlarda kullanılması tavsiye edilen ve MTA ile benzer sitotoksik özellik gösteren diğer materyaller ise biyoseramikler ve biyoagregatlardır [82]. Bunun yanında Hirschberg ve ark. [83] çalışmalarında, bir biyoseramik olan Endosequence'in MTA'ya göre anlamlı derecede daha fazla sızdırmaya neden olduğu gösterilmiştir.

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 [84].

İKR'li dişlerde kök kanalının şekillendirilmesi ve dezenfeksiyonu normal kanallı dişlere göre çeşitli zorluklara neden olmaktadır. Giriş kavitesi, zaten zayıflamış olan diş dokusunu daha da zayıflatmamak adına alabildiğine konservatif bir şekilde açılmalıdır [5]. Rezorpsiyonun aktif olduğu durumlarda pulpadaki kanamanın yoğunluğu bile kanal ağzlarını belirlemede zorluğa neden olabilmektedir. Bu dişlerde granülasyon dokusunu ve bütün pulpa artıklarını çok iyi bir şekilde uzaklaştırabilmek için NaOCl ile bol bol irrigasyon yapılmalıdır [51]. Ayrıca, yapılan çalışmalarda kök kanalında Ca(OH)₂ bekletmenin kanal içerisindeki organik debrisini uzaklaştırmak konusunda NaOCl ile sinerjik etkisi olduğu gösterilmiştir [85].

İnflamatuar İKR ile ilgili paylaşılmış pek çok vaka raporu olmasına rağmen, genel olarak kabul edilmiş bir kemomekanik dezenfeksiyon protokolü bulunmamaktadır. Kanalın düzensiz yapısından dolayı konvansiyonel şekillendirme yöntemleri yeteri kadar etkili olmamakta ve rezorpsiyondan dolayı incelen dentin duvarları nedeniyle perforasyon riski doğmaktadır [5]. Bu nedenle kimyasal irrigasyon, özellikle de NaOCl ile kanalların irrigasyonu, büyük önem taşır [51]. Bunun yanında

rezorpsiyondan kaynaklı bir perforasyon olması halinde dişte küçük bir perforasyon olması NaOCl kullanımı için engel teşkil etmemekte hatta kanamanın durdurulmasına yarar sağlamaktadır. Fakat büyük perforasyonlar söz konusu olduğunda seyreltilmiş NaOCl veya CHX kullanımı düşünülmelidir.

Göz önünde bulundurulması gereken bir diğer durum, bu tarz düzensiz kanal yapısı olan dişlerde yalnızca iğne ile irrigasyon yapmanın yeterli dezenfeksiyonu ve organik dokunun uzaklaştırılmasını tam olarak sağlamamasıdır. Bu nedenle, ilave aktivasyon yöntemlerinin kullanılması düşünülmelidir [86]. Daha önce yapılan pek çok çalışmada [12, 87, 88], farklı aktivasyon yöntemlerinin, kök kanalındaki düzensiz alanlardan debris uzaklaştırdığı ve bakteri sayısında azalmaya yol açtığı gösterilmiştir. Bu nedenle İKR'li dişlerin, kemomekanik dezenfeksiyon prosedürlerinde irrigan aktivasyon yöntemlerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, İKR'li dişlerde ultrasonik aktivasyonun etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada, belirli alanlarda bakteri eliminasyonunun tamamıyla yapılamadığı da gösterilmiştir [87].

Kanal içerisindeki düzensiz alanın çok geniş olduğu durumlarda irrigasyon yöntemleri ile bütün granülasyon dokusunun kaldırılması mümkün olmamaktadır [89]. İKR'li dişlerde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kullanılmasının 2 önemli nedeni vardır: kanamayı kontrol etmek ve kalan pulpa dokusunu nekrotize ederek NaOCl ile daha kolay çözünebilir hale getirmektir [51].

İKR kavitesini doldurmak için pek çok teknik ve materyal denenmiştir [90, 91]. Güta-perkanın (GP) solid bir materyal olması nedeniyle, İKR kavitesinin düzensiz yüzeyine tam olarak adapte olamamaktadır. Lateral kondansasyon tekniğinin yetersiz kalması termoplastik GP teknikleri kullanılmaktadır [92].

İlerleyen bölümde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in İKR'li dişlerdeki kullanımı, etki mekanizması ve kök kanal dolgu işleminden önce uzaklaştırılmasının öneminden bahsedilecektir.

2.2. Kalsiyum Hidroksit ve İç Kök Rezorpsiyonlu Dişlerdeki Etkisi

2.2.1. Kalsiyum Hidroksitin Kimyasal Özellikleri

$\text{Ca}(\text{OH})_2$, endodontik amaç ile, ilk defa 1920'de Hermann tarafından pulpa kaplama ajanı olarak kullanılmıştır ve o zamandan beri endodonti alanında en sık kullanılan kanal içi ilaçtır [93, 94]. $\text{Ca}(\text{OH})_2$; pulpa kaplama ajanı olarak, kök kırıklarının

tedavisinde, perforasyonlarda, apeksifikasyonda ve kök rezorpsiyonlarının tedavisinde kullanılmaktadır [95].

Molekül ağırlığı 74.08 olan Ca(OH)_2 , kokusuz ve beyaz bir tozdur. Ca(OH)_2 'in suda çözünürlüğü azdır ve sıcaklık arttıkça çözünürlüğü azalır [95]. Ca(OH)_2 ayrışma katsayısı sayesinde (0.17) Ca^{++} ve $(\text{OH})^-$ iyonlarının yavaş ve kontrollü bir şekilde salınımına izin verir. Vital dokular ile temas etmesine rağmen uzun süre çözünmemesi istenilen bir klinik özellik olup ilacın uzun süre etki etmesini sağlar [95]. Kimyasal olarak güçlü bir baz olarak sınıflandırılan Ca(OH)_2 yüksek bir pH'a sahiptir (12.5-12.8) ve alkolde çözünmemektedir. Ca(OH)_2 , su bazlı likitler ile temasında Ca^{+2} ve $(\text{OH})^-$ iyonlarına ayrışır. Esas aksiyonu, Ca^{+2} ve $(\text{OH})^-$ iyonlarının ayrışmasından ortaya çıkar ki, vital dokularda sert doku depozisyonunun indüklenmesini ve antibakteriyel etkinliğini sağlar [95].

Ca(OH)_2 biyolojik dokularda karbon dioksit'e (CO_2) maruz kaldığında, kalsiyum karbonat (CaCO_3) meydana gelir ve ortamdaki Ca^{+2} seviyesi azalır. Bununla birlikte, 30 gün boyunca CO_2 'ye maruz kalan Ca(OH)_2 preparatları ile yapılan bir çalışmada [95], 6 preparatta hala hazırda bakterisidal etkinlik sağlayan pH'ın devam ettiği görülmüştür.

Ca(OH)_2 'in bakteriler üzerindeki öldürücü etkisi şu mekanizmalar ile açıklanabilmektedir [94, 96]:

(a) Kimyasal aksiyon ile:

- $(\text{OH})^-$ iyonlarının doğrudan etkisi ile bakterinin sitoplazmik membranında hasarlanma meydana gelmesi.
- Hücrenin enzim aktivitesinin engellenmesi ve hücre metabolizmasının bozulması.
- DNA'nın bölünerek çoğalmasının önlenmesi.

(b) Fiziksel aksiyon ile:

- Kanalı doldurarak fiziksel bir bariyer görevi görür ve bakterinin kanal içerisindeki ilerleyişine engel olur.
- Bakterilerin ihtiyacı olan substrata ulaşamaması ve çoğalmak için yeterli alanının olmaması ölmelerine sebep olur.

2.2. Kalsiyum Hidroksitin Mineralizasyon Aktivitesi

Alkali bir ortam sağlayarak, onarım ve kalsifikasyonu teşvik eden hidroksil grubu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in en önemli bileşeni kabul edilir [97]. Oluşan alkalın ortam sayesinde, dentin minerallerinin çözünmesi önlenir, osteoklastların laktik asidi nötralize olur ve hatta sert doku oluşumunda önemli bir rol oynayan alkalin fosfataz aktive olabilir [98]. Alkalin fosfatazın aktivasyonu için gereken pH 8,6 ile 10,3 arasında değişir, bununla birlikte; substrat türüne, konsantrasyonuna ve enzimin sıcaklığına ve kaynağına göre değişkenlik gösterebilir [98]. Alkalin fosfataz, inorganik fosfatazın fosfat esterlerinden kurtulması vasıtası ile etki eden hidrolitik bir enzimdir [7]. Fosfat iyonlarını serbestleştirerek fosforik esterleri ayırır, daha sonra kandaki kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek organik matriste bir çökelti olan kalsiyum fosfat oluşur. Bu çökelti hidroksi apatitin moleküler birimi olduğu için, bu enzimin mineralizasyon süreci ile yakından ilişkili olduğu düşünülmektedir [99].

Bağ dokusu ile doğrudan temas halindeki $\text{Ca}(\text{OH})_2$, protein denatürasyonuna neden olur. Hücreler arası maddede değişmeye neden olan bu durum sonucunda glikoproteinlerde kopmalar meydana gelir ve nekroz bölgeleri oluşur [7]. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in bağ dokusu ile temasından sonra mineralize doku oluşumunun 7-10 gün arası olduğu gösterilmiştir [100]. Holland [100] aynı zamanda, nekroz bölgesi ile derin granüloz alan arasındaki yüzeysel granüloz alan bölgesinde büyük bir granülasyon dokusu bulunduğunu bildirmiştir. Bu yapılar kalsiyum tuzları ve kalsiyum-protein komplekslerinden oluşur ve polarize ışığa çift diferansiyasyonludur. Kloramik asit ve Van Kossa'nın yöntemine pozitif tepki verir ki, bu durum kalsiyum iyonlarının bir kısmının koruyucu materyalden geldiğini kanıtlar [97]. Derin granülasyon bölgesinin altında hücresel proliferasyon bölgesi ve normal pulpa dokusu bulunur [7].

Özetle, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in mineralize edici etkisi doğrudan yüksek pH ile ilişkilidir. Alkali pH, osteoklastlardan laktik asidi nötralize etmekle kalmaz aynı zamanda sert doku oluşumunda önemli rol oynayan alkalın fosfatazları da aktifleştirebilir [101].

2.2.3. Taşıyıcı Likitin Kalsiyum Hidroksit Üzerine Etkisi

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in kanal içerisine uygulanabilmesi için mutlaka bir taşıyıcı ile karıştırılması gerekmektedir. Farklı taşıyıcılar $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in iyonik ayrışmasını ve çözünme hızını etkilemektedirler [102]. Ayrıca, biyoyumluluğu ve klinik kullanımında elde edilen başarılarına rağmen, farklı taşıyıcılar ile karıştırılması sonucunda ürünün, antiseptik

özelliklerinin [103], doku uyumluluğunun ve mineralizasyonu indükleme kapasitesinin [104, 105] de etkilendiği bilinmektedir.

Ca(OH)₂'in 3 ana taşıyıcısı vardır:

- Su, salin, anestezi çözeltiler, karboksimetilselüloz, metilselüloz ve Ringer's çözeltisi gibi suda çözünen maddeler.
- Gliserin, polietilenglikol (PEG) ve propilen glikol gibi yapışkan taşıyıcılar.
- Zeytinyağı, silikon yağı, kâfur (kambri paroklorofenol yağı), bazı yağ asitleri (oleik, linoleik ve izostearik asitler dâhil), öjenol ve metakresilasetat gibi yağ bazlı taşıyıcılar [106].

Ca(OH)₂'in tedavi edici etkisinin ortaya çıkabilmesi için hidroksil iyonlarının dentin tübüleri içerisine diffüz etmesi gerekmektedir [97]. Ca(OH)₂ karışımının viskozitesi azaldıkça iyon salınımı artmaktadır [7]. Bunun yanında sıklıkla kullanılan taşıyıcılardan yüksek molekül ağırlığına neden olanlar, Ca(OH)₂'in dokulara dağılımını azaltır ve daha uzun süre çözünmeden uygulandığı yerde kalmasını sağlar [107].

Steril su veya salin en sık kullanılan taşıyıcılardır. Gliserin ve propilenglikol taşıyıcılarının Ca(OH)₂'in pH'ı üzerine etkileri araştırıldığında, %10-30 gliserol-su karışımı ile %10-40 propilen glikol karışımının en iyi sonucu verdiği anlaşılmıştır. Ve araştırmacılar, bu taşıyıcıların daha yüksek konsantrasyonlarda kullanılmasının, kanal içi ilaç olarak kullanılan Ca(OH)₂'in etkinliğini azaltacağını göstermişlerdir [108]. Aköz solüsyonlar hızlı iyon salınımı neden olurlar ve klinik uygulamada kullanımları uygundur [7].

2.2.4. Hidroksil İyonlarının Dentine Nüfuzu

Hidroksil iyonlarının dentin tübülerine nüfus etmesi dentinin geçirgenliği ile açıklanabileceği gibi dentin ve hidroksil iyonları arasındaki etkileşime de bağlanabilmektedir [95]. Dentinin geçirgenliği; tübül anatomisine, yoğunluğuna, tübül çapına ve uzunluğuna bağlı olduğu kadar çözünen maddenin fiziksel özelliklerine de bağlıdır [109]. Hidroksil iyonları aynı zamanda dentinin tamponlama, soğurma ve elektrik yükünden etkilenmektedir. Böylece, difüzyon mekanizmaları hidroksil iyonlarının dentine nüfus etmesini sağlamaktadır. Hidroksil iyonları sirkulpulpal dentin içerisine nüfus ederken önemli olan dentin geçirgenliği iken, tübülde ilerledikçe

çapın daralması ile tamponlama ve soğurma diffüzyon üzerinde daha çok etkili olmaktadır [95]. Sonuç olarak yaklaşık 2-3 hafta sonra tüm dentin kalınlığı boyunca hidroksil iyonları diffüz olmakta ve dentinin dış yüzeyindeki PH yükselmektedir. Bu aşamada dentinin geçirgenliği bir kere daha hidroksil iyonlarının difüzyonu konusunda belirleyici olmaktadır [110].

2.2.5. Kalsiyum Hidroksitin Kök Kanalından Uzaklaştırılması

Kanal içi ilaç olarak kullanılan Ca(OH)_2 dolum yapılmadan önce kök kanalından tamamen uzaklaştırılmalıdır. Laboratuvar çalışmaları sonucunda kanalda kalan Ca(OH)_2 artıklarının kanal patlarının dentin tübüllerine nüfus etmesini engellediği [8], rezin kanal patlarının bonding etkisinin engellendiği, kök kanal dolgularında apikal sızıntının arttığı [9] ve bir takım kanal patlarında bulunan çinko oksit öjenol ile etkileşime girerek patın daha kırılkan ve granüler bir yapıya dönüştürdüğü gösterilmiştir [111]. Bundan dolayı Ca(OH)_2 'in kök kanalından tamamen uzaklaştırılması tavsiye edilmektedir.

Lambrianidis ve ark. [11], salin, %3 NaOCl ve %3 NaOCl + %17 EDTA gibi irriganları kullanarak el ile preperasyon kombinasyonunda Ca(OH)_2 'in uzaklaştırılmasını incelemişler ve kanal yüzeyinin %45'inin Ca(OH)_2 ile kaplı kaldığını görmüşlerdir. Çalışma sonucunda karışımdaki Ca(OH)_2 tozu oranının kanaldan uzaklaştırılma oranını etkilemediğini fakat kullanılan taşıyıcının sonuçlar ile alakalı olduğu gösterilmiştir. Margelos ve ark. [111] yaptıkları çalışmada EDTA veya NaOCl'nin tek başına Ca(OH)_2 'i kanaldan uzaklaştıramadığını, fakat bu iki irriganın kombinasyonunun el preperasyonu ile birlikte uzaklaştırmada etkili olduğunu savunmuşlardır. Rödig ve ark. [112] ise yaptıkları çalışmada sitrik asit, EDTA, NaOCl, distile su ve şelatörlerin NaOCl ile kombinasyonunun, kanal içerisine sonradan oluşturulan oluklardan Ca(OH)_2 'in uzaklaştırma etkinliğini karşılaştırmışlar ve sonuç olarak hiçbir irriganın veya kombinasyonunun Ca(OH)_2 'i tamamen uzaklaştıramadığı şelatörlerin NaOCl'den daha iyi uzaklaştırma sağladığı, kombinasyonların ise herhangi bir üstünlüğünün olmadığını bulmuşlardır. Lambrianidis ve ark.'nın [113], yaptığı başka bir çalışmada ise $\text{Ca(OH)}_2/\text{CHX}$ jel ve $\text{Ca(OH)}_2/\text{CHX}$ solüsyon kombinasyonlarının uzaklaştırılma miktarına bakılmış ve grupların hepsinde kanal içerisinde ilaç artıkları kaldığı görülmüştür. Kullanılan irriganın özelliği fark etmeksizin, iğne ile irrigasyon sonucunda istenilen başarıların elde edilememesi,

araştırmacıları farklı aktivasyon yöntemleri kullanmaya teşvik etmiştir. Aşağıda, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i uzaklaştırırken kullanılabilir irrigasyon solüsyonları ve aktivasyon yöntemlerinden bahsedilecektir.

2.2.5.1. Kalsiyum Hidroksitin Uzaklaştırılmasında Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

Günümüze kadar pek çok irrigasyon solüsyonunun $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i kök kanalından uzaklaştırma etkinliği değerlendirilmiştir [17, 112, 114, 115]. Bunlardan en sık kullanılanları şelatör ajanlar ve NaOCl 'dir.

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in uzaklaştırılmasında şelatör ajanların üstünlüğü pek çok çalışmada gösterilmiştir [8, 112, 114]. şelatör ajanların metalik iyonları bağlama ve inaktive etme özelliği vardır [116]. Bu özellikleri sayesinde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ barındırdığı Ca^{++} iyonlarını bağlayarak ilacın çözünmesini sağlarlar. Sitrik asit ve EDTA bu amaç ile en çok kullanılan irrigasyon solüsyonlarıdır. Bazı çalışmalarda sitrik asit şelasyon açısından EDTA'dan daha üstün gösterilirken [117], Scelza ve ark.'nın çalışmasında %10 sitrik asit ile %17 EDTA'nın etkinliğinin eşdeğer olduğu gösterilmiştir [118]. Kullanılan diğer şelatör ajanlara; EDTAC, EDTA-T, QMix, RC-Prep, Decal ve Hypaque örnek verilebilir [116].

Qmix, %17 EDTA, %2 CHX ve sürfaktan içeren bir karışımdır. İçeriğindeki sürfaktan şelatör ajanın yüzey gerilimini düşürür ve böylece dentin tübüllerine penetrasyonunu arttırır [119]. Daha önce, QMix'in smear tabakasını kaldırma etkinliğinin %17'lik EDTA ile eşdeğer [120, 121], hatta daha üstün olduğunu gösteren çalışmalar olmuştur [122]. Kuştarıcı ve ark. [17], QMix'in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i kök kanalından uzaklaştırma etkinliğini incelemiş ve NaOCl 'den daha üstün sonuçlar verirken, EDTA ve perasetik asit (PAA) ile arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermişlerdir.

PAA inorganik dokuyu uzaklaştırma özelliği olan ve kuvvetli dezenfeksiyon sağlayan bir solüsyondur [115]. PAA solüsyonları; veterinerlikte, suyun dezenfeksiyonunda yemek endüstrisinde, medikal aletlerin ve hastanelerin dezenfeksiyonunda sıklıkla kullanılmaktadır [123]. Etki mekanizması oksijen, su ve asetik asitte ayrışma gösteren serbest oksijen ve hidroksil radikallerinin salınımına dayanmaktadır [124, 125]. Solüsyonun asetik asit komponenti inorganik dokunun uzaklaştırılmasından sorumludur. Asetik asit kolaylıkla kalsiyum ile bağlanıp suda çözünür hale getirir

[123]. PAA'nın %2,25'lik konsantrasyonunun smear tabakasını kaldırma etkinliğinin %17'lik EDTA ile karşılaştırılabilir olduğu gösterilmiştir [124].

Değişik konsantrasyonlarda NaOCl, endodontik tedavi esnasında, dezenfeksiyon ve organik dokuların çözülmesi amacıyla primer olarak tercih edilmektedir [126, 127]. Bunun yanında, Ca(OH)₂'in kanaldan uzaklaştırılması ile ilgili yapılan pek çok çalışmada [112, 114] tek başına kullanımı şelatör ajanlar ile karşılaştırıldığında yetersiz bulunmuştur. Çalt ve ark. [8] yaptıkları bir çalışmada, NaOCl'nin tek başına kullanımının yetersiz olduğunu belirtirken, son irrigasyonda EDTA'nın ardından NaOCl kullanılmasının Ca(OH)₂'i kaldırma etkinliğini arttırdığını göstermişlerdir. Bununla birlikte, Rödiger ve ark.'nın çalışmasında [112]; EDTA'nın tek başına EDTA + NaOCl kombinasyonuna göre daha üstün sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Literatürde NaOCl'in bu konudaki etkinliği hakkında çelişkili veriler bulunmaktadır.

Ca(OH)₂'in uzaklaştırılmasında şelatör ajanlar daha üstün gösterilmesine rağmen hiçbir çalışmada Ca(OH)₂'i kök kanalından tamamen uzaklaştırmak mümkün olmamıştır [128]. Bu nedenle, irriganların çeşitli yollarla aktivasyonu sağlanmakta ve etkinlikleri artırılmaya çalışılmaktadır.

2.3. İrrigan Aktivasyon Yöntemleri

İrrigan aktivasyonunda kullanılan teknikler el ve makine ile uygulananlar olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır.

2.3.1. El ile Yapılan Aktivasyon Yöntemleri

2.3.1.1. Geleneksel İğne İrrigasyonu

Endodontide irrigasyon sırasında en sık kullanılan yöntemdir. Değişik kalınlıkta iğne veya kanüller kullanılarak ve iğne ucu durağanken veya aktivasyon yapılarak (ileri-geri hareketler) solüsyon kök kanalına gönderilebilir. Aktivasyon esnasında iğne ucunun kök kanalında herhangi bir yere takılmaması veya sıkışmaması önemlidir [129].

Ucu kapalı, deliği yandan açılan enjektör uçları ile irrigasyon yapmanın daha güvenilir olduğu ve hidrodinamik aktivasyona katkıda bulunduğu çalışmalarda gösterilmiştir [130, 131]. Yıkama solüsyonunun çıkış noktası iğnenin en uç noktasından 1-1,5 mm daha yukarıda olduğu için, iğnenin çalışma boyundan (ÇB) 1 mm yukarıda konumlanması bu tip kanüllerde uygun görülmektedir [132]. Bunun yanında uçtan

delikli enjektörlerin ÇB'den 3 mm yukarıda konumlandırılması kök ucundan solüsyon taşmasını önlemek adına tavsiye edilmektedir [132].

İğne ile irrigasyon esnasında, solüsyonun debrisini uzaklaştırma etkinliğinin ve solüsyonun kanal duvarında yarattığı makaslama kuvvetinin günümüz irrigan aktivasyon yöntemleri ile karşılaştırıldığında yeterli olmadığı gösterilmiştir [133, 134]. Solüsyon hacminin artırılması bu etkinliği değiştirmezken, kanalın kök ucu çapı ve kanal genişletme açısının artması etkinliği arttırmaktadır [132, 135].

2.3.1.2. El ile Dinamik Aktivasyon

Kök kanalının dezenfeksiyon etkinliğini arttırmaya yarayan, yarar-maliyet oranı yüksek bir yöntemdir [136]. Yıkama solüsyonu ile dolu, önceden genişletilmiş kök kanalına uyumlu bir GP çalışma boyunda (ÇB) yerleştirilir ve ileri geri hareket ettirilir. Solüsyonun hidrodinamik aktivasyonunu sağlamak için GP kısa ve nazik vuruşlarla uygulanır [137]. İğnenin kök kanalında yeterli derinliğe ulaşamadığı durumlarda apikal bölgede irrigan etkinliğini sağlamak için kullanılabilir [129]. Ayrıca Gu ve ark. tarafından [16], apikal 1-2 mm'de oluşan hava kabarcığının da bu yöntem ile aşılarak apikal bölgenin irrigan ile temasının sağlanabileceği savunulmuştur.

2.3.1.3. Kanal Fırçaları (KF)

KF irrigasyon solüsyonunun kanal içerisindeki düzensizliklere ulaşmasını sağlar ve mekanik olarak debrisin uzaklaştırılmasına yardımcı olur. Yakın zamanda, üzeri fırça ile kaplanmış 30 G irrigasyon iğneleri (NaviTip FX; Ultradent Products Inc, South Jordan, UT) piyasaya tanıtılmıştır. Yapılan bir çalışmada KF ile Gİİ'nin kanal debrisini uzaklaştırma etkinlikleri karşılaştırılmış ve koronal üçlüde anlamlı derecede KF daha üstün bulunurken, apikal ve orta üçlüde anlamlı bir fark olmadığı gösterilmiştir [138]. Kanal içerisinde çalışırken fırça kıllarında kopmalar meydana gelebilmesi ve radyografik olarak görüntülemenin mümkün olmaması dezavantaj olarak gösterilmektedir [16].

2.3.2. Makine ile Yapılan Aktivasyon Yöntemleri

2.3.2.1. Döner Kanal Fırçası

Mikrofırça uçlu döner alet, Ruddle [139] tarafından prepare edilmiş kök kanallarından debris ve smear tabakasını kaldırmak için kullanılmıştır. Mikro fırça bir shaft ve açılı fırça ucundan oluşmaktadır. Fırça kısmı merkez kordan radyal olarak uzanan bir sürü

kıl içermektedir. Daha önce döner kanal fırçalarının Ca(OH)_2 'i uzaklaştırma etkinliği araştırılmış, fakat yalnızca preperasyondan daha iyi bir temizleme sağlamasına rağmen Ca(OH)_2 artıklarını kök ucuna doğru ittiği görülmüştür [140, 141].

2.3.2.2. EndoVac

EndoVac sistemi (Discus Dental, Culver City, CA, ABD) bir apikal negatif basınç (ANB) cihazıdır; irriganı apikale kadar gönderip debris geri emme özelliğine sahiptir[142]. Bu teknikte makrokanül apikal uçlünün ortasına kadar mikro kanül ise ÇB uzunluğunda yerleştirilmektedir. Böyle gönderilen irrigan ve debris anında ortamdaki emilip uzaklaştırılmaktadır. Yapılan çalışmalarda [143, 144] bu yöntemin smear tabakasını kaldırmada Gİİ'den daha üstün olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, bu tekniğin irrigan taşmasına daha az neden olduğu dolayısıyla NaOCl kazalarını azalttığı gösterilmiştir[145]. Literatürde, Ca(OH)_2 'i kök kanalından uzaklaştırma konusunda iğne ile irrigasyon ve KF'den daha iyi olduğunu gösteren çalışmalar vardır [144, 146].

2.3.2.3. Self Adjusting File (SAF) Sistemi

Aynı anda hem irrigasyon hem de şekillendirme yapabilen bir cihazdır. Ortası boşluk olan bir döner alet mekanik preperasyonu gerçekleştirirken aynı zamanda devamlı irrigasyona izin veren bir sistemdir [147]. SAF kanala yerleştirildiğinde hem uzunlamasına hem de kesitsel olarak kök kanalının şeklini alır. Eğenin kafes şeklinde ince metal yüzeyinin abraziv olması sayesinde ileri geri titreşim hareketleri ile kanalı şekillendirir. Daha önce pek çok çalışmada [14, 148], SAF'ın pulpal debridman konusunda Gİİ'ye karşı üstünlüğü gösterilmiştir. Ahmetoğlu ve ark. [19] Ca(OH)_2 'in kök kanalından uzaklaştırılması ile ilgili yaptıkları bir çalışmada PUI'nin etkinliğinin SAF'a göre daha üstün olduğunu bulmuşlardır. Türker ve ark.'nın [144] çalışmasında ise SAF ve EndoVac gruplarında KF'ye göre daha üstün sonuçlar ortaya çıkmıştır.

2.3.2.4. Sonik-Ultrasonik Aktivasyon

Sonik ve ultrasonik cihazların şekillendirilmiş irriganlar dolu kanallardaki etki mekanizması hidrodinamik fenomen ile açıklanmaktadır[149]. Bu şekilde aktive edilen kök kanal irrigasyonu biyofilmin daha kolay parçalanmasına yardımcı olur ve bakteri NaOCl'ye karşı membran geçirgenliğini arttırmaktadır[150].

Sonik irrigasyon ultrasonik irrigasyondan farklı olarak daha düşük frekansta çalışır (1-6KHz) ve daha az makaslama kuvveti meydana getirir[149]. Aynı zamanda sonik

enerjinin daha yüksek amplitüde ihtiyacı vardır ve kullanılan sonik ucun daha çok ileri geri hareket etmesi gerekmektedir [16]. Yeni bir sonik cihaz olan EA kesici olmayan polimer ucu ile irrigana güçlü bir aktivasyon sağlamaktadır. EA kullanımı NaOCl ve EDTA ile yapılan final irrigasyonlarda önerilmiştir. Smear tabakayı kaldırma da etkili olmasına rağmen çalışmalarda bakteriyel eliminasyon konusunda GII'dan daha iyi olmadığı tespit edilmiştir [151, 152]. Olası diğer bir dezavantajı polimer uçlarının radyolüsent olmasıdır. Her ne kadar uçları tek kullanımlık ve kırılmaya dayanıklı olsa da olası kırılmalarda tespiti mümkün olmayacaktır. Bunun yanında bazı araştırmacılar, sonik aktivasyonun Ca(OH)_2 'i uzaklaştırma etkinliğini GII'den daha etkili bulmak ile birlikte hiçbir örnekte Ca(OH)_2 'in tam olarak uzaklaştırılmadığını göstermişlerdir [153, 154]. Başka bir araştırmada ise EA'nın Ca(OH)_2 'i uzaklaştırma konusunda üstünlüğünün olmadığı savunulmuştur [155]. Ultrasonik cihazlar daha önce de bahsedildiği gibi, sonik cihazlara göre daha yüksek frekansta enerji üretip daha düşük amplitüde çalışırlar [156]. Bu cihazların titreşim frekansı 25-30 kHz olup insan duyma frekansından oldukça yüksektir (>20 kHz). Yatay yönde vibrasyon oluşturan ultrasonik cihazlar, ultrasonik uç boyunca kavitasyon alanları oluşturur. Ultrasonik enerji ege boyunca irrigasyon solüsyonuna iletilir ve böylece akustik dalgalanma gerçekleşir [157]. Ultrasonik irrigasyonla, pulpa dokusu ve debrisin, kök kanalları ve istmuslardan, el aleti ve döner alet kullanılarak yapılan uygulamalara kıyasla daha iyi uzaklaştırılabildiği bildirilmektedir [158, 159]. Ayrıca, değişik derişimlerde NaOCl kullanılarak yapılan smear kaldırma çalışmalarının bir kısmında PUI ile smear tabakasının tamamen uzaklaştırılabildiği gösterilmiştir [160, 161]. Bununla birlikte, yalnızca su kullanılarak PUI aktivasyonu yapıldığında smear tabkasının uzaklaştırılma etkinliğinde bir artış gözlenmemiştir [160, 162]. Yapılan pek çok çalışmada ultrasonik aktivasyonun Ca(OH)_2 'i uzaklaştırma konusunda diğer yöntemlere üstünlüğü gösterilmiştir [146, 153, 163].

2.3.2.5. Lazer Aktivasyonu

Günümüzde lazerler, kök kanal temizliği, dezenfeksiyonu ve hatta şekillendirilmesi konusunda diğer konvansiyonel yöntemlere alternatif bir yöntem olarak gösterilmektedir [164-166]. Bugüne kadar değişik dalga boyunda pek çok lazerin bakteri öldürücü etkisi, smear tabkasını kaldırma veya modifiye etme konusundaki etkisi incelenmiştir [167, 168]. Daha önceki pek çok çalışmada [169-171] kök kanal dezenfeksiyonunda, yakın kızıl ötesi lazerler [diyot lazer (810-980 nm) ve

neodimyum:itriyum-alüminyumgarnet lazer (Nd:YAG) (1064nm)], orta-kızıl ötesi erbium lazer ailesi [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 irriganları aktive edildiğinde GII'na göre üstün sonuçlar elde edildiği gösterilmiştir. Aynı şekilde, smear tabakası, debris ve Ca(OH)₂ artıklarının uzaklaştırılmasında da lazer aktivasyonu kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir [15, 17, 163, 172].

Erbium lazerler kullanılarak irriganın aktive edilmesi LAİ olarak tanıtılmıştır [172, 173]. Erbiyum lazerler ile irrigan aktivasyonunun etkisi kavitasyon üzerine dayalıdır. Aktivasyon esnasında lazerin uç kısmında eliptik sıvı kabarcıkları oluşur ve bu kabarcıklar genişleyerek mikro patlamalar meydana getirir [174]. Sıvı kabarcıkları sıvıda normalden 1600 kat daha fazla genişlemeye neden olur, kanal içi basınç artar ve solüsyon kanaldan dışarı taşar [174]. Yüz-iki yüz mikrosaniye (μ s) sonra oluşan kabarcığın patlamasıyla düşük basınç alanı oluşur ve sıvı tekrar kanala dolar ve böylece sekonder kavitasyon etkisinin oluşur. Bu çalışma mekanizmasından dolayı lazer sıvı pompası gibi çalışmaktadır [15, 173].

Erbium lazerler için farklı uç dizaynları geliştirilmiştir (konik-sıyrılmış, konik veya düz uçlu). Düz uçlu fiber optik uçların smear tabakasını ortadan kaldırma etkinlikleri tutarsız bulunmuştur [164]. Ayrıca yapılan bir çalışmada [175], Er,Cr;YSGG lazer düz endodontik fiber uç ile kullanılarak sıvı hareketleri incelenmiş ve sıvının 100 km/s hıza ulaşabileceği belirtilmiştir. Basınç ile birlikte böylesi bir sıvı hareketinin solüsyonların apikalden taşmasına neden olabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte konik sonlanan fiber uçlar lateral emisyon sağladığından kanal içerisinde çok daha etkin bir aktivasyon sağlarlar [176]. Ayrıca bu tarz uçlar kullanıldığında sıvı içerisinde şok dalgalarına neden olacağından debridman etkinliği de artmaktadır [172, 176].

Farklı bir lazer aktivasyon tekniği olan photon-initiated photoacoustic streaming (PIPS); lazerin kök kanalında karbonizasyon, çatlak oluşumu veya sıvı taşması gibi yan etkileri ortadan kaldırdığı için tercih edilmektedir. Diğer lazer tekniklerinden farklı olmasının sebebi kullanılan fiber ucun 4 mm'lik uç kısmının sıyrılmış olması ve lazer ucunun kanal girişinde konumlandırılarak aktivasyon yapılabilmesidir [177]. Bu teknik fotoakustik ve fotomekanik fenomene dayanmaktadır [12]. PIPS düşük enerji seviyesinde kullanılarak kısa μ s atışları ile yüksek güç ayarına ulaşır. Her lazer

atımında su molekülleri etkileşime girer sıvıda şok dalgalarına neden olarak fotoakustik saçılma meydana gelir [12, 17].

LAİ'nin Ca(OH)_2 'i kaldırma etkinliğinin de diğer tekniklere göre üstün olduğu çalışmalarda gösterilmiştir [12, 17, 178]. Arslan ve ark. [12] çalışmalarında PİPS tekniği ile Ca(OH)_2 'in kök kanalından tamamen kaldırılabilirdiğini göstermişlerdir. Aynı şekilde başka bir çalışmada [17] daha konik uçlu Er,Cr;YSGG lazer ile Ca(OH)_2 'in uzaklaştırılmasını değerlendirmiş ve Gİİ'ye göre çok daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

2.3.2.6. XP-endo Finisher

Dezenfeksiyon protokolünde son irrigasyonda kullanılması tavsiye edilen XP dentin yüzeyinde herhangi bir madde kaybına neden olmadan kök kanal yüzeyini temizlenmesi amacıyla üretilmiştir [179]. Yirmi beş numara açısız düz bir yapısı vardır ve apikal çapı 25 ve üzerinde olan bütün kanallarda kullanılabilir. Yeni geliştirilmiş NiTi Max Wire (Martensite-Austenite ElectropolishFleX, FKG Dentaire) alaşımından üretilmiş olan bu ege, 30 °C derecenin altında martensitik fazda düz bir yapı sergilerken, kanal içerisine yerleştirildiğinde vücut sıcaklığı nedeniyle ostenit faza geçer ve egenin 10 mm'lik uç kısmı 1,5 mm derinliğinde bir kaşık şekline bürünür (Resim 2a). Aletin dönmesi esnasında esnekliği ve çapının genişlemesi sayesinde etki ettiği alan çapı 6 mm'ye kadar çıkabilir ve kök kanalının orijinal anatomisine uyum sağlayarak irregüler alanları efektif bir şekilde temizler. Üreticinin tavsiyesine göre bu dış bükey özellik kazanan uç kısmın kanalın her yeri ile temas edebilmesi için alet kanal içerisinde 7-8 mm aşağı-yukarı hareket ettirilmelidir. Bu, cihazın kanal yüzeyini kazımalarını sağlamakta ve irrigasyon solüsyonunun türbülansına neden olmaktadır [180]. Alet soğutulduktan sonra orijinal şekline (martensitik faz) el ile geri döndürülebilir (Resim 2b).



Resim 2. XP a. ostenit faz b. Martensit faz

İKR gibi kanal içi düzensizlikler söz konusu olduğunda aktivasyon metodu daha çok önem kazanmaktadır. Bu nedenle çalışmamızın amacı; 4 farklı irrigan aktivasyon tekniğinin İKR kavitesinden $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i kaldırma etkinliklerini karşılaştırmaktır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Diş Örneklerinin Seçimi

Bu çalışmada 75 adet, tek köklü alt küçük azı dişi kullanıldı. Dişleri seçerken, kök çürüğü bulunmaması ve daha önce endodontik tedavi görmemiş olmasına dikkat edildi. Dişlerin tek köklü olduğunu doğrulamak için mesiodistal ve bukkolingual yönden dijital radyografileri alındı. Kök ucu kapanmamış veya kalsifiye kök kanallı, derin çürük kavitesi olan, kök kanalında rezorpsiyon veya kırık oluşumuna rastlanılan, kök ucu 10 dereceden daha eğimli ve apikal çapı 15 nolu K-tipi eğenin çapından daha geniş olan dişler çalışmaya dâhil edilmedi. Mümkün olduğunca benzer kanal morfolojisine sahip dişler bu çalışma için seçildi. Kök yüzeylerindeki yumuşak doku artıkları küretler yardımıyla uzaklaştırıldı. Deney sürecine kadar dişler timol solüsyonu içerisinde bekletildi.

3.2. Diş Örneklerinin Hazırlanması

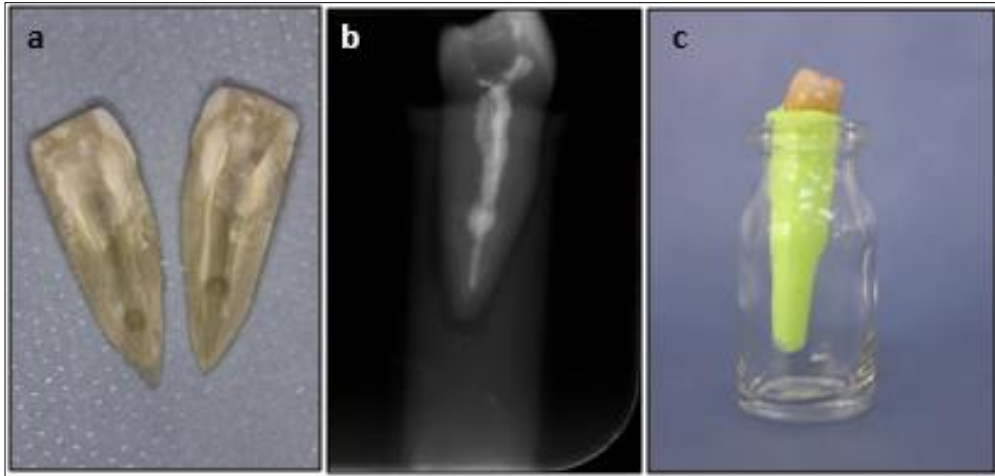
Örnekleri standardize etmek amacıyla bütün dişler 20 mm boyunda olacak şekilde su soğutması altında elmas fissür frez ile tüberkül tepelerinden möllendi. Bu standardizasyon, deney esnasında preparasyon ve irrigasyon prosedürlerinin benzer şekilde uygulanmasına olanak sağladı. Dişlere standart giriş kaviteleri açıldı. Dişin kron yapısı korunarak irriganlar için rezervuar oluşturuldu. Kök kanallarının ÇB tespitinde 10 nolu K-tipi eğe kök ucuna kadar ilerletildi. ÇB, eğenin kök ucundan çıktığı nokta tespit edilerek ölçülen değerden 1 mm çıkartılarak hesaplandı.

3.3. Kanalların Şekillendirilmesi

Kök kanal preparasyonları WaveOne Gold (Dentsply Mallefer, Baillagues, İsviçre) resiprokal hareketli eğe sistemi ile üretici firma talimatları doğrultusunda VDW Silver (VDW, München, Almanya) Endodontik motor kullanılarak gerçekleştirildi. 25/07 primary ve 35/06 medium eğeleri sıra ile önerilen hız ve tork ayarlarında crown-down şekillendirme tekniği ile kullanıldı. Ana apikal eğe medium 35/06 olacak şekilde şekillendirme tamamlandı. Şekillendirme esnasında kanallar her eğe değişimi sonrası 27-G uç çapına sahip standart iğneler ile 2,5 mL %2,5'lik NaOCl ile yıkandı. Son yıkama 5 mL %17'lik EDTA (1 dk.), 5 mL %2,5'lik NaOCl ve 10 mL salin solüsyonu kullanılarak gerçekleştirildi. Son olarak dişler kağıt kon kullanılarak kurutuldu.

3.4. Rezorpsiyon Kavitelerinin Oluşturulması

Şekillendirilmesi tamamlanmış dişler silikon ölçü materyali kullanılarak 1,5 mL'lik Eppendorf tüplerine yerleştirildi. Silikon sertleştikten sonra örnekler tüpten çıkartıldı ve tüm dişler bir separe yardımı ile önce oluk oluşturup sonra o oluk hattından kırılarak bukkal-lingual yönde ortadan ikiye bölündü. Her iki parçada da apikalden 5 mm yukarıda olacak şekilde çelik rond frez yardımı ile İKR kaviteleri oluşturuldu (0,8 mm derinliğinde ve 1,6 mm çapında) (Resim 3a). Ardından, irrigasyon sırasında kanal dışına sıvı taşmasını önlemek amacıyla dişler önce siyanoakrilat ile birleştirildi ardından dış yüzeydeki oluklar pembe mum ile kapatıldı. Bu işlem esnasında pembe mumun kanal boşluğuna taşmasını önlemek amacıyla kanala uygun GP yerleştirildi. Ayrıca dişlerin tüm yüzeyleri iki kat tırnak cilası ile kaplanarak sızıntı oluşumunun en düşük seviyeye indirilmesi hedeflendi. Sonrasında dişler enjekte edilebilen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile (Calcipast, Cerkamed, Stalowa Wola, Polonya) apikalden koronale doğru dolduruldu. Radyografik olarak kanalların iyi bir şekilde dolduğu görüldükten sonra (Resim 3b) giriş kaviteleri geçici dolgu maddesi (Cavit, 3M ESPE, Seefeld, Almanya) ile kapatıldı (Resim 3c). Sonrasında dişler 1 hafta boyunca 37°C 'de %100 nemli ortamda bekletildi.



Resim 3. a. Bukko-lingual yönde ortadan ikiye bölünmüş premolarların İKR kavitesinin görüntüsü. b. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile doldurulmuş İKR kavitesi. c. Eppendorf tüpüne yerleştirilmiş diş örneği.

3.5. Deneysel İşlemler

Toplamda 75 diş örneği rastgele 5 gruba ayrıldı ($n = 15$).

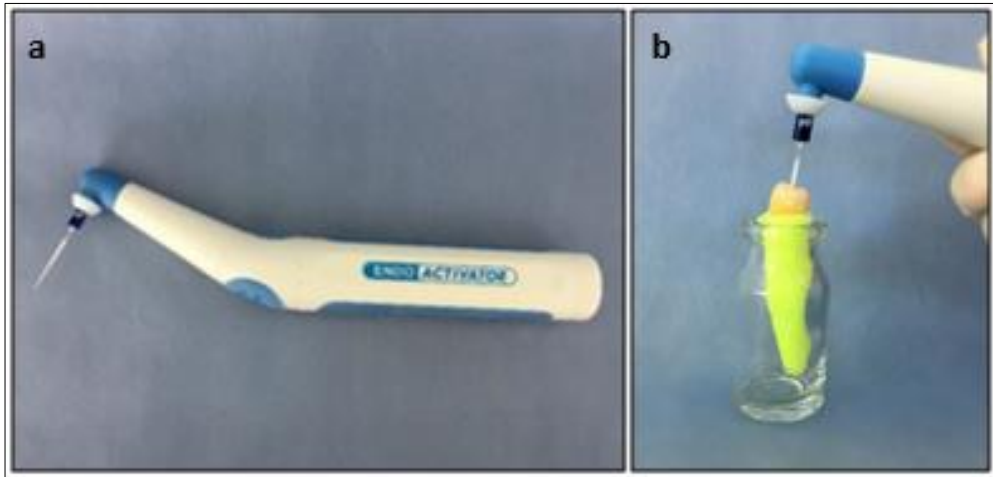
Grup 1 (Gİİ Grubu): Her örnek 27 G uç çapına sahip standart iğneler ile ÇB'den 2 mm kısa olacak şekilde 5 mL %2,5'lik NaOCl ile 60 sn boyunca, ardından 5 mL %15

EDTA solüsyonu ile 60 sn ve toplamda 120 sn hafif iç dış hareketler yapılarak yıkandı (Resim 4). Son olarak kanallar 10 mL serum fizyolojik ile yıkanarak işlem tamamlandı.



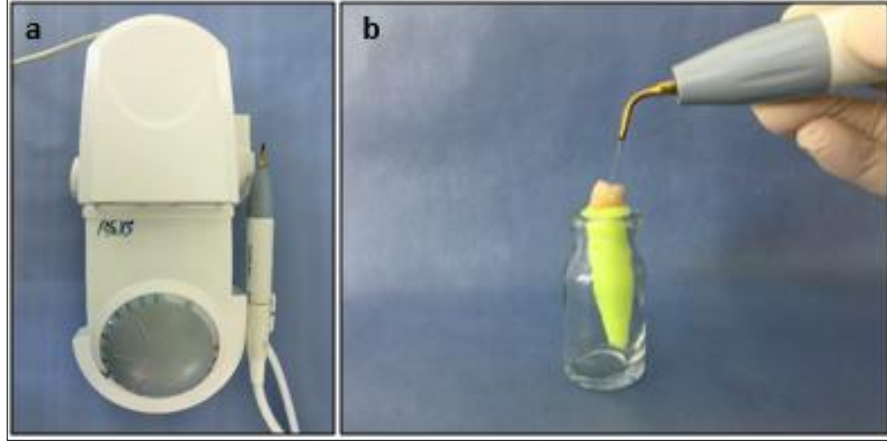
Resim 4. Diş örneğine GIİ uygulanması.

Grup 2 (EA Grubu): Her örnek, EA ve sonik uç (35/0,04) kullanılarak aktive edildi. Kanallar 2,5 mL %2,5 NaOCl ile irriye edildi ardından düz sonik uç ÇB'den 2 mm kısa olacak şekilde kanala yerleştirildi ve kanal duvarlarına temas etmeden 30 sn boyunca aktive edildi. Aynı işlem toplamda 5 mL %2,5 NaOCl ve %15 EDTA solüsyonları için 60 sn boyunca 30'ar saniyeden 2 kez tekrarlandı. (Toplamda 30 sn x 4) (Resim 5). Son olarak kanallar 10 mL serum fizyolojik ile yıkandı.



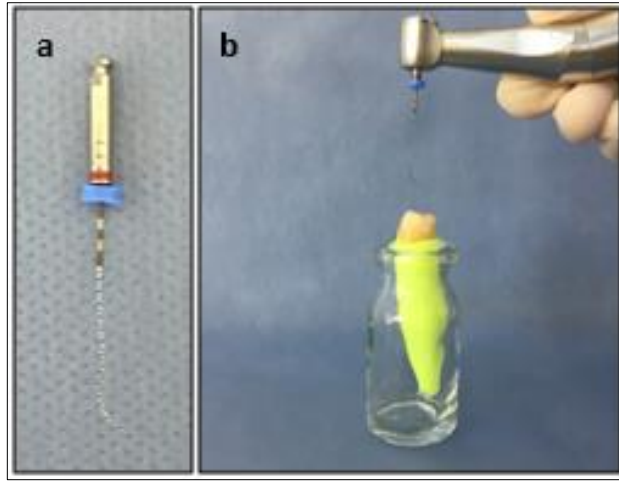
Resim 5 a. EndoActivator b. EA ile diş örneklerine aktivasyon uygulanması.

Grup 3 (PUI Grubu): Satelec P5 Newtron XS (Satelec, P5 Newtron; Acteon, Merignac Cedex, Fransa) ultrasonik sistemine 20 nolu ultrasonik eğe (Acteon) takıldı ve cihaz g¼ç ayarı üretici talimatına göre 5 olacak şekilde ayarlandı. Ultrasonik eğe ÇB'den 2 mm kısa olacak şekilde ayarlandı ve aktivasyon işlemlerine Grup 2'de olduğu gibi devam edildi (Resim 6).



Resim 6. a. Satelec P5 Newtron XS Ultrasonik aktivasyon cihazı. b. Diş örneğinin ultrasonik cihaz ile aktivasyonu.

Grup 4 (XP Grubu): XP eğesi üretici talimatlarına göre VDW Silver (VDW) endomotoru ile 800 rpm hız 1 Ncm torkta kullanıldı. NaOCl ve EDTA solüsyonları, üretici önerisiyle 37 °C ısıda uygulandı. XP eğesi plastik tüp içerisindeyken ÇB ayarlandı ve kanala düz bir şekilde yerleştirilebilmesi için tüp yüzeyine soğuk sprey uygulandıktan sonra tüpten çıkarılarak kök kanalına yerleştirildi. Kanal içerisine irrigasyon solüsyonu eklendikten sonra çalıştırıldı. Eğe kanal içerisinde 7-8 mm'lik uzunlukta hareketlerle nazikçe kullanıldı. Süre tamamlandığında eğe kanaldan çalışır halde çıkarıldı, tekrar plastik tüp içerisine yerleştirildi. Aktivasyon işlemleri Grup 2'de olduğu gibi gerçekleştirildi. Bir XP eğesi 4 kanalda kullanıldı (Resim 7).



Resim 7. a. XP kanal eğesi b. Diş örneğinin XP ile aktivasyonu

Grup 5 (LAI Grubu): Her örnekte Er,Cr:YSGG lazer (2780 nm wavelength; Biolase Waterlase MD, Biolase Technology, Irvine, CA, ABD) sisteminden yararlanılarak aktivasyon gerçekleştirildi. Mod ayarları; 1,5 W, 20 Hz (50 mJ/pulse) değerlerinde belirlendi ve 14 mm uzunluğunda, 580 µm çapında [Radio Firing Perio Tip 5 (RFPT5)] fiber optik uç kullanıldı. Kök kanalı ve pulpa odası %2,5 NaOCl ile dolduruldu ardından fiber optik uç kök kanal girişinde konumlanacak şekilde yerleştirildi ve 30 sn boyunca diş dokularına temas etmeden, lazer ünitesinin hava ve su spreyi kapalı bir şekilde aktive edildi (Resim 8a). Lazer aktivasyonu boyunca 2,5 mL %2,5 NaOCl ile 27 G enjektör yardımıyla enjektör ucu fiber ucun yanında yer alacak şekilde sürekli irrigasyon yapıldı (Resim 8b). Toplam aktivasyon süresi ve irrigan miktarı Grup 2 ile aynı şekilde gerçekleştirildi.

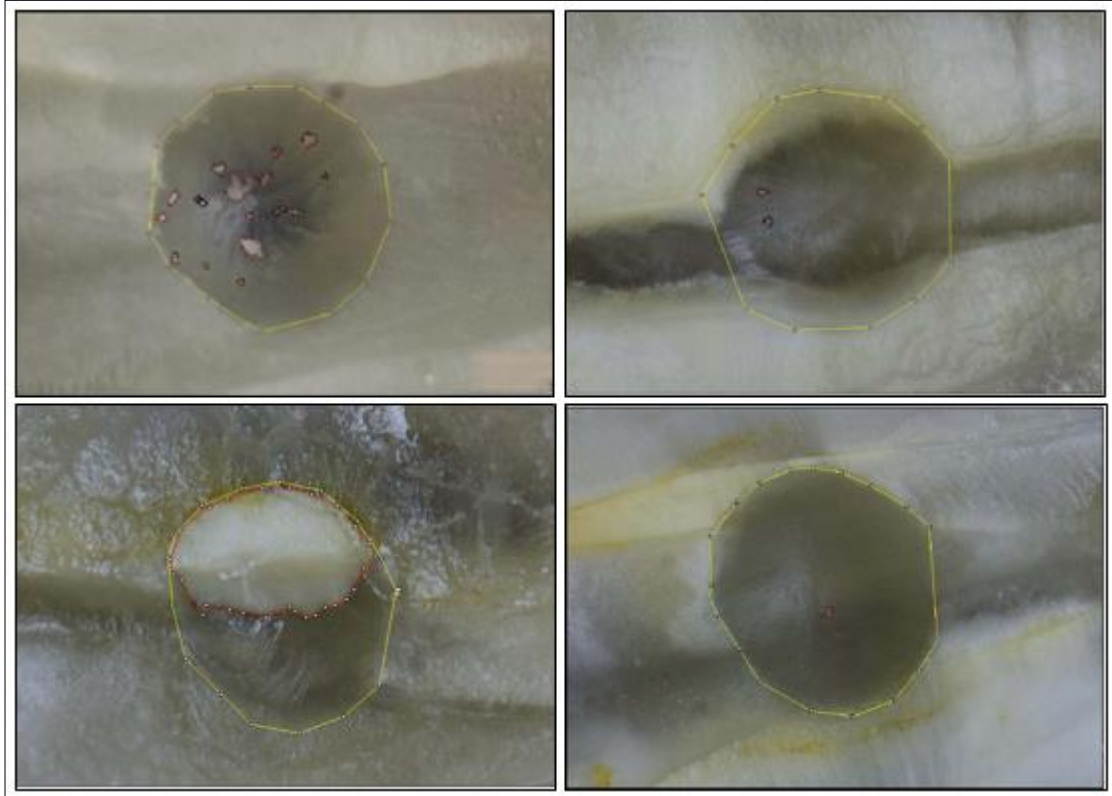


Resim 8. a. Er,Cr:YSGG (Biolase Waterlase MD) cihazı ve RFPT-5 ucu. b. Diş örneğine LAI uygulanması.

3.6. Stereomikroskop ile Değerlendirme

Bütün örnekler ÇB’de kağıt koniler ile kurutulduktan sonra ince uçlu bir sond yardımı ile ortadan ikiye ayrıldı. Köklerin her iki yarısından stereomikroskoba (Stemi 2000-C; Zeiss, Göttingen, Almanya) bağlı olan AxioCamERc5 kamera (Zeiss) ile x2,5 büyütmede görüntüler alındı. Elde edilen görüntüler Image J (Image J, ABD Ulusal Sağlık Enstitüsü, Bethesda, MD, ABD) programı kullanılarak her bir kök yarısındaki rezorpsiyon kavitesinin toplam yüzeyi ve Ca(OH)₂ artıkları işaretlendi (Resim 9). Bilgisayar programı yardımıyla her birinin alanı piksel cinsinden hesaplandı. Elde edilen verilerle kalan dolgu maddesi oranı aşağıdaki formüle göre hesaplandı:

Rezorpsiyon kavitesi içinde kalan Ca(OH)₂ oranı = (Rezorpsiyon kavitesinde kalan Ca(OH)₂ miktarı / Toplam rezorpsiyon kavitesi alanı) x100.



Resim 9. Diş örneklerine ait İKR kavitelerinin toplam alanının ve kalan Ca(OH)₂ artıklarının Image J programı kullanılarak hesaplanması.

3.7. İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler SPSS 20.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) programı ile yapıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken Kolmogorov Smirnov testine göre parametreler normal dağılıma

uygunluk gösterdiğinden parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Oneway ANOVA ve Tukey testleri kullanıldı. Anlamlılık $P < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Tablo 1. Kalan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ patının oranları

Gruplar	Ortalama	Ss	Minimum	Maksimum
EA ^a	2,56	1,12	0,82	4,95
LAİ ^a	1,80	1,35	0,29	4,87
Gİİ ^b	5,26	2,41	1,63	9,18
XP ^a	1,46	1,08	0,14	3,56
PUI ^a	1,63	1,10	0,16	3,48

Anlamlılık $P < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

Tüm gruplara ait ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum kalan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ değerleri Tablo 1’de gösterilmektedir. Buna göre hiçbir grupta, İKR kavitesindeki $\text{Ca}(\text{OH})_2$ artıklarının tamamen uzaklaştırılmadığı, ortalamalar incelendiğinde ise kalan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ değerlerinin azdan çoğa doğru XP-PUI-LAI-EA-GII şeklinde sıralandığı görüldü. Deneysel grupların sonuçları arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulundu. GII grubundaki rezorpsiyon kavitelerinde diğer gruplara göre anlamlı derecede daha fazla $\text{Ca}(\text{OH})_2$ artığı kaldığı görülürken ($P < 0,05$), EA, PUI, LAI ve XP grupları arasında $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ’i uzaklaştırma etkinliği açısından anlamlı bir fark bulunamadı ($P > 0,05$).

5. TARTIŞMA

İKR'nin tedavisi günümüzde hala hem şekillendirme hem de kanal dolgusu anlamında diş hekimleri için bir takım zorluklar içermektedir [51]. Kanal sisteminin düzensiz bir yapıya sahip olması hem kanal aletlerinin hem de Gİİ'nin etkinliğini sınırlandırmaktadır [5, 181, 182]. Ca(OH)_2 , İKR'de, rezorpsiyon boşluğunun dezenfeksiyonunu ve organik dokuların çözünmesini arttırmak için en sık önerilen ve kullanılan kanal içi ilaçtır [5, 95]. Ayrıca alkalen pH'ı sayesinde kök kanalındaki osteoklastik aktiviteyi durdurur ve onarımı indükler [183]. Bununla birlikte, Ca(OH)_2 'in kök kanal dolgusundan önce kanaldan tamamen uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu konuda daha önce bazı çalışmalarda çelişkili sonuçlar [9, 184] bulunmuş olsa da günümüzde, kanal içerisindeki Ca(OH)_2 artıklarının, kanal dolgu materyallerinin kök kanalını hermetik tıkamasını ve kanal patının dentin tübüllerine nüfus etme özelliğini olumsuz etkilediği gösterilmiştir [8, 9, 185]. Bu nedenle Ca(OH)_2 'in kanaldan tamamen uzaklaştırılması çok önemlidir. Bunun yanında sadece Gİİ Ca(OH)_2 'i kanal içi düzensiz alanlardan ve apikal deltadan uzaklaştırmak için yeterli değildir [12, 20, 178, 186, 187]. Ca(OH)_2 'in kök kanalından uzaklaştırılması konusunda farklı irrigan aktivasyon yöntemlerinin kullanılmasının gerekliliği daha önce bazı çalışmalarda gösterilmiştir [12, 20, 146]. Bu çalışmada, oluşturulan rezorpsiyon kavitelerinden sonik-ultrasonik aktivasyon, LAİ ve XP aktivasyon teknikleri ile Ca(OH)_2 'i uzaklaştırma etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, XP, EA, PUI ve LAİ grupları arasında bir fark olmadığı, hepsinin Gİİ'den daha üstün olduğu bulgulanmıştır.

Daha önce Ca(OH)_2 'in kök kanal sisteminden uzaklaştırılması ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır [20, 112, 114, 163, 181, 188-190]. Bazı çalışmalar [17, 112, 188] değişik irrigasyon solüsyonlarının Ca(OH)_2 'i uzaklaştırma potansiyelini değerlendirirken, diğer çalışmalarda [20, 163, 190] kullanılan irrigan aktivasyon cihazlarının etkinliği incelenmiştir. Bütün çalışmalarda Ca(OH)_2 'in apikal üçlüden uzaklaştırılmasının zorluğu vurgulanmıştır [20, 112, 114, 163, 189, 190]. Bu nedenle İKR kaviteleri, cihazların etkinlikleri açısından anlamlı bir fark teşkil edeceğini düşündüğümüz apikal 1/3'te, anatomik apekten 5 mm yukarıda olacak şekilde oluşturulmuştur.

Literatürde, Ca(OH)_2 'in İKR kavitesinden uzaklaştırılması ile ilgili 2 çalışma bulunmaktadır [181, 182]. Topçuoğlu ve ark.'nın [181] yaptıkları çalışmada Gİİ, KF, PUİ, SAF, EA ve EndoVac cihazlarının Ca(OH)_2 'i, yapay olarak oluşturulmuş İKR kavitelerinden uzaklaştırma etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda SAF ve PUİ cihazlarının etkinlikleri EA, Gİİ, EndoVac ve KF aktivasyon yöntemlerine göre daha üstün bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan irrigasyon solüsyonları, irrigasyon solüsyonlarının hacimleri ve aktivasyon süreleri bizim çalışmamızdakilerle eşittir. İki çalışmanın sonuçları arasında ilgimizi çeken en önemli fark; Topçuoğlu ve ark.'nın çalışmasında [181] Ca(OH)_2 'in temizlenme etkinliği PUİ grubunda EA grubuna göre daha üstün gözlenirken bizim çalışmamızda 2 grup arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu farklılığın; çalışmalardaki PUİ gruplarının güç ayarlarının aynı olmamasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bizim çalışmamızda güç ayarı üretici firma tarafından tavsiye edilen güç ayarında kullanılmasına rağmen (PUİ güç ayarı = 5), Topçuoğlu ve ark.'nın daha yüksek güç ayarında (PUİ güç ayarı = 6) ultrasonik aktivasyon uygulanmış olmasının PUİ grubunun EA grubuna karşı üstünlük sağlamasına neden olmuş olabileceği görüşündeyiz. Yapılan çalışmalarda, ultrasonik cihazın frekans ve yoğunluğunun irrigana gönderilen enerjiyi ve akustik saçılmayı doğrudan etkilediği gösterilmiştir [149, 191].

Yakın zamanda Keskin ve ark.'nın [182] ise, XP'nin oluşturulmuş İKR kavitelerinden Ca(OH)_2 'i uzaklaştırma etkinliği EA, PUİ, KF ve Gİİ ile karşılaştırmıştır. Bu çalışmanın sonucunda PUİ ve XP'nin etkinlikleri arasında fark bulunmazken EA, KF ve Gİİ yöntemlerine göre anlamlı derecede daha iyi sonuçları olduğu görülmüştür. Yine bu çalışmada EA, KF ve Gİİ grupları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bizim çalışmamız ile bu çalışmanın toplam aktivasyon süreleri, kullanılan irriganlar ve irriganların hacimleri eşittir. Keskin ve ark.'nın [182] çalışmasında da bir önceki çalışmada bahsettiğimiz gibi PUİ'nin güç ayarları 6'dır. EA ile PUİ arasındaki farkın bundan kaynaklanabileceği görüşündeyiz.

Keskin ve ark.'nın [182] çalışması ile bizim çalışmamız arasındaki bir diğer fark; bizim çalışmamızda aktivasyon sürelerinin ikiye bölünmüş olmasıdır. Son yıkama esnasında her kanala önce 2,5 mL NaOCl gönderilmiş ardından 30 sn aktivasyon yapılmış ve aynı işlem tekrarlanarak toplam 5 mL solüsyon ile 60 sn aktivasyon yapılmıştır. Aynı işlem EDTA ile tekrarlanmıştır. Keskin ve ark.'nın [182]

çalışmasında ise 5mL solüsyon ile kanallar yıkandıktan sonra 60 sn aktivasyon tek seferde yapılmıştır. Çalışmamızda aktivasyon süresini ikiye bölmemizin sebebi LAİ grubu ile diğer grupların standardizasyonunu sağlamaktır. İrrigan aktivasyonu esnasında kanala taze irrigasyon solüsyonu göndermenin solüsyonun etkinliğini arttırdığı bilindiğinden [192], bizim uygulamamızda aktivasyon süresinin yarısında kanala taze irrigan gönderilmesinin de Endoactivator sonuçları açısından avantaj oluşturmuş olabileceğini düşünmekteyiz.

PUİ, Ca(OH)₂'in kanaldan uzaklaştırılması konusunda Gİİ'ye göre üstünlüğünü kanıtlamış bir aktivasyon metodudur [20, 163, 181, 190]. Bunun yanında PUİ'nin Ca(OH)₂'i kaldırma etkinliği EA ile karşılaştırıldığında literatürde çelişkili sonuçlar olduğunu görmekteyiz [189]. Yapılan bir çalışmada [12], Ca(OH)₂'in kök kanalından uzaklaştırılma etkinliği PİPS, PUİ, EA ve Gİİ yöntemleri ile karşılaştırılmış ve PİPS ve PUİ yöntemlerini diğer iki yönteme göre anlamlı derecede üstün bulunurken birbirleri arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır. Başka 2 çalışmada ise, Ca(OH)₂'in kök kanalından uzaklaştırılma etkinliği açısından EA ve PUİ grupları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı görülmüştür [153, 193].

XP kanal içi düzensizliklere erişebilmek için yeni tasarlanan bir üründür ve imalatçı tarafında kanal içinde kullanılan ilaçların uzaklaştırılmasında kullanılması tavsiye edilmiştir [194]. Henüz yeni bir eğe olması dolayısı ile XP hakkında çok fazla veri bulunmamaktadır. Ca(OH)₂'in, yapay olarak oluşturulan oluklardan uzaklaştırılma etkinliğinin Gİİ, PUİ ve XP yöntemleri kullanılarak karşılaştırıldığı bir çalışmada bizim çalışmamıza benzer şekilde; PUİ ve XP grupları arasında anlamlı bir fark bulunamazken, Gİİ grubundan daha üstün olduklarını görülmüştür [195]. Yine başka bir çalışmada aynı metodoloji kullanılarak PUİ, Gİİ, XP ve SAF grupları karşılaştırılmıştır [196]. PUİ, XP ve SAF grupları Gİİ'den üstün bulunurken üçü arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu 2 çalışmada da dışın apikal üçlüsünde yapay oluklar oluşturulmuş ve irrigasyon solüsyonu olarak EDTA kullanılmamıştır. Bizim çalışmamızda olduğu gibi hiçbir grupta Ca(OH)₂'in kanaldan tam olarak uzaklaştırılmadığı fakat XP ve PUİ'nin Gİİ'den daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Çalışmaların metodolojisi bizim çalışmamız ile tamamen farklı olsa da kendi grupları içindeki üstünlükler benzerlik göstermektedir. Ayrıca, XP'nin dönme esnasında 6 mm çapında bir alanında etkinlik göstermesi, hem İKR kavitesinde hem

de yapay oluk gibi kanal içi düzensizliklerde olumlu sonuçlar verebilmesini açıklamaktadır. XP'nin genişlemesiyle etki ettiği alan eşit boyutlarda bir eğinin 100 katı kadar daha fazladır [179].

Son zamanlarda lazer teknolojisi diş hekimliğinde ve endodonti alanında sıklıkla kullanılır olmuştur. Radyasyon enerjisinin emisyonu (lazer) bilim dünyasında kendine özgü özellikleri sayesinde etkili bir metot olarak kendini kanıtlamıştır. Endodonti alanında da son 15 yılda geleneksel yöntemlere göre pek çok üstünlüğü olduğu gösterilmiştir [197-200]. Çalışmalar lazerin; dezenfeksiyon, debris, smear tabakası ve kök kanal dolgu materyallerini uzaklaştırma etkinliğinin geleneksel yöntemlere göre üstünlüğünü desteklemektedir [16, 201]. Çalışmamızda, Er,Cr:YSGG lazer kullanılarak kanal içerisindeki irriganlar aktive edilmiş ve Ca(OH)₂'in uzaklaştırılma etkinliği diğer gruplar ile karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda lazer aktivasyonunun da diğer gruplar gibi Ca(OH)₂'i tamamen uzaklaştıramadığı fakat Gİİ'ye göre anlamlı derecede daha etkili olduğu gösterilmiştir. Lazerin bu etkisi, kanal içerisindeki solüsyonda fotoakustik saçılmaya neden olmasına bağlanmaktadır [178].

Erbiyum lazerler değişik tipte lazer uçları (konik, radyal/ucu sıyrık) ile kullanılabilir. Bizim çalışmamızda Er,Cr:YSGG lazer, 580µm konik sonlanan endodontik fiber uç ile kullanılmıştır (RFPT5). Er:YAG lazer ile kullanılan ucu konik ve sıyrılmış başka bir uç tipiyle, subablatif güç değerleriyle yapılan diğer bir lazer aktivasyon tekniği PİPS olarak adlandırılmaktadır [200]. Bu teknik lazer ucunun kanal girişinde konumlanması ile diğer tekniklerden ayrılmaktadır. Tekniğin temelinde fotoakustik ve fotomekanik fenomen vardır [12]. George ve ark.'nın [172] yaptıkları bir çalışmada, Er,Cr:YSGG ve Er:YAG lazerinin farklı uçlar ve irriganlar kullanılarak smear tabakasını kaldırma etkinliği karşılaştırılmıştır. Kullanılan erbiyum lazerden ve irrigandan bağımsız olarak, konik uçlu fiber lazer grubu etkinliğinin düz uçlu fiber lazer grubu etkinliğine göre daha üstün olduğu gösterilmiştir. Yine aynı çalışmada lazer ile aktive edilen EDTAC solüsyonunun aktive edilmemiş gruplara göre daha üstün sonuçlar verdiği bahsedilmektedir [172].

Yaptığımız literatür araştırması dahilinde, Ca(OH)₂'in İKR kavitesinden LAİ ile uzaklaştırılmasının değerlendirildiği herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bununla birlikte deney düzeneği ve metodoloji arasında farklılıklar olsa da bizim çalışma modelimize benzer olduğunu düşünerek oluşturulmuş yapay oluklardan Ca(OH)₂'in

uzaklaştırılması ile ilgili çalışmalar incelenip sonuçları karşılaştırıldı. Yapılan bir çalışmada, PİPS, PUİ ve EA'nın Ca(OH)₂'i yapay olarak oluşturulmuş oluklardan uzaklaştırma etkinlikleri karşılaştırılmıştır [12]. Çalışma sonucunda PİPS tekniğinin Ca(OH)₂'i düz kanallardan tamamen uzaklaştırabildiği ve diğer hiçbir teknikte Ca(OH)₂'in kök kanalından tamamen uzaklaştırılmadığını görmüşlerdir. Başka bir çalışmada, Ca(OH)₂'in uzaklaştırılmasında konik uçlu Er,Cr:YSGG lazer kullanılmış ve Gİİ'den daha üstün sonuçlar elde edilmesine rağmen Ca(OH)₂ kök kanalından tamamen uzaklaştırılmamıştır [17]. Kourti ve ark.'nın [178] yaptıkları bir çalışmada ise konik uçlu Er:YAG lazer ile Ca(OH)₂'in kök kanalından uzaklaştırılması değerlendirilmiş ve Ca(OH)₂ kök kanalından tamamen uzaklaştırılmamasına rağmen lazer grubu PUİ ve Gİİ gruplarına göre daha üstün bulunmuştur. Bizim çalışmamızda LAİ ve PUİ grupları arasında anlamlı bir fark bulunamamış olması deney düzeneklerinin, kullanılan lazer ucunun ve solüsyonların farklı olması ile açıklanabilir.

Lazerlerin kök kanalı içerisinde kullanımı esnasında karbonizasyon, çatlak, kollateral hasarlanma, hasara neden olabilecek ısı artışı veya solüsyonun apikalden taşması gibi bir takım yan etkiler meydana gelebilmektedir [199, 202]. Bizim çalışmamızda Er,Cr:YSGG lazerinin neden olduğu bu yan etkilerin meydana gelmemesi için lazer aktivasyonu diğer çalışmalara benzer şekilde [17], lazer ucu koronal rezervuar kısmındayken yapılmıştır. Lazer aktivasyonu esnasında, irriganın soğutucu ve nemlendirici etkisinin devam edebilmesi için, devamlı irrigasyon yapılmıştır.

Calt ve Serper [8] çalışmalarında, yalnızca NaOCl ile irrigasyon yapıldığında Ca(OH)₂'in kök kanalından uzaklaştırılmadığını bulgulamışlardır. Bunun yanında EDTA ile NaOCl birlikte kullandıklarında Ca(OH)₂'in tamamen uzaklaştırılabildiği gösterilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada [111], bu sonuca benzer bir şekilde yalnızca %15 EDTA veya NaOCl ile irrigasyon yapıldığında Ca(OH)₂'in etkin bir şekilde uzaklaştırılmadığı fakat 2 solüsyonun kombinasyonunun etkili olduğu gösterilmiştir. Başka bir çalışmada, kök kanalının temizlenme oranının yalnızca mekanik aktivasyon ve kullanılan irrigan hacmine bağlı olmadığı, aynı zamanda irriganın kimyasal aktivasyonunun da irrigasyon metodu açısından önem taşıdığı gösterilmiştir [203]. Bu nedenle çalışmamızda son irrigasyon solüsyonu olarak EDTA ve NaOCl solüsyonlarının ikisi de kullanılmıştır. Bunun yanında şelatör ajanların Ca(OH)₂'i uzaklaştırma etkinliği NaOCl'ye göre çok daha iyi olduğu bilinmekte

olduğundan [112, 114] bu çalışmada da etkinliğini arttırdığı düşünülmüştür. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in uzaklaştırılması ile ilgili yapılan çalışmalarda EDTA ve NaOCl dışında başka irrigasyon solüsyonlarının da etkinlikleri incelenmiştir [17, 115]. CHX, EDTA ve deterjan karışımı olan QMix'in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i uzaklaştırma etkinliği ile ilgili yapılan bir çalışmada, sonik veya ultrasonik aktivasyon yöntemleri kullanıldığında EDTA ile arasında herhangi bir fark olmadığı fakat Gİİ'ye göre kökün apikal üçlüsünde QMix'in daha üstün sonuçlar verdiği gözlenmiştir [204]. Yazarlar bu durumun QMix'in içeriğindeki sürfaktan etkisi olan deterjandan kaynaklandığı düşünmüşlerdir. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in yapay olarak oluşturulmuş oluklardan uzaklaştırılması ile ilgili bir çalışmada LAİ ile birlikte NaOCl, EDTA, PAA ve QMix solüsyonlarının etkinlikleri arasındaki fark incelenmiştir [17]. Çalışma sonucunda EDTA, PAA ve QMix grupları arasında anlamlı derecede fark bulunmazken NaOCl grubuna göre çok daha üstün bulunmuşlardır. PAA inorganik dokuyu uzaklaştırma etkinliği olan antimikrobiyal bir solüsyondur. Sağsen ve ark. [115] çalışmalarında PAA'nın $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in farklı solüsyonlar tarafından uzaklaştırılma etkinliğini incelemiş ve %1'lik PAA'nın; %17 EDTA ve %2,5 NaOCl solüsyonlarının beraber kullanımından ve %17'lik EDTA'nın tek başına kullanımından daha etkili olduğunu göstermişlerdir. %0,5'lik konsantrasyonda oral mukozaya herhangi bir zarar vermeyen solüsyonun daha yüksek konsantrasyonlarda göreceli olarak sitotoksik olduğu gösterilmiştir [205]. Farklı konsantrasyonlarda PAA kullanılarak $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in uzaklaştırılması ile ilgili ilave çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in İKR kavitesinden uzaklaştırılması ile ilgili ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Önceki çalışmalarda İKR'yi taklit etmek için yuvarlak rond frezler kullanılmıştır [55, 206]. Rond frez kullanımı eşit boyutta, iyi karakterize İKR oluşturulmasına neden olur. Bununla birlikte klinik olarak bakıldığında İKR'de rezorpsiyon alanının düzensiz bir yüzey yapısı olduğunu gözlemleriz. 2014'te yapılan bir çalışmada Silveira ve ark. [207], frez kullanmadan, demineralizasyon yöntemi ile İKR'yi taklit etmişlerdir. Ancak, bu çalışmada standart boşluklar elde etmek amacıyla önceki çalışmalara benzer şekilde [181, 182] rezorpsiyon kaviteleri rond frez ile oluşturulmuştur.

Kalan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ artıklarının değerlendirilmesi için pek çok yöntem bulunmaktadır. Şimdiye kadar dişlerin ikiye bölünüp TEM ile görüntülenmesi ve skora metodu [112, 163, 181], stereomikroskop ile görüntülenerek skora metodu [12, 181], diş

yarılarının taranmasından sonra skorlanması [113], dijital fotoğraf makinası ile görüntü alındıktan sonra yüzey alanı hesaplama [188, 190, 208] ve dişlere herhangi bir işlem yapılmadan bilgisayarlı tomografi veya μ -CT cihazı ile hacimsel analiz [209, 210] yaparak $\text{Ca}(\text{OH})_2$ artıklarının ölçüldüğü pek çok metod kullanılmıştır.

Son zamanlarda, kalan medikament hacmi konusunda daha kesin sonuçlar verdiği gösterilmiş olan BT veya spiral BT yöntemleri sıklıkla kullanılsa da [209] BT'nin görüntü çözünürlüğü göreceli olarak düşüktür. Araştırmacılar, μ -CT ile yapılan çalışmalarda daha yüksek çözünürlüklü görüntüler alınabildiğini ve dişe herhangi bir işlem uygulanmadan görüntü alınabilmesinin örneklerde hiçbir bozulmaya yol açmayacağını savunmuşlardır [187, 193].

Çalışmamızda alan hesaplaması yapılabilmesi için dişler tekrardan ortadan ikiye ayrılmıştır. Bu ölçü modelinin; tekrarlanabilir *in vitro* değerlendirme yapabilmesi, uygulamaların doğrudan karşılaştırılabilmesi ve diş morfolojisindeki varyasyonların elimine edilebilmesi gibi avantajları olsa da *in vivo* koşulları tamamen taklit edemez. Ayrıca, dişlerin iki ayrıldığı bu model kanal sınırlarının sızdırmaz olmasına müsaade etmeyebilir. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda ısıtılmış GP'nin veya irrigasyon solüsyonunun dişin 2 parçasının arasına taşabildiği gözlenmiştir [90, 211-213]. Bu durumu en aza indirmek için çalışmamızda diş yarıları hem siyanoakrilat ile yapıştırılmış hem de geri kalan boşluklar pembe mum ile doldurulmuştur. Ayrıca, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile doldurulmuş her kök kanalının radyografisi alınmış ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in kanal dışına taşıp taşımadığı kontrol edilmiştir. Kök parçalarının birleştirilme noktalarında taşma görülen vakalarda prosedür yenilenmiş veya kök diskalifiye edilmiştir. Yine de, irrigasyon solüsyonunun iki dişin arasına taşması, irriganın yeterli kuvvette yıkamasını engelleyerek $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in tamamen uzaklaştırılmasına engel olmuş olabilir.

Sonuçlar:

- 1- Hiçbir aktivasyon yöntemi Ca(OH)_2 'i kök kanalından tamamen uzaklaştıramamıştır.
- 2- Kullanılan aktivasyon yöntemleri Gİİ'ye göre üstün sonuçlar vermiştir.
- 3- Ortalama olarak incelendiğinde en iyi sonucu XP vermesine rağmen aktivasyon grupları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.
- 4- Farklı irrigasyon solüsyonları ve aktivasyon teknikleri ile İKR bulunan kavitelere Ca(OH)_2 'i daha etkili uzaklaştırabilmek için ilave çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKÇA

1. Nair, P.N., On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J.* 2006;39:249-81.
2. Patel, S.P.F., TR., Is the resorption external or internal? *Dent Update.* 2007;34:218–29.
3. Heithersay, G.S., Management of tooth resorption. *Aust Dent J.* 2007;52:105-21.
4. Wedenberg, C. and S. Lindskog, Experimental internal resorption in monkey teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1985;1:221-7.
5. Patel, S., et al., Internal root resorption: a review. *J Endod.* 2010;36:1107-21.
6. Gabor, C., et al., Prevalence of internal inflammatory root resorption. *J Endod.* 2012;38:24-7.
7. Mohammadi, Z. and P.M. Dummer, Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J.* 2011;44:697-730.
8. Calt, S. and A. Serper, Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod.* 1999;25:431-3.
9. Kim, S.K. and Y.O. Kim, Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal. *Int Endod J.* 2002;35:623-8.
10. Guiotti, F.A., et al., Effect of calcium hydroxide dressing on push-out bond strength of endodontic sealers to root canal dentin. *Braz Oral Res.* 2014;28:1-6.
11. Lambrianidis, T., J. Margelos, and P. Beltes, Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. *J Endod.* 1999;25:85-8.
12. Arslan, H., et al., An in vitro comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic, sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide. *Int Endod J.* 2015;48:246-51.
13. Basrani, B., Irrigation in endodontic treatment. *Alpha Omegan.* 2011;104:18-25.
14. De-Deus, G., et al., The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *J Endod.* 2011;37:701-5.

15. de Groot, S.D., et al., Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J.* 2009;42:1077-83.
16. Gu, L.S., et al., Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod.* 2009;35:791-804.
17. Kustarci, A., 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;34:205-10.
18. Tahan E , K.B.T., A comparison of different irrigation/agitation methods for the removal of calcium hydroxide medicament from the root canal walls. *Original Article.* 2017;3:45-48.
19. Ahmetoglu, F., et al., Efficacy of self-adjusting file and passive ultrasonic irrigation on removing calcium hydroxide from root canals. *Dent Mater J.* 2013;32:1005-10.
20. Capar, I.D., et al., 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;40:451-4.
21. Lyroudia, K.M., et al., Internal root resorption studied by radiography, stereomicroscope, scanning electron microscope and computerized 3D reconstructive method. *Dent Traumatol.* 2002;18:148-52.
22. Bille, M.L., M.J. Kvetny, and I. Kjaer, A possible association between early apical resorption of primary teeth and ectodermal characteristics of the permanent dentition. *Eur J Orthod.* 2008;30:346-51.
23. Fuss, Z., I. Tsesis, and S. Lin, Root resorption--diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol.* 2003;19:175-82.
24. Andreasen, F.M., Transient apical breakdown and its relation to color and sensibility changes after luxation injuries to teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1986;2:9-19.
25. Andreasen, J.O., Luxation of permanent teeth due to trauma. A clinical and radiographic follow-up study of 189 injured teeth. *Scand J Dent Res.* 1970;78:273-86.
26. Lindskog S, H.G., Pierce AM and Dental resorptions. *Scandinavian Yearbook of Dentistry.* Blackwell Munksgaard. 2006.

27. Cohen S, B.R., Pathways of the Pulp. 10th ed. Mosby Elseiver. 1984:543-64.
28. Hammarstrom, L. and S. Lindskog, General morphological aspects of resorption of teeth and alveolar bone. *Int Endod J.* 1985;18:93-108.
29. Mirabella, A.D. and J. Artun, Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;108:48-55.
30. Weltman, B., et al., Root resorption associated with orthodontic tooth movement: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137:462-76.
31. Trope, M., Root Resorption due to Dental Trauma. *Endodontic Topics.* 2002;1:79-100.
32. Bender, I.B., M.R. Byers, and K. Mori, Periapical replacement resorption of permanent, vital, endodontically treated incisors after orthodontic movement: report of two cases. *J Endod.* 1999;23:768-73.
33. Lindskog, S., et al., The role of the necrotic periodontal membrane in cementum resorption and ankylosis. *Endod Dent Traumatol.* 1985;1:96-101.
34. Andreasen JO, A.F., Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth. Munksgaard and CV Mosby: Copenhagen and St. Louis. 1994.
35. Hammarstrom, L., et al., Tooth avulsion and replantation--a review. *Endod Dent Traumatol.* 1986;2:1-8.
36. Oehlers, F.A., A case of internal resorption following injury. *Br Dent J.* 1951;90:13-6.
37. Ne RF, W.D., Gutmann JL, Tooth resorption. *Quintessence Int.* 1999;30:9-25.
38. Wedenberg, C. and L. Zetterqvist, Internal resorption in human teeth--a histological, scanning electron microscopic, and enzyme histochemical study. *J Endod.* 1987;13:255-9.
39. Heithersay, G.S., Invasive cervical resorption. *Endodontic Topics.* 2004;7:73-92.
40. Heithersay, G.S., Invasive cervical resorption: an analysis of potential predisposing factors. *Quintessence Int.* 1999;30:83-95.
41. Harrington, G.W. and E. Natkin, External resorption associated with bleaching of pulpless teeth. *J Endod.* 1979;5:344-8.

42. GS, H., Invasive cervical resorption: An analysis of potential predisposing factors. *Quintessence Int.* 1999;30:83-95.
43. Trope, M., Root resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1998;10:515-22.
44. Andreasen, J.O., External root resorption: its implication in dental traumatology, paedodontics, periodontics, orthodontics and endodontics. *Int Endod J.* 1985;18:109-18.
45. Gunraj, M.N., Dental root resorption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88:647-53.
46. Trope, M., Luxation injuries and external root resorption--etiology, treatment, and prognosis. *J Calif Dent Assoc.* 2000;28:860-6.
47. Hess, J.C., M.J. Culieras, and N. Lambiable, A scanning electron microscopic investigation of principal and accessory foramina on the root surfaces of human teeth: thoughts about endodontic pathology and therapeutics. *J Endod.* 1983;9:275-81.
48. Leonardo, M.R., et al., EM evaluation of bacterial biofilm and microorganisms on the apical external root surface of human teeth. *J Endod.* 2002;28:815-8.
49. Vier, F.V. and J.A. Figueiredo, Prevalence of different periapical lesions associated with human teeth and their correlation with the presence and extension of apical external root resorption. *Int Endod J.* 2002;35:710-9.
50. Vier, F.V. and J.A. Figueiredo, Internal apical resorption and its correlation with the type of apical lesion. *Int Endod J.* 2004;37:730-7.
51. Haapasalo M, E.U., Internal inflammatory root resorption: the unknown resorption of the tooth. *Endod Topics.* 2006;14:60-79.
52. Madani, Z., et al., Diagnostic Accuracy of Cone-Beam Computed Tomography and Periapical Radiography in Internal Root Resorption. *Iran Endod J.* 2016;11:51-6.
53. Patel, S., et al., The detection and management of root resorption lesions using intraoral radiography and cone beam computed tomography - an in vivo investigation. *Int Endod J.* 2009;42:831-8.
54. Maini, A., P. Durning, and N. Drage, Resorption: within or without? The benefit of cone-beam computed tomography when diagnosing a case of an internal/external resorption defect. *Br Dent J.* 2008;204:135-7.

55. Kamburoglu, K., Evaluating root resorption lesions with CBCT. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140:453-4.
56. Frank, A.L. and F.S. Weine, Nonsurgical therapy for the perforative defect of internal resorption. *J Am Dent Assoc.* 1973;87:863-8.
57. Udagawa, N., et al., Origin of osteoclasts: mature monocytes and macrophages are capable of differentiating into osteoclasts under a suitable microenvironment prepared by bone marrow-derived stromal cells. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1990;87:7260-4.
58. Takahashi, N., et al., Regulation of osteoclast polarization. *Odontology.* 2007;95:1-9.
59. Saltel, F., et al., Actin cytoskeletal organisation in osteoclasts: a model to decipher transmigration and matrix degradation. *Eur J Cell Biol.* 2008;87:459-68.
60. Pierce, A.M., Experimental basis for the management of dental resorption. *Endod Dent Traumatol.* 1989;5:255-65.
61. Furseth, R., The resorption processes of human deciduous teeth studied by light microscopy, microradiography and electron microscopy. *Arch Oral Biol.* 1968;13:417-31.
62. Tyrovola, J.B., et al., Root resorption and the OPG/RANKL/RANK system: a mini review. *J Oral Sci.* 2008;50:367-76.
63. Uchiyama, M., et al., Dental pulp and periodontal ligament cells support osteoclastic differentiation. *J Dent Res.* 2009;88:609-14.
64. Wedenberg, C. and S. Lindskog, Evidence for a resorption inhibitor in dentin. *Scand J Dent Res.* 1987;95:205-11.
65. Chung, C.J., et al., OPN deficiency suppresses appearance of odontoclastic cells and resorption of the tooth root induced by experimental force application. *J Cell Physiol.* 2008;214:614-20.
66. Barclay, C., Root resorption. 2: Internal root resorption. *Dent Update.* 1993;20:292-4.
67. Brady, J. and D.H. Lewis, Internal resorption complicating orthodontic tooth movement. *Br J Orthod.* 1984;11:155-7.
68. Solomon, C.S., M.O. Coffiner, and H.E. Chalfin, Herpes zoster revisited: implicated in root resorption. *J Endod.* 1986;12:210-3.

69. Walton, R.E. and L.A. Leonard, Cracked tooth: an etiology for "idiopathic" internal resorption? *J Endod.* 1986;12:167-9.
70. Caliskan, M.K. and M. Turkun, Prognosis of permanent teeth with internal resorption: a clinical review. *Endod Dent Traumatol.* 1997;13:75-81.
71. Tronstad, L., Root resorption--etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol.* 1988;4:241-52.
72. Allen, A.L. and J.L. Gutmann, Internal root resorption after vital root resection. *J Endod.* 1977;3:438-40.
73. M., C., Endodontic treatment of traumatized teeth. Vol. Andreasen JO. Copenhagen: Munkskaard Publishers. 1981.
74. Cvek, M., et al., Effect of topical application of doxycycline on pulp revascularization and periodontal healing in reimplanted monkey incisors. *Endod Dent Traumatol.* 1990;6:170-6.
75. Bhuvra, B., J.J. Barnes, and S. Patel, The use of limited cone beam computed tomography in the diagnosis and management of a case of perforating internal root resorption. *Int Endod J.* 2011;44:777-86.
76. Cabrini, R.L. and E.E. Manfredi, Internal resorption of dentine; histopathologic control of eight cases after pulp amputation and capping with calcium hydroxide. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1957;10:90-6.
77. Ahlberg, K., et al., Long-term evaluation of autotransplanted maxillary canines with completed root formation. *Acta Odontol Scand.* 1983;41:23-31.
78. Heithersay, G.S., Clinical endodontic and surgical management of tooth and associated bone resorption. *Int Endod J.* 1985;18:72-92.
79. Torabinejad, M., et al., Tissue reaction to implanted super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. *J Endod.* 1995;21:569-71.
80. Regan, J.D., J.L. Gutmann, and D.E. Witherspoon, Comparison of Diaket and MTA when used as root-end filling materials to support regeneration of the periradicular tissues. *Int Endod J.* 2002;35:840-7.
81. Jacobovitz, M., et al., 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;108:140-4.

82. Damas, B.A., et al., Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and EndoSequence bioceramic root repair materials. *J Endod.* 2011;37:372-5.
83. Hirschberg, C.S., et al., Comparison of sealing ability of MTA and EndoSequence Bioceramic Root Repair Material: a bacterial leakage study. *Quintessence Int.* 2013;44:157-62.
84. Endodontology, E.S.o., Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* 2006:921-30.
85. Andersen, M., et al., In vitro solubility of human pulp tissue in calcium hydroxide and sodium hypochlorite. *Endod Dent Traumatol.* 1992;8:104-8.
86. Siqueira, J.F., Jr., et al., Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *J Endod.* 2002;28:181-4.
87. Burleson, A., et al., The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod.* 2007;33:782-7.
88. Plotino, G., et al., New Technologies to Improve Root Canal Disinfection. *Braz Dent J.* 2016;27:3-8.
89. Chivian, N., Root Resorption, in *Pathways of the pulp*, S. Cohen and R.C. Burns, Editors. Mosby: St. Louis. 1991:504-547.
90. Collins, J., et al., A comparison of three gutta-percha obturation techniques to replicate canal irregularities. *J Endod.* 2006;32:762-5.
91. Gutmann, J.L., et al., An assessment of the plastic Thermafil obturation technique. Part 2. Material adaptation and sealability. *Int Endod J.* 1993;26:179-83.
92. Nilsson, E., et al., Management of internal root resorption on permanent teeth. *Int J Dent.* 2013.
93. Hermann, B.W., Calcium hydroxid als Mittelzurn, Behandeln und Fullen von Wurzelkanalen. Wurzburg. 1920.
94. Tang, G., L.P. Samaranayake, and H.K. Yip, Molecular evaluation of residual endodontic microorganisms after instrumentation, irrigation and medication with either calcium hydroxide or Septomixine. *Oral Dis.* 2004;10:389-97.
95. Farhad, A. and Z. Mohammadi, Calcium hydroxide: a review. *Int Dent J.* 2005;55:293-301.

96. Siqueira, J.F., Jr. and H.P. Lopes, Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *Int Endod J.* 1999;32:361-9.
97. Mohammadi, Z. and S. Shalavi, Managing root resorption using calcium hydroxide: A review. *International Journal of Clinical Dentistry.* 2016;9:247-254.
98. Estrela, C., et al., Mechanism of action of calcium and hydroxyl ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria. *Braz Dent J.* 1995;6:85-90.
99. Seltzer S, B.I. The dental pulp. 1975:260.
100. Holland, R., Histochemical response of amputated pulps to calcium hydroxide *Review of Brasília Pesqui Medicine e Biology.* 1971;4:83-95.
101. Carrotte, P., Endodontics: Part 9. Calcium hydroxide, root resorption, endo-perio lesions. *Br Dent J.* 2004;197:735-43.
102. Camargo, C.H., et al., Vehicle influence on calcium hydroxide pastes diffusion in human and bovine teeth. *Dent Traumatol.* 2006;22:302-6.
103. Alencar, A.H., et al., Determination of the p-monochlorophenol residue in the calcium hydroxide + P-monochlorophenol combination used as an intracanal dressing in pulpless teeth of dogs with induced chronic periapical lesion. *J Endod.* 1997;23:522-4.
104. Holland, R., et al., Reaction of human periapical tissue to pulp extirpation and immediate root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod.* 1977;3:63-7.
105. Leonardo, M.R., et al., Histological evaluation of therapy using a calcium hydroxide dressing for teeth with incompletely formed apices and periapical lesions. *J Endod.* 1993;19:348-52.
106. Fava, L.R. and W.P. Saunders, Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. *Int Endod J.* 1999;32:257-82.
107. Athanassiadis, B., P.V. Abbott, and L.J. Walsh, The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent J.* 2007;52:64-82.
108. Safavi, K. and T.A. Nakayama, Influence of mixing vehicle on dissociation of calcium hydroxide in solution. *J Endod.* 2000;26:649-51.
109. Fogel, H.M. and D.H. Pashley, Dentin permeability: effects of endodontic procedures on root slabs. *J Endod.* 1990;16:442-5.

110. Nerwich, A., D. Figdor, and H.H. Messer, pH changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod.* 1993;19:302-6.
111. Margelos, J., et al., Interaction of calcium hydroxide with zinc oxide-eugenol type sealers: a potential clinical problem. *J Endod.* 1997;23:43-8.
112. Rodig, T., et al., Efficacy of different irrigants in the removal of calcium hydroxide from root canals. *Int Endod J.* 2010;43:519-27.
113. Lambrianidis, T., et al., Removal efficacy of various calcium hydroxide/chlorhexidine medicaments from the root canal. *Int Endod J.* 2006;39:55-61.
114. Salgado, R.J., et al., Comparison of different irrigants on calcium hydroxide medication removal: microscopic cleanliness evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107:580-4.
115. Sagsen, B., et al., The effect of peracetic acid on removing calcium hydroxide from the root canals. *J Endod.* 2012;38:1197-201.
116. Hulsmann, M., M. Heckendorff, and A. Lennon, Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J.* 2003;36:810-30.
117. De-Deus, G., et al., Real-time atomic force microscopy of root dentine during demineralization when subjected to chelating agents. *Int Endod J.* 2006;39:683-92.
118. Scelza, M.F., A.M. Teixeira, and P. Scelza, Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;95:234-6.
119. Kara Tuncer, A., Effect of QMix 2in1 on sealer penetration into the dentinal tubules. *J Endod.* 2015;41:257-60.
120. Dai, L., et al., The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *J Endod.* 2011;37:80-4.
121. Stojicic, S., et al., Antibacterial and smear layer removal ability of a novel irrigant, QMiX. *Int Endod J.* 2012;45:363-71.
122. Eliot, C., et al., The effect of the irrigant QMix on removal of canal wall smear layer: an ex vivo study. *Odontology.* 2014;102:232-40.

123. De-Deus, G., et al., Smear layer dissolution by peracetic acid of low concentration. *Int Endod J.* 2011;44:485-90.
124. Lottanti, S., et al., Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J.* 2009;42:335-43.
125. Chassot, A.L., M.I. Poisl, and S.M. Samuel, In vivo and in vitro evaluation of the efficacy of a peracetic acid-based disinfectant for decontamination of acrylic resins. *Braz Dent J.* 2006;17:117-21.
126. Garberoglio, R. and C. Becce, Smear layer removal by root canal irrigants. A comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;78:359-67.
127. Hauman, C.H. and R.M. Love, Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *Int Endod J.* 2003;36:75-85.
128. Bodrumlu, E., et al., The effects of calcium hydroxide removal methods on bond strength of Epiphany SE with two irrigation protocols. *Acta Odontol Scand.* 2013;71:989-93.
129. Haapasalo, M., et al., Irrigation in endodontics. *Br Dent J.* 2014;216:299-303.
130. Park, E., et al., 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;39:511-5.
131. Shen, Y., et al., Evaluation of the effect of two chlorhexidine preparations on biofilm bacteria in vitro: a three-dimensional quantitative analysis. *J Endod.* 2009;35:981-5.
132. Boutsoukis, C., et al., The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *Int Endod J.* 2010;43:874-81.
133. Abou-Rass, M. and M.V. Piccinino, The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982;54:323-8.
134. Chow, T.W., Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod.* 1983;9:475-9.

135. Walters, M.J., J.C. Baumgartner, and J.G. Marshall, Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod.* 2002;28:837-9.
136. Parente, J.M., 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;43:1001-12.
137. McGill, S., et al., 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;41:602-8.
138. Al-Hadlaq, S.M., et al., Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2006;32:1181-4.
139. CJ., R., *Microbrush for endodontic use.* Washington DC, United States. 2001.
140. Gorduysus, M., et al., 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;15:367-71.
141. Keir, D.M., E.S. Senia, and S. Montgomery, Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endod.* 1990;16:323-7.
142. Schoeffel, G.J., The EndoVac method of endodontic irrigation, Part 3: System components and their interaction. *Dent Today.* 2008;27:106, 108-11.
143. Saber Sel, D. and A.A. Hashem, Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. *J Endod.* 2011;37:1272-5.
144. Turker, S.A., et al., Comparison of calcium hydroxide removal by self-adjusting file, EndoVac, and CanalBrush agitation techniques: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2013;16:439-43.
145. Desai, P. and V. Himel, Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod.* 2009;35:545-9.
146. Yucel, A.C., et al., Comparison of final irrigation techniques in removal of calcium hydroxide. *Aust Endod J.* 2013;39:116-21.
147. Metzger, Z., et al., The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy--a new concept of endodontic files and its implementation. *J Endod.* 2010;36:679-90.

148. de Melo Ribeiro, M.V., et al., Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals. *J Endod.* 2013;39:398-401.
149. Ahmad, M., T.R. Pitt Ford, and L.A. Crum, Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod.* 1987;13:93-101.
150. Plotino, G., et al., Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endod.* 2007;33:81-95.
151. Huffaker, S.K., et al., Influence of a passive sonic irrigation system on the elimination of bacteria from root canal systems: a clinical study. *J Endod.* 2010;36:1315-8.
152. Brito, P.R., et al., Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: an in vitro study. *J Endod.* 2009;35:1422-7.
153. Khaleel, H.Y., et al., Quantitative comparison of calcium hydroxide removal by EndoActivator, ultrasonic and ProTaper file agitation techniques: an in vitro study. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci.* 2013;33:142-5.
154. Alturaiki, S., et al., Efficacy of 3 different irrigation systems on removal of calcium hydroxide from the root canal: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2015;41:97-101.
155. Li, D., et al., Efficacy of Needle, Ultrasonic, and Endoactivator Irrigation and Photon-Induced Photoacoustic Streaming in Removing Calcium Hydroxide from the Main Canal and Isthmus: An In Vitro Micro-Computed Tomography and Scanning Electron Microscopy Study. *Photomed Laser Surg.* 2015;33:330-7.
156. Walmsley, A.D. and A.R. Williams, Effects of constraint on the oscillatory pattern of endosonic files. *J Endod.* 1989;15:189-94.
157. Ahmad, M., T.J. Pitt Ford, and L.A. Crum, Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 1987;13:490-9.
158. Goodman, A., et al., 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;11:249-56.

159. Metzler, R.S. and S. Montgomery, Effectiveness of ultrasonics and calcium hydroxide for the debridement of human mandibular molars. *J Endod.* 1989;15:373-8.
160. Cameron, J.A., The use of ultrasonics in the removal of the smear layer: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 1983;9:289-92.
161. Alacam, T., Scanning electron microscope study comparing the efficacy of endodontic irrigating systems. *Int Endod J.* 1987;20:287-94.
162. Huque, J., et al., Bacterial eradication from root dentine by ultrasonic irrigation with sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 1998;31:242-50.
163. van der Sluis, L.W., M.K. Wu, and P.R. Wesselink, 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;40:52-7.
164. Kimura, Y., P. Wilder-Smith, and K. Matsumoto, Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J.* 2000;33:173-85.
165. Stabholz, A., S. Sahar-Helft, and J. Moshonov, Lasers in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2004;48:809-32.
166. De Moor, R.J., et al., Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers Surg Med.* 2009;41:520-3.
167. Moritz, A., et al., In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int.* 1997;28:205-9.
168. Takeda, F.H., et al., Comparative study about the removal of smear layer by three types of laser devices. *J Clin Laser Med Surg.* 1998;16:117-22.
169. Gurbuz, T., et al., Evaluation of root canal dentin after Nd:YAG laser irradiation and treatment with five different irrigation solutions: a preliminary study. *J Endod.* 2008;34:318-21.
170. Kaptan, F., et al., Potential of an Er:YAG laser in the removal of calcium hydroxide from root canals. *Photomed Laser Surg.* 2012;30:250-4.
171. Akyuz Ekim, S.N. and A. Erdemir, Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study. *Microsc Res Tech.* 2015;78:230-9.

172. George, R., I.A. Meyers, and L.J. Walsh, Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical third of the root canal. *J Endod.* 2008;34:1524-7.
173. Blanken, J., et al., Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers Surg Med.* 2009;41:514-9.
174. De Moor, R.J., et al., Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. *J Endod.* 2010;36:1580-3.
175. Blanken, J.W. and R.M. Verdaasdonk, Cavitation as a working mechanism of the Er, Cr:YSGG laser in endodontics: A visualization study. *Journal of Oral Laser Applications.* 2007;7:97-106.
176. George, R. and L.J. Walsh, Apical extrusion of root canal irrigants when using Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *J Endod.* 2008;34:706-8.
177. Arslan, H., et al., Evaluation of effectiveness of various irrigating solutions on removal of calcium hydroxide mixed with 2% chlorhexidine gel and detection of orange-brown precipitate after removal. *J Endod.* 2014;40:1820-3.
178. Kourti, E.P., O. Kallis, A., Removal Efficiency of Calcium Hydroxide Intracanal Medicament with Er:YAG Laser: A Scanning Electron Microscopic Study. *Int J Laser Dent.* 2016;6:24-30.
179. Uygun, A.D., et al., Efficacy of XP-endo finisher and TRUShape 3D conforming file compared to conventional and ultrasonic irrigation in removing calcium hydroxide. *Aust Endod J.* 2017;43:89-93.
180. Alves, F.R., et al., Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Reciprocating Single- or Rotary Multi-instrument Systems and a Supplementary Step with the XP-Endo Finisher. *J Endod.* 2016;42:1114-9.
181. Topcuoglu, H.S., et al., Efficacy of different irrigation techniques in the removal of calcium hydroxide from a simulated internal root resorption cavity. *Int Endod J.* 2015;48:309-16.
182. Keskin, C., E. Sariyilmaz, and O. Sariyilmaz, Efficacy of XP-endo Finisher File in Removing Calcium Hydroxide from Simulated Internal Resorption Cavity. *J Endod.* 2017;43:126-130.

183. Tronstad, L., et al., pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod.* 1981;7:17-21.
184. Amin, S.A., R.S. Seyam, and M.A. El-Samman, The effect of prior calcium hydroxide intracanal placement on the bond strength of two calcium silicate-based and an epoxy resin-based endodontic sealer. *J Endod.* 2012;38:696-9.
185. Barbizam, J.V., et al., Effect of calcium hydroxide intracanal dressing on the bond strength of a resin-based endodontic sealer. *Braz Dent J.* 2008;19:224-7.
186. Tay, F.R., et al., Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant delivery. *J Endod.* 2010;36:745-50.
187. Wiseman, A., et al., Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *J Endod.* 2011;37:235-8.
188. Kenee, D.M., et al., A quantitative assessment of efficacy of various calcium hydroxide removal techniques. *J Endod.* 2006;32:563-5.
189. Ethem Yaylali, I., A.D. Kececi, and B. Ureyen Kaya, Ultrasonically Activated Irrigation to Remove Calcium Hydroxide from Apical Third of Human Root Canal System: A Systematic Review of In Vitro Studies. *J Endod.* 2015;41:1589-99.
190. Tasdemir, T., et al., Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. *Int Endod J.* 2011;44:505-9.
191. Jiang, L.M., et al., The influence of the ultrasonic intensity on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod.* 2011;37:688-92.
192. Stojicic, S., et al., Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod.* 2010;36:1558-62.
193. Ma, J.Z., et al., Micro-computed tomography evaluation of the removal of calcium hydroxide medicament from C-shaped root canals of mandibular second molars. *Int Endod J.* 2015;48:333-41.
194. Endo, F.S. XP-endo Finisher: 3d generation. 2016.
195. Wigler, R., et al., Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. *Int Endod J.* 2017;50:700-705.

196. Kfir, A., et al., 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.* 2017.
197. Anic, I., et al., Permeability, morphologic and temperature changes of canal dentine walls induced by Nd: YAG, CO₂ and argon lasers. *Int Endod J.* 1996;29:13-22.
198. Harashima, T., et al., Effect of Nd:YAG laser irradiation for removal of intracanal debris and smear layer in extracted human teeth. *J Clin Laser Med Surg.* 1997;15:131-5.
199. Kimura, Y., et al., Root surface temperature increase during Er:YAG laser irradiation of root canals. *J Endod.* 2002;28:76-8.
200. DiVito, E., O.A. Peters, and G. Olivi, 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;27:273-80.
201. Matsumoto, K., Lasers in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2000;44:889-906.
202. Matsuoka, E., J.A. Jayawardena, and K. Matsumoto, Morphological study of the Er,Cr:YSGG laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved root canals. *Photomed Laser Surg.* 2005;23:480-4.
203. Lee, S.J., M.K. Wu, and P.R. Wesselink, The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J.* 2004;37:672-8.
204. Ertuğrul KARATAŞ , et al., The effect of qmix solution in the removal of calcium hydroxide from artificially created grooves. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 2017:104.
205. Sagripanti, J.L. and A. Bonifacino, Cytotoxicity of liquid disinfectants. *Surg Infect (Larchmt).* 2000;1:3-14.
206. Keles, A., F. Ahmetoglu, and I. Uzun, Quality of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities: a micro-computed tomography study. *Aust Endod J.* 2014;40:131-5.
207. da Silveira, P.F., et al., Development of a new in vitro methodology to simulate internal root resorption. *J Endod.* 2014;40:211-6.
208. Balvedi, R.P., et al., A comparison of two techniques for the removal of calcium hydroxide from root canals. *Int Endod J.* 2010;43:763-8.

209. Nandini, S., N. Velmurugan, and D. Kandaswamy, Removal efficiency of calcium hydroxide intracanal medicament with two calcium chelators: volumetric analysis using spiral CT, an in vitro study. *J Endod.* 2006;32:1097-101.
210. Silva, L.J., et al., Micro-CT evaluation of calcium hydroxide removal through passive ultrasonic irrigation associated with or without an additional instrument. *Int Endod J.* 2015;48:768-73.
211. Natera, M., R. Pileggi, and U. Nair, A comparison of two gutta-percha obturation techniques to replicate canal irregularities in a split-tooth model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112:29-34.
212. Huang, T.Y., K. Gulabivala, and Y.L. Ng, 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;41:60-71.
213. Smith, R.S., et al., Effect of varying the depth of heat application on the adaptability of gutta-percha during warm vertical compaction. *J Endod.* 2000;26:668-72.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Begüm	Uyruğu	T.C.
Soyadı	Haseki Gültaş	Tel no	+90 (533) 514 5634
Doğum tarihi	21.12.1989	e-posta	dt_bhaseki@hotmail.com

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum		Mezuniyet yılı
Lise	Adnan Menderes Anadolu Lisesi	2007
Lisans	İstanbul Üniversitesi – Diş Hekimliği Fak.	2012
Yüksek Lisans		
Doktora		

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)
Diş Hekimi	Özel Diş Hekimi Muayenehanesi	2012 - 2013

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı
Almanca	Goethe-Zertifikat	B1
İngilizce	ÜDS	68