

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**KÖK KANAL DUVARLARINDAN KÖK KANAL DOLGU
MATERYALLERİNİN UZAKLAŞTIRILMASI SIRASINDA
KULLANILAN FARKLI AKTİVASYON SİSTEMLERİNİN
ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ
Zeynep Sena GÜNGÖRDÜ

Danışman
Doç. Dr. Pelin TÜFENKÇİ

HATAY-2023

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**KÖK KANAL DUVARLARINDAN KÖK KANAL DOLGU
MATERYALLERİNİN UZAKLAŞTIRILMASI SIRASINDA
KULLANILAN FARKLI AKTİVASYON SİSTEMLERİNİN
ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ
Zeynep Sena GÜNGÖRDÜ

Danışman
Doç. Dr. Pelin TÜFENKÇİ

Bu tez, Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 22.DHU.001 no'lu proje olarak desteklenmiştir.

HATAY - 2023

Kabul ve Onay

T.C.

HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**KÖK KANAL DUVARLARINDAN KÖK KANAL DOLGU
MATERYALLERİNİN UZAKLAŞTIRILMASI SIRASINDA
KULLANILAN FARKLI AKTİVASYON SİSTEMLERİNİN
ETKİNLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ

Zeynep Sena GÜNGÖRDÜ

Bu tez aşağıda isimleri yazılı tez jürisi tarafından .../.../20... günü sözlü olarak yapılan tez savunma sınavında oybirliği ile kabul edilmiştir.

Tez Jürisi :

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Pelin TÜFENKÇİ

Üye :

Üye :

Bu tez, Dekanlığımız Endodonti Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

.../.../20..

Prof. Dr. Mustafa ZORTUK

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimi sürecim boyunca üzerimde emeği bulunan ve desteklerini benden esirgemeyen sevgili tez danışmanım Doç. Dr. Pelin TÜFENKÇİ'ye,

Eğitim sürecimin bir kısmında akademik bilgi ve tecrübelerinden faydalanma fırsatı bulduğum sevgili hocam Doç. Dr. Koray YILMAZ'a,

Tez çalışmamın hazırlanmasında verdiği destek ve katkıları için bölüm başkanımız Doç. Dr. Mehmet ADIGÜZEL'e,

Hem tez çalışmamın istatistiksel analizlerinde katkı sağladığı, hem de yol göstericiliği ve dostluğu için minnettar olduğum sevgili Dr. Öğr. Üyesi Merve SARI'ya,

Sabır ve sevgiyle huzurlu bir çalışma ortamı sağlayan, desteklerini bana her zaman hissettiren bölümümüzde bulunan diğer asistan arkadaşlarıma,

Deprem nedeniyle artık aramızda olmayan tüm asistan arkadaşlarımız, personellerimiz ve yakınlarına,

Her zaman yanımda olduğunu hissettiren sevgili kız kardeşim Özge GÜNGÖRDÜ'ye, birçok zor dönemi beraber atlattığımız sevgili abim Hakan GÜNGÖRDÜ'ye, bana yaşama sevinci veren ve sevgisiyle beni ayakta tutan sevgili yeğenim Ali Ege GÜNGÖRDÜ'ye,

Ve üzerimde en çok emeği olan, bugünlere gelmemi sabırla destekleyen canım babam Ali GÜNGÖRDÜ ve canım annem Keriman GÜNGÖRDÜ'ye teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	IX
ÖZET	XI
ABSTRACT	XII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Endodontik Tedavide Başarı Değerlendirmesi	3
2.1.1. Klinik Değerlendirme	3
2.1.2. Radyolojik Değerlendirme	4
2.1.3. Histolojik Değerlendirme	4
2.2. Endodontik Tedavide Başarısızlık Nedenleri	5
2.3. Başarısız Endodontik Tedaviden Sonra Tedavi Seçenekleri	6
2.4. Cerrahi Olmayan Kök Kanal Tedavisi Yenileme (Retreatment) İşleminin Başarı Oranı	7
2.5. Endodontik Retreatment Aşamaları	7
2.5.1. Giriş Kavitesi	7
2.5.2. Kanal Dolgu Materyallerinin Uzaklaştırılması	8
2.5.2.1. Guta-perkanın Uzaklaştırılması	8
2.5.2.1.1. Mekanik Yöntemler ile Uzaklaştırma	8
2.5.2.1.2. Kimyasal Çözücüler ile Uzaklaştırma	10
2.5.2.1.3. Isı ile Uzaklaştırma	11
2.5.2.2. Patların Uzaklaştırılması	11

2.5.3. Kök Kanallarının Yeniden Şekillendirilmesi.....	12
2.5.4. Kök Kanallarının Dezenfeksiyonu.....	14
2.5.4.1. Endodontide Kullanılan Güncel İrrigasyon Solüsyonları.....	14
2.5.4.1.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)	15
2.5.4.1.2. Etilendiamintetraasetik Asit (EDTA)	16
2.5.4.1.3. Klorheksidin (CHX)	17
2.5.4.2. İrrigasyon Aktivasyon Teknikleri.....	18
2.5.4.2.1. Manuel İrrigasyon Aktivasyon Teknikleri.....	21
2.5.4.2.1.1. Geleneksel İğne İrrigasyonu	21
2.5.4.2.1.2. Manuel Dinamik Aktivasyon.....	21
2.5.4.2.1.3. Endodontik Mikro Fırçalar	22
2.5.4.2.2. Makine Destekli İrrigasyon Aktivasyon Teknikleri	22
2.5.4.2.2.1. Rotary Mikro Fırçalar	22
2.5.4.2.2.2. Negatif Apikal Basınç Prensibi ile Çalışan Aktivasyon Sistemleri	23
2.5.4.2.2.3. Ultrasonik Aktivasyon	23
2.5.4.2.2.4. Sonik Aktivasyon.....	24
2.5.4.2.2.5. Eğeleme ile Beraber Yapılan İrrigasyon Aktivasyon Sistemleri ..	25
2.5.4.2.2.6. Döner Alet ile Yapılan İrrigasyon Aktivasyon Sistemleri.....	26
2.5.4.2.2.7. Lazer Destekli Aktivasyon.....	27
2.5.4.2.2.8. Multisonik Aktivasyon	28
2.5.5. Kök Kanal Dolumu.....	29
2.5.5.1. Kök Kanal Dolgu Patları.....	29
2.5.5.1.1. Biyoseramik İçerikli Kök Kanal Patları.....	31
2.5.5.1.1.1. Kalsiyum/Silikat/Fosfat İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları.....	32
2.5.5.1.1.2. Mineral Trioksit Agregat (MTA) İçerikli Kök Kanal Patları	35

3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	36
3.1. Örnek Seçimi	36
3.2. Örneklerin Hazırlanması.....	37
3.3. Kök Kanal Preparasyonu	37
3.4. Kök Kanallarının Doldurulması.....	38
3.5. Retreatment İşlemi	39
3.6. Örneklerin Gruplandırılması ve İrrigasyon Aktivasyon Tekniklerinin Uygulanması	39
3.7. Örneklerin SEM Cihazı için Hazırlanması ve Değerlendirilmesi	43
3.8. İstatistiksel Analiz.....	45
4. BULGULAR.....	46
5. TARTIŞMA	49
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	60
7. KAYNAKLAR	61
EKLER.....	77
ÖZGEÇMİŞ	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. İrrigasyon Ajitasyon ve Aktivasyon Teknikleri / Cihazları.....	20
Şekil 2.2. Bioserra biyoseramik patın biyoaktivitesi ve hücre uyumluluğu	33
Şekil 3.1. Resiproc R25 eğesi ve X-Smart Plus.....	37
Şekil 3.2. Resiproc R25 guta-perka	38
Şekil 3.3. Bioserra patı.....	38
Şekil 3.4. Numunelerin biyoseramik pat ve guta-perka ile doldurulması	38
Şekil 3.5. ProTaper Universal Retreatment Eğe Sisteminden D1 ve D2 eğeleri.....	39
Şekil 3.6. Yandan delikli irrigasyon iğnesi (Medic).....	40
Şekil 3.7. EndoActivator.....	41
Şekil 3.8. EDDY ile irrigasyon aktivasyonun uygulanması	41
Şekil 3.9. Pasif ultrasonik irrigasyonun uygulanması.....	42
Şekil 3.10. XP-Endo Finisher R.....	43
Şekil 3.11. İrrigasyon solüsyonlarının aktivasyonundan sonra kök kanalının koronal, orta ve apikal üçte birlik bölümünde kalan dolgu malzemesinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri.....	44
Şekil 4.1. Koronal, orta ve apikal bölgelerde farklı aktivasyon sistemlerinin etkinliklerinin karşılaştırılması	47
Şekil 4.2. Aktivasyon sistemlerinin koronal, orta ve apikal bölgelerdeki etkinlikleri.....	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Endodontide Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	15
Çizelge 4.1. Kalıntı dolgu materyali miktarları (ortalama $\pm$ standart sapma değerleri)	47



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AAE	: Amerikan Endodonti Birliği
Ark.	: Arkadaşları
BC / BS	: Biyoseramik
Ca(OH) ₂	: Kalsiyum Hidroksit
CAH	: Kalsiyum Alüminat Hidrat
CHX	: Klorheksidin
CLSM	: Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop
CSH	: Kalsiyum Silikat Hidrat
CT	: Bilgisayarlı Tomografi
E. Faecalis	: Enterococcus faecalis
EA	: EndoActivator
ED	: EDDY
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetikasit
ESE	: Avrupa Endodonti Derneği
Gİİ	: Geleneksel İğne İrrigasyonu
HEBP	: 1-hidroksietiliden-1,1-bifosfonat (Etidronik Asit)
Hz	: Hertz
kHz	: Kiloherzt
Mikro-CT	: Mikro Bilgisayarlı Tomografi
ml	: Mililitre
MTA	: Mineral Trioksit Agregat
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
Ni-Ti	: Nikel-Titanyum
OSM	: Optik Stereomikroskop
PCA	: Parakloranilin
PIPS	: Foton Kaynaklı Fotoakustik Akım
PTUR	: ProTaper Universal Retreatment
PUI	: Pasif Ultrasonik İrrigasyon
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskopu

SPSS	: Statistical Package for Social Sciences
SWEEPS	: Şok Dalgası ile Geliştirilmiş Emisyon Fotoakustik Akımı
XP-FR	: XP-Endo Finisher R
µm	: Mikrometre
%	: Yüzde
°	: Derece



ÖZET

Kök Kanal Duvarlarından Kök Kanal Dolgu Materyallerinin Uzaklaştırılması Sırasında Kullanılan Farklı Aktivasyon Sistemlerinin Etkinliklerinin Karşılaştırılması

Giriş ve Amaç: Bu çalışma, oval şekilli kanallardan Bioserra biyoseramik patını; geleneksel iğne irrigasyonu (Gİİ) ile EDDY (ED), EndoActivator (EA), pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) ve XP-Endo Finisher R (XP-FR) aktivasyon tekniklerinin uzaklaştırma etkinliklerini SEM ile karşılaştırmayı amaçlamaktadır.

Gereç ve Yöntem: 60 adet insan mandibular premolar dişi kök boyu 14 ± 1 mm olacak şekilde dekorone edildikten sonra, kök kanalı R25 (25/.08) ile şekillendirilmiştir ve biyoseramik pat ve gutta-perka ile doldurulmuştur. 2 ay süre ile bekletilen numunelerde, PTUR D1 (30/.09) ve D2 (25/.08) ile kök kanalları boşaltıldıktan sonra R40 (40/.06) eğesi ile son şekillendirme yapılmıştır. Numuneler rastgele 5 gruba ayrılmıştır ve irrigasyon aktivasyon teknikleri uygulanmıştır. Hassas kesme cihazı ile longitudinal olarak ikiye ayrılan numunelerin bir yarısı seçilerek kökün apikal, orta ve koronal bölgeleri SEM altında incelenmiştir. İstatistiksel analizde, Shapiro-Wilks ve Kruskal Wallis testi kullanılmıştır.

Bulgular: Koronal ve apikal bölgede kalıntı miktarı skoru Gİİ grubunda diğer 4 gruba göre istatistiksel olarak daha fazladır ($p < 0.05$). Orta bölgede, Gİİ ve EA grubu diğer gruplara göre istatistiksel olarak daha fazla kalıntı bulundurmaktadır ($p < 0.05$). Tüm gruplarda apikal kalıntı dolgu materyali miktarları koronal ve orta bölgelerdeki kalıntı miktarlarına göre daha yüksektir. Bu fark, ED ve XP-FR gruplarında istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$).

Sonuç: Tüm aktivasyon teknikleri Gİİ grubuna göre daha iyi etkinlik göstermiştir. Retreatment uygulanan dişlerde irrigasyon aktivasyon sistemleri kalıntı dolgu miktarını azaltmıştır ve geleneksel iğne irrigasyonunun yetersiz kaldığı görülmüştür. ED, PUI ve XP-FR gruplarının kökün üç bölgesindeki kalıntı skorları daha düşük olmasına rağmen, EA grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Anahtar Kelimeler: Retreatment, Biyoseramik pat, Sonik aktivasyon, Pasif ultrasonik irrigasyon, XP-Endo Finisher R.

ABSTRACT

Comparison of the Efficacy of Different Activation Systems for Removal of Root Canal Filling Materials from Root Canal Walls

Introduction and Aim: The aim of this study was to evaluate the efficacy of supplementary techniques with needle irrigation (NI), EDDY (ED), EndoActivator (EA), passive ultrasonic irrigation (PUI) and XP-Endo Finisher R (XP-FR) in removing residual filling materials (Bioserra BC Sealer) from oval-shaped root canals during non-surgical endodontic retreatment.

Material and Methods: Sixty human mandibular premolar teeth were initially prepared with a R25 instrument and filled with gutta-percha points and bioceramic sealer. The samples were kept for 2 months. Initial filling material removal was performed with PTUR D1 (30/.09) vs D2 (25/.08) and root canals were final shaped with R40 instrument. The samples were randomly divided into 5 groups and irrigation activation techniques were applied. One half of the samples, which were divided into two longitudinally with a precision cut-off machine, was selected and the apical, middle and coronal regions of the root were examined with SEM. Statistical analyses were performed using Shapiro-Wilks and Kruskal Wallis.

Results: The residual amount score in the coronal and apical regions was found to be statistically higher in the NI group than in the other 4 groups ($p < 0.05$). In the middle region, the NI and EA groups had statistically more residues than the other groups ($p < 0.05$). In all groups, the amount of apical residual filling material was found to be higher than the coronal and middle regions. This difference is statistically significant in the ED and XP-FR groups ($p < 0.05$).

Conclusions: All activation techniques showed better effectiveness than the NI group. In retreatment, irrigation activation systems reduced the amount of residual fillings and traditional needle irrigation was found to be insufficient. Although the ED, PUI and XP-FR groups had lower residual scores in three regions of the root, it was not statistically significant compared to the EA group.

Keywords: Retreatment, bioceramic sealer, sonic activation, passive ultrasonic irrigation, XP-Endo Finisher R.

1. GİRİŞ

Kök kanal tedavisi; ağız boşluğunda doğal diş yapısının korunmasını, dişlerin sağlık ve fonksiyonunun geri kazandırılmasını sağlayan önemli bir tedavi yöntemidir.¹ Endodontik tedavinin temel amacı; kök kanal sisteminden mikroorganizmaların ve enfekte pulpa dokusunun uzaklaştırılması, kök kanallarının mekanik olarak hazırlanması ve dezenfeksiyonu ve sızdırmaz bir şekilde üç boyutlu olarak doldurularak dişlerin fonksiyonunu sürdürebilmesini sağlamaktır.² Tüm bu tedavi aşamaları birbirinin tamamlayıcısıdır ve birinin eksik yada kusurlu gerçekleştirilmesi durumunda kanal tedavisinin başarı şansını düşürmektedir. Başarısız bir kanal tedavisinin ardından ilk seçenek genellikle cerrahi olmayan kök kanal tedavisi yenileme (retreatment) işlemidir.³

Cerrahi olmayan retreatment işleminde amaç enfekte kök kanal dolgusunu etkili bir şekilde uzaklaştırarak kanal sisteminin dezenfeksiyonunu sağlamak ve periradiküler iyileşmeyi sağlamak amacıyla biyouyumlu materyallerle kanalın yeniden dolumunu sağlamaktır. Kök kanalı içerisinden tamamen uzaklaştırılamayan guta-perka ve patlar kanallarda potansiyel bir enfeksiyon kaynağı oluşturur ve dentin duvarların yeterince temizlenebilmesini engeller.⁴ Etkili bir dezenfeksiyon sağlayabilmek için kök kanal dolgu materyallerinin tamamen uzaklaştırılması önemlidir. Bu amaçla kullanılan irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesiyle kök kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması, solüsyonların derin dentin tübüllerine penetrasyonunun artırılması ve kalıntı dolgu materyalleri ile mikroorganizmaların uzaklaştırılması hedeflenmiştir.⁵

İrrigasyon aktivasyonu amacıyla geliştirilen birçok sistem ve teknik vardır. Manuel sistemlerden en yaygın olarak kullanılan geleneksel iğne irrigasyonu; birçok makine destekli aktivasyon sistemine göre dentin tübüllerinin temizliğinde, smear tabakasının uzaklaştırılmasında, irrigasyon solüsyonunun ve patın penetrasyonunda, kanal yenileme işleminde kanal dolgu materyallerinin kanal sisteminden uzaklaştırılmasında yetersiz bulunmuştur.^{6, 7} Makine destekli irrigasyon aktivasyon sistemleri sonik, ultrasonik ve multisonik sistemler, döner aletlerin kullanıldığı sistemler, negatif basınç prensibi ile çalışan sistemler, lazer destekli sistemler olarak sınıflandırılabilir.

Biyoseramik esaslı kök kanal patları, biyolojik ve fiziksel avantajları ile modern endodontide sıklıkla kullanılmaktadır. Biyouyumlu ve biyoaktif özelliklerinin yanı sıra,

yüksek sızdırmazlık kabiliyeti ve stabilite göstermesiyle de tercih edilmektedir. Dentin ile kök kanal materyalleri arasında kimyasal bir bağ kurarak hidroksiapatit oluşumunu teşvik eder. Bu özelliği ile kanal sisteminde sızdırmaz bir yapı oluşturan biyoseramik patın çözünürlüğü de oldukça azdır.⁸ Retreatment işleminde biyoseramik patın dentin duvarlarından uzaklaştırılması bu yüzden zordur. Bu nedenle retreatment döner eğelerinin kullanımının ardından ilave irrigasyon aktivasyon sistemlerinin kullanımı büyük önem arz etmektedir.⁹

Çalışmamızda Bioserra (T-Endo, Dentac, Türkiye) biyoseramik kök kanal patı ile doldurulmuş mandibular tek kanallı premolar dişlerde retreatment işlemi esnasında kullanılan irrigasyon aktivasyon tekniklerinden geleneksel iğne irrigasyonu, EndoActivator, EDDY, pasif ultrasonik irrigasyon ve XP-Endo Finisher R'ın kökün apikal, orta ve koronal bölgelerindeki kanal duvarlarından guta-perka ve biyoseramik patı uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmayı hedefledik. Kanal duvarlarının ve dentin tübüllerinin temizliğini ölçmek amacıyla Scanning Electron Microscope (SEM; Taramalı Elektron Mikroskobu) kullanılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Kök kanal tedavisinin temel amacı, var olan enfeksiyonu gidermek ve enfeksiyon kontrolünü sağlamak için, enfekte pulpanın kemomekanik olarak temizlenmesinin ardından kök kanallarının sızdırmaz bir dolgu materyaliyle üç boyutlu olarak doldurulmasıdır.¹⁰ Kök kanallarındaki bakteri popülasyonunu periradiküler doku iyileşmesi ile uyumlu seviyelere indirmek, kemomekanik hazırlığın temel mikrobiyolojik hedeflerindendir.¹¹

Kök kanal tedavisinin aşamaları; yeterli anestezinin sağlanması ve izolasyonun ardından uygun bir giriş kavitesinin açılması, kök kanallarına doğrudan girişin sağlanması, doğru çalışma boyunun belirlenmesi ve buna uygun olarak kanalda şekillendirmenin sağlanması, çeşitli irrigasyon solüsyonları ile dezenfeksiyonun ardından kanalların sızdırmaz dolgu materyalleri ile tıkanması ve uygun koronal restorasyon ile tedavinin tamamlanması şeklindedir.

2.1. Endodontik Tedavide Başarı Değerlendirmesi

Literatürde endodontik tedavi başarısının %85-98 olduğu¹² bildirilmesine rağmen, endodontik tedavinin başarısının değerlendirilmesinde araştırmacılar arasında tam bir görüş birliği sağlanamamıştır. Endodontik tedavinin sonucunu değerlendirmek amacıyla klinik, radyografik ve histolojik inceleme yöntemleri mevcuttur.

2.1.1. Klinik Değerlendirme

Kök kanal tedavisinde başarısızlığı tanımlayan semptomlar ve klinik belirtiler;

- Spontan ağrı varlığı,
- Uzun süreli ve geçmeyen perküsyon ve/veya palpasyon hassasiyeti,
- Dişin fonksiyonunu sağlayamaması,
- Aşırı mobilité,
- Sinüs yolu varlığı,

- Eşlik eden periodontal hastalık olarak sayılabilir.

2.1.2. Radyolojik Değerlendirme

Periapikal dokuları incelemek için periapikal radyografilerden veya üç boyutlu dental görüntüleme tekniklerinden yararlanılabilir. Radyografik olarak, mevcut lezyonun tamamen iyileşmesi, tedavi sonrası lezyon oluşmaması, lamina duranın 6 ila 24 aylık süreçte normal görünümüne kavuşması başarı olarak nitelendirilir. Radyolojik olarak başarısızlık kriterleri;

- Tedaviden önceki periapikal lezyon boyutunun küçülmemesi veya daha da büyümesi,
- Eksternal veya internal rezorpsiyon varlığı,
- Lamina duranın izlenememesi,
- Periodontal ligamentin kaybı olarak sayılabilir.¹³

2.1.3. Histolojik Değerlendirme

Kronik enflamasyon semptom göstermeden varlığını devam ettirebildiğinden, kanal tedavili dişler histolojik olarak değerlendirildiğinde büyük oranda başarısızlık kriterleri gösterecektir. Histolojik başarı kriteri olarak periapikal bölgede enflamatuvar hücrelerin bulunmaması, periodontal ligament, kemik ve sementin onarılması gösterilebilir. Ancak pratikte histolojik değerlendirme mümkün olmadığından klinik ve radyografik bulgular önem taşımaktadır.¹⁴

Kanal tedavisinin başarısına, ancak takip randevularında klinik ve radyografik değerlendirme yöntemleri kullanılarak karar verilebilir. Başarılı bir kanal tedavisinin radyografik bulgu verebilmesi için en az 3 ay geçmelidir. Periapikal enflamasyonun gerileyip kemik ve sement oluşumunun başlaması ile radyografik takip mümkün olabilmektedir.¹⁵ Avrupa Endodonti Derneği (ESE - 2006), endodontik tedavi tamamlandıktan sonra en az 1 yıl süreyle kontrol radyografilerinin çekilmesini ve gerekirse daha sonraki radyografilerin alınmasını önermektedir. Periapikal lezyonun histopatolojik

analizinin zorluğu göz önüne alındığında, 2-4 yıl süreyle klinik ve radyografik takip başarı değerlendirmesinde gerekli olmaktadır.³

Amerikan Endodonti Birliği (AAE)'nin tanımladığı başarı kriterleri¹⁶;

İyileşmiş-Fonksiyonel; radyografik periradiküler patolojisi minimum olan veya hiç olmayan dişler asemptomatiktir.

İyileşmemiş, radyografik periradiküler patolojisi olan veya olmayan dişler semptomatiktir ve fonksiyonel değildir.

İyileşmekte, periradiküler patolojisi olan dişler asemptomatiktir ve fonksiyon göstermektedir veya periradiküler patolojisi olan veya olmayan semptomatik dişlerin hedeflenen fonksiyonu değişmemiştir.

Fonksiyonel, tedavi edilmiş diş veya kök fonksiyon görmektedir.

2.2. Endodontik Tedavide Başarısızlık Nedenleri

Kanal tedavisinden sonra periapikal durumu etkileyebilecek faktörler (periapikal sağlığın iyileştirilmesi veya sürdürülmesi) üç gruba ayrılabilir:

- Hasta ve diş faktörleri (yaş, cinsiyet, genel sağlık veya bağışıklık durumu, diş anatomisi, işlem öncesi pulpa ve periapikal durum);
- Tedavi faktörleri (operatör özellikleri, diş yönetimi ve izolasyonu, kanal sistemine erişim, tüm aşamalarda çalışma uzunluğu kontrolü, kanal şekillendirme/büyütme, irrigasyon, seanslar arası ilaç kullanımı, kültür testi sonucu ve kanal dolumu) ve;
- İşlem sonrası restoratif faktörler (kalan diş yapısının ve bütünlüğünün miktarı, dağılımı ve kalitesi, restoratif materyalin tipi, tam veya parsiyel restorasyon dizaynı, kalıcı restorasyonun zamanlaması, marjinal adaptasyonun kalitesi, destek dişi olup olmaması, yüklenen oklüzal kuvvetler) olarak özetlenebilir.

Bu etkenlerin bir kısmı başarı için önemli birer etkiye sahipken bazılarının etkisi ihmal edilebilir düzeydedir.

Endodontik tedavi, birçok nedene bağlı olarak başarısızlık ile sonuçlanabilmektedir. Yetersiz giriş kavitesi tasarımı, gözden kaçan kanallar^{17, 18}, yetersiz şekillendirme ve doldurma^{19, 20}, basamak oluşumu, perforasyon ve alet kırılması gibi komplikasyonlar¹³,

taşkın dolgu²¹, koronal sızıntı^{22, 23} gibi kalıcı enfeksiyonlara neden olabilecek etkenler kanal tedavisi esnasında gerçekleşen iatrojenik hatalara örnek olarak verilebilir.

2.3. Başarısız Endodontik Tedaviden Sonra Tedavi Seçenekleri

Önceden endodontik tedavi görmüş bir dişin klinik ve radyolojik muayenesi sonucu iyileşmesinin başarısız kabul edildiği durumlarda, hastaya alternatif tedavi seçenekleri sunulmalıdır.²⁴ Bu seçenekler arasında ilgili dişin yeniden endodontik tedavisi (cerrahi olmayan endodontik retreatment), endodontik apikal cerrahi, kasti replantasyon, transplantasyon, çekim ve/veya çekim sonrası dental implant ve protetik rehabilitasyon sayılabilir.²⁵

Doğal dişi korumanın hasta açısından yarar / zarar dengesi iyi belirlenmelidir. Periradiküler patolojisi olmayan iyileşmiş bir alan, fonksiyonda rahatlık, tedavinin hasta için kabul edilebilirliği, konfor ve toplam maliyet tedavi seçiminde önemli bir yer tutmaktadır.^{26, 27}

Amerikan Endodonti Derneği'nin güncel cerrahi olmayan retreatment endikasyonları şunlardır²⁸:

- Semptomların varlığı ve periradiküler patolojinin devamlılığı
- Semptomatik ve periradiküler patolojisi olan dişlerde yetersiz kök kanal dolgusunu gösteren radyografik bulgular
- Geçmeyen semptom varlığı
- Önceki kök kanal dolgusunun kalitesini bozabilecek restoratif ve protetik prosedürler
- Restoratif ve/veya protetik tedavi planlanan ancak önceki tedavi kalitesinin şüpheli olduğu dişler
- Tükürük kontaminasyonu ile bakteriyel sızıntının olabileceği kök kanal dolgusunun ağız ortamına açık olduğu dişler.

2.4. Cerrahi Olmayan Kök Kanal Tedavisi Yenileme (Retreatment) İşleminin Başarı Oranı

Cerrahi olmayan retreatment işlemlerinde başarı oranı birincil tedavi başarı oranından daha düşük bulunmuştur ve % 61'den %93'e kadar değişen oranlarda başarı göstermiştir.^{4, 29, 30}

Önceden endodontik veya apikal cerrahi ile tedavi edilen periapikal lezyonlu dişlerin cerrahi olmayan yeniden tedavisini araştıran bir çalışmada, ortograd kanal tedavi yenilemesinin en iyi tedavi seçeneği olduğu bildirilmiştir.³¹ Zhang ve ark. tarafından 58 periapikal lezyonlu dişte retreatment sonrası yapılan 4 yıllık takipte, KIBT kullanılarak periapikal radyolusensilerin %94.6 oranında azalma gösterdiği bildirilmiştir ($p<0.001$). Bu çalışmada yalnızca diş tipine göre iyileşmede farklı oranlar gözlenmiştir. Çalışmanın bulgularına göre keser dişlerde %96'lık bir iyileşme gözlenirken, bu oran premolar dişlerde %24 ve molar dişlerde %49 daha azdır.³²

Kang ve ark. tarafından yürütülen bir meta-analizde, cerrahi olmayan retreatment ile endodontik apikal cerrahi için başarı oranları değerlendirilmiştir. 4 yıldan az kısa dönem takipte endodontik cerrahi grubunda anlamlı olarak daha yüksek başarı oranı bulunmuştur. Uzun dönem takipte iki grup arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.³³

2.5. Endodontik Retreatment Aşamaları

Temel amaç, etkili bir yeniden şekillendirme ve irrigasyon için apikal bölgeye yeniden erişimin sağlanabilmesidir. Birincil endodontik tedaviden farklı olarak kök kanal dolgu materyallerinin ve varsa yabancı cisimlerin uzaklaştırılması gerekmektedir.

2.5.1. Giriş Kavitesi

İlk endodontik tedaviden sonra dişlerde genellikle kapsamlı birer restorasyon bulunduğundan yeterli görüşü sağlayabilmek ve tüm kanallara erişebilmek için mevcut

restorasyonun kısmen veya tamamen uzaklaştırılması gerekmektedir. Ayrıca endodontik tedavili dişlerde post kor yapılara da sıklıkla rastlanılmaktadır.

Etkili bir tedavi uygulayabilmek için kanallara erişimin kolaylıkla sağlanabiliyor olması gerekmektedir. Tam veneer kronlarda kanallara doğrudan erişim için mümkünse restorasyon tamamen kaldırılmalıdır. Ancak yeni yapılmış restorasyonlarda, restorasyonun kırılma riskinden dolayı klinisyenler zaman zaman kron üzerinden erişim sağlamaktadır. Bu da prosedürel hataları arttırmaktadır.

Mevcut restorasyonun kaldırılmasındaki bir diğer avantaj ise, gelişen sekonder çürüklerin tespit edilebilmesi ve temizlenebilmesi ile tedavinin prognozunu arttırmasına katkı sağlamasıdır. Estetik ve sızdırmaz bir rezin bonding restorasyonun varlığında, restorasyonun tamamen kaldırılmasına gerek yoktur.³⁴⁻³⁶

2.5.2. Kanal Dolgu Materyallerinin Uzaklaştırılması

2.5.2.1. Guta-perkanın Uzaklaştırılması

Dolum esnasında kullanılan teknik, kanalların anatomisi, kökün eğimi ve kök uzunluğu guta-perkanın uzaklaştırılmasındaki zorluk derecesini belirler.³⁴ Guta-perkanın kök kanallarından uzaklaştırılması kanal patlarına göre göreceli olarak daha kolay olmaktadır.³⁷ Guta-perkayı uzaklaştırmada el eğeleri, Ni-Ti döner alet eğeleri, ultrasonikler, kimyasal çözücüler ve ısıdan yararlanılmaktadır.³⁸

2.5.2.1.1. Mekanik Yöntemler ile Uzaklaştırma

Guta-perkanın uzaklaştırılmasında geçmişten bugüne en sık kullanılan aletlerden olan paslanmaz çelik el eğeleri, yetersiz dolumu yapılan ve dolgu materyali yeterli kondanse edilmeyen kanallarda rahatlıkla kullanılmaktadır. Kök kanal uzunluğu boyunca rahatlıkla yerleştirilebilen 25 numaralı K tipi bir eğeden sonra, Hedström eğeler ile kanal duvarı ve guta-perka arasına yerleşim sağlanır. Çeyrek tur döndürülerek guta-perkaya saplanan H tipi

eğ, çekme hareketi ile kanaldan uzaklaştırılır. Ancak bu yöntem, kondanzasyonu iyi olan kanallarda uzun ve uğraştırıcı bir yöntem olabilmektedir.^{39, 40}

Çoğu Ni-Ti eğ sistemi kanal şekillendirme işlemi için tasarlanmışken, bu sistemler zamanla kanal yenileme işlemlerinde de kullanılmaya başlanmıştır.⁴¹ Zuolo ve ark. yaptığı bir çalışmada, düz kanallı dişlerde resiprokal eğ sisteminin rotary eğ sisteminden anlamlı olarak daha fazla kanal dolgusu uzaklaştırdığı, uzaklaştırma süresinin hem el eğelerine hem de rotary sisteme göre resiprokal eğ sisteminde anlamlı olarak daha kısa olduğu bulunmuştur.⁴² Rödig ve ark. tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, eğimli kanallarda kaldırılan dentin miktarı açısından resiprokal sistem ile rotary retreatment eğ sistemi arasında anlamlı bir fark bulunamamış, ancak her ikisinin de H tipi eğelerden anlamlı olarak daha az dentin kaldırdığı saptanmıştır. Kanalların temizliğinde hiçbir eğ grubu birbirine üstünlük göstermemiştir.⁴³

Kanal şekillendirme işlemi için üretilen eğ sistemlerinin yanı sıra retreatment için de özel eğ sistemleri üretilmiştir. D-RaCe Retreatment Eğ Sistemi (FKG Dentaire, La Chaux de Fonds, İsviçre), ProTaper Universal Retreatment Eğ Sistemi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), R-Endo Retreatment Eğ Sistemi (Micro-Mega, Besancon, Fransa), Mtwo Retreatment Eğ Sistemi (VDW, Antaeus, Münih, Almanya), XP-Shaper ve XP-Finisher R eğeleri (FKG Dentaire, La Chaux de Fonds, İsviçre) retreatmentta sıklıkla tercih edilmektedir. El eğelerine göre işlem süresi oldukça kısadır ve hasta yorgunluğunu önemli ölçüde azaltmaktadırlar.⁴⁴

ProTaper Universal Retreatment Eğ Sistemi

Kök kanalının her üçte birlik kısmı için birer adet tasarlanan D1, D2 ve D3 eğelerinden oluşur. Bu aletler ProTaper şekillendirme ve bitim eğelerinde olduğu gibi dışbükey üçgen bir kesite sahiptir.⁴⁵

D1 eğesi, dolgu malzemesine penetrasyonu arttırmak amacıyla aktif bir uca sahiptir. Uzunluğu 16 mm olan bu eğ %9 tapera sahiptir, ISO standartlarına göre 30 numaralı eğ boyutundadır. Kanalın koronal üçte birlik kısmı için tasarlanan bu eğenin sap kısmında bir adet beyaz halka bulunmaktadır.

D2 eğesinin uzunluğu 18 mm ve taperi %8'dir, ISO standartlarına göre 25 numaralı eğe boyutundadır. Kanalin orta üçte birlik kısmı için tasarlanan bu eğenin sap kısmında iki adet beyaz halka bulunmaktadır.

D3 eğesinin uzunluğu 22 mm, taperi %7'dir ve ISO standartlarına göre 20 numaralı eğe boyutundadır. Kanalin apikal üçte birlik kısmı için tasarlanan bu eğenin sap kısmında üç adet beyaz halka bulunmaktadır.

D2 ve D3 eğelerinde aktif uç bulunmaz; bu da iatrojenik hata riskini en aza indirir. Üretici talimatlarına göre 500-700 rpm hız ile guta-perka uzaklaştırmada, 250-300 rpm hız ile pat uzaklaştırmada kullanılabilirler. Tork değeri için 2 Ncm önerilmiştir. Apikale hafif basınç uygulanarak ve kanal duvarlarına fırçalama hareketi yapılarak kullanılmaları tavsiye edilmektedir.^{46, 47}

2.5.2.1.2. Kimyasal Çözücüler ile Uzaklaştırma

Retreatment esnasında guta-perkanın ve patın daha kolay uzaklaştırılması için bazı kimyasal çözücülerin kullanımı önerilmiştir. Kloroform, halotan, portakal yağı, ökaliptol ve ksilen en sık kullanılan çözücülerdendir.^{48, 49}

Bazı çalışmalar kloroformun en etkili çözücü olduğunu desteklemektedir. Ökaliptol, ksilol veya halotan gibi diğer çözücülerle karşılaştırıldığında mükemmel bir çözme kapasitesine sahip olduğu gösterilmiştir.^{50, 51} Ancak bu çözücüler oldukça toksiktir ve mümkün olduğunca kullanımından kaçınılmalıdır.^{52, 53}

Endodontide retreatment için ideal bir çözücü, düşük toksisite göstererek klinik güvenliği sağlamalı ve yeterli çözme kapasitesi gösterebilmelidir. Esansiyel yağlardan olan portakal yağı diğer çözücülere göre daha biyouyumlu bulunmuştur. Guta-perka üzerindeki çözme etkisi diğer çözücülerle benzer olsa da, farklı patlar üzerinde farklı çözme etkinliği göstermiştir.^{54, 55}

2.5.2.1.3. Isı ile Uzaklaştırma

Guta-perkayı uzaklaştırmak için kullanılabilecek bir diğer teknik de ısıdır. Guta-perka üzerine doğrudan uygulanabilecek ısıtılmış bir plugger veya başka uygun bir el aleti kullanılabilir. Ancak guta-perka iyi bir iletken olmadığından, yalnızca el aletinin temas ettiği yüzeydeki guta-perkayı yumuşatacaktır. Ayrıca ağız dışında ısıtılan bu aletler çabuk soğumakta, ağız içine taşınırken hastada çeşitli yaralanmalara sebebiyet verebilmektedir.⁵⁶

Sıcak dolum cihazlarından olan Touch'n Heat (SybronEndo, Orange, CA, ABD) veya System B Isı Kaynağı (SybronEndo, Orange, CA, ABD) aynı zamanda guta-perkayı yumuşatarak, guta-perkanın el aletleri veya Ni-Ti döner eğeler ile çıkarılmasını kolaylaştırır.⁵⁷ Uygulanan ısının kontrolüne ve aletin kanalın düz kısmına yerleştirildiğine dikkat edilmelidir.⁵⁸

2.5.2.2. Patların Uzaklaştırılması

Yumuşak patlar olarak sınıflandırılan kalsiyum hidroksit içerikli ve çinko oksit içerikli patlar eğeler ve irrigasyon ile rahatlıkla uzaklaştırılabilirken, sert patlar olarak sınıflandırılan epoksi-rezin, cam iyonomer ve biyosereamik içerikli patlar kanallardan daha zor uzaklaştırılabilmektedir.⁵⁹ Sert patların uzaklaştırılmasında geleneksel yöntemlerin yetersiz kaldığı durumlarda ilave irrigasyon aktivasyon teknikleri kullanılmaktadır. Bu teknikler sonik, ultrasonik aktivasyon ile XP-Endo Finisher R gibi eğeleme ile birlikte aktivasyon yapan teknikler olabileceği gibi, lazer destekli irrigasyon aktivasyon teknikleri (PIPS, SWEEPS) de olabilmektedir.^{60, 61}

Patın çözülmesini kolaylaştırmak amacıyla çeşitli kimyasal çözücülerden de faydalanılabilmektedir. Rezin içerikli patların çözünmesine yönelik geliştirilen Endosolv-R ve çinko oksit içerikli patlar için geliştirilen Endosolv-E kimyasal çözücüleri, kloroformun toksik etkisinden korunmak ve güvenli bir pat uzaklaştırma etkinliği sağlamak amacıyla kullanılabilmektedir.⁶²

2.5.3. Kök Kanallarının Yeniden Şekillendirilmesi

Kanal tedavisinde başarısızlığın en önemli nedenlerinden biri apikal daralıma kadar olan kök kanalının yeterince şekillendirilmemesi, dolayısıyla da kanalların yetersiz dezenfeksiyonudur. Bakteri sayısında azalma; mekanik şekillendirme, antimikrobiyal ajanlarla temizlik ve kanal içi ilaçlarla dezenfeksiyon üçlüsü ile gerçekleştirilir.^{63, 64} Bu yüzden retreatmentın amacı birincil kök kanal tedavisi ile aynıdır; kanallarda etkin bir temizlik ve sızdırmaz bir kanal dolgusu elde edebilecek şekilde şekillendirme sağlamaktır.⁶⁵

Kemomekanik temizlik kanal içinde sınırlı olmalı ve minör apikal daralıma kadar uzanmalıdır. Minör apikal daralım histolojik bir oluşumdur ve genellikle radyografik apeksin 0,5-1 mm altında bulunur.^{66, 67} Ancak periapikal radyografilerin 2 boyutlu olması apikal daralımın konumunu belirlemede yetersiz kalmaktadır. Şekillendirmenin etkinliğini arttırmak, taşkın ya da yetersiz kemomekanik temizliği önlemek amacıyla elektronik apeks bulucuların kullanımı günümüzde oldukça yaygındır.^{68, 69}

Kök kanallarını şekillendirmede sıklıkla paslanmaz çelik el eğeleri, mikromotara takılabilen veya endodontik motorlar ile kullanılabilen Ni-Ti döner alet eğeleri kullanılmaktadır.

Paslanmaz çelik eğeler, metalürjik özellikleri gereği alet boyutu arttıkça artan sertlik göstermektedirler. Dar ve eğimli kanallarda şekillendirme esnasında alet orijinal konumuna geri dönmeye çalışır. Boyutu büyük olan çok sert eğeler, kanal eğiminin dışbükey kısmında içbükey kısmından daha fazla dentin kaldırılmasına ve dolayısıyla eğimin düzleşmesine neden olur. Ayrıca bu nedenle kanallarda basamak oluşumu, zipping, perforasyon ve transportasyon gibi prosedürel hatalara sebebiyet verir.^{70, 71} Tüm bu dezavantajlarından dolayı paslanmaz çelik eğelere alternatif olarak Ni-Ti alaşımlı eğeler üretilmeye başlanmıştır.

Nikel ve titanyumun benzersiz şekil hafızasına ve süper elastik özelliğine sahip olduğu alaşım grubuna “nitinol” adı verilmektedir. Nitinol tellerin süper elastik davranışı, deformasyondan önceki orijinal hallerine dönebildikleri anlamına gelmektedir.⁷² Bu alaşım, paslanmaz çeliğe kıyasla daha dayanıklıdır ve daha düşük bir esneklik modülüne sahiptir. Eğimli kök kanallarında kullanımda önemli bir avantaj sağlayan bu özellik, kolay bir şekilde kalıcı deformasyona uğramalarını engellemektedir.^{73, 74} Ayrıca alaşımın bu özellikleri, kanalın orijinal şeklinin korunmasına katkıda bulunmaktadır.⁷⁵ Eğenin yüksek döngüsel

yorgunluk direnci göstermesini sağlayan düşük elastisite modülü, kırılma insidansını oldukça azaltmaktadır.⁷⁶

Endodontide Ni-Ti eğelerin kullanımı fikri ilk olarak Civjan ve ark. tarafından ortaya atılmıştır.⁷⁷ Daha sonra bu eğelerin şekillendirme ve kesme verimliliğini arttırmak, kırılma riskini azaltmak için kullanılan alaşımın kompozisyonunda, üretim prosedürlerinde, kesit tasarımı gibi geometrik özelliklerinde değişiklikler yapılarak günümüze kadar birçok ege sistemi piyasaya sürülmüştür.⁷⁸ Metalurjideki teknolojik gelişmelerle birlikte üreticiler daha kolay, daha hızlı ve daha iyi kök kanal şekillendirme için ve kırılmaya karşı daha yüksek direnç göstermesi için, çeşitli tasarım özellikleri gösteren M-Wire (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD) veya Control Memory Wire (CM) teknolojileri ile üretilmiş ege sistemlerini tanıtmışlardır. Ek olarak, endodontik motorlar tork kontrolü sağlanabilir ve çeşitli kinematiklerde ayarlanabilir hale gelmiştir.⁷⁹

Reciproc Eğe Sistemi (VDW, Münih, Almanya)

Çalışmamızda kullandığımız Reciproc döner ege sistemi, resiprokal hareket prensibi ile çalışan tek eğeli bir sistemdir. Azalan oranda değişken konikliğe sahip R25 (25/.08), R40 (40/.06) ve R50 (50/.05) eğelerinden oluşan bu sistem, S-şekilli bir enine kesit tasarımı sunar. Çift kesme kenarına sahip bu tasarım, eğenin daha yüksek kesme etkinliği göstermesine katkıda bulunmaktadır.⁷⁹ De Deus ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, mandibular molar dişlerin düz veya orta derecede eğimli kanallarının çoğunda glide path oluşturulmadan tam çalışma boyuna ulaşabildiği gösterilmiştir.⁸⁰

Geleneksel süper elastik tellerin ısı işlem görmüş alaşımlara göre daha fazla sertliğe sahip olduğu ve daha fazla kesme etkinliği gösterdiği kanıtlanmıştır.^{81, 82} Döngüsel yorgunluk direncini arttırmak amacıyla özel bir termomekanik üretim prosedürü ile üretilen M-Wire⁸³, Reciproc eğelerde kullanılan Ni-Ti alaşım teknolojisidir. Geleneksel Ni-Ti alaşımlarının aksine vücut sıcaklığında az miktarda martensit ve R-fazı içeren östenit faz bulunduran M-Wire teknolojisi^{84, 85} ile üretilen eğelere süper elastik bir özellik kazandırmaktadır⁸⁶. Bu da daha yumuşak bir ege tasarımı olmasıyla döngüsel yorgunluk direnci fazla ve buna rağmen etkili bir kesme etkinliği gösteren bir ege teknolojisi sunmaktadır.⁸⁷

Bu özellikleri ile Reciproc ege sistemi ile hem ilk şekillendirmede (R25) hem de retreatment esnasında (R25, R40) daha etkili bir şekilde ve daha kısa sürede kanal şekillendirmesini tamamlamayı hedefledik.

2.5.4. Kök Kanallarının Dezenfeksiyonu

İrrigasyon olmadan yapılan kanal şekillendirme işleminde, kök kanalı apekslerinde toplanan dentin kalıntıları ve pulpal kalıntılar ile irrigasyon kullanıldığı duruma göre kanalda %70 daha fazla debris oluşmasına neden olduğu gösterilmiştir.⁸⁸ Mekanik preparasyon esnasında dokunulmayan alanların varlığı, debris ve smear tabakası oluşumu, bakterilerin derin dentin tübüllerine penetre olması ve kalıcı enfeksiyonlara neden olan mikroorganizmaların varlığı kök kanallarında kimyasal bir dezenfeksiyonu gerekli kılmaktadır. Retreatmentta kanalların etkin bir şekilde boşaltılmasından sonra, tıpkı birincil endodontik tedavideki gibi etkili bir irrigasyon protokolü gerçekleştirilmelidir.⁸⁹

Endodontide irrigasyonun amaçları mekanik, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç ana başlıkta incelenebilir. Debrisi kanaldan uzaklaştırmak, kanalı kayganlaştırmak, organik ve inorganik dokuyu çözmek ve şekillendirme esnasında smear tabakası oluşumunu engellemek veya oluştuktan sonra kanaldan uzaklaştırmak mekanik ve kimyasal hedeflerdendir. İrriganların biyolojik hedefleri ise genel olarak antimikrobiyal etkinlikleri ile ilgilidir; planktonik formlarında ve biyofilmlerde anaerobik ve fakültatif mikroorganizmalara karşı yüksek etkinliğe sahip olmak ve vital dokulara temas ettiklerinde toksik özellik göstermemek ve ayrıca periodontal dokulara iritan olmayıp anafilaktik reaksiyonlara neden olmamak irrigasyonun başlıca biyolojik amaçlarındandır.⁹⁰

2.5.4.1. Endodontide Kullanılan Güncel İrrigasyon Solüsyonları

İrrigasyon solüsyonlarının her birinin etki mekanizması ve sonucunda oluşturduğu etki farklı olduğundan, kanal tedavisi esnasında birden fazla solüsyon kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Buna göre, güncel olarak kullanılan irrigasyon solüsyonlarının etkileri Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Endodontide Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

	Kimyasal Solüsyonlar	Doğal Ajanlar
Organik Doku Çözücü	NaOCl	
Antibakteriyel Ajanlar	Bakterisid: NaOCl Bakteriyostatik: CHX	Yeşil Çay, Triphala, Curcuma Longa
Şelasyon Ajanları	Zayıf pH: HEBP Güçlü pH: EDTA	
Kombine Ajanlar	MTAD, QMix, Tetraclean, SmearClear	

NaOCl; sodyum hipoklorit, CHX; klorheksidin, HEBP; 1-hidroksietiliden-1,1-bifosfonat (etidronik asit), EDTA; etilendiamintetraasetik asit.

Endodontide organik dokuları çözmek ve mikrobiyal florayı uzaklaştırmak amacıyla NaOCl, inorganik dokuyu çözmek ve bu etkisiyle smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla EDTA, uzun süreli antimikrobiyal etkinliği ile kanallarda aseptik bir alanın oluşturulmasını sağlamak amacıyla da CHX sıklıkla kullanılan irrigasyon solüsyonlarıdır.⁹¹

2.5.4.1.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Sodyum hipoklorit; mükemmel organik doku çözme kapasitesi⁹², smear tabakasının organik kısmını çözme kabiliyeti⁹³, biyofilmlerde ve dentin tübüllerinde organize olmuş endodontik patojenlere (bakteri, bakteriyofaj, maya, virüs ve sporlara) karşı yüksek verimli etkinliği^{94,95}, endotoksin inaktivasyonuna katkı sağlaması⁹⁶ ile endodontide en sık kullanılan irrikanların başında gelmektedir.

Yağ asitlerini parçalayıp yağ asidi tuzlarına (sabun) ve gliserole (alkol) dönüştürerek kalan çözeltinin yüzey gerilimini düşüren (sabunlaşma reaksiyonu) bu irrikan, doku proteinleriyle temas ettiğinde kısa sürede proteinlerin peptit bağlarını parçalamaktadır. Bu esnada imino gruplarındaki (-NH-) hidrojen, antimikrobiyal etkinlik için önemli bir rol oynayan kloraminleri oluşturan klor (-N.Cl-) ile değiştirilir. Böylece nekrotik doku ve püy çözülür ve antimikrobiyal ajanın enfekte bölgelere daha iyi ulaşması ve temizlemesi sağlanır.⁹⁷

Konsantrasyonu arttıkça etkinliği ve buna bağlı olarak da toksisitesi artan NaOCl, endodontide %0.5-6 aralığında kullanılmaktadır. Kök kanallarında kalıcı enfeksiyona ve endodontik tedavide başarısızlığa neden olan mikroorganizmalardan E. Faecalis'in %5.25 NaOCl solusyonunda 30 saniyede elimine olduğu gösterilmiştir.⁹⁸

Sodyum hipokloritin etkinliği ayrıca solusyonun kanallarla temas süresine (düşük ama etkin konsantrasyonda solusyon sık sık yenilenmelidir), tazeliğine, saklama koşullarına, ısısına, pH'sına ve kullanılan aktivasyon yöntemlerine göre değişkenlik göstermektedir.⁹⁹ Düşük konsantrasyondaki NaOCl'nin etkinliğini arttırmak amacıyla solusyonun ısıtılması bir alternatif olabilir. Ancak 37°C'nin üzerindeki sıcaklıklar periodontal ligament hücrelerine zarar verebileceğinden, birkaç dereceden daha yüksek sıcaklıklarda kullanımı önerilmemektedir.¹⁰⁰

Pasif ultrasonik irrigasyon yöntemi ile NaOCl'nin kullanımının kanallarda yüksek doku zme etkinliğinin gsterilmesinin¹⁰¹ ardından, birçok aktivasyon sisteminin karşılaştırmalı çalışmaları yapılmıştır. Sonuç olarak, aktivasyon sistemlerinin NaOCl'nin doku zme ve dentin tübüllerine penetrasyonunu arttırdığı ortaya konmuştur.⁵ Ayrıca bu yöntemler ile kanallardan patların sklme etkinliğinin arttırılabildiği birçok çalışmada gösterilmiştir.^{6, 7}

Vital dokularda kostik etki gösteren NaOCl'nin komplikasyonlara yol açmasını engellemek amacıyla rubber dam altında düşük konsantrasyonlarda kullanılması, hasta ve hekime gzlk ve plastik örtü gibi koruyucu ekipmanlar sağlanması, irrigasyon iğnesinin yandan delikli olanlarının tercih edilmesi ve çalışma boyunun en az 2 mm altında kullanılması, irrigasyon esnasında aşırı basınçtan kaçınılması gibi önlemler dikkate alınmalıdır.¹⁰²

2.5.4.1.2. Etilendiamintetraasetik Asit (EDTA)

Sodyum hipokloritin tüm avantajlarına rağmen smear tabakasının inorganik kısmını zmede etkisiz olması, şelasyon ajanları ile beraber kullanımını gerekli kılmıştır. Aynı zamanda kanal içi kalsifikasyonların kaldırılmasında da şelasyon ajanlarından faydalanılmaktadır.

Endodontide en sık kullanılan şelatörlerden olan EDTA, bir poliamino karboksilik asittir. Kanallardaki smear tabakası ve sert dokular ile teması sonucu Ca^{+2} ve Fe^{+3} gibi katyonik iyonlara bağlanır ve çözelti içerisinde tutulmasını sağlar.¹⁰³ Ancak EDTA tek başına smear tabakasını kaldırma özelliği göstermez, öncesinde organik komponentleri çözecek bir solüsyona (NaOCl) ihtiyaç vardır.¹⁰⁴ Tüm şelatörlerin kalsiyum ile bağlanmasıyla sona eren demineralizasyon etkisi, temas süresi ve konsantrasyona göre dentinin mineral yüzdesinde değişiklik göstermesine neden olabilir.¹⁰⁵

Değişen konsantrasyonlarda kullanımı olan EDTA'nın en sık %17'lik formu tercih edilmektedir. Bu formülasyondaki EDTA'nın 1 dakikadan kısa sürede smear tabakasını uzaklaştırdığı bildirilmektedir.⁹⁰ Daha düşük konsantrasyonlar (%1-8) da smear tabakasını uzaklaştırmaktadır ve açıkça daha az dentin erozyonuna sebep olduğu kanıtlanmıştır.¹⁰⁶

Smear tabakasının kaldırılmasıyla yapısında var olan mikrobiyal hücreler ve antijenler uzaklaştırılır, diğer irrigasyon solüsyonlarının dezenfeksiyon etkinliği artar, kanal patlarının dentine penetrasyonu ve kanal dolum kalitesi artar.^{95, 107-109} Goldman ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada smear tabakasını kaldırmada final irrigasyonu için en etkili protokolün 10 ml %17'lik EDTA'dan sonra 10 ml %5.25 NaOCl kullanımı olduğu gösterilmiştir.¹¹⁰ Ayrıca EDTA'nın salinden fazla olmak üzere düşük dereceli antimikrobiyal etkinliği de vardır.¹¹¹

Retreatmentta dentin duvarlarından etkili bir şekilde kanal dolgusunun uzaklaştırılmasında EDTA ve NaOCl'nin sıralı kullanımının ve ilave aktivasyon sistemleri ile de etkinliğinin arttırılabileceği birçok çalışmada gösterilmiştir. Keleş ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada kalsiyum hidroksit, poliketon, çinko oksit ojenol, silikon ve iki farklı rezin patın kanallardan uzaklaştırılmasında EDTA'nın NaOCl'ye göre belirgin şekilde üstün olduğu gösterilmiştir.¹¹²

2.5.4.1.3. Klorheksidin (CHX)

Geniş spektrumu ve uzun süreli antimikrobiyal etkisi ile nekrotik veya retreatment gerektiren dişlerde EDTA'dan sonra son irrigasyon solüsyonu olarak kullanımı önerilmektedir.^{113, 114} Ancak organik yada inorganik doku çözme yeteneğinin olmaması nedeniyle tek başına kullanımı sınırlıdır.¹¹⁵

Klorheksidin sentetik bir katyonik bis-guaniddir. Molekölün pozitif yükü, bakterilerin hücre zarında bulunan fosfolipidler ve lipopolisakkaritlerin negatif yüklü fosfat grupları ile etkileşime girerek mikrobiyal hücre duvarındaki geçirgenliği artırır ve bir çeşit pasif taşıma yoluyla hücre içine girerek etkinlik gösterir.¹¹⁶ Düşük konsantrasyonda (%0.2) potasyum ve fosfor gibi düşük moleköl ağırlıklı maddelerin hücre dışına sızmasına neden olarak bakteriyostatik etkinlik gösterir. Daha yüksek konsantrasyonda (%) ise sitoplazma içeriğinin çökmesi ile hücre ölümüne neden olarak bakterisit özellik gösterir.¹¹⁷ Kanal irriganı yada kanal medikamenti olarak %2'lik konsantrasyonda kullanılmaktadır.

Gram-pozitif ve gram-negatif bakterilere, maya, mantar ve fakültatif anaeroblara karşı etkinlik gösteren CHX, biofilmlere karşı düşük etkinlik göstermektedir.¹¹⁸ Biofilmlere karşı en yüksek etkinliği NaOCl göstermektedir.¹¹⁹ Final irrigasyonda NaOCl'nin ardından CHX kullanılacaksa, iki solüsyon arasında kanalların distile su ile iyice irriga edilmesinden sonra kullanılmasına dikkat edilmelidir, çünkü bu iki solüsyon birbirleri ile etkileşerek oldukça toksik bir moleköl olan parakloroanilini (PCA) meydana getirmektedir. Kısa süreli temasta dahi siyanoza yol açabilen methemoglobin oluşumuna neden olmaktadır. Ancak tek başına CHX biyouyumlu bir solüsyondur.¹²⁰

Klorheksidin %2'lik konsantrasyonunun kanallarda irrigan olarak kullanımı ile 72 saate kadar etkinliğini kaybetmediğini gösteren çalışmalardan^{121, 122} sonra 5 dakikalık uygulama ile 4 haftaya kadar¹²³, 10 dakikalık uygulamadan sonra ise 12 haftaya kadar kontrollü salınım gösterdiği bulunmuştur.¹²⁴

Tüm bu olumlu özelliklerinin yanında CHX'nin dezavantajları olarak dentin, dentin bileşinleri, vital yada nekrotik dokular, inflamatuvar eksüda ve ölü mikroorganizmalar ile temasta etkinliğini yitirmesi, doku çözücü etkinliğinin olmaması ve smear tabakanın kaldırılmasında etkisiz olması sayılabilir.¹²⁵

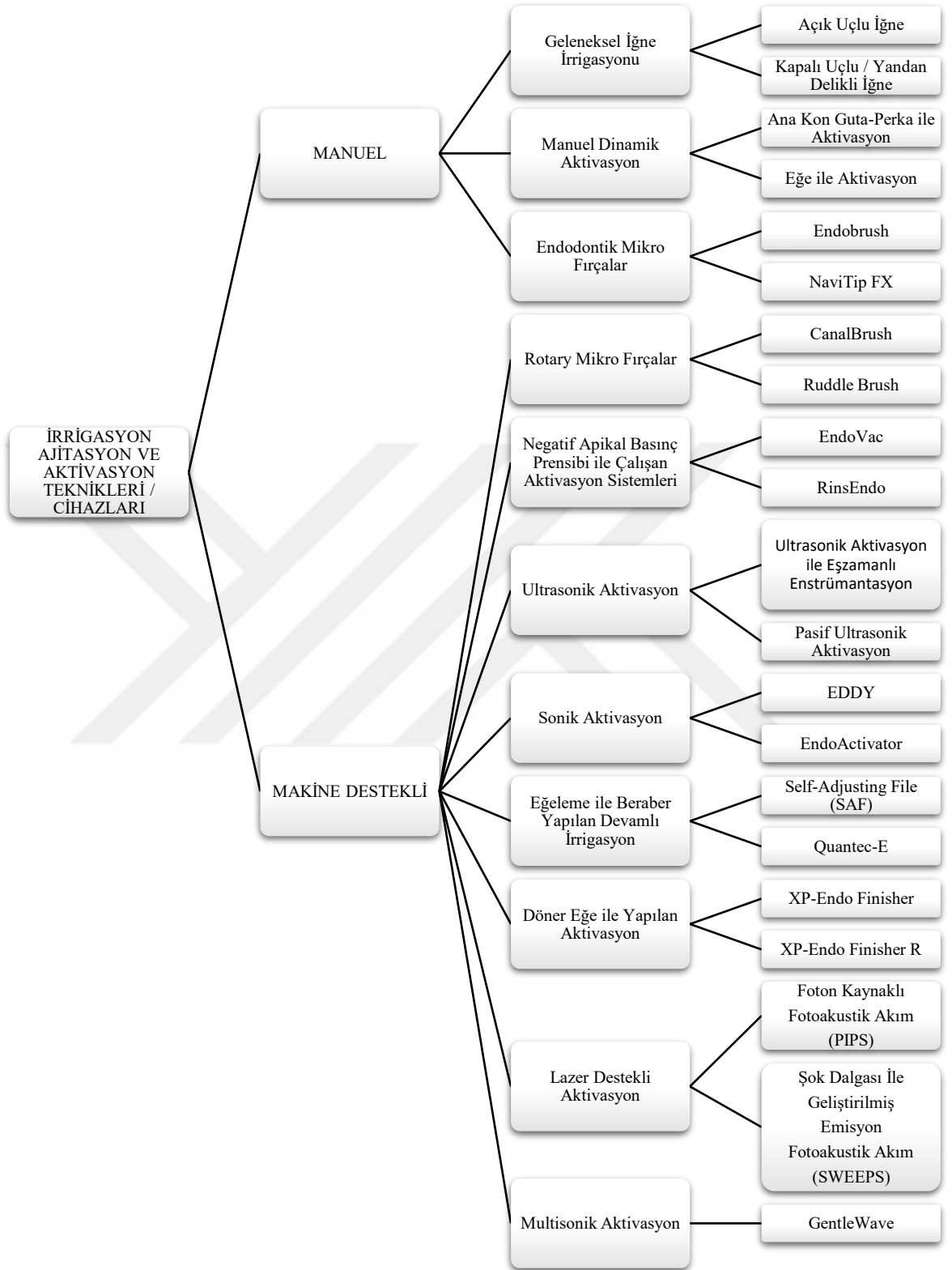
2.5.4.2. İrrigasyon Aktivasyon Teknikleri

Kök kanal tedavisinde mekanik şekillendirme ile ulaşılamayan alanların varlığı genellikle karmaşık kanal anatomisi ile ilişkili olmaktadır.¹²⁶ Yapılan çalışmalarda, kullanılan şekillendirme sisteminden bağımsız olarak hiçbir sistem kök kanalının tamamını şekillendirememiştir, kök kanallarında dokunulmayan alan oranları %50'lere

çıkmaktadır.¹²⁷⁻¹²⁹ Aynı şekilde, retreatment yapılan kanallarda mekanik şekillendirmenin kanal dolgu malzemelerini uzaklaştırmada tek başına yetersiz olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir.⁴⁴

Tüm bu ulaşılamayan kanal duvarları (düz, eğimli, C-şekilli veya oval kanal anatomisine sahip köklerde), isthmuslar, lateral kanallar ve dentin tübüllerinden debris ve smear tabakayı uzaklaştırmak için kemomekanik bir temizlik gereklidir. Ayrıca döner alet eğelerinin kendisi de uzaklaştırdığı dentin kalıntılarını bu anatomik düzensizliklere doldurma eğilimindedir.^{130, 131}

Kemomekanik olarak kök kanallarının tamamen temizlenmesinin yalnızca geleneksel iğne irrigasyonu ile mümkün olmadığı anlaşıldıkça^{132, 133}, hem kanallara yeterli irrigasyon solüsyonu sağlamak hem de bu solüsyonların etkinliğini arttırmak için birçok irrigasyon aktivasyon tekniği geliştirilmiştir.¹³⁴



Şekil 2.1. İrrigasyon Ajitasyon ve Aktivasyon Teknikleri / Cihazları

2.5.4.2.1. Manuel İrrigasyon Aktivasyon Teknikleri

2.5.4.2.1.1. Geleneksel İğne İrrigasyonu

Geleneksel iğne irrigasyonu, geniş kullanım alanı ve kolaylığı ile en sık kullanılan irrigasyon tekniğidir. Piston içinde oluşan kuvveti direkt apikale ileten bu iğneler pozitif apikal basınca neden olur.¹³⁵ İrrigasyon solüsyonunun kanala taşınmasını sağlayarak diğer aktivasyon sistemlerinin kullanımı için yardımcı görev görür. Kendi başına kullanıldığında aktivasyon sağlamak için iğne ucu kök kanalı içerisinde aşağı yukarı hareket ettirilir.¹³⁶

Farklı boyutlarda çaplara, uç açıklıklarına ve esnekliğe sahip iğne tipleri mevcuttur. Paslanmaz çelik, Ni-Ti veya plastikten yapılmış türleri vardır.¹³⁷ En uç kısmı açık olan tipteki iğnelerin, solüsyonun apikalden taşmasına ve buna bağlı post-op ağrı, inflamasyon gibi komplikasyonlara neden olması nedeniyle kullanımı azalmıştır. Ucu kapalı yandan delikli 30 G iğneler endodontide sıklıkla kullanılmaktadır. Solüsyonun apikalden taşmasını sınırlandırmasının yanında, hidrodinamik aktivasyonu arttırdığını gösteren çalışmalar da mevcuttur.¹³⁸

Geleneksel iğne irrigasyonunun etkinliğini arttırmak için iğne ucunun apeksten 1-2 mm geride konumlandırılması, küçük boyutta bir irrigasyon iğnesi kullanılması (27-30 G), solüsyon hacminin artırılması, irrigasyonun yavaş yapılması ve aktivasyon gereklidir.^{139, 140} Bununla birlikte, geleneksel iğne irrigasyonundan sonra solüsyonun ulaşamadığı alanların varlığı tespit edilmiştir. Bu da daha farklı aktivasyon sistemlerinin geliştirilmesini gerekli kılmıştır.¹⁴¹

2.5.4.2.1.2. Manuel Dinamik Aktivasyon

Ana kon guta-perka ile manuel dinamik aktivasyon, şekillendirilmesi tamamlanmış kök kanalına uyumlu bir guta-perkanın çalışma boyunda 2-3 mm yukarı aşağı hareket ettirilmesiyle solüsyonlarda hidrodinamik bir kuvvetin oluşturulduğu bir tekniktir. Değişken basınç alanları oluşturan bu teknik, solüsyonun daha çok yüzeye temas etmesini sağlar. Guta-perkanın hareket frekansının 30 saniyede 100 hareket olacak şekilde olması hedeflenmektedir. Maliyetsiz olmasına rağmen uğraştırıcı ve etkinliği kısıtlı bir teknik

olması ve ileri seviye aktivasyon sistemlerinin geliştirilmesi nedeniyle kullanımı azalmaktadır.^{136, 142}

2.5.4.2.1.3. Endodontik Mikro Fırçalar

Kök kanalının solüsyon ile doldurulmasının ardından kanallardaki pulpal ve dentinal artıkların uzaklaştırılması ve irrigasyon ajitasyonunu sağlamak amacıyla geliştirilmiş ürünlerdir. NaviTip-FX (Ultradent Products Inc., Güney Ürdün, UT), 30-G çapındaki bir irrigasyon iğnesi üzerine fırça kaplanarak üretilmiştir. NaviTip-FX'in fırçasız tip NaviTip iğnesine göre koronal üçlüde temizleme etkinliğini arttırdığı bulunmuştur.¹⁴³

Bir diğer mikro fırça tipi olan Endobrush (C&S Microinstruments Ltd., Markham, Ontario, Kanada) ise bükülmüş telin üzerine yerleştirilen naylon kıllardan oluşur. Benzer endikasyonlar için kullanılan bu fırçanın da kanal temizliğinde etkili olduğu bulunmuştur.¹⁴⁴

2.5.4.2.2. Makine Destekli İrrigasyon Aktivasyon Teknikleri

2.5.4.2.2.1. Rotary Mikro Fırçalar

Anguldruva ile kullanımı tasarlanmış olan mikro fırçaların kullanımı ilk olarak Ruddle tarafından önerilmiştir. Apikalden koronale doğru debrislerin ve smear tabakasının uzaklaştırılmasını hedefleyen mikro fırçalardan olan Ruddle Brush, 300 rpm hızda kullanıma uygundur.¹⁴⁵ Aynı amaçla tasarlanan CanalBrush (Coltene Whaledent, Langenau, Almanya) 600 rpm hızda kullanılabilirken, kök kanal düzensizliklerine ve eğimine uygun olarak esneyebilmektedir. Bu esneme kabiliyetini polipropilen yapıda olması ile sağlayabilmektedir. Ayrıca manuel olarak da kullanılabilen CanalBrush'ın anguldruva ile kullanımının daha etkili olduğu gösterilmiştir.¹³⁶

2.5.4.2.2.2. Negatif Apikal Basınç Prensibi ile Çalışan Aktivasyon Sistemleri

RinsEndo cihazı (Dürr Dental GmbH, Bietigheim-Bissingen, Almanya), hidrodinamik basınç altında eş zamanlı irrigasyon ve aspirasyonu birleştiren bir sistemden oluşur. Sistem doğrudan türbin kablosuna bağlıdır ve irrigasyon sıvısı 30 gauge çapında ve 7 mm yan açıklığı olan kanüller vasıtasıyla 2 ila 5 bar basınçta 1,6 Hz frekans ile 7,2 ml/dk hacimde kanala pompalanır. Geleneksel iğne irrigasyonuna göre daha düşük basınçta solüsyon iletimi ve daha fazla solüsyon geri Emilimi sağlanır.^{146, 147}

Apikal negatif basınçlı bir irrigasyon sistemi olan EndoVac sistemi (Discus Dental, Culver City, CA, ABD) irrigasyon solüsyonlarını kanal sisteminin apikal ucuna ileterek debris apikalden koronale taşımak ve kök kanal sisteminden uzaklaştırmak için geliştirilmiştir. Bu sistemde irrigasyon ve uzaklaştırmanın eş zamanlı olarak sürdürülmesi için tasarlanmış bir ana dağıtım ucu vardır. Koronalde biriken debrisin uzaklaştırılması için kullanılan makrokanül bileşeni, ISO #55 büyüklüğünde ve 0.02 koniklikte açık uçlu bir plastikten oluşur. Apikal bölgedeki debrisin uzaklaştırılması için tasarlanan mikrokanül ise, üçlü dört sıra halinde sıralanan 12 küçük deliğe sahiptir. Kapalı uçlu mikrokanülün ISO boyutu #32'dir. Bu da apikal çapı en az #35 büyüklüğünde genişletilmiş kök kanallarında kullanımına izin verdiğini göstermektedir. Dağıtım ucu ile pulpa odasına gönderilen solüsyon, kanüller aracılığı ile kök kanallarına gönderilirken aynı anda yine kanüller aracılığı ile solüsyonun geri Emilimi sağlanarak negatif basınç prensibi ile sıvı akışı oluşturulur.¹⁴⁸

EndoVac sisteminin sonik ve ultrasonik irrigasyon aktivasyon sistemleri ile karşılaştırıldığı bir çalışmada, apikal 1 mm'de debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında en etkili sistemin EndoVac olduğu belirtilmiştir. Sistemlerin farklı kök bölgelerinde benzer etkinlik gösterdiğini belirten bu çalışmada, EndoVac sisteminin apikaldeki temizleme etkinliği kanülün çalışma boyunda yerleştirilmesine bağlanmıştır.¹⁴⁹

2.5.4.2.2.3. Ultrasonik Aktivasyon

Kök kanalı içerisindeki irrigasyon solüsyonunun 25-40 kilohertz (kHz) arasında ultrasonik enerji kullanılarak aktive edildiği bu sistem¹⁵⁰, ultrasonik enerjiyi dağıtan ucun

etrafında dairesel akustik mikro akışın ve kabarcıkların oluşturulması ve geri yıkılması ile karakteristik akustik kavitasyon prensibi ile çalışır. Oluşturulan bu yüksek enerji ile karmaşık kök kanal anatomilerinde yer alan uzak bölgelere dahi ulaşarak kimyasal temizliğin artırılması hedeflenir.¹⁵¹

Ultrasonik aktivasyon ile eşzamanlı olarak şekillendirme yapan sistemlerde, kanal duvarlarına temas ettirilen eğenin oldukça düzensiz kanal şekillendirmesine sebep olabilecek şekilde dentini kontrolsüz kestiği bildirilmiştir.¹⁵² Kanal anatomisinden sapma, basamak oluşumu ve strip perforasyon gibi komplikasyonlara neden olabilen bu sistemler, pasif ultasonik irrigasyona göre debris ve smear uzaklaştırmada daha az verim göstermiştir. Kanal duvarlarına temas sonucu akustik akışın ve kavitasyonun azalması nedeniyle verimliliğin azaldığı sonucuna varılabilir.¹⁵³

Pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) ilk olarak Weller ve ark.¹⁵⁴ tarafından tanımlanmıştır. “Pasif” ifadesi, ultrasonik ucun kesme yani kanalda preparasyon yapmadan kullanımını ifade etmektedir. Aktivasyon, kök kanalına bir enjektör yardımıyla gönderilen irrigasyon solüsyonunun ultrasonik uç veya bir eğenin titreşimi sonucu akustik kavitasyonun oluşturulması ve enerjinin irrigasyon solüsyonuna iletilmesi ile sağlanır. Pasif ultrasonik aktivasyondan maksimum verim alınabilmesi için ultrasonik ucun kök kanalı içerisinde serbestçe hareketi sağlanmalıdır. Önceden şekillendirilmesi tamamlanmış kök kanallarında kullanılan PUI’de seçilen ucun boyutu salınım miktarını etkilemektedir. Çalışmalarda #25 boyutundaki ucun #20 boyutundaki uçtan daha az serbest salınım gösterebildiği, bu nedenle daha geniş kanallarda kullanılması gerektiği belirtilmiştir.¹⁵⁵

Aksesuar veya lateral kanallar, oval kanallar, eğimli kanalların apikal kısmı, istmuslar ve girintilerde geleneksel iğne irrigasyonuna göre daha iyi debris temizleme ve smear kaldırma etkinliği gösteren PUI, yaygın kullanılan bir tekniktir ve klinik standart olarak kabul edilmektedir.¹⁵¹

2.5.4.2.2.4. Sonik Aktivasyon

Ultrasonik sistemlere göre frekansları daha düşük olan (1-6 kHz) sonik aktivasyon sistemleri, esnek uçlarına aktarılan sinüzoidal dalgalar ile kök kanalında irrigasyon solüsyonunun aktivasyonunu sağlar. Sistemlere özel tasarlanan esnek uçlar ile daha düşük

frekanslarda kullanılması nedeniyle kesme gerilim değerleri daha düşüktür.¹⁵⁵ Böylece sert alaşımlardan üretilen ultrasonik uçlar gibi kök kanal duvarlarında tahribata neden olmazlar.¹⁵⁶

Sonik enerji, ucun titreşimini ve ileri geri hareketini önemli ölçüde artırır ve titreşim hareketi ultrasonik cihazlardan farklıdır.¹³⁶ EndoActivator, EDDY, MM1500 piyasada bulunan endodontik sonik cihazlardır.

EndoActivator (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre); 3 farklı boyutta (15/.02 Sarı, 25/.04 Kırmızı, 35/.04 Mavi) polimer uç seçeneği sunan, 2000–10.000 cpm (33–167 Hz) hızda pil ile çalışan, kablosuz ve taşınabilir bir sonik aktivasyon cihazıdır.¹⁵⁷ Şekillendirilmesi tamamlanmış kanallarda 2-3 mm ileri geri hareketlerle kullanılması önerilmektedir. Esnek uç tasarımı sayesinde eğimli kanallarda dahi kullanılabilmekte ve etkinliğini kanal duvarlarına temas etmediği sürece kaybetmemektedir.¹⁵⁸

EDDY (EDDY; VDW, Munich, Germany); 25/.04 boyutunda poliamid bir uca sahip, hava ünitesine bağlı olarak çalışan, steril ve tek kullanımlık bir sonik aktivasyon ucudur. Micron TA-200 (TA-200-S2H, Micron, Japan), KaVo SONICflex (KaVo GmbH, Biberach, Germany) gibi üniteye bağlı sonik cihazlarla kullanılabilir. Üç boyutlu hareket ile salınım yapan bu uç, esnek yapısı sayesinde kök kanalının apikal kısmına kadar yerleştirilebilir ve metal uçlar gibi kök dentinine zarar vermez. Eğimli kanallarda rahatlıkla kullanılabilen bu ucun kırılmaya karşı direnci yüksektir.⁵ Üretici firmaya göre, tıpkı ultrasonik aktivasyonda olduğu gibi kavitasyon ve akustik akış prensibi ile çalışır. Diğer sonik aktivasyon cihazlarına göre daha yüksek frekansta (6000 Hz) çalışan EDDY'nin debris kaldırma ve smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir.¹⁵⁹⁻¹⁶¹

2.5.4.2.2.5. Eğileme ile Beraber Yapılan İrrigasyon Aktivasyon Sistemleri

Quantec-E (Quantec-E; SybronEndo, Orange, CA) ve Self-Adjusting File (SAF; ReDent-Nova, Israil) sistemleri birer döner alet olup şekillendirme esnasında sürekli irrigasyon aktivasyonunun sağlandığı sistemlerdir.

Quantec-E irrigasyon sisteminde pompalama için bir konsol, irrigasyon için iki rezervuar ve bir tüp bulunmaktadır. Quantec-E Endo cihazı ile kullanılan bu irrigasyon sisteminde şekillendirme esnasında sürekli irrigasyon sağlanarak solüsyon hacminin ve

devrinin arttırılması, böylece daha etkili debris ve smear uzaklaştırma sağlanması hedeflenmiştir.¹³⁶ Ancak Setlock ve ark. 40 diş üzerinde geleneksel iğne irrigasyonu ile Quantec-E irrigasyon sistemini karşılaştırdığında, Quantec-E sisteminin yalnızca kökün koronal bölgesinde etkin olarak debris ve smear uzaklaştırma etkinliği gösterdiğini bulmuşlardır. Kök kanalının orta ve apikal bölgesinde anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.¹⁶² Başka bir çalışmada ise daha hızlı ve daha fazla irrigasyon hacmi sağlamasına rağmen debris uzaklaştırma etkinliği geleneksel iğne irrigasyonu ile benzer bulunmuştur.¹⁶³

Self-Adjusting File (SAF); oldukça esnek bir yapıya sahip, nikel titanyum bir kafesten oluşmuş içi boş bir tüp şeklindedir. Çapı 1,5 mm olan bu sistem rahatlıkla sıkıştırılabildiğinden kanalın kesit şekline uyum sağlar. Oval kanallarda kanal duvarlarına yayılım göstererek kendi kendine şekillendirme sağlar. Bu sistemin rotasyon hareketi ile kullanımı mümkün olmadığından, özel bir RDT başlığı ile 5000 rpm’de gagalama hareketiyle kullanılır. Bu esnada içi boş kafes tasarımı sayesinde irrigasyon solüsyonları egeleme ile birlikte kanala iletilir. Böylelikle kök kanalı içerisinde sürekli taze solüsyon bulunur.¹⁶⁴

Siqueira ve ark. enfekte oval kök kanallarında geleneksel iğne ile irrigasyon grubunda %55 canlı bakteri saptarken, SAF grubunda kanalların yalnızca %20’sinin canlı bakteri bulundurduğunu göstermiştir.¹⁶⁵ Hem oval hem de düz kanallarda daha iyi şekillendirme ve temizleme etkinliği gösteren SAF sisteminin E. Faecalis’in kök kanallarından uzaklaştırılmasında da alternatif bir uygulama olabileceği ileri sürülmüştür.¹⁶⁶

2.5.4.2.2.6. Döner Alet ile Yapılan İrrigasyon Aktivasyon Sistemleri

İlk olarak FKG Dentaire (La Chaux de Fonds, İsviçre) firmasının tanıttığı döner alet ile aktivasyon ve bitim eğelerinden olan XP-Endo Finisher, özel bir titanyum alaşımdan (Martensite-Austenite Electropolish-FleX) üretilmiş olup oldukça esnektir. Max-Wire olarak adlandırılan alaşımın bu özelliği sayesinde eğe hem östenit hem de martensit fazda çalışır. Kanal dışındayken oda sıcaklığında martensit fazda olan eğe düz bir şekildedir. Kanal içerisinde 37°C’de östenit faza geçen eğe 1.5 mm derinliğinde eğimli (kaşık şeklinde) bir şekil alır. Bu şekil değişikliği ile irrigasyon solüsyonlarını aktive ederek dentini kaldırmadan ve kanal şeklini değiştirmeden kök kanalı içindeki ulaşılması zor alanlara etki edebildiği

gösterilmiştir. Uç boyutu ISO #25 büyüklüğünde olan eğenin konikliği sıfırdır. Xp-Endo Shaper eğesine göre daha büyük bir genleşme kapasitesine sahiptir ve 6 mm çapa ulaşabilir. Üretici firma 800-1000 rpm hız ve 1 Ncm tork ayarında kullanılmasını tavsiye etmektedir. İleri geri hareket ile 7-8 mm genlikte kullanılmaktadır.¹⁶⁷

Eğimli ve oval kanallarda debris ve Ca(OH)_2 uzaklaştırma kapasitesini önemli ölçüde arttırdığı kanıtlanan bu eğenin¹⁶⁸, retreatment işleminde kanal dolgu materyallerini uzaklaştırma etkinliğini de arttırdığı gösterilmiştir.¹⁶⁹ Simüle internal rezorpsiyon kaviterlerinden Ca(OH)_2 uzaklaştırmada diğer aktivasyon tekniklerine göre üstünlük göstermiştir.¹⁷⁰ Karmaşık kanal anatomisine sahip dişlerde rezidüel bakteri yükünü azaltmada da etkilidir.¹⁷¹

XP-Endo Finisher eğesinin farklı bir varyasyonu olan XP-Endo Finsher R (FKG Dentaire; La Chaux de Fonds, İsviçre), üreticiye göre retreatment işlemlerinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Uç boyutu daha büyük (ISO #30) olan bu eğenin de konikliği sıfırdır. Aletin uç bölgesindeki çeşitli farklılıklar ile daha sert ve agresif etkinlik göstererek, kalıntı kanal dolgu materyallerine daha çok temas eder ve daha etkili bir şekilde temizlik sağlar. XP-Endo Finisher gibi 800-1000 rpm hızda ve 1 Ncm tork ayarında, 7-8 mm genlik ile kullanılır.¹⁷²

2.5.4.2.2.7. Lazer Destekli Aktivasyon

Radyasyonun uyarılması yoluyla ışığın güçlendirilmesi anlamına gelen LASER, endodontide ilk kez karbondioksit (CO_2) lazerin in vitro olarak açık apeksli dişlerde apikal tıkama sağlaması için kullanılmıştır. Endodontik amaçla geliştirilen esnek ve ince fiberler sayesinde lazerler günümüzde kök kanal dezenfeksiyonu, kök kanal dolumu, yeniden endodontik tedaviler, pulpotomi / pulpa kaplama ve apikal cerrahi gibi işlemlerde kullanılmaktadır.¹⁷³

Lazer destekli irrigasyon aktivasyonunda lazer ışınlarının oluşturduğu buhar kabarcıkları irrigasyon solüsyonunda genişleyip patlayarak solüsyonun hareketini hızlandırır. Dalgalar halinde oluşan basınç ve ikincil kavitasyonlar ile aktivasyon gerçekleşmiş olur.¹⁷⁴ Endodontide irrigasyon aktivasyonu için birçok lazer çeşidi kullanılabilir. Bunun yanında, en sık kullanılan Erbium Yttrium Aluminium Garnet

(Er: YAG) lazerdir. Dalga boyu 2940 nm olan bu lazer ışınının kök kanallarında dezenfeksiyon sağlaması hedeflenmiştir. Kök kanallarında irrigasyon solüsyonu bulunmaksızın direkt uygulandığında, smear tabakasını kaldırmada etkili olduğu bulunmuştur.¹⁷⁵ Ayrıca kök kanal patı penetrasyonunda, rezin simanların dentine adezyon kapasitesinin artırılmasında, Ca(OH)_2 ve çeşitli kanal medikamanlarının uzaklaştırılmasında etkinliği ispatlanmıştır.^{176, 177}

Foton Kaynaklı Fotoakustik Akım (PIPS) ve en güncel lazer irrigasyon aktivasyon sistemi olan Şok Dalgası ile Geliştirilmiş Emisyon Fotoakustik Akım (SWEEPS), her ikisi de Er: YAG lazer ile birlikte kullanılan endodontik amaçlı üretilmiş fiber uçlara sahip aktivasyon sistemleridir. Geleneksel lazerlerde olduğu gibi fiber uçların kök kanallarına yerleştirilmesi gerekmez, irrigasyon solüsyonu ile dolu pulpa odasına yerleştirilmesi yeterlidir. Buhar kabarcıklarının birbirini indüklemesi ile şok dalgası yaratan bu sistemlerden PIPS kare formu tek bir lazer dalgası yaratırken, SWEEPS hızlı kabarcık çökmesi oluşturmak için en uygun zaman aralıklarıyla eşleşmiş bir çift ultra kısa lazer atımı yaratır. Bu sayede SWEEPS'in oluşturduğu dalga boyu daha büyüktür ve en dar kanallarda dahi artırılmış bir şok dalgası oluşturur. İlk kabarcığın çökmesiyle beraber gönderilen ikinci darbe ile ikincil kavitasyonlar oluşur ve ilk kabarcığın çökmesini hızlandırarak şiddetli bir şok dalgasına neden olur. Kök kanal duvarlarında kesme kuvvetleri oluşturan ikincil kabarcıklar dentine ulaştığında kendileri de ikincil kabarcık üretir ve süpersonik hızlarda yayılım devam etmiş olur.¹⁷⁸⁻¹⁸⁰

2.5.4.2.2.8. Multisonik Aktivasyon

Nispeten yeni bir cihaz olan GentleWave Sistemi (Multisonic Ultracleaning System; Sonendo Inc, Laguna Hills, CA) özellikle molar dişlerin kök kanal sistemlerini minimum şekillendirme ile temizlemek amacıyla geliştirilmiştir. Bir kumanda paneli ve el aletinden oluşan sistemin el aletinin ucu, pulpa odası içerisine yerleştirilir. Kök kanalları içerisindeki gazdan arındırılmış sıvı içerisinde geniş bir ses dalgası spektrumunu oluşumunu sağlayan güçlü bir hidrodinamik kavitasyon bulutu meydana getirir. Multisonik enerji ve hidrodinamik enerjinin kök kanal sistemine dağıtımını gazdan arındırılmış tedavi sıvısı sağlar. GentleWave sisteminin doku çözme etkinliği sodyum hipoklorit ile kullanıldığında,

sonik ve ultrasonik sistemlere oranla 8 kat daha fazla bulunmuştur.^{181, 182} Kök kanallarından $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırma etkinliğinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, NaOCl ve EDTA kullanılarak geleneksel iğne irrigasyonu ve pasif ultrasonik aktivasyonun 7.5 dakika sonunda kök kanallarında hala kalıntı $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bıraktığı ancak GentleWave sisteminin sadece su ile 90 saniyede tüm $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i uzaklaştırdığı gösterilmiştir.¹⁸³

2.5.5. Kök Kanal Dolumu

Tamamen boşaltılıp yeniden şekillendirilen kök kanallarında dezenfeksiyonun ardından hermetik bir kapama sağlanarak mikroorganizmaların yeniden çoğalmasının engellenmesi hedeflenir. Periapikal doku iyileşmesini indüklemek için hem koronal hem de apikalden sızdırmazlığı sağlamak önemlidir. Bunun için kök kanalları biyuyumlu materyallerle tamamen doldurularak kök kanal sistemi boyunca tıkama sağlanır. Rezidüel mikroorganizmalar bulunsada, sızdırmaz bu dolgu sayesinde beslenemez ve çoğalamaz.

Kök kanal dolgusu için temelde kor materyalleri ve kök kanal patları kullanılır. En sık kullanılan kor materyali olan guta-perka, %19-22 oranında guta-perka ağacından elde edilen polimerden oluşur. Doldurucu olarak kullanılan çinko oksit oranı %59-75'dir. Geriye kalan kompozisyonu rezin ve metal sülfidler oluşturur. Guta-perka içerdiği tüm bu bileşenler ile termoplastik, biyuyumlu, radyopak ve elastik özellik gösterir.¹⁸⁴

Cam iyonomer kaplı guta-perka şeklinde Active GP kor materyali, cam iyonomer içerikli kök kanal patları ile kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Resin patlar ile monoblok bir yapı oluşturmak için üretilen bir başka kor materyali de Resilon'dur.

2.5.5.1. Kök Kanal Dolgu Patları

Guta-perka kök kanal duvarlarına adapte olamaz ve kanaldaki düzensizliklere dolamaz. Kanal duvarları ile guta-perka arasında kalan boşlukları doldurmak, kanal duvarlarına adezyonu sağlamak ve sızdırmaz bir kök kanal sistemi sağlamak amacıyla kök kanal patları kullanılmaktadır.

İdeal bir kök kanal patının özellikleri şunlardır¹⁸⁵;

- Biyouyumlu olmalıdır. Periradiküler dokularda irritasyona yol açmamalı, iyileşmeye olumlu katkı sağlamalıdır.
- Yeterli seviyede çalışma süresine sahip olmalıdır. Erken sertleşmemeli ve sertleşme esnasında boyutsal olarak kararlı olmalı, hatta hafif genleşme gösterebilmelidir.
- Sertleşme sonrası poröz yapı göstermemelidir.
- Hazırlanan kök kanal duvarlarına tamamen adapte olabilmelidir. Lateral kanalları doldurabilmelidir.
- Bakterisidal olmalı veya en azından bakteri üremesini teşvik etmemelidir.
- Radyopak olmalıdır.
- Nem geçirmemeli, doku sıvılarında çözünmemelidir.
- Steril veya steril edilebilir olmalıdır.
- Kök kanallarına kolayca yerleştirilebilmelidir.
- Gerektiğinde kök kanallarından kolaylıkla uzaklaştırılabilmelidir.

Kök kanal dolgu patları içerdikleri bileşenlere, fiziksel özelliklerine, sertleşme reaksiyonlarına veya rezorbe olma özelliklerine göre sınıflandırılabilir. Komabayashi ve ark.¹⁸⁶ patları sınıflandırırken içeriğe dayalı sertleşme reaksiyonlarını baz almıştır:

1. Şelat Oluşumu

- Çinko Oksit Öjenol Esaslı Kök Kanal Patları
- Salisilat Esaslı Kök Kanal Patları
- Çinko Oksit Yağ Asidi Esaslı Kök Kanal Patları

2. İyonomer Oluşumu

- Cam İyonomer Esaslı Kök Kanal Patları

3. Hidrasyon

- Trikalsiyum Silikat (Mta / Biyoseramik) Esaslı Kök Kanal Patları

4. İlave Reaksiyon

- Silikon Esaslı Kök Kanal Patları
- Epoksi Rezin Esaslı Kök Kanal Patları

5. Radikal Polimerizasyon ile Polimer Oluşumu

- Metakrilat Rezin Esaslı Kök Kanal Patları

Yalnızca içeriğine göre kök kanal dolgu patlarının sınıflandırılması şu şekildedir:

1. Çinko Oksit İçerikli Patlar

- Çinko Oksit Öjenol
 - İlaçlı Olanlar
 - Paraformaldehit İçerenler
 - Paraformaldehit İçermeyenler
- Öjenolsüz Çinko Oksit

2. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Patlar

3. Cam İyonomer İçerikli Patlar

4. Polimerler

- Epoksi Resin İçerikliler
- Metakrilat Resin İçerikliler
- Poliketon (Polivinil) Resin İçerikliler
- Silikon İçerikliler

5. Biyoseramik İçerikli Patlar

- Kalsiyum Silikat Fosfat İçerikliler
- Mineral Trioksit Agregat (MTA) İçerikliler

2.5.5.1.1. Biyoseramik İçerikli Kök Kanal Patları

Çalışmamızda da kullandığımız biyoseramik içerikli kök kanal patları, dental kullanım için özel olarak tasarlanmış seramik malzemelerden elde edilir. Alümina, biyoaktif cam, zirkonya, cam seramikler, hidroksiapatit ve kalsiyum fosfatlar içeren bu patlar biyoaktif ve biyoinert özellik göstererek çevredeki canlı dokularda iyileşme stimülasyonu oluşturur.¹⁸⁷ Cam ve kalsiyum fosfat gibi biyoaktif maddeler, daha dayanıklı dokuların büyümesini teşvik etmek için çevreleyen doku ile etkileşime girer. Zirkonya ve alümina gibi biyoinert malzemeler, etkin bir şekilde hiçbir biyolojik veya fizyolojik etkiye sahip olmadan çevredeki dokudan ihmal edilebilir bir tepki üretirler.⁸ Sonuç olarak bu biyoyumlu içerikler osteoindüksiyonu tetikler ve hidroksiapatit oluşumunu sağlar.

Hidroksiapatit oluşumu göstererek diğer patlardan ayrılan biyoseramik içerikli patlar, hidroksiapatiti kalsiyum ve hidroksit iyonlarının çökmesiyle meydana getirir.

Oluşan hidroksiapatit, kanal duvarları ile dolgu malzemeleri arasında kimyasal bir bağ oluşturur. Hem bu kimyasal bağ hem de sertleşme esnasında genleşme göstermesi ile kanallarda eksiksiz bir dolum sağlayarak sızdırmaz bir yapı meydana getirir. Ayrıca kanal içerisinde çözünmez bir yapı gösteren bu patlar apikalden yada yan kanallardan periodonsiyuma taşkınlık göstermesi durumunda periradiküler dokularda çözünerek uzaklaşırlar. Taşkınlık durumunda toksisite göstermezler. Alkalen pH'si ile antibakteriyel özellik de gösterirler. Doku uyumlu biyoseramik patlar tüm bu avantajları sayesinde günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır.¹⁸⁸

2.5.5.1.1.1. Kalsiyum/Silikat/Fosfat İçerikli Kök Kanal Dolgu Patları

İçeriğinde zirkonyum oksit, kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit, hidroksiapatit, sertleştirici, doldurucu ve kıvam arttırıcı maddeler bulunduran bu patlar hidrofilik özellik gösterir ve sertleşmek için neme ihtiyaç duyar. Dentin tübüllerinden çekilen doku sıvılarıyla temas ettiğinde kalsiyum hidroksit salgılar ve kalsiyum hidroksit fosfatla etkileşime girer. Sonuç olarak hidroksiapatit oluşur. Hidroksiapatit oluşumu ile dentinle kimyasal bağ kurulmuş olur. Polimerizasyonunu tamamlayan biyoseramik patlar, çözünmez hale gelir ve tam bir sızdırmazlık sağlanır.¹⁸⁹

Partikül yapısının küçük ve akışkan bir formda olması sayesinde dentin tübüllerine, yan kanallara ve kanal sistemindeki düzensizliklere rahatlıkla penetrasyon gösterebilir. Sertleşme esnasında hidrasyon reaksiyonu gerçekleşir ve ortama hidroksil iyonları salar. Bu iyonlar sayesinde ortamın yüksek pH göstermesi ile antibakteriyel etki sağlamış olur.¹⁹⁰

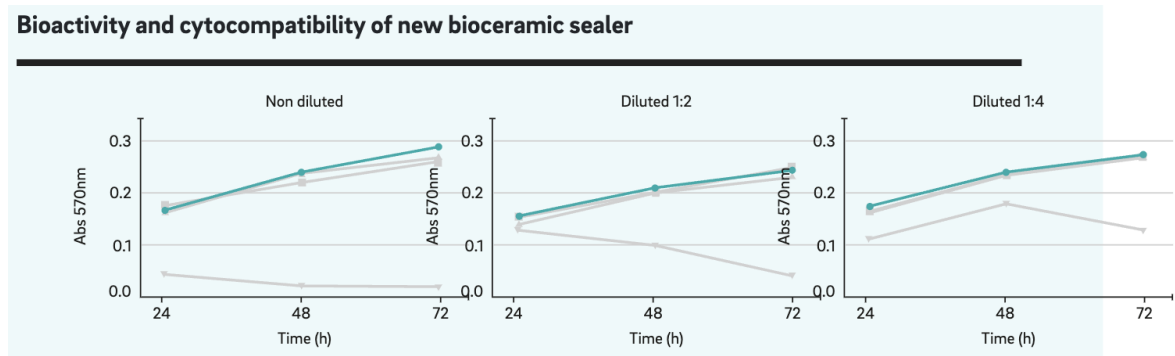
Piyasada bulunan CeraSeal (Türkiye’de “Bioserra (Dentac, Türkiye)” adı altında piyasaya sürülmüştür), iRoot SP (BC; Innovative BioCreamix Inc., Vancouver, Kanada), iRoot BP (BC; Innovative BioCreamix Inc., Vancouver, Kanada), Total Fill BC Sealer (TFBC; FKG Dentaire, La Chaux-des-Fonds, İsviçre), Endosequence BC Sealer (BC; Brasseler ABD, Savannah, GA), BioSeal (BC; Coltene Whaledent GmbH + Co KG, Langenau, İsviçre), Bio-C Sealer (BC; Angelus, Londrina, PR, Brezilya), AH Plus Bioceramic Sealer (APBC; Dentsply Sirona, York, PA, ABD) gibi patlar kalsiyum/silikat/fosfat içerikli biyoseramik patlara örnek olarak gösterilebilir.

Biyoseramik patları dentin duvarları ile kurduğu kimyasal bağ ve sertleşme reaksiyonu nedeniyle kök kanallarından uzaklaştırmak zordur. Retreatment esnasında biyoseramik patları uzaklaştırmak için yardımcı irrigasyon aktivasyon sistemlerinden faydalanılsa da, literatürde hiçbir yöntemin bu patları tamamen uzaklaştıramadığı gösterilmiştir.^{6,9}

Bioserra (Dentac, Türkiye) Biyoseramik Kök Kanal Dolgu Patı

Çalışmamızda kullandığımız Bioserra (T-Endo, Dentac, Türkiye) biyoseramik kök kanal patı, CeraSeal (Meta Biomed, Cheongju, Korea) patının Türkiye’de piyasaya sürülen patent adıdır. İçeriğinde kalsiyum silikatlar, zirkonyum oksit ve kıvam arttırıcı madde bulunur. Önceden karıştırılmış, enjekte edilebilir akışkan bir formdadır. Bu sayede toz-likit patlara göre kolayca kök kanal sistemine yerleştirilebilir, patı taşımak için herhangi bir alet kullanımını gerektirmez, klinik çalışma zamanını kısaltır. Kolaylıkla yan kanallara ve kök kanal düzensizliklerine dolabilir.

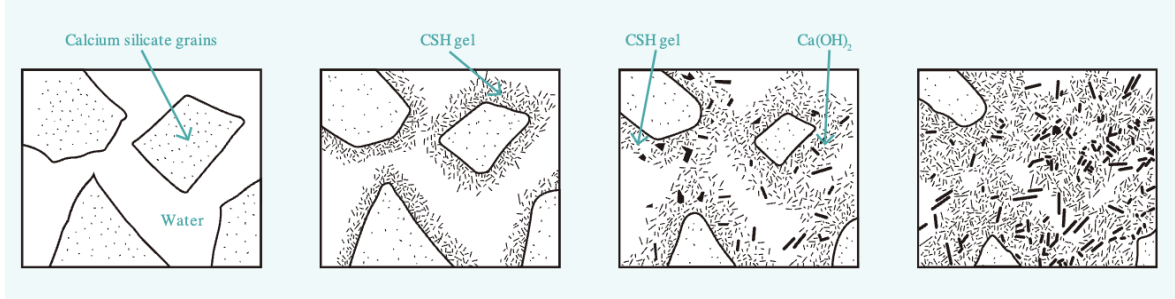
Üretici firmaya göre antimikrobiyal, biyouyumlu, mükemmel sızdırmazlık gösteren ve yüksek stabiliteye sahip bir pattır. Antimikrobiyal etkinliğini yüksek pH (12.73) özelliği ile sağlar. Yüksek pH’sı hücrelere toksik etki göstermez (Şekil 2.3).



Şekil 2.2. Bioserra biyoseramik patın biyoaktivitesi ve hücre uyumluluğu

İçeriğindeki kalsiyum silikat, kök kanalındaki çevre dokulardan nemi emerek ve kalsiyum hidroksit'in ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) bir miktar kristalleşmesini sağlayarak CAH (Kalsiyum

Alüminat Hidrat) jeli ve CSH (Kalsiyum Silikat Hidrat) jeli üretir (Şekil 2.4). Bu kimyasal bağ sayesinde tamamen hermetik bir yapı göstererek mükemmel bir sızdırmazlık sağlar.



Şekil 2.3. Kalsiyum silikatın nem ile teması sonucu oluşan jel yapısı ve patın homojenitesi

Kısa sürede sertleşerek, patın eksüda veya fiziksel etkilerle çözünmesini dolayısıyla kanal sisteminden uzaklaşmasını ve boşluklu bir yapı oluşturarak mikrobiyal ajanların çoğalmasını sağlayacak ortamın oluşmasını engellemektedir.¹⁹¹

CeraSeal biyoseramik patın farklı bir biyoseramik pat ile karşılaştırıldığı bir çalışmada, tek kon ile dolum tekniğinde önemli ölçüde daha düşük boşluk yüzdesi gösterdiği belirtilmiştir. Kalsiyum-silikat bazlı patlar, özellikle kök kanalının koronal üçlüsünde boşluk oluşumunu azaltmak için tek kon tekniği ile kullanılmalıdır. Aynı çalışmada CeraSeal patının yüksek temas yüzeyi göstermesi nedeniyle daha düşük yüzey enerjisi ve daha az porözite gösterdiği de vurgulanmıştır.¹⁹²

Üç kalsiyum silikat esaslı biyoseramik patın (EndoSequence BC Sealer, Ceraseal ve Endoseal) biyolojik özelliklerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada patların hücre uyumluluğu, biyoaktivitesi, iyon salınımı ve pH'ı değerlendirilmiştir. Tüm patlar alkalen pH gösterirken en fazla kalsiyum iyonu salınımını CeraSeal patı göstermiştir. Ayrıca EndoSequence BC Sealer ve CeraSeal'in yüzeylerine adezyon gösteren çok sayıda hücre tespit edilmiştir ve bu iki pat Endoseal'den önemli ölçüde daha yüksek gen ekspresyonu ve mineralizasyon kapasitesi göstermiştir. Sonuç olarak, CeraSeal biyoseramik patın kök kanal tedavisi için uygun biyolojik özellikler gösterdiği vurgulanmıştır.¹⁹³

2.5.5.1.1.2. Mineral Trioksit Agregat (MTA) İçerikli Kök Kanal Patları

Torabinejad tarafından tanıtılan MTA, ilk olarak perforasyon onarımı ve retrograd dolgu materyali olarak kullanılmıştır. Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum aluminat, bizmut oksit, kalsiyum sülfat, tetrakalsiyum aluminoferrit gibi içerikler bulunduran bu patların ortak özelliği biyoaktif ve biyouyumlu olmalarıdır. Kanal içerisine kalsiyum ve hidroksil iyonu salarak pH'ı yükseltir ve kalsiyum hidroksite benzer etki gösterir. Hidrofiliktir ve sertleşmesi için neme ihtiyaç duyar. Uzun sertleşme süresi ve manipölasyonun zor olması, ayrıca bizmut oksitin diş kronunda renklemeye neden olması dezavantajları arasındadır.¹⁹⁴

Piyasada bulunun MTA içerikli kök kanal patlarına MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brezilya), ProRoot Endo Sealer ((Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD), MTA Obtura (Angelus, Londrina, PR, Brezilya), DiaRoot Bio Aggregate (Angelus, Londrina, PR, Brezilya), Endo CPM Sealer (EGEO SRL, Buenos Aires, Arjantin) örnek olarak gösterilebilir.

Literatürde retreatment tedavisinde kök kanallarından pat ve guta-perkanın uzaklaştırılmasında ilave yardımcı aktivasyon tekniklerinin kullanımın incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak biyoseramik esaslı patların kök kanallarından uzaklaştırılmasında kullandığımız aktivasyon sistemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışma yer almamaktadır. Bu nedenle, alışmamızda Gİİ, EA, EDDY, PUI ve XP-FR aktivasyon sistemlerinin Bioserra BS patını kök kanallarından uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmayı hedefledik. Çalışmamızın sıfır hipotezi, diş köklerinin hiçbir bölgesinde hiçbir aktivasyon sisteminin birbirine üstünlük göstermeyeceğidir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma için Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (Etik No: 2021/09). Çalışma, Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje no: 22.DHU.001). Örneklem büyüklüğü, G*Power 3.1 yazılımı (Heinrich Heine Üniversitesi, Düsseldorf, Almanya) kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre, 5 aktivasyon grubu için 12'şer örnek çalışmaya dahil edilmiştir.

3.1. Örnek Seçimi

Periodontal nedenlerle çekilmiş tek köklü, tek kanallı 60 adet insan mandibular premolar dişi kullanılmıştır. Dişlerin tek köklü ve tek kanallı olduğu işlemiden önce alınan bukko-lingual ve mezio-distal periapikal radyografilerle doğrulanmıştır.

Örnekler için dahil edilme kriterleri:

- Dişin kök gelişiminin tamamlanmış olması,
- Kök çürüğü, kırık veya çatlak olmaması,
- Apikal açıklığın #15 numara K eğe ile sağlanıyor olması,
- Kök kanallarının kurvatürünün en fazla 10° olması¹⁹⁵,
- Daha önceden yapılmış kök kanal tedavisinin olmaması,
- Kanalların kalsifiye olmaması,
- İnternal / eksternal rezorbsiyonun olmaması olarak belirlenmiştir.

Dahil edilme kriterlerini taşımayan dişler çalışma dışı bırakılmıştır ve yeni örnekler seçilmiştir.

3.2. Örneklerin Hazırlanması

Uygun dişler üzerindeki yumuşak doku artıkları ve kalıntılar periodontal küretler ile temizlendikten sonra örnekler distile su içerisinde saklanmıştır. Örnekleri standardize etmek için, dişlerin kron kısımları köklerin boyu 14 ± 1 olacak şekilde bir elmas separe ile uzaklaştırılmıştır. Dişlere elmas fissür frez ile giriş kaviteleri açılmıştır ve kanal açıklığı #15 K tipi eğe (DiaDent Group International, Burnaby, BC, Kanada) ile kontrol edilmiştir.

3.3. Kök Kanal Preparasyonu

Çalışma boyu, kanallarda #15 K tipi eğe apikal foramenden görünene kadar ilerletildikten sonra ölçülen uzunluktan 1 mm çıkarılarak belirlenmiştir. Belirlenen çalışma boylarında Reciproc (VDW, Münih, Almanya) döner eğe sisteminin R25 (25/.08) eğesi ile kök kanalları prepare edilmiştir. Kök kanal preparasyonunda üretici firmanın talimatları doğrultusunda bir endodontik motor (X-Smart Plus; Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak Reciproc ALL System modunda preparasyon yapılmıştır. Enstrümantasyon kurondan apekse doğru üç gagalama hareketiyle yapılmıştır. Her üç hareket döngüsünden sonra alet üzerindeki kalıntılar %70 alkolle ıslatılmış gazlı bez ile temizlenmiştir. Kanallar her eğe döngüsü sonrasında 2,5 mL %5,25 NaOCl (Cermaked, Stalowa Wola, Polonya) solüsyonu kullanılarak irriye edilmiştir. İrrigasyon için 30 G çapında yandan delikli iğne (Medic; Shanghai Carelife, China) kullanılmıştır. Preparasyonun tamamlanmasının ardından sırasıyla 5 mL %5,25 NaOCl, 5 mL %17 EDTA (Kemiger, Ankara, Türkiye) ve 5 mL distile su kullanılarak final irrigasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Kök kanalları hafif nemli kalacak şekilde, steril kağıt konlar (DiaDent Group International, Burnaby, BC, Kanada) ile kurulanmıştır.



Şekil 3.1. Resiproc R25 eğesi ve X-Smart Plus

3.4. Kök Kanallarının Doldurulması

Kök kanal preparasyonundan sonra kanallar Reciproc R25 (25/.08) guta-perka ve enjekte edilebilen bioseramik pat (Bioserra; Dentac, Türkiye) ile tek kon tekniği kullanılarak doldurulmuştur. Kök kanalında tug-back varlığı doğrulandıktan sonra, bioseramik pat kanala enjekte edilerek apikal, orta ve koronal üçlünün dolması sağlanmıştır. Guta-perka kon pata bulanarak kanal içerisine yerleştirilmiştir. Isıtılmış bir el aleti kullanılarak guta-perka kanal ağzı seviyesinde uzaklaştırılmıştır. Kavitede kalan pat ve guta-perka artıkları alkolle nemlendirilmiş pamuk peletler ile uzaklaştırılmıştır. Daha sonra giriş kaviteleri geçici bir dolgu maddesi (Cavit-G; 3M Espe, Seefeld, Almanya) ile kapatılmıştır. Örneklerin kök kanal dolum kalitesi alınan periapikal radyografiler ile kontrol edilmiştir. Yetersiz dolum kalitesine sahip olan örnekler çalışma dışı bırakılarak yenileriyle değiştirilmiştir. Kanal patının tamamen sertleşmesi için örnekler 37°C’de %100 nemli ortamda 2 ay süreyle bekletilmiştir.



Şekil 3.2. Resiproc R25 guta-perka



Şekil 3.3. Bioserra patı



Şekil 3.4. Numunelerin biyoseramik pat ve guta-perka ile doldurulması

3.5. Retreatment İşlemi

Retreatment işlemine başlamadan önce kavite ağızlarındaki geçici dolgu maddesi kaldırılmıştır. Kök kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasında ProTaper Universal Retreatment (PTUR) eğelerinden D1 (30/.09) ve D2 (25/.08) sırasıyla kullanılmıştır. Daha sonra Reciproc (VDW) döner eğe sisteminin R40 (40/.06) eğesi ile kanalda son şekillendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Her eğe en fazla üç örnek için kullanılmıştır. Retreatment işlemi gerçekleştirilirken her eğe arası 2,5 mL %5,25 NaOCl kullanılmıştır. Her örnek için toplam 10 mL NaOCl kullanılmıştır. Daha sonra örnekler, uygulanacak final irrigasyon aktivasyon yöntemlerine göre gruplara ayrılmıştır.



Şekil 3.5. ProTaper Universal Retreatment Eğe Sisteminden D1 ve D2 eğeleri

3.6. Örneklerin Gruplandırılması ve İrrigasyon Aktivasyon Tekniklerinin Uygulanması

Retreatment işlemi tamamlanan örnekler bir bilgisayar yazılımı (www.random.org) kullanılarak her grupta 12 örnek olacak şekilde final irrigasyon aktivasyon tekniklerine göre rastgele 5 gruba atanmıştır. Final irrigasyon işleminde sırasıyla 5 mL %17 EDTA ve 5 mL %5,25 NaOCl kullanılmıştır.

Grup 1: Geleneksel İğne İrrigasyonu (Gİİ) Grubu

Bu grupta 30 G yandan delikli irrigasyon iğneleri (Medic) kullanılarak irrigasyon işlemi 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada 5 mL %5,25 NaOCl solüsyonu, irrigasyon iğnesi çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde kanallara yerleştirilip 3-4 mm hafif ileri

geri hareket ile kullanılarak kök kanalları irrigate edilmiştir. İkinci aşamada, 5 mL %17 EDTA solüsyonu ile kök kanalları irrigate edilmiştir. Üçüncü aşamada kök kanalları, birinci aşamadaki gibi 5 mL %5,25 NaOCl solüsyonu ile irrigate edilmiştir. Üç aşamanın ardından, 5 mL distile su ile final irrigasyon prosedürü tamamlanmıştır.



Şekil 3.6. Yandan delikli irrigasyon iğnesi (Medic)

Grup 2: EndoActivator (EA) Grubu

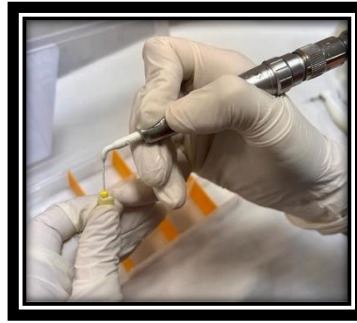
Bu grupta sonik irrigasyon aktivasyon sistemlerinden olan EndoActivator (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) cihazı, kırmızı şeritli medium polimer uç (25/.04) ile kullanılarak aktivasyon döngüsü 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Kök kanalları 30 G yandan delikli irrigasyon iğnesi (Medic) ile 2.5 mL %5,25 NaOCl ile doldurulduktan sonra, polimer uç çalışma boyundan 1 mm geride konumlandırılmıştır ve 3 mm'lik hafif ileri geri hareketlerle 10000 cpm güç ayarında 30 sn boyunca aktive edilmiştir. Bu işlem 2 kez tekrarlanarak NaOCl ile toplamda 1 dk süreyle aktivasyon yapılmıştır. Daha sonra, kök kanallarına 5 mL %17 EDTA gönderilmiş ve 1 dk boyunca aktive edilmiştir. Ardından NaOCl ile aktivasyon işlemi aynı şekilde tekrarlanmıştır. 5 mL distile su ile final irrigasyon prosedürü tamamlanmıştır.



Şekil 3.7. EndoActivator

Grup 3: EDDY (ED) Grubu

Bu grupta 25/.04 boyutunda poliamid bir uç olan EDDY (EDDY; VDW, Münih, Almanya), sonik bir cihaz olan Micron TA-200 Air-Scaler (TA-200-S2H, Micron, Japonya) ile kullanılarak aktivasyon işlemi 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Kök kanalları 30 G yandan delikli irrigasyon iğnesi ile 2.5 mL %5,25 NaOCl ile doldurulmuştur. Çalışma boyundan 1 mm geride işaretlenen EDDY ucu, 3-4 mm ileri geri hareketlerle kullanılarak 30 sn aktivasyon yapılmıştır. Aynı işlem toplamda 2 kez uygulanmıştır. Ardından 5 mL %17 EDTA ile 1 dk aktivasyon yapılmıştır. Daha sonra NaOCl ile aktivasyon işlemi aynı şekilde tekrarlanmıştır. Final irrigasyon prosedürü 5 mL distile su kullanılarak tamamlanmıştır.



Şekil 3.8. EDDY ile irrigasyon aktivasyonunun uygulanması

Grup 4: Pasif Ultrasonik İrrigasyon (PUI) Grubu

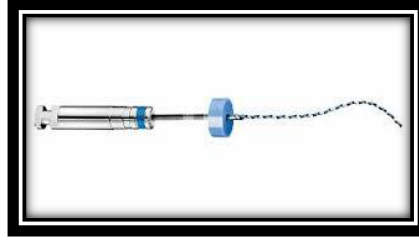
Bu grupta kök kanalları 2.5 mL %5,25 NaOCl ile doldurulduktan sonra, NSK Various 970 Lux ultrasonik cihazı ile kullanılan ultrasonik irrigasyon ucu (NSK; Ufiles, 25/.02) çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde konumlandırılıp 30 sn boyunca aktive edilmiştir. Bu işlem 2 kez tekrarlanmıştır. İrrigasyon ucunun kanal duvarlarına temas etmemesine ve kanal içerisinde rahatça hareket etmesine dikkat edilmiştir. Ardından 5 mL %17 EDTA ile 1 dk aktivasyon yapılmıştır ve NaOCl ile aktivasyon işlemi tekrarlanmıştır. Final irrigasyon prosedürü 5 mL distile su kullanılarak tamamlanmıştır.



Şekil 3.9. Pasif ultrasonik irrigasyonun uygulanması

Grup 5: XP-Endo Finisher R (XP-FR) Grubu

Üretici talimatlarına göre 1000 rpm hız ve 1 N/cm tork değerine ayarlanan endomotor (X-Smart Plus) yardımıyla XP-Endo Finisher R eğesi (FKG Dentaire, La Chaux de Fonds, İsviçre) kök kanallarına 2.5 mL NaOCl gönderildikten sonra, 37°C sıcaklıktaki bir su banyosu içerisinde çalışma boyundan 1 mm geride konumlandırılıp 7-8 mm ileri geri hareketle kullanılmıştır. Aynı işlem iki kez tekrarlanmıştır. Ardından 5 mL %17 EDTA ile 1 dk aktivasyon yapılmış ve NaOCl ile aktivasyon işlemi tekrarlanmıştır. Final irrigasyon prosedürü 5 mL distile su kullanılarak tamamlanmıştır.

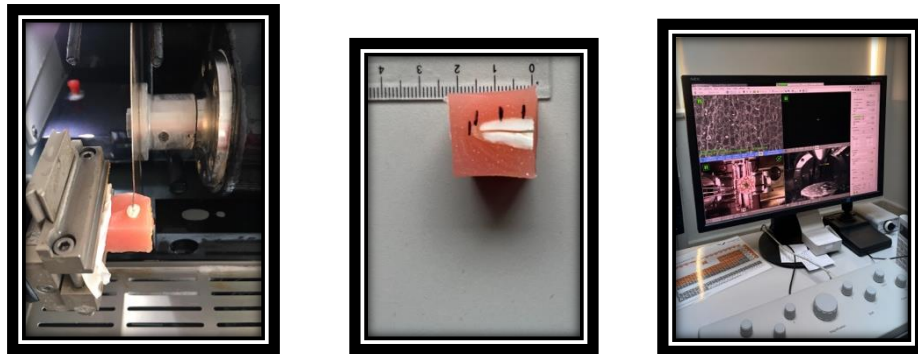


Şekil 3.10. XP-Endo Finisher R

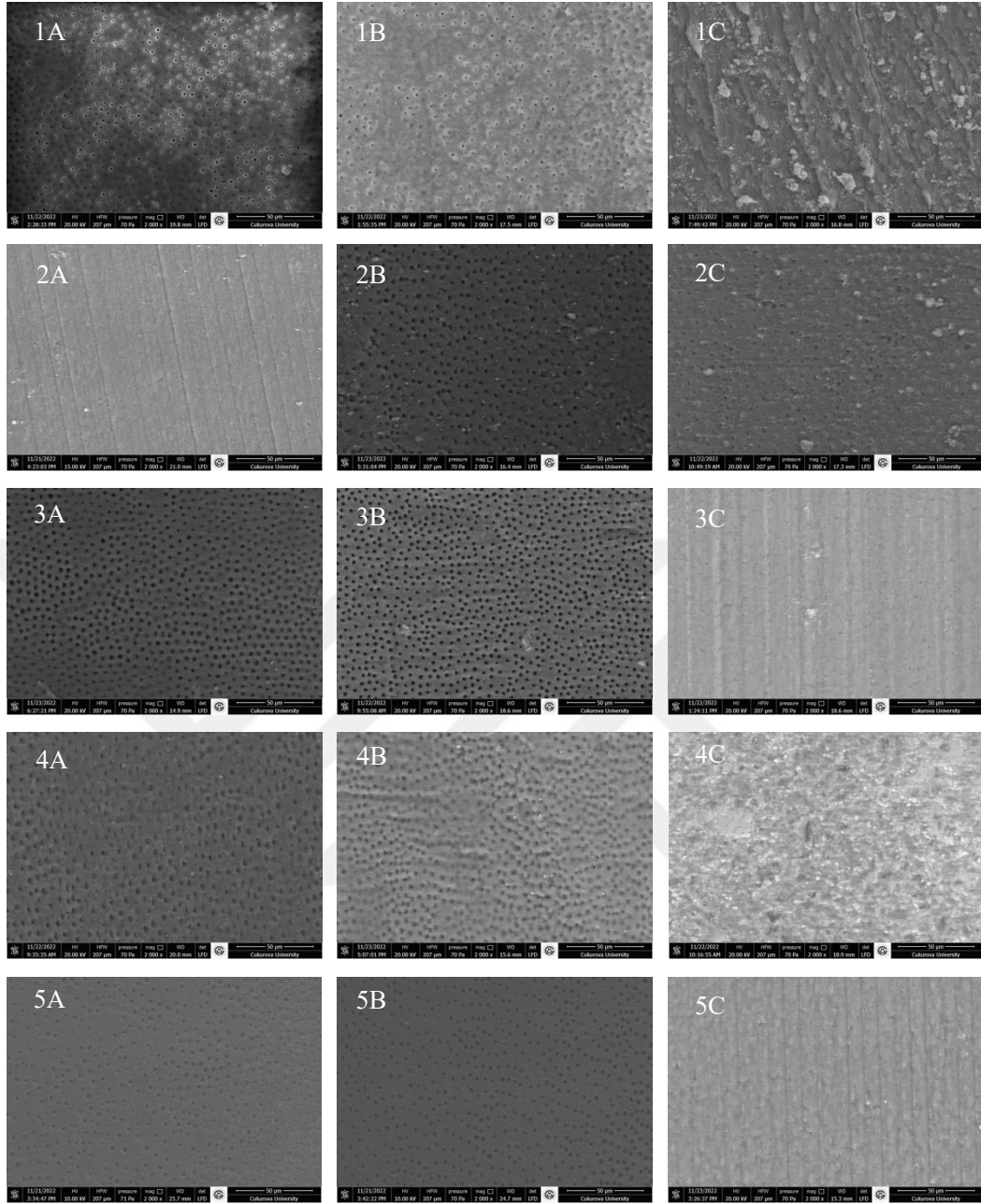
Tüm gruplarda, önceden 37°C'a ısıtılmış eşit miktardaki irrigasyon solüsyonları kullanılmıştır. Tüm gruplardaki örnekler irrigasyon aktivasyon işlemlerinden sonra kanallar hafif nemli kalacak şekilde steril kağıt konlar ile kurulanmıştır.

3.7. Örneklerin SEM Cihazı için Hazırlanması ve Değerlendirilmesi

Farklı aktivasyon teknikleri altında retreatment işlemi için eski kanal dolgusu sökülen örnekler hassas kesme cihazı (Accutom-10; Struers LLC, USA) ile örneklerin uzunlamasına ikiye bölünebilmesi için, boyutları 2x3x2 cm olan kalıplar yardımıyla pembe soğuk akrilik içerisine gömülmüştür. Hassas kesme cihazı 1250 rpm hızda kullanılarak, örnekler boyutu 152x0.4x12.7 mm olan bir elmas disk (MOD15; Struers ApS, Denmark) yardımıyla uzunlamasına ikiye bölünmüştür. Her iki parçadan biri seçilerek dişlerin 4 (apikal), 8 (orta) ve 12 (koronal) mm'lik kısımları sabit kalem ile işaretlenmiştir. İşaretlenen örnekler üzerinde platin-altın bir kaplama yapıldıktan sonra örnekler taramalı elektron mikroskobu (Quanta 650 Field Emission SEM; FEI, USA) altında x2000 büyütmede incelenmiştir.



Şekil 3.11. Numunelerin hassas kesme cihazı ile ikiye ayrılması ve işaretlenen örneklerin SEM ile incelenmesi



Şekil 3.11. İrrigasyon solüsyonlarının aktivasyonundan sonra kök kanalının koronal, orta ve apikal üçte birlik bölümünde kalan dolgu malzemesinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri. GIİ (1A, koronal üçlü; 1B, orta üçlü; 1C, apikal üçlü); EA (2A, koronal üçlü; 2B, orta üçlü; 2C, apikal üçlü); ED (3A, koronal üçlü; 3B, orta üçlü; 3C, apikal üçlü); PUI (4A, koronal üçlü; 4B, orta üçlü; 4C, apikal üçlü); XP-FR (5A, koronal üçlü; 5B, orta üçlü; 5C, apikal üçlü).

Elde edilen SEM görüntüleri iki kalibre edilmiş araştırmacı tarafından skorlanmıştır¹⁹⁶:

Skor 0; kalıntı yok,

Skor 1; az miktarda kalıntı (incelenen yüzeyin %20'si)

Skor 2; orta miktarda kalıntı (incelenen yüzeyin %20-60'ı)

Skor 3; büyük miktarda kalıntı (incelenen yüzeyin %60'ından fazla)

3.8. İstatistiksel Analiz

Elde edilen veriler SPSS 22.0 yazılımı kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum kappa testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum %80 olarak bulunmuştur (r:0.8)

Elde edilen verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilks testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Veriler normal dağılım göstermediği için biyoseramik kanal patı kullanılarak doldurulan kanallarda farklı aktivasyon teknikleri sonrası kök kanallarından elde edilen kanal dolgusu kalıntı skorları Kruskal Wallis testi ile değerlendirilmiştir. Kök kanallarının apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerinden elde edilen kalıntı skorları Kruskal Wallis testi ile değerlendirilmiştir. Anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR

Retreatment işlemi sonrası final irrigasyon esnasında kullanılan ilave aktivasyon sistemlerinin, kanal dolgu materyallerini kök kanal duvarlarından ve dentin tübüllerinden uzaklaştırma etkinlikleri SEM görüntüleri elde edilerek karşılaştırılmıştır. Görüntüler bağımsız iki kalibre edilmiş gözlemci tarafından skorlanmıştır. Gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum kappa testi ile değerlendirilmiştir ve kappa katsayısı 0,8 olarak bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonucuna göre, Bioserra kanal patı kullanılarak kök kanal dolgusu gerçekleştirilen dişlerde retreatment sonrası kalıntı skorları üzerinde aktivasyon tekniği ve bölge faktörlerinin anlamlı etkisi olduğu tespit edilmiştir. Kökün apikal, orta ve koronal bölgelerine göre kullanılan aktivasyon sistemleri arasında istatistiksel olarak farklılıklar bulunmuştur.

Retreatment işlemi esnasında farklı aktivasyon sistemlerinin kullanımından sonra dentin tübüllerinde tespit edilen kalıntı dolgu materyali miktarlarının ortalama $\pm$ standart sapma değerleri Çizelge 4.1’de gösterilmektedir. Farklı aktivasyon sistemlerinin uygulanmasından sonra tespit edilen kalıntı dolgu materyali skorlarının bölgelere göre grafikleri ise Şekil 4.1’de gösterilmektedir.

Numunelerin koronal bölgelerindeki kalıntı miktarı skorları karşılaştırıldığında, en yüksek ortalama kalıntı miktarı skoru Gİİ grubunda ($2,25 \pm 0,45$) tespit edilmiştir ve bu fark diğer 4 gruba göre istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). En düşük ortalama kalıntı skoru XP-FR grubunda tespit edilmiştir ($0,67 \pm 0,49$) ancak XP-FR grubu ile EA, ED ve PUI grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

Numunelerin orta bölgelerinde tespit edilen ortalama kalıntı miktarı skorlarına göre, en yüksek skor ortalaması Gİİ grubunda tespit edilmiştir ($2,33 \pm 0,49$). Ancak EA grubu ($1,50 \pm 0,52$) ile karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$). En düşük skor ortalaması ED ($0,83 \pm 0,39$) ve XP-FR ($0,83 \pm 0,39$) gruplarında tespit edilmiştir, ancak PUI grubu ($1,33 \pm 0,49$) ile karşılaştırıldıklarında anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$). Gİİ ve EA grubu ED, PUI ve XP-FR gruplarına göre istatistiksel olarak daha fazla kalıntı bulundurmaktadır ($p < 0.05$).

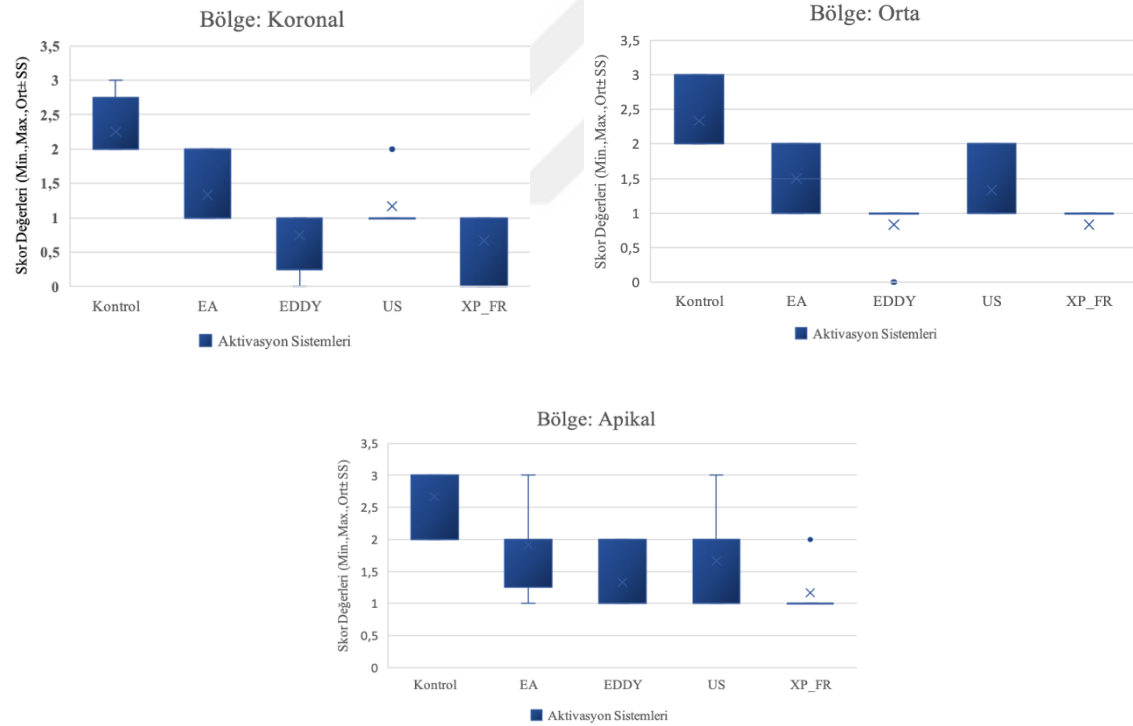
Apikal bölgede en yüksek ortalama kalıntı skoru Gİİ grubunda ($2,67 \pm 0,49$) tespit edilmiştir. Gİİ grubu ile EA grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık

bulunmazken ($p>0.05$); Gİİ grubu ED, PUI ve XP-FR gruplarına göre anlamlı olarak daha yüksek kalıntı miktarı göstermiştir ($p<0.05$). En düşük skor ortalaması XP-FR grubundadır ancak bu fark EA, ED ve PUI gruplarına göre anlamlı değildir ($p>0.05$).

Çizelge 4.1. Kalıntı dolgu materyali miktarları (ortalama $\pm$ standart sapma değerleri)

	Gİİ	EA	ED	PUI	XP-FR
	Ort$\pm$SS	Ort$\pm$SS	Ort$\pm$SS	Ort$\pm$SS	Ort$\pm$SS
KORONAL	2,25 $\pm$ 0,45 ^{Aa}	1,33 $\pm$ 0,49 ^{Ab}	0,75 $\pm$ 0,45 ^{Ab}	1,17 $\pm$ 0,39 ^{Ab}	0,67 $\pm$ 0,49 ^{Ab}
ORTA	2,33 $\pm$ 0,49 ^{Aa}	1,50 $\pm$ 0,52 ^{Aa}	0,83 $\pm$ 0,39 ^{Ab}	1,33 $\pm$ 0,49 ^{Ab}	0,83 $\pm$ 0,39 ^{ABb}
APİKAL	2,67 $\pm$ 0,49 ^{Aa}	1,92 $\pm$ 0,67 ^{Aab}	1,33 $\pm$ 0,49 ^{Bb}	1,67 $\pm$ 0,65 ^{Ab}	1,17 $\pm$ 0,39 ^{Bb}

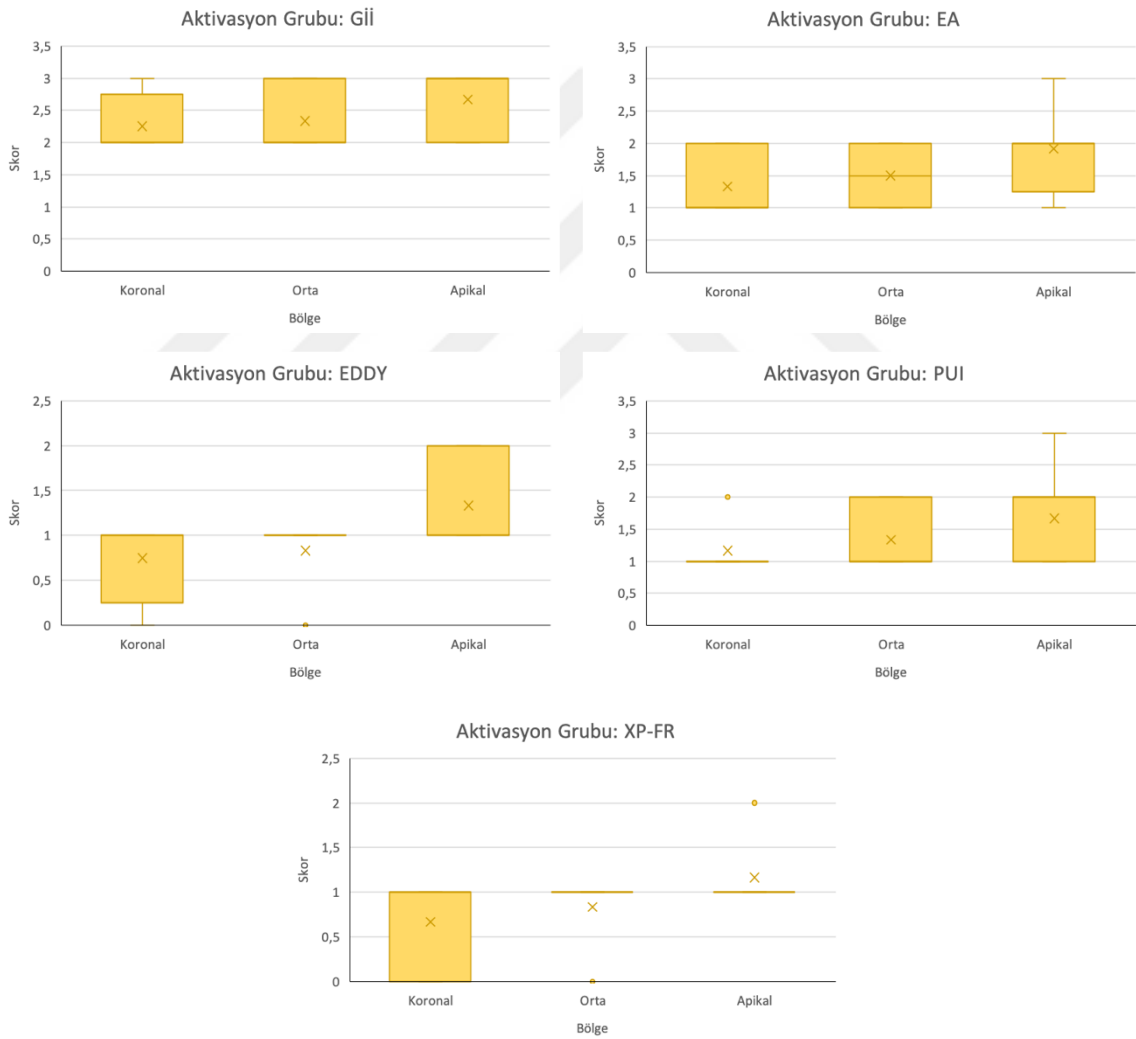
Farklı büyük harfler; aynı sütundaki istatistiksel farklılıkları, farklı küçük harfler; aynı satırdaki istatistiksel farklılıkları ifade etmektedir ($p<0.05$).



Şekil 4.1. Koronal, orta ve apikal bölgelerde farklı aktivasyon sistemlerinin etkinliklerinin karşılaştırılması

Aktivasyon sistemi gruplarının koronal, orta ve apikal bölgelerdeki etkinlikleri Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

Tüm gruplarda kalıntı dolgu materyali miktarları apikalden koronale azalma göstermiştir. Gİİ, EA ve PUI gruplarında koronal, orta ve apikal bölgelerdeki kalıntı skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$). ED grubunda apikal bölge kalıntı skoru ($1,33\pm0,49$), koronal ($0,75\pm0,45$) ve orta bölge skorlarına ($0,83\pm0,39$) göre istatistiksel olarak daha fazla bulunmuştur ($p<0.05$). XP-FR grubunda apikal bölge skoru ($1,17\pm0,39$), koronal bölge skoruna ($0,67\pm0,49$) göre istatistiksel olarak daha fazla bulunmuştur ($p<0.05$); koronal-orta ve orta-apikal bölge skorlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).



Şekil 4.2. Aktivasyon sistemlerinin koronal, orta ve apikal bölgelerdeki etkinlikleri

5. TARTIŞMA

Önceden kök kanal tedavisi uygulanmış bir dişte periradiküler kemik radyolüsenansı, sinüs yolu, şişlik, ağrı, hassasiyet gibi inatçı enfeksiyonun belirti veya semptomları var olduğunda bu; önceki enfeksiyonun devam ettiğini ya da tekrarladığını veya tedavi sonrasında enfeksiyonun başladığını göstermektedir. “Tedavi sonrası gelişen apikal periodontitis” olarak adlandırılan tüm bu durumların kaynağı olarak, kalıcı veya sekonder intraradiküler enfeksiyon veya daha az sıklıkta ekstraradiküler enfeksiyon gösterilmektedir.¹² Kanal tedavili dişte gözlemlenen apikal periodontitis, tedavinin başarısız olduğunu ve ilgili dişe yeniden bir tedavi girişiminde bulunulması gerektiğini göstermektedir. Daha az girişimsel bir işlem olması nedeniyle ilk tedavi seçeneği olarak genellikle, cerrahi olmayan endodontik retreatment işlemi tercih edilmektedir.³¹ Diğer tedavi seçenekleri olarak apikal mikro-endodontik yaklaşımlar, kasti reimplantasyon ve son olarak da çekim düşünülebilir.²⁵

Cerrahi olmayan retreatment işleminde amaç, yetersiz dezenfeksiyon ve/veya koronal ya da apikal sızıntı nedeniyle yeniden enfekte olmuş kök kanal sistemini etkili bir şekilde temizlemek ve sağlıklı periapikal dokuların oluşmasını teşvik etmektir. Salehrabi ve ark. cerrahi olmayan retreatment işlemi uygulanmış 4744 kesici, premolar ve molar dişi kapsayan 5 yıl takip süreli çalışmalarında, toplamda %89 başarı oranı bildirmişlerdir. Retreatment sonrası başarısız kabul edilen ve apikal mikrocerrahi uygulanan vakalardan yalnızca %4’ü 5 yıl sonunda çekilmiştir.¹⁹⁷

Retreatment işleminin mümkün olmadığı veya bu tedavinin başarısız olduğu durumlarda apikal cerrahi seçeneği önerilse de, uzun vadeli karşılaştırılabilir sonuçları olan çalışmalarda cerrahi olmayan endodontik retreatment işleminin başarı oranının daha yüksek olduğu bildirilmiştir.^{4, 198} Torabinejad ve ark.nın⁴ hazırladığı sistematik bir derlemede, 1 yıllık kısa dönem takipte apikal cerrahi tedavisinde daha hızlı bir iyileşme ve başarı oranı bulunmasına rağmen, 4 yıllık takip süresinde cerrahi vakaların başarı oranında gerileme olduğu ve cerrahi olmayan retreatment işlemi uygulanmış dişlerin başarı oranının artış gösterdiği bildirilmiştir.

Endodontik retreatment çalışmalarında standardizasyonu sağlamak ve örneklerin farklı olmasından kaynaklanabilecek sapmaları önlemek amacıyla benzer diş gruplarının

kullanılması önemlidir. Kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması ile kanal duvarlarının temizliğini standart bir şekilde ölçebilmek amacıyla eğimli olmayan tek köklü ve tek kanallı dişler ya da çok köklü dişlerin tek bir kök kanalı tercih edilebilmektedir.¹⁹⁹ Hem kanal dolgusu sökümü esnasında oluşabilecek komplikasyonları, iyatrojenik hataları en aza indirmek hem de alınan mikroskopi veya tomografi görüntülerinde kanalın homojen bir yarısını kapsayan numuneler elde edebilmek amacıyla eğimli olmayan kanallar literatürde sıklıkla tercih edilmektedir.^{200, 201} Bu kriterler göz önünde bulundurularak tek köklü ve tek kanallı, eğimli olmayan alt premolar dişleri çalışmamıza dahil ettik. Aynı şekilde, tek ve kolay erişilebilen bir giriş yolu ile daha standart bir karşılaştırma yapabilmek amacıyla numunelerin kuron kısımlarını eşit kök uzunluğu (14 ± 1 mm) kalacak şekilde uzaklaştırdık.

Kemomekanik hazırlığı yapılan kök kanallarında periapikal doku sıvılarının kanal içerisine girişini engellenmek, persiste mikroorganizmaların kanal içerisindeki boşluklarda beslenecek alan olarak üremesi önlemek ve periapikal doku iyileşmesini teşvik etmek amacıyla kök kanallarında üç boyutlu sızdırmaz bir dolumun sağlanması çok önemlidir.²⁰² Kanal tedavisinin dolum aşaması için farklı avantaj ve dezavantajları olan birçok kök kanal patı piyasaya sürülmüştür. Biyoseramik içerikli kök kanal patları biyoyoumlulukları ve antibakteriyel özellikleri ile endodontide son zamanlarda en çok tercih edilen kanal dolgu materyallerinden olmuştur. Önceden karıştırılmış enjekte edilebilen biyoseramik içerikli patların hidrolik dolum tekniğiyle kök kanallarının ulaşılması zor kısımlarına kadar dolum sağlaması, sertleştikten sonra sıvı veya doku temasıyla çözünmemesi ve olası bir restoratif defekt varlığında koronal sızıntıyı önemli ölçüde engellemesi gibi avantajları sayesinde tercih edilirliliği artmıştır.²⁰³

Üstün akışkanlık ve sertleşme esnasında hafif genleşme kabiliyeti ile biyoseramik patlar, tek kon tekniğinin kullanılmasını olanaklı kılmaktadır. Ayrıca tek konlu dolum, kanal şekillendirmesi sırasında herhangi bir agresif konikliğe neden olmadan daha konservatif bir preparasyon tasarımı sağlayarak vertikal kök kırık riskini azaltmaktadır.^{204, 205} Yapılan birçok çalışmada biyoseramik patların genellikle tek kon tekniği ile kullanılmasının uygun olduğu belirtilmektedir.^{6, 206-208} Eymirli ve ark.²⁰⁹ EndoSequence BC patını bulk-fill ve .02 ile .04 boyutlarındaki ana konlarla kullandıkları çalışmalarında, söküm esnasında çalışma boyuna ulaşabilmek için biyoseramik patların tek kon tekniği ile kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır. Biyoseramik patlarla beraber kullanılan guta-perka söküm esnasında rehber yol oluşturarak apikal açıklığın yeniden sağlanmasını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca

enjekte edilebilen patlar akışkan yapıları sayesinde kök kanal düzensizliklerine yayılabilse de, guta-perka gibi konlarla kullanıldığında kondenzasyon etkisi ile daha iyi yayılım göstermektedir.²⁰⁶ Tüm bu nedenlerle çalışmamızda, numuneleri biyoseramik pat ile doldururken guta-perka ile basit tek kon tekniğini kullandık.

Biyoseramik esaslı patların kullanıldığı in vitro çalışmalarda araştırmacılar, numunelerin bekleme sürelerinde farklı yaklaşımlar göstermiştir. Kısa sertleşme süresi gösteren biyoseramik esaslı patların kullanıldığı birçok çalışmada 3-14 günlük bekleme süresi yeterli bulunmuştur.^{6, 210-212} Bazı çalışmalarda ise 30 günlük bir bekleme süresi tercih edilmiştir.²¹³⁻²¹⁶ Hem rezin hem de biyoseramik esaslı patlarla doldurulmuş mandibular molar dişlerde yapılan bir çalışmada ise uzun bekleme süresinin pat sökme etkinliğindeki değişimi tespit etmek amacıyla 54 aylık bir bekleme süresi tercih edilmiştir.²¹⁷ Klinik bağlamda ise hastalar, ilk kanal tedavisinden birkaç ay veya yıl sonra yeniden tedavi için başvurumaktadırlar.²¹⁸ Bu nedenle, hem patın sertleşmesinin tamamlanması hem de klinik süreyi taklit etmek amacıyla numunelerin bekleme süresini 2 ay olarak belirledik.

Kök kanallarından pat ve guta-perkaların uzaklaştırılmasında Ni-Ti retreatment döner alet eğeleri klinik zamanı kısaltmak ve kanal dolgu materyallerini daha etkili uzaklaştırmak amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Marques da Silva ve ark.nın⁴⁶ ProTaper, D-RaCe ve Mtwo retreatment ege sistemlerinin kanal dolgu malzemelerini uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında araştırmacılar, PTUR eğesi kullanılan grupta D-RaCe eğesi kullanılan gruba göre anlamlı olarak daha az kalıntı yüzdesi bulmuştur. Bu sonuç, PTUR eğesinin iç kütlesini daha büyük hale getiren dışbükey üçgen kesitine ve kesme etkinliğini arttıran negatif kesme açısına bağlanmıştır.^{219,220}

Bazı çalışmalar PTUR eğesinin, biyoseramik esaslı patlar ve AH Plus patı ile kanal dolumu yapılmış dişler üzerindeki retreatment etkinliğini karşılaştırmıştır. PTUR eğesi ile söküm sonrası kalıntı pat miktarı açısından gruplar arasında fark bulunmazken, biyoseramik pat grubunda uzun çalışma süresi ve çalışma boyuna ulaşmada zorluk tespit edilmiştir.^{215, 221} Biyoseramik esaslı patla doldurulmuş dişlerde söküm sırasında PTUR, Resiproc Blue (RB) ve Xp-Endo Shaper (XPS) eğelerinin kullanımının karşılaştırıldığı bir çalışmada ise çalışma boyuna ulaşılan örnek sayısı PTUR grubunda anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur.²²²

Biz de çalışmamızda biyoseramik pat ile doldurduğumuz numunelerde söküm aşamasını kolaylaştırmak ve numunelerin tümünde çalışma boyuna ulaşabilmek amacıyla PTUR eğesi kullandık. Aktif uca sahip %9 taperlı D1 eğesi ile ilk penetrasyon ve koronal

preparasyon sağladıktan sonra, D2 eğesi (25/.08, 18 mm) ile apikale kadar olan preparasyonu tamamladık. Tüm numunelerde çalışma boyuna ulaşılmıştır.

Endodontik retreatment esnasında dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmak amacıyla kimyasal çözücüler kullanılabilir. Guta-perkanın yumuşatılmasını sağlayan bu çözücülerin kanal duvarlarında yapışkan bir tabaka oluşturduğu, bu nedenle uzaklaştırılmasının zaman aldığı ve bu yumuşak tabakanın apikalden ekstürize olabileceği bildirilmiştir.^{223, 224} Hem bu dezavantajlarından dolayı hem de irrigasyon aktivasyon sistemlerinin biyoseramik pat üzerindeki etkinliklerini daha doğru değerlendirebilmek amacıyla çalışmamızda herhangi bir kimyasal çözücü kullanmayı tercih etmedik.

Söküm aşamasında kanal dolgu materyalleri uzaklaştırıldıktan sonra kanal duvarlarının ve apikal bölgenin daha iyi temizlenmesi için final şekillendirme yapılmalı ve en azından bir boy büyük eğe ile çalışılmalıdır.⁴³ Retreatment sırasında kök kanalının başlangıçta kullanılan eğeden iki boyut büyük eğeye kadar genişletilmesi, dolgu maddesinin uzaklaştırılma etkinliğini on ila yirmi kat arttırmaktadır.²²⁵ Daha büyük bir preparasyon boyutu ile kalıntı dolgu miktarı azalmakta⁸⁹, kullanılan kimyasal solüsyon hacmi ve derinliği artmakta³⁷, mikrobiyal yük ve endotoksin seviyelerinde azalma²²⁶ gözlenmektedir. Ayrıca aktivasyon sistemlerinin etkinliği de apikal çapın boyutundan etkilenmektedir. Ultrasonik cihazlar genellikle 30 kHz frekansta çalışır ve yer değiştirme genliği 75 µm'dir. Sonik cihazların daha düşük frekansları olmasına rağmen (ED: 6000 Hz, EA: 167 Hz), yer değiştirme genlikleri (ED: 0,346 mm, EA: 1,2 mm) daha büyüktür ve apikaldeki final preparasyon boyutunu aştığı durumlarda sıkduvar temaslarına neden olmakta ve etkinlikleri azalmaktadır.^{227, 228} Bu sistemlerin kanal içerisinde rahatlıkla çalışabileceği ancak fazla madde kaybı nedeniyle iyatrojenik hataların oluşumuna neden olmayacak bir apikal preparasyon boyutu seçilmesi önemlidir.²²⁹ Bu nedenlerden dolayı çalışmamızda kanal dolgu materyallerini PTUR eğelerinden D1 (30/.09) ve D2 (25/.08) ile uzaklaştırdıktan sonra, final preparasyonda Reciproc döner eğe sisteminin R40 (40/.06) eğesini kullandık.

Mekanik olarak temizlenen kök kanallarındaki nekrotik pulpa, debris ve smear tabakanın uzaklaştırılabilmesi ve etkili bir dezenfeksiyonun sağlanabilmesi için irrigasyon solüsyonlarının doku çözücü, kayganlaştırıcı ve sürfaktan özelliklerinden faydalanılmaktadır.⁹⁰ Ni-Ti döner aletlerin kanal şekillendirme ve kanal dolgu materyallerini uzaklaştırma etkinlikleri yüksek olsa da tek başına yeterli olmadığını gösteren bazı micro-

CT çalışmaları, ana kök kanal yüzey alanının yaklaşık %10 ila %50'sine aletlerin dokunamadığını ortaya koymuştur.^{128, 230, 231} Sonuç olarak bu dokunulmayan alanlar, sert ve yumuşak dokudan oluşan debris ve bakteriyel biyofilm tabakasını barındırarak tedavi sonrası apikal periodontitise neden olmaktadır.²³² Organik doku çözücü etkisi ile eşsiz bir irrigant olan NaOCl'nin yanında smear tabakasındaki inorganik dokuları çözen en etkili ajanlardan biri olan EDTA sıklıkla kullanılmaktadır.¹⁰⁴

Final irrigasyonda NaOCl'nin ardından EDTA'nın kullanılması, smear tabakanın kaldırılmasında en etkili yöntem olarak belirtilmiştir.²³³ Farklı hacimlerde kullanılan EDTA'nın smear kaldırma etkinliğini karşılaştıran Mello ve ark.²³⁴, %17'lik EDTA'nın 5 ml hacimde kullanılmasının smear tabakasının etkili bir şekilde kaldırılması için yeterli olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Rödig ve ark.²³⁵ EDTA'nın %17'lik konsantrasyonunun dentinde erozyona neden olmadan smear kaldırma etkinliği gösterebilmesi için kanalda kullanılmasının uygun olduğu sürenin 1 dakika olduğunu belirtmişlerdir. Biz de bu nedenle, söküm aşamasında toplam 10 ml %5,25 NaOCl solüsyonu ile yıkamanın ardından, final irrigasyonda 1 dakika süreyle 5 ml %17'lik EDTA ve ardından 5 ml %5,25 NaOCl solüsyonlarını kullandık.

Günümüzde birçok çalışma geleneksel iğne irrigasyonunun; debris ve smear kaldırmada, kalsiyum hidroksit ve kanal dolgu materyallerini uzaklaştırmada, yan kanalların ve kanal içi düzensizliklerin temizliğinde, kanal içi biyofilmin giderilmesinde yetersiz kaldığını göstermektedir.²³⁶⁻²⁴⁰ Bu nedenle çalışmamızda biyoseramik pat ve guta-perkayı kök kanal duvarlarından ve dentin tübüllerinden uzaklaştırmada Gİİ ile EA, ED, PUI ve XP-FR aktivasyon sistemlerinin etkinliğini karşılaştırmayı hedefledik.

In vitro çalışmalarda endodontik retreatment işleminin ardından kalıntı dolgu materyallerini tespit etmek ve değerlendirmek amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM), bilgisayarlı tomografi (CT), mikro-bilgisayarlı tomografi (Micro-CT), optik stereomikroskop (OSM) ve radyografilerden yararlanılmaktadır.^{44, 216, 241, 242} Kalıntı dolgu materyallerinin dentin tübüllerindeki derinliğini tespit edebilmek için SEM ile konfokal lazer taramalı mikroskoptan (CLSM) faydalanılmaktadır. CLSM görüntülemeye analiz, skorlama sistemi ile değil nicel bir değerlendirmeyle yapılır.²⁴³ İncelenen numunelerin histotomografik görüntülerinin elde edilmesine olanak sağlayan CLSM sisteminin SEM görüntüleme sistemine göre dezavantajları, daha derin bölgelerde gölgeleme etkisi göstermesi ve nispeten zayıf çözünürlüğe sahip olmasıdır.²⁴⁴ Kalıntı dolgu materyallerinin

hacimsel olarak değerlendirildiği 3 boyutlu tarama yöntemi olan Micro-CT'nin en büyük avantajı, non-destruktif bir yöntem olması sebebiyle işlem öncesi ve sonrası örneklerde bozulma olmadan görüntü alınabilmesidir. Micro-CT ile hacimsel kalıntı miktarı tespiti yapılabilirken, dentin tübülleri görüntülenemediğinden dentin tübüllerinde kalan dolgu miktarı tespit edilememektedir.^{245, 246}

Kök kanal duvarlarının temizliğini, dentin tübüllerindeki kalıntı dolgu materyali, açık dentin tübülü sayısı ve smear tabakasını değerlendirmek için SEM görüntüleme yöntemi uygun bir tekniktir. SEM analizlerinde x1000 ile x5000 büyütmede açık dentin tübül sayısının kalitatif analizi ile smear tabakası skoru²⁴⁷ veya dentin tübüllerindeki kalıntı dolgu materyalinin kalitatif analizi¹⁹⁶ kullanılabilir. Kuga ve ark.¹⁹⁶ tarafından kalıntı dolgu materyalini yorumlamak amacıyla önerilen SEM skorlama yöntemini çalışmamızda kullanılmıştır.

Çalışmamızda kalıntı dolgu materyali miktarlarının SEM skorlamasına göre tüm gruplarda kalıntı dolgu materyali miktarları apikalden koronale doğru azalma göstermiştir ve sıfır hipotezi reddedilmiştir. Retreatment tedavileri ile ilgili yapılan birçok çalışmada koronal, orta ve apikal bölgelerden alınan kesitlerde yapılan incelemeler sonucunda; kullanılan pat, dolum tekniği ve görüntüleme yönteminden bağımsız olarak, apikal-orta bölgedeki kalıntı miktarının koronal-orta bölgelere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.^{211, 248-251} Dentin tübüllerinin çap ve sayısının koronalden apikale azalma göstermesi, apikal bölgedeki kalsifikasyonların ve sklerotik bölgelerin daha yoğun bulunması gibi nedenlerden dolayı irrigasyon solüsyonlarının apikaldeki etkinliği azalmaktadır.²⁵² Smear tabakanın kaldırılmasını da olumsuz etkileyen bu durum, patların penetrasyonunu azalttığı gibi kalıntı dolgu materyallerinin uzaklaştırılmasını da zorlaştırmaktadır.²³⁹ Aynı zamanda aktivasyon sistemlerinin koronaldeki etkinliğinin daha fazla oluşu; koronale doğru genişleyen preparasyon formu nedeniyle ulaşımın daha kolay olması ve cihazların uçlarının dentin duvarlarında minimum temas ile çalışarak etkinliklerini kaybetmemesine bağlı olarak gerçekleşmiş olabilir.

Çalışmamızda tüm gruplarda apikalden koronale kalıntı dolgu materyali miktarı azalma gösterse de bu Gİİ, EA ve PUI gruplarında istatistiksel olarak anlamlı değildir. ED ve XP-FR gruplarında koronal bölgede apikal bölgeye göre anlamlı olarak daha az kalıntı bulunmaktadır ($p<0.05$). Haupt ve ark.²³⁹ Gİİ, PUI, EA ve ED'nin eğimli kanallarda debris ve smear tabaka kaldırma etkinliklerini karşılaştırdıkları SEM destekli çalışmalarında, smear

kaldırmada ED grubunun koronal bölgede apikal bölgeye göre anlamlı olarak daha etkili olduğunu bulmuşlardır. EDDY sonik aktivasyon ucunun poliamid yapısı ile koronal bölgede oluşturduğu yüksek frekansı dentine zarar vermeden serbestçe aktarabilmesi ve üç boyutlu salınım ile hızlı sıvı hareketi yaratması sebebiyle apikale göre belirgin bir etkinlik göstermiş olabileceği savunulmaktadır.⁷ Aynı çalışmada, PUI ve EA grupları kökün farklı bölgelerinde anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Bu bulgu PUI için, genellikle kök kanalının eğriliğinden etkilenmeyen ultrasonik cihazların daha yüksek akış hızı ile açıklanmıştır.²⁵³ Bu nedenle apikaldeki etkinliği de yüksek olan PUI için kökün her bölgesinde benzer etkinlik gözlenmiştir. Düşük frekans ancak yüksek yer değiştirme etkinliği gösteren EA ucunun kanal duvarlarına teması ile koronaldeki etkinliğinin azalmış olabileceği belirtilmiştir. Benzer bir çalışma sunan Elnaghy ve ark.²⁵⁴ eğimli kanallarda EA cihazının kökün farklı seviyelerinde anlamlı bir etkinlik göstermediğini ortaya koymuştur. Smear tabakanın kaldırılmasında EA cihazının etkinliğini karşılaştıran başka bir çalışmada belirtildiği gibi, EA cihazının etkinliği koronalden apikale azalmaktadır ve geleneksel iğne irrigasyonuna göre istatistiksel olarak bir üstünlük göstermemektedir.¹⁵⁸ Aynı çalışmada EDTA'nın kullanıldığı gruplarda, aktivasyon cihazı kullanılmaksızın koronalde smear tabakasının tamamen kaldırıldığı ancak smear kaldırma etkinliğinin apikale doğru azaldığı bildirilmiştir. Bu bulgular çalışmamızı destekler niteliktedir.

Çalışmamızda PUI, ED ve XP-FR grupları kökün tüm bölgelerinde Gİİ grubuna üstün etkinlik gösterirken, EA grubu yalnızca koronal bölgede Gİİ grubundan anlamlı olarak daha üstündür. Grischke ve ark.²⁴⁹ kanal yüzeyinden ve simüle edilmiş düzensizliklerden EA, PUI ve hidrodinamik cihazlar ile pat uzaklaştırma etkinliğini görsel skorlama ile karşılaştırdığı çalışmalarında, final irrigasyonda %3 NaOCl kullanımı sonrası EDTA ile son irrigasyon gerçekleştirilmiştir. EA cihazının kontrol grubuna göre bir üstünlüğü bulunamazken PUI cihazı tüm gruplardan daha yüksek bir pat sökme etkinliği göstermiştir ($p<0.01$). EA en yüksek etkinliğini orta üçlüde gösterirken, tüm gruplar apikal üçlü bölgesinde en az etkinlik göstermiştir. Çalışmamız ile benzer olarak, EA grubunun kontrol grubuna üstünlük göstermemesi cihazın sahip olduğu düşük frekansın, özellikle apikal bölgede daha sık gözlemlenen sklerizasyon nedeniyle kullanılan irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu ve etkinliğini kısıtlamış olmasından kaynaklı olabilir. Ayrıca dentin tübüllerindeki kalıntı miktarını karşılaştırma imkânı vermesinden dolayı SEM görüntülemenin, kalıntı pat miktarını ölçmede görsel skorlamaya göre daha objektif bir

yöntem olduğu savunulabilir. Çalışmamızda EA grubunun koronal bölgede Gİİ grubuna üstün olması; final irrigasyonda EDTA aktivasyonunun dentin tübüllerinin açıklığını arttırması ve ardından NaOCl ile aktivasyonun dentin tübüllerinden kalıntı dolgu materyallerini daha kolay uzaklaştırabilmiş olmasından kaynaklı olabilir.

İki sonik cihazın kanal patı uzaklaştırma etkinliğini karşılaştıran tek yayın olan Aydın ve ark.nın²⁵⁵ çalışmasında, AH Plus patı ile doldurulmuş 45 maksiller kesici dişte ED ve EA'nın pat uzaklaştırma etkinliklerini konfokal lazer mikroskopi ile karşılaştırmışlardır. ED, kontrol grubuna göre kökün her üçlüsünde üstünlük göstermiştir. ED grubu, EA grubuna göre genel olarak daha düşük kalıntı miktarı göstermekle beraber bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. EA ile Gİİ grupları arasında istatistiksel anlamlılık bulunmamıştır.

Düzgün ve ark.²¹⁰ standardize yapay oluklar oluşturdukları 96 maksiller santral dişte AH Plus Jet (APJ) ve Sure-Seal Root (SSR) BS patlarının Gİİ, PUI, EA ve manuel dinamik aktivasyon ile kanal lümeninden ve oluklardan uzaklaştırılma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. PUI, diğer aktivasyon sistemlerine göre istatistiksel olarak daha fazla SSR patı uzaklaştırma etkinliği göstermiştir. Standardize oluklarda pat uzaklaştırma etkinliği özellikle irrigasyon solüsyonlarının hidrodinamiğine bağlı olduğundan, PUI tarafından üretilen daha yüksek hızlı irrigasyon akışının SSR biyoseramik patının daha verimli uzaklaştırılmasını sağlamış olabileceği bildirilmiştir.

Çalışmamızda diğer bir sonik aktivasyon cihazı olan EDDY ile PUI grubu karşılaştırıldığında, kökün üç bölgesinde de benzer etkinlik gösterdiği bulunmuştur. Irrigasyonun etkinliği, irrigasyonun türüne ve aktivatörün solüsyonu uzaklaştırılması gereken materyal ve yapılar ile temas ettirebilme yeteneğine bağlıdır.¹⁴⁰ Bu bağlamda PUI'ye göre daha düşük frekansla çalışan EDDY'nin esnek poliamid ucu sayesinde üç boyutlu salınım hareketi göstermesi ve gücünü kaybetmeden solüsyonda etkili bir hızlı akıma neden olması tıpkı PUI gibi solüsyonda akustik akış ve kavitasyon oluşturabilme yeteneği olduğunu göstermektedir.^{239, 256}

XP-Endo Finisher R, kök kanal yenileme tedavilerinde temizleme etkinliğini optimize etmek amacıyla dizayn edilmiştir.²⁵¹ Da Silva ve ark.²⁵⁷ tek köklü oval kanallı mandibular premolar dişlerden BioRoot biyoseramik patın uzaklaştırılma etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmalarında, Resiproc eğesinin kullanımının ardından XP-Endo Finisher R ile aktivasyon uygulandığında yalnızca Resiproc egesi kullanımına göre anlamlı düzeyde

daha fazla pat uzaklaştırıldığını bulmuşlardır. Geleneksel alaşıma sahip Resiproc egesinin dentin ile biyoseramik pat arasındaki bağı zayıflattığını, XP-FR ile tamamlayıcı aktivasyon uygulandığında ise kanal dolgu materyalinin daha kolay uzaklaştırılabildiğini savunmuşlardır.

Çalışmamızda XP-FR grubu kökün üç bölgesinde de etkin bir temizlik göstermiştir. Ancak etkinliği ED ve PUI gruplarından yüksek olsa da, istatistiksel bir farklılık göstermemektedir. De-Deus ve ark.²⁵¹, Silva ve ark.²⁵⁸ benzer gereç ve yöntemle sahip çalışmalarında; tek köklü oval kanallarda R40 ege ile retreatment uygulandıktan sonra final irrigasyonda 3 ml %17 EDTA ve 4 ml %2.5 NaOCl solüsyonları kullanılarak PUI ve XP-FR tamamlayıcı aktivasyon sistemlerinin AH Plus patını sökme etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalardan alınan Micro-CT görüntüleri sonucu her iki aktivasyon sistemi de kalıntı dolgu hacmini önemli derecede azaltırken, XP-FR PUI'ye kıyasla daha fazla kanal dolgu materyali uzaklaştırmıştır ($p<0.05$). Benzer şekilde, iRoot SP biyoseramik pat ile doldurulan mandibular premolar dişlerde yapılan bir retreatment çalışmasından elde edilen Micro-CT görüntülerine göre, kökün tüm seviyelerinde XP-FR grubunda PUI grubuna göre anlamlı olarak daha az kalıntı miktarı tespit edilmiştir.²¹¹ Çalışmamıza kıyasla bu farklılığın; kanal sistemindeki kalıntı dolgu materyali tespitinin Micro-CT görüntüleme ile hacim ölçülerek belirlenmesi ve preoperatif görüntüler ile postoperatif görüntülerin karşılaştırılma imkanı olmasından kaynaklı olabilir.

Sümbüllü ve ark.²⁵⁶ mandibular premolar dişlerde yapay olarak oluşturdukları oluklardan EndoSeal MTA biyoseramik esaslı patın uzaklaştırılma etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmalarında, apikal bölgede ED grubunun XP-F, PUI ve Gİİ grubuna göre istatistiksel olarak daha iyi etkinlik gösterdiğini bulmuşlardır. ED'nin apikal bölgedeki yüksek etkinliği PUI ucuna kıyasla esnek bir uca sahip olması ve kanal boyunda kullanılabilmesine bağlanmıştır. XP-F grubunun ED grubuna göre düşük etkinlik göstermesinin nedeni olarak, yan kanalları taklit eden yapay oluklardan mekanik olarak pat çıkarma etkinliği gösterememesinin olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca bazı çalışmalarda^{61, 248}, XP-F ve XP-FR eğerlerinin benzer etkinlik gösterdiği belirtilse de, XP-F egesi daha küçük bir çapa sahiptir ve XP-FR egesinde bulunan daha keskin ve sert uç yapısına sahip değildir.

Aynı çalışmada koronal bölgede ise ED, XP-F ve PUI gruplarında etkinlik açısından anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Bunun nedeni olarak, kullanılan EDTA'nın koronal

bölgeye ulaşım kolaylığı nedeniyle kimyasal ve mekanik etkisini daha fazla gösterebileceği vurgulanmıştır. Bu bulgu, çalışmamızın bulguları ile uyumludur.

Crozeta ve ark.²¹² EndoSequence BS patı ile doldurdukları oval kanallı dişlerde PUI ve XP-FR'nin kanal dolgu materyali uzaklaştırma etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada PUI kullanılan dişlerde, XP-FR grubuna göre daha düşük kalıntı dolgu materyali miktarı gösterilmiştir. Bu bulgu, mevcut çalışmamızla ve önceden bahsettiğimiz çalışmalarla uyumlu değildir. Bunun nedeni olarak, Crozeta ve ark.nın kullandığı ultrasonik uç olan R2 Flatsonic'in (Helse Ultrasonic, São Paulo, SP, Brezilya), 2 mm uzunluğunda düz bir eşkenar üçgen uca sahip olması, çalışmamızdaki (25/.02) ve diğer çalışmalardaki uçlara göre daha düşük taper ancak daha büyük çapa sahip olması nedeniyle oval kanal anatomisine daha iyi adaptasyon sağlamasına bağlanmıştır. Kanal içerisindeki uç ve kaçış noktalarına daha iyi temas ederek kalıntı dolgu materyalinin uzaklaştırılmasını kolaylaştırdığı belirtilmiştir.

Çalışmamızda apikal, orta ve koronal bölgede ED, PUI ve XP-FR grupları istatistiksel olarak birbirine üstünlük göstermese de, elde edilen skorlara göre bu aktivasyon cihazlarının biyoseramik patları uzaklaştırmada üstün performans gösterdiği savunulabilir. Çalışmalarda MaxWire alaşımdan üretilen XP-FR'nin etkisi vücut sıcaklığında genişleşip, hareketi sırasında eliptik kısmının kanal anatomisi tarafından sıkıştırılarak, eğenin ucunu kanal duvarlarına doğru zorlaması ve dentinde aşındırmaya neden olmasıyla açıklanmaktadır. Yarı-aktif ucun bu mekanik etkisi, kanal irrigasyonu esnasında ulaşılması zor alanlarda dahi kanal duvarlarına temas etmesi ve kanal dolgu materyalini kanal duvarından sökmeye zorlaması ile sonuçlanmaktadır.^{61, 258} Yüksek frekans ile çalışan PUI, irrigasyon solüsyonlarında kavitasyon etkisi oluşturarak dentin tübüllerinden kök kanal patının uzaklaştırılmasında olumlu etki göstermektedir. Diğer sonik cihazlara göre yüksek frekans ile çalışan EDDY cihazı da benzer bir etki ile kök kanallarında aktivasyon sağlamaktadır. EA polimer ucunun irrigasyon solüsyonunda yarattığı hidrodinamik fenomenin kanal dolgu materyallerini uzaklaştırmada yetersiz kaldığı belirtilmiştir.²¹⁶

Tek köklü oval kanalların kullanılması bu çalışmanın kısıtlamaları arasındadır. Klinik senaryolarda kök kanal anatomileri daha karmaşıktır ve mevcut çalışmamızdaki durumu yansıtmamaktadır. Ayrıca kullandığımız çekilmiş insan dişlerinin boyut, hacim, sklerizasyon miktarı açısından standardize edilmesi mümkün olmamaktadır. Kullandığımız görüntüleme yöntemi olan SEM'in yüksek büyütme oranlarında kısıtlı bir alanı göstermesi, numunelerin görüntüleme öncesi ikiye ayrılarak asit banyosunda bekletilmesi ve daha sonra

da altın-paladyum bir kaplama gerektirmesi numunelerden alınan verilerin verimini ve doğruluğunu düşürmektedir. Tüm bu kısıtlamalar dahilinde, dentin tübüllerini nicel değerlendirme imkanı sunan ve incelenen numunelerin histotomografik görüntülerini elde etmeye yarayan konfokal lazer taramalı mikroskopi (CLSM) gibi farklı görüntüleme cihazlarının kullanımının düşünülmesi faydalı olacaktır.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızda kullanılan aktivasyon sistemleri Bioserra biyoseramik patını kök kanallarından tamamen uzaklaştıramamıştır. Kalıntı dolgu miktarı tüm gruplarda koronalden apikale artış göstermektedir. ED, PUI ve XP-FR grupları tüm bölgelerde Gİİ grubundan üstündür. ED ve XP-FR, koronalde apikale göre istatistiksel olarak daha fazla pat uzaklaştırmıştır. Ayrıca apikalde en düşük kalıntı miktarları ED ve XP-FR gruplarında görülmektedir. Retreatment uygulanan dişlerde irrigasyon aktivasyon sistemleri kalıntı dolgu miktarını azaltmıştır ve geleneksel iğne irrigasyonunun yetersiz kaldığı görülmüştür.

Retreatmentta kullanılacak aktivasyon sisteminin başarısının; diş grubuna ve farklı anatomilerdeki dişlere, kullanılan kimyasal ajanlara, önceden kök kanalının doldurulduğu pata ve uygulanan kanal dolum yöntemine bağlı olarak farklılık gösterebileceği ve klinik kullanımda bu değişkenlerin varlığı unutulmamalıdır. Dentin tübüllerinin görüntülenmesinde oldukça sık kullanılan SEM görüntüleme tekniğinin tüm kanal boşluğundaki kalıntı dolgu miktarını tespit edememesi durumundan dolayı da destekleyici görüntüleme yöntemleri ile daha ileri çalışmalar yapılmalıdır.

Tüm kısıtlamalar dahilinde, kök kanallarından biyoseramik içerikli kök kanal patının uzaklaştırılmasında destekleyici olarak ED, PUI ve XP-FR aktivasyon sistemlerinin klinik kullanımının endodontik retreatment başarısını arttıracak savunulabilir. Klinik kullanımda sonik bir aktivasyon cihazı tercih edilecekse, ED cihazının EA cihazına göre daha başarılı sonuçlar göstermiş olduğu göz önünde bulundurulabilir.

7. KAYNAKLAR

1. **Rotstein I, Ingle JJ.** Ingle's ENDODONTICS. 7th ed., PMPH USA, North Carolina, **2019**, xxi.
2. **Seltzer S, Bender I.** Cognitive dissonance in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **1965**, 20(4): 505-516.
3. **Torabinejad M, Kutsenko D, Machnick TK, Ismail A, Newton CW.** Levels of evidence for the outcome of nonsurgical endodontic treatment. *J Endod*, **2005**, 31(9): 637-646.
4. **Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S.** Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *J Endod*, **2009**, 35(7): 930-937.
5. **Conde AJ, Estevez R, Loroño G, Valencia de Pablo Ó, Rossi-Fedele G, et al.** Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. *Int Endod J*, **2017**, 50(10): 976-982.
6. **Angerame D, De Biasi M, Porrelli D, Bevilacqua L, Zanin R, et al.** Retreatability of calcium silicate-based root canal sealer using reciprocating instrumentation with different irrigation activation techniques in single-rooted canals. *Aust Endod J*, **2022**, 48(3): 415-422.
7. **Donnermeyer D, Wyrsh H, Bürklein S, Schäfer E.** Removal of Calcium Hydroxide from Artificial Grooves in Straight Root Canals: Sonic Activation Using EDDY Versus Passive Ultrasonic Irrigation and XPendo Finisher. *J Endod*, **2019**, 45(3): 322-326.
8. **Best S, Porter A, Thian E, Huang J.** Bioceramics: Past, present and for the future. *J Eur Ceram Soc*, **2008**, 28(7): 1319-1327.
9. **Hess D, Solomon E, Spears R, He J.** Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod*, **2011**, 37(11): 1547-1549.
10. **Siren EK, Haapasalo MPP, Ranta K, Salmi P, Kerosuo ENJ.** Microbiological findings and clinical treatment procedures in endodontic cases selected for microbiological investigation. *Int Endod J*, **1997**, 30(2): 91-95.
11. **Siqueira Jr JF, Rôças IN.** Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod*, **2008**, 34(11): 1291-1301. e1293.
12. **Siqueira Jr JF.** Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J*, **2001**, 34(1): 1-10.
13. **Berman LH, Hargreaves KM.** Outcome measures for nonsurgical root canal treatment and retreatment. In: *Cohen's Pathways of the Pulp - E-book*. 12th ed., Elsevier Health Sciences, USA, **2020**, 2332-2338.
14. **Bender I, Seltzer S, Soltanoff W.** Endodontic success—A reappraisal of criteria: Part II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **1966**, 22(6): 790-802.
15. **Murphy WK, Kaugars GE, Collett WK, Dodds RN.** Healing of periapical radiolucencies after nonsurgical endodontic therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **1991**, 71(5): 620-624.
16. **Chugal N, Mallya SM, Kahler B, Lin LM.** Endodontic treatment outcomes. *Dent Clin North Am*, **2017**, 61(1): 59-80.

17. **Karabucak B, Bunes A, Chehoud C, Kohli MR, Setzer F.** Prevalence of Apical Periodontitis in Endodontically Treated Premolars and Molars with Untreated Canal: A Cone-beam Computed Tomography Study. *J Endod*, **2016**, 42(4): 538-541.
18. **Costa F, Pacheco-Yanes J, Siqueira JF, Jr., Oliveira ACS, Gazzaneo I, et al.** Association between missed canals and apical periodontitis. *Int Endod J*, **2019**, 52(4): 400-406.
19. **Sundqvist G, Figdor D.** Life as an endodontic pathogen: Ecological differences between the untreated and root-filled root canals. *Endod Topics*, **2003**, 6(1): 3-28.
20. **Chugal NM, Clive JM, Spångberg LS.** Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2003**, 96(1): 81-90.
21. **Love RM, Firth N.** Histopathological profile of surgically removed persistent periapical radiolucent lesions of endodontic origin. *Int Endod J*, **2009**, 42(3): 198-202.
22. **Hoen MM, Pink FE.** Contemporary endodontic retreatments: an analysis based on clinical treatment findings. *J Endod*, **2002**, 28(12): 834-836.
23. **Taylor JK, Jeansonne BG, Lemon RR.** Coronal leakage: effects of smear layer, obturation technique, and sealer. *J Endod*, **1997**, 23(8): 508-512.
24. **Wong R.** Conventional endodontic failure and retreatment. *Dent Clin North Am*, **2004**, 48(1): 265-289.
25. **Torabinejad M, White SN.** Endodontic treatment options after unsuccessful initial root canal treatment: Alternatives to single-tooth implants. *J Am Dent Assoc*, **2016**, 147(3): 214-220.
26. **Zitzmann NU, Krastl G, Hecker H, Walter C, Waltimo T, et al.** Strategic considerations in treatment planning: deciding when to treat, extract, or replace a questionable tooth. *J Prosthet Dent*, **2010**, 104(2): 80-91.
27. **Torabinejad M, Anderson P, Bader J, Brown LJ, Chen LH, et al.** Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: a systematic review. *J Prosthet Dent*, **2007**, 98(4): 285-311.
28. **Dahlkemper PE, Ang DB, Goldberg RA, Rubin RL, Schultz GB, et al.** Aae guidetoclinicalendodontics6.
29. **Salehrabi R, Rotstein I.** Epidemiologic evaluation of the outcomes of orthograde endodontic retreatment. *J Endod*, **2010**, 36(5): 790-792.
30. **He J, White RK, White CA, Schweitzer JL, Woodmansey KF.** Clinical and patient-centered outcomes of nonsurgical root canal retreatment in first molars using contemporary techniques. *J Endod*, **2017**, 43(2): 231-237.
31. **Çalışkan MK.** Nonsurgical retreatment of teeth with periapical lesions previously managed by either endodontic or surgical intervention. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2005**, 100(2): 242-248.
32. **Zhang M-M, Fang G-F, Chen X-T, Liang Y-H.** Four-year outcome of nonsurgical root canal retreatment using cone-beam computed tomography: a prospective cohort study. *J Endod*, **2021**, 47(3): 382-390.
33. **Kang M, In Jung H, Song M, Kim SY, Kim H-C, et al.** Outcome of nonsurgical retreatment and endodontic microsurgery: a meta-analysis. *Clin Oral Investig*, **2015**, 19(3): 569-582.
34. **Ruddle CJ.** Nonsurgical retreatment. *J Endod*, **2004**, 30(12): 827-845.

35. **Mulvey PG, Abbott PV.** The effect of endodontic access cavity preparation and subsequent restorative procedures on molar crown retention. *Aust Dent J*, **1996**, 41(2): 134-139.
36. **Mandel E, Friedman S.** Endodontic retreatment: a rational approach to root canal reinstrumentation. *J Endod*, **1992**, 18(11): 565-569.
37. **Hülsmann M, Bluhm V.** Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary NiTi instruments in root canal retreatment. *Int Endod J*, **2004**, 37(7): 468-476.
38. **Wilcox LR, Krell KV, Madison S, Rittman B.** Endodontic retreatment: evaluation of gutta-percha and sealer removal and canal reinstrumentation. *J Endod*, **1987**, 13(9): 453-457.
39. **Gilbert BO, Jr., Rice RT.** Re-treatment in endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **1987**, 64(3): 333-338.
40. **Hülsmann M, Stotz S.** Efficacy, cleaning ability and safety of different devices for gutta-percha removal in root canal retreatment. *Int Endod J*, **1997**, 30(4): 227-233.
41. **Schirrmeister JF, Wrbas KT, Schneider FH, Altenburger MJ, Hellwig E.** Effectiveness of a hand file and three nickel-titanium rotary instruments for removing gutta-percha in curved root canals during retreatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2006**, 101(4): 542-547.
42. **Zuolo AS, Mello JE, Jr., Cunha RS, Zuolo ML, Bueno CE.** Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *Int Endod J*, **2013**, 46(10): 947-953.
43. **Rödig T, Reicherts P, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, et al.** Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT. *Int Endod J*, **2014**, 47(10): 942-948.
44. **Somma F, Cammarota G, Plotino G, Grande NM, Pameijer CH.** The effectiveness of manual and mechanical instrumentation for the retreatment of three different root canal filling materials. *J Endod*, **2008**, 34(4): 466-469.
45. **Rödig T, Hausdörfer T, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, et al.** Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals - a micro-computed tomography study. *Int Endod J*, **2012**, 45(6): 580-589.
46. **Marques da Silva B, Baratto-Filho F, Leonardi DP, Henrique Borges A, Volpato L, et al.** Effectiveness of ProTaper, D-RaCe, and Mtwo retreatment files with and without supplementary instruments in the removal of root canal filling material. *Int Endod J*, **2012**, 45(10): 927-932.
47. **Takahashi CM, Cunha RS, de Martin AS, Fontana CE, Silveira CF, et al.** In vitro evaluation of the effectiveness of ProTaper universal rotary retreatment system for gutta-percha removal with or without a solvent. *J Endod*, **2009**, 35(11): 1580-1583.
48. **Oyama KO, Siqueira EL, Santos M.** In vitro study of effect of solvent on root canal retreatment. *Braz Dent J*, **2002**, 13(3): 208-211.
49. **Wilcox LR.** Endodontic retreatment with halothane versus chloroform solvent. *J Endod*, **1995**, 21(6): 305-307.
50. **Schäfer E, Zandbiglari T.** A comparison of the effectiveness of chloroform and eucalyptus oil in dissolving root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2002**, 93(5): 611-616.
51. **Whitworth JM, Boursin EM.** Dissolution of root canal sealer cements in volatile solvents. *Int Endod J*, **2000**, 33(1): 19-24.

52. **Barbosa SV, Burkard DH, Spångberg LS.** Cytotoxic effects of gutta-percha solvents. *J Endod*, **1994**, 20(1): 6-8.
53. **Vajrabhaya LO, Suwannawong SK, Kamolroongwarakul R, Pewklieng L.** Cytotoxicity evaluation of gutta-percha solvents: Chloroform and GP-Solvent (limonene). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2004**, 98(6): 756-759.
54. **Martos J, Gastal MT, Sommer L, Lund RG, Del Pino FA, et al.** Dissolving efficacy of organic solvents on root canal sealers. *Clin Oral Investig*, **2006**, 10(1): 50-54.
55. **Martos J, Bassotto AP, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM.** Dissolving efficacy of eucalyptus and orange oil, xylol and chloroform solvents on different root canal sealers. *Int Endod J*, **2011**, 44(11): 1024-1028.
56. **Duncan HF, Chong BS.** Removal of root filling materials. *Endod Topics*, **2008**, 19(1): 33-57.
57. **Lipski M, Woźniak K.** In vitro infrared thermographic assessment of root surface temperature rises during thermafil retreatment using system B. *J Endod*, **2003**, 29(6): 413-415.
58. **Lee FS, Van Cura JE, BeGole E.** A comparison of root surface temperatures using different obturation heat sources. *J Endod*, **1998**, 24(9): 617-620.
59. **Schwandt NW, Gound TG.** Resorcinol-formaldehyde resin "Russian Red" endodontic therapy. *J Endod*, **2003**, 29(7): 435-437.
60. **Galler KM, Grubmüller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, et al.** Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *Int Endod J*, **2019**, 52(8): 1210-1217.
61. **Silva E, Belladonna FG, Zuolo AS, Rodrigues E, Ehrhardt IC, et al.** Effectiveness of XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R in removing root filling remnants: a micro-CT study. *Int Endod J*, **2018**, 51(1): 86-91.
62. **Roberts S, Kim JR, Gu LS, Kim YK, Mitchell QM, et al.** The efficacy of different sealer removal protocols on bonding of self-etching adhesives to AH plus-contaminated dentin. *J Endod*, **2009**, 35(4): 563-567.
63. **Barbizam JV, Fariniuk LF, Marchesan MA, Pecora JD, Sousa-Neto MD.** Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. *J Endod*, **2002**, 28(5): 365-366.
64. **Zehnder M, Paqué F.** Disinfection of the root canal system during root canal re-treatment. *Endod Topics*, **2008**, 19(1): 58-73.
65. **Taintor JF, Ingle JI, Fahid A.** Retreatment versus further treatment. *Clin Prev Dent*, **1983**, 5(5): 8-14.
66. **Ricucci D.** Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J*, **1998**, 31(6): 384-393.
67. **Ricucci D, Langeland K.** Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J*, **1998**, 31(6): 394-409.
68. **Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PM.** The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J*, **2006**, 39(8): 595-609.

69. **Aggarwal V, Singla M, Kabi D.** An in vitro evaluation of performance of two electronic root canal length measurement devices during retreatment of different obturating materials. *J Endod*, **2010**, 36(9): 1526-1530.
70. **Haapasalo M, Shen Y.** Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future. *Endod Topics*, **2013**, 29(1): 3-17.
71. **Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa AM.** Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J*, **2005**, 38(10): 743-752.
72. **Lee DH, Park B, Saxena A, Serene TP.** Enhanced surface hardness by boron implantation in Nitinol alloy. *J Endod*, **1996**, 22(10): 543-546.
73. **Andreasen G, Wass K, Chan KC.** A review of superelastic and thermodynamic nitinol wire. *Quintessence Int*, **1985**, 16(9): 623-626.
74. **Walia HM, Brantley WA, Gerstein H.** An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod*, **1988**, 14(7): 346-351.
75. **Schäfer E, Dzepina A, Danesh G.** Bending properties of rotary nickel-titanium instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2003**, 96(6): 757-763.
76. **Jamleh A, Sadr A, Nomura N, Yahata Y, Ebihara A, et al.** Nano-indentation testing of new and fractured nickel-titanium endodontic instruments. *Int Endod J*, **2012**, 45(5): 462-468.
77. **Civjan S, Huget EF, DeSimon LB.** Potential applications of certain nickel-titanium (nitinol) alloys. *J Dent Res*, **1975**, 54(1): 89-96.
78. **Gavini G, Santos MD, Caldeira CL, Machado MEL, Freire LG, et al.** Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res*, **2018**, 32(suppl 1): e67.
79. **Çapar ID, Arslan H.** A review of instrumentation kinematics of engine-driven nickel-titanium instruments. *Int Endod J*, **2016**, 49(2): 119-135.
80. **De-Deus G, Arruda TEP, Souza EM, Neves A, Magalhães K, et al.** The ability of the Reciproc R25 instrument to reach the full root canal working length without a glide path. *Int Endod J*, **2013**, 46(10): 993-998.
81. **Gambarini G, Plotino G, Grande NM, Al-Sudani D, De Luca M, et al.** Mechanical properties of nickel–titanium rotary instruments produced with a new manufacturing technique. *Int Endod J*, **2011**, 44(4): 337-341.
82. **Zhou HM, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng YF, et al.** Mechanical properties of controlled memory and superelastic nickel-titanium wires used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *J Endod*, **2012**, 38(11): 1535-1540.
83. **Gambarini G, Grande NM, Plotino G, Somma F, Garala M, et al.** Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium instruments produced by new manufacturing methods. *J Endod*, **2008**, 34(8): 1003-1005.
84. **Ye J, Gao Y.** Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *J Endod*, **2012**, 38(1): 105-107.
85. **Alapati SB, Brantley WA, Iijima M, Clark WA, Kovarik L, et al.** Metallurgical characterization of a new nickel-titanium wire for rotary endodontic instruments. *J Endod*, **2009**, 35(11): 1589-1593.
86. **Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, Namerow K.** Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/.04 rotary instruments. *J Endod*, **2008**, 34(11): 1406-1409.

87. **Seracchiani M, Reda R, Zanza A, D'Angelo M, Russo P, et al.** Mechanical Performance and Metallurgical Characteristics of 5 Different Single-file Reciprocating Instruments: A Comparative In Vitro and Laboratory Study. *J Endod*, **2022**, 48(8): 1073-1080.
88. **Baker NA, Eleazer PD, Averbach RE, Seltzer S.** Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J Endod*, **1975**, 1(4): 127-135.
89. **Park E, Shen Y, Haapasalo M.** Irrigation of the apical root canal. *Endod Topics*, **2012**, 27(1): 54-73.
90. **Basrani B, Haapasalo M.** Update on endodontic irrigating solutions. *Endod Topics*, **2012**, 27(1): 74-102.
91. **Zehnder M.** Root canal irrigants. *J Endod*, **2006**, 32(5): 389-398.
92. **Naenni N, Thoma K, Zehnder M.** Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod*, **2004**, 30(11): 785-787.
93. **Baumgartner JC, Mader CL.** A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod*, **1987**, 13(4): 147-157.
94. **Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K.** An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J*, **2001**, 34(4): 300-307.
95. **Orstavik D, Haapasalo M.** Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol*, **1990**, 6(4): 142-149.
96. **Tanomaru JM, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Bonetti Filho I, Silva LA.** Effect of different irrigation solutions and calcium hydroxide on bacterial LPS. *Int Endod J*, **2003**, 36(11): 733-739.
97. **Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JC, Marchesan MA, et al.** Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J*, **2002**, 13(2): 113-117.
98. **Gomes BP, Ferraz CC, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, et al.** In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J*, **2001**, 34(6): 424-428.
99. **Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M.** Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod*, **2010**, 36(9): 1558-1562.
100. **Sum CP, Neo J, Kishen A.** What we leave behind in root canals after endodontic treatment: some issues and concerns. *Aust Endod J*, **2005**, 31(3): 94-100.
101. **Al-Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zehnder M.** Acoustic hypochlorite activation in simulated curved canals. *J Endod*, **2009**, 35(10): 1408-1411.
102. **Spencer HR, Ike V, Brennan PA.** Review: the use of sodium hypochlorite in endodontics--potential complications and their management. *Br Dent J*, **2007**, 202(9): 555-559.
103. **Basrani B, Haapasalo M.** Topical Disinfectants for Root Canal Irrigation. In: *Disinfection of Root Canal Systems: The Treatment of Apical Periodontitis*. Wiley-Blackwell Publishing Ltd., New Jersey, **2014**, 109-140.
104. **Goldman M, Kronman JH, Goldman LB, Clausen H, Grady J.** New method of irrigation during endodontic treatment. *J Endod*, **1976**, 2(9): 257-260.
105. **Angker L, Swain MV, Kilpatrick N.** Characterising the micro-mechanical behaviour of the carious dentine of primary teeth using nano-indentation. *J Biomech*, **2005**, 38(7): 1535-1542.

106. **Sen BH, Ertürk O, Pişkin B.** The effect of different concentrations of EDTA on instrumented root canal walls. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2009**, 108(4): 622-627.
107. **Haapasalo M, Qian W, Shen Y.** Irrigation: beyond the smear layer. *Endod Topics*, **2012**, 27(1): 35-53.
108. **Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo M, Ørstavik D.** The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers. *Int Endod J*, **2002**, 35(10): 859-866.
109. **de Souza Matos F, Rosatto CMP, Cunha TC, Vidigal MTC, Blumenberg C, et al.** Influence of chelating solutions on tubular dentin sealer penetration: A systematic review with network meta-analysis. *Aust Endod J*, **2021**, 47(3): 715-730.
110. **Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS.** The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: Part 2. *J Endod*, **1982**, 8(11): 487-492.
111. **Rizvi A, Zafar MS, Farid WM, Gazal G.** Assessment of antimicrobial efficacy of MTAD, sodium hypochlorite, EDTA and chlorhexidine for endodontic applications: An in vitro study. *Middle East J Sci Res*, **2014**, 21(2): 353-357.
112. **Keleş A, Köseoğlu M.** Dissolution of root canal sealers in EDTA and NaOCl solutions. *J Am Dent Assoc*, **2009**, 140(1): 74-79; quiz 113.
113. **Basrani B, Santos JM, Tjäderhane L, Grad H, Gorduysus O, et al.** Substantive antimicrobial activity in chlorhexidine-treated human root dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2002**, 94(2): 240-245.
114. **Komorowski R, Grad H, Wu XY, Friedman S.** Antimicrobial substantivity of chlorhexidine-treated bovine root dentin. *J Endod*, **2000**, 26(6): 315-317.
115. **Moreira DM, Almeida JF, Ferraz CC, Gomes BP, Line SR, et al.** Structural analysis of bovine root dentin after use of different endodontics auxiliary chemical substances. *J Endod*, **2009**, 35(7): 1023-1027.
116. **Athanassiadis B, Abbott PV, Walsh LJ.** The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent J*, **2007**, 52(1 Suppl): S64-82.
117. **Gomes BP, Vianna ME, Zaia AA, Almeida JF, Souza-Filho FJ, et al.** Chlorhexidine in endodontics. *Braz Dent J*, **2013**, 24(2): 89-102.
118. **Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, Belanger M, Britto LR.** The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *J Endod*, **2006**, 32(5): 434-437.
119. **Svensäter G, Bergenholtz G.** Biofilms in endodontic infections. *Endod Topics*, **2004**, 9(1): 27-36.
120. **Mohammadi Z, Abbott PV.** The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *Int Endod J*, **2009**, 42(4): 288-302.
121. **White RR, Hays GL, Janer LR.** Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. *J Endod*, **1997**, 23(4): 229-231.
122. **Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA, Nelson Filho P, Bonifácio KC, et al.** In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *J Endod*, **1999**, 25(3): 167-171.
123. **Khademi AA, Mohammadi Z, Havaee A.** Evaluation of the antibacterial substantivity of several intra-canal agents. *Aust Endod J*, **2006**, 32(3): 112-115.

124. **Rosenthal S, Spångberg L, Safavi K.** Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2004**, 98(4): 488-492.
125. **Kanisavaran ZM.** Chlorhexidine gluconate in endodontics: an update review. *Int Dent J*, **2008**, 58(5): 247-257.
126. **De-Deus G, Barino B, Zamolyi RQ, Souza E, Fonseca A, Jr., et al.** Suboptimal debridement quality produced by the single-file F2 ProTaper technique in oval-shaped canals. *J Endod*, **2010**, 36(11): 1897-1900.
127. **Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA.** Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod*, **2010**, 36(4): 703-707.
128. **Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M.** Root canal preparation of mandibular molars with 3 nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study. *J Endod*, **2014**, 40(11): 1860-1864.
129. **Amoroso-Silva P, Alcalde MP, Hungaro Duarte MA, De-Deus G, Ordinola-Zapata R, et al.** Effect of finishing instrumentation using NiTi hand files on volume, surface area and uninstrumented surfaces in C-shaped root canal systems. *Int Endod J*, **2017**, 50(6): 604-611.
130. **Paqué F, Laib A, Gautschi H, Zehnder M.** Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *J Endod*, **2009**, 35(7): 1044-1047.
131. **Robinson JP, Lumley PJ, Cooper PR, Grover LM, Walmsley AD.** Reciprocating root canal technique induces greater debris accumulation than a continuous rotary technique as assessed by 3-dimensional micro-computed tomography. *J Endod*, **2013**, 39(8): 1067-1070.
132. **Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR.** The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J*, **2004**, 37(10): 672-678.
133. **Munoz HR, Camacho-Cuadra K.** In vivo efficacy of three different endodontic irrigation systems for irrigant delivery to working length of mesial canals of mandibular molars. *J Endod*, **2012**, 38(4): 445-448.
134. **Metzger Z, Solomonov M, Kfir A.** The role of mechanical instrumentation in the cleaning of root canals. *Endod Topics*, **2013**, 29(1): 87-109.
135. **Brunson M, Heilborn C, Johnson DJ, Cohenca N.** Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *J Endod*, **2010**, 36(4): 721-724.
136. **Gu LS, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, et al.** Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*, **2009**, 35(6): 791-804.
137. **Boutsioukis C, Lambrianidis T, Vasiliadis L.** Clinical relevance of standardization of endodontic irrigation needle dimensions according to the ISO 9,626:1991 and 9,626:1991/Amd 1:2001 specification. *Int Endod J*, **2007**, 40(9): 700-706.
138. **Hauser V, Braun A, Frentzen M.** Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo). *Int Endod J*, **2007**, 40(8): 644-652.
139. **Abou-Rass M, Piccinino MV.** The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **1982**, 54(3): 323-328.
140. **Chow TW.** Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *J Endod*, **1983**, 9(11): 475-479.

141. **Wu MK, Wesselink PR.** A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J*, **2001**, 34(2): 137-141.
142. **Topçuoğlu HS, Topçuoğlu G, Arslan H.** The Effect of Different Irrigation Agitation Techniques on Postoperative Pain in Mandibular Molar Teeth with Symptomatic Irreversible Pulpitis: A Randomized Clinical Trial. *J Endod*, **2018**, 44(10): 1451-1456.
143. **Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY.** Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, **2006**, 32(12): 1181-1184.
144. **Keir DM, Senia ES, Montgomery S.** Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endod*, **1990**, 16(7): 323-327.
145. **Ruddle C.** Microbrush for endodontic use. *Washington, DC: United States Patent* 2001, 6.
146. **Rödig T, Sedghi M, Konietschke F, Lange K, Ziebolz D, et al.** Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. *Int Endod J*, **2010**, 43(7): 581-589.
147. **Cachovan G, Schiffner U, Altenhof S, Guentsch A, Pfister W, et al.** Comparative antibacterial efficacies of hydrodynamic and ultrasonic irrigation systems in vitro. *J Endod*, **2013**, 39(9): 1171-1175.
148. **Nielsen BA, Craig Baumgartner J.** Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod*, **2007**, 33(5): 611-615.
149. **Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellin E, Conte G, et al.** Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod*, **2013**, 39(11): 1456-1460.
150. **Verhaagen B, Lea SC, de Bruin GJ, van der Sluis LW, Walmsley AD, et al.** Oscillation characteristics of endodontic files: numerical model and its validation. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*, **2012**, 59(11): 2448-2459.
151. **Dutner J, Mines P, Anderson A.** Irrigation trends among American Association of Endodontists members: a web-based survey. *J Endod*, **2012**, 38(1): 37-40.
152. **Passarinho-Neto JG, Marchesan MA, Ferreira RB, Silva RG, Silva-Sousa YT, et al.** In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. *Aust Endod J*, **2006**, 32(3): 123-128.
153. **Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M.** The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod*, **2007**, 33(7): 782-787.
154. **Weller RN, Brady JM, Bernier WE.** Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod*, **1980**, 6(9): 740-743.
155. **Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA.** Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod*, **1987**, 13(10): 490-499.
156. **Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P.** Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Endod Dent Traumatol*, **1985**, 1(2): 69-76.
157. **Neuhaus KW, Liebi M, Stauffacher S, Eick S, Lussi A.** Antibacterial Efficacy of a New Sonic Irrigation Device for Root Canal Disinfection. *J Endod*, **2016**, 42(12): 1799-1803.
158. **Uroz-Torres D, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM.** Effectiveness of the EndoActivator System in removing the smear layer after root canal instrumentation. *J Endod*, **2010**, 36(2): 308-311.

159. **Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S.** Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig*, **2017**, 21(9): 2681-2687.
160. **Plotino G, Grande NM, Mercade M, Cortese T, Staffoli S, et al.** Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *J Appl Oral Sci*, **2019**, 27: e20180045.
161. **Plotino G, Özyürek T, Gündoğar M, Uslu G, Pedullà E, et al.** Efficacy of different irrigant activation devices in removing dentin debris from an artificial isthmus connecting curved canals. *Aust Endod J*, **2023**.
162. **Setlock J, Fayad MI, BeGole E, Bruzick M.** Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2003**, 96(5): 614-617.
163. **Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JG.** Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *J Endod*, **2002**, 28(12): 837-839.
164. **Metzger Z.** The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. *J Conserv Dent*, **2014**, 17(5): 401-419.
165. **Siqueira JF, Jr., Alves FR, Almeida BM, de Oliveira JC, Rôças IN.** Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals. *J Endod*, **2010**, 36(11): 1860-1865.
166. **Koçak S, Koçak MM, Sağlam BC, Aktaş E.** Efficacy of three irrigation agitation techniques on bacterial elimination: a microbiologic and microscopic evaluation. *Scanning*, **2014**, 36(5): 512-516.
167. **Marques-da-Silva B, Alberton CS, Tomazinho FSF, Gabardo MCL, Duarte MAH, et al.** Effectiveness of five instruments when removing calcium hydroxide paste from simulated internal root resorption cavities in extracted maxillary central incisors. *Int Endod J*, **2020**, 53(3): 366-375.
168. **Leoni GB, Versiani MA, Silva-Sousa YT, Bruniera JF, Pécora JD, et al.** Ex vivo evaluation of four final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular first molars. *Int Endod J*, **2017**, 50(4): 398-406.
169. **Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JC, Silveira SB, Provenzano JC, 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(7): 1114-1119.
170. **Keskin C, Sariyilmaz E, Sariyilmaz Ö.** Efficacy of XP-endo Finisher File in Removing Calcium Hydroxide from Simulated Internal Resorption Cavity. *J Endod*, **2017**, 43(1): 126-130.
171. **Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, et al.** Efficacy of 4 Irrigation Protocols in Killing Bacteria Colonized in Dentinal Tubules Examined by a Novel Confocal Laser Scanning Microscope Analysis. *J Endod*, **2016**, 42(6): 928-934.
172. **Silva EJNL, Belladonna FG, Zuolo AS, Rodrigues E, Ehrhardt IC, et al.** Effectiveness of XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R in removing root filling remnants: a micro-CT study. *Int Endod J*, **2018**, 51(1): 86-91.
173. **Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K.** Lasers in endodontics: a review. *Int Endod J*, **2000**, 33(3): 173-185.
174. **Matsumoto H, Yoshimine Y, Akamine A.** Visualization of irrigant flow and cavitation induced by Er:YAG laser within a root canal model. *J Endod*, **2011**, 37(6): 839-843.
175. **Schoop U, Moritz A, Kluger W, Patruta S, Goharkhay K, et al.** The Er:YAG laser in endodontics: results of an in vitro study. *Lasers Surg Med*, **2002**, 30(5): 360-364.

176. **Ozbay Y, Erdemir A.** Effect of several laser systems on removal of smear layer with a variety of irrigation solutions. *Microsc Res Tech*, **2018**, 81(10): 1214-1222.
177. **Keleş A, Arslan H, Kamalak A, Akçay M, Sousa-Neto MD, et al.** Removal of filling materials from oval-shaped canals using laser irradiation: a micro-computed tomographic study. *J Endod*, **2015**, 41(2): 219-224.
178. **Blanken J, De Moor RJ, Meire M, Verdaasdonk R.** Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers Surg Med*, **2009**, 41(7): 514-519.
179. **Koch JD, Jaramillo DE, DiVito E, Peters OA.** Irrigant flow during photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) using Particle Image Velocimetry (PIV). *Clin Oral Investig*, **2016**, 20(2): 381-386.
180. **Su Z, Li Z, Shen Y, Bai Y, Zheng Y, et al.** Characteristics of the Irrigant Flow in a Simulated Lateral Canal Under Two Typical Laser-Activated Irrigation Regimens. *Lasers Surg Med*, **2020**.
181. **Molina B, Glickman G, Vandrangi P, Khakpour M.** Evaluation of Root Canal Debridement of Human Molars Using the GentleWave System. *J Endod*, **2015**, 41(10): 1701-1705.
182. **Haapasalo M, Wang Z, Shen Y, Curtis A, Patel P, et al.** Tissue dissolution by a novel multisonic ultracleaning system and sodium hypochlorite. *J Endod*, **2014**, 40(8): 1178-1181.
183. **Ma J, Shen Y, Yang Y, Gao Y, Wan P, et al.** In vitro study of calcium hydroxide removal from mandibular molar root canals. *J Endod*, **2015**, 41(4): 553-558.
184. **Friedman CE, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW.** Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. *J Endod*, **1977**, 3(8): 304-308.
185. **Chandra S.** *Grossman's endodontic practice*. Wolters Kluwer India Pvt Ltd, **2014**.
186. **Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, et al.** Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J*, **2020**, 39(5): 703-720.
187. **Hench LL.** Bioceramics: from concept to clinic. *J Am Ceram Soc*, **1991**, 74(7): 1487-1510.
188. **Pedano MS, Li X, Yoshihara K, Landuyt KV, Van Meerbeek B.** Cytotoxicity and Bioactivity of Dental Pulp-Capping Agents towards Human Tooth-Pulp Cells: A Systematic Review of In-Vitro Studies and Meta-Analysis of Randomized and Controlled Clinical Trials. *Materials (Basel)*, **2020**, 13(12).
189. **Kebudi Benezra M, Schembri Wismayer P, Camilleri J.** Influence of environment on testing of hydraulic sealers. *Sci Rep*, **2017**, 7(1): 17927.
190. **Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M.** Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *J Endod*, **2009**, 35(7): 1051-1055.
191. **Meta Biomed.** CeraSeal: Calcium Silicate-based Bioceramic Root Canal Sealer. Erişim: <https://www.meta-europe.com/en/produkt/ceraseal/>. 2023. Erişim tarihi: 20 Ocak 2023.
192. **Kharouf N, Arntz Y, Eid A, Zghal J, Sauro S, et al.** Physicochemical and Antibacterial Properties of Novel, Premixed Calcium Silicate-Based Sealer Compared to Powder-Liquid Bioceramic Sealer. *J Clin Med*, **2020**, 9(10).
193. **López-García S, Myong-Hyun B, Lozano A, García-Bernal D, Forner L, et al.** Cytocompatibility, bioactivity potential, and ion release of three premixed calcium silicate-based sealers. *Clin Oral Investig*, **2020**, 24(5): 1749-1759.

194. **Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH.** Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J*, **2018**, 51(3): 284-317.
195. **Schneider SW.** A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **1971**, 32(2): 271-275.
196. **Kuga MC, Tanomaru-Filho M, Faria G, S6 MV, Galletti T, et al.** Calcium hydroxide intracanal dressing removal with different rotary instruments and irrigating solutions: a scanning electron microscopy study. *Braz Dent J*, **2010**, 21(4): 310-314.
197. **Salehrabi R, Rotstein I.** Epidemiologic evaluation of the outcomes of orthograde endodontic retreatment. *J Endod*, **2010**, 36(5): 790-792.
198. **Del Fabbro M, Corbella S, Sequeira-Byron P, Tsesis I, Rosen E, et al.** Endodontic procedures for retreatment of periapical lesions. *Cochrane Database Syst Rev*, **2016**, 10(10): Cd005511.
199. **Gomes ILL, Alves FRF, Marceliano-Alves MF, Silveira SB, Sousa JCN, et al.** Apical transportation using Mtwo or Reciproc retreatment systems in severely curved canals: a micro-computed tomographic study. *Clin Oral Investig*, **2023**, 27(3): 1235-1241.
200. **Ganesh A, Venkateshbabu N, John A, Deenadhayalan G, Kandaswamy D.** A comparative assessment of fracture resistance of endodontically treated and re-treated teeth: An in vitro study. *J Conserv Dent*, **2014**, 17(1): 61-64.
201. **Zhang W, Liu H, Wang Z, Haapasalo M, Jiang Q, et al.** Long-term porosity and retreatability of oval-shaped canals obturated using two different methods with a novel tricalcium silicate sealer. *Clin Oral Investig*, **2022**, 26(1): 1045-1052.
202. **Whitworth J.** Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics*, **2005**, 12(1): 2-24.
203. **Silva Almeida LH, Moraes RR, Morgental RD, Pappen FG.** Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies. *J Endod*, **2017**, 43(4): 527-535.
204. **Tang W, Wu Y, Smales RJ.** Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod*, **2010**, 36(4): 609-617.
205. **Tamse A.** Vertical root fractures in endodontically treated teeth: diagnostic signs and clinical management. *Endodontic Topics*, **2006**, 13(1): 84-94.
206. **Koch KA, Brave DG, Nasseh AA.** Bioceramic technology: closing the endo-restorative circle, Part I. *Dent Today*, **2010**, 29(2): 100-105.
207. **Chybowski EA, Glickman GN, Patel Y, Fleury A, Solomon E, et al.** Clinical Outcome of Non-Surgical Root Canal Treatment Using a Single-cone Technique with Endosequence Bioceramic Sealer: A Retrospective Analysis. *J Endod*, **2018**, 44(6): 941-945.
208. **Nourolouyouni A, Samadi V, Salem Milani A, Noorolouny S, Valizadeh-Haghi H.** Single Cone Obturation versus Cold Lateral Compaction Techniques with Bioceramic and Resin Sealers: Quality of Obturation and Push-Out Bond Strength. *Int J Dent*, **2023**, 2023: 3427151.
209. **Eymirli A, Sungur DD, Uyanik O, Purali N, Nagas E, et al.** Dentinal Tubule Penetration and Retreatability of a Calcium Silicate-based Sealer Tested in Bulk or with Different Main Core Material. *J Endod*, **2019**, 45(8): 1036-1040.

210. **Düzgün S, Topçuoğlu HS, Kahraman Ö, Eminsoy AT.** Efficacy of different irrigation agitation systems in the removal of root canal sealers from artificial standardised grooves. *Aust Endod J*, **2023**.
211. **Sinsareekul C, Hiran-Us S.** Comparison of the efficacy of three different supplementary cleaning protocols in root-filled teeth with a bioceramic sealer after retreatment-a micro-computed tomographic study. *Clin Oral Investig*, **2022**, 26(4): 3515-3521.
212. **Crozeta BM, Lopes FC, Menezes Silva R, Silva-Sousa YTC, Moretti LF, et al.** Retreatability of BC Sealer and AH Plus root canal sealers using new supplementary instrumentation protocol during non-surgical endodontic retreatment. *Clin Oral Investig*, **2021**, 25(3): 891-899.
213. **Romeiro K, de Almeida A, Cassimiro M, Gominho L, Dantas E, et al.** Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures. *Clin Oral Investig*, **2020**, 24(1): 405-416.
214. **Ersev H, Yilmaz B, Dinçol ME, Dağlaroğlu R.** The efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment instrumentation to remove single gutta-percha cones cemented with several endodontic sealers. *Int Endod J*, **2012**, 45(8): 756-762.
215. **Alsubait S, Alhathlol N, Alqedairi A, Alfawaz H.** A micro-computed tomographic evaluation of retreatability of BioRoot RCS in comparison with AH Plus. *Aust Endod J*, **2021**, 47(2): 222-227.
216. **Volponi A, Pelegri RA, Kato AS, Stringheta CP, Lopes RT, et al.** Micro-computed Tomographic Assessment of Supplementary Cleaning Techniques for Removing Bioceramic Sealer and Gutta-percha in Oval Canals. *J Endod*, **2020**, 46(12): 1901-1906.
217. **Liu H, Lai WWM, Hieawy A, Gao Y, Haapasalo M, et al.** Efficacy of XP-endo instruments in removing 54 month-aged root canal filling material from mandibular molars. *J Dent*, **2021**, 112: 103734.
218. **Pedullà E, Abiad RS, Conte G, Khan K, Lazaridis K, et al.** Retreatability of two hydraulic calcium silicate-based root canal sealers using rotary instrumentation with supplementary irrigant agitation protocols: a laboratory-based micro-computed tomographic analysis. *Int Endod J*, **2019**, 52(9): 1377-1387.
219. **Giuliani V, Cocchetti R, Pagavino G.** Efficacy of ProTaper universal retreatment files in removing filling materials during root canal retreatment. *J Endod*, **2008**, 34(11): 1381-1384.
220. **Raj PKT, Mudrakola DP, Baby D, Govindankutty RK, Davis D, et al.** Evaluation of Effectiveness of Two Different Endodontic Retreatment Systems in Removal of Gutta-percha: An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract*, **2018**, 19(6): 726-731.
221. **Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, Rani P.** Comparative evaluation of retreatability of bioceramic sealer (BioRoot RCS) and epoxy resin (AH Plus) sealer with two different retreatment files: An in vitro study. *J Conserv Dent*, **2021**, 24(1): 88-93.
222. **Elif Ç, Rezan G, Gözde D, Güneş K, Enver K.** Efficiency of Protaper Universal, Reciproc Blue and XP-Endo Shaper in the removal of bioceramic-based root canal filling during retreatment. *Eur Oral Res*, **2019**.
223. **Campello AF, Almeida BM, Franzoni MA, Alves FRF, Marceliano-Alves MF, et al.** Influence of solvent and a supplementary step with a finishing instrument on filling material removal from canals connected by an isthmus. *Int Endod J*, **2019**, 52(5): 716-724.
224. **Horvath SD, Altenburger MJ, Naumann M, Wolkewitz M, Schirrmeister JF.** Cleanliness of dentinal tubules following gutta-percha removal with and without solvents: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J*, **2009**, 42(11): 1032-1038.

225. **Roggendorf MJ, Legner M, Ebert J, Fillery E, Frankenberger R, et al.** Micro-CT evaluation of residual material in canals filled with Activ GP or GuttaFlow following removal with NiTi instruments. *Int Endod J*, **2010**, 43(3): 200-209.
226. **Silva E, Ferreira VM, Silva CC, Herrera DR, De-Deus G, et al.** Influence of apical enlargement and complementary canal preparation with the Self-Adjusting File on endotoxin reduction in retreatment cases. *Int Endod J*, **2017**, 50(7): 646-651.
227. **Ahmad M, Pitt Ford TR, Crum LA.** Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *J Endod*, **1987**, 13(3): 93-101.
228. **Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW.** Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *J Endod*, **2010**, 36(1): 143-146.
229. **Coldero LG, McHugh S, MacKenzie D, Saunders WP.** Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with and without apical enlargement. *Int Endod J*, **2002**, 35(5): 437-446.
230. **Peters OA, Arias A, Paqué F.** A Micro-computed Tomographic Assessment of Root Canal Preparation with a Novel Instrument, TRUShape, in Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod*, **2015**, 41(9): 1545-1550.
231. **Siqueira JF, Jr., Alves FR, Versiani MA, Rôças IN, Almeida BM, et al.** Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by self-adjusting file, reciproc, and twisted file systems. *J Endod*, **2013**, 39(8): 1044-1050.
232. **Siqueira Junior JF, Rôças IDN, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, Ricucci D.** Unprepared root canal surface areas: causes, clinical implications, and therapeutic strategies. *Braz Oral Res*, **2018**, 32(suppl 1): e65.
233. **Saghiri MA, García-Godoy F, Asgar K, Lotfi M.** The effect of Morinda Citrifolia juice as an endodontic irrigant on smear layer and microhardness of root canal dentin. *Oral Science International*, **2013**, 10(2): 53-57.
234. **Mello I, Robazza CR, Antoniazzi JH, Coil J.** Influence of different volumes of EDTA for final rinse on smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **2008**, 106(5): e40-43.
235. **Saito K, Webb TD, Imamura GM, Goodell GG.** Effect of shortened irrigation times with 17% ethylene diamine tetra-acetic acid on smear layer removal after rotary canal instrumentation. *J Endod*, **2008**, 34(8): 1011-1014.
236. **Yücel A, Gürel M, Güler E, Karabucak B.** Comparison of final irrigation techniques in removal of calcium hydroxide. *Aust Endod J*, **2013**, 39(3): 116-121.
237. **Villas-Bôas MH, Bernardineli N, Cavenago BC, Marciano M, Del Carpio-Perochena A, et al.** Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. *J Endod*, **2011**, 37(12): 1682-1686.
238. **Robberecht L, Delattre J, Meire M.** Isthmus morphology influences debridement efficacy of activated irrigation: A laboratory study involving biofilm mimicking hydrogel removal and high-speed imaging. *Int Endod J*, **2023**, 56(1): 118-127.
239. **Haupt F, Meinel M, Gunawardana A, Hülsmann M.** Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM evaluation. *Aust Endod J*, **2020**, 46(1): 40-46.
240. **Zhao Y, Fan W, Xu T, Tay FR, Gutmann JL, et al.** Evaluation of several instrumentation techniques and irrigation methods on the percentage of untouched canal wall and accumulated dentine debris in C-shaped canals. *Int Endod J*, **2019**, 52(9): 1354-1365.

241. **Crozeta BM, Chaves de Souza L, Correa Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD, Jaramillo DE, et al.** Evaluation of Passive Ultrasonic Irrigation and GentleWave System as Adjuvants in Endodontic Retreatment. *J Endod*, **2020**, 46(9): 1279-1285.
242. **Kfir A, Tsesis I, Yakirevich E, Matalon S, Abramovitz I.** The efficacy of five techniques for removing root filling material: microscopic versus radiographic evaluation. *Int Endod J*, **2012**, 45(1): 35-41.
243. **Canali LCF, Duque JA, Vivan RR, Bramante CM, Só MVR, et al.** Comparison of efficiency of the retreatment procedure between Wave One Gold and Wave One systems by Micro-CT and confocal microscopy: an in vitro study. *Clin Oral Investig*, **2019**, 23(1): 337-343.
244. **Pioch T, Sorg T, Stadler R, Hagge M, Dörfer CE.** Resin penetration through submicrometer hiatus structures: a SEM and CLSM study. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, **2004**, 71(2): 238-243.
245. **Bernardes RA, Duarte MAH, Vivan RR, Alcalde MP, Vasconcelos BC, et al.** Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy. *Int Endod J*, **2016**, 49(9): 890-897.
246. **Zuolo ML, Zaia AA, Belladonna FG, Silva E, Souza EM, et al.** Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. *Int Endod J*, **2018**, 51(5): 564-571.
247. **Prati C, Foschi F, Nucci C, Montebugnoli L, Marchionni S.** Appearance of the root canal walls after preparation with NiTi rotary instruments: a comparative SEM investigation. *Clin Oral Investig*, **2004**, 8(2): 102-110.
248. **Hassan R, Elzahar S.** Cleaning Efficiency of XP Finisher, XP Finisher R and Passive Ultrasonic Irrigation Following Retreatment of Teeth Obturated with TotalFill HiFlow Bioceramic Sealer. *Eur Endod J*, **2022**, 7(2): 143-149.
249. **Grischke J, Müller-Heine A, Hülsmann M.** The effect of four different irrigation systems in the removal of a root canal sealer. *Clin Oral Investig*, **2014**, 18(7): 1845-1851.
250. **Rossi-Fedele G, Ahmed HM.** Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review. *J Endod*, **2017**, 43(4): 520-526.
251. **De-Deus G, Belladonna FG, Zuolo AS, Cavalcante DM, Carvalhal JCA, et al.** XP-endo Finisher R instrument optimizes the removal of root filling remnants in oval-shaped canals. *Int Endod J*, **2019**, 52(6): 899-907.
252. **Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F.** The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J*, **2001**, 34(5): 346-353.
253. **Malki M, Verhaagen B, Jiang LM, Nehme W, Naaman A, et al.** Irrigant flow beyond the insertion depth of an ultrasonically oscillating file in straight and curved root canals: visualization and cleaning efficacy. *J Endod*, **2012**, 38(5): 657-661.
254. **Elnaghy AM, Mandorah A, Elsaka SE.** Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study. *Odontology*, **2017**, 105(2): 178-183.
255. **Aydin ZU, Altunbaş D, Koşumcu S, Meşeci B, Doğan T.** Evaluation of Residual Root Canal Sealer Removal Efficacy of Different Irrigation Activation Techniques by Confocal Laser Microscopy Analysis. *Clinical and Experimental Health Sciences*, **2023**, 13(2): 274-278.

256. **Sümbüllü M, Ali A, Bükür M, Arslan H.** The efficiency of different irrigation activation techniques in the removal of calcium silicate-based endodontic sealer from artificially created groove. *Aust Endod J*, **2022**.
257. **Da Silva V, Loroño G, Valencia de Pablo O, Estevez R, Conde AJ, et al.** The supplementary use of XP-endo Finisher R after Reciproc enhances the removal of a bioceramic sealer in oval root canals. *Aust Endod J*, **2022**.
258. **Silva E, de Lima CO, Barbosa AFA, Ferreira CM, Crozeta BM, et al.** Efficacy of an arrow-shaped ultrasonic tip for the removal of residual root canal filling materials. *Aust Endod J*, **2021**, 47(3): 467-473.



EKLER

EK 1. Etik Kurul Onayı

HMKÜ

GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL

KARAR FORMU

	Karar No: 09	Tarih: 23/12/2021
KARAR BİLGİLERİ	KARAR 09- Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Dr.Öğr. Üyesi Pelin TÜFENKÇİ'nin (Dt.Zeynep Sena GÜNGÖRDÜ'nün uzmanlık tezi) "Kök Kanal duvarlarından kök kanal dolgu materyallerinin uzaklaştırılması sırasında kullanılan farklı aktivasyon sistemlerinin etkinliklerinin karşılaştırılması" isimli çalışması görüşülmüş olup; çalışma gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve etik kurallara uygun bulunmuş olup; çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu üyelerinin oy birliği ile karar verilmiştir.	
ETİK KURUL ÜYELERİ		
Çalışma Esası:	İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu	
Etik Kurul Başkanı	Prof.Dr.İbrahim Halil ÇERÇİ	

ETİK KURUL ÜYELERİ							
Ünvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyeti	İlişki		Katılım	
Prof.Dr.İbrahim Halil ÇERÇİ Başkan	Veteriner	HMKÜ Veteriner Fakültesi	E	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐
Prof.Dr.Hülya YALÇIN Başkan Yrd.	Nükleer Tıp	HMKÜ Tıp Fakültesi	K	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐
Prof.Dr. A.Güler OKYAY Başkan Yrd.	Kadın Hast. Ve Doğum	HMKÜ Tıp Fakültesi	E	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐
Prof.Dr.Alper ASLAN Üye	Beden Eğitimi	HMKÜ BESYO	E	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒
Prof.Dr.Tümay ÖZGÜR Üye	Patoloji	HMKÜ Tıp Fakültesi	K	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐
Doç.Dr.Cengiz ARLI Üye	Kulak Burun Boğaz	HMKÜ Tıp Fakültesi	E	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐
Dr.Öğr.Üyesi Fatma ÖZ Üye	Anatomi	HMKÜ Tıp Fakültesi	K	E ☒	H ☐	E ☒	H ☐
Dr.Öğr.Üyesi F. B. ZORTUK Üye	Diş Hekimi	HMKÜ Diş Hekimliği Fakültesi	K	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐
Doç.Dr. Oğuzhan ÖZCAN Üye	Tıbbi Biyokimya	HMKÜ Tıp Fakültesi	E	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒
Doç.Dr. Oğuz AKKUŞ Üye	Kardiyoloji	HMKÜ Tıp Fakültesi	E	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒
Doç.Dr.Sibel SEVİNÇ Üye	Hemşirelik	HMKÜ Sağlık Hiz. YO.	K	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒

ÖZGEÇMİŞ

