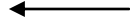


Adınızı soyadınızı giriniz

Tez kabul edildikten sonra yapılan **sabit ciltte sırt yazısı** bu şablona göre yazılacak. Yazılar tek satır olacak
Cilt sırtı yazıların yönü yukarıdan aşağıya
(sol yandaki gibi) olacak .



Tez, Yüksek Lisans'sa, YÜKSEK LİSANS TEZİ;
Doktora ise DOKTORA TEZİ ifadesi kalacak



Tez Sınavının yapılacağı yılı yazınız

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

(DOKTORA TEZİ)

**RETREATMENT OLGULARINDA REÇİNE VE
BİYOSERAMİK ESASLI DOLGU MATERYALLERİNİN
SIZDIRMAZLIK ETKİNLİĞİNİN FARKLI TEKNİKLER
İLE KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

HANİFE ŞAHİN

**DANIŞMAN
PROF. DR. RAİF ERİŞEN**

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
ENDODONTİ PROGRAMI**

İSTANBUL-2021

TEZ ONAYI

(Bu sayfa yerine, başarılı geçen Tez Sınavı sonrası sınav tutanağı ekinde yer alan Tez Onay sayfası gelecektir.)



BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

"Ad Soyadı" (İmza)

İTHAF

Annem,
Sevgi Şahin'e ithafen...

TEŞEKKÜR

Tez sürecim boyunca sabrını, değerli bilgi birikimi ve zamanını, anlayış ve desteğini benimle paylaşan; her hususta yol gösterici olan saygıdeğer hocam ve tez danışmanım **Prof.Dr. F. Raif Erişen'e**,

Eğitim hayatım boyunca üzerimde emeği bulunan, bilgi ve birikimleri ile bana her zaman yol gösterici olmuş İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı değerli öğretim üyeleri ve öğretim üye yardımcılara,

Zamanını, emeğini, deneyimini, bilgisini benden esirgemeyen kıymetli büyüğüm **Doç.Dr. Ayça Yılmaz'a**

Tez deneylerimin yapılması aşamasında desteklerinden ötürü İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Temel Bilimler Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı hocalarından **Prof. Dr. Hüseyin Avni Sönmez** ve **Arş. Gör. Sinem Durmuş'a**,

Doktora süresi boyunca birlikte olduğum çalışma arkadaşlarıma,

Yola birlikte çıktığım ve her zaman beraber yürüdüğüm kıymetli arkadaşlarım **İlkin Şemi** ve **Ayşenur Öztürk'e**

Manevi desteklerini üzerimden hiç eksik etmeyen çalışma arkadaşlarım **Dt. Recep Üstün** ve **Fatma Gürsoy'a**,

Hayatımın her anında, her yol ayrımında benimle birlikte olan ve desteğini hiç eksik etmeyen ailem; **Sevgi Şahin**, **Metin Şahin** ve kardeşim **Büşra Şahin'e**

sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	İİ
BEYAN.....	İİİ
İTHAF.....	İV
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
TABLolar LİSTESİ.....	İX
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	Xİ
ÖZET	Xİİ
ABSTRACT.....	Xİİİ
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kök Kanal Tedavisinde Başarı ve Başarısızlık.....	3
2.1.1. Kök Kanal Tedavisinin Başarısızlık Sebepleri	6
2.1.1.1. Mikrobiyal Faktörler	7
İntraradiküler Enfeksiyon.....	7
Ekstraradiküler Enfeksiyon.....	9
2.1.1.2. Mikrobiyal Olmayan Faktörler	11
Mikrobiyal Olmayan Ekstrinsik Faktörler	11
Mikrobiyal Olmayan İntrinsik Faktörler	11
2.2. Kök Kanal Tedavisinin Başarısız Olduğu Durumlar	12
2.3. Aktivasyon	14
2.3.1. Manuel İrrigasyon Aktivasyon Teknikleri.....	14
2.3.1.1. İrrigasyon İğneleri/Kanüller Yardımıyla Yapılan Enjektör İrrigasyonu.....	14
2.3.1.2. Fırçalar ile Aktivasyon	15
2.3.1.3. Manuel Dinamik Aktivasyon	16
2.3.2. Makine Destekli İrrigasyon Aktivasyon Teknikleri.....	17
2.3.2.1. Döner Fırçalar İle Aktivasyon.....	17
2.3.2.2. Preparasyon Sırasında Devamlı İrrigasyon	17
2.3.2.3. Basınçlı İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri.....	18

2.3.2.4. Lazerler	19
2.3.2.5. Sonik Aktivasyon	20
2.3.2.6. Ultrasonik Aktivasyon	21
2.4. Endodontik Mikrosızıntı	24
2.4.1. Boya Penetrasyon Tekniği	26
2.4.2. Radyoaktif İzotop Tekniği	28
2.4.3. Elektrokimyasal Teknik	29
2.4.4. Bakteriyel Penetrasyon Tekniği	30
2.4.5. Gaz Kromotografi Tekniği	31
2.4.6. Sıvı Penetrasyon Tekniği	31
2.4.7. Glikoz Penetrasyon Tekniği	32
2.5. Kök Kanal Dolgu Patları	33
2.5.1. Çinko Oksit Öjenol İçerikli Patlar	35
2.5.2. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Patlar	37
2.5.3. Cam İyonomer İçerikli Patlar	37
2.5.4. Polimer İçerikli Kök Kanal Patları	38
2.5.4.1. Epoksi Resin Esaslı Patlar	38
2.5.4.2. Metakrilat Resin Esaslı Patlar	39
2.5.4.3. Poliketon (Polivinil) Polimer Esaslı Patlar	41
2.5.4.4. Silikon Esaslı Patlar	41
2.5.5. Seramik İçerikli Kök Kanal Patları	42
3. GEREÇ VE YÖNTEM	48
3.1. Gereçler	48
3.2. Yöntem	49
3.2.1. Örneklerin Seçimi	49
3.2.2. Örneklerin Hazırlanması	51
3.2.3. Deney Gruplarının Oluşturulması	53
3.2.4. Mikrosızıntı Test Düzeneginin Hazırlanması	58
3.2.5. Spektrofotometrik Analiz	59
3.2.6. İstatistiksel Analiz	62
4. BULGULAR	63
5. TARTIŞMA	69
KAYNAKLAR	90

HAM VERİLER	114
FORMLAR	115
ETİK KURUL KARARI	116
PATENT HAKKI İZNİ	117
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI.....	118
ÖZGEÇMİŞ	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3-1: Spektrofotometrik analiz için Blank, Standart ve Örnek hazırlanması.....	60
Tablo 3-2: Glikoz Ölçüm Kit Bileşenleri.....	61
Tablo 4-1: Negatif ve pozitif kontrol grupları arasında ve içinde 1. gün, 1. hafta, 2.hafta, 3. hafta ve 4. hafta sızıntı düzeylerinin değerlendirilmesi	63
Tablo 4-2: Gruplar arasında ve grup içinde 1. gün, 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta ve 4.hafta sızıntı düzeylerinin değerlendirilmesi	65
Tablo 4-3: Yıkama tekniklerinde ayrı ayrı kanal patları arasında grup içinde 1.gün, 1.hafta, 2.hafta, 3.hafta ve 4.hafta sızıntı düzeylerinin değerlendirilmesi.....	66
Tablo 4-4: Kök kanal patlarında ayrı ayrı yıkama tekniği arasında grup içinde 1.gün, 1.hafta, 2.hafta, 3.hafta ve 4.hafta sızıntı düzeylerinin değerlendirilmesi.....	67
Tablo 4-5: Zaman, yıkama tekniği ve kanal patlarının sızıntı üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi.....	68
Tablo 5-1: Mandibular premolar dişlerin apeksten 1, 2 ve 5 mm uzaklıkta ortalama kanal çapı (mm).....	71
Tablo 5-2: Reciproc döner eğelerin apikal çap değerleri.....	71
Tablo 5-3: Deneylerde kullanılmış olan kök kanal patlarının içerikleri.....	83

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3-1: Tez çalışmasında kullanılmak üzere ayrılmış mandibular premolar dişler...	50
Şekil 3-2: ISO #20-40-50 güta-perka.....	52
Şekil 3-3: AH Plus kök kanal patı.....	52
Şekil 3-4: Birincil kök kanal tedavisi sonrası alınmış radyografi örnekleri.....	53
Şekil 3-5: Reciproc R40 ve R50 döner eğeler.....	54
Şekil 3-6: Yandan perfore iğne.....	54
Şekil 3-7: EndoActivator polimer uç.....	55
Şekil 3-8: VDW Ultra ultrasonik irrigasyon cihazı.....	55
Şekil 3-9: GuttaFlow Bioseal kök kanal patı.....	56
Şekil 3-10: İki hazneli deney düzeneklerine örnek.....	59
Şekil 3-11: Glikoz ölçüm kiti.....	60
Şekil 3-12: Etüvdeki diş örnekleri.....	61
Şekil 4-1: Deney süresince grupların ortalama glikoz konsantrasyon değerleri.....	64

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

GFB: GuttaFlow Bioseal

EDTA: Etilendiamintetraasidik asit

NaOCl: Sodyum Hipoklorit

ISO: International Organization for Standardization

Ni-Ti: Nikel Titanyum

ESE: European Society of Endodontology - Avrupa Endodonti Derneği

JOE: Journal of Endodontics

PCR: Polymerase Chain Reaction – Polimeraz Zincir Reaksiyonu

PIPS: Photon Induced Photoacoustic Streaming

Uİ: Ultrasonik İrrigasyon

PUİ: Pasif Ultrasonik İrrigasyon

ml/dk: Mililitre/Dakika

hz: Hertz

CBCT: Cone Beam Computed Tomography – Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

MW: Molecular Weight – Moleküler Ağırlık

Da: Dalton

kPa: Kilopaskal

HA: Hidroksi Apatit

CHA: Karbonize Hidroksi Apatit

rpm: Revolutions Per Minute - Dakikadaki devir sayısı

ÖZET

Şahin, H. (2021). Retreatment Olgularında Reçine Ve Biyoseramik Esaslı Dolgu Materyallerinin Sızdırmazlık Etkinliğinin Farklı Teknikler İle Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Kök kanal tedavisi başarısızlıklarında klinik olarak en çok başvuru alan ve en konservatif yöntem kök kanal tedavi tekrarlarıdır. Retreatment vakalarında birincil amaç kök kanallarındaki kontamine dolgu materyalini uzaklaştırmak, kemomekanik şekillendirme ile mikrobiyal yükü azaltmak ve kök kanallarını sızdırmaz bir şekilde yeniden doldurmaktır. Hem birincil tedavilerde hem de tedavi tekrarlarında başarıyı arttırmak adına sıklıkla irrigasyon aktivasyon cihazlarına başvurulmaktadır. GuttaFlow Bioseal; geleneksel silikon esaslı kök kanal patlarına biyoaktif cam partiküllerin eklenmesiyle iyileştirilmiş biyouyumluluk, biyomineralizasyon ve örtücülük vadeden hibrit bir kök kanal patıdır. Çalışmamızın amacı retreatment vakalarında standart bir mekanik şekillendirmenin ardından farklı son yıkama aktivasyon prosedürleri uygulanan diş örneklerinde GuttaFlow Bioseal'in örtüleme etkinliğini glikoz penetrasyon tekniği ile değerlendirmektir. Literatürde GuttaFlow Bioseal materyalinin örtücülüğünü glikoz penetrasyon test metodu ile inceleyen başka bir çalışma mevcut değildir. Çalışmada 70 adet insan sürekli alt çene küçük azı dişi kullanılmıştır. Tüm dişlere standart birincil kök kanal tedavisi uygulanmıştır. Örnek dişler; 2 haftanın ardından retreatment kapsamında mekanik olarak şekillendirilmiş ve son yıkama için farklı aktivasyon protokollerine tabii tutulmuştur: manuel irrigasyon, sonik aktivasyon ve ultrasonik aktivasyon. AH Plus ve GuttaFlow Bioseal ile tek kon tekniğince kök kanal dolgusu gerçekleştirilmiş; dişlerin iki hazneli glikoz penetrasyon deney düzeneklerinden belirli zaman aralıklarında alınan örneklerle glikoz miktarı belirlenerek mikrosızıntı düzeyleri karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizler Kolmogorov-Smirnov testi, Bağımsız T-Testi, ANOVA Testi, Paired-Samples T-Testi ile yapılmıştır. Örneklerin tümünde mikrosızıntı gözlenmiştir; mikrosızıntı ile zaman arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. GuttaFlow Bioseal ile AH Plus kök kanal patının örtücülükleri arasında ve farklı aktivasyon tekniklerinin kök kanal dolgusunun örtücülüğüne olan etkisinde istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır.

Anahtar Kelimeler : Endodontik mikrosızıntı, GuttaFlow Bioseal, glikoz penetrasyon, retreatment, irrigasyon aktivasyon

ABSTRACT

Şahin, H. (2021). Comparative Evaluation of the Sealing Efficiency of Resin and Bioceramic Based Filling Materials with Different Techniques in Retreatment Cases. İstanbul University, Institute of Health Science, Department of Endodontics. Doctoral Thesis. İstanbul.

Retreatment is the most used and most conservative treatment option in endodontic failures. In retreatment cases, the goal is to remove contaminated filling material from root canals, reduce the microbial load by chemomechanical shaping, and refill root canals hermetically. Irrigation activation devices are frequently used to increase success in both primary treatments and retreatment cases. GuttaFlow Bioseal is a hybrid sealer that promises improved biocompatibility, biomineralization, adaptation by adding bioactive glass particles to traditional silicone-based root canal sealers. Our study aims to evaluate the sealing efficiency of GuttaFlow Bioseal with glucose penetration technique in tooth samples that were applied different final activation procedures after a standard mechanical shaping in retreatment cases. There is no other study in the literature examining the microleakage of GuttaFlow Bioseal with glucose penetration. 70 mandibular premolars were used in the study. Standard primary root canal treatment was applied to samples. After 2 weeks, roots were mechanically shaped as part of retreatment and divided into subgroups for different final irrigation: manual irrigation, sonic and ultrasonic activation. Root canal filling was performed using the single cone technique with AH Plus or GuttaFlow Bioseal. Microleakage levels were compared by determining the glucose amount of test setups at certain time intervals. Statistical analyzes were performed with Kolmogorov-Smirnov test, Independent T-Test, ANOVA, Paired-Samples T-Test. Microleakage was observed in all samples; the relationship between microleakage and time was statistically significant. No statistically significant differences were observed between GuttaFlow Bioseal and AH Plus groups and different activation techniques.

Key Words : Endodontic microleakage, GuttaFlow Bioseal, glucose penetration, retreatment, irrigation activation

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Dental teknolojideki gelişmeler, hasta farkındalığında ve dental eğitimindeki artış genel popülasyona sunulan tedavi kalitesinde iyileşme ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Geleneksel kök kanal tedavisi ile kişilerin kendi dişlerini ağız içerisinde muhafaza etmesi hastaların temel arzularındandır. Endodontik tedavinin temel amacı, dişin sağlıklı koşullarda ağız boşluğunda kalabilmesi için apikal periodontitisin önlenmesi veya tedavi edilmesidir.

Kök kanal tedavi tekrarında (retreatment) birincil amaç, apikal periodontitisle ilişkili mevcut kök kanal dolgusunu (kor ve pat), kanal içi organik ve inorganik debris, mikroorganizmayı kök kanallarından uzaklaştırmak; yeniden bir şekillendirme ve dezenfeksiyon protokolü ile kök kanallarını dolguya hazır hale getirmektir (Crozeta ve ark. 2016; Bago ve ark. 2020).

Kontamine dolgu materyallerinin kök kanallarından uzaklaştırılması kök kanal tedavi tekrarının ilk aşamasıdır. Retreatment sırasında mevcut kök kanal dolgusunun kanallardan uzaklaştırılması için literatürde el aletleri, ısıtılmış enstrümanlar, makine destekli döner eğeler, ultrasonik aletler önerilmektedir (Crozeta ve ark. 2016). Ancak çok sayıda çalışma; tedavi tekniği ve kullanılan aletlerden bağımsız olarak dolgu materyal kalıntılarının kök kanal duvarlarından tamamen uzaklaştırılamadığını ortaya koymaktadır (Fruchi ve ark. 2014; Rossi-Fedele ve Ahmed 2017). Söz konusu artık materyaller, irrigasyon maddelerinin ve dezenfeksiyon ajanlarının kanal sisteminin bazı bölgelerinde dentin tübüllerine penetrasyonuna ya da bakterilere ulaşmasına fiziksel olarak engel teşkil etmekte; dezenfeksiyon protokolünü sekteye uğratmaktadır.

Kök kanallarının içerisindeki mikrobiyal yükü azaltmak, kök kanal boşluğundan dolgu artıklarını uzaklaştırmak, apikal periodontitis şiddetini mümkün olan en yüksek şekilde minimize etmek ve ardından kök kanalına uygulanacak dolgu materyali için optimum adaptasyon koşullarını sağlayabilmek adına farklı klinik protokollerin ve hibrit tekniklerin etkili bir şekilde uygulanması klinik başarıya katkı sağlayacaktır. Bu amaçla piyasaya sürülmüş pek çok irrigasyon aktivasyon cihazı mevcuttur.

Endodontik tedavide reenfeksiyon riski kök kanal dolgusunun kalitesi, apikal ve kural ortüleme ile doğrudan ilişkilidir. Kök kanal dolgusu için kullanılan kök kanal patlarının örtücülüğü kök kanal tedavisinin uzun dönem klinik başarısı adına büyük önem taşımaktadır. Dental malzeme bilimindeki önemli gelişmelerden biri; biyolojik

dokularla teması durumunda mineralize bir arayüz (biyomineralizasyon) oluşturan biyoaktif malzemelerin tanıtılmasıdır. Böylesi biyoaktif materyaller retrograd dolgu ve perforasyon tamir materyali olarak 90'lı yıllardan bu yana klinik pratikte kendine yer edinmiştir; daha yakın geçmişte ise kök kanal patı olarak piyasada yerini almıştır.

GuttaFlow Bioseal (GFB); düşük çözünürlük ve gözeneklilik, yüksek alkalizasyon kapasitesi, dentin tübüllerine yüksek penetrasyon gösteren 2015 yılında piyasaya sürülmüş biyoaktif bir kök kanal patıdır.

Çalışmamızın amacı, standart bir retreatment protokolünün ardından, diş örneklerinin farklı son yıkama dezenfeksiyon gruplarına ayrıştırılması ve yeni nesil hibrit bir kök kanal patı olan GuttaFlow Bioseal ile kök kanal dolgularının gerçekleştirilerek bu diş örneklerinin sızıntı değerlerinin glikoz filtrasyon tekniği ile değerlendirilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Tedavisinde Başarı ve Başarısızlık

Kök kanal tedavisinde başarı, doğru teşhisin ardından etkili bir kemomekanik preparasyon ile kök kanallarının enfekte ve nekrotik doku artıklarından arındırılarak kök kanal dezenfeksiyonun sağlanması ve doku dostu bir dolgu materyali ile üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulması ile mümkündür (Schilder 2006).

2006 yılında European Society of Endodontology (ESE), yayımladığı bir kılavuz ile kök kanal tedavilerinin başarısını değerlendirmede esas alınacak kriterleri özetlemiştir. Kök kanal tedavisinin *tam iyileşme (olumlu sonuç)* gösterdiği durumlar şu şekilde sıralanmıştır:

- Dişin asemptomatik olması: ağrı, şişlik, mobilite gibi semptomların bulunmaması
- Fistül ağzının bulunmaması
- Dişte fonksiyon kaybının bulunmaması
- Radyografik olarak normal lamina dura ve periodontal ligament aralığının izlenebilmesi

Aynı kılavuzda; kök kanal tedavisinin tamamlanmasından 1 yıl sonra yapılan kontrollerde dişin klinik olarak asemptomatik hale gelmesi; ancak radyografik değerlendirmede periapikal lezyon boyutunun aynı kalması ya da küçülmesi ancak tamamen ortadan kaybolmaması *tamamlanmayan iyileşme (şüpheli iyileşme)* olarak kategorize edilmiştir. Böylesi vakaların; periapikal lezyon tamamen kaybolana dek ya da tedavi sonrası minimum 4 yıl süreyle takip edilmesi tavsiye edilmiştir. 4 yıllık takibin ardından periapikal lezyonda değişiklik gözlenmeyen vakalar *başarısız* olarak değerlendirilir.

Kök kanal tedavisinin *başarısız (olumsuz sonuç)* kabul edildiği durumlar şu şekildedir:

- Dişte ağrı, şişlik, mobilite gibi enfeksiyon belirti ve semptomlarının varlığı
- Radyografide tedaviden sonra yeni oluşmuş bir lezyon ya da mevcut lezyonun sınırlarında artış izlenmesi
- 4 yıllık periyodik takiplerin ardından lezyon sınırlarının sabit kalması
- Kök kanalında izlenen rezorpsiyon varlığı

Yalnızca “tam iyileşme” grubundaki kök kanal tedavileri *başarılı* olarak kabul edilir. 4 yıllık periyodik takibin ardından başarısız olarak kabul edilen vakalara ileri bir müdahalede bulunulması gerekir. Bu değerlendirmede istisnai tek durum; büyük lezyonlu dişlerde iyileşme sonrası izlenen; lokalize, düzensiz mineralizasyon saha oluşumu ile karakterize skar doku oluşumudur. Oluşan bu skar dokusu inatçı apikal periodontitis vakaları ile karıştırılmamalıdır (Loest 2006).

Literatürde kök kanal tedavisinin ardından sonuçların değerlendirilmesi için kullanılan terminolojinin çeşitlilik gösterdiği bilinmelidir (Friedman ve Mor 2004). Klinik başarı kavramı ile klinik asemptomatik olma hali birbiri ile karıştırılması muhtemel iki farklı durumdur. Başarısızlık, her zaman ağrı ya da şişlik gibi klinik bir semptomla kendini belli etmez. Bu nedenle, kök kanal tedavisi sonrası periyodik klinik ve radyografik kontroller önemlidir.

Endodontik tedavi sonrası başarının incelendiği çalışmalar tarandığında (1956-2019); oranın %53 ve %98,7 arasında değişen bir istatistik sergilediği göze çarpmaktadır (Friedman ve Mor 2004; JOE Editorial Board 2008; Bartols ve ark 2020). Başarı oranlarındaki bu heterojenite; araştırmacıların başarıyı değerlendirmede farklı yöntem ve kriterleri göz önünde bulundurmalarından, değişen takip sürelerinden, preoperatif standardizasyonun bulunmamasından kaynaklanmaktadır.

Sjögren ve ark. (1990), yayımladıkları çalışmada 8-10 yıllık takibin ardından başarı oranını radyografik olarak periapikal lezyon izlenmeyen vital ve devital dişlerde %96, preoperatif periapikal lezyon varlığında ise %86 olarak bildirmiştir. Aynı çalışmada retreatment vakalarında periapikal lezyonların tedavi sonrası %62 oranında iyileşme gösterdiği belirtilmiştir.

Lazarski ve ark. (2001), kök kanal tedavisi uygulanmış 44.613 diş dahil ettikleri retrospektif çalışmada 3,5 yıl sonunda ağız içinde fonksiyonda kalma oranını %94,4 olarak bildirmişlerdir.

Salehrabi ve Rotstein (2004), birincil kök kanal tedavisi uygulanmış 1.462.936 diş ile yürüttükleri epidemiyolojik çalışmada 8 yıllık gözlem periyodunun ardından tedavi edilmiş dişlerde %97,1'lik bir ağızda kalım oranı bildirmişlerdir. Bu çalışmada dikkat çekilen bir diğer konu başarısız olmuş; ortograd retreatment, periapikal cerrahi ya da çekim gibi ileri bir müdahaleye ihtiyaç duyulan vakaların ilk 3 yıl içerisinde semptom verdiği bilgisidir.

Kojima ve ark. (2004), 1966-2000 yılları arasında yayımlanmış çalışmalardan derledikleri meta-analizde vital pulpalı kök kanal tedavilerinde kümülatif başarı oranının $\% 82,8 \pm 1,19$; devital pulpalı kök kanal tedavilerinde $\%78,9 \pm 1,05$; periapikal lezyon varlığında ise başarı oranının $\% 71,5 \pm 1,60$ olarak seyrettiğini bildirmişlerdir.

Imura ve ark. (2007), tek bir uzman hekim tarafından tamamlanış 2000 kök kanal tedavisini takip ettikleri retrospektif çalışmada birincil kök kanal tedavilerinde başarı oranını %94, kök kanal tedavi tekrarlarında ise %85,9 olarak bildirmişlerdir. Tüm vakalar ele alındığında %91,45 olarak izlenen yüksek başarı oranı, tedavilerin bir uzman hekim tarafından gerçekleştirilmiş olmasıyla ilişkilendirilmiştir.

Chen ve ark. (2007), 1.557.547 tedavi edilmiş dişin 5 yıl sonra ağızda kalım oranını %92,9 olarak bildirmişlerdir.

Cerrahi olmayan kök kanal tedavi tekrarlarının başarısını ele aldığımız zaman da literatürde geniş bir aralıkta seyreden başarı oranlarına rastlarız. Başarı çalışmalarını kronolojik olarak derlediğimizde en eskilerinden biri olan çalışmada; retreatment vakalarında başarı oranının birincil kök kanal tedavileri kadar yüksek olduğu ileri sürülmüştür (Friedman ve Mor 2004).

Gorni ve Gagliani (2004), 452 kök kanal tedavisi tekrarının ardından 2 yıllık takip neticesinde radyografik olarak periapikal lezyon varlığı izlenen dişlerde başarı oranını %61,7 olarak bildirirken; periapikal lezyon bulunmayan dişlerde bu oran %89,5 olarak kaydedilmiştir.

Farzaneh ve ark. (2004), düzenledikleri Toronto çalışmasında, kök kanal tedavi tekrar vakalarında 4-6 yıllık takibin ardından klinik ve radyografik olarak %81'lik bir tam iyileşme, %93'lük bir asemptomatik ağızda kalım oranı bildirmişlerdir.

Ng ve ark. (2011); kök kanal tedavi tekrarı sonrası 4 yıllık takiplerde dişlerin %95 oranında ağızda kalım gösterdiğini ve bu oranın aynı çalışmada takip ettikleri

birincil kök kanal tedavisi uygulanmış olan dişler ile istatistiksel olarak farklılık göstermediğini belirtmişlerdir.

İyi dizayn edilmiş, geniş katılımlı başarı değerlendirme çalışmalarından elde edilen veriler; vital ve devital kök kanal tedavileri, kök kanal tedavi tekrarları ya da mikro-cerrahi girişimlerin etkinliği ve güvenliği konusuna ışık tutar. Klinisyen; bu veriler sayesinde mevcut riskler, başarı oranları, prognostik faktörler ya da alternatif tedavi yöntemleri konusunda hastaya bilgi sunar ve tedaviye ilişkin karar alma sürecine yardımcı olur (Patel ve ark. 2020).

2.1.1. Kök Kanal Tedavisinin Başarısızlık Sebepleri

Kök kanal tedavisine yanıt alınamayan pek çok dişte başarısızlığın nedeni, kanal içi endodontik enfeksiyonun önlenememesi ya da kontrol altına alınamamasıdır. Başarısızlığa sebep olan faktörler farklı başlıklar altında derlenebilir. Kırk alet, perforasyon, taşkın dolgu, kısa kök kanal dolgusu ya da şekillendirme sırasında oluşturulan basamak ve dirsek gibi iyatrojenik hatalar zaman zaman endodontik tedavi başarısızlığının birincil sebebi olarak nitelendirilseler de, mevcut tabloya eşlik eden bir enfeksiyon söz konusu değilse kök kanal tedavisinin sonucunu etkilememeleri oldukça muhtemeldir. Ancak bu prosedürel hata ya da kazalar, kanal içi dezenfeksiyon protokolünü sekteye uğratmakta ya da tamamen imkansız kılmakta; neticesinde özellikle enfekte dişlerin kök kanal tedavilerinde başarısızlık için büyük bir potansiyel teşkil etmektedir (Siqueira 2001).

Prosedürel hataların gözlemlenmediği, yüksek teknik hassasiyetle tamamlanmış ya da kabul edilebilir klinik standartlardaki tedavilerde bile başarısızlık söz konusu olabilmektedir. Bilimsel dayanaklar ışığında mevcut başarısızlıkta rol oynayan faktörleri şu başlıklar altında derlemek mümkündür: intraradiküler ve ekstraradiküler enfeksiyon, intirinsik ve ekstrinsik mikrobiyal olmayan faktörler (Sundqvist ve ark. 1998; Siqueira 2001).

2.1.1.1. Mikrobiyal Faktörler

İntraradiküler Enfeksiyon

Kök kanal sistemine kolonize olan mikroorganizmalar periradiküler lezyonların patogeneğinde birincil etkindir. Mikroskopik incelemeler, kültür yöntemi ve moleküler metotlarla yürütülen çalışmalarda tedavi sonrası gözlenen başarısızlık, çoğunlukla intraradiküler enfeksiyon ile ilişkilendirilmiştir (Siqueira 2001).

Kakehashi ve ark. (1965), konvansiyonel ve germ-free sıçanlar üzerinde dental pulpaları ekspoz ederek gerçekleştirdikleri çalışmada; pulpa nekrozunun her iki grupta da gerçekleştiğini ancak periradiküler lezyon oluşumunun yalnızca normal sıçanlarda oral flora sebebiyle geliştiğini ortaya koymuştur.

Möller ve ark. (1981), maymun dişlerinde yaptıkları çalışma ile devital, enfekte olmamış pulpalarda periradiküler dokularda patolojik değişikliklerin gözlemlenmediğini; ancak devital ve enfekte dişlerde lezyon geliştiğini ortaya koymuşlardır.

Kök kanal dolgusu öncesi kanal sistemi içerisindeki enfeksiyonun etkili bir şekilde ortadan kaldırılması ile kök kanal tedavisi sonrası elde edilecek başarı oranı artış göstermektedir (Sjögren ve ark. 1997; Waltimo ve ark. 2005).

Sjögren ve ark. (1997), apikal periodontitisli 55 tek köklü diş inceledikleri 5 yıllık takip çalışmasında, 22 kök kanalında kemomekanik preparasyon sonrası mikroorganizma varlığı saptamışlardır. Tedavi sonrası takipler neticesinde; negatif kültür alınan örneklerde başarı oranı %94 olarak, kök kanal dolgusu öncesi pozitif kültür gözlenen dişlerde ise başarı oranı %68 olarak bildirilmiştir.

Endodontik tedavi sonrası gözlenen periradiküler lezyonlar, kök kanalına konuşlanmış dirençli mikroorganizmaların yetersiz kök kanal dezenfeksiyonu sebebiyle, kök kanal dolgu işleminden önce ortadan kaldırılamadığı durumlarda *inatçı intraradiküler enfeksiyonlar* olarak adlandırılır. Tedavi öncesi kök kanalında bulunmayan ancak aseptik çalışma koşullarının sağlanmaması sebebiyle tedavi sırasında ya da kronal sızıntı neticesi tedavi sonrasında kök kanalına yerleşen bakteriler sebebiyle geliştiği durumlarda ise *sekonder intraradiküler enfeksiyonlar* olarak adlandırılır (Sjögren ve ark. 1997; Siqueira ve Roças 2008).

Kök kanallarına konuşlanmış bakteri varlığı, kök kanal tedavisinin başarısını tehlikeye atıyor olsa da; başarısızlık için risk faktörü olarak ele alınabilir tek bir bakteri türünden bahsetmek mümkün değildir (Siqueira ve Roças 2008).

Kök kanal tedavisi görmüş ancak başarısız olmuş, *sekonder ve inatçı enfeksiyon* vakalarında mikrobiyaya tedavi edilmemiş *primer kök kanal enfeksiyonu* vakaları ile farklılık göstermektedir. Primer kök kanal enfeksiyonlarında, gram negatif zorunlu anaerob mikroorganizmaların baskın olduğu, 10-30 farklı filotipin gözlemlendiği polimikrobiyal bir ortam söz konusudur. Enfekte kök kanallarında 10^3 - 10^8 bakteri hücresi bulunabilir (Siqueira 2001).

Sekonder ve inatçı enfeksiyon vakalarında ise fakültatif gram pozitif ve anaerob mikroorganizmaların baskın olduğu bilinmektedir. Enfekte kök kanallarında 1-5 farklı filotip, 10^2 - 10^5 bakteri hücresi bulunur. Primer enfeksiyonlarda bulunmayan *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* ve diğer enterik çomaklar, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus* ve *Candida* türleri sekonder enfeksiyonların ayırıcı göstergesidir (Siqueira ve Roças 2004).

Başarısız, radyografik değerlendirmede de zayıf olarak izlenen kök kanal tedavili dişlerde ise daha yüksek mikroorganizma çeşitliliği izlenmektedir. Bu dişlerde primer kök kanal enfeksiyonlarına benzer şekilde anaerobların dominasyonu söz konusudur. Bu durum yetersiz kök kanal dezenfeksiyonu neticesi başlangıç enfeksiyonuna sebep olan mikroorganizmaların ortadan kaldırılamaması ile açıklanabilir (Sundqvist ve ark. 1998; Siqueira ve Roças 2004).

Barbosa-Ribeiro ve ark. (2020), kök kanal tedavisi başarısız olmuş apikal periodontitisli 20 dişten kök kanal tedavi tekrarı sırasında kemomekanik preparasyon öncesi, sonrası ve kanal içi medikament uygulamasının ardından örnekler alarak, PCR tekniği ile incelemişlerdir. Çalışmada dominant bakteri türü olarak *Enterococcus faecalis*, ikincil olarak ise *Porphyromonas gingivalis* gözlemlenmiştir. Gram pozitif koklar çoğunluğu oluşturmaktadır. *Parvimonas micra* ve *P. gingivalis* ağrı ile, *P. gingivalis* perküsyona hassasiyet ile; *E. faecalis*, *Fusobacterium nucleatum* ve *P. gingivalis* 3 mm'den büyük periapikal lezyon varlığı ile ilişkili bulunmuştur.

Enterokoklar; kök kanallarında tekil, çiftler halinde ya da kısa zincir formlar oluşturarak varlık gösteren gram pozitif fakültatif anaerob koklardır. Zorlu çevre koşullarına oldukça adapte olabilirler. Oldukça yüksek pH düzeyi ve tuz konsantrasyonlarına dayanıklıdırlar. 10-45 derece sıcaklıkta yaşayabilir; 60 derece sıcaklığa 30 dakika dayanım gösterebilmektedir.

Enterococcus faecalis'in kök kanallarındaki varlığının kaynağına ilişkin iki hipotez mevcuttur: İlki, bu bakteri türünün nekroz öncesi kök kanalının birincil kolonizörlerinden olduğunu öne sürer. İkincisi ise E. Faecalis'in endodontik tedavi sırasında ya da sonrasında kök kanalına konuşlanan fırsatçı bir mikroorganizma türü olduğunu ifade eder (Zehnder ve Guggenheim 2009). Bu hipotez kök kanal tedavisi sırasında ya da kuronal mikrosızıntı neticesi kontaminasyonu orijin olarak ele alır. Özellikle geçici restorasyonlarda meydana gelen mikrosızıntının, E.faecalis'in kanal içi kolonizasyonu için önemli bir kaynak olduğu bildirilmiştir. Bunun yanı sıra, Enterococcus faecalis ağız florasında çok nadir olarak gözlenen bir bakteri türüdür. Oral kavitedeki varlığı çoğunlukla kontamine yiyeceklerden, çiğ tüketilen et ve süt ürünlerinden, sebze ve zeytinden kaynak alır. Bu sebeple E. Faecalis'in kanal içinde var olabilmesindeki esas yol, kontamine gıda alımı sonrası kök kanal tedavili dişlerin kuronal restorasyonlarından penetre olmak ve kök kanal dolgusu içerisinde gerçekleşen *mikrosızıntı* ile kök kanallarına konuşlanmaktır (Franz ve ark. 2003).

Ekstraradiküler Enfeksiyon

Mikroorganizmaların periradiküler dokulara ulaşması, kök kanal kompleksinde yer alan enfeksiyonun direkt yayılması ile, kontamine periodontal ceplerin periradiküler sahaya temas halinde olması ile ya da kontamine endodontik enstrümanların kök kanallarında taşkın kullanımı sonucu foramen apikaleden dışarı itimi ile gerçekleşir (Nair 2006).

Periradiküler dokulara ulaşan mikroorganizmalar çoğunlukla immün sistem tarafından yok edilirler; ancak tamamen ortadan kaldırılamayan ve bu dokulara yerleşen mikroorganizmalar periradiküler patolojiyi başlatabilir ya da mevcut patolojinin sürmesine sebep olabilirler. Periradiküler lezyonlar, vücut içerisinde mikroorganizmaların yayılımını önlemek adına bir bariyer görevi görürler. Kemik

dokusu rezorbe olarak yerini fagosit, antibadi ve kompliman hücreleri gibi savunma hücrelerinden oluşan granülatöz bir dokuya bırakır (Siqueira 2001).

Apikal foramende mikroorganizmaların periradiküler dokuya çıkışını bloke etmek üzere polimorfonukleer lökositlerden oluşan yoğun bir duvar ya da daha az sıklıkla epitelyal bir tıkaç oluşumu gözlenir. Çok az sayıda endopatojen bu bariyeri aşma kapasitesine sahiptir. Ancak bakteriyel yan ürünler bu savunma bariyerinden difüze olabilir; periradiküler bir patolojiye sebep olabilir ya da bu durumu sürdürebilirler.

Ekstraradiküler enfeksiyonlar, intraradiküler enfeksiyonlara bağlı veya onlardan bağımsız olarak gelişebilir. Klinik olarak izlenen akut apikal abse, ekstraradiküler enfeksiyonun en yaygın görülme şeklidir ve intraradiküler enfeksiyona bağlı olarak gelişir. İntraradiküler enfeksiyondan beslenen ekstraradiküler enfeksiyon vakalarında; kanal içi enfeksiyonun rutin kök kanal tedavisi ile kontrol altına alınmasının ardından ekstraradiküler enfeksiyon da konak savunması tarafından yok edilir. Periradiküler dokuya endodontik medikament uygulaması, mikroorganizmaları ortadan kaldırmak ya da periradiküler biyofilmi dekompoze etmek adına uygun bir çözüm yolu değildir. Endodontik medikamentlerin apikal foramenden ekstrüzyonu hem sitotoksiktir hem de bu materyaller bu sahalarda nötralize olmaları sebebiyle etkinliklerini kaybetmektedirler (Siqueira 2001).

Apikal aktinomikozis; *Actinomyces* türleri ve *Propionibacterium propionicum* gibi bazı spesifik bakteri türlerinin sebep olduğu bir ekstraradiküler enfeksiyon örneğidir. Bu bakteri türlerinin sebep olduğu ekstraradiküler enfeksiyon vakalarında mevcut durum intraradiküler enfeksiyondan bağımsızdır ve başarılı sonuç almak için periradiküler cerrahi müdahale gerekmektedir (Torabinejad ve Walton 2011 pp. 45-46). *Actinomyces* türleri; *Propionibacterium propionicum* (eski adıyla *Arachnia propionica*) ve *A. israelii* periradiküler lezyon izlenen dişlerinin %10-15'indenden izole edilse de; bu dişlerin çok azında periapikal aktinomikozis tablosu gözlenir. Özellikle *Actinomyces israelii* periapikal aktinomikozis vakaları için spesifik bir türdür. Periapikal aktinomikozis vakalarının sıklığına dair güncel literatürde oldukça az bilgi mevcuttur; ancak tüm periapikal lezyon vakalarının %5'inden az olduğu öngörülmektedir (Kalfas ve ark. 2001; Nair 2006).

2.1.1.2. Mikrobiyal Olmayan Faktörler

Kök kanal tedavilerinde başarısızlık genellikle kontrol altına alınamamış intraradiküler enfeksiyondan kaynak olsa da, literatürde mikroorganizma merkezli olmayan başarısız vakalar da mevcuttur. Bu vakalarda başarısızlığa içsel ya da dışsal mikrobiyal olmayan faktörlerden kaynak alan yabancı cisim reaksiyonlarının neden olduğu düşünülmektedir.

Mikrobiyal Olmayan Ekstrinsik Faktörler

Bazı kök kanal dolgu materyalleri çözünemez içeriğe sahiptir. Rezorbe olmayan ve toksik kök kanal patlarının kullanıldığı taşkın kök kanal dolguları ya da talk-kontamine güta-perka konlar ile yapılan kök kanal dolguları periradiküler dokuda yabancı cisim reaksiyonuna ve başarısızlığa sebep olurlar. Aynı zamanda selüloz içermeleri sebebiyle kurulama kağıtları (paper point), pamuk pelet ya da bitkisel orijinli bazı yemek artıkları da periradiküler dokuda dirençli lezyonlara sebep olmaktadır (Simon ve ark. 1982; Nair 2006).

Mikrobiyal Olmayan İntrinsik Faktörler

Kök kanal tedavilerinde mikrobiyal olmayan intrinsik sebeplerden bir tanesi kolesterol kristallerinin birikimidir. Periradiküler lezyonlarda damar dışına sızan eritrositler; kronik lezyonlarda bulunan bozulmuş lenfosit, plazma ve makrofaj hücreleri ve dolaşımdaki plazma lipitleri kolesterolün periradiküler sahada birikmesine ve kristalize olmasına sebep olur. Endojenöz kolesterol kristalleri periradiküler sahada yabancı cisim reaksiyonuna sebep olur ve kök kanal tedavisine yanıt vermezler (Yan 2006).

2.2. Kök Kanal Tedavisinin Başarısız Olduğu Durumlar

Artan dünya nüfusu ve uzayan hayat süresi dental sağlık hizmetlerine olan ihtiyacı da paralel olarak arttırmaktadır. 1960’larda yıllık 2,5 milyon dolaylarında kök kanal tedavisi uygulanırken, 2000’lerde bu rakam yıllık 24-50 milyonlara ulaşmıştır (Wong 2004). Teorik olarak düşük kabul edebileceğimiz birincil kök kanal tedavisindeki başarısızlık oranı bugün milyonlara tekabül eden başarısız olunmuş; kurtarılamamış diş anlamına gelmektedir. Kök kanal tedavisinin başarısız olduğu durumlarda; cerrahi olmayan kök kanal tedavi tekrarı (retreatment), periradiküler cerrahi ya da dişin çekimi tedavi alternatifleridir.

Dişin çekimini takiben hastaya sunulacak olan implant tedavisinde başarı oranlarına göz attığımız zaman aslında endodontik tedavi ile benzer ‘ağızda kalım’ rakamları ile karşılaşmaktayız (Chércoles-Ruiz ve ark. 2017). Ortograd kök kanal tedavi tekrarı ile cerrahi yaklaşım arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemektedir (Kvist ve Reit 1999). Ayrıca kanal tedavisinin ardından uygulanan hasta memnuniyet anketleri de %97,1 gibi yüksek oranlarda karşımıza çıkmaktadır (Dugas ve ark. 2002).

Kök kanal tedavisinde başarısızlık sonrası çekim endikasyonu bulunan dişlerin esas başarısızlık sebeplerinin sorgulandığı çalışmalarda genellikle tamir edilemez restorasyon gerçeği ile karşılaşmaktayız. Vire (1991), çekim endikasyonu konulan kök kanal tedavili dişlerde esas başarısızlık sebebini sorguladığı çalışmada %59,4 protetik sebeplerle, %32 periodontal, en düşük oranda ise %8,6 endodontik kaynaklı diş çekiminin gerçekleştirildiğini belirtmiştir. Fuss ve ark. (1999), 147 kök kanal tedavili dişte çekim sebebini araştırdıkları çalışmada dişler %43,5 restoratif sebeplerle, %21,1 endodontik sebeplerle, %10,9 dikey kök kırığı, %4,1 periodontal sebeplerle çekilmiştir. Güncel pek çok çalışmada da; kök kanal tedavisi sonrası çekim endikasyonunun birincil nedeninin restore edilemez çürükler olduğu bildirilmiştir (Tzimpoulas ve ark. 2012; Chen ve ark. 2008; Zadik ve ark. 2008).

Başarısızlığın endodontik orijinli olduğu durumlarda cerrahi olmayan kök kanal tedavi tekrarı (retreatment) en konservatif ve en çok tercih edilen ileri tedavi yaklaşımıdır (Bernardes ve ark. 2015).

Birincil kök kanal tedavilerinde dezenfeksiyon protokolünün amacı; vital ve non-vital pulpa dokusu artıklarını, mikroorganizmaları ve mikrobiyal yan ürünleri kök

kanal sisteminden uzaklaştırmaktır (Wong 2004; Siqueira ve Rôças 2008). Kök kanal tedavi tekrarlarında ise mevcut kök kanal dolgusunun mekanik enstrümanlarla ortamdan uzaklaştırılmasının ardından kemomekanik kök kanal dezenfeksiyon protokolü ile dolgu artıklarının ortamdan eliminasyonu, kanal içi mikrobiyal yükün azaltılması ve smear tabakasının kaldırılarak kök kanalının dolguya hazır hale getirilmesi hedeflenir.

Kontamine dolgu materyallerinin kök kanallarından uzaklaştırılması retreatmentin ilk aşamasıdır. Kök kanal dolgu materyali paslanmaz çelik el eğeleri ile çıkartılabileceği gibi güncel döner ege sistemleri ile de mekanik olarak kök kanallarından uzaklaştırılabilir. Kök kanallarından dolgunun uzaklaştırılmasında mekanize sistemlerin kullanılması tedavinin bu etabına ayrılan süre ve operatör yorgunluğunu azaltmaktadır.

Rotary döner eğeler; kök kanallarından dolgunun uzaklaştırılması için en çok kullanılan, etkili ve yüksek başarı oranına sahip genellikle çoklu eğelerden oluşan sistemlerdir. Piyasada farklı ticari firmalara ait, yalnızca retreatment vakaları için dizayn edilmiş rotary ege çeşitleri mevcuttur. Resiprokal sistemler ise güvenlik ve etkinliği koruyarak endodontik prosedürleri basitleştirmek gayesi ile geliştirilmiş mekanize tek ege sistemleridir (Crozeta ve ark. 2016). Orijinal olarak kök kanallarının şekillendirilmesi için tasarlanmış, ancak sonrasında retreatment vakalarında kullanılması için de uygun bulunmuşlardır. Resiprokal hareket, kök kanal şekillendirmesi sırasında eğenin merkezde kalarak ve kök kanallarını deformasyona uğratma riskini azaltarak, orijinal anatomiye sadık kalma gayesi ile geliştirilmiştir. Resiprokasyonda, ege saat yönünün tersine ve saat yönünde aralarında 120 derecelik fark olacak şekilde hareket ederek döngüsünü tamamlar. Bu kinematik, eğenin vidalanma etkisinde ve döngüsel stres oluşumunda büyük bir azalma sağlar (de Souza ve ark. 2015; Fruchi ve ark. 2014; Sağlam ve ark. 2016). Sistemin diğer avantajları ise kısalan çalışma süresi, tek kullanımlık eğeler sayesinde hastalar arası çapraz enfeksiyon riskinin elimine edilmesidir.

Pek çok çalışma kanal morfolojisinden, önceki tedavide kullanılmış olan dolgu materyali, preparasyon çapı ya da şekillendirme için tercih edilmiş yöntemden bağımsız olarak kök kanallarından dolgu materyalinin tamamen uzaklaştırılamadığını ortaya koymaktadır (Fruchi ve ark. 2014; Crozeta ve ark. 2016; Rossi-Fedele ve Ahmed 2017; Bago ve ark. 2018). Kök kanal duvarlarında kalan artık doku miktarı %4 ile %45 arasında değişiklik göstermektedir (Bago ve ark. 2020). Buna ilave olarak; birincil

tedavinin başarısızlığında rol oynamış olması muhtemel erişilmesi güç anatomik sahaların dezenfeksiyonu da tedavi tekrarlarında başarılı olmanın kilit noktalarındandır. Bu bölgeler debris, mikroorganizma ve yan ürünlerine ev sahipliği yapmaktadır. Bu durum mevcut patolojinin ortadan kaldırılamamasına neden olmakla beraber, dolgu materyalinin kök kanal duvarlarına ideal adaptasyonunu sekteye uğratmakta ve neticesinde periapikal enflamasyona sebep olmaktadır.

Farklı klinik protokollerin ve hibrit tekniklerin etkili bir şekilde uygulanması kök kanal temizliğine katkı sağlayacaktır.

2.3. Aktivasyon

Geleneksel kök kanal şekillendirme prosedürüne ilave uygulanacak irrigasyon aktivasyon teknikleri, kök kanal sisteminin bütünsel dezenfeksiyonunda önemli bir rol oynamaktadır (Gulabivala ve ark. 2005).

2.3.1. Manuel İrrigasyon Aktivasyon Teknikleri

2.3.1.1. İrrigasyon İğneleri/Kanüller Yardımıyla Yapılan Enjektör İrrigasyonu

Kök kanal tedavisi irrigasyon protokolünde solüsyonun kanala iletilmesinde yaygın olarak irrigasyon iğneleri ve kanüller kullanılmaktadır. Farklı çap ve uç dizaynına sahip olabilen bu iğne ve kanüller kanal içerisinde ileri-geri hareketler ile dinamik ya da statik bir şekilde kullanılabilirler (Gu ve ark. 2009).

Yöntemin; uygulama kolaylığı, solüsyon hacminin kolay belirlenebilmesi, uygulama sırasında iğne derinliğinin ayarlanabilmesi, ucuz olması ve ilave bir cihaz gerektirmemesi gibi avantajları mevcuttur. Uygulama sırasında oluşabilecek pozitif basınç ile yıkama solüsyonunun periapikal sahaya taşma riski ve akabinde gelişebilecek komplikasyonlar; kök kanalının apikal bölgesine yeterli yıkama solüsyonunun iletilememesi ve kanal düzensizliklerinde yeterli dezenfeksiyonun sağlanamaması ise yöntemin handikaplarındandır (Desai ve Himel 2009).

Dar bir kanalda iğne penetrasyon derinliği genellikle kurala; iyi ihtimalle orta ölçüde kalmaktadır. Geniş dış çapa sahip iğne veya kanüller solüsyon akışının daha rahat olmasını sağlamalarına karşın, kök kanalının apikal kısmına dek penetre olamamaktadır. Daha küçük dış çapa sahip iğne veya kanüller ise kök kanalında daha derine penetre olabilirler; ancak artırılan penetrasyon derinliği yıkama solüsyonunun apikal foramenden ekstrüzyon riskini beraberinde getirmektedir (Chow 1983).

Enjektör iğnesi ya da kanül ile yapılan geleneksel yıkama işlemi sırasında solüsyonun iğnenin ucundan yalnızca 1-1,5 mm daha derine penetre olabildiği bildirilmiştir. Bu penetrasyon derinliği aynı zamanda kanalın yarıçapına, kesitsel formuna ve iğne ya da kanülün penetrasyon derinliğine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Zehnder 2006; Tay ve ark. 2010).

Manuel irrigasyonda etkinliği arttırabilecek faktörler; iğne ya da kanül ucunun kök kanalında apikale yakın konumlandırılması, iğne ucunun dizaynı, yıkama solüsyonunun hacminin artırılması ve daha küçük çaplı iğne ya da kanüllerin kullanılması olarak sıralanabilir (Chow 1983; Sedgley ve ark. 2005).

Mevcut debrisin kurala taşınabilmesi ve solüsyonun ekstrüze olmaması için irrigasyon sırasında iğne ucu ya da kanül kanal içerisinde sıkışmamalıdır. Solüsyonun akış hızı ve uygulanan basınç da klinisyenin her zaman göz önünde bulundurması gereken diğer faktörlerdir. Ancak manuel enjektör irrigasyonunda bu durum kontrolü ve standardizasyonu oldukça zor bir husustur (Boutsioukis ve ark. 2009).

Etkin bir yıkama için solüsyonun hidrodinamik aktivasyonuna katkı sağlamak ve ekstrüzyon riskini azaltmak adına distal sonlu, kapalı sonlu, yandan perfore iğne uçları dizayn edilmiştir.

2.3.1.2. Fırçalar ile Aktivasyon

Fırçalar, kök kanal tedavi pratiğinde kanal duvarlarına teması ile kanal duvarlarının temizlenmesinde ve solüsyon aktivasyonunda kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bu amaçla klinik kullanıma uygun EndoBrush (C & S Microinstruments Limited, Markham, Ontario, Canada) ve 30 Gauge'luk yıkama iğnesine yapılan dizayn değişikliği neticesinde fırça kaplanmış NaviTip FX (Ultradent Products Inc, South Jordan, UT) piyasada mevcuttur.

EndoBrush, spiral bir tel etrafında yer alan naylon kıllardan meydana gelmektedir. Fırça, çalışma uzunluğunca sabit bir çapa sahiptir. Kullanılan telin çapı itibari ile çalışma uzunluğuna erişilememesi sistemin dezavantajlarından biridir. Dar kanallarda ya da kanal içi düzensizliklerde radyolüsent fırça kıllarının ana taşıyıcıdan kopması ve klinisyen tarafından tespitinin mümkün olmaması yöntemin dezavantajlarından biridir (Gu ve ark. 2009).

2.3.1.3. Manuel Dinamik Aktivasyon

Maliyetsiz ve basit bir teknik olan manuel dinamik irrigasyonda; kök kanal şekillendirmesinin ardından apikal ile uyumlu güta-perkanın kök kanalı içerisinde 2-3 milimetrelik ileri ve geri hareketlerle hidrodinamik bir aktivite yaratılarak solüsyonun kanal içerisinde yer değiştirmesi amaçlanmaktadır. Bu yöntemde güta-perkanın kanala tam oturması, 3 mm'lik apiko-kuronal yönde 3,3 Hz'e eş 100 hareket/30 sn'lik bir hızda hareket ettirilmesi önerilmektedir (McGill ve ark. 2008). Teknik sırasında açılı kon kullanımının açısız kona kıyasla daha etkili sonuçlar doğurduğu bildirilmiştir (Jiang ve ark. 2012). Bu aktivite ile mekanik şekillendirme ile erişilememiş sahalara yıkama solüsyonu ile erişilmesi ve apikal sahaya yönlendirilmiş solüsyonun geri çekme hareketi ile kuronalde kalan ve henüz reaksiyona girmemiş taze solüsyon ile yer değiştirmesi hedeflenmektedir. Özellikle apikal sahaya hapsolmuş hava olan vapor-lock direncinin de bu aktivasyon sayesinde kırılabilirdiği bildirilmiştir (Holliday ve Alani 2014).

Dinamik manuel irrigasyonun, statik irrigasyona kıyasla apikal ekstrüzyonda istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden olduğu bazı çalışmalarla ortaya konmuştur (Topçuoğlu ve ark. 2019).

Ekonomik ve basit bir yöntem olmasına karşın; el ile yapılan bir uygulama olması sebebiyle klinisyenler tarafından zahmetli bulunması makine destekli aktivasyon cihazlarının ticari olarak geliştirilmesine zemin hazırlamıştır.

2.3.2. Makine Destekli İrrigasyon Aktivasyon Teknikleri

2.3.2.1. Döner Fırçalar İle Aktivasyon

Kök kanalları içerisinde dentin debrislerini apikalden krunale doğru uzaklaştırmak, smear tabakasını kaldırmak üzere irrigasyon aktivasyonunda döner fırça kullanımı ilk olarak Ruddle ile 2001 yılında gerçekleştirilmiştir. 300 rpm ile dönüş yapan açılı fırçanın patenti 2001 yılında alınmış olsa da, fırça piyasada yerini alamamıştır (Gu ve ark. 2009).

İlk dizaynın ardından manuel olarak kullanılabildiği gibi 600 rpm ile türlü motorlara takılarak da kullanılabilen oldukça esnek, propilen yapıda bir mikrofırça olan CanalBrush (Coltene Whaledent, Langenau, Germany) üretilmiştir. Dizayn olarak toplamda 41 mm uzunluğunda olan CanalBrush'ın 16 mm'lik aktif kısmında 30 adet kıl fırça bulunur ve krunale doğru %2'lik koniklik açısı gösterir. Kıl fırçalar 0,40 mm uzunluğunda, 0,25 mm kalınlığındadır (Salman ve ark 2010).

2.3.2.2. Preparasyon Sırasında Devamlı İrrigasyon

Enstrümantasyona irrigasyonun eşlik ettiği sistemler; kullanılan solüsyon hacminde, solüsyonun penetrasyon derinliğinde ve kanal duvarlarıyla solüsyonun temas süresinde artış sağlamak ve manuel irrigasyona kıyasla daha temiz kanal duvarları elde etmek gayesiyle geliştirilmiştir (Gu ve ark. 2009).

Quantec-E irrigasyon sistemi (SybronEndo, Orange, CA); pompa konsolu, 2 adet solüsyon haznesi ve bu solüsyonları enstrümantasyon sırasında sürekli olarak kanala ileten 2 adet hortumdan oluşmaktadır.

Self Adjusting File (SAF) (ReDent, Raanana, İsrail) 1,5-2 mm çapında, uygulandığı kök kanal boşluğunun üç boyutlu olarak şeklini alabilen elastik nikel-titanyum kafes şeklindeki tek eğe şekillendirme sistemidir. Sistem, dakikada 4000 kez 0,4 mm'lik ileri geri yönde dikey hareket yaparak çalışır. *Vatea* adı verilen irrigasyon sistemi ile birlikte kullanılmaktadır. Eğenin boş olan lümeninden enstrümantasyon sırasında 5 ml/dk solüsyon ile devamlı bir irrigasyon yapılır. Enstrümantasyon sırasında yıkama solüsyonu apikalde pozitif basınç oluşturmada eğenin kafes yapısı içerisinde

geri gelerek ekstrüzyonu önler. Taze yıkama solüsyonuyla kanal içerisindeki debrisin sürekli olarak uzaklaştırılması amaçlanmıştır.

Anatomiye sadık kalınması, kök kanallarını temizlemedeki etkinliği; isthmus, oval kanal, C-kanal gibi ulaşılması ve temizlenmesi zor anatomilerde erişimin artması söz konusu olsa da; düşük kesim kabiliyeti bazı vakalarda kanal preparasyonunu sınırlamaktadır. Ancak literatürde; kanal tedavi tekrar prosedürlerinde özellikle enstrümantasyon sonrası ilave SAF kullanımının kök kanallarından dolgu materyalini uzaklaştırmada istatistiksel olarak anlamlı bir fark yarattığı bildirilmiştir (Keleş ve ark. 2014).

Metzger ve ark. (2010), kök kanal tedavisi sırasında konvansiyonel döner eğeler ile değim sağlanamamış %55'lik bir alanın söz konu olduğunu; SAF sistemi ile bu oranın %17'lere çekildiğini belirtmiştir.

2.3.2.3. Basınçlı İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

Kök kanal tedavisinde irrigasyon etkinliği yıkama solüsyonunun kanal duvarları ile direkt temas halinde olması ile yakından ilişkilidir (Gu ve ark. 2009). Manuel enjektör irrigasyonu ile solüsyonun kanala iletildiği durumlarda iğne veya kanül ucunun kanal içerisindeki uygulama derinliği ve iletilen solüsyonun ne kadar derine penetre olabileceği sıklıkla araştırmalara konu olmuştur. Kapalı bir kanal sisteminde solüsyonun penetrasyon kapasitesi sıvının kontak açısına, kanalın derinliğine ve boyutuna bağlıdır (Pesse ve ark. 2005). Fiziksel bir olgu olan *vapor lock*, kapalı bir mikrokanal sisteminde ilerleyen bir solüsyonun içerisine hava hapsolmesidir.

Schoeffel (2008), söz konusu *vapor lock* etkisinin sonik ve ultrasonik aktivasyonun yarattığı akustik akış ve kavitasyon etkisi ile aşılamadığını; solüsyonun apikal bölgeye bu yöntemlerle etkin bir şekilde taşınmadığını ileri sürmüştür. Basınçlı sistemler ile ise bu direncin kırılabilirdiği ifade edilmektedir (Bankoff 1958).

Negatif basınçlı irrigasyon sistemlerinde amaç; irrigasyon solüsyonunu kanal içerisinde apikal sahaya devamlı, sabit ve etkili bir şekilde iletirken ekstrüzyonun önüne geçmektir (Desai ve Himel 2009).

EndoVac (SybronEndo, Orange, CA) ana iletici uç, makro ve mikro kanül olmak üzere 3 ana elemandan oluşan; apikal negatif basınç ile aktivasyonu hedefleyen bir

irrigasyon sistemidir. Makro kanül ISO #55'ye kadar genişletilmiş kök kanalının orta üçlüsüne kadar ilerler; mikro kanül ise ISO #35'e kadar genişletilmiş çalışma boyunda kök kanalına yerleştirilir (Gu ve ark. 2009). Ana iletilici uç ile kurondan kök kanalına iletilen taze yıkama solüsyonu makro ve mikro kanüller arasında oluşan negatif basınç sayesinde kök kanalının apikaline kadar erişerek ekstrüzyon riski minimize edilerek aspire edilir. Ancak dar ve kurvatürlü kanallarda kullanımı oldukça güçtür (Holliday ve Alani 2014).

RinsEndo (Dürr Dental, Bittigheim-Bissingen, Almanya) irrigasyon sistemi kök kanalına 1,6 Hz frekansında titreşen 65 µL'lik yıkama solüsyonunu ileten kökün kuronaline yerleştirilmiş 7 mm'lik bir kanül ve solüsyon haznesinden oluşmaktadır. Kök kanallarına iletilen yıkama solüsyonu ve hava aynı kanül ile kök kanallarından otomatik olarak tahliye edilmekte ve bu basınç-emme döngüsü dakikada 100 kez tekrarlanmaktadır (McGill ve ark. 2008).

2.3.2.4. Lazerler

Lazer sistemlerinin endodontide ilk kullanımı Weichman ve Johnson tarafından 1971 yılında gerçekleştirilmiştir. Gelişen lazer teknolojisi ile endodontik tedavinin farklı safhalarında kullanılan lazer sistemleri; pulpanın canlılığının tespitinden dentin hassasiyetinin önlenmesine, pulpa kuafajlarından kök kanallarının temizlenmesi ve genişletilmesine pek çok sahada kullanılmaya başlanmıştır. Dalga boylarının farklı olmasından kaynaklı oluşan çeşitlilik uygulanacak işleme göre farklı lazer sistem seçimini mümkün kılmaktadır. Er:YAG lazer, yüksek su absorpsiyonu ve sert doku afinitesi sebebiyle kök kanal dezenfeksiyon protokolünde tercih edilen bir lazer sistemidir.

Er: YAG lazer sistemine ilave edilen radyal ve şerit şeklinde yeni dizayn edilmiş özel fiber bir uçla kullanılan ve '*Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma*' (*Photon Induced Photoacoustic Streaming- PIPS*) prensibi ile çalışan bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde konik fiber uçlar kanal ağzının 2-3 mm kuronalinden kanal içerisine doğru yönlendirilerek irrigasyon aktivasyonu yapılır. Kanal içinde bulunan solüsyon fotoakustik şok dalgalar oluşturarak kök kanal dezenfeksiyonuna katkı sağlar. Sistemin başarılı olabilmesi için kanal içinde daima solüsyon bulunması gerekir; ışınlama dentin

yüzeyi tarafından değil, yıkama solüsyonu tarafından absorbe edilir (Peters ve ark. 2011).

2.3.2.5. Sonik Aktivasyon

Sonik sistemlerin endodontide kullanımına dair ilk çalışma 1985 yılında Tronstad ve ark. tarafından gerçekleştirilmiştir (Tronstad ve ark.1985). Ultrasonik sistemlerle karşılaştırıldığında daha düşük frekansta (1-6 kHz) titreşimler oluşturarak çalışan bu sistem, daha düşük bir makaslama stresi yaratmaktadır (Ahmad ve ark. 1987). Sonik enerji ultrasonik enerji ile kıyaslandığında daha yüksek genlik ve daha büyük ileri-geri uç hareketi oluşturur. Ossilasyon paternleri ultrasonikten farklılık gösterir. Genliğin minimum salınım noktası nod; maksimum salınım noktası ise antinod olarak adlandırılır. Aletin bağlantı noktası nod, en ucu ise antinoddur (Walmsley ve ark. 1989).

Konvansiyonel olarak, Rispisonik eğenin bir MM 1500 sonik el aletine takılarak şekillendirme sonrası kullanımı söz konusudur. Rispisonik ege, düzensiz bir koniklik açısına ve dikenli bir dizayna sahiptir. Aktivasyon sırasında kök kanal duvarlarından madde kaldırılmasına sebep olur.

Klinik pratikte kullanılmak üzere geliştirilmiş sonik aktivasyonlu cihazlara örnek olarak EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK) ,Vibringe (Vibringe BV, Amsterdam, Hollanda) ve EDDY (VDW,Müni, Almanya) gösterilebilir.

EndoActivator; sonik enerjinin yıkama solüsyonuna iletilmesi prensibi ile çalışan bir irrigasyon aktivasyon cihazıdır. Taşınabilir bir başlık ve 3 farklı boyutta polimer uçtan oluşmaktadır. Cihaz oldukça güçlü sonik enerjiyi; esnek, polimerik ve pürüzsüz yapılarından dolayı dentini kesme etkinliği olmayan ve 1-10 kHz arası frekans değerlerinde salınım yapan uçlara iletmektedir. Bu uçlar kolay kırılma özelliğine sahip değildir; ancak kanal içerisinde kırıldıkları takdirde radyolusent olmaları bir dezavantaj teşkil etmektedir. Dakikada 2000, 6000 ve 10000 (cpm) devirde hız seçenekleri mevcuttur. Polimer uçlar 22 mm uzunluğundadır; sarı, kırmızı ve mavi renk koduna sahiptir ve sırasıyla 20/.02, 25/.04, ve 35/.04 apikal çap ve koniklik açısına sahiptir. Dayanıklı ve fleksibl medikal polimerden üretilmişlerdir. Perforasyon, basamak veya transportasyon gibi iyatrojenik komplikasyonlara sebep olmazlar. Smear tabakası ve

biyofilmin uzaklaştırılabilmesi için 10000 devir ile çalıştırılması önerilen EndoActivator, optimum etkinlik için çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde kök kanalına yerleştirilmelidir.

Vibringe (Vibringe BV, Amsterdam, Hollanda), 9000 cpm'de kanal içinde salınım yapan ve solüsyonların tüm kanal yüzeyine temasını amaçlayan bir başka sonik aktivasyon cihazıdır. Özel olarak tasarlanmış tek kullanımlık bir enjektör ile birleştirilebilen kablosuz bir el aletidir. Alet, 10 ml hazneli pistonu ile kanal içerisine pulsatif bir solüsyon akışı sağlar. 2-3 kHz frekansta çalışır. Sonik ve akustik akış teknolojisini kullanır.

EDDY (VDW, Münih, Almanya) apikal ISO #25 çapa, 0,4 koniklik açısına sahip 28 mm uzunluğundaki bir poliamid uç içeren sonik aktivasyon sistemidir. 5-6 kHz frekansta salınım yapar. Poliamid yapı, dentinden daha yumuşak, kırılmaya karşı dirençlidir ve kök kanal yapısında deformasyona sebep olmaz. Steril ve tek kullanımlık olarak piyasaya sürülmüştür.

2.3.2.6. Ultrasonik Aktivasyon

Genellikle periodontoloji branşında kullanılan ultrasonik cihazlar, 1980 yılında Martin ve ark. tarafından kök kanal tedavisi sırasında kullanılabilir bir formda piyasaya sunulmuştur (Martin ve ark. 1980).

Ultrasonik enerji, sonik enerjiye kıyasla daha yüksek frekanslar (25-30 kHz) üretir; daha düşük salınım genişliği meydana getirmektedir. Enlemesine vibrasyonla titreşen ultrasonik eğelerin bu enerjisi yıkama solüsyonuna aktarılır ve akustik dalgalanma hareketi meydana gelir (Walmsley 1987).

Ultrasonik irrigasyon literatürde iki farklı şekilde karşımıza çıkar. İlki ultrasonik enstrümantasyonla irrigasyonun eş zamanlı kombine edilmiş hali ultrasonik irrigasyondur (UI). İkincisi ise; enstrümantasyon yapılmadan gerçekleştirilen pasif ultrasonik irrigasyondur (PUİ).

Ultrasonik irrigasyon (UI) yöntemi ile istatistiksel olarak daha temiz kanallar elde edildiğini ortaya koyan çalışmalar olsa da özellikle eğri ve dar kanallarda şekillendirme sırasında dentinden kaldırılan materyalin kontrol edilememesi, radiküler ve strip perforasyonlara sebep olma riski ve düzensiz şekillendirilmiş kök kanallarının

elde edildiği yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Klyn ve ark. 2010). Pasif irrigasyona destek olarak ultrasonik enerji kullanımının daha avantajlı olduğu düşünülmektedir (Zehnder 2006; Munley ve Goodell 2007; Lottanti ve ark. 2009).

İlk olarak 1980 yılında Weller tarafından ortaya atılan *pasif ultrasonik irrigasyonda (PUI)* ultrasonik uç, kök kanalları içerisinde kanal duvarlarına değmeksizin, kesme işlemi yapmadan kanal içine etki eder. Pasif ultrasonik irrigasyonda salınım yapan ege ile kanal içerisindeki yıkama solüsyonuna bir enerji aktarımı gerçekleşir. Bu enerji neticesinde solüsyonda iki fiziksel fenomen meydana gelir: akustik akış ve kavitasyon (Ahmad ve ark. 1987).

Akustik akış; salınım yapan egeğin etrafındaki sıvının dairesel ve girdapsal formdaki hareketidir (Walmsley 1987). Kavitasyon ise solüsyon içerisinde gaz kabarcıklarının oluşması, büyümesi, küçülmesi ve/veya mevcut kabarcıkların bozunması olarak tanımlanmaktadır (Ahmad ve ark. 1987).

Akustik akış ve oluşan makaslama kuvveti, enstrümante edilmiş kanaldaki debrisin uzaklaştırılmasına ve bakteriyel biyofilmin parçalanmasına olanak tanır. Planktonik hale gelen bakteriler karşısında sodyum hipoklorit gibi yıkama solüsyonlarının etkinliği artış göstermektedir.

Kavitasyon ise bakteri hücre zarında geçici bir zayıflama sağlar ve bu durum sodyum hipokloritin hücre zarından geçişinde artışa neden olur. Bunun yanı sıra ultrasonik aktivasyon sırasında artan sıcaklık sodyum hipoklorit solüsyonunun doku çözme ve antibakteriyel etkinliğinde artışa katkı sağlar (Holliday ve Alani 2014).

Kavitasyon etkisi minimaldir ve yalnızca kullanılan aletin ucu ile kısıtlıdır. Ancak, oluşan akustik akış çok daha belirgin ve etkilidir (Plotino 2007).

Kavitasyon ve akustik akış; kanal içerisinde ancak solüsyon mevcutsa gerçekleşecek iki fenomendir. Kök kanalı içerisine hapsolmuş hava sahalarında, yani vapor-lock durumunda oluşabilmeleri söz konusu değildir (Boutsioukis ve ark. 2009).

Optimum etkinlik için ultrasonik egelelerin kök duvarlarına temas etmemesi, kanal boşluğunda serbest salınım yapması gerekmektedir. Sonik ve ultrasonik aktivasyonun dar ve eğri kanallarda kullanımı vibrasyonu kısıtladığı noktada etkinliğini kısıtlayıcı olabilmektedir. Sıkışmadan serbest bir şekilde salınım yapabilen bir enstrüman irrigasyon solüyonu üzerinde ve bağlı olarak da kök kanal duvarlarında daha yüksek bir ultrasonik etki yaratmaktadır (Ahmad ve ark. 1987).

Pasif ultrasonik irrigasyon prosedüründe yıkama solüsyonu kanala 2 farklı şekilde uygulanabilir (Cameron 1988):

Devamlı Ultrasonik İrrigasyon: Ultrasonik cihazdan kanala sürekli bir solüsyon akışı sağlanır. Kök kanalına sürekli bir yıkama solüsyonu akışına olanak tanıyan aktivasyon iğnesini ultrasonik cihaza sabitleyebilecek bir adaptör parça geliştirilmiştir.

Aralıklı Ultrasonik İrrigasyon: Yıkama solüsyonu kök kanalına enjektör ile uygulanır ve ardından ultrasonik aktivasyon gerçekleştirilir. Kök kanalı her aktivasyon döngüsünün ardından tekrar irrigasyon solüsyonu ile doldurulur. İrrigasyon için kullanılan solüsyonun hacmini tespit etmek mümkündür.

Pasif ultrasonik aktivasyonun etkinliğinde; irrigasyon süresi, kullanılan solüsyonun cinsi, hacmi ve konsantrasyonu, ultrasonik enerjinin güç kaynağı, ikmal döngüsü ve sıklığı rol oynamaktadır (Gulabivala ve ark. 2010).

Ultrasonik aktivasyonun klinik protokolünde pek çok farklı irrigasyon rejimi denenmiş, ancak hiçbiri standart bir prosedür olarak kabul görmemiştir. 30 saniyeden 1 dakikaya kadar aktivasyon süresi ultrasonik için yeterli görülmektedir (Sabins ve ark. 2003). Ancak 2 dakika önerilen çalışmalar da mevcuttur (Krell ve ark. 1988).

Sonik aktivasyon (1-6 kHz); ultrasonik aktivasyondan düşük frekans değeri ile ayrışır ve kök kanallarından debrisini uzaklaştırmada daha az etkili olması genellikle buna bağlanır (Sabins ve ark. 2003). Ancak sonik aktivasyonun daha uzun süre uygulanarak kanal temizliği hususunda ultrasonik aktivasyon ile benzer sonuçlar alınabileceğini ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur (Jensen ve ark. 1999; Lee ve ark. 2004).

2.4. Endodontik Mikrosızıntı

Kök kanal tedavisinin prognozu açısından önemli bir olgu olan mikrosızıntı, mikroorganizma ve yan ürünlerinin, doku sıvılarının, çeşitli molekül ve iyonların dış dokusu ve dolgu materyali arasından klinik olarak tespiti mümkün olmayan geçişi olarak tanımlanır (Mulyar ve ark. 2014).

Klinik pratikte kök kanal dolgusu için en çok tercih edilen metot, bir kor materyali ile pat kullanılarak kök kanal sisteminin 3 boyutlu olarak hermetik bir şekilde doldurulmasıdır. Kullanılan patın örtücülük kapasitesi, kök kanal dolgusunun kalitesinde oldukça büyük bir öneme sahiptir. Endodontik mikrosızıntı; bu kök kanal patı ile dentin duvarları arasında, kök kanal patı ve kor materyali arasında ya da kök kanal patının içerisinde gerçekleşebilir (Oliver ve Abbott 2001).

İdeal bir kemomekanik preparasyonun ardından bile kök kanal sistemi içerisinde tübüllere hapsolmuş rezidüel mikroorganizma varlığından söz edilmektedir. Başarılı bir apikal ve kural örtüleme ile olası bir mikrosızıntının önüne geçilerek, bu rezidüel mikroorganizma ve endotoksinlerinin tedavide başarısızlığa sebep olmaması amaçlanmaktadır (Pommel ve ark. 2001). Apikal örtüleme, özellikle anakorezis yoluyla enfeksiyonun kök kanalına; kök kanalına hapsolmuş organizmaların da periradiküler dokulara ulaşmasını önlemek adına önemlidir. Kural örtüleme ise; pulpa odasını, tüm dentin tübülleri ve aksesuar kanallar dahil olmak üzere oral kaviteden ayırarak reenfeksiyonun önlenmesi adına büyük önem taşır (Wu ve Wesselink 1993).

Kök kanal dolgu materyali ile dentin duvarları arasındaki adaptasyon problemleri, kök kanal dolgu materyalinin doku sıvılarında zaman içerisinde çözünmesi, dolgu materyallerinde meydana gelen büzülme ve genleşmeler mikrosızıntı için uygun ortamı yaratmaktadır. Bunun yanı sıra kanal dolgu tekniği, kök kanal anatomisindeki düzensizlikler, kök kanal irrigasyonunda kullanılan solüsyonlar vb. birçok faktör kök kanallarında gözlenen mikrosızıntıda rol oynayabilmektedir.

Mikrosızıntı Test Yöntemleri

Endodontik mikrosızıntı çalışmaları; özellikle farklı kök kanal dolgu teknik ve materyallerinin tıkama ve sızdırmazlık özelliklerini incelemek ve bunları birbirleriyle karşılaştırmak, farklı irrigasyon ve preparasyon prosedürlerinin kök kanal dolgusunun sızdırmazlığı üzerine etkilerini araştırmak gayesi ile in-vitro olarak yürütülmektedir.

Mikrosızıntı çalışmaları tarihsel süreçte ilk olarak apikal sızıntı ve perkolasyona yoğunlaşmıştır. Robinson ve Boling (1941), endodontik başarısızlığı kök kanalının apikalinde yer alan doku sıvısı ve mikroorganizmaların zayıf kök kanal dolgusunu aşarak kök kanalına sızmasına dayandırmıştır. Bu kanıtlanamamış fenomen; özellikle izleyicili test metotlarıyla kolay test edilebilmesi, kullanılan materyallerin ulaşılabilir olması sebebiyle kendini tekrarlayan pek çok çalışmaya neden olmuştur. Ancak 1960'lı yıllarda bu hipotezin doğru olmadığı kanıtlanmıştır ve çalışmaların odağı bu kez kurondan apikale mikroorganizma ve yan ürünlerinin penetrasyonuna kaymıştır (Oliver ve Abbott 2001).

Literatürde özellikle 1960-1990'lı yıllarda yayımlanmış sayıca çok fazla mikrosızıntı çalışması mevcuttur. Geliştirilen pek çok pat ve dolgu materyali özellikle güta-perkalı soğuk lateral kondensasyon tekniği ile; çoğunlukla da izleyicili (boya ya da radyoizotop) ölçüm yöntemleri kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Bugün geldiğimiz noktada farklı kök kanal dolgu materyali ve tekniğini, apikal ve kuronal tıkama kapasiteleri ve sızdırmazlıkları açısından laboratuvar ortamında birbirleriyle karşılaştırılmasına olanak tanıyan pek çok mikrosızıntı test metodu mevcuttur. Kanıta dayalı diş hekimliğinin yükselişe geçmesiyle; yapılan in-vitro mikrosızıntı çalışmalarının klinik karşılığı ve değeri sorgulanmaya başlanmıştır. Ağız içi klinik koşullarının birebir taklit edilemediği bu test metotlarına ilişkin sonuçlar tartışmaya açıktır. Test sonuçları direkt olarak klinik ile bağdaştırılamamaktadır (Jafari F ve Jafari S 2017b).

Altın standart olarak kabul gören bir teknik bulunmamaktadır. Her mikrosızıntı yönteminin avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Yapılan çalışmalarda deney dizaynlarının standart olmaması, farklı metodolojilerin izlenmesi sonuçların karşılaştırılmasını güçleştirmektedir (Verissimo ve do Vale 2006).

Kök kanal dolgusu ve mikrosızıntı testi arasında geçen süre; örneklerin bekletildiği ortam, test süresi; kullanılan izleyici tipi (boya tipi, molekül büyüklüğü, pH, kimyasal reaktivite), smear tabakasının varlığı/yokluğu, termal koşullar yapılan

çalışmalarda farklılık gösteren ve sonuçlar üzerinde etkili olan parametrelerdendir (Wu ve Wesselink 1993).

2.4.1. Boya Penetrasyon Tekniği

Kök kanal tedavisinde hem kuronal hem de apikal mikrosızıntıyı in-vitro olarak değerlendirmeye olanak tanıyan boya penetrasyon tekniği ilk olarak 1939 yılında Grossman tarafından geliştirilmiştir (Al-Ghamdi ve Wennberg 1994).

Pasif boya penetrasyon tekniği, kapilarite fenomenine dayanır. Çalışmalarda en sık kullanılan boya penetrasyon tekniği kök kanallarının doldurulmasının ardından apikal foramen dışında kalan tüm dış sahasının sızdırmaz bir materyal ile kaplanması ve dışlerin belli bir süre boya solüsyonunun içerisinde bekletilmesi ve ardından örneklerdeki sızıntı miktarının *lineer olarak* değerlendirilmesidir. Hacimsel olarak bir verinin bulunmadığı bu test yöntemi semi-kantitatif bir metot olarak kabul görür (Wu ve Wesselink 1993).

Kolay uygulanabilir olması, kullanılan boyaların ucuz olması ve kolay temin edilebilirliği, hızlı ve direkt ölçüme olanak tanınması, kimyasal tepkime göstermemesi ve radyasyona gerek duyulmaması tekniğin avantajlarındandır.

Boya penetrasyonu gibi izleyicili tekniklerde; partikül boyutu sızıntı ölçümlerinde büyük önem taşır. Mikroorganizma ve yan ürünleri gibi patojenler genellikle büyük moleküler boyutlara sahiptir; ancak tükettikleri besinler küçük moleküler boyutlardadır. İzleyici molekülün boyutsal olarak küçüklüğü avantaj gibi görünse de klinik gerçeklikten uzak çok küçük moleküler yapı da hatalı pozitif sonuçlara sebep olabilmektedir (Jafari F ve Jafari S 2017b). Bu sebeple izleyicinin moleküler boyut olarak klinik koşulları taklit etmesi beklenir (Wu ve Wesselink 1993).

Bazı boyar solüsyon moleküllerinin bakteri ve yan ürünlerinden çok daha küçük moleküler büyüklüğe sahip olması, tek boyutlu bir ölçüme imkan tanıyıp sızıntının bütünü hakkında bilgi vermemesi ve kök kanalları ile periradiküler saha arasındaki ilişkiyi tam olarak yansıtmaması ise tekniğin dezavantajlarındandır. Ayrıca gözlemci yorumuna bağlı olarak sonuçlar arası farklılıklar gözlenebilir. Örnekler parçalandığı için tekrarlanabilir değildir. Bu sebeplerle tekniğin güvenilirliği ve klinik karşılığının olup olmadığı günümüzde hala sorgulanmaktadır (Wu ve Wesselink 1993).

Test metodolojisiinde farklılık gösteren pek çok husus mevcuttur: kullanılan boya solüsyonun moleküler büyüklüğü, pH'sı, kimyasal reaktivitesi, kesit yöntemi, bekleme süresi vb. gibi.

Bu teknikte farklı fiziksel özelliklere sahip solüsyon ya da süspansiyonlar kullanılmaktadır: % 0,5 - 2 metilen mavisi, çini mürekkebi, % 0,5 - 1 hint mürekkebi, anilin mavisi, % 0,5 rodamin B, gümüş nitrat, % 5 eozin, floresan, % 0,5 bazik fuksin, kristal violet gibi.

En sık kullanılan solüsyon metilen mavisidir. Işık altında kolaylıkla izlenebilmesi ve ölçümlerde hatayı en aza indirmeye olanak tanınması, ucuz olması, manipülasyonunun kolay olması, dış sert dokularıyla tepkimeye girmemesi, moleküler boyutunun bakteri ve yan ürünlerinden küçük olması sayesinde kök kanal duvarı ve dolgu materyali arasından rahatlıkla penetre olabilmesi metilen mavisinin avantajlarındandır (Wu ve Wesselink 1993).

Örnekler dişin uzun eksenine paralel ya da dik alınan kesitlerle ya da şeffaflaştırma işleminin ardından ışık mikroskobu altında incelenebilmektedir.

Uzun eksene paralel alınan kesitlerde boyar solüsyonun apikalden kuronale en ileri noktası tespit edilerek lineer olarak milimetrik ölçümü yapılır ve bu sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilir (Ahlberg ve ark. 1995). Penetrasyon derinliği stereo mikroskoplarda x4 - x30 büyütme altında ya da Rodamin B gibi floresan içerikli izleyici kullanılarak konfokal lazer tarama mikroskobu ile incelenebilir. Fotoğraflar alınarak Image J gibi programlarla hesaplamalar yapılması da güncel bir başka yaklaşımdır (Jafari F ve Jafari S 2017b). Yöntemin en önemli dezavantajı, kesim aksının rastgele seçilmesidir. İncelenen kesim düzlemi penetrasyonun en derin noktasını temsil etmemektedir (Camps ve Pashley 2003).

Şeffaflaştırma tekniği, 1927 yılında Okumara tarafından geliştirilmiş, diş dokusundan madde kaybı olmaksızın kök kanal anatomisini üç boyutlu gözlemeye olanak tanıyan basit, hızlı ve komplike ekipmana ihtiyaç duyulmayan bir yöntemdir. Şeffaflaştırma tekniği; demineralizasyon ve dehidratasyon işlemlerinin ardından dişlerin metil salisilat içerisinde bekletilmesi esasına dayanır. Böylece dişlerin kesilmesine gerek kalmadan anatomiye ve dolgu materyalinin apikal foramen, lateral ve aksesuar kanallar ile olan ilişkisini izlemeyi mümkün kılar.

Yöntemin en büyük dezavantajı asit ve alkol gibi solüsyonlarda uzun bekleme süresinin, boya solüsyonunda da çözünmeye sebep olabilmesidir. Bir diğer problem ise

yetersiz dehidratasyon sonucu diş örneklerinde opak sahaların kalmasıdır (Ahlberg ve ark. 1995). Kesit alma yöntemlerinden daha doğru veriler sunduğu düşünülmektedir (Jafari F ve Jafari S 2017b).

Boya penetrasyon çalışmalarına güncel bir yaklaşım olarak; penetrasyon derinliğini arttırmak için pozitif basınç kaynakları ile geliştirilmiş çalışma modelleri mevcuttur. *Santrifüj tekniğinde*, merkezkaç kuvvetinin etkisiyle uygulanan boya solüsyonunun, dişin iç kısımlarına daha hızlı penetre olması amaçlanmıştır.

Bir başka yaklaşım da boya penetrasyon çalışmalarının indirgenmiş basınç ortamında gerçekleştirilmesidir. Literatürde *vakumlu sistemler* olarak bahsedilen bu yöntem kök kanal dolgusu sonrasında dişin içerisinde hapsolmuş olması muhtemel hava kabarcıklarının boya penetrasyonuna engel teşkil edebileceği savından ortaya çıkmıştır. Kök kanal dolgusu gerçekleştirilen dişe bir vakum cihazının bağlanarak diş içerisindeki havanın elimine edilmesi ve dişin boyar madde içerisine yerleştirilerek diğer yöntemlerde olduğu gibi incelenmesi esasına dayanır. Ancak indirgenmiş basınç altında bile sıkışan havayı bu sahalardan uzaklaştırmak çok da kolay olamamaktadır (Jafari F ve Jafari S 2017b).

Boya Çözdürme Yöntemi

Douglas ve Zakariasen (1981) kök kanallarına penetre olan boyayı, dişleri asit içerisinde bekletmek suretiyle çözdürerek, elde edilen solüsyonun optik dansitesini spektrofotometrede ölçüp; boya penetrasyonunu *volumetrik* olarak hesaplamayı amaçlayan bir yöntem geliştirmişlerdir.

2.4.2. Radyoaktif İzotop Tekniği

Radyoaktif izotop tekniği, mikrosızıntı çalışmalarında ilk olarak 1951 yılında kullanılmıştır. Yöntem, diğer teknikler ile kıyaslandığında izleyici olarak oldukça küçük çapa sahip izotop moleküllerinin (40 nm) kullanılıyor olması sebebi ile sızıntı çalışmalarında daha detaylı bir izlemi mümkün kılacağı fikriyle geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra elde edilen veriler kalıcı ve saklanabilirdir (Taylor ve Lynch 1992).

Radyoaktif izotop tekniğinde en sık kullanılan izotoplar ^{45}Ca , ^{131}I , ^{35}S , ^{22}Na , ^{86}Rb , ^{14}C , ^{32}P olarak sıralanabilir.

Yöntemde radyoaktif solüsyon içerisinde bekletilen dişler uzun eksenleri boyunca ikiye ayrılır. Periapikal film üzerine yerleştirilerek filmler tab edilir. Böylece radyoizotopların restorasyon ile diş dokusu arasından geçişi alınan radyografilerle izlenir. Alınan radyografiler iki boyutlu bir izlemi mümkün kılar; 3 boyutlu değildir. Kalitatif bir test metodudur. Radyoizotopun türü, ışık kaynağı, ışınlama süresi, filmin banyo işlemleri sonuçların analizinde önemli değişkenlerdir (Jafari F ve Jafari S 2017b).

Pahalı ve kompleks bir yöntem olmasının yanı sıra insan hayatı ve çevre için riskli olabilmektedir. Teknik hassasiyeti yüksek ve profesyonel bir yaklaşım gerektirir. Subjektif veriler sunar. Diğer mikrosızıntı testlerinden belirgin bir üstünlüğü bulunmaması sebebiyle günümüzde çok tercih edilmemektedir.

2.4.3. Elektrokimyasal Teknik

1976 yılında Jacobson ve Von Fraunhofer tarafından geliştirilen elektrokimyasal yöntem, elektrolitli sıvı içerisine yerleştirilmiş iki metal arasında oluşan empedans değerlerinin ölçülmesi esasına dayanır (Jacobson ve Von Fraunhofer 1976). Bu yöntemde, bakır anot kök kanal dolgusuyla temas halinde olacak şekilde yerleştirilir ve diş tamamen izole edilir. Örneklerin apikal kısmı elektrolitik ortama yerleştirilir; bu amaçla genellikle %1'lik potasyum klorür solüsyonu kullanılmaktadır. Katot ise solüsyon içerisine yerleştirilir. Bir dış güç kaynağı ile elektrik akımı uygulanır. Yerleştirilen iki elektrot arasından akım geçmesi ve devrenin tamamlanmasını sağlayan faktör kök kanal dolgusunda meydana gelen mikrosızıntıdır. Meydana gelen empedans değerleri hassas akımölçerler ile hesaplanır.

Elektrokimyasal yöntemde sonuçlar kullanılan elektrolitin kompozisyona, elektrot tipine, elektrotlar arası mesafeye, elektrot kalınlığına ve iyonik solüsyonun elektrik iletkenliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Jacobson ve Von Fraunhofer 1976).

Bu test yönteminin avantajları; örneklerin bozulmaması ve tekrarlayan ölçümlere olanak tanınmasıdır. Ölçümler sonrası hassas ve kolay analiz edilebilen kantitatif veriler elde edilmektedir. Dezavantajı ise bakır anot üzerinde oluşabilecek korozyon sonucu hatalı ölçümler elde edilebilmesidir (Oruçoglu ve ark. 2005). Bu test

yönteminde sızıntının kayda geçebilmesi için, kök boyunca izlenmesi gerekir; parsiyel sızıntılar devrenin tamamlanması için yeterli olmayacağından hesaplanamamaktadır.

2.4.4. Bakteriyel Penetrasyon Tekniği

Bakteriyel penetrasyon tekniği, 1980 yılında Goldman ve ark. tarafından bir bakteri cinsi ve işaretleyici besi ortamı kullanılarak geliştirilmiştir. Klinik ve biyolojik koşulları yansıtmada diğer sızıntı testlerinden daha başarılı olacağı hipoteziyle geliştirilen ve genellikle kuronal mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan in-vitro bir test yöntemidir (Timpawat ve ark. 2001).

Bakteriyel penetrasyon tekniğinde ilgili dişin apikal ve kuronal bölümleri dışında kalan alanlar kapatılır. İki hazneli bir sistem oluşturulur. Steril olan apikal bölümü kuronal hazneden sızdırmaz bir şekilde ayrılır. Belirli cins bir mikroorganizma içeren kültürlerle kuronal haznede ekim yapılır ve inkübasyon sonrası apikal haznede bulunan besi yerindeki işaretleyici solüsyonun renk değiştirip değiştirmemesine göre sızıntı varlığı tespit edilir (Taylor ve Lynch 1992).

Kalitatif bir test metodudur; kanal içerisindeki boşluk ve bakteri sızıntı miktarından bağımsız olarak, az ya da çok bir sızıntı varlığında mikroorganizmalar besiyerinde çoğalıp bulanıklaşmaya sebep olacaklardır (Verissimo ve do Vale 2006).

Bakteri penetrasyon yöntemi, boya penetrasyon yöntemi ile kıyaslandığında biyolojik ve klinik ortamı daha iyi yansıtmaktadır; ayrıca besi yerine mikroorganizma takviyesine olanak tanıyan bu yöntemde daha uzun süreli incelemeler yapılabilmektedir; ancak teknik hassasiyeti yüksek bir test yöntemidir. Örneklerin kontaminasyonunun önlenmesi büyük önem taşımaktadır. Dış ortamdan deney alanına taşınan herhangi bir bakteri hatalı sonuç alınmasına sebep olabilmektedir.

Farklı bakteri türlerinin kullanılmış olması test sonuçlarının karşılaştırılabilirliğine engel olmaktadır. Ayrıca bakteri toksin ve enzimlerinin, rezidüel bakterilerce kullanılabilecek besinlerin test metodunda kullanılan bakterilerden daha küçük moleküler boyutta olması bu yöntemin dezavantajlarından (Verissimo ve do Vale 2006). Antimikrobiyal etkinliği bulunan bir kök kanal patı varlığında uygulanabilir bir metot değildir (Schafer ve Olthoff 2002).

İzleyici olarak en sık kullanılan bakteri türü *Enterococcus faecalis*'dir. *Streptococcus salivarius*, *Candida albicans* ve *Streptococcus mutans* sıklıkla kullanılan diğer bakterilerdir (Jafari F ve Jafari S 2017b).

2.4.5. Gaz Kromatografi Tekniği

Kersten ve ark. (1988) tarafından hidroksiapatit ve polietilen içerikli yapay dentin blokları ile oluşturulan standart kök kanalları boyunca sızan düşük moleküler ağırlıklı bakteri metabolitlerinin incelendiği bir yöntemdir.

İzleyici molekül olarak % 0,5'lik bütrik asit ve % 0,1'lik valerik asit solüsyonları seçilmiştir. Bütrik asit düşük moleküler ağırlığa sahip bir bakteri yan ürünüdür. Klinik koşulları taklit etmek adına başarılı bir izleyici molekül olacağı hipotezi ile seçilmiştir. İzleme sürecinin sonunda apikal rezervuardan elde edilen örnekler gaz kromatografi cihazında analiz edilmektedir. Kantitatif bir test metodudur.

2.4.6. Sıvı Penetrasyon Tekniği

Sıvı penetrasyon tekniği, ilk olarak 1983 yılında Pashley ve ekibi tarafından dentin tübüllerinin geçirgenliğini ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Teknik, 1993 yılında ise Wu ve ark. tarafından endodontik mikrosızıntı çalışmaları için modifiye edilmiş ve o tarihten günümüze pek çok çalışmada kullanılmıştır (Pashley ve ark. 1983; Wu ve ark. 1993).

Sıvı filtrasyon tekniğinde, test örneği dişler atmosferik basınç altında kuronal ya da apikal kısımdan içi su dolu kapiller tüpe bağlanır ve su içerisinde bir hava kabarcığı yaratılır. Ardından dişe tüpün bağlı olduğu taraftan 0,1 atm'lik bir basınç uygulanarak, suyun kök kanalındaki boşluklara itimi amaçlanır. Hava kabarcığının hareketi $\mu\text{L/dakika}$ cinsinden ifade edilir (Pommel ve Camps 2001).

Sıvı filtrasyon tekniği tekrar edilebilir, kantitatif bir değerlendirme sağlar. Örneklere zarar vermeden ayrıntılı bir ölçüm sağlaması tekniğin artılarından. Sonuçların otomatik olarak kaydedilmesi; operatör hata payını ortadan kaldırmaktadır. Sonuçlar oldukça hassastır (Verissimo ve do Vale 2006). Ancak kullanılan ekipmanın teknik donanım gerektirmesi, çalışma güçlüğü ve zaman alıcı olması ise tekniğin eksileri olarak sıralanabilmektedir (Wu ve ark. 1993).

Standart bir metodoloji yoktur. Test yönteminin sonuçları; oluşturulan hava kabarcığının çapı, uygulanan basınç, ölçüm süresi ve mikropipetin çapı ile farklılık gösterebilir. Literatürdeki çalışmalarda 10-20 psi arasında basınç uygulanmakta, ölçüm süresi 1 dakika ve 3 saat arasında değişiklik göstermektedir ve bu değişkenler test sonuçlarına etki etmektedir (Pommel ve Camps 2001).

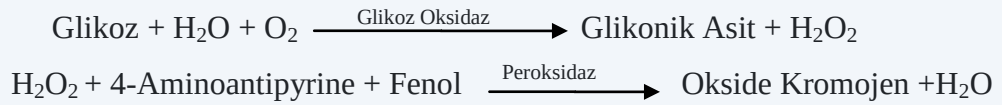
Oruçoğlu ve ark. (2005) yeni bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçüm tekniği geliştirmişlerdir. Hava basıncını dijital olarak kontrol eden, kabarcık hareketini lazer diyot ile kaydeden bu yöntem oldukça güvenilir ve tamamen elektrondur.

2.4.7. Glikoz Penetrasyon Tekniği

Xu ve ark. tarafından 2005 yılında geliştirilen glikoz filtrasyon tekniği, oral kaviteden kanala ulaşan glikozun kanal boyunca ilerlemesi ve apikalden sızmasının incelenmesi esasına dayanır.

Apikal rezervuarda biriken glikoz konsantrasyonunu belirlemek için, bakır ve ferrisinat gibi diğer ölçüm metotlarına kıyasla daha özgül ve daha hassas sonuçların elde edildiği enzimatik glikoz oksidaz metodu seçilmiştir (Xu ve ark. 2005). Bu metotta, glikoz ve ortamdaki oksijenin glikoz oksidaz enzimi ile reaksiyonu sonucu glikonik asit ve hidrojen peroksit oluşumu gözlenir (2-1).

(2-1)



Peroksidaz enzimi varlığında, kromojenik oksijen alıcı olan 4-aminoantipyrine ve fenolün, hidrojen peroksit ile oksidasyonu sonucu kırmızı renkte okside kromojen oluşumu gözlenir (2-1). Oluşan bu okside kromojenin miktarı birinci reaksiyonda tepkimeye giren glikoz miktarı ile orantılıdır. Bu miktar spektrofotometre ile belirlenir. Bu metot ile endodontik mikrosızıntının uzun süreli kantitatif gözlemi mümkündür. Sızan glikozun kümülatif değeri mikrosızıntı miktarını ifade etmektedir.

Bu teknikte izleyici molekül olarak glikoz kullanılmaktadır. Glikozun, moleküler olarak mikroorganizmalardan küçük olması (180Da) tekniğin bir avantajıdır. Ayrıca glikoz mikroorganizmalar için besin kaynağıdır. Kanal içerisine penetre olabilen glikoz; rezidüel bakterilerce besin olarak kullanılarak apikal sahada enflamasyona sebep olabilir. Glikoz kimyasal olarak stabil ve hidrofilik bir izleyici moleküldür.

Glikoz filtrasyon, literatürde yalnızca patların değil çeşitli pek çok materyal ve sistemin sızdırmazlığını gözlemde test edilmiştir: kural daimi ve geçici restorasyon materyalleri (Bailon-Sanchez ve ark. 2011); retrograd dolgu materyalleri (Cechella ve ark. 2018); restoratif post simantasyon materyalleri (Al-Madi ve ark. 2018), şekillendirmede final preparasyon çapı ve koniklik açısının (Tabrizizadeh ve ark. 2014) karşılaştırılması gibi.

Shemesh ve ark. (2007)'nın iki farklı dolgu tekniğine ilave kök kanal tedavisi uygulanmamış dentin bloklarında sıvı filtrasyon ve glikoz penetrasyon yöntemiyle sızıntıyı inceledikleri çalışmada, her iki metotta da dentin gruplarında mikrosızıntı gözlenmemiştir. Bu çalışma, izlenen mikrosızıntının dentin permeabilitesine bağlı gerçekleşmediği; kök kanal boşluğu içerisinde pat ve dolgu materyali arasından gerçekleşen sızıntının tespit edildiğine ilişkin önemli bir veri sunmaktadır.

Tekniğin avantajları; hassas veri sunması, kliniği iyi taklit etmesi, örneklerin zarar görmemesi, uzun süreli izleme olanak tanınması ve kantitatif bir test metodu olmasıdır (Xu ve ark. 2005). Dezavantajı ise; uzun gözlem periyodu, glikoz tüketimini önlemek için aseptik bir ortam sağlama gerekliliği, su buharlaşmasıdır (Jafari F ve Jafari S 2017b).

2.5. Kök Kanal Dolgu Patları

Geleneksel kök kanal dolgusu, merkezi ana materyal (kor) ve kök kanal patları (sealer) olmak üzere iki bileşenden oluşur (Orstavik 2005). Kök kanal dolgu patları, karıştırıldıktan sonra kanal içerisinde sertleşen toz/likit ya da baz/katalizör sistemlerdir. Genellikle pürüzsüz ve krem formundadırlar.

Kök kanal tedavisinin uzun dönem başarısında önemli bir faktör olan mikrosızıntının önüne geçebilmek için kullanılacak olan kök kanal dolgu patının hem kor materyaline hem de dentin duvarlarına bağlanma kapasitesi oldukça önemlidir (Kim

ve ark. 2010). Kök kanal dolgu patlarının uygulama süresince sahip oldukları akıcılık özelliği sayesinde, kor materyalinin ulaşamadığı yan ve aksesuar kanalların, kanal içi düzensizliklerin fiziksel olarak tıkanması sağlanır. Rijit kor materyalinin kanal içerisine yerleştirilmesine de kolaylık sağlar. Akıcılığın yetersiz olması boşlukların doldurulamamasına sebep olabilirken, fazla akıcılık da patın periradiküler sahaya taşma riskini arttırmaktadır (Orstavik 2005). Kök kanal dolgu patına eklenen antibakteriyel bileşenler sayesinde uygulama sonrası sürdürülebilir bir antimikrobiyal etki de kök kanal dolgu patlarında aranan bir başka özelliktir (Leonardo ve ark. 2000).

Kök kanal patlarının farklı başlıklar altında toplanabilecek şu özellikleri barındırması beklenmektedir:

Teknik olarak;

1. Dentin tübüllerine penetre olarak kök kanal duvarlarına sağlam bir adaptasyon sağlamalıdır.
2. Katı dolgu materyallerinin birbiri ile (güta-perka) adeze olmasına imkan sağlamalıdır.
3. Sertleşme sonrasında boyutsal bir farklılığa uğramamalı, stabil kalmalıdır.
4. Nemden etkilenmemeli, doku sıvılarında rezorbe olmamalıdır.
5. Porozite içermemeli ve su absorbe etmemelidir.
6. Diş sert ve yumuşak dokularında renkleşme yapmamalıdır.

Biyolojik olarak;

1. Bakterisit veya bakteriyostatik olmalıdır.
2. Steril olmalıdır.
3. Alerjik reaksiyona neden olmamalıdır.
4. İçeriğinde yer alan cıva, çinko, baryum, bizmut gibi maddeler toksik sınır seviyesinin altında olmalıdır.
5. Mutajenik veya karsinojenik olmamalıdır.
6. Periapikal sahaya taşıdığı rezorbe olmalı; ancak kanal içerisinde rezorbe olmamalıdır.
7. Pulpa veya periodontal dokulara zarar vermemelidir.

Kullanım sırasında;

1. Klinisyene yeterli ve uygun çalışma zamanı tanınmalıdır.
2. Kanal içerisine uygulaması kolay olmalıdır. Gerekli durumlarda mekanik veya kimyasal olarak kanallardan uzaklaştırılabilmelidir.
3. Raf ömrü uzun olmalıdır.
4. Radyografide izlenebilmesi için radyopak olmalıdır.

Kanal Patlarının Sınıflandırılması

Günümüzde klinik pratikte kullanılmak üzere çeşitli ticari firmalarca piyasaya sürülmüş; içerikte farklılık gösteren pek çok kök kanal dolgu patı mevcuttur. Firmaların kök kanal patlarının içeriklerinde yapmış oldukları modifikasyonlar, gerek fiziko-kimyasal gerekse biyolojik olarak farklı sonuçların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Kök kanal dolgu patlarının özelliklerini bilmek, materyali tanımak, vakaya uygun pat seçimi yapabilmek klinik başarıya katkı sağlar.

Literatürde farklı araştırmacıların kök kanal dolgu patlarını fiziksel özellikler, sertleşme süreleri, esas maddeleri gibi farklı kriterleri göz önünde bulundurarak yaptıkları çeşitli sınıflandırmalar mevcuttur.

Endodontide kullanılan kök kanal dolgu patları kimyasal içeriklerine göre şu şekilde sınıflandırılabilir:

2.5.1. Çinko Oksit Öjenol İçerikli Patlar

Çinko oksit öjenol (ZOE) içerikli kök kanal patları klinik pratikte uzun yıllardır kullanılmaktadır. İlk olarak 1931 yılında Rickert ve Dixon tarafından geliştirilmiş olan bu grup patlar; 1936 yılında Grossman tarafından yeniden formüle edilerek günümüze kadar gelmiştir.

Çinko oksit öjenol (ZOE) içerikli patların hazırlanışı ve kanal içerisine uygulanması oldukça kolaydır. Uygulama sonrası uğradığı boyutsal değişiklik ise oldukça azdır. Antienflamatuar, analjezik ve düşük seviyeli ama uzun süreli antimikrobiyal etkinliğe sahiptir. Vücut sıvılarında çözünürlüğünün yüksek olması, serbest kalan öjenolün sitotoksik etkisi, dişte renkleşmelere sebep olması ve adeziv

özelliklerinin zayıf olması ise bu gruptaki kök kanal dolgu patlarının dezavantajlarındandır.

Bu gruptaki patlar esas itibari ile çinko oksit tozu ve karanfilden elde edilmiş esansiyel bir yağ olan öjenol likitinden oluşur. Çinko oksit partiküllerinin öjenol ile ıslanması sonucu sertleşme reaksiyonu başlar ve bu reaksiyon amorföz jel formunda çinko öjenolat oluşumu ile tamamlanır.

Karışımın sertleşmesi çinko öjenolat oluşumuna bağlıdır ve reaksiyona girmemiş öjenol, materyali zayıflatır. Sertleşme sonrası ortamda serbest bulunan öjenolün canlı dokular üzerindeki sitotoksik etkileri çeşitli çalışmalar ile ortaya konmuştur (Briseno ve Willershausen 1990). Bu dezavantajın ortadan kaldırılması adına yapılan bir modifikasyon ile öjenol içermeyen çinko oksitli patlar üretilmiştir.

Zaman içerisinde pata antibakteriyel etkinliğini arttırmak ve mumyalama etkisi için paraformaldehit, paramonoklorofenol, iyodoform, ortofenilfenol gibi maddeler; enflamasyonun baskılanması için kortikosteroid; adezyon için ise rezin türevleri, antiseptik etkinliği arttırmak için germisidler ilave edilmiştir (Hauman ve Love 2003). Ancak formaldehit; güçlü bir antimikrobiyal ve antienflamatuar etkiye sahip olmakla birlikte, çok yüksek toksisiteye sebep olmaktadır (Camps ve About 2003). Periradiküler sahaya taşması durumunda kalıcı parestezilere, canlı dokularda hipersensitivite reaksiyonlarına, osteomyelite yol açabilmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı günümüzde paraformaldehit içeren kök kanal patlarının kullanımı terk edilmiş ve meslek birliklerince yasaklanmıştır.

Wach patı, Richkert's patı, Grossman patı, Kerr PCS (SybronEndo, Orange, CA, ABD), Tubli-Seal (SybronEndo, Orange, CA, ABD), Proco-Sol (Star Dental, Lancaster, PA, ABD) ve Roth 501 ve 801 (Roth Int., Chicago, IL, ABD) patı çinko oksit öjenol esaslı kök kanal patlarıdır.

Nogenol (GC Amerika, Inc, Alsip, IL ABD) ve Canals-N (Showa Yakuhin, Tokyo, Japonya) öjenolsuz çinko oksit içeren patların başlıcalarındandır. Bu grup patlar öjenol yerine laurik asit, linoleik asit, izostearik asit gibi yağ asitleri ile formüle edilmişlerdir (Komabayashi ve ark. 2020).

Endomethasone (Septodont, Saint Maur des Fosses, Fransa), N2 (Indrag-Agsa, Losone, İsviçre), Traitement SPAD (Laboratoire Spad, Dijon, Fransa) ve Forfenan (Septodont, Saint Maur des Fosses, Fransa) yüksek miktarda paraformaldehit içeren ve bugün kullanımı terk edilmiş patlardır.

2.5.2. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Patlar

1920 yılında Herman tarafından endodonti dünyasına tanıtılan kalsiyum hidroksitin kök kanal patı olarak kullanılma fikri, materyalin kanal içi medikament ve kuafaj uygulamalarındaki başarılı klinik sonuçlarından yola çıkılarak geliştirilmiştir.

Sert doku oluşumunu indüklemesi, alkalen pH'sı ve beraberinde gelen antimikrobiyal etkinliği kalsiyum hidroksitin daimi kök kanal patı olarak kullanımı için ideal bir materyal olabileceği fikrini doğurmuştur (Desai ve Chandler 2009). Hazırlanmasının kolaylığı, periradiküler dokularda rezorbe olabilmesi, biyouyumluluğu, sitotoksitesinin düşük olması ve alerjik reaksiyonlara neden olmaması materyalin diğer artılarından (Bezerra-Silva ve ark. 1997). Ancak kalsiyum hidroksit içerikli patlar, arzulanan klinik başarıyı sağlayamamıştır. Kalsiyum hidroksitin beklenen terapötik etkinliği gösterebilmesi için vücut sıvıları ile teması sonrası çözünerek kalsiyum ve hidroksil iyon salınımı göstermesi gerekir; ancak başarılı bir kök kanal patından klinik olarak beklenen fiziksel stabilitesini koruması, kanal içi tüm boşlukları örtüleyerek sızıntıyı önlemesi ve doku sıvılarında çözünmemesidir.

Kalsiyum hidroksit içerikli kök kanal dolgu patlarına örnek olarak Sealapex (Sybron Endo/Kerr Co, Orange, CA, ABD), Biocalex (Dentply Sirona, Fransa), CRCS (Coltene/Whaledent In. Cuyahoga Falls, OH, ABD), Apexit/Apexit Plus (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ve Acroseal (Septodont, Saint Maur des Fosses, Fransa) verilebilir.

2.5.3. Cam İyonomer İçerikli Patlar

İlk olarak 1972 yılında Wilson ve Kent tarafından siman olarak kullanılmak üzere geliştirilen materyal; toz olarak alümina silikat cam, likit olarak ise poliakrilik asitten meydana gelmektedir (Wilson ve Kent 1972).

Yüksek biyouyumluluğu, mine ve dentine kimyasal olarak bağlanması, florid salma özelliği ve antibakteriyel oluşu göz önüne alındığında materyalin 1991 yılında kök kanal dolgu patı olarak da kullanılma fikri doğmuştur (Çalt-Tarhan ve Uzunoğlu 2010).

Materyalin sertleşme sırasında neme hassas yapısı, zaman içerisinde patta çözünmelere sebep olur (Carvalho JR ve ark 2003; Schafer ve Zandbiglari 2003). Yetersiz sızdırmazlık özelliği, çalışma süresinin kısa ve visköz yapısı sebebiyle uygulamasının zor olması, sertleşme süresinin uzunluğu cam iyonomer içerikli patların klinik pratikte kendine yer edinmemesine yol açmıştır. Bunların yanı sıra, cam iyonomer içerikli kök kanal patlarının günümüzde bilinen bir çözücüsünün bulunmaması, kök kanal tedavi tekrarlarında patın kanaldan tamamen uzaklaştırılmasını oldukça güçleştirmektedir (Friedman ve ark. 1992).

Başlıca cam iyonomer içerikli kök kanal patları Ketac-Endo (3M-ESPE, St. Paul, MN, ABD), Activ GP Patı (Brasseler, Savannah, GA, ABD), Chembond, ASPA, Fuji iyonomer ve Endion (VOCO, Cuxhaven, Almanya)'dur.

2.5.4. Polimer İçerikli Kök Kanal Patları

Polimerler, sayıca 10.000 veya üzeri atomun bir araya gelmesiyle oluşan birbirinden farklı uygulama alanı ve özelliği bulunan sentetik makro moleküllerdir. Polimer içerikli kök kanal patları 4 farklı alt başlıkta incelenmektedir (Çalt-Tarhan ve Uzunoğlu 2010):

2.5.4.1. Epoksi Rezin Esaslı Patlar

Epoksi rezin esaslı kök kanal patlarının ilk örneği AH26, 1954 yılında Schroeder tarafından tanıtılmış ve kısa sürede piyasada oldukça yaygın bir kullanıma erişmiştir.

Polimerize olurken ortamdaki nemden etkilenmeyişi, akıcılığının ve çalışma süresinin iyi olması, zaman içerisinde boyutsal olarak stabilitesini koruması, dentin duvarlarına başarılı bir şekilde adapte olması ve yeterli radyoopasite göstermesi patın avantajlarından (Miletic ve ark. 2002).

AH26, bir katalizör ve dezenfeksiyon ajanı olarak hekzametilentetraamin (metamin) içerir. Oldukça hidrofilik bir materyal olan metaminin polimerizasyon sürecinde hidrolizasyonu sonucu formaldehit açığa çıkar (Hauman ve Love 2003). Formaldehit oluşumunun sitotoksositeye neden olması ve içerikteki gümüş iyonlarının dişte aşırı renkleşmeye yol açması sebebiyle materyalin formülasyonunda

iyileştirilmeye gidilmiş ve iki bileşenli bir sistem olarak AH Plus geliştirilmiştir (Orstavik 2005). AH 26 kök kanal patının mevcut olumlu özellikleri muhafaza edilerek, radyoopasitesi arttırılmış, çözünürlük miktarı azaltılmış, sertleşme süresi kısaltılmış, boyutsal stabilitesi iyileştirilmiş, daha ince film kalınlığı ve daha iyi bir akıcılık elde edilmiştir (Athanassiadis ve ark. 2014).

AH26 ve AH Plus, ThermaSeal Plus (Dentsply International/Maillefer, Tulsa, OK, ABD), Sealer 26 (Dentsply, Petropolis, RJ, Brezilya), 2Seal (VDW GmbH, Munchen, Almanya), Topseal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), Adseal (Meta Biomed, Chungcheongbuk-do, Kore), Acroseal (Septodont, Saint-Maur-des-Fossés, Fransa), MM Seal (Micro-Mega, Besançon, Fransa) Smartpaste, EZ-Fill piyasada bulunan epoksi rezin içerikli kök kanal patlarıdır.

2.5.4.2. Metakrilat Rezin Esaslı Patlar

Metakrilat rezin esaslı kök kanal patları, priming ve asitlendirme yapılarak kök kanallarında örtücülüğü amaçlayan sistemlerdir (Kim ve ark. 2010). Dentin tübüllerine mikromekanik kilitlenme ile üstün bir örtücülüğü hedefleyen bu sistemler 4 nesil olarak piyasaya sürülmüştür:

- *Birinci Nesil Metakrilat Resinler:* 1970'lerde hidrofilik yapısı sayesinde, neme maruz kaldığında suyu emerek şişen ve neticesinde poröz bir yapı oluşturan Hydron (Hydron Technologies, Inc., Pompano Beach, Florida, ABD) bu neslin piyasadaki temsilcisi olmuştur. Enjekte edilebilir formdaki materyalin kullanımı oldukça kolaydır. Ancak oluşan boşluklu yapının uzun dönem sızdırmalara sebep olması, kısa çalışma süresi, düşük radyoopasitesi ve periradiküler dokularda şiddetli enflamatuvar reaksiyona sebep olması, kök kanallarından uzaklaştırmada yaşanan güçlükler, su absorpsiyonu neticesinde boyutsal olarak şişmesi sebebiyle bu patın kullanımı terk edilmiştir (Kim ve ark. 2010).
- *İkinci Nesil Metakrilat Resinler:* Asitlendirme ve ek adeziv müdahalelere ihtiyaç duyulmayan bu grup; dual-cured yapısı sayesinde hem ışık kaynağı ile hem de kimyasal olarak sertleşir. Kök kanallarının son yıkamasında sodyum hipoklorit

ve etilediamintetraasetik asit kullanılarak smear tabakasının uzaklaştırılmasının ardından kök kanalına uygulanır (Kim ve ark. 2010).

EndoRez (Ultradent, South Jordan, UT, ABD) bu neslin piyasadaki ilk örneğidir. Üretici firma tarafından, patın hem geleneksel güta-perka ile hem de rezinle kaplanmış EndoRez konları ile birlikte uygulanabileceği bildirilmiştir. Ancak çalışmalar geleneksel güta-perka kullanımının, dentine daha düşük bağlanmaya neden olduğunu bildirmektedir (Jainaen ve ark. 2007).

- *Üçüncü Nesil Metakrilat Resinler:* Resilion/Epiphany (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, ABD) , FibreFill (Pentron, Wallingford, CT, ABD), RealSeal, Resinate, Simplifill piyasaya farklı firmalarca sürülmüş üçüncü nesil metakrilat resin esaslı kök kanal patlarından.

Bu nesildeki kök kanal patlarının genel özelliği formülasyona eklenen self-etch primer sayesinde ilave bir pürüzlendirme işlemine gerek duyulmamasıdır. Asidik primer sayesinde dentinin üst katmanının demineralizasyonu gerçekleşir ve smear tabakası korunarak hibrit bir yapı oluşur. Hem ışık kaynağı hem de kimyasal olarak sertleşen bir pat tipidir.

Neslin önemli örneklerinden olan Epiphany/RealSeal'in kor materyali olarak Resilion ile kombine kullanılması halinde dentin tübüleri ve kor materyali arasında kuvvetli bir kovalent bağ ile “monoblok” bir yapının oluşturulması ve homojen bu mekanik yapının kök kırıklarına karşı dişi güçlendireceği düşünülmüştür. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde; bu konuda fikir birliği bulunmadığı gözlenmektedir. Klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer alsa da; Epiphany kök kanal patının çinko oksit öjenol ve epoksi-rezin esaslı kök kanal patlarına kıyasla daha sitotoksik bulunduğunu ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Shanahan ve Duncan 2011; Kim ve ark. 2010).

- *Dördüncü Nesil Metakrilat Resinler:* Asit, primer ve rezin esaslı kök kanal patını tek bir formülde buluşturan dördüncü nesil patlar; uygulama süresini

kısaltmayı ve teknik hassasiyeti azaltarak uygulama hatalarını en aza indirmeyi hedeflemektedir.

MetaSeal (Parkell, Inc, Edgewood,NY, ABD), Epiphany SE (Pentron Clinical Technologies,Wallingford,CT,ABD), Resinol SE, Resinate SE piyasada bulunan dördüncü nesil metakrilat rezin esaslı kök kanal patlarına örneklerdir.

2.5.4.3. Poliketon (Polivinil) Polimer Esaslı Patlar

Bu grup patların piyasadaki en önemli temsilcilerinden Diaket-A (3M/ESPE Dental Products, St. Paul, MN, ABD) çinko oksit ve bizmut fosfat ile karıştırılmış vinil polimerlerinden oluşan adeziv özellikleri oldukça kuvvetli bir kök kanal patıdır (Hauman ve Love 2003).

Hidrofilik yapısı sayesinde nemden etkilenmez, sertleşme esnasında boyutsal stabilitesini korur, biyouyumludur (Çalt-Tarhan ve Uzunoğlu 2010).

Patın sertleşme süresi yaklaşık 6 dakikadır ve bu kısa süre klinik kullanımda yeterli olmamaktadır. Ancak retrograd kök kanal dolgusu olarak kullanımı sırasında bu süre avantaj yaratmaktadır. Yapışkan kıvamı klinik uygulama güçlüğü yaratmaktadır.

2.5.4.4. Silikon Esaslı Patlar

1972 yılında Davis ve ark. tarafından kök kanal dolumunda kullanılmak üzere enjekte edilebilir formda silikon içerikli patlar geliştirilmiştir (Komabayashi ve ark. 2020).

Lee EndoFill (Lee Pharmaceuticals, El Monte,CA, ABD), RoekoSeal (Roeko, Langenau, Almanya), GuttaFlow (Roeko, Langenau, Almanya) piyasada bulunan silikon esaslı kök kanal patlarına örnektir.

RoekoSeal içeriğinde polimetilsiloksan, silikon yağı, zirkonyum dioksit, parafin bazlı yağ ve katalizör olarak platin bulunmaktadır. Polimerizasyon sırasında boyutsal stabilitesini muhafaza eder (Orstavik 2005).

Gutta-Flow; enjekte edilebilir formuyla pat ve gütta-perkayı aynı üründe birleştiren, bir kanül yardımıyla kök kanallarına uygulanan, soğuk akışkan bir kök kanal

dolgu sistemidir (Elayouti ve ark. 2005). İçeriğinde polidimetilsiloksan, silikon yağı, parafin yağı, platinyum katalizatörü, zirkonyum dioksit, gümüş nano partikülleri ve gütaperka tozları bulunur. Biyouyumludur, iyi sızdırmazlık özelliğı göstermektedir (Elayouti ve ark. 2005; De-Deus ve ark. 2007).

2.5.5. Seramik İçerikli Kök Kanal Patları

Biyoseramikler; modern sağık uygulamalarında kullanıma uygun, doku dostu, toksik özellik göstermeyen, uygulandıkları bölgede boyutsal ve kimyasal olarak stabilizasyon gösteren materyallerdir. Biyoseramik teknolojisinde meydana gelen gelişmeler; bu materyallerin tıp ve diş hekimliğı alanında da kullanımı fikrini doğurmuştur (Wang 2015).

Tıp ve diş hekimliğı alanında kullanılan biyoseramik materyaller genel olarak içeriğinde; alüminyum oksit (alumina), zirkonyum oksit (zirkonya), biyoaktif cam, hidroksiapatit, cam seramikler, kalsiyum fosfat barındırır (Hench 1991).

Biyoseramik esaslı materyalleri çevre dokularla olan etkileşimi üzerinden biyoinert ve biyoaktif olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Cam seramik, kalsiyum silikat ve kalsiyum fosfat gibi *biyoaktif* materyaller, uygulandıkları sahalarda durağan çevre dokusunun büyümesini tetiklerken; zirkonya ve alumina gibi *biyoinert* materyaller çevre dokularda fiziksel ya da biyolojik bir yanıt oluşturmazlar (Al-Haddad ve Ab Aziz 2016; Best ve ark. 2008). Biyoaktif materyaller; uygulandıkları sahada rezorbe olanlar ve olmayanlar şeklinde iki alt gruba ayrılırlar.

Biyoseramik esaslı materyallerin endodonti dünyası ile tanışması 1990’larda Torabinejad ve White tarafından deneysel bir materyal olarak geliştirilen “MT aggregate (MTA)” ile gerçekleşmiştir. MTA, esas itibari ile Portland sement ve radyopaklaştırıcı bizmut oksitin karıştırılması ile elde edilmiştir. Portland sement, yapı endüstrisinde kullanılan hidrolik bir materyaldir. Kütlece en az üçte iki oranında kalsiyum silikatlardan ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ve $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) oluşur; geri kalanında ise alüminyum ve demir gibi eser elementler barındırır. Pek çok dental prosedürün nemli ortamda gerçekleştirildiğı göz önüne alınarak portland sementin endodontik materyal olarak kullanımı fikri doğmuştur.

Portland sementin tarihte ilk dental kullanımına ilişkin bilgiler 1878 yılında Dr. Witte tarafından kaleme alınmış vaka raporlarında karşımıza çıkar. Portland sementi su, karbolik asit, kreozot ile karıştıran Dr. Witte bu karışımı altın dolguların altına yerleştirmiştir.

Birinci jenerasyon materyaller, bu Portland sement ile bizmut oksitin basit karışımından ibarettir. Ancak materyal içeriğinde özellikle maliyeti azaltmak adına kullanılan arsenik, kurşun, krom gibi eser elementler ve alüminyumun varlığı, bizmut oksitin stabilizasyon problemleri, malzemenin manipülasyonu ve yerleştirilmesinde yaşanan sıkıntılar gibi birtakım problemler ile karşılaşmıştır. Alüminyum iyon salınımı, osteoblastlar için toksiktir. Kemik mineralizasyonunu inhibe ederler. Renal distrofiyi, demans, alzheimeri indüklemekte; alyuvarlar, paratiroid bezi ve kromozomlar üzerinde toksik etki göstermektedirler (Jafari F ve Jafari S 2017a).

Bu klinik endişeler neticesinde bu eser elementlerden ve alüminyumdan arındırılmış trikalsiyum silikatı esas alan ikinci nesil materyaller geliştirilmiştir. Bizmut oksit yerine de farklı radyopaklaştırıcı ilaveler denenmiştir (örneğin zirkonyum oksit). Yapılan modifikasyonlarla materyalin uygulaması daha kolay, daha klinik-dostu bir formata sokulması amaçlanmıştır.

MTA; bu grubun ilk örneği olması sebebiyle hidrolik trikalsiyum silikat içerikli tüm kanal patları için bir jenerik isim haline gelmiştir. İkinci nesil materyaller ile birlikte de terminolojiye “biyoseramik” ifadesi girmiştir. Biyoseramik ifadesi ile amaçlanan; materyalin saflığı, inert davranışı ve biyouyumluluğuna vurgu yapmaktır. Seramikler esas olarak ısıya dayanıklı, non-metalik inorganik komponentlerdir. Korozyona karşı dirençli, kırılğan, düşük yoğunluklu ve sert yapıları ile bilinirler. Biyoseramikler de canlı vücudunda kullanıma uygun, biyouyumlu, hasar görmüş sert dokuların fonksiyonel restorasyonunda kullanılan, seramiklerin bir alt grubunu temsil eder (Washio ve ark. 2019). Çok geniş bir tanım ve kullanım aralığı mevcuttur.

Bazı kaynaklarda “biyoseramik” ifadesinin bilimsel açıdan tam olarak karşılığının bulunmadığı; biyoseramik ve biyosilikat gibi spesifik olmayan terminolojinin kullanılmasının tri/di kalsiyum silikat esaslı materyallerin isimlendirilmesinde kafa karışıklığı yarattığı ifade edilir. Bu hususta henüz standart kabul edilen bir isimlendirme ve sınıflandırma mevcut değildir (Ha ve ark. 2017)

Biyoseramik esaslı materyaller endodonti pratiğinde sert ve pulpal doku rejenerasyonunda kuafaj materyali, apikal cerrahi işlemlerinde retrograd dolgu maddesi,

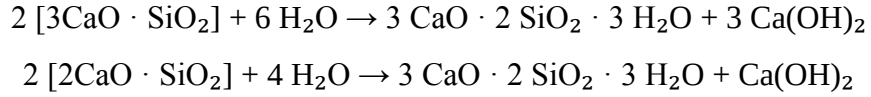
apeksifikasyon işlemlerinde apikal bariyer materyali, perforasyon vakalarında tamir materyali ve kök kanal dolgusunda kanal patı olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir (Zafar ve ark. 2020).

Biyoseramik esaslı materyallerin kök kanal patı olarak klinik pratiğe girmesinin iki büyük avantajından bahsetmek mümkündür. İlki; biyouyumlulukları sayesinde çevre dokularca reddinin önlenmesidir. İkincisi ise, içerisindeki kalsiyum fosfat sayesinde biyomimetik remineralizasyon sonucu diş ve kemik yapısında bulunan apatit materyaline benzer kimyasal kompozisyon ve kristalin bir yapı oluşturması ve kök kanal patı ile kök dentin bağlanımını arttırmasıdır (Al Haddad ve Ab Aziz 2016; Prati ve Gandolfi 2015). Biyoaktivite genellikle pat içerisindeki kalsiyum fosfata atfedilir. Oluşan sert dokunun ana inorganik komponentini kalsiyum fosfat oluşturur (Al Haddad ve Ab Aziz 2016).

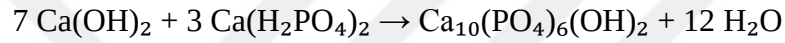
Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının endodonti pratiğine girişi yaklaşık olarak 30 yıl öncesine dayanır. Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının kök kanal dolgu tekniğinde yarattığı değişim ve sağladığı avantajları şu şekilde sıralamak mümkündür:

1. Biyoseramik kök kanal patları hidrofilik yapıları gereği kök kanal boşluğunun ve dentin tübüllerinin doğal neminden, kan kontaminasyonundan etkilenmezler (Prati ve Gandolfi 2015; Trope ve ark. 2015).
2. Hidratasyon reaksiyonu sırasında pH 12 üzerindedir ve bu yüksek alkalinite antimikrobiyal etkinliğe katkı sağlar. (Trope ve ark. 2015; Raghavendra ve ark. 2017).
3. Uygulama sonrası büzülme göstermez vücut sıvılarında çözünmezler. Çalışmalar bu grup patların çok yavaş ve az da olsa genleşme (yaklaşık % 0,2 - 6) gösterdiğini ortaya koymaktadır (Prati ve Gandolfi 2015).
4. Özellikle nano partikül kaplı güta-perka kullanımında kor materyaline üstün bir adezyon göstererek boşluksuz bir yapı oluştururlar (Trope ve ark. 2015).

Bu grup kök kanal patları su ya da su içeren likitlerle karıştırıldıklarında hidrasyon reaksiyonu gerçekleşir: kalsiyum silikat hidrat jel (CSH) ve kalsiyum hidroksit oluşur. Gerçekleşen hidrasyon reaksiyonu:



Ardından kalsiyum hidroksit, fosfat iyonları ile reaksiyona girerek çökelir ve neticesinde hidroksiapatit ve su oluşur. Hidrasyon reaksiyonunun ardından presipitasyon reaksiyonu gerçekleşir:



Oluşan su, kalsiyum silikat ile reaksiyona devam eder ve jel-benzeri kalsiyum silikat hidrat oluşum zinciri devam eder. Ortamdaki su mevcudiyeti; hidrasyon reaksiyonunun kontrolünde ve sertleşme süresinde kilit rol oynar (Koch ve ark. 2012). Poröz yapıdaki CSH jel, 1-6 saat içerisinde katı ve sağlam bir ağ oluşumu ile sertleşmeye başlar. Bu hidrasyon ve sertleşme reaksiyonunun tamamlanması günler sürer (Prati ve Gandolfi 2015).

Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının kök dentinine bağlanma mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte şu mekanizmanın geçerli olduğu fikri hakimdir:

1. Pat partiküllerinin dentin tübüllerine difüzyonu ve mekanik bir kenetlenme oluşması
2. Patın mineral içeriğinin intertübüler dentine infiltrasyonunun ardından, patın kuvvetli alkalitesi sebebiyle kollajen fibrillerin denatüre olması ve mineral infiltrasyon zon oluşumu
3. Kalsiyum silikatın dentin nemi ile reaksiyonu sonucunda oluşan kalsiyum silikat hidrojel ve kalsiyum hidroksit ile fosfatların parsiyel reaksiyonu sonucu mineral infiltrasyon zonun içerisinde hidroksiapatit kristallerinin oluşması (Al Haddad ve Ab Aziz 2016).

Bugün piyasada pek çok hidrolik biyoseramik materyal mevcuttur. Ana bileşen genellikle tri/di kalsiyum silikat seramik tozudur; ancak içeriklerde sıklıkla karşımıza trikalsiyum aluminat, kalsiyum sülfat, kalsiyum karbonat, kalsiyum fosfat ve çeşitli radyopaklaştırıcı malzemeler de çıkmaktadır. Kullanılan likit ise su, su bazlı ya da organik likitler olabilmektedir. Çalışma süresi ise 3 dakika ile 3 saat gibi geniş bir aralığa sahiptir. Bu yeni nesil materyalin isimlendirilmesinde ve sınıflandırılmasında henüz bir standardizasyon mevcut değildir.

Jafari F ve Jafari S (2017a); biyoseramik esaslı kök kanal patlarını iki ana gruba ayırmıştır:

1. Kalsiyum Silikat Esaslı Kök Kanal Patları
 - 1.1. Mineral Trioxide Aggregate (MTA) esaslı olanlar
 - 1.2. Mineral Trioxide Aggregate (MTA) esaslı olmayanlar
2. Kalsiyum Fosfat Esaslı Kök Kanal Patları

Al-Haddad ve Ab Aziz (2016) yılındaki derlemelerinde biyoseramik esaslı kök kanal patlarını ana bileşenlerini esas alarak 3 ana başlık altında değerlendirmişlerdir:

1. Kalsiyum Silikat esaslı patlar
2. MTA esaslı patlar
3. Kalsiyum Fosfat esaslı patlar

Donnermeyer ve ark. (2019); kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları üzerine olan sistematik derlemelerinde “biyoseramik” ifadesinin; bu grup patları diğer biyoaktif materyallerden ayırtmadığını ifade eder. Kalsiyum silikatların bir temel biyolojik özelliği; hidrasyon reaksiyonu sırasında yan ürün olarak kalsiyum hidroksit oluşumudur. Kalsiyum silikatlar ayrıca bu özellikleri sebebiyle literatürde ‘hidrolik sealerlar’ olarak da isimlendirilirler; ancak bu ifade de bu grubu tam olarak sınırlamaktan uzaktır.

Donnermeyer ve ark. (2019); piyasadaki tüm ticari ürünlerin içeriksel olarak farklılık göstermesi ve geliştirilmeye açık olmaları sebebiyle aralarındaki en büyük ayrıştırıcı özelliğin sertleşme süresince ihtiyaç duydukları su kaynağı olduğunu ifade eder. Bu perspektifte bu kök kanal patlarını su kaynağına göre iki grup altında inceler:

1. Tek bileşenli; Pre-mixed kalsiyum silikatlar: bir dış su takviyesine ihtiyaç vardır.
2. İki bileşenli kalsiyum silikatlar; internal su desteği mevcuttur.

Raghavendra ve ark.(2017); biyoseramik esaslı kök kanal patlarını şu şekilde sınıflandırmışlardır:

1. Kalsiyum Silikat esaslı patlar: Endo CPM Sealer (EGO SRL, Buenos Aires, Arjantin), MTA Fillapex (Angelus, Brezilya), BioRoot RCS (Septodont, Fransa), TechBiosealer (Profident, Kielce, Polonya)
2. Kalsiyum Fosfat / Trikalsiyumfosfat / hidroksiapatit esaslı patlar
3. Kalsiyum silikat ve kalsiyum fosfat karışımı: iRoot BP, iRoot BP Plus,iRoot FS (Innovative Bioceramix Inc., Vancouver, Kanada), EndoSequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, GA, USA)/ Total Fill, Bioaggregate (Innovative Bioceramix Inc., Vancouver, Kanada), Tech Biosealer, Ceramicrete (developed at Argonne National Lab, Illinois, USA)

Konvansiyonel biyoseramik esaslı kök kanal patları bazı klinik dezavantajlara sahiptir: ilk karıştırıldıklarında gösterdikleri yüksek sitotoksiste, uygulamadaki güçlükler, uzun sertleşme süresi, sertleşme sırasında suya ihtiyaç duyulması, sertleşme sırasında çok yüksek pH değerlerine ulaşılması.

Kalsiyum silikatın farklı matrikslere gömüldüğü ve böylece farklı materyal gruplarının avantajlarından faydalanmayı önceleyen yeni nesil hibrit kök kanal patları da piyasada yerini almaya başlamıştır. Matriks olarak silikon kullanılan GuttaFlow BioSeal (Coltène Whaledent, Langenau, Almanya); matriks olarak kalsiyum silisilat kullanılan MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brezilya) bu hibrit patlara örnek olarak gösterilebilir. Bu yeni nesil patlar için kabul gören bir sınıflandırma henüz mevcut değildir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereçler

Araştırmada;

- 70 adet çekilmiş insan sürekli alt küçük azı dişi
- Aeratör (*Kavo Dental GmbH&Co., Biberach, Almanya*)
- Mikromotor (*Kavo Dental GmbH&Co., Biberach, Almanya*)
- Anguldruva (*Kavo Dental GmbH&Co., Biberach, Almanya*)
- Frez (*Mani Inc., Tochigi, Japonya*)
- X-Smart Plus Endomotor (*Dentsply-Maillefer, Ballaigues, İsviçre*)
- %5,25 sodyum hipoklorit (NaOCl) (*Rehber Kimya, İstanbul, Türkiye*)
- %17 etilendiamintetraasetik asit (EDTA) (*Rehber Kimya, İstanbul, Türkiye*)
- Distile Su
- ISO #10-15-20-25-30-35-40-50 K-tipi eğe (*Mani Inc., Tochigi, Japonya*)
- Reciproc Döner Eğe R25, R40, R50 (*VDW GmbH, Münih, Almanya*)
- Spreader ISO 25-30 no (*Dimsan Dental, İstanbul, Türkiye*)
- ISO #15-40 .02 taperlı güta-perka (*Diadent Group Int. Inc., Vancouver, Kanada*)
- AH Plus Sealer (*Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya*)
- GuttaFlow Bioseal (*Coltene Whaledent, Langenau, Almanya*)
- MD-TempPlus Geçici Dolgu (*Metabiomed, Chungcheongbuk-do, Kore*)
- Endoactivator (*Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya*)
- Endoactivator ucu (Mavi 35/04) (*Dentsply, DeTrey Konstanz, Almanya*)
- Ultrasonik irrigasyon cihazı VDW Ultra (*VDW, Münih, Almanya*)
- Steril şırınga (*Hayat Tıbbi Aletler, İstanbul, Türkiye*)
- 30-gauge yandan perfore iğne (*Gnc Endo, İstanbul, Türkiye*)
- 0,5 ml Eppendorf Tüpü (*Isolab Laborgeraete GmbH, Eschau, Almanya*)
- Siyanoakrilat yapıştırıcı (*Pattex, Henkel, Dusseldorf, Almanya*)
- Glikoz tozu (*Tekkim Kimya, Bursa, Türkiye*)
- Sodyumazid tozu (NaN_3) (*Tekkim Kimya, Bursa, Türkiye*)
- Glikoz ölçüm kiti (*Glucose Kit, Biolabo, Fransa*)
- Synergy H1 Hybrid Reader (*BioTek, Vermont, ABD*)
- Etüv (*Heraeus, W.C. Heraeus GmbH, Hanau, Almanya*) kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu in-vitro çalışma İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Örneklerin deney düzeneklerinin hazırlanması ve mikrosızıntı incelemesi İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Temel Bilimler Biyokimya Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Çalışmamızın amacı; kök kanal tedavisi tekrarlarında farklı son yıkama aktivasyonu uygulanan dişlerin; reçine esaslı AH Plus ve yeni nesil biyoaktif hibrit bir kök kanal patı olan GuttaFlow Bioseal kullanılarak tek kon tekniği ile dolumunun ardından glikoz penetrasyon testi ile mikrosızıntısını karşılaştırmaktır.

İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan kabul raporu (05/02/2020 tarihli, 92 sayılı toplantı ve 451 sayılı karar) alındıktan sonra laboratuvar çalışmasına geçilmiştir.

Çalışmada 70 adet insan sürekli alt çene küçük azı dişi kullanılmıştır. Tüm dişlere standardize edilmiş birincil kök kanal tedavisi uygulanmıştır. Örnek dişler 2 haftanın ardından kök kanal tedavi tekrarı (retreatment) kapsamında farklı aktivasyon protokollerine tabii tutularak; iki farklı kök kanal patının kullanıldığı alt gruplara ayrılmıştır. Glikoz penetrasyon testi ile bu alt grupların mikrosızıntı değerleri analiz edilmiştir.

3.2.1. Örneklerin Seçimi

Çalışmamızda bukkal-lingual ve mesio-distal yönlerden alınan radyografilerle tek kanallı olduğu belirlenen 70 adet insan sürekli alt çene küçük azı dişi kullanıldı. Çalışmaya dahil edilebilme kriterleri şu şekildedir:

- Makroskopik incelemede herhangi bir defekt barındırmamak, intakt yapı
- Kök oluşumunu tamamlamış olmak
- Kök çürüğü, kırığı, çatlağı bulundurmamak
- Radyografik incelemede tek kanallı olmak; kök kanallarında kalsifikasyon ya da rezorpsiyon bulundurmamak
- Kök kanal tedavisi yapılmamış olmak

Diş seçimi yapılırken dişlerin çalışma uzunluğunun 19-21 mm aralığında olmasına ve anatomik olarak benzer form ve genişliklerde olmasına özen gösterildi (Şekil 3-1).

Dişler, çekimi takiben distile su içerisinde saklandı. Doku artıklarının uzaklaştırılması amacıyla %5,25'lik NaOCl solüsyonu içerisinde 1 saat süreyle bekletildikten sonra, akan su altında yıkandı ve periodontal küret yardımıyla kalan doku artıkları ve diş taşları temizlendi. Distile su, çalışmanın yapılacağı tarihe kadar her hafta değiştirilip, yenilendi.



Şekil 3-1: Tez çalışmasında kullanılmak üzere ayrılmış mandibular premolar dişler (radyografi öncesi)

3.2.2. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmaya dahil edilen dişlerin çalışma uzunluğunun 19-21 mm aralığında olması göz önünde bulunduruldu. Konservatif bir giriş kavitesi açıldıktan sonra 10 no K-tipi eğe kanal boyunca apeksten görünene kadar ilerletilerek kanalların tıkalı olup olmadığı kontrol edildi. Kanal eğesinin ucunun anatomik foramen apikaleden görüldüğü noktadan 0,5 mm kısa olacak şekilde çalışma uzunluğu hesaplandı. Dişlerin çalışma boylarına 15 ve 20 no K-tipi el eğesi ile gidilerek kanalda rehber yol oluşturuldu.

Kök kanalları Reciproc NiTi resiprokasyon sistem enstrümanı R40 ile şekillendirildi. Enstrüman, X-Smart Plus cihazı ile motorun hafızasında kayıtlı, önceden ayarlanmış ve değiştirilemeyen hız, tork ve resiprokasyon açısı değerlerine sahip ‘RECIPROC’ programında kullanıldı. ‘Doğru Reciproc® Enstrümanın Seçimi Prensipleri’ göz önünde bulundurularak ISO #20 K-tipi el eğelerinin çalışma boyuna pasif bir şekilde ulaştığı dişler çalışmaya dahil edildi.

Enstrüman, giriş kavitesinde sodyum hipoklorit solüsyonu bulunacak şekilde kanal dışına tamamen çekilmeden, hafif bir apikal basınç ile 3-4 mm’yi aşmayan yavaş ileri-geri ‘Gagalama Hareketi’ (Pecking Motion) ile kök kanalında ilerletildi.

Her üç ileri-geri hareketten sonra, kanal içerisinde dirençle karşılaşıldığında ya da daha fazla apikal basınç gerekli olduğunda enstrüman kanaldan çıkarıldı ve 30-gauge’lık yandan perfore iğne yardımıyla 2 ml %5,25’lik sodyum hipoklorit kullanılarak yıkama yapıldı. ISO 10 no K-tipi eğe ile çalışma boyunca kök kanallarında ilerlendi. Şekillendirmeye R40 enstrüman ile çalışma boyuna ulaşılan dek crown-down tekniğinde devam edildi. ISO 40 no K-tipi eğe ile ‘MAF’ (Master Apical File) belirlendi.

Kök kanal şekillendirmeleri tamamlandıktan sonra smear tabakasının inorganik ve organik bileşenlerinin uzaklaştırılması için kanallar sırasıyla 2 ml %17’lik EDTA solüsyonu, 2 ml %5,25’lik sodyum hipoklorit ve son olarak 2 ml distile su ile yıkandı. Kök kanalları 40 numara paper pointler ile kurutularak dolum işlemine hazır hale getirildi.

Tüm kanallar 40 no .02 taper açılı güta-perka ile çalışma boylarında ve tug-back alınarak soğuk lateral kondensasyon tekniği ile dolduruldu. Master kon, kanal patı olarak AH Plus'a bulanarak kök kanalına yerleştirildi (Şekil 3-2). Çalışma uzunluğunun 1-2 mm gerisine kadar gidebilen bir el spreader'ı (ISO #25) seçildi. Spreader yardımıyla oluşan boşluğa pata bulanana yardımcı konlar yerleştirilerek kondensasyon işlemine devam edildi. Spreader, kanalda 2-3 mm'den daha fazla ilerleyemediği noktada kök kanal dolgusuna son verildi (Şekil 3-3).

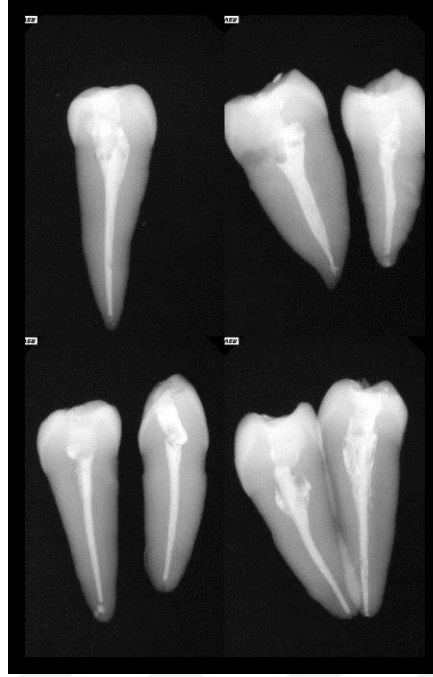


Şekil 3-2: ISO #20-40-50 güta-perka



Şekil 3-3: AH Plus kök kanal patı

Kök kanal dolgusunun kalitesi radyografik olarak kontrol edildikten sonra ısıtılmış bir el aleti yardımı ile mine sement sınırından kesilen güta-perkaların üzeri ve giriş kavitesi geçici dolgu maddesi ile kapatıldı (Şekil 3-4).



Şekil 3-4: Birincil kök kanal tedavisi sonrası alınmış radyografi örnekleri

Kök kanal patının sertleşme mekanizmasının tamamlanması için örnekler
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Temel Bilimler Biyokimya
Laboratuvarı'nda 37 °C etüvde 14 gün bekletildi.

3.2.3. Deney Gruplarının Oluşturulması

Kök kanal şekillendirmesi ve dolgusu tamamlanan 70 dişin kök kanal tedavi tekrarında kök kanallarındaki dolgu materyalinin uzaklaştırılması Reciproc NiTi resiprokasyon sistem enstrümanı R40 ile birincil tedavideki üretici firma önerileri göz önünde bulundurularak gerçekleştirildi. Maksimum 3-4 kez yapılan ileri-geri hareketin ardından kök kanalları 30 gauge'lık yandan perfore iğne ile 2 ml %5,25 sodyum hipoklorit solüsyonu ile yıkandı. Çalışma boyunca ulaşılan kadar prosedüre devam edildi ve aynı çalışma konseptinde R50 ile yeni MAF 50 olacak şekilde kök kanal şekillendirilmesi tamamlandı (Şekil 3-5).



Şekil 3-5: Reciproc R40 ve R50 döner eğeler

Örnekler kök kanallarının kemomekanik preparasyonunun ardından her grupta 20 diş olacak şekilde son yıkama prosedürü için rastlantısal olarak 3 gruba ayrıldı:

Grup 1 (n=20) : Son yıkama prosedürü olarak manuel 30 gauge'lık yandan perforasyon iğne ile kanal içerisinde ileri geri hareketler yapılarak 1 dakika 5 ml EDTA solüsyonu; daha sonra 5 ml %5.25'lik sodyum hipoklorit ve en son 5 ml distile su kullanılarak kök kanalı ISO no 50 paper point ile kurutuldu.



Şekil 3-6: Yandan perforasyon iğne

Grup 2 (n=20) : Son yıkama prosedürü olarak Endoactivator mavi renk kodlu polimer ucu çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde kanal içine yerleştirildi ve 5 ml %17'lik EDTA ile birlikte 1 dakika boyunca ileri-geri hareketler ile uygulandı. Daha sonra 5 ml %5,25'lik sodyum hipoklorit ve en son 5 ml distile su ile yıkanıp ISO no 50 paper point ile kurutuldu (Şekil 3-7).



Şekil 3-7: Endoactivator polimer uç

Grup 3 (n=20) : Son yıkama prosedürü olarak kanal içine EDTA solüsyonu yerleştirildi ve VDW Ultra ultrasonik irrigasyon cihazı, üretici firmanın talimatları doğrultusunda 1 dakika boyunca 'ENDO' modunda kanal içine uygulandı. Ardından 5 ml %5,25 sodyum hipoklorit ve en son distile su ile yıkanan kanallar ISO no 50 paper point ile kurutuldu (Şekil 3-8).



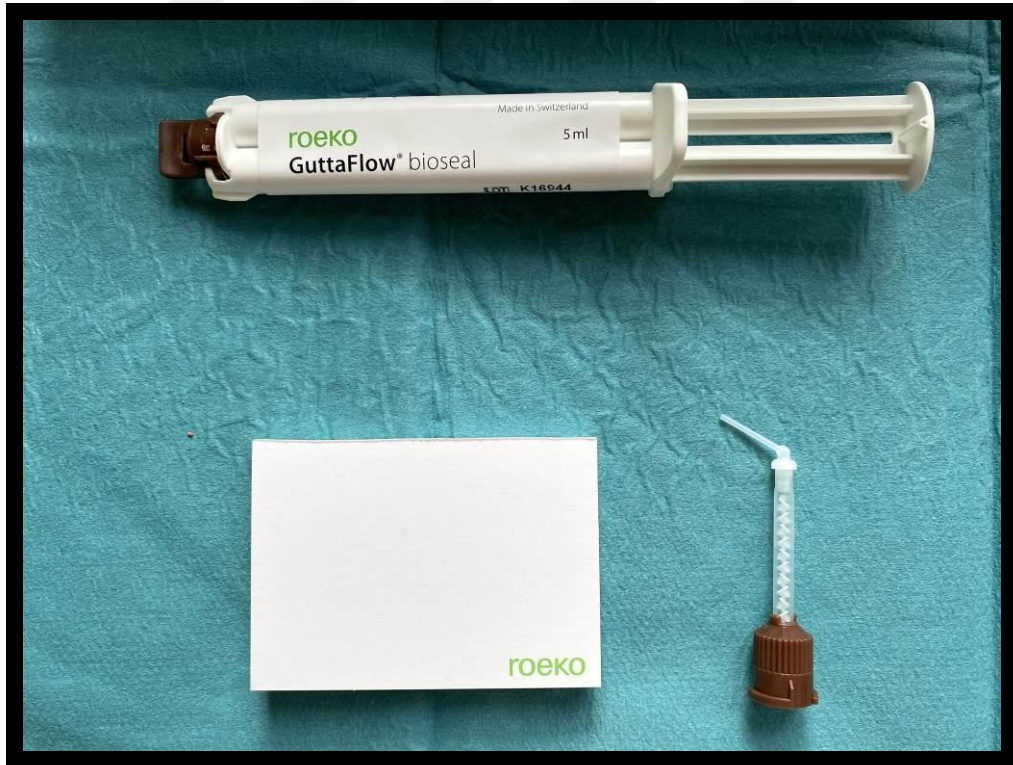
Şekil 3-8: VDW Ultra ultrasonik aktivasyon cihazı

Son yıkama prosedürlerine göre 3 gruba ayrılan dişler, 2 farklı kök kanal patı uygulanmak üzere rastlantısal bir şekilde 2 alt gruba ayrıldı (n=10).

Birinci alt gruptaki dişler Reciproc NiTi resiprokasyon sistem enstrümanı R50 ile uyumlu olan sarı renk koduna sahip açılı güta-perka ile çalışma boylarında tug-back alındıktan sonra, kanal patı olarak reçine esaslı AH Plus kullanılarak tek kon tekniği ile dolduruldu.

İkinci alt gruptaki dişlerin kök kanal dolgusu da; aynı teknik ile ancak kök kanal patı olarak GuttaFlow Bioseal kullanılarak gerçekleştirildi.

Kök kanal dolgusunun kalitesi radyografik olarak kontrol edildikten sonra ısıtılmış bir el aleti yardımı ile mine sement sınırından kesildi; güta-perkaların üzeri ve giriş kavitesi geçici dolgu maddesi ile kapatıldı.



Şekil 3-9: GuttaFlow Bioseal kök kanal patı

Deney Grupları:

Grup 1.1. (n=10) : Manuel son yıkama + Reçine esaslı kök kanal dolgu patı

Grup 1.2. (n=10) : Manuel son yıkama + Biyoseramik esaslı kök kanal patı

Grup 2.1. (n=10) : Sonik Aktivasyon + Reçine esaslı kök kanal dolgu patı

Grup 2.2. (n=10) : Sonik Aktivasyon + Biyoseramik esaslı kök kanal patı

Grup 3.1. (n=10) : Ultrasonik Aktivasyon + Reçine esaslı kök kanal dolgu patı

Grup 3.2. (n=10) : Ultrasonik Aktivasyon + Biyoseramik esaslı kök kanal patı

Negatif kontrol grubu

Negatif kontrol grubu için 5 adet diş, AH Plus kanal patı kullanılarak tek kon yöntemi ile dolduruldu (n=5).

Pozitif kontrol grubu

Pozitif kontrol grubu için 5 adet diş, tek kon yöntemi ile kanal patı kullanılmadan dolduruldu (n=5).

Kök kanal patının sertleşme mekanizmasının tamamlanması için örnekler İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Temel Bilimler Biyokimya Laboratuvarı'nda etüv cihazında 37 °C ve % 100 nemli ortamda 14 gün bekletildi.

3.2.4. Mikrosızıntı Test Düzeneğinin Hazırlanması

Etüvden çıkarılan dişlerin kuronları, mine-sement sınırından düşük hızda (200 rpm) su soğutması altında uzaklaştırıldı.

Pozitif kontrol grubundaki ve deney grubundaki dişlerin apikal alanları (yaklaşık 3 mm) ve kanal ağızları hariç tüm yüzeyleri iki kat tırnak cilası ile kaplandı. Negatif kontrol grubundaki dişlerin ise kanal ağızları ve kök ucu dahil tüm yüzeyleri iki kat tırnak cilası ile kaplandı. Cilanın kurumasının ardından kök yüzeyleri mikrobiyal kontaminasyonu engellemek amacıyla % 0,2 NaN_3 solüsyonu ile silindi.

Mikrosızıntı test düzeneği Xu ve ark. (2005) tarafından tarif edildiği üzere iki hazneli bir sistem olan glikoz penetrasyon test metodu doğrultusunda hazırlandı.

70 adet eppendorf tüpünün alt uçları dişin kural kısmı ile uyumlandırılarak kesildi. Diş ve eppendorf tüp arasındaki bağlantı iki kat siyanoakrilat yapıştırıcı ile kapatıldı. Eppendorf tüpünün ağzına uzunluğu 15 cm; dış çapı 0,6 mm ve iç çapı 0,5 mm olan her iki ucu açık, steril cam borular yerleştirildi. Bu düzenek ağzı vida kapaklı 5 ml hacminde steril cam bir kavanozun ağzına yerleştirildi. Tüm bu düzenekte ara yüz bağlantılarındaki muhtemel boşluklar siyanoakrilat yapıştırıcı kullanılarak elimine edildi. Cam tüpün açık ucundan basınçlı hava verilerek sistemin bağlantı noktalarındaki sızdırmazlığı kontrol edildi ve oluşan herhangi bir kabarcık durumunda bağlantı noktaları gözden geçirildi.

Endodontik mikrosızıntının değerlendirildiği bu çalışmada, izleyici madde olarak 180 Da (Dalton) molekül ağırlığına sahip 37 °C de Ph=7 olan 1 mol/L glikoz solüsyonu kullanıldı. 198,17 gr glikoz tozu ve 2 gr NaN_3 tozu toplam hacim 1 litre olacak şekilde distile su ile karıştırıldı. Böylece homojen % 0,2'lik NaN_3 içeren 1 mol/L glikoz solüsyonu hazırlandı.

Her bir düzenekteki cam tüpe kanal içindeki dolgu maddesinin en üst noktasından itibaren 14 cm yüksekliğe erişene kadar yaklaşık 2,7 ml hazırlanan glikoz solüsyonundan dolduruldu. Böylelikle 1,5 kPa (15 cm H_2O) hidrostatik basınç yaratılmış oldu.

2 gr sodyum azid tozu (NaN_3) 1 litre distile suda çözündürülerek, % 0,2'lik NaN_3 solüsyonu hazırlandı. Glikozun kök kanalından geçerek toplanacağı 5 ml hacmindeki cam kavanoza glikozu dekompoze edebilecek mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyecek 2 ml %0,2'lik NaN_3 solüsyonu konuldu (Şekil 3-10).

Hazırlanan örnekler 37 °C ye ayarlanmış inkübatöre yerleştirildi. Test düzeneklerinde herhangi bir buharlaşma olup olmadığını kontrol etmek için inkübatöre 1 ml % 0,2'lik NaN_3 solüsyonu koyularak her ölçüm öncesi tartıldı. Kontrol aparatında ve cam borularda buharlaşmaya bağlı hacim azalması durumunda distile su ilavesi yapıldı (Şekil 3-12).



Şekil 3-10: İki hazneli deney düzeneklerine örnek

3.2.5. Spektrofotometrik Analiz

Her örnek için cam kavanozlar içerisinde 1. gün, 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta ve 4. haftalarda 10 μL solüsyon örneği alındı. 2 ml' lik hacmin sabit kalması amacıyla 10 μL taze % 0,2 NaN_3 cam kavanozlara ilave edildi.

Spektrofotometrik analiz için glikoz kiti kullanıldı (Şekil 3-11). Üreticinin belirttiği gibi kör deneme titrasyonu (blank) olarak 10 μL % 0,2 NaN_3 solüsyonu ve 1 ml monoreagent kullanıldı. Standart olarak, 10 μL kitin standart solüsyonundan ve 1 ml monoreagent kullanıldı. 10 μL örnek solüsyonların üzerine de 1 ml monoreagent eklendi (Tablo 3-1).

Tablo 3-1: Spektrofotometrik analiz için Blank, Standart ve Örnek hazırlanması

	Blank	Standart	Örnek
Reagent*	1 ml	1 ml	1 ml
Demineralize Su (% 0,2 NaN ₃ Solüsyonu)	10 µL		
Standart		10 µL	
Örnek			10 µL



Şekil 3-11: Glikoz ölçüm kiti

Blank, örnek ve standart solüsyonlarının abzorbanans değeri ölçümü 500 nm dalga boyunda Synergy H1 Hybrid Reader (BioTek, Vermont, ABD) ile gerçekleştirildi.

Veriler, Uluslararası Birim Sistemi ile ifade edilebilmesi için mmol/L cinsinden aşağıdaki formül ile hesaplandı (3-1).

(3-1)

$$\frac{\text{Örneğin Absorbans değeri}}{\text{Standartın Absorbans değeri}} \times \text{Standart Konsantrasyonu}$$

Standart konsantrasyonu: 100 mg/dL (5.55 mmol/L)

Tablo 3-2: Glikoz Ölçüm Kit Bileşenleri

Flask 1- Enzim Tamponu	Fosfat tamponu	150 mmol/L
	Glikoz Oksidaz (GOD)	≥ 20000 UI/L
	Peroksidaz (POD)	≥ 1000 UI/L
	4-Amino-antiprin (PAP)	0,8 mmol/L
Flask 2 -Kromojen	Kloro-4-Fenol	2 mmol/L
Flask 3 - Standart	Glikoz	100 mg/dL (5,55 mmol/L)

Glikoz ölçüm kitinin hazırlanışı: Kitin beraberinde gelen opak, plastik şişe içerisinde 250 mL demineralize su ve Flask 1 içerisindeki partiküler enzim tamponu yaklaşık 2 dakika boyunca, çözünme sağlanana kadar karıştırıldı. Ardından Flask 2'deki kromojenik içerik karışıma ilave edildi ve karıştırıldı.

**Şekil 3-12: Etüvdeki dış örnekleri**

3.2.6. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen bulguları değerlendirmede istatistiksel analizler IBM SPSS Statistics versiyon 25.0 (IBM SPSS, Türkiye) programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu histogram grafikleri ve Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiştir. Tanımlayıcı analizler sunulurken ortalama, standart sapma değerler kullanılmıştır. Değişkenler iki grup arasında değerlendirilirken Bağımsız T Testi, ikiden fazla grup arasında değerlendirilirken ANOVA Testi kullanılmıştır. Ölçülen değerlerdeki değişim grup içinde Paired-Samples T Testi ile incelenmiştir. P-değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Pozitif kontrol ve negatif kontrol grupları arasında 1. gün, 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta ve 4. hafta sızıntı değerleri karşılaştırılmış ve pozitif kontrol grubunun sızıntı değerlerinin negatif kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha fazla olduğu görülmüştür ($p < 0,05$) (Tablo 4-1).

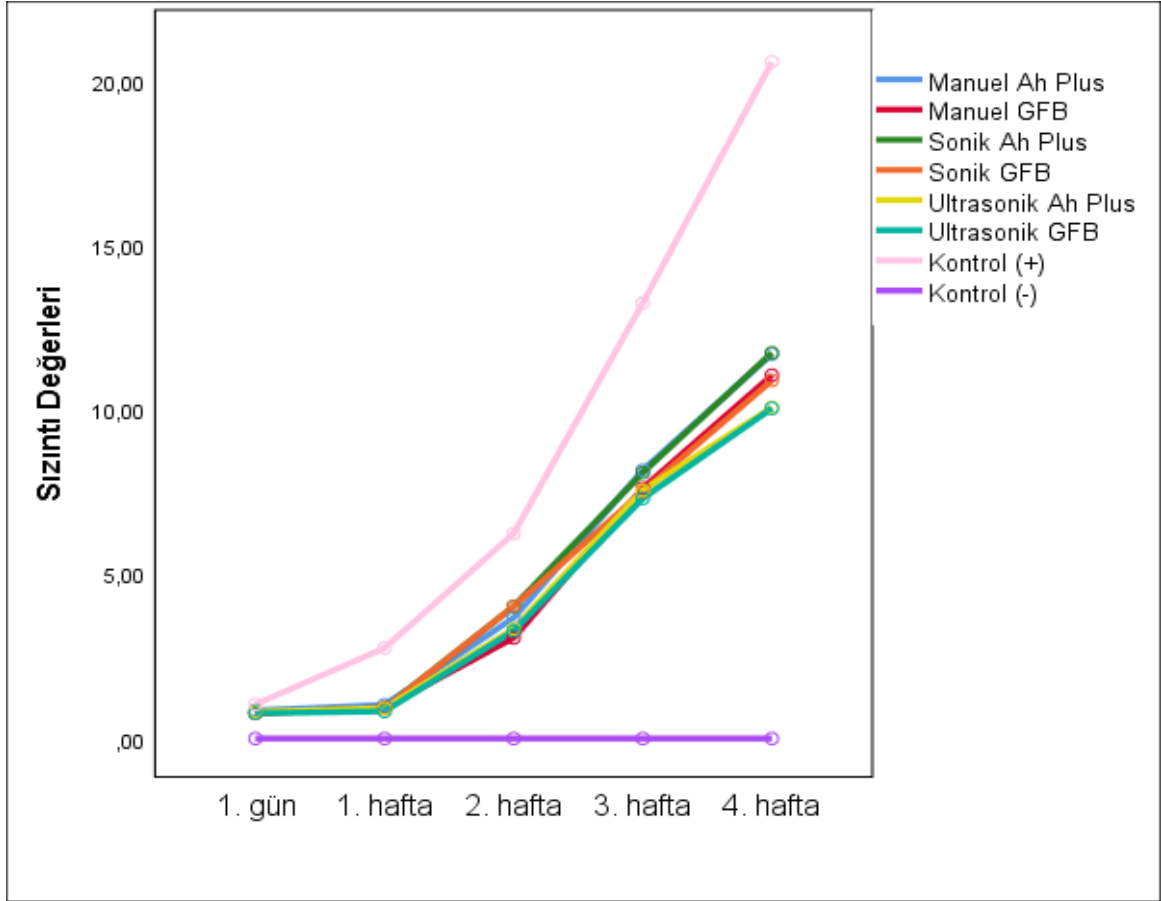
Pozitif kontrol grubunda, 1. gün değerleri ile 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta, 4. hafta sızıntı değerleri arasındaki değişime de bakılmış ve 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta, 4. hafta sızıntı değerlerinin 1. güne göre istatistiksel olarak anlamlı ölçüde arttığı görülmüştür ($p < 0,05$) (Tablo 4-1).

Tablo 4-1: Negatif ve pozitif kontrol grupları arasında ve içinde 1. gün, 1. hafta, 2.hafta, 3. hafta ve 4. hafta sızıntı düzeylerinin değerlendirilmesi

		Kontrol (+)	Kontrol (-)	p ¹
		Ort±s.s.	Ort±s.s.	
1. Gün		1,04±0,19	0,00±0,00	<0,001
1. Hafta		2,75±0,72	0,00±0,00	0,001
2. Hafta		6,24±0,76	0,00±0,00	<0,001
3. Hafta		13,25±1,24	0,00±0,00	<0,001
4. Hafta		20,59±2,21	0,00±0,00	<0,001
p ²	1.gün-1.hafta	0,004		
	1.gün-2.hafta	0,001		
	1.gün-3.hafta	0,001		
	1.gün-4.hafta	0,001		

¹Bağımsız T Testi ²Paired-Samples T Testi

Pozitif kontrol grubunda ve deney gruplarında ilk günden başlayarak 30 gün boyunca artış gösteren glikoz konsantrasyon değerleri izlenmiştir. Negatif kontrol grubu örneklerinde deney süresince alt rezervuarda glikoz tespit edilmemiştir (Sekil 4-1).



Şekil 4-1: Deney süresince grupların ortalama glikoz konsantrasyon değerleri (mmol/L).

Gruplar arasında (*Manuel İrrigasyon + AH Plus kök kanal patı, Manuel İrrigasyon + GuttaFlow Bioseal kök kanal patı, Sonik Aktivasyon + AH Plus kök kanal patı, Sonik Aktivasyon + GuttaFlow Bioseal kök kanal patı, Ultrasonik Aktivasyon + AH Plus kök kanal patı ve Ultrasonik Aktivasyon + GuttaFlow Bioseal kök kanal patı*) 1. gün, 1.hafta, 2. hafta, 3. hafta, 4. hafta sızıntı değerleri karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır (Tablo 4-2).

Ayrı her grup içinde 1. gün değerleri ile 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta, 4. hafta sızıntı değerleri arasındaki değişime de bakılmış ve 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta, 4. hafta sızıntı değerlerinin 1. güne göre arttığı görülmüştür.

Tablo 4-2: Gruplar arasında ve grup içinde 1. gün, 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta ve 4.hafta sızıntı düzeylerinin değerlendirilmesi

	1. Gün Ort±s.s.	1. Hafta Ort±s.s.	2. Hafta Ort±s.s.	3. Hafta Ort±s.s.	4. Hafta Ort±s.s.	1.gün- 1.hafta	1.gün- 2.hafta	1.gün- 3.hafta	1.gün- 4.hafta
Manuel İrrigasyon AH Plus	0,86±0,14	1,03±0,21	3,68±1,21	8,17±3,56	11,70±3,59	0,006	<0,001	<0,001	<0,001
Manuel İrrigasyon GFB	0,78±0,08	0,94±0,16	3,06±1,03	7,61±1,76	11,06±3,47	0,004	<0,001	<0,001	<0,001
Sonik Aktivasyon AH Plus	0,78±0,05	0,93±0,20	4,02±1,16	8,09±1,95	11,73±1,99	0,051	<0,001	<0,001	<0,001
Sonik Aktivasyon GFB	0,77±0,04	0,92±0,16	4,02±1,03	7,53±1,91	10,90±2,49	0,012	<0,001	<0,001	<0,001
Ultrasonik Aktivasyon AH Plus	0,82±0,12	0,92±0,19	3,34±1,09	7,56±0,94	10,08±1,83	0,004	<0,001	<0,001	<0,001
Ultrasonik Aktivasyon GFB	0,77±0,06	0,83±0,07	3,27±0,84	7,31±1,25	10,05±1,40	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
p ¹	0,142	0,240	0,225	0,926	0,540				

¹ANOVA Testi ² Paired-Samples T Testi

Yıkama tekniklerinde (*Manuel İrrigasyon, Sonik ve Ultrasonik Aktivasyon*) AH Plus ve GuttaFlow Bioseal patları arasında 1. gün, 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta, 4. hafta glikoz sızıntı değerleri karşılaştırılmıştır; istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($p > 0,05$) (Tablo 4-3).

Tablo 4-3: Yıkama tekniklerinde ayrı ayrı kanal patları arasında grup içinde 1. gün, 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta ve 4. hafta sızıntı düzeylerinin değerlendirilmesi

Yıkama tekniği		Kanal patı		p
		AH Plus	GFB	
		Ort $\pm$ s.s.	Ort $\pm$ s.s.	
Manuel	1. Gün	0,86 $\pm$ 0,14	0,78 $\pm$ 0,08	0,112
	1. Hafta	1,03 $\pm$ 0,21	0,94 $\pm$ 0,16	0,304
	2. Hafta	3,68 $\pm$ 1,21	3,06 $\pm$ 1,03	0,238
	3. Hafta	8,17 $\pm$ 3,56	7,61 $\pm$ 1,76	0,666
	4. Hafta	11,70 $\pm$ 3,59	11,06 $\pm$ 3,47	0,690
Sonik	1. Gün	0,78 $\pm$ 0,05	0,77 $\pm$ 0,04	0,377
	1. Hafta	0,93 $\pm$ 0,20	0,92 $\pm$ 0,16	0,920
	2. Hafta	4,02 $\pm$ 1,16	4,02 $\pm$ 1,03	0,995
	3. Hafta	8,09 $\pm$ 1,95	7,53 $\pm$ 1,91	0,521
	4. Hafta	11,73 $\pm$ 1,99	10,90 $\pm$ 2,49	0,417
Ultrasonik	1. Gün	0,82 $\pm$ 0,12	0,77 $\pm$ 0,06	0,251
	1. Hafta	0,92 $\pm$ 0,19	0,83 $\pm$ 0,07	0,138
	2. Hafta	3,34 $\pm$ 1,09	3,27 $\pm$ 0,84	1,872
	3. Hafta	7,56 $\pm$ 0,94	7,31 $\pm$ 1,25	0,617
	4. Hafta	10,08 $\pm$ 1,83	10,05 $\pm$ 1,40	0,969

Bağımsız T Testi

Kök kanal pat gruplarında (*AH Plus* ve *GuttaFlow Bioseal*) yıkama teknikleri arasında (*Manuel İrrigasyon*, *Sonik* ve *Ultrasonik Aktivasyon*) glikoz sızıntı değerleri karşılaştırılmıştır; istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır ($p > 0,05$) (Tablo 4-4).

Tablo 4-4: Kök kanal patlarında ayrı ayrı yıkama tekniği arasında grup içinde 1. gün, 1. hafta, 2. hafta, 3. hafta ve 4. hafta sızıntı düzeylerinin değerlendirilmesi

Kanal patı		Yıkama tekniği			p
		Manuel	Sonik	Ultrasonik	
		Ort±s.s.	Ort±s.s.	Ort±s.s.	
AH Plus	1. Gün	0,86±0,14	0,78±0,05	0,82±0,12	0,303
	1. Hafta	1,03±0,21	0,93±0,20	0,92±0,19	0,427
	2. Hafta	3,68±1,21	4,02±1,16	3,34±1,09	0,432
	3. Hafta	8,17±3,56	8,09±1,95	7,56±0,94	0,827
	4. Hafta	11,70±3,59	11,73±1,99	10,08±1,83	0,281
GFB	1. Gün	0,78±0,08	0,77±0,04	0,77±0,06	0,926
	1. Hafta	0,94±0,16	0,92±0,16	0,83±0,07	0,171
	2. Hafta	3,06±1,03	4,02±1,03	3,27±0,84	0,085
	3. Hafta	7,61±1,76	7,53±1,91	7,31±1,25	0,914
	4. Hafta	11,06±3,47	10,90±2,49	10,05±1,40	0,650

ANOVA Testi

Zamanın glikoz sızıntı miktarı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4-5).

Zaman ve yıkama yöntemlerinin glikoz sızıntı miktarı üzerindeki ortak etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Zaman ve kanal patının glikoz sızıntı miktarı üzerindeki ortak etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Zaman, yıkama yöntemleri ve kanal patının sızıntı düzeyleri üzerindeki ortak etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4-5).

Tablo 4-5: Zaman, yıkama tekniği ve kanal patlarının sızıntı üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Zaman	4707,507	4	1176,877	550,041	<0,001
Zaman * Yıkama tekniği	17,923	8	2,240	1,047	0,402
Zaman * Kanal patı	2,700	4	0,675	0,315	0,867
Zaman * Yıkama tekniği * Kanal patı	2,136	8	0,267	0,125	0,998

Tekrarlı Ölçümlerde İki Yönlü Varyans Analizi

5. TARTIŞMA

Literatürde endodontik başarı-takip çalışmalarını geçmişten günümüze taradığımız zaman; gelişen teknoloji ve artan materyal çeşitliliğine rağmen on yıllar içerisinde başarı oranlarında çok da büyük atılımlar gözlenmediği gerçeği ile karşılaşmaktayız (Strindberg 1956; Friedman ve Mor 2004; Ng ve ark. 2007).

Mekanize şekillendirme sistemlerinin klinik pratikte oldukça yaygınlaşması; yardımcı irrigasyon protokollerindeki gelişmeler ve kök kanal dolgu materyallerindeki çeşitsel ve teknik ilerlemeler endodontik tedavi prosedürünü klinik olarak kolaylaştırır da; kanal tedavisi başarı oranlarında dökümanite edilmiş sistematik bir yükselişe tam karşılığını bulamamaktadır. Standart kılavuz bir tedavinin uygulandığı vakalarda başarı ortalama olarak %75 dolaylarında seyreder (Gulabivala ve ark. 2010).

Artan dünya nüfusu ve uzayan hayat süresi dental sağlık hizmetlerine olan ihtiyacı da paralel olarak arttırmıştır. Hasta farkındalığında ve dental eğitimindeki artış, genel popülasyona sunulan endodontik tedavinin nicel ve nitel beklentilerine de yansımaktadır. Bu kadar yaygın uygulanan tedavide hala teknik ve materyal bazında iyileştirmelere ve başarıda yükselişe ihtiyaç mevcuttur.

Bunun yanı sıra, görüntüleme teknolojisi apikal periodontitisin tespitinde bugün geldiğimiz noktada büyük gelişme kaydetmiştir. Periapikal radyolusensi tespitinde periapikal radyografi ile karşılaştırıldığında CBCT kullanımı, birincil kök kanal tedavilerinde %11-39, tedavi tekrarlarında ise % 20-34 oranında daha yüksek teşhis olanağı sunmaktadır (Patel ve ark. 2020).

Estrela ve ark. (2008), endodontik tedavili dişlerde apikal periodontitis prevalansını araştırdıkları çalışmada başvuru alan görüntüleme tekniğinin radyolusensi tespitinde büyük fark yarattığını; bu oranın panoramik radyografilerde %17,6; periapikal radyografilerle % 35,3; CBCT ile ise % 63,3 oranında tespit edilebildiğini bildirmişlerdir.

Birincil kök kanal tedavisinin ardından apikal periodontitisin izlendiği dişlerde cerrahi olmayan retreatment ya da periradiküler cerrahi girişimiyle periradiküler dokuların sağlığını geri kazanması ve dişin fonksiyonel bir şekilde ağız içerisinde kalması amaçlanır. Amerikan Endodonti Derneği tarafından 2015 yılında yapılan bir ankette endodontik müdahalelerin % 46'sını cerrahi olmayan kök kanal tedavi tekrarlarının (retreatment) oluşturduğu bildirilmiştir (Lin ve ark. 2015).

Çalışmamızın amacı kök kanal tedavisi tekrarlarında standart bir mekanik şekillendirmenin ardından farklı son yıkama prosedürleri uygulanan diş örneklerinde yeni nesil, biyoaktif cam içerikli hibrit bir kök kanal patı olan GuttaFlow Bioseal'ın örtüleme etkinliğini glikoz penetrasyon tekniği ile değerlendirmektir.

Çalışmamızda farklı sebeplerle çekimi gerçekleştirilmiş Vertucci Tip 1 kanal anatomisi izlenen insan alt çene küçük azı dişleri kullanılmıştır. Düz, tek köklü küçük azı dişlerinin seçimi, kök kanallarındaki anatomik varyasyonları en aza indirmek için yapılmıştır. Kök kanal tedavi tekrarlarında kullanılan döner eğe sistemlerinin ve aktivasyon araçlarının etkinliğini inceleyen pek çok literatür çalışmasında da belirtildiği gibi mandibular premolar dişlerde kök kanal sisteminin oval formda, geniş bukkolingual konfigürasyonda olması kemomekanik debridmanın etkinliğini ve ardından uygulanacak kök kanal dolgu materyalinin sızdırmazlığını test etmekte oldukça önemlidir (Silva ve ark. 2014; Bago ve ark. 2018; Pedulla ve ark. 2020).

Deney tasarımlarında çekilmiş diş kullanımının en büyük dezavantajı, dişlerin anatomik yapısında karşılaşılabilecek gerek boyutsal gerek yapısal farklılıkların, operatörün kontrolünde olmayan yüksek standart sapmalara neden olması ve sonuçlara etki etmesidir. Bu nedenle deney tasarımında araştırma sonuçlarına etki edebilecek tüm potansiyel değişkenler standardize edilmeye çalışılmıştır: 19-21 mm uzunluğunda, kurvatürsüz, kök ucu gelişimi tamamlanmış, bukkolingual ve mesio-distal açılardan alınan periapikal radyografilerde tek kanal boşluğu izlenen, ISO #15-20 K-tipi eğe ile çalışma boyuna ulaşılabilen, kalsifiye olmamış alt çene küçük azı dişleri çalışmaya dahil edilmiştir.

Morfis ve ark. (1994)'nın çalışmalarındaki orijinal apikal foramen çapları referans alındığında ($368,3 \pm 183,9 \mu\text{m}$), mandibular premolar dişlerde birincil kök kanal tedavisi için minimum ISO 40 numaralı bir apikal şekillendirmenin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Wu ve ark. (2000) da; oval kanallarda apikal üçlünün bukkolingual ve mesiodistal çaplarını araştırdıkları çalışmada mandibular premolar dişlerin tek kanallı oldukları takdirde bukkolingual olarak ortalama 0,35 mm (0,20-0,80 mm); mesiodistal olarak ise 0,28 mm (0,16-0,54) mm çapa sahip olduğunu bildirmiştir (Tablo 5-1).

Tablo 5-1: Mandibular Premolar Dişlerin Apekten 1, 2 ve 5 mm Uzaklıkta Ortalama Kanal Çapı (mm)

	Bukkolingual			Mesiodistal		
	1 mm	2mm	5mm	1 mm	2 mm	5 mm
Mandibular Premolar	0,35 (0,20-0,80)	0,40 (0,29-1,01)	0,76 (0,52-1,67)	0,28 (0,16-0,54)	0,32 (0,17-0,67)	0,49 (0,26-0,80)

Tablo 5-2: Reciproc Döner Eğelerin Apikal Çap Değerleri (mm)

	Reciproc		
	R25	R40	R50
D ₀	0,25	0,4	0,5
D ₁	0,33	0,46	0,55
D ₂	0,41	0,52	0,6
D ₃	0,49	0,58	0,65
D ₄	0,57	0,62	0,7
D ₅	0,65	0,68	0,75

Çalışmalar; retreatment vakalarında rezidüel dolgu materyallerini uzaklaştırmak, mikrobiyal yükü azaltmak ve etkin irrigasyon için yeterli kök kanal boşluğunu yaratmak adına birincil kök kanal tedavisinden iki kademe daha büyük bir kök ucu çalışma çapı seçimini önermektedir (Hassanloo ve ark. 2007; Roggendorf ve ark. 2010; Bernardes ve ark. 2015; Kaloustian ve ark. 2019). Apikal genişletme ve kalan sağlıklı diş dokusu arasındaki dengeyi sağlamak adına kullanılan Reciproc sistem eğelerinden R40 birincil tedavi için; R50 ise retreatment için final şekillendirme eğesi olarak seçilmiştir (Tablo 5-2).

Kök kanal tedavisi tekrarlarında enstrümantasyonun erken safhalarında kullanılan solventin çalışma uzunluğuna varana dek geçen zamanı azalttığına ancak kanal temizliğine katkı sağlamadığına ilişkin çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda kimyasal olarak yumuşayan güta-perka artıklarının, dentin tübülleri ve kanal içi düzensizliklere itilerek kök kanallarının temizliğini ve tedavi başarısını tehlikeye attığı ifade edilmektedir (Roggendorf ve ark. 2010; Ma ve ark. 2012; Bernardes ve ark. 2015). Çalışmamızda, standardizasyonu sağlamak ve daha karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmek için kök kanallarından güta-perkanın uzaklaştırılması sırasında solvent kullanılmamıştır.

Sodyum hipoklorit (NaOCl); kök kanal irrigasyonunda altın standart olarak kabul edilen; anında antimikrobiyal etkinlik gösteren ve en çok kullanılan yıkama solüsyonudur. Ancak ideal konsantrasyonu (%0,5 - %6) konusunda bir fikir birliği mevcut değildir (Prada ve ark. 2019). Çalışmamızda tüm rutin yıkama işlemleri %5,25'lik konsantrasyonda sodyum hipoklorit solüsyonu ile gerçekleştirilmiştir.

Kök kanal dolgusu öncesinde smear tabakasının kaldırılmasının; kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu artırarak kök kanal duvarlarına daha başarılı bir adezyon sağlayacağı fikri pek çok çalışmada vurgulanmıştır (Gulabivala 2005; Shemesh ve ark. 2006). Ancak smear tabakasının uzaklaştırılmasının dentin permeabilitesini arttırdığını, bu durumun örtülemeyi zayıflattığını ve hatta bakterilerin dentin tübülleri içerisinde gelişimine olanak tanıdığını ileri süren görece daha eski tarihli çalışmalar da mevcuttur (Pashley ve ark. 1981; Galvan ve ark. 1994).

Literatürü taradığımızda hidrolik, biyoaktif kök kanal patları için üzerinde uzlaşa sağlanmış bir yıkama protokolünün mevcut olmadığını gözlemledik (Neelakantan ve ark. 2018). Ancak çalışmamızda kullandığımız GuttaFlow Bioseal özelinde son yıkama ajanlarını değerlendiren şu iki çalışma göze çarpmaktadır:

Göktürk ve ark. (2020), farklı şelasyon ajanları ile smear tabakasının uzaklaştırılmasının GuttaFlow Bioseal'in dentine bağlanma kuvvetlerine katkı sağladığını bildirmiştir. Çalışmada % 10 sitrik asit, % 7 maleik asit, % 17 etilendiamintetraasetik asit ve % 2,25 parasetik asit arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamazken, en düşük bağlanma kuvvet değerleri smear tabakasının kaldırılmadığı % 5'lik NaOCl kullanılan dişlerde görülmüştür.

De Freitas ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada kullanılan farklı son yıkama ajanları ve kanal içi medikamentlerden kalan kontaminantların kullanılan kök kanal patlarının reolojik özelliklerinde değişikliğe sebep olduğunu bildirmiştir. Çalışma süresi, viskozite gibi materyal özellikleri göz önünde bulundurulduğunda distile su ve %3'lük NaOCl solüsyonunun GuttaFlow Bioseal için uygun final yıkama ajanları olduğunu bildirmiştir. Klorheksidin ve kalsiyum hidroksitin ise patın sertliği üzerinde değişikliğe sebep olduğu ifade edilmiştir. Aynı çalışmada AH Plus Jet (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) ile kıyaslandığında GuttaFlow Bioseal'ın kontaminantlardan ve nemden daha az etkilendiği ve çevresel faktörlerin idealize edilemediği durumlarda GuttaFlow Bioseal kullanımının daha uygun olacağı belirtilmiştir.

Kök kanal dentininin nem durumu, dentin ıslanabilirliğini ve kök kanal patının tübüllere penetrasyonunu, adaptasyonunu etkilemektedir. Özlek ve ark. (2020); ıslak, kuru ve nemli kök dentinlerinde iki farklı biyoaktif kök kanal patının bağlanım değerlerini inceledikleri çalışmada; GuttaFlow Bioseal ve MTA Fillapex'in nemli dentine, kuru ve ıslak dentine oranla daha iyi bir bağlanım gösterdiğini ortaya koymuştur. GuttaFlow Bioseal kullanılan örneklerde zaman ile artan (3. hafta ve 3. ay) ve 3. ay değerlerinde MTA Fillapex'ten istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha yüksek bağlanım kuvveti gözlenmiştir.

Çalışmamızda şekillendirme sırasında, kök kanallarının rutin irrigasyonunda %5,25'lik konsantrasyonda NaOCl kullanılmış olup; smear tabakasını uzaklaştırmak için son yıkama aşamasında % 17 EDTA kullanılmıştır. Son olarak ise distile su ile yıkama yapılarak; kimyasalların izlerinin ortadan kaldırılması ve biyomineralizasyon sürecinin olumsuz etkilenmemesi amaçlanmıştır. GuttaFlow Bioseal örneklerinde kök kanallarının nemli bırakılmasına özen gösterilmiştir.

Literatürde şelatör ajanların optimal kullanım süresi ve miktarına ilişkin kesin bir bilgi bulunmamaktadır. 1 ve 5 dakika arasında değişen çalışma süresinin smear tabakasını uzaklaştırmak için yeterli olduğuna; artan sürenin peritübüler ve intratübüler dentinde erozyona sebep olduğuna ilişkin çalışmalar mevcuttur (Hülsmann ve ark. 2003). Çalışmamızda tüm aktivasyon prosedürleri 1 dakika süre ile uygulanmıştır.

Verilerin sağlamlığını artırmak için yıkama hacimleri, irrigasyon ve aktivasyon süreleri, solüsyon sıralaması ve döngülerinin standardizasyonuna büyük özen

gösterilmiştir. Tüm dişlere aynı kemomekanik şekillendirme işlemleri uygulanmış ve tüm işlemler tek bir operatör tarafından gerçekleştirilmiştir.

Kök kanal tedavisi tekrarlarında resiprokal sistemin etkinliğini değerlendirmek adına yürütülen araştırmalar; aynı sistem ile çalışan farklı ticari markalara ait ürünlerin karşılaştırıldığı, tedavi tekrarları için tasarlanmış farklı rotary sistemlere ait eğeler ve manuel sistemlerin karşılaştırıldığı çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışmalar genellikle tedavi süresi; farklı görüntüleme ya da tespit yöntemleriyle kanallarda kalan artık dolgu materyalleri, kök kanallarından uzaklaştırılan dolgu materyallerinin hacmi, sistemlerin neden olduğu apikal debris ekstrüzyonu ve kök duvarlarında neden olunan mikroçatlak oluşumu gibi alt başlıklar üzerine yoğunlaşmaktadır.

Retreatment sırasında birincil basamak mevcut kanal dolgusunun ortamdan uzaklaştırılmasıdır. Her ne kadar dolgu materyalinin kök kanallarından tamamen uzaklaştırılmasının tedavi tekrarından olumlu sonuç almak için bir zorunluluk olduğu henüz kanıtlanmış olmasa da, materyal artıklarının tedavinin takip eden irrigasyon ve dezenfeksiyon protokolünü sekteye uğrattığı; yeniden dolgu aşamasında dentin ile kullanılan pat arasındaki bağlantıyı negatif etkilediği fikri kabul görmektedir (Ng ve ark. 2008). Bu nedenle literatürde kök kanallarından uzaklaştırılan dolgu materyal hacmini ve duvar üzerinde kalmış artık materyal miktarını farklı görüntüleme ve tespit teknikleri (Mikro-Ct, mikroskopik analiz, radyografik yöntem) ile karşılaştıran pek çok çalışma mevcuttur. Şekillendirme sırasında uzaklaştırılan güta-perka miktarı kullanılan eğenin dizayn, kesme etkinliği ve enstrümanın kinematiği ile yakından ilgilidir (Azedevo ve ark. 2020).

Kök kanallarından dolgu materyalini uzaklaştırmada el aletleri, çoklu rotary ege sistemleri ve resiprokal sistemlerin karşılaştırıldığı çalışmaları taradığımızda farklı sonuçlarla karşılaşmaktayız:

Bernardes ve ark. (2015); 108 mandibular kesici dişte 3 farklı sistem ile kök kanallarından dolgu materyalini uzaklaştırmışlardır: Reciproc R50 (VDW GmbH, Munich, Germany); Protaper Universal Retreatment Kit (ProTaper UR; D1, D2 ve D3; Dentsply Maillefer) ve ardından ProTaper Universal Rotary Eğeler F1-F5 (#50; 0,05 taper); manuel eğeleme (Gates Glidden 1-3; K ve H-file ISO no 35-50). Mikro-Ct ve taramalı elektron mikroskop (SEM) analizleri ile kök duvarlarında kalan artık dolgu materyalleri skorlanmıştır. Reciproc 50 grubunda en az artık materyal tespit edilmiştir.

Barletta ve ark. (2008); Zuolo ve ark. (2013); Sağlam ve ark. (2016) da yaptıkları çalışmalarda resiprokal sistemler, rotary retreatment eğeleri ve manuel eğeleme tekniğini karşılaştırmışlar ve resiprokal eğeleri kök kanallarından dolgu uzaklaştırmada daha başarılı bulmuşlardır.

Literatürde sayıca daha fazla miktarda resiprokal ege ve farklı çoklu rotary ege sistemleri arasında artık dolgu materyali bırakmak konusunda fark olmadığına ilişkin çalışma mevcuttur. Rödig ve ark. (2014); Protaper Universal retreatment kiti; Reciproc ve H-file ile yapılan kök kanallarından dolgu materyalini uzaklaştırma işlemleri arasında rezidüel dolgu materyali konusunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını çalışmasında ortaya koymuştur. Silva ve ark. (2014); Rios ve ark. (2014); Helvacioğlu-Yiğit ve ark. (2014); de Souza ve ark. (2015); Zuolo ve ark. (2016); Kaşıkçı-Bilgi ve ark. (2016); Azevedo ve ark. (2020); Bago ve ark. (2020) farklı rotary ege sistemleri ile yürüttükleri çalışmalarda resiprokal sistemler ile rotary sistemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlamamışlardır.

Literatürde kök kanallarından dolgu uzaklaştırmak konusunda rotary sistemleri resiprokal eğelerden daha başarılı bulan az sayıda çalışma mevcuttur. Alves ve ark. (2016), Mtwo Retreatment eğelerinin kurvatürlü kanallarda dolgu materyalini Resiprokal eğelerden istatistiksel olarak daha fazla uzaklaştırdığını ve kök ucuna varmada daha hızlı olduğunu bildirmiştir. Gomes ve ark. (2017), Protaper Universal Retreatment kit ile karşılaştırıldığında resiprokal eğelerin kök kanallarında daha fazla artık materyal bıraktığını bildirmiştir. Crozeta ve ark. (2016), yeni geliştirilmiş bir sistem TF adaptifin; rotary ve resiprokal hareketle kıyaslandığında kök kanallarından daha fazla dolgu maddesini uzaklaştırdığını; bu üçlü arasında en fazla artık materyale resiprokasyon grubunda rastlandığını bildirmişlerdir.

Kök kanal tedavi tekrarlarında kanaldan uzaklaştırılmaya çalışılan dolgu ve pat artıkları, dentin talaşları, mikroorganizmalar ve yan ürünleri, artık pulpa dokusu ve yıkama solüsyonları sıklıkla periradiküler dokulara ekstrüze olur. Apikal ekstrüzyon fenomeni, genellikle postoperatif ağrı, enflamasyon indüksiyonu, geciken periapikal iyileşme ile ilişkilendirilen olumsuz bir tablodur. Mevcut şekillendirme teknikleri ve enstrümanları farklı seviyelerde de olsa ekstrüzyona sebep olmaktadır (Silva ve ark. 2014).

Silva ve ark. (2014); Dinçer ve ark. (2015); Kaşıkçı-Bilgi ve ark. (2016); Uzunoğlu ve Türker (2016); Topçuoğlu ve ark. (2019) çalışmalarında resiprokal

hareketle çalışan eğelerin daha az apikal ekstrüzyona sebep olduğunu ortaya koymuşlardır.

Yılmaz ve Özyürek (2017); Çanakçı ve ark. (2016); Lu ve ark. (2013) ise çalışmalarında resiprokal eğelerin karşılaştırdıkları rotary eğelerden daha fazla apikal ekstrüzyona sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Tedavi süresinin karşılaştırıldığı çalışmalarda ise resiprokal sistemin; geliştirilme argümanı ile paralel olarak apikal foramene en hızlı şekilde ulaşmayı sağladığını ortaya koyan çokça çalışma mevcuttur (Lu ve ark. 2013; Zuolo ve ark. 2013; de Souza ve ark. 2015; Çanakçı ve ark. 2016; Topçuoğlu ve ark. 2019)

Rotary ve resiprokal eğeleri kök kanal tedavi tekrarlarında oluşan dentin çatlağı ve bakteriyel yükün azaltılması konusunda karşılaştıran çalışmalarda da iki sistem arasında anlamlı bir farka rastlanmamıştır (Martinho ve ark. 2014; Üstün ve ark. 2014).

Çalışma sonuçları arasındaki farklılıklar; deneyler için seçilen diş köklerinin kanal anatomisine (düz, oval, eğimli); birincil tedavinin kalitesine, kullanılan dolgu materyali ve tekniğine, deneyler sırasında solvent kullanılıp kullanılmamasına, değerlendirme tekniğine bağlı olarak değişiklik göstermiş olabilir. Ayrıca fırçalama yoğunluğu, çalışma uzunluğunun belirlenmesi gibi operatöre bağlı değişkenler de çalışma sonuçları üzerinde etkili olabilmektedir. Deneyler sırasında standardizasyonu sağlamak oldukça önemli olsa da; kullanılan eğelerin değişken koniklik açıları ve farklı dizaynları sebebiyle bu her zaman mümkün olamamaktadır. Güncel literatür çalışmaları ışığında resiprokal sistemlerin kök kanal tedavi tekrarlarında etkin ve güvenli bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varmak mümkündür.

Çalışmamızda birincil şekillendirme sırasında R40 eğesi kullanılarak, kök kanal tedavileri gerçekleştirilmiştir. Retreatment aşamasında ise öncelikle R40 eğesi ile kök kanal dolgusu kanallardan uzaklaştırılmış; ardından R50 ile yeniden şekillendirme işlemi tamamlanmıştır. Mekanik şekillendirme ve kök kanallarından dolgu materyallerinin uzaklaştırılması için resiprokal eğe seçimi tek eğe sistemi olması, uygulamasının ve standarsizasyonunun kolay olması, hızlı olması ve ardından uygulanacak dezenfeksiyon prosedürüne daha fazla zaman ayrılmasına olanak tanınması gerekçesi ile yapılmıştır. İşlemler sırasında herhangi bir alet kırığı meydana gelmemiştir.

Pek çok çalışma kanal morfolojiinden ve şekillendirme için tercih edilmiş eğe sisteminden bağımsız olarak kök kanallarından artık dolgu materyalinin tamamen

uzaklaştırılamadığını ortaya koymaktadır (Fruchi ve ark. 2014; Crozeta ve ark. 2016; Bago ve ark. 2018). Kök kanal duvarlarında kalan artık dolgu miktarı % 4 ile % 45 arasında değişiklik göstermektedir (Bago ve ark. 2020).

İrrigasyon aktivasyon sistemleri iyileştirilmiş solüsyon transferi ve debridman, minimal periapikal ekstrüzyon; etkin biyofilm ve smear tabakasının uzaklaştırılması gayesi ile geliştirilmiştir. Kök kanal tedavi tekrarlarında da hem dezenfeksiyon protokolünü pekiştirmek hem de artık dolgu materyalini, oluşan smear tabakasını ortamdan uzaklaştırmak için kullanılmaktadır.

İrrigasyon aktivasyon tekniklerinin etkinliğini karşılaştıran çalışmalar; laboratuvar ortamında in-vitro ya da klinik çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. İn-vitro çalışmalarda genellikle kök kanallarından uzaklaştırılan dolgu materyalinin ya da kanallardan uzaklaştırılamamış artık materyallerin çeşitli görüntüleme teknikleri ile değerlendirildiğini görmekteyiz.

Silveira ve ark. (2018); mandibular molar dişlerin 16-20° eğimli Vertucci tip 4 mesial kanallarında tek kon ve reçine esaslı Sealer 26 (Dentsply, Petropolis, RJ, Brazil) ile standart kök kanal tedavisinin tamamlanmasının ardından iki farklı ege grubu (HyFlex NT (HF; Coltene, New York, NY) ve Mani GPR (MN; Mani Inc, Tokyo, Japonya)) ile kök kanallarından mevcut dolgu materyalini uzaklaştırmışlardır. Kök kanallarındaki dolgu maddesi miktarı Mikro-Ct taramaları ile belirlenmiştir. Mekanik şekillendirmenin ardından gruplar arası istatistiksel bir fark saptanmamıştır. Ardından her iki gruptaki örnekler 60 saniye 2 ml % 2,5 NaOCl ve 60 saniye 2 ml % 17 EDTA ile ultrasonik aktivasyon uygulanmıştır. Her iki grupta da artık madde uzaklaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı ölçüde azalma olmuştur; ancak gruplar arası fark gözlenmemiştir.

Bernardes ve ark. (2015); üç farklı egeleme sistemi ile kök kanallarından dolgu materyalinin uzaklaştırılmasını Mikro-Ct taramaları ile değerlendirdikleri çalışmada; şekillendirme prosedürünün ardından 3 kez tekrarlanan 20 sn.lik taze %2,5 NaOCl solüsyonu ve ardından 60 saniyelik %17 EDTA ultrasonik aktivasyonunun kök kanallarından dolgu materyalini uzaklaştırmada istatistiksel olarak anlamlı ölçüde artış sağladığını bildirmişlerdir.

Kaloustion ve ark. (2019); molar dişlerin oval distal kanallarına birincil tedavi sonrası TwoShape ve Reciproc sistemler ile yaptıkları şekillendirme sonrası Mikro-Ct ile uzaklaştırılan dolgu materyalini karşılaştırmışlar ve gruplar arası istatistiksel olarak

anlamalı bir farka rastlamamışlardır. Şekillendirmenin ardından uygulanan iki farklı sonik aktivasyon sistemi (EDDY (Vdw) ve MM1500 (Micro-Mega)); artık dolgu miktarında istatistiksel olarak anlamalı bir azalma sağlamıştır. Ancak gruplar arası bir fark gözlenmemiştir.

Bueno ve ark. (2017) ise 120 düz maksillar yan kesici dişler ile yürüttükleri retreatment çalışmasında Reciproc, WaveOne ve Protaper Universal Retreatment Kit eğelerinin ardından uyguladıkları pasif ultrasonik aktivasyonun; kök kanal temizliğine istatistiksel olarak anlamalı bir katkı sağlamadığını bildirmişlerdir.

Martins ve ark. (2017) ; Protaper Universal F4 (40/.06) ile standart bir şekillendirmenin ardından kök kanal dolgusu tamamlanmış oval morfolojili mandibular premolar dişlerin retreatment işlemini Protaper Next (X2, X3, X4) ve Reciproc 40 eğeleri ile gerçekleştirmiş; ardından örneklerle sonik ve ultrasonik aktivasyon uygulamıştır. Deney gruplarının hiç birinde artık dolgu materyali kök kanallarından tamamen uzaklaştırılamamıştır. Kullanılan eğe sistemleri ve ilave aktivasyon grupları arasında istatistiksel olarak anlamalı bir fark bulunmamıştır.

Park ve ark. (2020) reçine esaslı kök kanal patlarının; Pedulla ve ark. (2019) ise kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının tedavi tekrarlarında dentin yüzeyinden uzaklaştırılmasında uygulanan sonik ya da ultrasonik aktivasyon tekniklerinin istatistiksel olarak anlamalı bir fark yaratmadığını bildirmişlerdir. Fruchi ve ark. (2014); mekanik şekillendirme sonrası ksilen ile uygulanan pasif ultrasonik aktivasyonun kök kanallarından dolgu materyalini uzaklaştırmada artış sağlayabileceğini; ancak istatistiksel olarak anlamalı ölçüde olmadığını bildirmiştir.

İrrigasyon aktivasyon stratejilerinin etkinliğini araştırmak için laboratuvar ortamında (çekilmiş diş ve yapay diş örnekleri ile) pek çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiş olsa da, bunların standart klinik endodonti pratiğine dahil edilmesi için randomize kontrollü klinik araştırmalar ve klinik çalışmaların sistematik incelemeleri gibi kanıta dayalı endodonti adına daha yüksek düzeyde geçerliliğe sahip daha fazla çalışmaya gereksinim mevcuttur. Klinik etkinliği değerlendirmede yaygın olarak üç temel parametre ele alınmaktadır: apikal periodontitisin iyileşmesi, antimikrobiyal etkinlik ve postoperatif ağrı (Cheung ve ark. 2021).

Liang ve ark. (2013), tedavilerden 10-19 ay sonra konik ışınli bilgisayarlı tomografi ve periapikal radyografiyi kullanarak periapikal iyileşmede ultrasonik

irrigasyon (% 95,1) ve geleneksel enjektör irrigasyonu (% 88,4) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit etmemiştir.

Cohenca ve ark. (2013); Jesus ve ark. (2019); köpeklerde deneysel olarak indüklenen periapikal lezyonların iyileşmesi üzerindeki ultrasonik aktivasyon, negatif basınçlı aktivasyon ve manuel irrigasyon etkisini karşılaştırmıştır. Her iki çalışmada da NaOCl-EDTA-NaOCl protokolü izlenmiş, tüm solüsyonlar ultrasonik grupta 20 saniye aktive edilmiştir. Sonuçlar radyografik, histolojik ve immünohistokimyasal olarak değerlendirildiğinde tedaviden 180 gün sonra gruplar arasında iyileşmede anlamlı bir fark tespit edilmemiştir.

Beus ve ark. (2012); Cohenca ve ark. (2013); sırasıyla insanlarda ve köpeklerde şırınga irrigasyonu ile ultrasonik aktivasyonun mikrobiyal sayımlarda önemli bir farka yol açmadığını bildirmiştir.

Huffaker ve ark. (2010); irrigasyonun sonik aktivasyonunun manuel yıkama ile benzer mikrobiyal azalma gösterdiğini ifade ederken; kullanılan irriganttan (NaOCl veya CHX) bağımsız olarak ultrasonik aktivasyondan anlamlı derecede daha az etkili olduğu da bildirilmiştir.

Decurcio ve ark. (2019) tarafından yapılan bir sistematik inceleme ve meta-analiz; mekanize sistemlerin (ultrasonik, sonik vb.) enjektör irrigasyonundan daha az postoperatif ağrıya sebep olduğunu bildirmiştir.

Middha ve ark. (2017)'nin çalışmasında sürekli ultrasonik kullanıldığında, postoperatif ağrı skorları, tedaviden 24 saat sonra şırınga irrigasyonundan önemli ölçüde daha düşüktür, sonrasında ağrı skorları gruplar arasında anlamlı farklılık göstermemiştir. Makine destekli aktivasyon sistemleri daha çok ilk 48 saatlik süreçteki postoperatif ağrı açısından fayda sağlamıştır.

İrrigasyon ve irrigasyon aktivasyon tekniklerinin kök kanal tedavisinin başarısında etkili bir rol oynadığına ilişkin genel kabul gören bir yaklaşım olsa da çalışmalara göz attığımızda bu argümanı destekleyecek yüksek seviyeli kanıta dayalı çalışma sayısının oldukça az; düşük seviyeli kanıta dayalı çalışma sayısının ise oldukça fazla olduğu gerçeği ile karşılaşmaktayız (Ng ve ark. 2010; Chubb 2019). Mevcut in-vitro çalışmaların bulgularında birbiriyle paralellik göstermeyen sonuçların varlığından da söz etmek mümkündür.

Çalışmamızın birincil amacı uygulanan aktivasyon teknikleri ile kök kanallarından uzaklaştırılan artık dolgu materyalini karşılaştırmak değil; retreatment

olgularında rezidüel dolgu materyalinin kök kanal patlarının adaptasyonuna olan dolaylı etkisini glikoz penetrasyon testi ile değerlendirmektedir. Çalışmamızda aynı kök kanal patının kullanıldığı manuel irrigasyon, sonik ve ultrasonik aktivasyon grupları arasında mikrosızıntı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır (Tablo 4-4).

Mikrosızıntının klinik önemi geçerliliğini koruyor olsa da; son 10 yıl içerisinde literatürde “kök kanal dolgusu ve mikrosızıntı” içerikli çalışmalarda sayısal olarak düşüş gözlenmektedir. İn-vitro mikrosızıntı çalışmalarının klinik karşılığı ve değeri üzerine bazı şüpheler mevcuttur (“Wanted: A Base of Evidence” 2007).

Oliver ve Abbott (2001); kök kanal tedavisi görmüş ve endodonti dışında farklı sebeplerle çekimi gerçekleştirilmiş dişlerde apikal mikrosızıntıyı boya penetrasyon yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Radyografide intakt lamina dura seyri, endodontik orijinli şişlik ya da ağrı hikayesinin bulunmaması, fonksiyon kaybının olmaması gibi klinik başarı kriterlerinin bulunduğu çalışmada örneklerin %99,5’inde apikal sızıntı sonucu boya penetrasyonu seyredilmiştir. Çalışmada klinik başarı ve penetrasyon miktarı arasında bir korelasyon kurulamamıştır.

Susini ve ark. (2006), çekimi gerçekleştirilmiş 84 kök kanal tedavili diş ile yürüttükleri boya penetrasyon/çözdürme çalışmasında boya penetrasyon tekniği ile periapikal radyolusensi varlığı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki kurulamayacağını bildirmiştir. Radyografik olarak zayıf kök kanal dolgusu izlenen dişlerde daha yüksek oranda boya penetrasyonu gerçekleşmiştir. Ancak bu durum kök kanal tedavisinin başarısı ya da başarısızlığı anlamına gelmemektedir.

Mikrosızıntı çalışmalarından elde edilen bulgular, direkt olarak klinik başarı ile ilişkilendirilemese de; bu çalışmalar, geliştirilen yeni materyallerin örtücülüklerinin ve diğer özelliklerinin karşılaştırılması ve iyileştirilmesi noktasında klinik kullanıma sunulmadan önce başvurulması; materyallerin klinik performansları adına öngörülebilir bulunabilmemizi sağlayan test yöntemleridir.

Kök kanal dolgu materyallerinin örtüleme kapasitesini değerlendirmek için geçmişten günümüze pek çok laboratuvar bazlı mikrosızıntı test metodu geliştirilmiştir: boya penetrasyonu, boya çözdürme, sıvı filtrasyonu, bakteri ve endotoksin infiltrasyonu, glikoz penetrasyonu, kafein ya da protein penetrasyonu, elektro-kimyasal sızıntı yöntemi, bakır iyon difüzyonu, radyoizotop penetrasyonu vb. Ancak kliniği daha iyi yansıttığı kanıtlanmış, ideal olarak nitelendirilebilecek bir test metodu henüz mevcut değildir.

Mikrosızıntı çalışmalarının pek çoğu önceki test metotlarıyla bir korelasyon göstermemektedir: Ashraf ve ark. (2013); boya penetrasyon ve bakteriyel sızıntı çalışmaları arasında zayıf korelasyon bildirmiştir. Pommel ve ark. (2001); elektrokimyasal metot, sıvı filtrasyon tekniği ve boya penetrasyon arasında korelasyon olmadığını bildirmiştir. Bir başka çalışmada da elektrokimyasal yöntem, bakteriyel ve sıvı filtrasyon sıvı, boya penetrasyon teknikleri arasında korelasyon bulunmadığı bildirilmiştir (Karagenç ve ark. 2006).

Çalışmamızda mikrosızıntı tespiti için kullanmış olduğumuz glikoz penetrasyon test yöntemi; 2005 yılında Xu ve ark. tarafından geliştirilmiştir. Uzun izleme süresini, gözlemciden bağımsız ve tekrarlanabilir kantitatif ölçümü mümkün kılan; örneklerle zarar verilmeyen hassas ve güncel bir mikrosızıntı test metodudur.

Temelde benzer prensiplere dayanan boya, radyoizotop ya da bakteri gibi izleyicili test yöntemlerinde amaç, klinik ile en uyumlu izleyici molekülü bulmaktır. Laboratuvar bazlı deney modellerinde izleyici seçimi moleküler büyüklüğü ve fizikokimyasal özellikleri göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Düşük moleküler ağırlık, bir izleyici için kök kanallarına kolaylıkla penetre olmak adına önemli olsa da (Wu ve Wesselink 1993); klinik gerçeklikten uzak, çok düşük moleküler ağırlığın seçilmesinin kliniği en doğru şekilde yansıttığı varsayımının doğru olmadığını savunan araştırmacılar da mevcuttur (Jafari F ve Jafari S 2017b). Glikozun bu bağlamda kliniği yansıtmak noktasında başarılı olacağı düşünülmüştür: Kanal içerisine penetrasyonu durumunda kanal içerisindeki bakterilerce besin olarak kullanılır, düşük moleküler ağırlığa (MW=180 Da) sahiptir, hidrofilik ve kimyasal olarak stabil bir izleyicidir. Ancak bu test metodu disiplin, her diş örneği için teknik özen ve zaman gerektiren, ölçümler sırasında yardımcı bir profesyonele ihtiyaç duyabileceğiniz bir ölçüm tekniğidir.

Glikoz penetrasyon tekniğinde *'iki hazneli deney düzeneği'* kullanılmaktadır. Diş ve eppendorf tüp arasındaki bağlantı orijinal çalışmada iki kat siyanoakrilat yapıştırıcı ile gerçekleştirilmiştir. Michelotto ve ark. (2015), siyanoakrilik yapıştırıcıların zaman içerisinde ve likit karşısında zayıflama gösterdiğini belirtmiş; resimantasyona gerek duyulduğu gerekçesiyle epoksi reçinelerin bu iki hazneli test düzeneğinde örtücülük adına daha uygun olduğunu bildirmişlerdir. Ancak pilot çalışmamızda ve deney öncesi kontrollerimizde siyanoakrilat (Pattex; Henkel, Dusseldorf, Almanya) ile daha sızdırmaz test düzenekleri elde edilmiştir.

Shemesh ve ark. (2006), glikoz penetrasyon ve sıvı filtrasyonu karşılaştırdıkları çalışmada; mikrosızıntı tespitinde glikoz filtrasyon tekniğinin istatistiksel olarak daha hassas olduğunu tespit etmişlerdir. Geliştirdikleri deney düzeneğinde orijinal Xu ve ark.(2005) düzeneğinden farklı olarak köklerin kuronal 4 mm.lik kısımlarını silindirik akrilik bloklara gömmüşlerdir. Bir diğer modifikasyon da modellerin %100 nemli kapalı kavanozlarda saklanması, böylece glikoz konsantrasyonuna etki edebilecek rezervuarlardan gerçekleşecek potansiyel buharlaşmanın önlenmesidir.

Keçeci ve ark. (2010); aynı örnekler üzerinde gerçekleştirdikleri 90 günlük glikoz ve sıvı filtrasyon mikrosızıntı testinde glikozlu test metodunda daha fazla örnekte sızıntı tespit etmiştir. Dolaylı da olsa glikoz filtrasyon modelinin, sıvı filtrasyonla kıyaslandığında daha hassas olduğu sonucu bildirilmiştir.

Çalışmada oluşturulan kuronal düşük basıncın (1,5 kPa hidrostatik basınç) kök kanalına hapsolmuş havayı ya da likidi uzaklaştırmada yardımcı olduğu ve fizyolojik koşulları yansıtmaması açısından metodun hassasiyetine katkı sağladığı düşünülmektedir (Xu ve ark. 2005).

Glikoz filtrasyon mikrosızıntı testlerinde gözlem süresi literatürdeki çalışmalarda, çalışmamızla benzer şekilde, genellikle 1 ay olarak karşımıza çıksa da; 90 güne (Keçeci ve ark. 2010; Olczak ve Pawlicka 2017) kadar ölçüm yapılmış çalışma örnekleri de mevcuttur. Uzayan gözlem süresi örnek ve ölçümleri aseptik koşullarda muhafaza etmeyi, düzenekten su buharlaşmasını ve kullanılan materyal ile glikozun olası reaksiyon riskini de beraberinde getirmektedir.

Kullanılan birçok metot bulunmakla birlikte, aynı metot kullanılsa bile standardizasyonunun bulunmamasından ötürü metodolojideki en ufak değişiklik araştırmanın sonuçlarında farklılığa sebep olmaktadır (Verissimo ve do Vale 2006). Mikrosızıntı çalışmalarında altın standart olarak kabul gören bir çalışma mevcut değildir ve arayışlar hala devam etmektedir. Klinik standartlar olmadan, sızdırma metodlarının karşılaştırılması oldukça tartışmaya açık bir husustur. Bir test metodunun teknik hassasiyeti ve ayrıştırıcılığı arttıkça klinik başarıyla bağlantısının artıp artmadığı; klinik başarıda anlamlı bir fark yaratıp yaratmayacak kadar hassas olması hala açıklık kazanmamış bir husustur. Çalışmalar; büyük örnek sayıları, doğru seçilmiş kontrol grupları ve katı kurallar çerçevesinde gerçekleştirilmelidir.

Deney kurgusunda pozitif ve negatif kontrol gruplarının belirlenmesi materyal metodun standardizasyonunu sağlamada oldukça büyük bir önem taşır. Çalışmamızda

kök kanal patı kullanılmadan dolum yapılan pozitif kontrol gruplarında tüm zaman dilimlerinde, tüm örneklerde maksimum glikoz penetrasyon değerleri gözlenmiştir. Negatif kontrol grubu ise deney düzeneğinin sızdırmazlığını ve güvenilirliğini test edeceğimiz bir şekilde; tüm yüzeyleri iki kat tırnak cilası ile kaplanmıştır ve örneklerin hiçbirinde mikrosızıntıya rastlanmamıştır (Tablo 4-1).

Yeni geliştirilen bir test metodu ya da materyal incelenirken klinik olarak başarısı ispatlanmış, kullanılagelmiş bir başka metot ya da materyal ile karşılaştırılması önerilmektedir. Biz de çalışmamızda 2015 yılında piyasaya sürülmüş yeni nesil hibrit, biyoaktif bir kök kanal patı olan GuttaFlow Bioseal ile klinik pratikte altın standart olarak kabul gören, literatürde pek çok mikrosızıntı çalışmasında da referans olarak seçilmiş epoksi-rezin esaslı AH Plus kök kanal patını mikrosızıntı açısından glikoz penetrasyon tekniği kullanarak karşılaştırdık (Tablo5-3).

Tablo 5-3: Deneylerde kullanılmış olan kök kanal patlarının içerikleri

Sealer/Üretici firma	İçerik
GuttaFlow Bioseal Coltene, Whaledent, Langenau, Almanya	Gütta-perka tozu Platin katalizör Silikatlar Polidimetililoksan Silikon yağları Gümüş Çinko oksit Zirkonyum oksit Zirkonyum dioksit Biyoaktif cam Renklendirici pigmentler
AH Plus Dentsply, DeTrey, Konstanz, Almanya	Bisfenol A/ F Epoksi Resin Kalsiyum tungstat Demir oksit dibenzildiamin pigmentleri Aminoadamante Zirkonyum oksit Silika Silikon yağı

Güncel literatürde GuttaFlow Bioseal ile glikoz penetrasyon tekniği kullanılarak yürütülmüş bir mikrosızıntı çalışması mevcut değildir.

Lee ve ark. (2020), çekilmiş mandibular premolar dişlerde kök kanal tedavilerini GuttaFlow Bioseal ve AH Plus kullanarak tek kon tekniği ile tamamlamışlar; sıvı filtrasyon tekniği ile mikrosızıntı değerlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada GuttaFlow Bioseal'in daha sızdırmaz bir örtüleme sağladığı belirtilmiştir.

Dastorani ve ark. (2021); tek kon tekniği ve 3 farklı biyoaktif (GuttaFlow Bioseal, Nano MTA, Endoseal MTA) kök kanal patının sızdırmazlığını mikrobiyal teknik ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada çekilmiş insan dişi kullanılmış ve denizaltı dalgıçlarının maruz kalmış olduğu basıncın kök kanal tedavilerinde sızdırmaya etkisi olup olmadığını test etmek amacıyla dişlere basınç uygulanmıştır. Ortam basıncındaki değişiklik gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmamıştır. GuttaFlow Bioseal ve Endoseal MTA arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmezken; Nano MTA grubu bu iki gruba göre istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha fazla bakteri sızıntısına sebep olmuştur.

Çalışmamızda GuttaFlow Bioseal ve AH Plus kullanılarak tek kon tekniği ile kök kanal dolgusu tamamlanmış tedavi tekrarlarının 30 günlük gözlem periyodunda gruplar arasında glikoz penetrasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Tablo 4-2).

GuttaFlow Bioseal, 2015 yılında piyasaya sürülmüş biyoaktivite iddiasında; diğer silikon esaslı patlardan silika, kalsiyum oksit, sodyum oksit ve fosfor oksitten oluşan biyoaktif cam içermesi itibari ile ayrışan yeni nesil bir kök kanal patıdır. Fiziksel özellikleri yeterli silikon esaslı kök kanal patlarına biyoaktif cam seramik partiküllerinin eklenmesi geleneksel kök kanal patlarına yeni bir soluk kazandırmıştır.

Literatürde silikon esaslı kök kanal patları ile yürütülmüş çalışmalara göz attığımız zaman sızdırmazlık konusunda başarılı sonuçlar sergilediklerini görmekteyiz: De-Deus ve ark. (2007); polimikrobiyal bakteri infiltrasyon tekniğinde Gutta-Flow (Coltene/Whaledent, Altstätten, Switzerland)'un AH Plus patından istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha başarılı mikrosızıntı değerlerine sahip olduğunu bildirmiştir. Bouillaguet ve ark. (2008); farklı kök kanal patlarının uzun dönem (1 yıl) mikrosızıntı değerlerini takip ettikleri çalışmada Gutta-Flow ile doldurulmuş örneklerde AH Plus ile tamamlanmış tedavilere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha az sızıntı tespit edildiğini bildirmiştir. Savariz ve ark. (2010); kural mikrosızıntıyı boya penetrasyon

tekniki ile değerlendirdikleri çalışmada Gutta-Flow rneklerinde AH Plus ile karşılaştırıldığında daha dūřuk sızdırma miktarı gözlendiğini bildirmiştir.

Çalışmamız ile paralel, gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı bir farkın gözlenmediği çalışmalar da mevcuttur:

Vasiliadis ve ark. (2010), Gutta-Flow ve AH Plus kök kanal patları ile tamamladıkları kök kanal tedavili dişleri 1. hafta ve 3. ayın ardından sıvı filtrasyon tekniği ile test ettiklerinde, gruplar arasında mikrosızıntı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlamamıştır.

Rathore ve ark. (2016), boya penetrasyon tekniği ile AH Plus ve Gutta Flow arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlamamışlardır.

zcan ve ark. (2013)'nın çalışmasında, tek kon ve lateral kondensasyon tekniği ile AH Plus ve Gutta-Flow kullanılarak tamamlanmış tedavilerde boya penetrasyon/şeffaşlaştırma yöntemi ile gruplar arası sızıntı farkına rastlanmamıştır.

Lothamer ve ark. (2017), çekimi gerçekleştirilmiş 44 köpek dişi ile yürüttükleri çalışmada boya penetrasyon tekniği ile örneklerin mikrosızıntı miktarlarını incelemişler; Gutta-Flow 2 ve AH Plus arasında istatistiksel olarak bir farka rastlamamışlardır.

Kök kanal dolgu malzemeleri klinik kullanıma ilk sunulduklarında sızdırmazlık özelliklerine, çalışma süresinin yeterliliğine, çözünürlük ve akıcılık miktarına mercek tutulur. Ekstrüze olduğu periapikal dokularla teması durumunda biyouyumlu olması bir kök kanal patının önemli özelliklerinden biridir. Materyalle temasında oluşan doku tepkisi, periapikal doku iyileşmesini ve endodontik tedavi sonuçlarını etkileyebilir (Santos ve ark. 2019).

Klinik kullanım için yeni endodontik materyaller geliştirilirken en önemli adımlardan biri *sitotoksisitelerinin* değerlendirilmesidir. Bir kök kanal patı geliştirildiğinde, patın biyolojik özellikleri öncelikle fibroblast, osteoblast, sementoblast gibi farklı hücre gruplarında in-vitro olarak araştırılır. İn-vitro çalışmaların en büyük dezavantajı spesifik tek bir hücre tipine yoğunlaşılması ve sitokin, büyüme faktörlerinin etkisindeki konak yanıtın yansıtılamamasıdır (Delfino ve ark. 2020). Saygılı ve ark. (2017), Mtt testi ile yürüttükleri sitotoksisite çalışmasında GuttaFlow Bioseal ile kontrol grubu arasında canlı hücre sayısında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlamamışlardır. Aynı alışmada GuttaFlow Bioseal; AH Plus ve MTA Fillapex'ten tüm zaman aralıklarında (3 sa - 7 gün) istatistiksel olarak anlamlı ölçüde daha az sitotoksik bulunmuştur. Collado-Gonzalez ve ark. (2017); insan periodontal ligaman

kök hücreleri ile yaptıkları çalışmada; GuttaFlow Bioseal ve Gutta Flow 2'nin MTA Fillpex ve AH Plus'tan daha düşük sitotoksiste gösterdiğini bildirmişlerdir.

Biyomineralizasyon, GuttaFlow Bioseal'ı matriksi silikon olan diğer kök kanal patlarından ayıştıran en temel özelliklerindendir. Hidroksiapatit oluşumu (HA), inorganik kalsiyum silikat partiküllerinden kalsiyum iyonlarının salınmasıyla başlar ve materyalin yüzeyinde Si-OH gruplarının oluşumu ile devam eder. Yüzeydeki Si-OH grupları, HA çekirdeklenmesi için ideal bir alan yaratır. HA, ilk olarak amorföz bir yapı olarak çöker; daha sonra ise kristalize olarak karbonize hidroksiapatit (CHA)'i oluşturur. HA çökmesi, çevre dokularda pH artışı ile ivme kazanır. Oluşan bu HA'nın Ca/P oranı itibarı ile kristalize HA ile benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir. GuttaFlow Bioseal'in diğer biyoaktif özelliklere sahip endodontik malzemelere benzer kalsiyum salınımına ulaştığı bildirilmiştir (Hoikkala ve ark. 2018). Gandolfi ve ark. (2016)'nın RoekoSeal, GuttaFlow, MTA Fillapeks ve GuttaFlow Bioseal'in fizikokimyasal özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmada en uzun süre (28 gün) ve en yüksek alkalizasyon değerlerini GuttaFlow Bioseal göstermiştir ve yalnızca GuttaFlow Bioseal örneklerinde hidroksiapatit öbeklenmelerinin çekirdekleşme gösterdiği bildirilmiştir. Silikon esaslı kök kanal patları arasında yalnızca GuttaFlow Bioseal kalsiyum salınımı gösterirken; bu miktar MTA Fillapeks'ten daha azdır. GuttaFlow Bioseal'in düşük kalsiyum salınımına rağmen kayda değer apatit oluşturma yeteneği; içeriğindeki CaSi parçacıkları (Si-OH grupları) ve polisiloksan (Si-O-Si grupları) arasındaki işbirliği ile ilişkilendirilmiştir.

Biyouyumluluk, bir materyalin canlı bir dokuya implantasyonu neticesinde dokuya hasar vermeksizin işlevini yerine getirmesi demektir. Endodontik kök kanal patlarının lokal reaksiyon gelişimini gözlemlenmede fare deri altı dokusuna implantasyon en sık kullanılan metotlardan biridir. Histolojik analizlerde; GuttaFlow Bioseal erken dönemde en düşük enflamatuar yanıtı sebep olan; AH Plus ve Gutta Flow 2 ile kıyaslandığında en fazla makrofaj infiltrasyonunun gözlemlendiği kök kanal patı olmuştur. Salınan biyoaktif iyonlar (silikon, kalsiyum ve fosfor) hücre migrasyonunu, proliferasyonunu ve adezyonunu artırır. Bu tablo konağın immün yanıtını stimüle edebilir; bu durum GuttaFlow Bioseal örneklerinde gözlenen makrofaj dominasyonunu ve fagositik aktiviteyi açıklar niteliktedir (Santos ve ark. 2019). Delfino ve ark. (2020); GuttaFlow Bioseal ve MTA Fillapex'in immunoenflamatuar yanıt ve biyoaktif potansiyellerini ratlarda subkutanöz dokuda inceledikleri çalışmada; her iki kök kanal

patının da yarattığı hücrel ve yapısal hasarın zaman ile iyileşme gösterdiğini; histolojik incelemelerde kalsit kristallerine rastlandığını ve her iki kök kanal patının da biyoaktif potansiyel taşıdığını ifade etmişlerdir.

Biyoaktif cam olarak adlandırılan, modifiye silikat camlar hem biyomineralizasyonu indüklemekte hem de aşamalı çözünümüyle antibakteriyel etki göstermektedir. GuttaFlow Bioseal, yüksek oranda sodyum iyon salınımı gerçekleştirmektedir. Kalsiyum ve sodyum iyon salınımı ortam PH'sını yükseltmekte (yaklaşık 7.9) ve bakteriyel canlılığın devam etmesini engellemektedir (Camargo ve ark. 2017; Tanomaru-Filho ve ark. 2017; Hoikkala ve ark. 2018). Ruiz- Linares ve ark. (2019); GuttaFlow Bioseal'ın, AH Plus'ın aksine 1. ve 4. haftalar arasında artan bir *antimikrobiyal ve antibiyofilm aktivite* gösterdiğini konfokal lazer taramalı mikroskop ve direkt kontakt testi ile tespit etmişlerdir. İçeriğindeki kalsiyum silikat sayesinde; sertleşme sonrası kalsiyum iyonlarının sürekli salınımı ortamı alkalileştirmekte ve bu durumun antimikrobiyal etkinliğin devamlılığını sağladığı düşünülmektedir.

Çalışma süresi, materyalin bileşenlerinin partikül büyüklüğüne, ortam ısısına ve reolojik özelliklerine göre farklılık gösterebilir. Üretici firma tarafından GuttaFlow Bioseal için belirtilen süre 12-16 dakika, AH Plus için ise 480 dakikadır (Camargo ve ark. 2017; Gandolfi ve ark. 2016). GuttaFlow Bioseal'in kısa çalışma süresi, materyalin içeriğindeki polidimetilsiloksan, silikon yağları, parafin arasında gerçekleşen polimerizasyon neticesinde oluşan polidimetilsiloksan polimerleri ile ilişkilidir. Silikon bazlı kök kanal patlarının içeriğinde ayrıca doldurucu materyal olarak gütaperka, gümüş nano partikülleri ve kalsiyum silikat mevcuttur. Bu doldurucu materyaller polimer kavimleri içerisinde yer almalarına rağmen polimerizasyon zinciri içerisinde yer almazlar. Bu da çalışma süresinin anlamlı derecede azalmasında etkilidir (Camargo ve ark. 2017; Tanomaru-Filho ve ark. 2017). AH Plus sertleşmesi sırasında, epoksi rezin aminler ve büyük ağırlıklı moleküller arasında yavaş polimerizasyon gözlenmektedir. Ayrıca içerikteki alifatik ve aromatik aminler de uzayan çalışma süresinde etkilidir (Camargo ve ark. 2017).

Bir kök kanal patının mikrosızıntı potansiyeli uzun dönem çözünme miktarı, su emilimi ve gözenekliliği, sertleşme sırasındaki genişleme oranları, kök dentinine bağlanma şekli, viskozitesi ve tiksotropik özellikleri gibi farklı açılardan da ele alınabilir.

Zhong ve ark. (2019); minimal invaziv enstrümantasyon sonrası modifiye tek kon tekniği ile gerçekleştirdikleri kök kanal dolgularında GuttaFlow Bioseal ve GuttaFlow 2'yi MTA Fillapex'ten daha başarılı bulmuşlardır. Mikro-Ct ile yapılan taramalarda GuttaFlow Bioseal ve GuttaFlow 2 örneklerinde daha az boşluk ve void saptanmıştır; bu durum materyalin tiksotropik özelliklerine bağlanmış; dar kanal ve ince ramifikasyonlara penetrasyonu basınç altında düşen viskozitesi ile ilişkilendirilmiştir.

Akçay ve ark. (2016); konfokal lazer taramalı mikroskop ile yürüttükleri çalışmada AH Plus, MTA Fillapex ve Gutta Flow Bioseal kök kanal patları arasında dentin tübüllerine penetrasyon açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptamamışlardır.

Kalsiyum silikat içeren materyaller partiküllerinde meydana gelen hidrasyon işlemi sebebiyle yüksek su Emilimi ve belirgin gözeneklilik gösterirler (Gandolfi ve ark. 2016, Camargo ve ark. 2017). GuttaFlow Bioseal su absorpsiyon değerleri GuttaFlow 2 ve RoekoSeal gibi silikon esaslı diğer kök kanal patlarından istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla iken; MTA Fillapex ile benzer sonuçlar vermiştir (Gandolfi ve ark. 2016).

Dem ve ark. (2019), bağlanma değerlerini karşılaştırdıkları çalışmada GuttaFlow Bioseal ve Gutta-Flow 2 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir. GuttaFlow Bioseal'in konvansiyonel silikon esaslı bir materyal olan Gutta-Flow 2'den daha yüksek bağlanım değeri göstermesi içeriğindeki kalsiyum silikat partikülleri sayesinde kök dentini ile fiziksel bir bağ kurması ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmada en yüksek bağlanma kuvvet değerleri AH Plus'ta gözlemlenmiştir.

Pedulla ve ark. (2020); BioRoot RCS ve GuttaFlow Bioseal karşılaştırıldığında; kök kanal dolgularında GuttaFlow Bioseal ile doldurulan diş örneklerinde daha az boşluk saptamıştır. Bianco ve ark. (2020); tek kon obtürasyon tekniği ve iki farklı biyoseramik pat ile tamamladıkları kök kanal dolgularını Mikro-Ct ile incelemişlerdir. Çalışmada GuttaFlow Bioseal ve BioRoot RCS benzer örtüleme kapasitesi sergilemiş; kök kanallarında void (boşluk) oluşumu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır.

GuttaFlow Bioseal kök kanal patının zaman içerisinde çözünmesinde anlamlı bir fark meydana gelmemektedir (1. ve 14. gün çalışması) (Khalil ve ark. 2019).

Sonuç olarak,

Endodontide biyoaktif materyal kullanımı gün geçtikçe yaygınlık kazanmakta; pulpa kuafajından apeksifikasyona pek çok alanda klinik kullanıma uygun ticari materyaller tanıtılmaktadır. Bu tür biyoaktif materyallerin üstün sızdırmazlık özellikleri sayesinde basit, öğrenmesi ve gerçekleştirmesi kolay ve daha az zaman gerektiren tek kon doldurma tekniğinin de diğer kanal dolgu teknikleri karşısında popülaritesi artmıştır.

Çalışmamızda, AH Plus ve GuttaFlow Bioseal'in kök kanal patı olarak kullanıldığı diş grupları arasında glikoz filtrasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. AH Plus, klinik kullanımı yaygın; pek çok literatür çalışmasında farklı parametrelerce değerlendirilmiş ve genellikle referans olarak kabul gören bir materyaldir (Tablo 4-3).

Retreatment olgularında farklı aktivasyon teknikleri neticesinde rezidüel dolgu materyalinin kök kanal patlarının adaptasyonuna olan dolaylı etkisini dikkate aldığımızda manuel irrigasyon, sonik ve ultrasonik aktivasyon grupları arasında mikrosızıntı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır (Tablo 4-4).

Örneklerin tümünde zamanla artış gösteren mikrosızıntı gözlemlenmiştir (Tablo 4-5). Pulpa hastalıklarının genel itibari ile enfeksiyöz orijinli olduğu bilgisini göz önünde bulundurursak, yeni geliştirilen kök kanal dolgu materyallerinden enfeksiyona karşı daha etkin olma ve kök kanallarının rekontaminasyonunu önlemede daha aktif rol oynama beklentisi mevcuttur.

KAYNAKLAR

Ahlberg, K. M. F., Assavanop, P. ve Tay, W. M. (1995). A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled teeth. *International Endodontic Journal*, 28(1), 30–34.

Ahmad, M., Pitt Ford, T. R. ve Crum, L. A. (1987). Ultrasonic debridement of root canals: An insight into the mechanisms involved. *Journal of Endodontics*, 13(3), 93–101.

Al-Ghamdi, A. ve Wennberg, A. (1994). Testing of sealing ability of endodontic filling materials. *Dental Traumatology*, 10(6), 249–255.

Akçay, M., Arslan, H., Durmus, N., Mese, M. ve Capar, I. D. (2016). Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers in Surgery and Medicine*, 48(1), 70–76.

Al-Haddad, A. ve Che Ab Aziz, Z. A. (2016). Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International Journal of Biomaterials*, 2016, 1–10.

Al-Madi, E., Al-Saleh, S., Al-Khudairy, R. ve Aba-Hussein, T. (2018). Influence of Iatrogenic Gaps, Cement Type, and Time on Microleakage of Cast Posts Using Spectrophotometer and Glucose Filtration Measurements. *The International Journal of Prosthodontics*, 31(6), 627–633.

Alves, F. R., Marceliano-Alves, M. F., Sousa, J. C. N., Silveira, S. B., Provenzano, J. C. ve Siqueira, J. F. (2016). 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. *Journal of Endodontics*, 42(7), 1114–1119.

Ashraf, H., Faramarzi, F. ve Paymanpour, P. (2013). Sealing Ability of Resilon and MTA as Root-end Filling Materials: A Bacterial and Dye Leakage Study. *Iran Endod J*, 8, 177–181.

Athanassiadis, B., George, G. A., Abbott, P. V. ve Wash, L. J. (2014). A review of the effects of formaldehyde release from endodontic materials. *International Endodontic Journal*, 48(9), 829–838.

Azevedo, M. A. D., Silva, T. G. D., Fernandes, N., Piasecki, L., Fariniuk, L. F. ve Silva Neto, U. X. D. (2020). Endodontic Retreatment Using a Single Instrument from four Nickel-Titanium Systems - A Micro-CT Study. *Brazilian Dental Journal*, 31(6), 605–610.

Bago, I., Plotino, G., Katić, M., Ročan, M., Batinić, M. ve Anić, I. (2020). Evaluation of filling material remnants after basic preparation, apical enlargement and final irrigation in retreatment of severely curved root canals in extracted teeth. *International Endodontic Journal*, 53(7), 962–973.

Bago, I., Suk, M., Katić, M., Gabrić, D. ve Anić, I. (2018). Comparison of the effectiveness of various rotary and reciprocating systems with different surface treatments to remove gutta-percha and an epoxy resin-based sealer from straight root canals. *International Endodontic Journal*, 52(1), 105–113.

Bailon-Sanchez, M., Gonzalez-Castillo, S., Gonzalez-Rodriguez, M., Poyatos-Martinez, R. ve Ferrer-Luque, C. (2011). Intraorifice sealing ability of different materials in endodontically treated teeth. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e105–e109.

Bankoff, S. G. (1958). Entrapment of gas in the spreading of a liquid over a rough surface. *AIChE Journal*, 4(1), 24–26.

Barbosa-Ribeiro, M., Arruda-Vasconcelos, R., Louzada, L. M., dos Santos, D. G., Andreote, F. D. ve Gomes, B. P. F. A. (2020). Microbiological analysis of endodontically treated teeth with apical periodontitis before and after endodontic retreatment. *Clinical Oral Investigations*, 25(4), 2017–2027.

Barletta, F. B., de Sousa Reis, M., Wagner, M., Borges, J. C. ve Dall'Agnol, C. (2008). Computed tomography assessment of three techniques for removal of filling material. *Australian Endodontic Journal*, 34(3), 101–105.

Bartols, A., Bormann, C., Werner, L., Schienle, M., Walther, W. ve Dörfer, C. E. (2020). A retrospective assessment of different endodontic treatment protocols. *PeerJ*, 8, e8495.

Bernardes, R. A., Duarte, M. A. H., Vivan, R. R., Alcalde, M. P., Vasconcelos, B. C. ve Bramante, C. M. (2015). Comparison of three retreatment techniques with ultrasonic activation in flattened canals using micro-computed tomography and scanning electron microscopy. *International Endodontic Journal*, 49(9), 890–897.

Best, S., Porter, A., Thian, E. ve Huang, J. (2008). Bioceramics: Past, present and for the future. *Journal of the European Ceramic Society*, 28(7), 1319–1327.

Beus, C., Safavi, K., Stratton, J. ve Kaufman, B. (2012). Comparison of the Effect of Two Endodontic Irrigation Protocols on the Elimination of Bacteria from Root Canal System: A Prospective, Randomized Clinical Trial. *Journal of Endodontics*, 38(11), 1479–1483.

Bezerra Silva, L., Leonardo, M., Faccioli, L. ve Figueiredo, F. (1997). Inflammatory response to calcium hydroxide based root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 23(2), 86–90.

Bianco, E., Pellegatta, A., Calvelli, C. ve Citterio, C. L. (2020). Evaluation with Micro-CT of the Canal Seal Made with Two Different Bioceramic Cements: Guttaflow Bioseal and Bioroot RCS. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 21(4), 359–366.

Bouillaguet, S., Shaw, L., Barthelemy, J., Krejci, I. ve Wataha, J. C. (2008). Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. *International Endodontic Journal*, 41(3), 219–226.

Boutsioukis, C., Lambrianidis, T. ve Kastrinakis, E. (2009). Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a Computational Fluid Dynamics study. *International Endodontic Journal*, 42(2), 144–155.

Briseno, B. ve Willerhausen, B. (1990). Root canal sealer cytotoxicity on human gingival fibroblasts. I. Zinc oxide-eugenol-based sealers. *Journal of Endodontics*, 16(8), 383–386.

Bueno, C. E. D. S., Rios, M. D. A., Coelho, M. S., Villela, A. M., Martin, A. S. D., Kato, A. S., Alves, V. D. O. ve Cunha, R. S. (2017). Influence of Passive Ultrasonic Irrigation on the Removal of Root Canal Filling Material in Straight Root Canals. *European Endodontic Journal*, 2(1), 10.

Camargo, R. V. D., Silva-Sousa, Y. T. C., Rosa, R. P. F. D., Mazzi-Chaves, J. F., Lopes, F. C., Steier, L. ve Sousa-Neto, M. D. (2017). Evaluation Of The Physicochemical Properties Of Silicone- And Epoxy Resin-Based Root Canal Sealers. *Brazilian Oral Research*, 31(0).

Cameron, J. A. (1988). The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *Journal of Endodontics*, 14(11), 554–559.

Camps, J. ve About, I. (2003). Cytotoxicity Testing of Endodontic Sealers: A New Method. *Journal of Endodontics*, 29(9), 583–586.

Camps, J. ve Pashley, D. (2003). Reliability of the Dye Penetration Studies. *Journal of Endodontics*, 29(9), 592–594.

Çanakçı, B. C., Üstün, Y., Er, O. ve Genc Sen, O. (2016). Evaluation of Apically Extruded Debris from Curved Root Canal Filling Removal Using 5 Nickel-Titanium Systems. *Journal of Endodontics*, 42(7), 1101–1104.

Carvalho-Júnior, J. R., Guimarães, L. F. L., Correr-Sobrinho, L., Pécora, J. D. ve Sousa-Neto, M. D. (2003). Evaluation of solubility, disintegration, and dimensional alterations of a glass ionomer root canal sealer. *Brazilian Dental Journal*, 14(2), 114–118.

Cechella, B., de Almeida, J., Kuntze, M. ve Felipe, W. (2018). Analysis of sealing ability of endodontic cements apical plugs. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 0.

Chen, S. C., Chueh, L. H., Hsiao, C. K., Wu, H. P. ve Chiang, C. P. (2008). First Untoward Events and Reasons for Tooth Extraction after Nonsurgical Endodontic Treatment in Taiwan. *Journal of Endodontics*, 34(6), 671–674.

Chen, S., Chueh, L., Katehsiao, C., Tsai, M., Ho, S. ve Chiang, C. (2007). An Epidemiologic Study of Tooth Retention After Nonsurgical Endodontic Treatment in a Large Population in Taiwan. *Journal of Endodontics*, 33(3), 226–229.

Chércoles-Ruiz, A., Sánchez-Torres, A. ve Gay-Escoda, C. (2017). Endodontics, Endodontic Retreatment, and Apical Surgery Versus Tooth Extraction and Implant Placement: A Systematic Review. *Journal of Endodontics*, 43(5), 679–686.

Cheung, A. W. T., Lee, A. H. C. ve Cheung, G. S. P. (2021). Clinical efficacy of activated irrigation in endodontics: a focused review. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 46(1).

Chow, T. W. (1983). Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *Journal of Endodontics*, 9(11), 475–479.

Chubb, D. W. R. (2019). A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. *Australian Endodontic Journal*, 45(1), 5–11.

Cohenca, N., Silva, L. A. B., Silva, R. A. B., Nelson-Filho, P., Heilborn, C., Watanabe, E. ve Saraiva, M. C. P. (2013). Microbiological Evaluation of Different Irrigation Protocols on Root Canal Disinfection in Teeth with Apical Periodontitis: An In Vivo Study. *Brazilian Dental Journal*, 24(5), 467–473.

Collado-González, M., Tomás-Catalá, C. J., Oñate-Sánchez, R. E., Moraleda, J. M. ve Rodríguez-Lozano, F. J. (2017). Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AH Plus on Human Periodontal Ligament Stem Cells. *Journal of Endodontics*, 43(5), 816–822.

Crozeta, B. M., Silva-Sousa, Y. T. C., Leoni, G. B., Mazzi-Chaves, J. F., Fantinato, T., Baratto-Filho, F. ve Sousa-Neto, M. D. (2016). Micro-Computed Tomography Study of Filling Material Removal from Oval-shaped Canals by Using Rotary, Reciprocating, and Adaptive Motion Systems. *Journal of Endodontics*, 42(5), 793–797.

Çalt-Tarhan, S. ve Uzunoğlu, E. (2010) Kök Kanal Dolgu Maddeleri. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*, 1, 1-15.

Dastorani, M., Malekpour, B., AminSobhani, M., Alemrajabi, M., Mahdian, A. ve Malekpour, B. (2021). Comparison of bacterial microleakage of three bioactive endodontic sealers in simulated underwater diving and aviation conditions. *BMC Oral Health*, 21(1).

Decurcio, D. A., Rossi-Fedele, G., Estrela, C., Pulikkotil, S. J. ve Nagendrababu, V. (2019). Machine-assisted Agitation Reduces Postoperative Pain during Root Canal Treatment: A Systematic Review and Meta-analysis from Randomized Clinical Trials. *Journal of Endodontics*, 45(4), 387–393.e2.

de Freitas, J. V., Ebert, J., Mazzi-Chaves, J. F., de Sousa-Neto, M. D., Lohbauer, U. ve Baratto-Filho, F. (2020). Do Contaminating Substances Influence the Rheological Properties of Root Canal Sealers? *Journal of Endodontics*, 46(2), 258–263.

de Souza, P. F., Goncalves, L. C. O., Marques, A. A. F., Junior, E. C. S., Garcia, L. D. F. R. ve de Carvalho, F. M. A. (2015). Root canal retreatment using reciprocating and continuous rotary nickel-titanium instruments. *European Journal of Dentistry*, 09(02), 234–239.

De-Deus, G., Brandão, M. C., Fidel, R. A. S. ve Fidel, S. R. (2007). The sealing ability of GuttaFlow™ in oval-shaped canals: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *International Endodontic Journal*, 40(10), 794–799.

Delfino, M. M., Guerreiro-Tanomaru, J. M., Tanomaru-Filho, M., Sasso-Cerri, E. ve Cerri, P. S. (2020). Immunoinflammatory response and bioactive potential of GuttaFlow bioseal and MTA Fillapex in the rat subcutaneous tissue. *Scientific Reports*, 10(1).

Dem, K., Wu, Y., Kaminga, A. C., Dai, Z., Cao, X. ve Zhu, B. (2019). The push out bond strength of polydimethylsiloxane endodontic sealers to dentin. *BMC Oral Health*, 19(1).

Desai, P. ve Himel, V. (2009). Comparative Safety of Various Intracanal Irrigation Systems. *Journal of Endodontics*, 35(4), 545–549.

Desai, S. ve Chandler, N. (2009). Calcium Hydroxide-Based Root Canal Sealers: A Review. *Journal of Endodontics*, 35(4), 475–480.

Dinçer, A. N., Er, O. ve Çanakcı, B. C. (2015). Evaluation of apically extruded debris during root canal retreatment with several NiTi systems. *International Endodontic Journal*, 48(12), 1194–1198.

Donnermeyer, D., Bürklein, S., Dammaschke, T. ve Schäfer, E. (2019). Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*, 107(4), 421–436.

Douglas, W. H. ve Zakariasen, K. L. (1981). Volumetric Assessment of Apical Leakage Utilizing a Spectrophotometric DyeRecovery Method. *J Dent Res*, 60, 438.

Dugas, N., Lawrence, H., Teplitsky, P. ve Friedman, S. (2002). Quality of Life and Satisfaction Outcomes of Endodontic Treatment. *Journal of Endodontics*, 28(12), 819–827.

Elayouti, A., Achleithner, C., Löst, C. ve Weiger, R. (2005). Homogeneity and Adaptation of a New Gutta-Percha Paste to Root Canal Walls. *Journal of Endodontics*, 31(9), 687–690.

Estrela, C., Bueno, M. R., Leles, C. R., Azevedo, B. ve Azevedo, J. R. (2008). Accuracy of Cone Beam Computed Tomography and Panoramic and Periapical Radiography for Detection of Apical Periodontitis. *Journal of Endodontics*, 34(3), 273–279.

Farzaneh, M., Abitbol, S. ve Friedman, S. (2004). Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study. Phases I and II: Orthograde Retreatment. *Journal of Endodontics*, 30(9), 627–633.

Franz, C., Stiles, M. E., Schleifer, K. H. ve Holzapfel, W. H. (2003). Enterococci in foods-a conundrum for food safety. *International Journal of Food Microbiology*, 88(2–3), 105–122.

Friedman, S. ve Mor, C. (2004). The success of endodontic therapy-healing and functionality. *J Calif Dent Assoc*, 32(6), 493–503.

Friedman, S., Moshonov, J. ve Trope, M. (1992). Efficacy of removing glass ionomer cement, zinc oxide eugenol, and epoxy resin sealers from retreated root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 73(5), 609–612.

Fruchi, L. D. C., Ordinola-Zapata, R., Cavenago, B. C., Hungaro Duarte, M. A., da Silveira Bueno, C. E. ve de Martin, A. S. (2014). Efficacy of Reciprocating Instruments for Removing Filling Material in Curved Canals Obturated with a Single-cone Technique: A Micro-computed Tomographic Analysis. *Journal of Endodontics*, 40(7), 1000–1004.

Fuss, Z., Lustig, J. ve Tamse, A. (1999). Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. *International Endodontic Journal*, 32(4), 283–286.

Galvan, D. A., Ciarlone, A. E., Pashley, D. H., Kulild, J. C., Primack, P. D. ve Simpson, M. D. (1994). Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of human roots. *Journal of Endodontics*, 20(2), 83–86.

Gandolfi, M. G., Siboni, F. ve Prati, C. (2016). Properties of a novel polysiloxane-guttapercha calcium silicate-bioglass-containing root canal sealer. *Dental Materials*, 32(5), e113–e126.

Göktürk, H., Ozkocak, I. ve Büyükgebiz, F. (2020). Effect of different chelating agents on the bond strength of a silicone-based root canal sealer to root dentin. *Journal of Conservative Dentistry*, 23(2), 158.

Gomes, N. N., Carvalho, G. M. D., Sponchiado Junior, E. C., Garcia, L. D. F. R., Marques, A. A. F. ve Carvalho, F. M. A. D. (2017). Filling Material Removal with Reciprocating and Rotary Systems Associated with Passive Ultrasonic Irrigation. *European Endodontic Journal*. Published.

Gorni, F. ve Gagliani, M. (2004). The Outcome of Endodontic Retreatment: A 2-yr Follow-up. *Journal of Endodontics*, 30(1), 1–4.

Gu, L. S., Kim, J. R., Ling, J., Choi, K. K., Pashley, D. H. ve Tay, F. R. (2009). Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *Journal of Endodontics*, 35(6), 791–804.

Gulabivala, K., Ng, Y. L., Gilbertson, M. ve Eames, I. (2010). The fluid mechanics of root canal irrigation. *Physiological Measurement*, 31(12), R49–R84.

Gulabivala, K., Patel, B., Evans, G. ve Ng, Y. L. (2005). Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic Topics*, 10(1), 103–122.

Ha, W., Kahler, B. ve Walsh, L. J. (2017). Classification and Nomenclature of Commercial Hygroscopic Dental Cements. *European Endodontic Journal*, 2(1), 27.

Hassanloo, A., Watson, P., Finer, Y. ve Friedman, S. (2007). Retreatment efficacy of the Epiphany soft resin obturation system. *International Endodontic Journal*, 40(8), 633–643.

Hauman, C. H. J. ve Love, R. M. (2003). Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 2. Root-canal-filling materials. *International Endodontic Journal*, 36(3), 147–160.

Helvacioğlu-Yigit, D., Yılmaz, A., Kızıltas-Sendur, G., Aslan, O. S. ve Abbott, P. V. (2014). Efficacy of reciprocating and rotary systems for removing root filling material: A micro-computed tomography study. *Scanning*, 36(6), 576–581.

Hench, L. L. (1991). Bioceramics: From Concept to Clinic. *Journal of the American Ceramic Society*, 74(7), 1487–1510.

Hoikkala, N.-P. J., Wang, X., Hupa, L., Smått, J.-H., Peltonen, J. ve Vallittu, P. K. (2018). Dissolution and mineralization characterization of bioactive glass ceramic containing endodontic sealer Guttaflow Bioseal. *Dental Materials Journal*, 37(6), 988–994.

Holliday, R. ve Alani, A. (2014). Traditional and contemporary techniques for optimizing root canal irrigation. *Dental Update*, 41(1), 51–61.

Hülsmann, M., Heckendorff, M. ve Lennon, Á. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal*, 36(12), 810–830.

Huffaker, S. K., Safavi, K., Spangberg, L. S. ve Kaufman, B. (2010). Influence of a Passive Sonic Irrigation System on the Elimination of Bacteria from Root Canal Systems: A Clinical Study. *Journal of Endodontics*, 36(8), 1315–1318.

Imura, N., Pinheiro, E. T., Gomes, B. P. F. A., Zaia, A. A., Ferraz, C. C. R. ve Souza-Filho, F. J. (2007). The Outcome of Endodontic Treatment: A Retrospective Study of 2000 Cases Performed by a Specialist. *Journal of Endodontics*, 33(11), 1278–1282.

Jacobson, S. M. ve von Fraunhofer, J. A. (1976). The investigation of microleakage in root canal therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 42(6), 817–823.

Jafari, F. ve Jafari, S. (2017a). Composition and physicochemical properties of calcium silicate based sealers: A review article. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, e1249–e1255.

Jafari, F. ve Jafari, S. (2017b). Importance and methodologies of endodontic microleakage studies: A systematic review. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(6), 812–819.

Jainaen, A., Palamara, J. E. A. ve Messer, H. H. (2007). Push-out bond strengths of the dentine–sealer interface with and without a main cone. *International Endodontic Journal*, 40(11), 882–890.

Jensen, S. A., Walker, T. L., Hutter, J. W. ve Nicoll, B. K. (1999). Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of Endodontics*, 25(11), 735–738.

Jesus, S. F. D., Cohenca, N., Romualdo, P. C., Nelson-Filho, P., Queiroz, A. M. D., Sousa-Neto, M. D., Paula-Silva, F. W. G. ve Silva, L. A. B. D. (2019). Radiographic and Immunohistochemical Evaluation of Root Canal Treatment Using Different Irrigation Systems. *Brazilian Dental Journal*, 30(2), 123–132.

Jiang, L. M., Lak, B., Eijsvogels, L. M., Wesselink, P. ve van der Sluis, L. W. M. (2012). Comparison of the Cleaning Efficacy of Different Final Irrigation Techniques. *Journal of Endodontics*, 38(6), 838–841.

JOE Editorial Board. (2008). Success and Failure in Endodontics: An Online Study Guide. *Journal of Endodontics*, 34(5), e1–e6.

Takehashi, S., Stanley, H. R. ve Fitzgerald, R. J. (1965). The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 20(3), 340–349.

Kalfas, S., Figdor, D. ve Sundqvist, G. (2001). A new bacterial species associated with failed endodontic treatment: Identification and description of *Actinomyces radicidentis*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 92(2), 208–214.

Kaloustian, M. K., Nehme, W., el Hachem, C., Zogheib, C., Ghosn, N., Mallet, J. P., Diemer, F. ve Naaman, A. (2019). Evaluation of two shaping systems and two sonic irrigation devices in removing root canal filling material from distal roots of mandibular molars assessed by micro CT. *International Endodontic Journal*, 52(11), 1635–1644.

Karagenç, B., Gençoğlu, N., Ersoy, M., Cansever, G. ve Külekçi, G. (2006). A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal

fillings. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 102(1), 110–113.

Kaşıkcı Bilgi, İ., Köseler, İ., Güneri, P., Hülsmann, M. ve Çalışkan, M. K. (2016). Efficiency and apical extrusion of debris: a comparative ex vivo study of four retreatment techniques in severely curved root canals. *International Endodontic Journal*, 50(9), 910–918.

Keçeci, A. D., Kaya, B. U. ve Belli, S. (2010). Corono-apical leakage of various root filling materials using two different penetration modelsâ□□A 3-month study. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 92B(1), 261–267.

Keleş, A., Şimşek, N., Alçın, H., Ahmetoğlu, F. ve Yoloğlu, S. (2014). Retreatment of flat-oval root canals with a self-adjusting file: An SEM study. *Dental Materials Journal*, 33(6), 786–791.

Kersten, H. W., Tencate, J. M., Exterkate, R. A. M., Moorer, W. R. ve Velzen, S. K. T. (1988). A standardized leakage test with curved root canals in artificial dentine. *International Endodontic Journal*, 21(3), 191–199.

Khalil, M., Elmallah, S. ve Abdelrahman, M. (2019). Bond strength and solubility of a novel polydimethylsiloxane-gutta-percha calcium silicate-containing root canal sealer. *Dental and Medical Problems*, 56(2), 161–165.

Kim, Y. K., Grandini, S., Ames, J. M., Gu, L. S., Kim, S. K., Pashley, D. H., Gutmann, J. L. ve Tay, F. R. (2010). Critical Review on Methacrylate Resin-based Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 36(3), 383–399.

Klyn, S. L., Kirkpatrick, T. C. ve Rutledge, R. E. (2010). In Vitro Comparisons of Debris Removal of the EndoActivator™ System, the F File™, Ultrasonic Irrigation, and NaOCl Irrigation Alone after Hand-rotary Instrumentation in Human Mandibular Molars. *Journal of Endodontics*, 36(8), 1367–1371.

Koch, K., Brave, D. ve Nasseh, A. A. (2012). A review of bioceramic technology in endodontics. *Roots*, 4, 6–12.

Kojima, K., Inamoto, K., Nagamatsu, K., Hara, A., Nakata, K., Morita, I., Nakagaki, H. ve Nakamura, H. (2004). Success rate of endodontic treatment of teeth

with vital and nonvital pulps. A meta-analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 97(1), 95–99.

Komabayashi, T., Colmenar, D., Cvach, N., Bhat, A., Primus, C. ve Imai, Y. (2020). Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental Materials Journal*, 39(5), 703–720.

Krell, K. V., Johnson, R. J. ve Madison, S. (1988). Irrigation patterns during ultrasonic canal instrumentation. Part I. K-type files. *Journal of Endodontics*, 14(2), 65–68.

Kvist, T. ve Reit, C. (1999). Results of endodontic retreatment: A randomized clinical study comparing surgical and nonsurgical procedures. *Journal of Endodontics*, 25(12), 814–817.

Lazarski, M., Walkeriii, W., Flores, C., Schindler, W. ve Hargreaves, K. (2001). Epidemiological Evaluation of the Outcomes of Nonsurgical Root Canal Treatment in a Large Cohort of Insured Dental Patients. *Journal of Endodontics*, 27(12), 791–796.

Lee, S. H., Oh, S., Al-Ghamdi, A. S., Mandorah, A. O., Kum, K.-Y. ve Chang, S. W. (2020). Sealing Ability of AH Plus and GuttaFlow Bioseal. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, 2020, 1–8.

Lee, S. J., Wu, M. K. ve Wesselink, P. R. (2004). The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *International Endodontic Journal*, 37(9), 607–612.

Leonardo, M., Dasilva, L., Filho, M., Bonifacio, K. ve Ito, I. (2000). In Vitro Evaluation of Antimicrobial Activity of Sealers and Pastes Used in Endodontics. *Journal of Endodontics*, 26(7), 391–394.

Liang, Y. H., Jiang, L. M., Jiang, L., Chen, X. B., Liu, Y. Y., Tian, F. C., Bao, X. D., Gao, X. J., Versluis, M., Wu, M. K. ve van der Sluis, L. (2013). Radiographic Healing after a Root Canal Treatment Performed in Single-rooted Teeth with and without Ultrasonic Activation of the Irrigant: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Endodontics*, 39(10), 1218–1225.

Lin, S., Sabbah, W., Sedgley, C. M. ve Whitten, B. (2015). A Survey for Endodontists in Today's Economy: Exploring the Current State of Endodontics as a

Profession and the Relationship between Endodontists and Their Referral Base. *Journal of Endodontics*, 41(3), 325–332.

Loest, C. (2006). Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *International Endodontic Journal*, 39(12), 921–930.

Lothamer, C. W., Anderson, A., Hetzel, S. J., Adrian, A. I., Snyder, C., Goldschmidt, S. ve Soukup, J. W. (2017). Apical Microleakage in Root Canals Obturated With 2 Different Endodontic Sealer Systems in Canine Teeth of Dogs. *Journal of Veterinary Dentistry*, 34(2), 86–91.

Lottanti, S., Gautschi, H., Sener, B. ve Zehnder, M. (2009). Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *International Endodontic Journal*, 42(4), 335–343.

Lu, Y., Wang, R., Zhang, L., Li, H. L., Zheng, Q. H., Zhou, X. D. ve Huang, D. M. (2013). Apically extruded debris and irrigant with two Ni-Ti systems and hand files when removing root fillings: a laboratory study. *International Endodontic Journal*, 46(12), 1125–1130.

Ma, J., Al-Ashaw, A. J., Shen, Y., Gao, Y., Yang, Y., Zhang, C. ve Haapasalo, M. (2012). Efficacy of ProTaper Universal Rotary Retreatment System for Gutta-percha Removal from Oval Root Canals: A Micro-Computed Tomography Study. *Journal of Endodontics*, 38(11), 1516–1520.

Martin, H., Cunningham, W. T., Norris, J. P. ve Cotton, W. R. (1980). Ultrasonic versus hand filing of dentin: A quantitative study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 49(1), 79–81.

Martinho, F. C., Freitas, L. F., Nascimento, G. G., Fernandes, A. M., Leite, F. R. M., Gomes, A. P. M. ve Camões, I. C. G. (2014). Endodontic retreatment: clinical comparison of reciprocating systems versus rotary system in disinfecting root canals. *Clinical Oral Investigations*, 19(6), 1411–1417.

Martins, M. P., Duarte, M. A. H., Cavenago, B. C., Kato, A. S. ve da Silveira Bueno, C. E. (2017). Effectiveness of the ProTaper Next and Reciproc Systems in Removing Root Canal Filling Material with Sonic or Ultrasonic Irrigation: A Micro-computed Tomographic Study. *Journal of Endodontics*, 43(3), 467–471.

McGill, S., Gulabivala, K., Mordan, N. ve Ng, Y. L. (2008). The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *International Endodontic Journal*, 41(7), 602–608.

Metzger, Z., Teperovich, E., Zary, R., Cohen, R. ve Hof, R. (2010). The Self-adjusting File (SAF). Part 1: Respecting the Root Canal Anatomy - A New Concept of Endodontic Files and Its Implementation. *Journal of Endodontics*, 36(4), 679–690.

Michelotto, A. L. D. C., Gasparetto, J. C., Campos, F. R., Sydney, G. B. ve Pontarolo, R. (2015). Applying liquid chromatography-tandem mass spectrometry to assess endodontic sealer microleakage. *Brazilian Oral Research*, 29(1).

Middha, M., Sangwan, P., Tewari, S. ve Duhan, J. (2016). Effect of continuous ultrasonic irrigation on postoperative pain in mandibular molars with nonvital pulps: a randomized clinical trial. *International Endodontic Journal*, 50(6), 522–530.

Miletic, I., Prpic-Mehicic, G., Marsan, T., Tambic-Andrasevic, A., Plesko, S., Karlovic, Z. ve Anic, I. (2002). Bacterial and fungal microleakage of AH26 and AH Plus root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 35(5), 428–432.

Möller, Å. J. R., Fabricius, L., Dahlén, G., Öhman, A. E. ve Heyden, G. (1981). Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *European Journal of Oral Sciences*, 89(6), 475–484.

Morfis, A., Sylaras, S., Georgopoulou, M., Kernani, M. ve Prountzos, F. (1994). Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 77(2), 172–176.

Muliyar, S., Shameem, K. A., Thankachan RP, Francis, P. G., Jayapalan, C. S. ve Hafiz, K. A. (2014). Microleakage in endodontics. *J Int Oral Health*, 6(6), 99–104.

Munley, P. J. ve Goodell, G. G. (2007). Comparison of Passive Ultrasonic Debridement Between Fluted and Nonfluted Instruments in Root Canals. *Journal of Endodontics*, 33(5), 578–580.

Nair, P. N. R. (2006). On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *International Endodontic Journal*, 39(4), 249–281.

Neelakantan, P., Ahmed, H. M. A., Wong, M. C. M., Matinlinna, J. P. ve Cheung, G. S. P. (2018). Effect of root canal irrigation protocols on the dislocation resistance of mineral trioxide aggregate-based materials: A systematic review of laboratory studies. *International Endodontic Journal*, 51(8), 847–861.

Ng, Y. L., Mann, V. ve Gulabivala, K. (2010). Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *International Endodontic Journal*, 43(3), 171–189.

Ng, Y. L., Mann, V. ve Gulabivala, K. (2011). A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 2: tooth survival. *International Endodontic Journal*, 44(7), 610–625.

Ng, Y. L., Mann, V., Rahbaran, S., Lewsey, J. ve Gulabivala, K. (2007). Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *International Endodontic Journal*, 40(12), 921–939.

Olczak, K. ve Pawlicka, H. (2017). Evaluation of the Sealing Ability of Three Obturation Techniques Using a Glucose Leakage Test. *BioMed Research International*, 2017, 1-8.

Oliver, C. M. ve Abbott, P. V. (2001). Correlation between clinical success and apical dye penetration. *International Endodontic Journal*, 34(8), 637–644.

Orstavik, D. (2005). Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics*, 12(1), 25–38.

Oruçoğlu, H., Sengun, A. ve Yilmaz, N. (2005). Apical Leakage of Resin Based Root Canal Sealers with a New Computerized Fluid Filtration Meter. *Journal of Endodontics*, 31(12), 886–890.

Özcan, E., Eldeniz, A. N. ve Aydınbelge, H. A. (2013). Assessment of the sealing abilities of several root canal sealers and filling methods. *Acta Odontologica Scandinavica*, 71(6), 1362–1369.

Özlek, E., Gündüz, H., Akkol, E. ve Neelakantan, P. (2020). Dentin moisture conditions strongly influence its interactions with bioactive root canal sealers. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 45(2).

Park, S. Y., Kang, M. K., Choi, H. W. ve Shon, W. J. (2020). Comparative Analysis of Root Canal Filling Debris and Smear Layer Removal Efficacy Using Various Root Canal Activation Systems during Endodontic Retreatment. *Medicina*, 56(11), 615.

Pashley, D. H., Thompson, S. M. ve Stewart, F. P. (1983). Dentin Permeability: Effects of Temperature on Hydraulic Conductance. *Journal of Dental Research*, 62(9), 956–959.

Pashley, D., Michelich, V. ve Kehl, T. (1981). Dentin permeability: Effects of smear layer removal. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 46(5), 531–537.

Patel, S., Arias, A., Whitworth, J. ve Mannocci, F. (2020). Outcome of endodontic treatment – the elephant in the room. *International Endodontic Journal*, 53(3), 291–297.

Pedullà, E., Abiad, R. S., Conte, G., Khan, K., Lazaridis, K., Rapisarda, E. ve Neelakantan, P. (2019). 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. *International Endodontic Journal*, 52(9), 1377–1387.

Pedullà, E., Abiad, R. S., Conte, G., La Rosa, G. R. M., Rapisarda, E. ve Neelakantan, P. (2020). Root fillings with a matched-taper single cone and two calcium silicate-based sealers: an analysis of voids using micro-computed tomography. *Clinical Oral Investigations*, 24(12), 4487–4492.

Pesse, A. V., Warriar, G. R. ve Dhir, V. K. (2005). An experimental study of the gas entrapment process in closed-end microchannels. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48(25–26), 5150–5165.

Peters, O. A., Bardsley, S., Fong, J., Pandher, G. ve DiVito, E. (2011). Disinfection of Root Canals with Photon-initiated Photoacoustic Streaming. *Journal of Endodontics*, 37(7), 1008–1012.

Plotino, G., Pameijer, C., Mariagrande, N. ve Somma, F. (2007). Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *Journal of Endodontics*, 33(2), 81–95.

Pommel, L. ve Camps, J. (2001). Effects of Pressure and Measurement Time on the Fluid Filtration Method in Endodontics. *Journal of Endodontics*, 27(4), 256–258.

Pommel, L., Jacquot, B. ve Camps, J. (2001). Lack of Correlation among Three Methods for Evaluation of Apical Leakage. *Journal of Endodontics*, 27(5), 347–350.

Prada, I., Mico-Munoz, P., Giner-Lluesma, T., Mico-Martinez, P., Collado-Castellano, N. ve Manzano-Saiz, A. (2019). Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e364–e372.

Prati, C. ve Gandolfi, M. G. (2015). Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dental Materials*, 31(4), 351–370.

Raghavendra, S. S., Jadhav, G. R., Gathani, K. M. ve Kotadia, P. (2017). Bioceramics in Endodontics- A Review. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 51(0).

Rathore, V. S., Patil, P., Hotkar, C., Savgave, S., Raghavendra, K. ve Ingale, P. (2016). A comparison of apical sealing ability between GuttaFlow and AH Plus: An in vitro study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 6(4), 377.

Rios, M. A., Villela, A. M., Cunha, R. S., Velasco, R. C., de Martin, A. S., Kato, A. S. ve Bueno, C. E. S. (2014). Efficacy of 2 Reciprocating Systems Compared with a Rotary Retreatment System for Gutta-percha Removal. *Journal of Endodontics*, 40(4), 543–546.

Robinson, H. B. G. ve Boling, L. R. (1941). The Anachoretic Effect in Pulpitis I. Bacteriologic Studies. *The Journal of the American Dental Association*, 28(2), 268–282.

Rödig, T., Reicherts, P., Konietschke, F., Dullin, C., Hahn, W. ve Hülsmann, M. (2014). Efficacy of reciprocating and rotary NiTi instruments for retreatment of curved root canals assessed by micro-CT. *International Endodontic Journal*, 47(10), 942–948.

Roggendorf, M. J., Legner, M., Ebert, J., Fillery, E., Frankenberger, R. ve Friedman, S. (2010). Micro-CT evaluation of residual material in canals filled with Activ GP or GuttaFlow following removal with NiTi instruments. *International Endodontic Journal*, 43(3), 200–209.

Rossi-Fedele, G. ve Ahmed, H. M. A. (2017). Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review. *Journal of Endodontics*, 43(4), 520–526.

Ruiz-Linares, M., Baca, P., Arias-Moliz, M. T., Ternero, F. J., Rodríguez, J. ve Ferrer-Luque, C. M. (2019). Antibacterial and antibiofilm activity over time of GuttaFlow Bioseal and AH Plus. *Dental Materials Journal*, 38(5), 701–706.

Sabins, R., Johnson, J. ve Hellstein, J. (2003). A Comparison of the Cleaning Efficacy of Short-Term Sonic and Ultrasonic Passive Irrigation after Hand Instrumentation in Molar Root Canals. *Journal of Endodontics*, 29(10), 674–678.

Sağlam, B. C., Kocak, M. M., Kocak, S. ve Turker, S. A. (2016). Cleaning efficacy of reciprocal and rotary systems in the removal of root canal filling material. *Journal of Conservative Dentistry*, 19(2), 184.

Salehrabi, R. ve Rotstein, I. (2004). Endodontic Treatment Outcomes in a Large Patient Population in the USA: An Epidemiological Study. *Journal of Endodontics*, 30(12), 846–850.

Salman, M. I., Baumann, M. A., Hellmich, M., Roggendorf, M. J. ve Termaat, S. (2010). SEM evaluation of root canal debridement with Sonicare CanalBrush irrigation. *International Endodontic Journal*, 43(5), 363–369.

Santos, J. M., Pereira, S., Sequeira, D. B., Messias, A. L., Martins, J. B., Cunha, H., Palma, P. J. ve Santos, A. C. (2019). Biocompatibility of a bioceramic silicone-based sealer in subcutaneous tissue. *Journal of Oral Science*, 61(1), 171–177.

Savariz, A., Gonzalez-Rodriguez, M. ve Ferrer-Luque, C. (2010). Long-term sealing ability of GuttaFlow versus Ah Plus using different obturation techniques. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e936–e941.

Saygılı, G., Saygılı, S., Tuğlu, I. ve Çapar, I. D. (2017). In Vitro Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow 2, AH-Plus and MTA Fillapex. *Iranian Endodontic Journal*, 12(3), 354–359.

Schafer, E. ve Olthoff, G. (2002). Effect of Three Different Sealers on the Sealing Ability of Both Thermafil Obturators and Cold Laterally Compacted Gutta-Percha. *Journal of Endodontics*, 28(9), 638–642.

Schafer, E. ve Zandbiglari, T. (2003). Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *International Endodontic Journal*, 36(10), 660–669.

Schilder, H. (2006). Filling Root Canals in Three Dimensions. *Journal of Endodontics*, 32(4), 281–290.

Schoeffel, G. J. (2008). The EndoVac method of endodontic irrigation, part 2- efficacy. *Dentist Today*, 27(1), 82–86.

Sedgley, C. M., Nagel, A. C., Hall, D. ve Applegate, B. (2005). Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *International Endodontic Journal*, 38(2), 97–104.

Shanahan, D. J. ve Duncan, H. F. (2011). Root canal filling using Resilon: a review. *British Dental Journal*, 211(2), 81–88.

Shemesh, H., van den Bos, M., Wu, M. K. ve Wesselink, P. R. (2007). Glucose penetration and fluid transport through coronal root structure and filled root canals. *International Endodontic Journal*, 40(11), 866–872.

Shemesh, H., Wu, M. K. ve Wesselink, P. R. (2006). Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: a two-month longitudinal ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 39(12), 968–976.

Silva, E. J. N. L., Orlowsky, N. B., Herrera, D. R., Machado, R., Krebs, R. L. ve Coutinho-Filho, T. D. S. (2014). Effectiveness of rotatory and reciprocating movements in root canal filling material removal. *Brazilian Oral Research*, 29(1), 01–06.

Silva, E. J. N. L., Sá, L., Belladonna, F. G., Neves, A. A., Accorsi-Mendonça, T., Vieira, V. T., De-Deus, G. ve Moreira, E. J. (2014). Reciprocating Versus Rotary Systems for Root Filling Removal: Assessment of the Apically Extruded Material. *Journal of Endodontics*, 40(12), 2077–2080.

Silveira, S. B., Alves, F. R., Marceliano-Alves, M. F., Sousa, J. C. N., Vieira, V. T., Siqueira, J. F., Lopes, H. P. ve Provenzano, J. C. (2018). Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Mani GPR or HyFlex NT Followed by Passive Ultrasonic Irrigation. *Journal of Endodontics*, 44(2), 299–303.e1.

Simon, J. H. S., Chimenti, R. A. ve Mintz, G. A. (1982). Clinical significance of the pulse granuloma. *Journal of Endodontics*, 8(3), 116–119.

Siqueira, J. F. (2001). Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *International Endodontic Journal*, 34(1), 1–10.

Siqueira, J. F. ve Rôças, I. N. (2004). Polymerase chain reaction–based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 97(1), 85–94.

Siqueira, J. F. ve Rôças, I. N. (2008). Clinical Implications and Microbiology of Bacterial Persistence after Treatment Procedures. *Journal of Endodontics*, 34(11), 1291–1301.

Sjögren, U., Figdor, D., Persson, S. ve Sundqvist, G. (1997). Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International Endodontic Journal*, 30(5), 297–306.

Sjögren, U., Hägglund, B., Sundqvist, G. ve Wing, K. (1990). Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, 16(10), 498–504.

Strindberg, L. Z. (1956). The dependence of the results of pulp therapy on certain factors. An analytic study based on radiographic and clinical follow-up examination. *Acta Odontol Scand*, 14(suppl. 21).

Sundqvist, G., Figdor, D., Persson, S. ve Sjögren, U. (1998). Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 85(1), 86–93.

Susini, G., Pommel, L., About, I. ve Camps, J. (2006). Lack of correlation between ex vivo apical dye penetration and presence of apical radiolucencies. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 102(3), e19–e23.

Tabrizizadeh, M., Kazemipoor, M., Hekmati-Moghadam, S. ve Hakimian, R. (2014). Impact of root canal preparation size and taper on coronal-apical micro-leakage using glucose penetration method. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, e344-9.

Tanomaru-Filho, M., Torres, F. F. E., Chávez-Andrade, G. M., de Almeida, M., Navarro, L. G., Steier, L. ve Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2017). Physicochemical

Properties and Volumetric Change of Silicone/Bioactive Glass and Calcium Silicate–based Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, 43(12), 2097–2101.

Tay, F. R., Gu, L. S., Schoeffel, G. J., Wimmer, C., Susin, L., Zhang, K., Arun, S. N., Kim, J., Looney, S. W. ve Pashley, D. H. (2010). Effect of Vapor Lock on Root Canal Debridement by Using a Side-vented Needle for Positive-pressure Irrigant Delivery. *Journal of Endodontics*, 36(4), 745–750.

Taylor, M. J. ve Lynch, E. (1992). Microleakage. *Journal of Dentistry*, 20(1), 3-10.

Timpawat, S., Amornchat, C. ve Trisuwan, W. (2001). Bacterial Coronal Leakage after Obturation with Three Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 27(1), 36–39.

Topçuoğlu, H. S., Demirbuga, S. ve Topçuoğlu, G. (2019). Evaluation of apically extruded debris during the removal of canal filling material using three different Ni-Ti systems and hand files in teeth with simulated apical root resorption. *International Endodontic Journal*, 53(3), 403–409.

Torabinejad, M. ve Walton, R. (2011). *Endodonti Temel İlkeler ve Uygulamalar* (4th ed.). İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri. pp.45-46

Tronstad, L., Barnett, F., Schwartzben, L. ve Frasca, P. (1985). Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Dental Traumatology*, 1(2), 69–76.

Trope, M., Bunes, A. ve Debelian, G. (2015). Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? *Endodontic Topics*, 32(1), 86–96.

Tzimpoulas, N. E., Alisafis, M. G., Tzanetakis, G. N. ve Kontakiotis, E. G. (2012). A Prospective Study of the Extraction and Retention Incidence of Endodontically Treated Teeth with Uncertain Prognosis after Endodontic Referral. *Journal of Endodontics*, 38(10), 1326–1329.

Üstün, Y., Topçuoğlu, H. S., Düzgün, S. ve Kesim, B. (2014). The effect of reciprocation versus rotational movement on the incidence of root defects during retreatment procedures. *International Endodontic Journal*, 48(10), 952–958.

Uzunoğlu, E. ve Türker, S. A. (2016). Impact of different file systems on the amount of apically extruded debris during endodontic retreatment. *European Journal of Dentistry*, 10(02), 210–214.

Vasiliadis, L., Kodonas, K., Economides, N., Gogos, C. ve Stavrianos, C. (2010). Short- and long-term sealing ability of Gutta-flow and AH-Plus using an ex vivo fluid transport model. *International Endodontic Journal*, 43(5), 377–381.

Verissimo, D. M. ve Vale, M. S. (2006). Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *Journal of Oral Science*, 48(3), 93–98.

Vire, D. E. (1991). Failure of endodontically treated teeth: Classification and evaluation. *Journal of Endodontics*, 17(7), 338–342.

Walmsley, A. D. (1987). Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *International Endodontic Journal*, 20(3), 105–111.

Walmsley, A. D., Lumley, P. J. ve Laird, W. R. E. (1989). The oscillatory pattern of sonically powered endodontic files. *International Endodontic Journal*, 22(3), 125–132.

Waltimo, T., Trope, M., Haapasalo, M. ve Orstavik, D. (2005). Clinical Efficacy of Treatment Procedures in Endodontic Infection Control and One Year Follow-Up of Periapical Healing. *Journal of Endodontics*, 31(12), 863–866.

Wang, Z. (2015). Bioceramic materials in endodontics. *Endodontic Topics*, 32(1), 3–30.

Wanted: A Base of Evidence. (2007). *Journal of Endodontics*, 33(12), 1401–1402.

Washio, A., Morotomi, T., Yoshii, S. ve Kitamura, C. (2019). Bioactive Glass-Based Endodontic Sealer as a Promising Root Canal Filling Material without Semisolid Core Materials. *Materials*, 12(23), 3967.

Wilson, A. D. ve Kent, B. E. (1972). A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *British Dental Journal*, 132(4), 133–135.

Wong, R. (2004). Conventional endodontic failure and retreatment. *Dental Clinics of North America*, 48(1), 265–289.

Wu, M. K., Gee, A. J. D., Wesselink, P. R. ve Moorer, W. R. (1993). Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *International Endodontic Journal*, 26(4), 203–208.

Wu, M. K., R'oris, A., Barkis, D. ve Wesselink, P. R. (2000). Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 89(6), 739–743.

Wu, M. K. ve Wesselink, P. R. (1993). Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal*, 26(1), 37–43.

Xu, Q., Fan, M. W., Fan, B., Cheung, G. S. P. ve Hu, H. L. (2005). A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 99(1), 107–111.

Yan, M. T. (2006). The management of periapical lesions in endodontically treated teeth. *Australian Endodontic Journal*, 32(1), 2–15.

Yılmaz, K. ve Özyürek, T. (2017). Apically Extruded Debris after Retreatment Procedure with Reciproc, ProTaper Next, and Twisted File Adaptive Instruments. *Journal of Endodontics*, 43(4), 648–651.

Zadik, Y., Sandler, V., Bechor, R. ve Salehrabi, R. (2008). Analysis of factors related to extraction of endodontically treated teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 106(5), e31–e35.

Zafar, K., Jamal, S. ve Ghafoor, R. (2020). Bio-active cements-Mineral Trioxide Aggregate based calcium silicate materials: a narrative review. *Journal of the Pakistan Medical Association*, 0, 1.

Zehnder, M. (2006). Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics*, 32(5), 389–398.

Zehnder, M. ve Guggenheim, B. (2009). The mysterious appearance of enterococci in filled root canals. *International Endodontic Journal*, 42(4), 277–287.

Zhong, X., Shen, Y., Ma, J., Chen, W. X. ve Haapasalo, M. (2019). Quality of Root Filling after Obturation with Gutta-percha and 3 Different Sealers of Minimally

Instrumented Root canals of the Maxillary First Molar. *Journal of Endodontics*, 45(8), 1030–1035.

Zuolo, A. S., Mello, J. E., Cunha, R. S., Zuolo, M. L. ve Bueno, C. E. S. (2013). Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *International Endodontic Journal*, 46(10), 947–953.

Zuolo, A. S., Zuolo, M. L., da Silveira Bueno, C. E., Chu, R. ve Cunha, R. S. (2016). Evaluation of the Efficacy of TRUShape and Reciproc File Systems in the Removal of Root Filling Material: An Ex Vivo Micro–Computed Tomographic Study. *Journal of Endodontics*, 42(2), 315–319.



HAM VERİLER

FORMLAR

ETİK KURUL KARARI

PATENT HAKKI İZİNİ

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

RETREATMENT OLGULARINDA REÇİNE VE BİYOSERAMİK ESASLI
DOLGU MATERYALLERİNİN SIZDIRMAZLIK ETKİNLİĞİNİN
FARKLI TEKNİKLER İLE KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

ORJİNALLIK RAPORU

% 8	% 7	% 2	%
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	% 2
2	tez.sdu.edu.tr İnternet Kaynağı	% 1
3	acikerisim.kku.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
4	acikerisim.selcuk.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
5	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	<% 1
6	acikarsiv.ankara.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
7	www.docstoc.com İnternet Kaynağı	<% 1
8	www.ncbi.nlm.nih.gov İnternet Kaynağı	<% 1

dspace.ankara.edu.tr

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı		Soyadı	
Doğ.Yeri		Doğ.Tar.	
Email		Uyruğu	

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mez. Yılı
Doktora		
Yük.Lis.		
Lisans		
Lise		

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1.			-
2.			-
3.			-

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*	KPDS/ÜDS Puanı	(Diğer) Puanı

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
LES Puanı			
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi

Yayınları/Tebliğleri Sertifikaları/Ödülleri

Özel İlgi Alanları (Hobileri):