



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



EĞİMLİ KÖK KANALLARINDA FARKLI KÖK KANAL PATLARIYLA YAPILAN KANAL DOLGUSUNDAKİ BOŞLUKLARIN MİKRO-BT İLE İNCELENMESİ

Arş. Gör. Dt. İlçi İÇMEZ

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Aylin KALAYCI**

**ANKARA
2022**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**EĞİMLİ KÖK KANALLARINDA FARKLI KÖK KANAL
PATLARIYLA YAPILAN KANAL DOLGUSUNDAKİ
BOŞLUKLARIN MİKRO-BT İLE İNCELENMESİ**

Arş. Gör. Dt. İlçi İÇMEZ

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Aylin KALAYCI**

**ANKARA
2022**

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na,

Uzmanlık tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Eğimli Kök Kanallarında Farklı Kök Kanal Patlılarıyla Yapılan Kanal Dolgusundaki Boşlukların Mikro-BT ile İncelenmesi” başlıklı tez çalışması; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan klinik çalışma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler ve yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: İlçi İÇMEZ

Tarih :

İmza :

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti Anabilim Dalı'nda

İlçi İÇMEZ tarafından hazırlanan

“Eğimli Kök Kanallarında Farklı Kök Kanal Patlılarıyla Yapılan Kanal Dolgusundaki Boşlukların Mikro-BT ile İncelenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından UZMANLIK TEZİ olarak OY BİRLİĞİ ile kabul/ret edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

İmza

.....
Ankara Üniversitesi

Jüri Başkanı

İmza

Prof. Dr. ...

Üniversitesi

Raportör

imza

Prof. Dr.

Üniversitesi

üye

İmza

Prof. Dr. ...

Üniversitesi

Üye

imza

Prof. Dr.

Üniversitesi

üye

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı tarafından onaylanmıştır.

İmza

.....
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	vii
Şekiller	ix
Çizelgeler	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Kök Kanal Dolgusunun Amacı ve Endodontik Tedavinin Başarısına Etkisi	1
1.2. Kök Kanal Tedavisinin Başarısının ve Kalitesinin Değerlendirilmesi	3
1.3. Kök Kanal Dolgu Maddeleri	5
1.4. Kök Kanal Dolgu Patları	6
1.4.1. Çinko Oksit Esaslı Kök Kanal Patları	8
1.4.2. Kalsiyum Hidroksit Esaslı Kanal Patları	8
1.4.3. Cam İyonomer Esaslı Kök Kanal Patları	9
1.4.4. Rezin Esaslı Kök Kanal Patları	9
1.4.4.1. Epoksi Rezin Esaslı Kök Kanal Patları	10
1.4.4.2. Metakrilat Rezin Esaslı Kök Kanal Patları	12
1.4.5. Kalsiyum Silikat Esaslı Kök Kanal Patları	13
1.5. Kök Kanal Dolgu Yöntemleri	22
1.5.1. Soğuk Lateral Kompaksiyon Tekniği	23
1.5.2. Basit Tek Kon Tekniği	24
1.5.3. Sıcak Vertikal Kompaksiyon Tekniği	24
1.5.4. Devamlı Isıyla Obturasyon Tekniği	25
1.5.5. Termoplastize Gütä-Perka Enjeksiyon Teknikleri	26
1.5.6. Termomekanik Kompaksiyon Tekniği	26
1.6. Kök Kanal Dolgusunun Kalitesinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler	27
1.7. Mikro Bilgisayarlı Tomografi	30
1.8. Çalışmamızda Kullanılan Kök Kanal Patları	31
1.8.1. AH Plus Bioceramic Kanal Patı	31
1.8.2. Bioroot RCS	32
1.8.3. AH Plus	33
1.9. Konu ile İlgili Çalışmalar	34
2. GEREÇ YÖNTEM	37
2.1. Örneklerin Hazırlanması	37
2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	38
2.3. Kök Kanallarının Doldurulması	39
2.3.1. 1. Grup: AH plus Bioceramic + Gütä perka	39
2.3.2. 2.Grup: Bioroot RCS+ Gütä perka	39
2.3.3. 3.Grup: AH plus + Gütä perka	40
2.4. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin Elde Edilmesi	40
2.5. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin İncelenmesi	41

2.6. İstatistiksel Analiz	45
3. BULGULAR	47
4. TARTIŞMA	57
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	68
ÖZET	70
SUMMARY	72
KAYNAKLAR	74
EKLER	86
EK-1. Etik Kurul Onayı	86
ÖZGEÇMİŞ	87



ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca sabrını ve yardımlarını benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak bana yol gösteren ve her konuda destek veren değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Aylin KALAYCI'ya,

Tez sürecimde benden yardımlarını esirgemeyen sayın dekanımız Prof. Dr. Kaan ORHAN'a,

Uzmanlık eğitimim süresince beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum Dt. Ayşenur Öncü'ye, her daim destek veren ve yanımda olan Dt. Mehrdad KOOHNAVARD'a ve başta kıdem arkadaşlarım olmak üzere tüm asistan arkadaşlarıma,

Benim için çok kıymetli olan sevgili Özge EREN'e,

Beni bugünlere getiren, üzerimde sonsuz emekleri olan, desteklerini bir an olsun esirgemeyen, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim değerli aileme,

Sonsuz teşekkürler...

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
<	küçüktür
>	büyüktür
°C	Santigrat derece
µm	mikro metre
ADA	American Dental Association
Al	Aluminyum
ANSI	American National Standards Institute
ark.	Arkadaşları
Ca	Kalsiyum
CCD	Charged Coupled Device
CtAn	CT Analyzer
Cu	Bakır
d/d	devir/dakika
E. faecalis	Entereococcus Faecalis
EDTA	Etilendiamin tetraasetik asit
G	Gauge
HSS	Hidrolik Kalsiyum Silikat
Hz	Hertz
ISO	International Organization for Standardization
KSHJ	Kalsiyum Silikat Hidrat Jeli
kVp	Kilovolt peak
mA	mili amper
Mikro-bt:Mikro	Bilgisayarlı tomografi
Mm	milimetre
mm ³	milimetre küp
MTA	Mineral Trioksit Agregat
NaOCl	Sodyum hipoklorit
OH	Hidroksil
PBS	fosfatla tamponlanmış salin solüsyonu

pH	Power of Hydrogen
Si	Silikon
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TFT	Thin Film Transistor
Tiff	Tag image file format



ŞEKİLLER

Şekil 1.1. Schneider metoduna göre kök kanallarının açıları	4
Şekil 1.2. Hidrolik kalsiyum silikatların kullanıldığı bölgelere göre sınıflandırılması	15
Şekil 1.3. HKS'lerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması	16
Şekil 1.4. Kalsiyum silikat ve suyun kimyasal reaksiyonu sonucu oluşan ürünler	17
Şekil 1.5. AH Plus Bioceramic kanal patı	32
Şekil 1.6. Bioroot RCS kanal patı	33
Şekil 1.7. AH Plus kanal patı	34
Şekil 2.1. Dişlerin kesilmesi için kullanılan su soğutmalı kesme cihazı	38
Şekil 2.2. Örneklerden görüntü elde etmek için kullanılan mikro-bt cihazı	41
Şekil 2.3. Örneklerin taranması sonucu elde edilen iki boyutlu kesit görüntüsü	42
Şekil 2.4. Mikro-BT kesitleri kullanılarak oluşturulan 3 boyutlu görüntüler	43
Şekil 2.5. İç boşluk	44
Şekil 2.6. Dış boşluk	44
Şekil 2.7. Kombine boşluk	45
Şekil 3.1. Boşluk içeren kesitlerin sütun grafiği	48
Şekil 3.2. Kanal dolgularının hacim değerlerinin sütun grafiği	49
Şekil 3.3. Boşlukların kökün farklı bölgelerindeki dağılımlarının sütun grafiği	51
Şekil 3.4. Boşluk tiplerinin gruplar içinde dağılımının sütun grafiği	55

ÇİZELGELER

Çizelge 3.1.	Boşluk içeren kesitlerin yüzdeleri, standart sapmaları ve p değerleri	48
Çizelge 3.2.	Boşluk içeren iki boyutlu kesitlerin gruplar arası ikili karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)	48
Çizelge 3.3.	Kanal dolgularının hacimlerinin yüzdesel değerleri, standart sapmaları ve p değerleri	49
Çizelge 3.4.	Kök kanal dolgularının (%) değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)	49
Çizelge 3.5.	Grup içi ve gruplar arası boşluk hacimlerinin karşılaştırılması ve p değerleri	51
Çizelge 3.6.	Apikal üçlüdeki toplam boşluk hacimlerinin gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)	52
Çizelge 3.7.	Orta üçlüdeki toplam boşluk hacimlerinin gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)	52
Çizelge 3.8.	Koronal üçlüdeki boşluk hacimlerinin gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)	52
Çizelge 3.9.	AH plus bioceramic grubunun kendi içerisindeki farklı bölgelerin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)	52
Çizelge 3.10.	Bioroot RCS grubunun kendi içerisindeki farklı bölgelerin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)	52
Çizelge 3.11.	AH plus grubunun kendi içerisindeki farklı bölgelerin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)	53
Çizelge 3.12.	Boşluk tiplerinin gruplar içindeki dağılımı ve gruplar arası karşılaştırılması	54
Çizelge 3.13.	İç boşlukların gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)	55
Çizelge 3.14.	Dış boşlukların gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)	55
Çizelge 3.15.	Kombine boşlukların gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)	55
Çizelge 3.16.	AH plus bioceramic grubunun kendi içerisindeki farklı boşluk tiplerinin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)	56
Çizelge 3.17.	Bioroot RCS grubunun kendi içerisindeki farklı boşluk tiplerinin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)	56
Çizelge 3.18.	AH plus grubunun kendi içerisindeki farklı boşluk tiplerinin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)	56

1. GİRİŞ

Endodontik tedavinin başarısı kök kanalının sızdırmaz bir şekilde doldurulmasına bağlıdır. Kök kanal dolgusunun amacı, periapikal dokuların enfeksiyonuna karşı bariyer oluşturmaktır (Sundqvist ve ark. 1998). Kök kanal dolgusunun bu bağlamda üç önemli rolü olduğu görülmektedir;

1. Periapikal dokular ile ağız ortamı arasındaki herhangi bir geçişe engel olmak
2. Kök kanalları içerisinde yapılan preparasyon ve dezenfeksiyona rağmen canlı kalabilmiş bakterileri yok etmek
3. Periapikal doku sıvılarının kök kanalına ulaşmasını ve kök kanalını yeniden enfekte etmesini önlemek.

1.1. Kök Kanal Dolgusunun Amacı ve Endodontik Tedavinin Başarısına Etkisi

Endodontik tedavinin başarılı olabilmesi için kök kanalları içerisindeki pulpa ve nekrotik doku kalıntılarının temizlenmesini sağlayacak bir kemomekanik preparasyon yapılmalı ve elde edilen boşluk sızdırmaz bir şekilde biyouyumlu materyaller kullanılarak doldurulmalıdır. Kök kanallarının 3 boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulması kök kanallarının enfekte olmaması açısından oldukça önemlidir (Ricucci, Lin, & Spangberg, 2009).

Kök kanallarının tamamen doldurulma nedenleri şu şekilde sıralanabilir;

1. Kök kanalında kemomekanik preparasyona rağmen canlı kalabilmiş bakterilerin periapikal dokulara geçip tekrar enfeksiyon oluşturmalarının önlenmesi
2. Periapikal doku sıvılarının kök kanalını enfekte etmesinin önlenmesi

3. Geride kalan diş yapısına destek sağlanması
4. Doğru materyal ve teknik seçimi ile periapikal doku iyileşmesinin sağlanması

Ng ve ark.(2008) 'nın çalışmalarında kök kanal tedavisinin başarısına etki eden 4 faktör ;

1. Dişte periapikal lezyon görülmemesi
2. Kök kanal dolgusunun radyolojik olarak boşluksuz olması
3. Kök kanal dolgusunun radyografik apekten 2 mm den daha kısa olmaması
4. Uygun sızdırmaz bir koronal restorasyonun yapılması

olarak açıklanmıştır.

Yapılan çalışmalara göre endodontik tedavinin başarısında kök kanallarının tamamen doldurulması ve uygun bir koronal restorasyon tedavi başarısına etki eden faktörlerin başında gelmektedir (Gillen ve ark.,2011).

Kök kanallarında yapılan kemomekanik preparasyon kök kanalının dezenfeksiyonunda önemli bir yere sahiptir. Kök kanallarına yapılan etkili kemomekanik preparasyon, kök kanal dolgusunun yapılacağı uygun boşluğun hazırlanması açısından önemlidir. Kök kanal dolgusunu değerlendirmede; yapılan dolgunun çalışma uzunluğu, konikliği, densitesi ve koronal restorasyonun uygunluğu gibi kriterler değerlendirilir. Ancak kök kanal dolgusunun kalitesini değerlendirmede yalnızca radyografik görüntüyü değerlendirmek yetersiz kalmaktadır.

Günümüzde mevcut bulgular; kök kanal sisteminin, ana kök kanalına ilaveten lateral ve aksesuar kanalları, apikal deltaları ve anastomozları da içeren kompleks bir sistem olduğunu göstermektedir. Bu kompleks anatomik yapıların varlığı kök kanallarının tam olarak şekillendirilip doldurulmasını zorlaştırmaktadır (Vertucci, 1984).

Ayrıca bu anatomik varyasyonların varlığına ek olarak kök kanalı içerisindeki dentinin düzensiz ve pöröz yapısı da bu alandaki şekillendirme ve temizlemeyi zorlaştırmanın yanında, kök kanal patlarının adaptasyonunu etkilemekte ve potansiyel bir sızıntı kaynağı oluşturmaktadır (Ainley, 1970).

Günümüzde elimizde mevcut olan hiç bir şekillendirme ve dolgu metodu tam olarak sızdırmaz bir yapıyı bize sunamamaktadır (Wu ve ark., 1993).

1.2. Kök Kanal Tedavisinin Başarısının ve Kalitesinin Değerlendirilmesi

Kök kanal tedavisinin başarısı bir takım klinik ve radyolojik kriterlere göre değerlendirilmektedir.

Ancak radyolojik ve klinik değerlendirme kriterlerinin tek başına kullanılması kök kanal dolgusunun kalitesini değerlendirmede bir noktaya kadar yol gösterici olabilmektedir. Radyolojik olarak uygun görülen bir kanal tedavisinin başarısızlığa uğrayabilmesi; kanal tedavisi yapılan dişlerin klinik ve radyografik değerlendirmeye ek olarak laboratuvar testleriyle de incelenmesi gerekliliğini göstermektedir (Berman ve Hargreaves,2020).

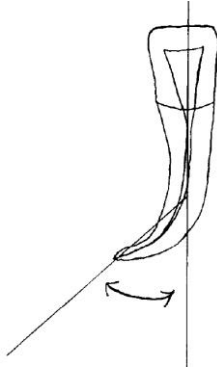
Kök kanal dolgusunun radyolojik değerlendirme kriterleri; doğru çalışma uzunluğunda olması, uygun bir konikliğe sahip olması, radyografik olarak boşluk bulundurmaması ve uygun bir koronal restorasyonla kapatılmış olması olarak sıralanabilir.

Endodontik tedavi sonrasında 8-10 yıl arası takip edilen dişlerde kök kanallarının çalışma uzunluklarının tedavi başarısı üzerindeki etkisi değerlendirilmiş ve kök kanalları radyolojik apekten 0-2 mm kadar uzakta doldurulduklarında endodontik tedavinin başarı oranının %94 olduğu, kök kanal dolgusunun 2 mm ve daha kısa doldurulduğunda başarı oranının %68, taşkın dolgulara ise %76 olduğu rapor edilmiştir (Sjögren ve ark.,1990).

Ancak radyografik kriterlere göre mükemmel yapılmış olan bir kök kanal dolgusu başarısız olabilmektedir. Kök kanallarının kompleks anatomik yapıları ve kemomekanik preparasyonun derecesini göstermelerinin yetersiz olmasından dolayı kök kanal dolgusunun kalitesini değerlendirmede 2 boyutlu radyografik görüntüler yetersiz kalmaktadır (Berman ve Hargreaves, 2020).

Ayrıca kök kanal dolgusunun kalitesi kök kanalındaki anatomik varyasyonlardan etkilendiği gibi kök kanalının eğiminden de etkilenmektedir (Leung ve Gulabivala, 1994; Neuhaus ve ark., 2016).

Kök kanallarının eğimlerini değerlendirmede Schneider tarafından tanımlanan teknik kullanılmaktadır. Buna göre kök kanalının eğiminin koronalinde kalan kısmının uzun aksı ile apikalinde kalan kısmının uzun aksı arasındaki açı hesaplanarak kök kanallarının eğimi hesaplanır (Şekil 1.1.). Buna göre 5 derece veya daha düşük eğime sahip kök kanalları düz; 10-20 derece eğime sahip olanlar orta eğimli, 25 derece üstü eğime sahip olanlar ise çok eğimli kök kanalları olarak sınıflandırılır (Schneider, 1971).



Şekil 1.1. Schneider metoduna göre kök kanallarının açıları

Kök kanal dolgusunun sızdırmazlığının sağlanmasında amaç kök kanalındaki bakterilerin yeniden enfeksiyona sebep olmalarının önüne geçmektir (Yanpiset ve ark., 2018).

Kök kanal dolgusunun sızdırmazlığını değerlendirmede çeşitli laboratuvar yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler; boya penetrasyonu , boya difüzyonu , bakteri ve endotoksin infiltrasyonu, mikroskopik yöntemler ve 3 boyutlu görüntüleme yöntemleri olarak sıralanabilir (Valois ve ark.,2005).

Kök kanal dolgularına uygulanan bu test yöntemleri ile kök kanal dolgularının sızdırmazlık, dentine adaptasyon, dentine bağlanma gücü ve porözite gibi özellikleri araştırılmaktadır (Valois ve ark.,2005).

1.3. Kök Kanal Dolgu Maddeleri

Standart kök kanal dolgusu; merkezi bir kor malzeme (çoğunlukla güta perka) ile kök kanal patlarının birlikte kullanımı ile gerçekleştirilmektedir.

Güta perka konlarının ana bileşenleri ;

- Çinko oksit(%66)
- Güta perka(%20)
- Metal sülfat(%11)
- Pigmentler,iz elementler, rezin ve mum(%3)

olarak sıralanabilir (Schmalz,2003).

Güta perkanın tek başına radiküler dentine adhezyon sağlayamaması ve kök kanalındaki tüm boşluklara adapte olamaması gibi özellikleri sebebiyle, kök kanal dolgusunda kanal patıyla birlikte kullanılması kaçınılmazdır.

1.4. Kök Kanal Dolgu Patları

Klasik tanıma göre kanal patları toz/likit veya pat/pat sistemlerinden oluşan ve karıştırıldıktan sonra yaklaşık 72 saat içerisinde sertleşen maddelerdir (Orstavik,1988). Ancak günümüzde toz/likit ve pat/pat sistemlerine ek olarak karıştırma gerekmeden kök kanalı içine uygulanan sistemler de mevcuttur.

Kök kanal dolgusunda kanal patlarının başlıca kullanım amaçları ise şu şekilde sıralanabilmektedir (Cohen,1987; Dummer,1997);

- Kanal patları antimikrobiyal etki gösteren bileşenler içerirler. Patların kök kanalına yerleştirilmesinden sonra bu maddeler germisidal etki gösterirler.
- Kanal patı, kanala yerleştirilen katı kanal dolgu maddelerinin kanal duvarına adaptasyonunu sağlar ve bağlayıcı bir görev üstlenerek boşlukları doldurur.
- Kanal patı kanal içinde oluşturduğu kayganlaştırıcı(lubrikant) özelliği ile güta perkanın kanal boşluğunda istenilen yere ulaşmasını sağlar.

İdeal bir kök kanal patının sahip olması gereken özellikler Grossman tarafından şu şekilde sıralanmıştır (Grossman,1988);

- Kanal duvarı ile arasında iyi bir adezyon olması için yapışkan kıvamda olmalı
- Hermetik bir örtücülük sağlamalı
- Radyografide görülebilmesi için, radyopak olmalı
- Likidi ile kolayca karışabilmesi için toz partikülleri çok ince olmalı
- Sertleşirken büzülmemeli
- Diş dokularında renkleşmeye yol açmamalı
- Bakterisit olmalı veya bakterilerin çoğalmasına engel olmalı
- Yavaş sertleşmeli
- Doku sıvılarında çözülmemeli
- Periapikal dokular tarafından iyi tolere edilmeli
- Kanal dolgusunu uzaklaştırmak gerekirse, solventler ile çözülebilmeli

Mevcut kök kanal dolgu maddelerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler bakımından ADA (American Dental Association) / ANSI (American National Standards Institute) ve ISO (International Organization for Standardization) kriterlerine uygun olmaları gerekmektedir (ANSI/ADA. Specification N: 57, 2000; ISO 6876,2012).

Kök kanal patlarının; mikrosızıntı, doku ile uyumluluğu, akıcılık, sertleşme zamanı, çalışma zamanı, çözünmesi, boyutsal değişim ve antibakteriyel aktivite özelliklerinin bu standartlara uyması istenmektedir ve yapılan çalışmalarda kök kanal patları bu özellikler bakımından karşılaştırılmaktadır.

Kök kanal patları kimyasal yapılarındaki ana bileşene göre gruplandırılmaktadırlar. Buna göre kök kanal patlarını 5 ana grup altında toplamak mümkündür (Berman ve Hargreaves,2020).

1. Çinko oksit esaslı patlar
 - a) Çinko oksit-öjenol
 - b) İlaçlı olanlar
 - i. Paraformaldehit içerenler
 - ii. Paraformaldehit içermeyenler
 - c) Öjenolsüz çinko oksit içerikli patlar
2. Kalsiyum hidroksit esaslı patlar
3. Cam iyonomer esaslı patlar
4. Polimerler
 - a) Epoksi rezin esaslı
 - b) Metakrilat rezin esaslı
 - c) Poliketon(Polivinil) esaslı
 - d) Silikon polimerler
5. Tri/Di kalsiyum silikat içerenler

1.4.1. Çinko Oksit Esaslı Kök Kanal Patları

Çinko oksit esaslı kanal patları ojenol içerenler ve içermeyenler olarak iki alt gruba ayrılmaktadır. Bu patlar endodontide uzun yıllardır kullanılmaktadır. Periapikal dokularda çözünürlükleri yüksektir. Augsburger ve ark.(1990) taşkın kök kanal dolgusu yapılan dişlerin takiplerini yaptıkları çalışmalarında çinko oksit ojenol esaslı kanal patı ve güta perka ile yapılan kök kanal dolgularında periradiküler dokulara taşan kök kanal patlarının zaman içerisinde rezorbe olduğunu radyografik olarak doğrulamışlardır. Allan ve ark. (2001) farklı tipteki kök kanal patlarının sertleşme zamanını karşılaştırdıkları çalışmalarında çinko oksit ojenol esaslı kanal patı örneğinin rezin ve kalsiyum hidroksit esaslı örneklerle kıyasla daha geç sertleştiğini rapor etmişlerdir.

Çinko oksit ojenol esaslı kanal patlarının sertleşirken gösterdiği büzülme miktarı rezin esaslı patlarla kıyaslandığında oldukça fazladır (Kazemi ve ark.,1993). Çinko oksit ojenol esaslı kanal patlarının çözünürlükleri de yüksektir (Peters,1986). Ayrıca çinko oksit ojenol esaslı kanal patlarının diş renkleşmesine sebep olması da dezavantajları arasında sayılabilir (Krastl ve ark.,2013).

Çinko oksit ojenol esaslı kanal patlarının avantajı ise yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olmaları olarak ifade edilebilir(Barkhordar,1989).

1.4.2. Kalsiyum Hidroksit Esaslı Kanal Patları

Kalsiyum hidroksit, kök kanal patlarına terapötik etki göstermesi amacıyla eklenmiştir. Kalsiyum hidroksit antimikrobiyal ve sert doku oluşumunu uyarıcı etkilerinden dolayı endodontide uzun yıllardır medikaman olarak kullanılmaktadır. Ancak kök kanal patlarının içine eklenen kalsiyum hidroksitin bu etkilerinin medikaman olarak kullanıldığında gösterdiği seviyede olmadığı görülmüştür (Desai ve ark.,2009). Bu kanal patlarının kalsiyum hidroksit salınımı yapabilmeleri için, kalsiyum hidroksitin çözünmesi gerekmektedir. Ancak bu durum kanal patlarının

sızdırmazlık özelliklerinden ödün verilmesine neden olmaktadır. Sealapex(Kerr), Apexit, Apexit Plus(İvoclar) ve Acroseal(Septodont) en bilinen kalsiyum hidroksit içerikli kök kanal patlarıdır.

1.4.3. Cam İyonomer Esaslı Kök Kanal Patları

Cam iyonomer esaslı kanal patları, cam iyonomerlerin dentine kimyasal bağlanması avantajından faydalanmak amacı ile geliştirilmiştir. Ketac-Endo(3M ESPE) dentin duvarları ile adezyon yapabilen cam iyonomer esaslı bir kök kanal dolgu patıdır. Dentin ile bağlantısının iyi olduğu ve kök kanal patı olarak kabul edilebilir klinik sonuçlar gösterdiği Friedmann ve ark(1995) tarafından yapılan bir çalışmada gösterilmiştir. Cam iyonomer esaslı kök kanal patlarının dezavantajları ise uygulanmalarından önce dentinde yapılması gereken conditioning işleminin kök kanalının apikal ve orta üçlüsünde etkili biçimde yapılamaması sebebiyle bu bölgelerde istenilen adezyonun sağlanmasının kontrol edilememesi ve kanal tedavisinin yenilenmesi gereken durumlarda kök kanallarından uzaklaştırılmalarının oldukça zor olmasıdır (Moshonov ve ark.,1994).

Activ-GP (Brasseler) kök kanal dolgu sistemi ise cam iyonomer emdirilmiş açılı güta perka konileri ve cam iyonomer esaslı kanal dolgu patını içeren özel bir dolgu sistemidir. Sistem içerisinde bulunan güta perka konileri lazer ile kesildiğinden ana kon uyumunun daha hassas olduğu üreticisi tarafından iddia edilmektedir. Ayrıca cam iyonomer ile kaplanmış olan ana güta perka konlarının kök kanal duvarlarına adhezyonunun daha iyi olduğu da ileri sürülmektedir.

1.4.4. Rezin Esaslı Kök Kanal Patları

Rezin esaslı kök kanal patları, kök kanal dentinine adezyonlarının güçlü olması ve ojenol içermemeleri dolayısıyla günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Rezin

esaslı kök kanal patları epoksi rezin esaslılar ve metakrilat rezin esaslılar olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir (Berman ve Hargreaves,2020).

1.4.4.1. Epoksi Resin Esaslı Kök Kanal Patları

AH-26 (Dentsply DeTrey) ilk piyasaya sürülen epoksi rezin esaslı kök kanal patıdır. İlk olarak Schröder tarafından 1957 yılında kullanıma sunulmuştur. Likitinde bulunan bisfenol-a diglisidileter, tozdaki hekzametilen tetra aminle birleşerek polimerizasyonu başlatır. Bu reaksiyon sonucu açığa çıkan formaldehit patın antibakteriyel etkinlik göstermesini sağlar. Kök kanal patı olarak adeziv özelliği yüksektir(Grossman,1988). Kök dentini ve gütä perka ile oluşturduğu bağlanma direnci çinko-oksit, kalsiyum hidroksit ve cam iyonomer esaslı kök kanal patlarına göre daha yüksektir(Lee ve ark.,2002). Çözünürlük özelliği farklı esaslı patlara göre daha düşüktür(Cohen,1987). Tüm bu avantajlarına rağmen AH-26 yavaş sertleşmesi, sertleşirken açığa çıkan formaldehitin sitotoksik etkilere sahip olması ve diş dokularında renkleşmeye sebep olması gibi dezavantajlara sahiptir(Koch,1999). Diş dokularındaki renkleşmeye içeriğinde bulunan gümüş neden olmaktadır.

AH Plus (Dentsply De Trey), AH-26'nın formaldehit salınımı dezavantajını ortadan kaldırmak üzere farklı aminler kullanılarak geliştirilmiş bir formüle sahiptir ve formaldehit salınımı AH-26'ya kıyasla minimumdur (Leonardo ve ark.,1998). AH Plus (Dentsply De Trey) iki tüpten oluşan; epoksi rezin ve amin bazlı bir materyaldir. Epoksi içeren kısımda ana bileşen olarak diepoksit (bisfenol-A diglisidil eter) ve doldurucu moleküller bulunurken , amin içeren kısımda ise ana bileşenler ; primer monoamin, sekonder amin, disekonder diamin, silikon yağı ve doldurucu moleküller bulunmaktadır. Ayrıca radyoopasite verici ajan olarak AH-26'da kullanılan bizmut oksit ve kalsiyum tungstat yerine, zirkonyum oksit kullanılmıştır.

Versiani ve ark. (2006) AH Plus kök kanal patı ile Epiphany kanal patını fiziksel özellikler bakımından karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada her iki kanal patının da

sertleşme süresi, film kalınlığı , boyutsal stabilite ve akıcılık bakımından gerekli ANSI/ADA standartlarını karşıladığını bildirmişlerdir.

Donnermeyer ve ark. (2018) AH Plus patını, bağlanma dayanımı bakımından kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları olan Totalfill BC Sealer, Bioroot RCS ve Endocpm sealer ile karşılaştırmış ve AH Plus'ın bağlanma dayanımının kalsiyum silikat gruplarına göre daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

Zhou ve ark. (2013) 5 farklı kök kanal patını fiziksel özellikleri bakımından karşılaştırdıkları çalışmalarında AH Plus, Thermaseal, MTA Fillapex, Endosequence BC Sealer ve Pulp Canal Sealer patlarını; viskozite, film kalınlığı, çalışma zamanı, sertleşme zamanı, çözünürlük, boyutsal stabilite ve pH değişimi bakımından incelemişlerdir. Araştırmacılar tüm kanal patlarının akıcılık, boyutsal stabilite, çözünürlük ve film kalınlığı bakımından ISO standartlarına uygun sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir.

AH Plus kök kanal patının, kök kanallarındaki karmaşık anatomik yapıların doldurulması için yeterli akıcılık kabiliyetine sahip olduğu bildirilmiştir(Heran ve ark.,2019; Piai ve ark.,2018).

AH Plus kanal patı sertleşmesini 8 saatte tamamlamaktadır(Schmalz ve ark.,2003). Kanal patının doku uyumluluğunun değerlendirildiği bir çalışmada AH Plus'ın sertleşene kadar geçen süre içerisinde sitotoksiste gösterdiği ancak sertleşmesi tamamlandıktan sonra sitotoksiste göstermediği rapor edilmiştir (Zhou ve ark.,2015).

Candeiro ve ark. (2016) kalsiyum silikat esaslı bir kök kanal patı olan Endosequece BC Sealer(Brasseler) ile AH Plus kök kanal patını sitotoksiste, genotoksiste ve antibakteriyel etkinlik bakımından karşılaştırmış ve ilk 7 gün içerisinde E. faecalis'e (Enterococcus Faecalis) karşı iki kanal patının benzer antibakteriyel özellik gösterdiğini ancak AH Plus'ın antibakteriyel etkinliğinin önemli ölçüde azaldığını rapor etmişlerdir.

AH Plus kök kanal patının düşük çözünürlüğü, biyolojik olarak aktivitesinin düşük olması dezavantajını yaratırken, aynı zamanda boyutsal olarak stabil kalmasına sebep olduğundan bu kanal patına avantaj sağlamaktadır (Borges ve ark.,2012).

AH Plus kanal patı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yeterliliği sebebiyle endodontide uzun yıllardır bir altın standart olarak kabul görmektedir. (Silva ve ark., 2017).

1.4.4.2. Metakrilat Rezin Esaslı Kök Kanal Patları

Metakrilat rezin esaslı kök kanal patları günümüze gelinceye dek 4 nesil değiştirmiştir. İlk nesil metakrilat rezin esaslı kanal patı Hydron adı verilen kanal patıdır. Kök kanallarına enjekte edilerek uygulanır ve kök kanalı içerisinde polimerizasyonunu tamamlar. Kor materyali olmadan uygulanan bir kanal dolgu patıdır. Daha sonraki yıllarda Hydron patının olumsuz klinik sonuçlar gösterdiği rapor edilmiş ve kullanımı terkedilmiştir (Langeland ve ark.,1981).

İkinci nesil metakrilat rezin esaslı kanal dolgu patları, dentine asit ve bond uygulama işlemlerini gerektirmeden smear tabakası kaldırıldıktan sonra tüm aksesuar kanallara ve dentin tübüllerine bağlanabilecek akıcılıkta olacak şekilde tasarlanmıştır. EndoRez(Ultradent) adı verilen bu kök kanal patı kimyasal yapısında non-asidik diüretan dimetakrilat içermektedir. Ayrıca yapıya eklenen trietilenglikol dimetakrilat kanal patına hidrofilik yapısını verir ve dentin tübüllerine penetrasyonundan sorumludur (Bergmans ve ark.,2005).

Üçüncü nesil metakrilat bazlı kanal patları ise kendinden asitli bir primer ve dual sertleşen bir rezin kanal patından meydana gelmektedir. Kendinden asitli primer içeren kanal dolgu sistemleri Resilon(Sybron Endo) adındaki polikaprolakton bazlı ve metakrilat içeren termoplastik kanal dolgu patının tanıtılması ile popüler olmuştur (Berman ve Hargreaves,2020).

Dördüncü nesil metakrilat esaslı ise ayrıca asit, primer ve bond uygulanması aşamalarını elimine etmeye dayanmaktadır. Normal şartlarda asidik primer içerisinde bulunan asidik monomerlerin rezin esaslı kanal patı içerisine eklenmesiyle kanal patı kendiliğinden dentine adezyon sağlayabilecek özelliğe kavuşmuştur. Bu grubun temsilcisi MetaSeal(Parkell) adı verilen kanal patıdır (Berman ve Hargreaves,2020).

1.4.5. Kalsiyum Silikat Esaslı Kök Kanal Patları

Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları yapılarında, ana madde olarak dikalsiyum ve trikalsiyum silikat içeren kanal patlarıdır. Geleneksel kök kanal patlarına kıyasla biyolojik özelliklerinin daha iyi olması ve canlı dokular tarafından daha iyi tolere edilmelerinin yanında, fiziksel özelliklerinin de geleneksel kök kanal patları ile kıyaslanabilir ölçüde olması sonucunda endodontide popülariteleri artmaktadır. (Çiftçioğlu ve ark.,2019)

Kalsiyum silikat esaslı kanal patları, kök tamir materyali olarak kullanılan Mineral Trioksit Agregat(MTA)'ın kök kanal dolgusu yapılması için geliştirilmiş versiyonu olarak da tanımlanabilir. MTA'nın yapısında temel olarak portland çimentosu, alçı taşı ve bizmut oksit bulunmaktadır. MTA'nın yapısında bulunan portland çimentosu dental materyal olarak ilk defa 1878 yılında kullanılmıştır (Witte,1878).

Dental işlemler nemli ortamda gerçekleştiğinden ve bu materyallerin hidrolik özellikte olması yani nem varlığında sertleşebilmesi bu materyalleri endodontik tedavide kullanıma uygun hale getirmiştir.1998 MTA piyasaya sürülmüştür (Camilleri,2017).

Ancak içeriğinde bulunan alüminyum, bizmut oksit ve eser elementlerin materyalin stabilitesi ve manipulasyonu ile ilgili sorunlara neden olduğu bildirilmiştir.MTA'nın sertleşme süresinin uzun olması gibi dezavantajları nedeniyle

kullanımı daha çok pulpa kuafajı, amputasyon, apeksifikasyon, kök perforasyonlarının tamiri ve kök ucu dolgu maddesi olarak kullanımı ile sınırlı kalmıştır (Camilleri,2017).

Daha sonraki yıllarda bu dezavantajların giderilmesi için içeriğinde bazı değişiklikler yapılarak ikinci nesil materyaller geliştirilmiştir. Portland simanı yerine saf trikalsiyum silikat kullanılarak alüminyum ve eser element sorunu, radyo opaklık verici bizmut oksitin yerine zirkonyum oksit eklenerek stabilite ve diş renklenmesi sorunu ortadan kaldırılmış ve katkı maddeleri ile sertleşme zamanı düzenlenerek manipülasyonu daha kolay bir materyal haline getirilmiştir. Yeni geliştirilen materyaller basit portland simanı ile karıştırılmaması için ‘biyoseramik’ olarak adlandırılmıştır.

Biyoseramiklerin kök kanal patı olarak kullanıldığına dair ilk bilgi 1984 yılında, Krell ve Wefel’in, deneysel kalsiyum fosfat sealer ile Grossman patını apikal tıkama, dentin tübüllerinin tıkanması, adezyon, kohezyon ve morfolojik görünümüleri açısından karşılaştırarak, iki kanal patının özelliklerinin benzer olduğunu bildirdikleri çalışmadır (Krell ve ark.,1984).

Daha sonra Chohayeb ve ark. (1987), kalsiyum fosfatı gliserin ve fosforik asit ile karıştırmış; elde ettikleri patı köpek dişlerinde kök kanal patı olarak kullanmışlardır. Araştırmacılar, kalsiyum fosfat bazlı kanal patının, kök kanalı duvarlarındaki dentin tübüllerine sıkı bir şekilde bağlanabildiğini göstermişlerdir.

Biyoseramikler, tıp ve diş hekimliğinde kullanılan biyoyumlu seramik malzemelerin genel adıdır. Maddenin, alümina, zirkonya, biyoaktif cam, çeşitli kaplamalar ve kompozitler, hidroksiapatit ve emilebilir kalsiyum fosfatları içerdiği; ayrıca gelişmiş biyoyumluluğa, sızdırmazlığa, antibakteriyel ve antifungal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Jain ve ark.,2015).

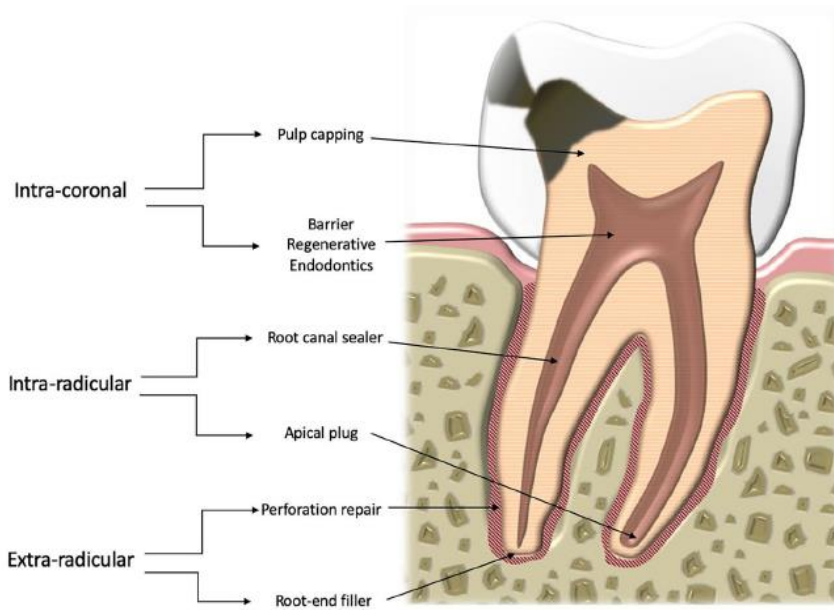
Aslında seramikler, metalik olmayan, inorganik katılar olarak tanımlandığı için, ‘seramikler’ teriminin MTA, çinko fosfat, çinko oksit ojenol ve cam iyonmer

simanların(CIS) toz halindeki bileşenleri de kapsadığı ifade edilmiştir(Ha,2017). Bu nedenle ‘biyoseramik’ ifadesinin anlam kargaşasına yol açtığı ve maddenin kimyasal yapısını ve spesifik kullanımını daha iyi tanımlayan ‘hidrolik kalsiyum silikat’(HKS) teriminin kullanılması önerilmiştir (Camilleri,2017).

Camilleri 2020 yılında yaptığı sınıflamada hidrolik silikat simanları klinik kullanım alanları ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırmıştır(Camilleri,2020). Buna göre klinik kullanım alanına göre hidrolik silikat simanlar;

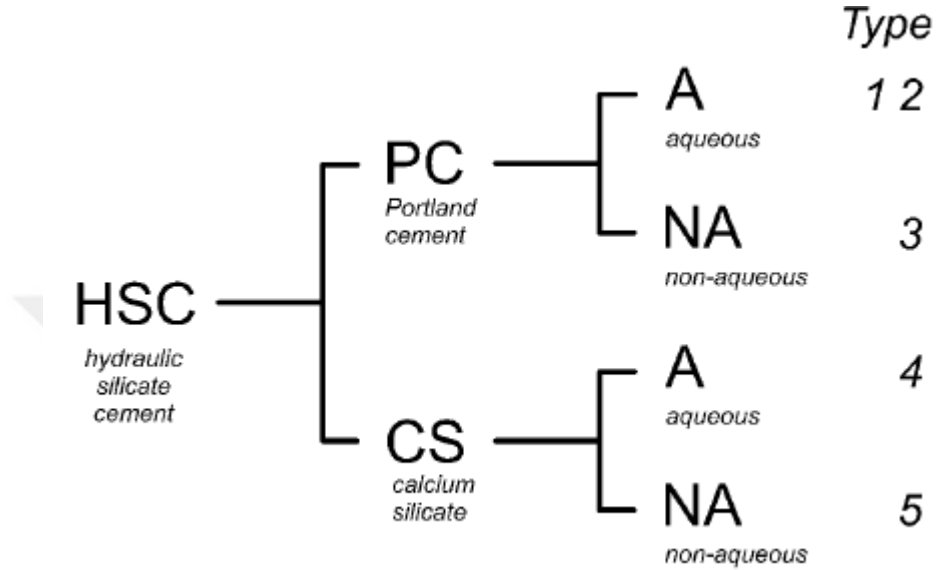
- İntrakoronal: pulpa koruyucu olarak ve rejeneratif endodontide bariyer olarak kullanılanlar,
- İntraradiküler: kök kanal patı ve apikal tıkaç materyali olarak kullanılanlar
- Ekstraradiküler: kök ucu dolgu materyali ve perforasyon tamir materyali olarak kullanılanlar.

olmak üzere üç gruba ayırmıştır. Bu sınıflamanın amacı farklı nem seviyelerine sahip klinik koşullarda kullanılan materyallerin yüzeylerinde oluşan değişimlerin ayırt edilebilmesi olarak belirtilmiştir (Darwell,2020)(şekil 1.1.).



Şekil 1.2. Hidrolik kalsiyum silikatların kullanıldığı bölgelere göre sınıflandırılması (Camilleri, 2020)

Ayrıca araştırmacı HKS'leri kimyasal yapıları ve klinik kullanım şekillerine göre de sınıflandırmıştır. Bu sınıflamada materyalin ana bileşeninin portland simanı veya kalsiyum silikat olması öncelikle göz önüne alınmış ardından aköz veya non-aköz bir taşıyıcı ile birlikte kullanılmasına göre sınıflandırma yapılmıştır(şekil 1.2.).

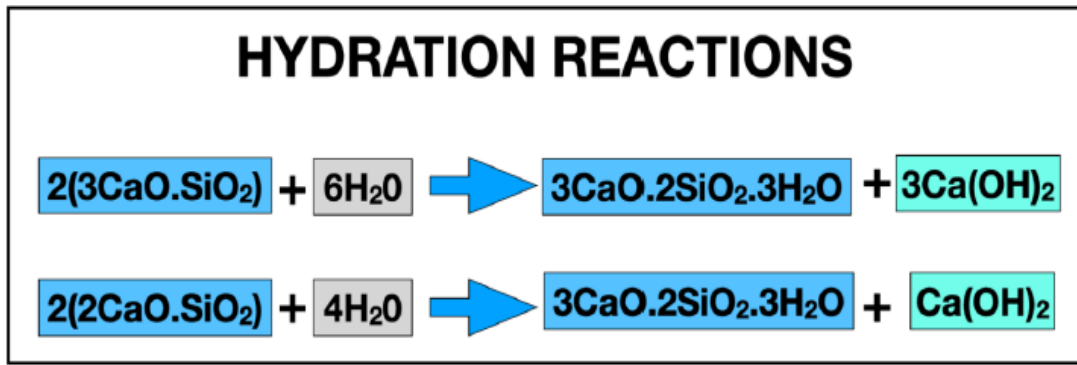


Şekil 1.3. HKS'lerin kimyasal yapılarına göre sınıflandırılması

Bu sınıflamaya göre materyal öncelikle portland çimentosu veya kalsiyum silikat esaslı olmasına göre ayrılır ve sulu veya susuz bir taşıyıcı içermesine göre gruplandırılmıştır. Uygulama anında tüm HKS'ler sulu birer karışımdır. Fakat klinikteki sunum şekillerinin toz-likit veya hazır karıştırılmış formda olması bu sınıflamayı doğurmuştur. Buna göre tip 1 hiç bir katkı maddesi içermeyen portland çimentosu ile üretilmiş orjinal formülasyondur. (örn:ProRoot MTA).Tip 2 ise ana madde olarak portland simanı içermesine karşın klinik kullanımını kolaylaştırmak için silikon dioksit, kalsiyum karbonat, propilen glikol aljinat, sodyum sitrat ve kalsiyum klorit gibi katkı maddeleri içeren karışımları tanımlar (Örn:MTA Angelus, Endo CPM Sealer). Tip 3 HKS'ler ise ana maddesi portland çimentosu olan katkı maddeleri içeren fakat non-aköz formda klinik kullanıma sunulan materyal grubunu tanımlamaktadır.(örn:Bio-c Sealer,MTA Fillapex). Tip 4 ve Tip 5 HKSler portland çimentosundaki eser elementlerin kontaminasyonunu önlemek için trikalsiyum ve dikalsiyum silikat esaslı olarak üretilmiş materyallerdir. Aköz formda olanlar Tip 4,

non-aköz formda olanlar ise Tip 5 olarak gruplandırılmıştır. (örn:Tip 4;Biodentine,Bioroot RCS,Tip 5;TotalFill BC Sealer).

Geleneksel kök kanal patlarının aksine kalsiyum silikat esaslı patlar sertleşme reaksiyonlarının başlaması için nem varlığına ihtiyaç duyarlar. Su varlığında kalsiyum silikatlar su ile reaksiyona girerek ‘kalsiyum silikat hidrat jeli’ ni (KSHJ) ve kalsiyum hidroksiti oluşturur (Torres,2020)(Şekil 1.4.).



Şekil 1.4. Kalsiyum silikat ve suyun kimyasal reaksiyonu sonucu oluşan ürünler

KSHJ'nin biyolojik etkilerinden, kendisinden salınan silikon (Si^{4+}) ve kalsiyum hidroksitten salınan kalsiyum (Ca^{2+}) ve hidroksil (OH^-) iyonları sorumludur. Silikon ve kalsiyum iyonları biomineralizasyonu indüklerken, hidroksil iyonu ortamın pH'ını yükselterek antimikrobiyal etki sağlar. (Collado-Gonzalez ve ark., 2016; Mukhtar-Fayyad ve ark., 2011; Güven ve ark., 2013; Camps ve ark., 2015).

Mikroskopik çalışmalar, HKS'nin dentin duvarında apatit öncüllerini indükleyen kalsiyum fosfat oluşumu ve materyal yüzeyinde hidroksiapatit çökmesine bağlı olarak “mineral infiltrasyon bölgesi” olarak bilinen bir ara yüzey tabakası oluşturduğunu göstermiştir (Bozeman ve ark., 2006).

İdeal bir kök kanal patının sertleşmeden önce yeterli bir çalışma süresine sahip olması beklenmektedir. Bununla birlikte, pek çok kanal patının sertleşmesi tamamlanana kadar bir miktar sitotoksik etki gösterdiği için sertleşme reaksiyonunun gereğinden yavaş olması halinde doku tahrişine neden olabileceği belirtilmiştir (Al-

Haddad ve ark.,2016). ANSI/ADA standartlarında, üretici firma tarafından bildirilen sertleşme süresi %10'luk hata payı dahilinde normal olarak kabul edilmiştir(Lee ve ark.,2017).

Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları için üretici firmalar tarafından farklı sertleşme süreleri açıklanmıştır. Bu süre iRoot SP ve Endosequence BC sealer için 4 saat olarak bildirilmiştir. Üretici firma, patların nemli kök kanallarına uygulanması gerektiğini de belirtmiştir. MTA Fillapex(Angelus) için üretici firma tarafından bildirilen sertleşme süresi ise minimum 2 saattir.Zhou ve ark. (2013)yaptıkları çalışmada, Endosequence BC sealerin (2.7 saat) MTA Fillapex ile benzer zamanda; AH Plus, Thermaseal ve Pulp canal sealer (Kerr)(PCS)'dan daha kısa zamanda; Gutta Flow'dan(Coltene) daha uzun zamanda sertleştiğini bildirmişlerdir. Siboni ve ark.(2017) Bioroot RCS için sertleşme süresini 300 dakika olarak bildirmişlerdir.Lee ve ark. (2017) ise paslanmaz çelik disklerin içine koydukları test maddelerini %95 nemli ortamda 37°C'de bekleterek yaptıkları çalışmada, Endosequence BC sealer ve MTA Fillapex'in sertleşmediğini; Endoseal MTA'nın (Maruchi) sertleşmesi için geçen sürenin ise 1223 dakika olduğunu belirtmişlerdir.

Zordan-Bronzel ve ark.(2019) kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmalarında sertleşme süresinin materyalin kimyasal bileşiminden olduğu kadar, kök kanalının içindeki nem miktarından da etkilenebileceğini bildirmişlerdir.

İlk piyasaya sürülen portland çimentosu esaslı materyallerin aksine kalsiyum silikat esaslı kanal patları kök kanallarındaki istmus ve aksesuar kanalları doldurabilecek akıcılık kabiliyetine sahiptirler(Torabinejad,2018). Zhou ve ark.(2013) yaptıkları çalışmada Endosequence BC sealer 'ın akıcılık değerinin 23.1 mm(milimetre) olduğunu bulmuşlardır. Ancak Lee ve ark.(2017) kanal patlarının fiziksel özelliklerini inceledikleri çalışmalarında Endosequence BC sealer için akıcılık değerini 18.45 mm olarak bildirmişlerdir. Bu değer ISO ve ANSI/ADA tarafından belirlenen akıcılık değerlerinin altında kalmıştır(>20mm ,>25mm).Aynı çalışmada Endoseal MTA ve MTA fillapex'in akıcılıklarının yeterli olduğu bulunmuştur.

Donnermeyer ve ark.(2021) Bioroot RCS, Totalfill BC Sealer ve Totalfill BC Sealer Hiflow (FKG) patlarının fiziksel özelliklerinin ısı uygulaması altındaki değişimlerini inceledikleri çalışmalarında patların film kalınlıklarının uygun standartlarda olduğunu bildirmişlerdir.

Kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının boyutsal kararlılığı, sertleştiğinde büzülme eğiliminde olan özellikle çinko oksit-öjenol bazlı geleneksel patlardan genel olarak daha iyidir (Trope,2015).

MTA esaslı formülasyonlarda olduğu gibi, kalsiyum silikat esaslı kanal patları %0.2'ye kadar hafif bir hacimsel genişleme gösterebilirler, ancak bu tüm formülasyonlar için vurgulanmamıştır (Trope,2015).

Lee ve ark. (2017), AH Plus®, AD Seal (Meta Biomed) ve Radic-Sealer (KM) ile HSS formülasyonu Endoseal MTA arasındaki boyutsal stabiliteyi karşılaştırdıkları çalışmalarında; AH Plus ve Endoseal MTA'nın en az boyutsal değişikliği gösterdiği, özellikle 30 gün sonra Endoseal MTA'nın boyutsal stabilitesinin AH Plus'tan daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Bir kanal patının çözünürlüğü yüksek olduğunda, hem dentin ve pat arasında hem de patın kendi içinde boşluklar oluşmasına neden olacağı için ağız içinden ve periapikal dokulardan sızıntı meydana gelebileceği belirtilmiştir (Orstavik,2005). Genel olarak, kalsiyum silikat esaslı kanal patları epoksi rezin bazlı patlara kıyasla daha yüksek çözünürlüğe sahiptir(Zhou ve ark., 2013; Torres ve ark.,2020; Tanomaru ve ark.,2017).

Çözünürlük değerleri, sertleşme koşulları ve temas sıvısı (su, PBS, kültür ortamı) gibi deneysel koşullara bağlı olarak büyük ölçüde farklılık gösterebilmektedir; örneğin, BioRoot RCS ve MTA Fillapex® için rapor edilen çözünürlük standart şartları karşılamıştır (%3'ün altında) ve fosfatla tamponlanmış salin solüsyonu kullanımı BioRoot RCS çözünürlüğünü azaltmıştır (Prüllage ve ark.,2016).

Kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının çözünürlüğü uzun vadede sızdırmazlıklarını tehlikeye atabilir(Camilleri,2017). Ancak araştırmacılar kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının iyon salınımı, mineral birikimi ve dentinde oluşturdıkları infiltrasyon zonu gibi biyolojik özelliklerin bu çözünürlüğün bir sonucu olduğuna dikkat çekmektedirler (Torres ve ark.,2020).

Atmeh ve ark.(2012) kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu maddelerinin kök dentini ile etkileşimini inceledikleri çalışmalarında, kalsiyum silikat esaslı materyallerin hidrasyon ürünlerinin alkalın ve kostik etkisinin, kök dentinin kollajen yapısında oluşturduğu değişimin "mineral infiltrasyon bölgesi" olarak adlandırılan bir arayüzey tabakasını oluşturduğunu ve kanal patından dentin tübüllerinin içine tag benzeri yapıların uzanabileceğini belirtmişlerdir .

Tag benzeri yapıların oluşturduğu mikromekanik etkileşim pek çok çalışmada araştırma konusu olmuştur (Donnermeyer ve ark.,2019). MTA Fillapex,Bioroot RCS,Totalfill BC Sealer ve AH Plus'ın dentine itme bağ gücü dayanımının incelendiği bir çalışmada rezin esaslı kanal patı AH Plus, kalsiyum silikat esaslı örneklerle göre daha yüksek bağlanma dayanımı göstermiştir(Donnermeyer ve ark.,2018). Tuncel ve ark. ise (2015) İroot SP(Vericom) ile AH Plus'ı bağlanma dayanımı bakımından karşılaştırmış ve kalsiyum silikat esaslı kanal patı İroot SP'nin itme bağ gücü dayanımını daha yüksek bulmuşlardır.

Kanal patının dentinle etkileşimine benzer biçimde,kanal patı ve kor materyali arasındaki bağlanmanın gücü ve sızdırmazlığı da kök kanal tedavisinin başarısında önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır(Orstavik,2014). Bazı üreticiler, kalsiyum silikat esaslı kanal patı ve gütaperka arasındaki yapışmayı arttırmak için farklı stratejiler önermişlerdir. Septodont, BioRoot™ RCS patına bir organik polimerin (povidon) dahil edildiğini ve "biyoseramik" nanopartiküllerin önceden emdirildiği özel gütaperka konileri ile birlikte kullanımı önerilmiştir.(Septodont,2021)

Ancak Eltair ve ark.(2018)larının yaptığı çalışmada biyoseramik emdirilmiş güta perka konileri ve kalsiyum silikat esaslı kanal patı arasındaki arayüzün sızdırmazlık açısından yetersiz olduğu bulunmuştur (Eltair ve ark, 2018).

ISO 6876 standardı, ANSI/ADA spesifikasyonu No. 57'de belirtildiği üzere, 1 mm kalınlığında kök kanal patı numunesinin radyoopasitesinin en az 3 mm kalınlığındaki alüminyum(Al) ile eşdeğer radyoopasiteye sahip olması gerektiği belirtilmiştir. Kalsiyum silikat esaslı materyaller genel olarak radyoopasite verici ajan olarak bizmut oksit veya zirkonyum oksit kullanılarak üretilirler. BioRoot RCS, EndoSequence BC Sealer, EndosealMTA ve MTA Fillapex patlarının uyulması gereken ISO standartlarından daha yüksek radyoopasiteye sahip olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur(Lee ve ark.,2017; Khalil ve ark.,2016).

Kalsiyum silikat esaslı kanal patları biyolojik olarak uyumlu, genotoksik ve sitotoksik olmamalıdır. Kalsiyum silikat esaslı patların biyolojik özellikleri hidrasyon reaksiyonları sonucu oluşan kalsiyum silikat hidrat jelinden salınan Ca,Si ve OH iyonları tarafından sağlanır(An ve ark.,2015; Shi ve ark.,2015).

Eldeniz ve ark.(2016) H2AX geninin kırılımlına bakarak MTA Fillapex, İroot SP ,Bioroot RCS, AH Plus, Endorez, Realseal, HybridSeal(Sun Medical) kanal patlarının genototoksisitesini araştırdıkları çalışmalarında kalsiyum silikat esaslı patların daha az genotoksik olduğunu bildirmişlerdir(Eldeniz ve ark., 2016).

Jung ve ark. (2019) kalsiyum silikat, rezin ve çinko oksit ojenol esaslı kanal patlarının biyoyumluluğunu araştırdıkları çalışmalarında; çinko oksit ojenol esaslı kanal patı (Pulp Canal Sealer) ve kalsiyum silikat esaslı MTA Fillapex örneğinin hem ilk karıştırıldığı anda hem de sertleştikten sonra sitotoksik olduğunu, AH Plus'ın sertleştikten sonra sitotoksisite göstermediğini; Kalsiyum silikat esaslı diğer numune olan Bioroot RCS'nin ise hem ilk karıştırıldığında hem de sertleştikten sonra hücre çoğalmasını indüklediğini bildirmişlerdir.

Nair ve ark. (2018) Endosequence BC Sealer, İroot SP ve çinko oksit ojenol esaslı kanal patlarının sitotoksik etkilerini fibroblast hücreleri üzerinde karşılaştırmış ve çinko-oksit ojenol esaslı kanal patının en fazla sitotoksik etkiye sebep olduğunu bulmuşlardır.

Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının antimikrobiyal etkinlikleri OH iyonu salınımı sonrasında ortam PH'nın artmasıyla gerçekleşmektedir. Pek çok çalışmada geleneksel kök kanal patlarına kıyasla daha yüksek PH'a sahip oldukları gösterilmiştir (Zhou ve ark.,2013; Khalil ve ark.,2016; Candeiro ve ark. ,2012).

Candeiro ve ark.(2016) AH Plus ve Endosequence BC Sealer'ın *E. faecalis* e karşı antibakteriyel etkinliklerinin benzer olduğunu bildirmişlerdir (Candeiro ve ark., 2016).

Kapralos ve ark.(2018) planktonik formdaki ve biyofilm oluşturmuş bakteri kolonileri üzerinde kanal patlarının antibakteriyel etkinliklerini inceledikleri çalışmalarında; AH Plus'ın sertleştikten sonraki ilk 24 saatte Totalfill BC Sealer'a kıyasla daha yüksek antibakteriyel etkinliğe sahip olduğunu ancak AH Plus'ın antibakteriyel etkinliğinin zamanla azaldığını rapor etmişlerdir.

Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları geleneksel kanal patları ile kıyaslandığında umut verici sonuçlar vermektedir(Çiftçioğlu ve ark.,2019)

1.5. Kök Kanal Dolgu Yöntemleri

Kök kanallarının 3 boyutlu ve sızdırmaz bir şekilde doldurulması kök kanallarının enfeksiyondan korunması ve oral kavite ile periapikal dokular arasında sızdırmaz bir bariyer oluşturulması açısından oldukça önemlidir. Kök kanal dolgusunun kalitesi tedavi başarısında oldukça büyük öneme sahiptir. Kök kanallarının başarılı bir şekilde doldurulması için pek çok teknik tanımlanmıştır.

1.5.1. Soğuk Lateral Kompaksiyon Tekniği

Soğuk lateral kompaksiyon yöntemi, kullanılan materyallerin maliyetinin düşük olması ve kolay uygulanabilir olması sebebiyle oldukça yaygın olarak kullanılan bir kök kanal dolgu yöntemidir (Cailleteau ve ark.,1997).

Kök kanal sistemindeki düzensizliklere nüfuz etme kabiliyeti bakımından soğuk lateral kompaksiyon yöntemi, ısı ile uygulanan tekniklere kıyasla yetersiz kalmaktadır (Wu ve ark.,2001). Soğuk lateral kompaksiyon yöntemi tüm kanal patları ile uygulanabilen bir yöntemdir.

Kök kanal sisteminin şekillendirilmesi tamamlandıktan sonra apikal daralım noktasından 0,5-1mm geride sıkışan ana güta perka konu tespit edilir. Ana güta perka konunun apikal daralım noktasında sıkıştığını doğrulamak amacıyla tug-back hissinin varlığı kontrol edildikten sonra ana güta perka konu kök kanalından uzaklaştırılır ve kök kanalları yıkanıp kurulanır. Daha sonra kök kanallarına kanal patı uygulanır ve ana güta perka konunu destekleyecek yan güta perka konlarının kanala yerleşimini sağlayacak olan spreader kök kanalına yerleştirilir. Ana güta perka konu ile uyumlu olan bir spreaderın kök kanalının apikal daralım noktasına dirençle karşılaşmadan 1-2 mm yaklaşabilmesi gerekmektedir.Uygun spreader boyutu seçildikten sonra kanal patına bulanana ana güta perka konu kök kanalına yerleştirilir ve spreader ile lateral olarak sıkıştırılır.Sıkışan spreader saat yönünün tersi yönde 180 derecelik dönüş yaptırılarak rahatlatılır ve kök kanalından çıkarılır. Spreaderın oluşturduğu boşluğa uygun boyuttaki bir yan güta perka konu kanal patına bulandıktan sonra kanala yerleştirilir. Bu işlemler spreader kök kanalına penetre olamayacak kadar güta perka yerleştirilmesine kadar devam eder.

Soğuk lateral kompaksiyon yöntemiyle kök kanalları doldurulması işlemi radyografik olarak kontrol edildikten sonra güta perka konu ısıtılmış bir el aleti kullanılarak kesilir ve dolgu işlemi tamamlanmış olur(Berman ve Hargreaves, 2020).

1.5.2. Basit Tek Kon Tekniği

Kök kanallarının preperasyonu tamamlandıktan sonra,kök kanalında kullanılan son kanal aleti ile eşleşen uygun güta perka konisi seçilir; Kök kanalının çalışma boyuna uygunluğu ve sıkışma hissi kontrol edildikten sonra; kök kanalları yıkanır , ardından kurulanır.Daha sonra kök kanalına kanal patı gönderilir. Kanal patı kök kanalına paper point, güta perka, K tipi eğe veya lentülo kullanılarak yerleştirilebilir. Kök kanalına kanal patı uygulanır ve uygun güta perka konisi kanal patına bulandıktan sonra kök kanalına yerleştirilir. Daha sonra güta perka konisinin kanal dışında kalan kısmı sıcak bir el aleti ile kesilir ve kanal dolgusu plugger yardımıyla vertikal olarak kondanse edilir.

Özellikle oval kesitli kanallarda tek kon tekniği ile yapılan kanal dolgularının, yuvarlak kesitli kanallara kıyasla daha düşük bağlanma değeri gösterdiği rapor edilmiştir (Pereira ve ark.,2015)

1.5.3. Sıcak Vertikal Kompaksiyon Tekniği

Bu yöntem Schilder tarafından kök kanallarının 3 boyutlu olarak etkili bir şekilde doldurulması amacıyla tanımlanmıştır (Schilder,1967). Tekniğin uygulanabilmesi için kök kanallarının apikal foramenden başlayan bir darlığa ve koronale doğru gittikçe artan bir konisiteye sahip bir biçimde prepare edilmeleri gerekmektedir.

Kök kanallarının preparasyonu tamamlandıktan sonra çalışma boyundan 0.5-2mm geride sıkışan ana güta perka konu belirlenir.Ana güta perka konunun adaptasyonu doğrulandıktan sonra, kök kanalları yıkanıp kurulanır.Daha sonra kanal patı kanala yerleştirilir.Ana kon kanala yerleştirildikten sonra sıcak bir alet yardımıyla kök kanalının içerisinden kesilir.Güta perkanın kesilmesi için alevde ısıtılmış aletler kullanılabildiği gibi , elektronik olarak ısı kontrolüne olanak tanıyan cihazlar da kullanılabilir(Örn.: System B).Ana kon kesildikten sonra kök kanalının apikal

kısımında kalan ve plastisize olan güta perka uygun bir plugger yardımıyla vertikal olarak kondanse edilir. Daha sonra kök kanalının koronal kısmının dolgusunun yapımına başlanır.Sıcak güta perka 3-4 mm'lik katmanlar halinde kök kanalına uygulanır ve her katmana spreader ile vertikal kompaksiyon uygulanarak vertikal olarak kondanse edilir (Berman ve Hargreaves,2020).

Blum ve ark.(1997) sıcak vertikal kompaksiyon yöntemiyle dolgusu yapılan kök kanallarında güta perkanın ısı değerlerini inceledikleri çalışmalarında en yüksek ısı değerinin koronal ulde(118 °C), en düşük değerin ise apikal ulde (44 °C) elde edildiğini rapor etmişlerdir..Alveol kemikteki 10°C 'lik ısı artışıının kemik nekrozuna sebep olabileceği göz önüne alındığında sıcak dolgu tekniklerinin uygulanmasında dikkat edilmelidir.

Kök kanal dolgusunun kompaksiyonu esnasında uygulanan kuvvetin miktarı önemlidir.Kök kanalına uygulanan lateral ve vertikal kompaksiyon kuvvetleri benzer biçimde dişlerde kama etkisi benzeri yıkıcı kuvvetler oluşturmaktadır(Blum ve ark,1997).

1.5.4. Devamlı Isıyla Obturasyon Tekniği

Devamlı ısıyla obturasyon tekniği, sıcak vertikal kompaksiyon tekniğinin bir varyasyonu olarak nitelendirilebilir.Yüksek konikliğe sahip nikel-titanyum alaşımlardan üretilmiş kanal aletlerinin kök kanallarının şekillendirilmesinde kullanımı ile birlikte, bu aletlerle prepare edilmiş kanalların sıcak tekniklerle doldurulmasında açılı pluggerların kullanımı ön plana çıkmıştır.Devamlı ısı ile obturasyon tekniğinde System B adı verilen özel bir cihaz kullanılır.Bu cihazın 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 ve 0.12 açıya sahip paslanmaz elik pluggerları vardır.Kök kanallarına uyumlu ana güta perka konları, kanal patı ile birlikte kök kanalına yerleştirildikten sonra ısıtılan System B pluggerı apikalde 5-7 mm güta perka kalıncaya kadar ilerletilir. Ana güta perka konu kesilirken plugger 1-2 saniye aktive edilir, daha sonra 5-10 saniye vertikal kompaksiyon uygulanır.Soğuyan plugger gömüldüğü güta perka kütlesi

içerisinden çekilmeden önce tekrar aktive edilir bu şekilde plugger'ın gütâ perkadan ayrılması sağlanmış olur. Apikal kısmın doldurulması bu şekilde yapıldıktan sonra koronalde kalan boşluğa sıcak gütâ perka enjekte edilir ve vertikal olarak kompaksiyonu yapılır.(Berman ve Hargreaves,2020)

1.5.5. Termoplastize Gütâ-Perka Enjeksiyon Teknikleri

Bu teknikte gütâ perka kök kanalının dışında ısıtılıp eritilmekte ve özel bir cihaz yardımıyla kök kanalına enjekte edilebilmektedir. Kök kanallarındaki düzensizliklerin ve özellikle iç rezorpsiyon alanlarının doldurulmasında etkili bir teknik olarak ön plana çıkmaktadır. Uygulanan ısı düzeyine göre iki farklı enjeksiyon sistemi geliştirilmiştir(Berman ve Hargreaves,2020);

- Yüksek ısılı enjeksiyon sistemi(Obtura)
- Düşük ısılı enjeksiyon sistemi(Ultrafill)

1.5.6. Termomekanik Kompaksiyon Tekniği

Bu teknikte McSpadden (1980) tarafından tanıtilan Mc Spadden kompaktörü kullanılmaktadır. Hedström tipi kanal aletine benzeyen fakat yivleri Hedström tipi eğenin tersine duran bu kompaktör angulduvaya takılır ve 10.000 d/d(devir/dakika) hızda kullanılır. Kompaktörün çalışma prensibi sürtünme kuvveti ile açığa çıkan ısının gütâ perkayı kompakte etmesi esasına dayanır. Bu yöntemde kök kanalları çok hızlı bir biçimde doldurulabilmekte ve yeterli kompaksiyon sağlanamadığı farkedildiğinde kompaksiyona kalınan yerden devam edilebilmektedir (Berman ve Hargreaves, 2020).

Özellikle internal rezorbsiyon vakalarında başarılı bir dolgu sağlamaktadır. Bu yöntemin sunduğu avantajların yanı sıra ; dar kanallarda uygulama güçlüğü, kompaktör uçlarının sıkışma sonucu kırılabilmesi, taşkın dolgu yapılması, kanalda

soğuyan dolgu maddelerinin daha sonra gösterebileceği sızıntı gibi dezavantajları bulunmaktadır.(Saunders,1989)

1.6. Kök Kanal Dolgusunun Kalitesinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler

Kök kanallarının 3 boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulması kök kanallarının enfekte olmaması açısından oldukça önemlidir.(Ricucci, Lin, & Spangberg, 2009)

Kök kanal dolgusu içerisinde kalan boşluklar, kemomekanik preperasyona rağmen elimine edilememiş bakterilerin ve endotoksinlerin yaşamlarını sürdürebilecekleri ve çoğalabilecekleri alanlar oluşturarak kök kanalının yeniden enfekte olmasına sebep olur ve bu durumda kök kanal tedavisi de başarısızlıkla sonuçlanır(Adib ve ark.,2004).

Kök kanal dolgusundaki boşluklar kullanılan dolgu tekniğine bağlı olabileceği gibi, dolgu sırasında kullanılan materyallerin kimyasal özelliklerinden de etkilenebilmektedir. Geleneksel kanal patlarıyla yapılan kök kanal dolgusunda, kanal patının boyutsal stabilitesindeki değişimler de boşluk oluşmasına yol açabilir.Kanal patının %1 lik hacimsel büzülme göstermesi halinde kanal patı ve kök dentini arasında 100 mikronluk(μm) açıklık oluşabileceği bildirilmektedir.(Orstavik,2001).

Pek çok laboratuvar yöntemi kök kanal dolgusunun kalitesini değerlendirmede in vitro olarak kullanılmaktadır.Bu laboratuvar yöntemleri; boya penetrasyonu, boya difüzyonu, bakteri ve endotoksin infiltrasyonu, elektrokimyasal yöntemler, mikroskopi veya Mikro-BT(Mikro Bilgisayarlı tomografi) ile değerlendirme olarak sıralanabilir.

El Sayed ve ark.(2018) boya penetrasyonu testi kullanarak AH Plus, MTA Fillapex ve Endosequence BC Sealer'ın sızdırmazlık özelliklerini karşılaştırdıkları

alışmalarında; en düşük sızıntı değerinin Endosequence BC Sealer grubunda gözlendiğini bildirmişlerdir.

Benzer olarak Ballullaya ve ark.(2017) farklı tipteki kanal patlarının sızdırmazlığını boya penetrasyonu yöntemiyle inceledikleri çalışmalarında, kalsiyum silikat esaslı kanal patı Endosequence BC Sealer'ın en düşük, çinko oksit ojenol içerikli kanal patının ise en yüksek sızıntı değerini gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Boya penetrasyon testinin, apikal sızdırmazlığı ölçmede kullanılırken sahip olduğu bir dezavantaj ise kök kanal dolgu materyali içerisinde hapsolmuş havanın sıvı hareketini engelleyebileceği ve buna bağlı olarak çelişkili sonuçlar alınabileceğidir(Wu,1994).

Kök kanal dolgusu içerisindeki boşlukların miktarı farklı kanal dolgu teknikleri uygulandığında değişebilmektedir. Santos-junior ve ark.(2021) oval kök kanallarında tek kon ve termoplastik dolgu teknikleri ile doldurdukları kök kanallarındaki boşlukları mikro-bt yöntemi ile incelemiş ve termoplastik yöntem ile yapılan kök kanal dolgularındaki boşluk insidansının daha az olduğunu rapor etmişlerdir.

Da Silva ve ark.(2021) oval kök kanallarında tek kon yöntemi ve soğuk lateral kompaksiyon yöntemini kullandıkları çalışmalarıda kalsiyum silikat esaslı kök kanal patı(Endosequence BC Sealer) kullanmış ve iki yöntemle yapılan kanal dolgusunun boşluk miktarının yeterli düzeyde olduğunu bildirmişlerdir.

Eid ve ark. (2021) konfokal lazer mikroskobu ile kök kanal dolgularının dentin tübüllerine penetrasyonunu inceledikleri çalışmalarında; sıcak vertikal kompaksiyon yöntemi ile yapılan kanal dolgularında, tek kon yöntemine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha iyi dentin tübül penetrasyonu olduğunu rapor etmişlerdir.

Kök kanal dolgusunun kalitesinin değerlendirilmesinde mikro bilgisayarlı tomografi, örneklerin yüksek hassasiyetle taranabilmesi ve örneklerle invaziv bir işlem

uygulanmaması sebebi ile endodontik araştırmalarda ön plana çıkmaktadır (Milanovic, 2020).

Mikro-bt ile elde edilen görüntülerde, kök kanal dolgusundaki güta perka ve kanal patı birbirinden ayırt edilebilmekte ve kök kanal dolgusu içerisindeki boşluklar açık, kapalı veya birleşik olarak tanımlanabilmektedir. Ayrıca bu yöntemle kök kanal patlarının dentin ile adaptasyonu da değerlendirilebilmektedir(Milanovic,2020).

Çelikten ve ark.(2015) mikro-bt yöntemini kullanarak; Endosequence BC Sealer ve farklı kök kanal dolgu yöntemleri ile yapılan kanal dolgularındaki boşlukları inceledikleri çalışmalarında; kullandıkları tüm dolgu yöntemlerinde boşlukların bulunduğunu ancak en az boşluğun thermafill grubunda, en çok boşluğun ise tek kon grubunda saptandığını belirtmişlerdir.

Milanovic ve ark.(2020) AH Plus, MTA Fillapex ve Bioroot RCS kök kanal patlarıyla yapılan kök kanal dolgularındaki boşlukları değerlendirdikleri çalışmalarında en yüksek boşluk oranına sahip olan kanal patının MTA Fillapex olduğunu ve açık boşlukların tüm kanal patlarında kapalı boşluklardan daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.Ayrıca araştırıcılar örnekleri yapay vücut sıvılarında bekletmiş ve Bioroot RCS grubunda açık boşluk oranının zamanla arttığını bildirmişlerdir.

Geleneksel kanal patları ile kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının mikro-bt kullanılarak boşluk insidansı karşılaştırıldığında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, boşluk insidansı her zaman kök kanal anatomisi ve kullanılan dolgu tekniğı ile birlikte değerlendirilmelidir.(Roizenblit,2020).

1.7. Mikro Bilgisayarlı Tomografi

Mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT) katı örneklerin farklı yoğunluktaki bileşenlerinin yüksek çözünürlükte ve örneğe zarar vermeden incelenmesine olanak tanıyan bir görüntüleme tekniğidir.(Keleş,2015)

1895 yılında Wilhelm röntgen tarafından X ışınlarının keşfedilmesi ve medikal görüntüleme amacıyla kullanılması tıp alanında büyük bir ilerleme kaydedilmesini sağlamıştır. Daha sonra 1963 yılında Allan McLeod Cormack ve Godfrey Hounsfield tarafından bilgisayarlı tomografinin geliştirilmesi tıbbi görüntülemede yeni bir çığır açmıştır. Bilgisayarlı tomografinin çalışma mantığı bir objenin farklı açılardan alınan görüntülerinin bilgisayar ortamında objenin 3 boyutlu modelini oluşturacak şekilde rekonstrüksiyon işlemine tabi tutulması olarak özetlenebilir.1980’li yıllarda geliştirilen mikro bilgisayarlı tomografide(Mikro-BT) ise piksel boyutları mikro metre ölçüsüne düşürülmüş ve çok daha detaylı görüntüler elde edilmesi sağlanmıştır.

Mikro-BT cihazının ana bileşenleri; X ışını tüpü, üzerine numunenin sabitlendiği ve belli aralıklarla dönüş yapan adım motoru, X ışınının sensör üzerinde yoğunlaşmasını sağlayan görüntü yoğunlaştırıcısı, üzerine düşen X ışınlarını görüntüye çeviren CCD(Charged Coupled Device) sensörü ve bilgisayar sisteminden oluşmaktadır.

Mikro-BT ve konvansiyonel BT arasında iki temel farklılık bulunmaktadır. Birinci fark; konvansiyonel BT’de x-ışını kaynağı ve dedektör hastanın etrafında döndürülür ve bu da mekanik vibrasyona neden olur. Mikro BT’de x-ışını kaynağı ve dedektör genellikle sabitken, küçük boyuttaki nesne kendi eksenini etrafında döndürülür; böylece vibrasyon azalır ve çözünürlük artar. İkinci fark ise; konvansiyonel BT’de 1 mm olan x-ışını kaynağı boyutu, Mikro-BT’de 5-10 μm ’dir. Mikro-BT’de kullanılan ışık kaynağının daha küçük olması penumbrayı azaltarak projeksiyon keskinliğini artırır (Yeri, 2015).

Mikro-BT Endodontide ilk olarak kök kanal morfolojisinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır (Nielssen, 1995). Mikro-BT endodontide kök kanal morfolojisinin, kök kanal preparasyonunun, sert doku debris birikiminin ve kök kanal dolgusunun kalitesinin değerlendirilmesi amaçlarıyla kullanılmaktadır.

Mikro-BT mikron boyutlarındaki piksel boyutuna sahip olması dolayısıyla örneklerin çok detaylı olarak incelenebilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca bir diğer avantajı da örneklerin incelenirken kesit alınması için bölünmesine gerek olmaması yani örneğin zarar görmeden incelenebilmesidir. Tüm bu avantajlarının yanında yüksek radyasyon dozu ve yüksek maliyetli olmasının yanında örneklerin incelenmesinin zaman alması Mikro-BT yönteminin dezavantajları olarak sayılabilir.

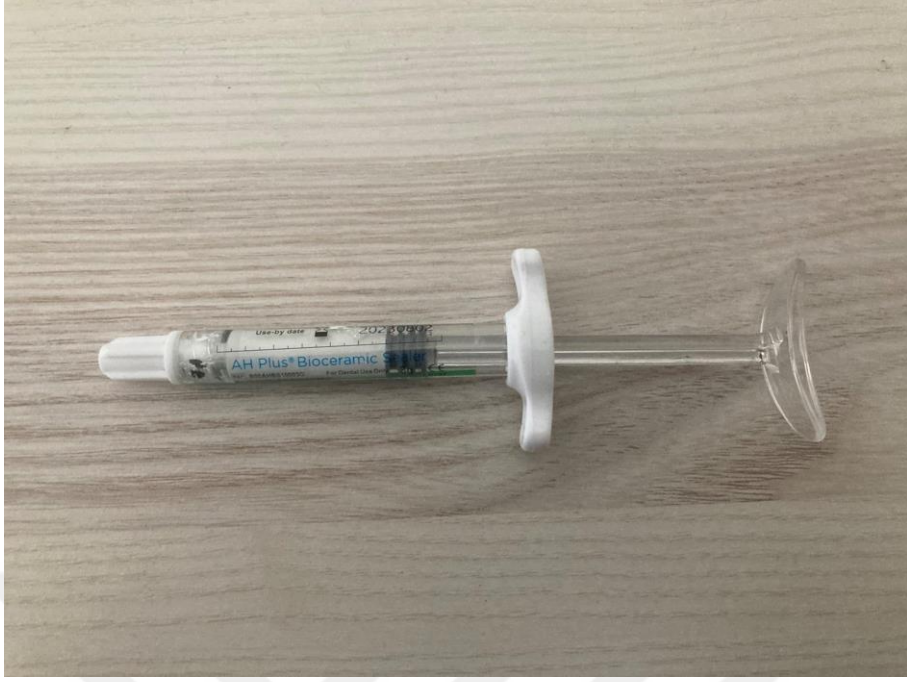
1.8. Çalışmamızda Kullanılan Kök Kanal Patları

1.8.1. AH Plus Bioceramic Kanal Patı

AH Plus Bioceramic (Dentsply Sirona) (Şekil 1.5.) kanal dolgu patı, önceden doldurulduğu şırıngası içerisinde, ön karıştırma gerektirmeden kök kanalı içerisine uygulanan ve kök kanal ortamından emdiği nem yoluyla sertleşmesini sağlayan ISO 6876 standardına uygun kanal dolgu maddesidir.

Üretici talimatlarına göre kök kanalı içerisine 24 G (gauge) çapındaki iğnesi yerleştirildikten sonra, kanal patı kök kanalı içerisine enjekte edildikten sonra kanal dolgusu güta perka konileri kullanılarak tamamlanmalıdır.

Ürünün kimyasal bileşimi üretici firma tarafından zirkonyum Dioksit, trikalsiyum silikat, dimetil sülfoksit, lityum karbonat ve kıvamlaştırıcı maddeler olarak sıralanmıştır. Yine üretici firma tarafından açıklanan fiziksel ve kimyasal özellikleri ise şu şekildedir; 2-4 saat donma süresi, 17mm üzerinde akıcılık, 3mm veya daha kalın alüminyum ile eşdeğer radyoopasite, 50 µm'nin altında film kalınlığı ve %3'ün altında çözünürlük (Dentsply Sirona, 2021a).



Şekil 1.5. AH Plus Bioceramic kanal patı

1.8.2. Bioroot RCS

Bioroot RCS (Septodont) (Şekil 1.6.) toz ve likit olmak üzere iki ayrı bileşenden oluşan kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patıdır. Toz kısmının içeriği trikalsiyum silikat, zirkonyum oksit ve yardımcı maddelerden oluşurken, likit kısmı içerisinde katkı maddeleri bulunan aköz kalsiyum klorit çözeltisidir.

Üretici talimatlarına göre kanal dolgu patı bir kaşık toz ile, 5 damla likit ; 60 saniye boyunca karıştırılarak hazır hale getirilir. Daha sonra uygun bir güta perka konisi veya kağıt koni yardımıyla kök kanalına uygulandıktan sonra güta perka kök kanalına yerleştirilerek kanal dolgusu tamamlanır. Üretici talimatlarına göre kanal patının çalışma süresi 10 dakika, sertleşme süresi ise yaklaşık 4 saattir (Septodont, 2021).



Şekil 1.6. Bioroot RCS kanal patı

1.8.3. AH Plus

AH Plus (Şekil 1.7.) kök kanal dolgu patı iki farklı pasta formunda bileşen karıştırılarak kullanıma hazır hale getirilen epoksi-amin bazlı bir rezindir. Pat A olarak isimlendirilen ve kehribar renginde olan patın kimyasal bileşimi Bisfenol-a epoksi rezin, Bisfenol-F epoksi rezin, kalsiyum tungstat, demir oksit pigmentleri, zirkonyum oksit ve silikadan oluşmaktadır. Pat B olarak isimlendirilen ve sarı renkteki patın bileşimi ise dibenzildiamin, aminoadamantan, trisiklodekan-diamin, kalsiyum tungstat, zirkonyum oksit, silika ve silikon yağıdır.

Üretici talimatlarına göre AH plus kök kanal dolgu patı hazırlanırken Pat A ve Pat B 1:1 oranında karıştırılmaktadır (Dentsply sirona ,b).



Şekil 1.7. AH Plus kanal patı

1.9. Konu ile İlgili Çalışmalar

Çelikten ve ark.(2016) oval şekilli kök kanallarına sahip maksiller premolar dişleri 40.06 Endosequence Nikel-Titanyum kanal eğesi ile genişlettikten sonra Endosequence BC Sealer(Kalsiyum silikat), Smartpaste Bio(Kalsiyum silikat), ActivGP(Cam iyonomer) ve AH Plus (Rezin) kök kanal patları ile tek kon yöntemi kullanarak doldurmuşlar ve kanal dolgusu içerisindeki boşlukları mikro bilgisayarlı tomografi kullanarak istatistiksel olarak incelemişlerdir.

Germain ve ark.(2018) 36 adet maksiller premolar diş kullanarak yaptıkları çalışmalarında dişleri öncelikle iki gruba ayırarak 0.04 ve 0.06 açılı iki farklı eğe sistemiyle genişletmiş ve ardından kanalları AH Plus, Totalfill BC Sealer(Kalsiyum silikat) ve o dönem yeni piyasaya sürülen bir Bioseramik kanal patı kullanarak tek kon yöntemiyle doldurmuşlardır.Araştırmacılar kanal dolgularındaki boşlukları incelemek için mikro bilgisayarlı tomografi yöntemini kullanmışlar ve sonuçları istatistiksel olarak karşılaştırmışlardır.

Alim ve ark.(2019) 25 dereceden yüksek kök eğimine sahip 60 adet alt molar dişin mezial kök kanallarını Protaper next X2 eğesine kadar genişleterek AH Plus(Rezin) kanal patı ile birlikte lateral kondensasyon, tek kon, devamlı ısıyla obturasyon yöntemi ve thermafill taşıyıcısı yöntemlerini kullanarak doldurmuşlar ve

yapılan kanal dolgusundaki boşlukları mikro-bilgisayarlı tomografi ile tarayarak istatistiksel olarak incelemişlerdir.

Milanovic ve ark.(2020) 60 adet tek köke ve tek kök kanalına sahip maksiller kesici dişi TF Adaptive rotary eğe sistemi kullanarak 50.04'e kadar genişletmiş ve Bioroot RCS(Kalsiyum silikat), Endosequence BC Sealer(Kalsiyum silikat), MTA Fillapex(Kalsiyum silikat) ve AH Plus(Rezin) kök kanal patı kullanarak tek kon yöntemi ile kanal dolgularını tamamlayarak dişleri Hank'in Balanslı Salin solüsyonunda bekletmişler ve dolgudan 7 gün ve 6 ay sonra mikro bilgisayarlı tomografi ile tarayarak kanal dolgularındaki boşlukları istatistiksel olarak incelemişlerdir.

Angerame ve ark.(2020) 30 adet tek kök kanalına sahip maksiller ve mandibuler premolar dişi Reciproc R40(VDW, Münih Almanya) eğesi ile genişletmişler ve Bioroot RCS(Kalsiyum silikat) kanal patı kullanarak yaptıkları kanal dolgularını standart tek kon yöntemi ve modifiye tek kon yöntemleri kullanarak tamamlamışlardır. 1. grupta kanal dolgusu R40 güta perka konu çalışma boyuna yerleştirilerek yapılmıştır. 2. grupta R40 güta perka konu çalışma boyundan 1mm kesilerek kanal dolgusu tamamlanmıştır. 3. grupta ise non standardize güta perka konu çalışma boyuna yerleştirilerek kanal dolgusu bitirilmiştir. Kanal dolgularındaki boşlukları mikro bilgisayarlı tomografi kullanarak istatistiksel olarak incelemişlerdir

Roizenblit ve ark.(2020) 20 adet mandibular molar dişin mezial kök kanalını kullanarak yaptıkları çalışmalarında dişleri SybronEndo K3 (SybronEndo, Orange, CA, ABD) sistemini kullanarak 30.04'e kadar genişletmiş daha sonra dişleri iki gruba ayırmış ve bir grubu Endosequence BC Sealer (Kalsiyum silikat) ve tek kon yöntemi ile diğer grubu ise AH Plus ve devamlı ısıyla obturasyon yöntemi ile doldurarak iki gruba yapılan kanal dolgularındaki boşlukları mikro bilgisayarlı tomografi kullanarak istatistiksel olarak değerlendirmişlerdir.

Tavares ve ark.(2020) bukko lingual çapı ,meziyo distal çapının 4 katından daha uzun kök kanal morfolojisine sahip 32 adet maksiller premolar dişi Hyflex EDM 25.08

eğesine kadar genişletip ardından Bio-C Sealer(Kalsiyum silikat) ve AH Plus(Rezin) kök kanal patlarını kullanarak tek kon yöntemi ile doldurmuş ve kanal dolgularındaki boşlukları mikro bilgisayarlı tomografi yöntemiyle tarayarak istatistiksel olarak incelemişlerdir.

Çalışmamızda alt büyük azı dişlerinin 25 dereceden büyük eğime sahip mezial kök kanalları kullanılarak, bu dişler AH Plus Bioceramic(Kalsiyum silikat), Bioroot RCS(Kalsiyum silikat) ve AH Plus(Rezin) kanal patları ve tek kon yöntemi kullanılarak doldurulduktan sonra yapılan kanal dolguları içerdiği boşluklar mikro-bt ile değerlendirilerek istatistiksel olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır.



2. GEREÇ YÖNTEM

2.1. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmamızda Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız- Diş- Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Ana Bilim Dalında çeşitli sebeplerle çekilmiş, kök gelişimini tamamlamış, internal rezorpsiyonu bulunmayan, kurvatür açıları Schneider (Schneider 1971) metoduna göre 25 derece ve üstü olan, 30 adet insan alt büyük azı dişi kullanıldı. Dişlerin üzerindeki artıklar periodontal küret yardımıyla temizlendi. Dişlerden bukko-lingual ve mezio-distal doğrultuda alınan periapikal radyografilerle kök kanallarında kalsifikasyon olup olmadığı ve kurvatür açıları kontrol edildi. Ayrıca dişlerin yüzeylerinde rezorpsiyon, kırık ve çatlak varlığı bir stereomikroskop (Leica MZ75, Germany) ile 20x büyütmede kontrol edildi. Kriterleri sağlamayan dişler çalışma dışında bırakıldı ve çalışmaya 30 adet diş ile devam edildi. Bu dişler çalışmada kullanılıncaya kadar, dezenfeksiyon amaçlı 4.0 C’de %0,1’lik timol solüsyonu içinde bekletildi ve örnekler kullanım aşamasına geldiğinde distile su ile yıkandı. Örneklerin boyutları dijital bir kumpas yardımı ile (Guanglu, China) 15mm’ye standardize edildi. Dişler kök kanal şekillendirilmesine başlamadan önce kök boyları 15±1mm kalacak şekilde 200 d/d hızda su soğutması altında çalışan kesme cihazı (Şekil 2.1.) (Metkon, Microcut precisioncutter, Bursa, Turkey) ile kesildi.



Şekil 2.1. Dişlerin kesilmesi için kullanılan su soğutmalı kesme cihazı

2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Giriş kavimleri, yüksek hızlı frez (Meisinger, Germany) kullanılarak kök kanal ağızlarına düz bir hat üzerinden erişim sağlanacak şekilde hazırlandı. Kök kanallarına yerleştirilen #10 numaralı K tipi eğe apikal foramende görünür oluncaya kadar ilerletildi. Eğenin stoperi dişin düz yüzeyi üzerinde bulunan referans noktasına ayarlandı ve eğe kök kanalından çıkarılarak endodontik bir cetvel yardımıyla ölçüldü. Okunan değerden 1 mm kısa çalışma boyu belirlendi. Daha sonra dişler rastgele 3 gruba ayrıldı (n=10).

Örneklerin kök kanalları, ProTaper Rotary Universal (Ballaigues, İsviçre) döner eğe sistemi kullanılarak F2 eğeye kadar genişletildi. Kök kanal şekillendirmesi, #15 numaralı K tipi eğenin çalışma boyuna ulaşmasından sonra üreticinin tavsiye ettiği tork ve devir ayarları seçilerek kullanılan Dentsply X Smart Plus (Ballaigues, İsviçre) endodontik motor kullanılarak yapıldı. Şekillendirmede sırasıyla Sx, S1, S2, F1 ve F2 eğeleri kullanıldı. Her eğe değişiminde kök kanalı 30G yandan perfore bir irrigasyon ucu kullanılarak (Ultradent) 2,5 ml %2.5 sodyum hipoklorit ile irrigate edildi ve kök kanalının devamlılığı #15 numaralı K tipi eğe ile kontrol edildi.

Kök kanallarının şekillendirilmesini takiben smear tabakasını kaldırmak için final irrigasyon protokolü 2 ml %2.5 NaOCl, 2 ml %17 EDTA ve 2 ml NaOCl sırasıyla uygulandı.İrrigasyon solüsyonları sonik irrigasyon cihazı Endoactivor (Ballaigues, İsviçre) kullanılarak aktive edildi. Son irrigasyon olarak 10 ml serum fizyolojik kullanılarak irrigasyon tamamlandı.Daha sonra kök kanalları kullanılan son eğe ile uyumlu bir kağıt koni kullanılarak (Ballaigues, İsviçre) kurulandı.

2.3. Kök Kanallarının Doldurulması

Kök kanalları kullanılacak kök kanal patının çeşidine göre üç gruba ayrıldı.Daha sonra tek kon yöntemi kullanılarak kanal patı ve güta perka ile dolduruldu.

- 1. Grup:** AH plus Bioceramic + Güta perka
- 2. Grup:** Bioroot RCS + Güta Perka
- 3. Grup:** AH plus + Güta perka

2.3.1. 1. Grup: AH plus Bioceramic + Güta perka

AH plus Bioceramic kök kanal patı uygulama ucu kök kanalının orta üçlüsüne kadar ilerletilerek kanal patı kanal ağzından görünür oluncaya kadar enjekte edildi.Enjeksiyonu takiben eşleşen F2 güta perka konu ile kök kanalının dolgusu tamamlandı ve artık güta perka sıcak bir el aleti kullanılarak uzaklaştırıldı ve kondanse edildi.

2.3.2. 2.Grup: Bioroot RCS+ Güta perka

Bioroot RCS kök kanal patı tozundan bir silme ölçek ve likitinden 5 damla olacak şekilde bir siman camının üzerine aktarıldı.Daha sonra toz likitin içerisine yavaşça eklenerek 60 saniye boyunca pürüzsüz bir kıvam elde edilinceye kadar

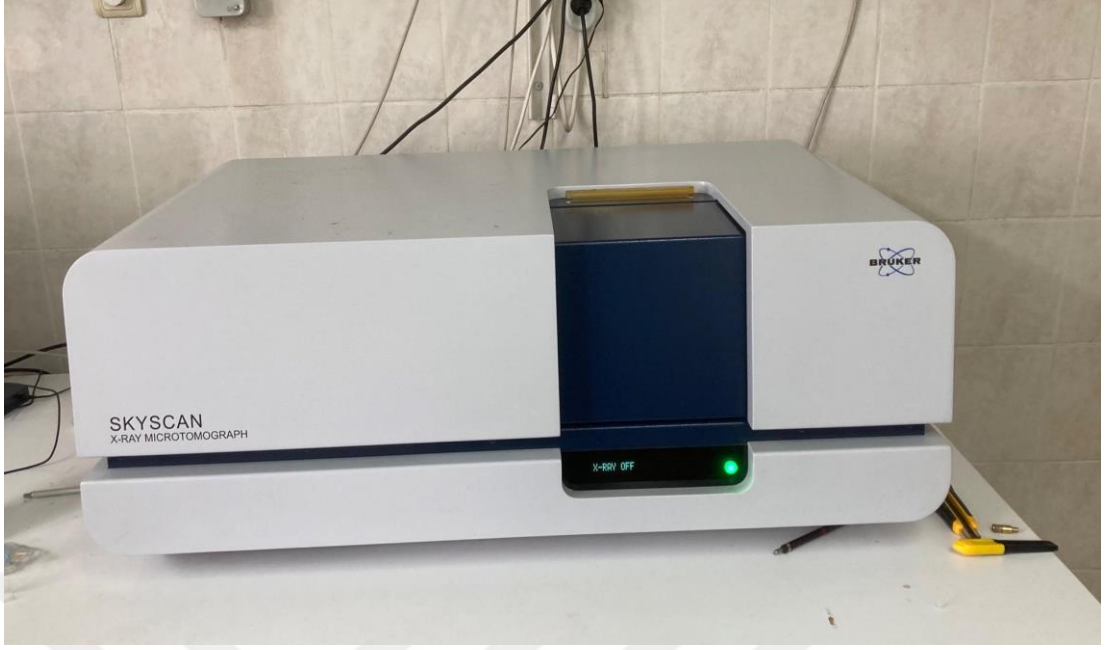
karıştırıldı ve üretici talimatları doğrultusunda kök kanalına kağıt koni ile uygulandı. Son olarak F2 güta perka konu kanal patına bulanarak kök kanalına yerleştirildi ve artık güta perka sıcak bir el aleti yardımıyla uzaklaştırılıp kondanse edildi.

2.3.3. 3.Grup: AH plus + Güta perka

AH Plus kök kanal patı 1:1 oranında karıştırma kağıdının üzerinde homojen bir kıvam elde edilinceye kadar karıştırıldı. Daha sonra son kullanılan kanal aleti ile uyumlu bir kağıt koni ile kök kanalına uygulandı.Çalışma boyuna ulaştığı daha önceden doğrulanmış F2 (Ballaigues, İsviçre) güta perka konisi AH plus kanal patına bulanarak kök kanalına yerleştirildi. Koronaldeki fazla güta perka ısıtılmış bir el aleti yardımıyla kaviteden uzaklaştırıldı ve kök kanal dolgusu kondanse edildi.

2.4. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin Elde Edilmesi

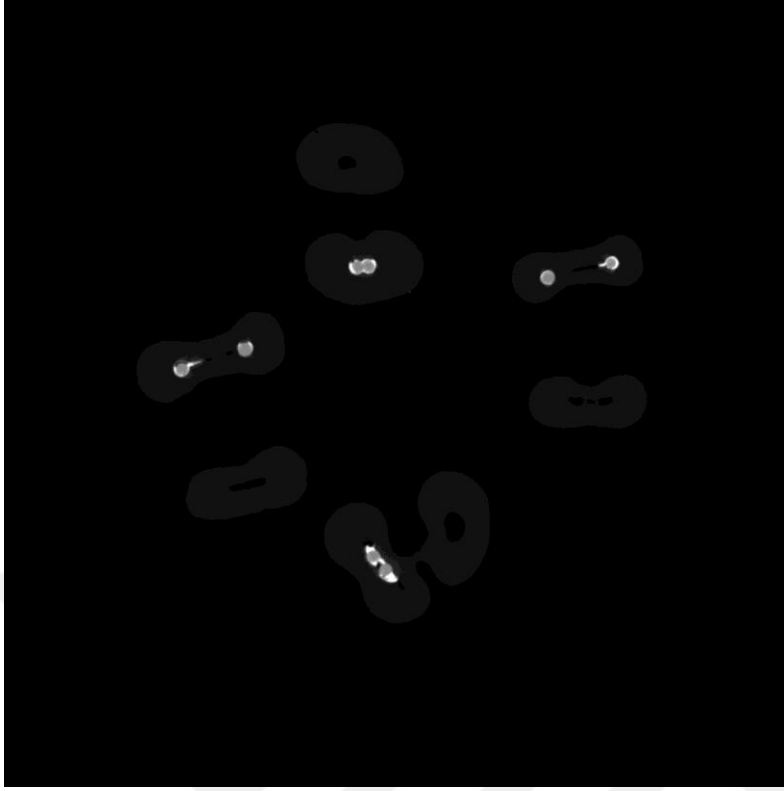
Örneklerden görüntü elde etmek için yüksek çözünürlüklü, masaüstü mikro-BT sistemi (Bruker Skyscan 1275, Kontich, Belçika) (Şekil 2.2.) kullanılarak örnekler tarandı.Tarama yapılırken Mikro BT sistemi 100 kVp(Kilovolt peak),100 mA(mili amper) ve 0.5 mm Al/Cufiltre; voxel boyutları 12.1 µm ve 0.5 rotasyon parametrelerine göre çalıştırıldı.Ring artefaktlarını en aza indirmek için, her taramadan önce dedektörün hava kalibrasyonu yapıldı.Her numune, 5 dakikalık bir entegrasyon süresi içinde 360° döndürüldü.Ortalama tarama süresi 2 saat civarındaydı.Cihazın diğer ayar ve parametreleri üretici talimatları doğrultusunda ayarlandı.



Şekil 2.2. Örneklerden görüntü elde etmek için kullanılan mikro-bt cihazı

2.5. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin İncelenmesi

NRecon (ver. 1.6.7.2, SkyScan, Kontich, Belçika) ve CtAn (CT analyzer) (ver. 1.17.7.2, SkyScan) yazılımı, Feldkamp ve ark.(1989) tarafından açıklanan algoritma kullanılarak örneklerin görselleştirilmesi ve nicel ölçümleri için kullanıldı. Aksiyal kesitte 1000x1000 piksellik iki boyutlu görüntüler elde edildi. Görüntü rekonstrüksiyonu parametreleri, ring artefaktı düzeltmesi ve yumuşatma sıfıra sabitlendi ve ışın artefaktı düzeltmesi %40 olacak şekilde ayarlandı. SkyScan'ın talimatları izlenerek kontrast limitleri uygulandı. NRecon yazılımı (Skyscan, Kontich, Belçika) kullanılarak tarayıcı tarafından elde edilen görüntüler köklerin 2 boyutlu dilimlerini gösterecek şekilde yeniden yapılandırıldı. Tüm taramalardan toplam 1023 kesit görüntüsü elde edildi (Şekil 2.3.). Ayrıca kök kanal ölçümünün 3 boyutlu hacimsel görselleştirilmesi, analizi ve hacminin hesaplanması için CtAn (Skyscan, Aartselaar, Belçika) yazılımı kullanıldı.

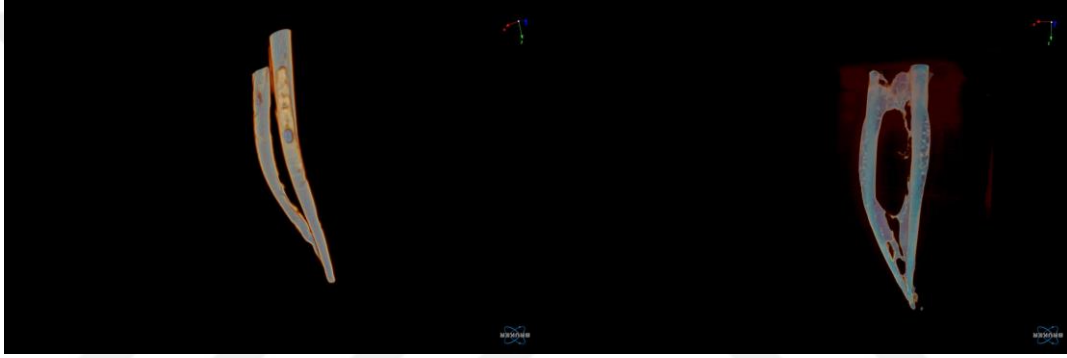


Şekil 2.3. Örneklerin taranması sonucu elde edilen iki boyutlu kesit görüntüsü

Boşlukların varlığı, Orhan ve arkadaşlarının (2018) çalışmasında tarif ettiği şekilde; 2048 - 2560, 75 Hz'de (Hertz) ve 0,17 mm nokta aralığı 11.9 bitte çalıştırılan, 21.3-inç düz panel renkli aktif matris TFT(Thin Film Transistor) medikal ekran kullanılarak (NEC MultiSync MD215MG, Münih, Almanya) 2 boyutlu kesitlerde değerlendirildi. Kökün en apikal kısmından başlanarak kökün uzun eksenine dik olacak şekilde yeni kesit görüntüleri hazırlandı. Kesitler 0,5 mm'lik bir aralığa sahipti ve bu da ortalama 254 kesit görüntüsünün elde edilmesi ile sonuçlandı. Kesitlerin mikro-bt görüntüleri daha sonra tiff(Tag image file format) dosyalarına dönüştürülmüş ve kodlanmıştır. Her kesit iki gözlemci tarafından bağımsız olarak ikili bir kayıt ölçeği kullanılarak internal, eksternal ve kombine boşluklar değerlendirilecek şekilde incelenmiştir. Gözlemciler kök kanal dolgu materyalinin çeşidinden habersizdi ve kesitlerin büyütmesini ayarlamalarına izin verildi. Gözlemciler arasında anlaşmazlık olması durumunda kesitler yeniden incelenerek fikir birliğine varıldı

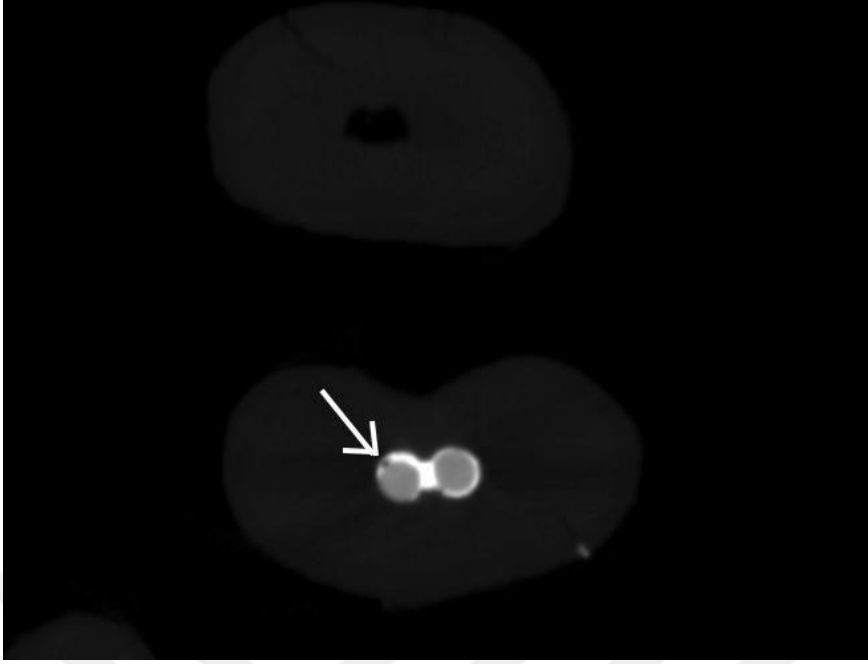
3 boyutlu hacimlerdeki(Şekil 2.4.) boşlukların hesaplanması için, orijinal gri tonlamalı görüntüler, gürültü azaltmak için bir Gauss düşük geçiş filtresi ile işlendi.

CtAn yazılımı kullanılarak güta-perka, kanal dolgu patı ve boşluklardan dentini çıkarmak için otomatik bir segmentasyon eşıği kullanıldı. Yalnızca siyah/beyaz piksellerin empoze edilmiş bir görüntüsünü elde etmek için gri seviye aralığının işlenmesini gerektiren bir eşikleme (ikilileştirme) işlemi yapıldı. Daha sonra, her kesit için ayrı ayrı, boşluk hacimlerinin hesaplanmasına izin vermek için tamamen tek bir nesne içerecek şekilde bir ilgi alanı seçildi. Her diş, kökün apikal ucundan 0-4 (apikal), 4-8 (orta) ve 8-12 mm (koronal) olacak şekilde boşlukların değerlendirilmesi için üç bölgeye ayrıldı. CTVox yazılımı (versiyon 3.3.0, Bruker micro-CT) ile kök kanal dolgusunun üç boyutlu görselleştirilmesi ve niteliksel değerlendirmesi yapıldı.

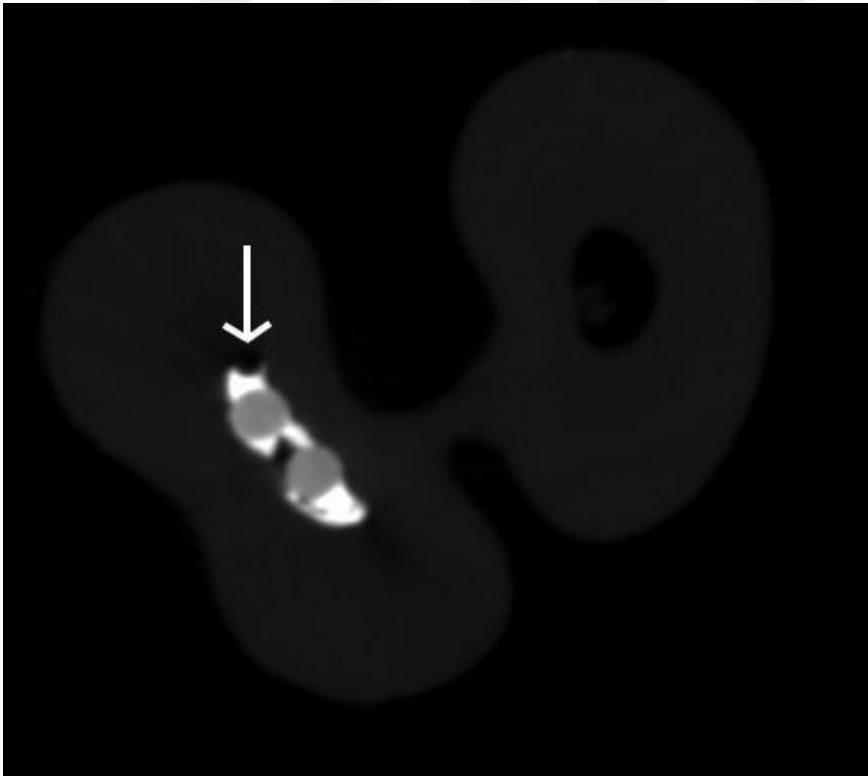


Şekil 2.4. Mikro-BT kesitleri kullanılarak oluşturulan 3 boyutlu görüntüler

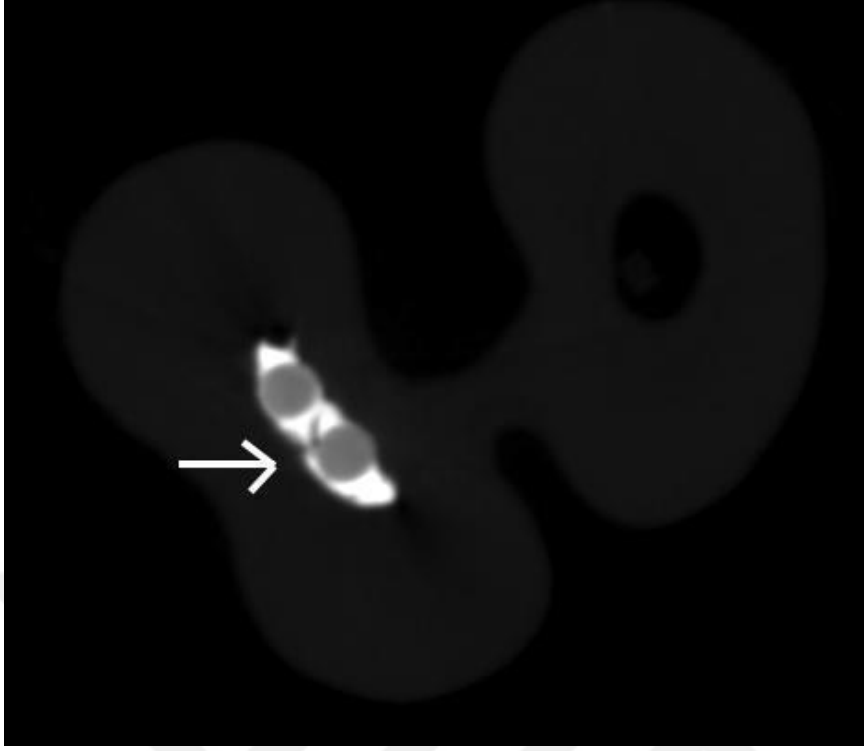
Kök dolgu hacminin ortalama yüzdeleri (güta-perka ve endodontik patın hacminin toplamı), kök kanal dolgu materyali içindeki dağılan iç boşlukların hacmi(Şekil 2.5.), kanal duvarları boyunca dış boşluklar(Şekil 2.6.) ve birleştirilmiş boşluklar(Şekil 2.7.) kanal duvarları ile iletişim halinde olan materyaller mikro-bt analizi ile değerlendirildi.



Şekil 2.5. İç boşluk



Şekil 2.6. Dış boşluk



Şekil 2.7. Kombine boşluk

2.6. İstatistiksel Analiz

Çalışmamızda; AH Plus Bioceramic, Bioroot RCS ve AH Plus ile yapılan kök kanal dolgusu sonrası oluşan boşlukları mikro-bt ile karşılaştırmak ve istatistiksel olarak anlamlı veri elde etmek için gerekli örnek sayısını bulmak için istatistiksel analiz yapılmıştır. Analiz yapılırken farklı kanal patlarının boşluklarının incelendiği bir literatür çalışmasından (Pinto ve ark.,2021) yola çıkılmıştır. Çalışmamızda kanal dolgusu sonrası boşlukları karşılaştırmak ve %95 güç ve %5 hata payında veri elde edebilmek için gerekli örneklem sayısı her bir grup için $n=10$ olmak üzere toplam örnek sayısı 30 olarak belirlenmiştir. Örneklem genişliği hesaplamaları G* Power (Franz Faul, Universität Kiel, Kiel, Germany) paket programında yapılmıştır.

Verilere ilişkin tanımlayıcı istatistiklerde Ortalama Standart Sapma, Minimum, Maksimum değerleri verilmiştir.

Boşluk değerlerinin gruplar arasında karşılaştırılmasında Kruskal Wallis Varyans Analizi kullanıldı. Farklılığın hangi grup yada gruplardan kaynaklandığı Kruskal Wallis Çoklu karşılaştırma testi ile yapıldı.

Boşluk değerlerinin grup içi bölgeler arasındaki(apikal,koronal,orta) karşılaştırılmasında Friedman Testi, farklılığın hangi bölgelerden kaynaklandığı Friedman Çoklu karşılaştırma testi ile tespit edildi.

Değerlendirmelerde IBM SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) version 20 (Chicago, IL, USA) programı kullanıldı ve istatistiksel anlamlılık sınırı olarak $p < 0,05$ kabul edildi.

3. BULGULAR

3 farklı kök kanal patı ile kök kanal dolgusu yapılan 30 adet örneğin kullanıldığı çalışmamızda; örneklerin mikro bilgisayarlı tomografi ile taranması sonucu elde edilen kesitsel görüntülerin incelenmesi sonucunda; boşluk içeren kesitlerin toplam kesit sayısına yüzde olarak oranı, kök kanal dolgusunun hacminin, kök kanalının toplam hacmine yüzde olarak oranı, kök kanal dolgusu içerisindeki boşlukların iç, dış ve kombine boşluklar olarak yüzdeleri ve tespit edilen boşlukların kök kanalının içerisindeki konumuna göre apikal, orta ve koronal bölümdeki hacimleri hesaplanmıştır.

AH Plus Bioceramic, Bioroot RCS ve AH Plus grupları ile yapılan kanal dolgularının boşluk içeren 2 boyutlu kesitlerinin yüzdeleri arasında fark saptandı($p<0,05$).Farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit etmek için değerler Kruskal Wallis Çoklu Karşılaştırma testi ile incelendiğinde; AH Plus grubunda saptanan boşluk içeren kesit yüzdesinin AH Plus Bioceramic grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edildi($p<0.05$).Bioroot RCS grubunda saptanan boşluk içeren kesit yüzdesi AH Plus grubundan daha düşük,AH Plus Bioceramic grubundan ise daha yüksek çıkmasına rağmen değerler karşılaştırıldığında her iki grup ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı sonuca ulaşılamamıştır.

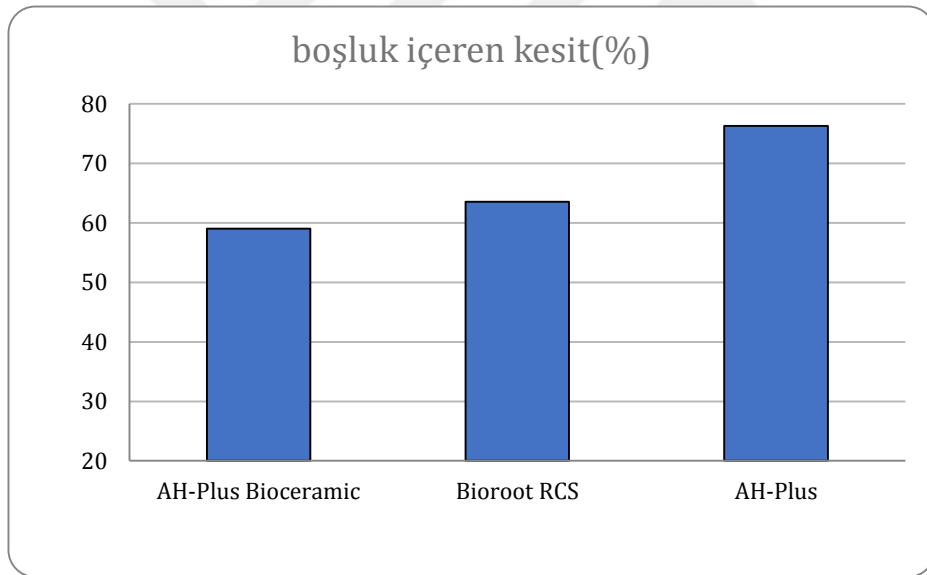
Buna göre boşluk içeren kesitlerin farklı gruplardaki yüzdeleri, standart sapmaları ve p değerleri çizelge 3.1., çizelge 3.2. ve şekil 3.1.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Boşluk içeren kesitlerin yüzdeleri, standart sapmaları ve p değerleri

	n	Ortalama ± SS	p*	İkili karşılaştırma
Materials		Boşluk içeren kesit(%)		
AH Bioceramic ^a	10	59.03±18.48	0.034	a-b p>0.05
Bioroot RCS ^b	10	63.55±19.37		a-c p<0.05
AH-Plus ^c	10	76.26±15.80		b-c p>0.05
Toplam	30	66.28±18.84		

Çizelge 3.2. Boşluk içeren iki boyutlu kesitlerin gruplar arası ikili karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)

	AH Plus Bioceramic	Bioroot RCS	AH Plus
AH Plus Bioceramic	-	fark yok	fark var
Bioroot RCS	fark yok	-	fark yok
AH Plus	fark var	fark yok	-



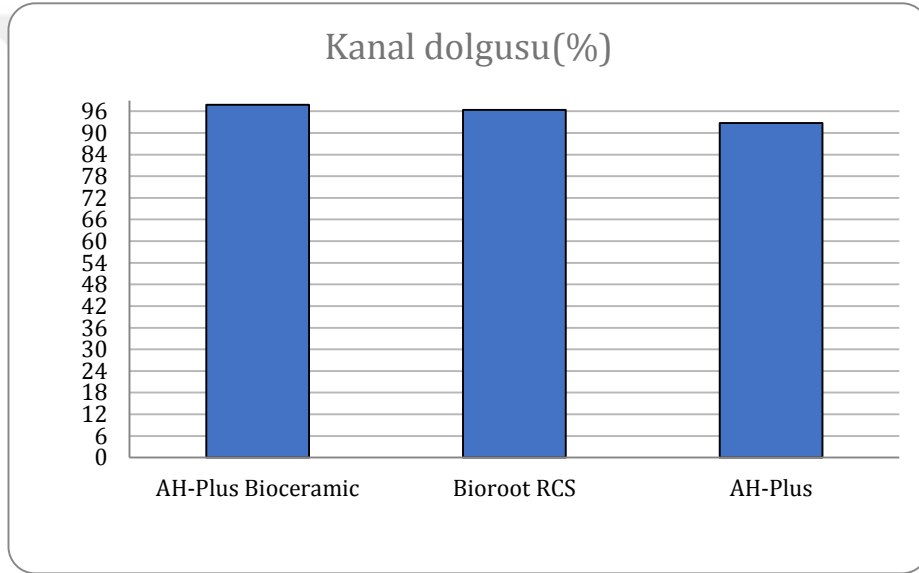
Şekil 3.1. Boşluk içeren kesitlerin sütun grafiği

AH Plus Bioceramic, Bioroot RCS, AH-Plus gruplarında kanal dolgusunun hacimsel(%) değerleri arasında fark saptandı ($p<0.001$). Farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığı Kruskal Wallis Çoklu Karşılaştırma testi ile incelendiğinde; Tüm gruplar arasında fark saptandı. AH-Plus grubunda kanal dolgusu(%) değerleri hem AH Plus Bioceramic hem de Bioroot RCS grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük bulundu. AH Plus Bioceramic grubunun kanal dolgusu yüzdesi

Bioroot RCS grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. (Çizelge 3.3.,Çizelge 3.4.,Şekil 3.2.)

Çizelge 3.3. Kanal dolgularının hacimlerinin yüzdesel değerleri, standart sapmaları ve p değerleri

		Kanal dolgusu(%)			ikili karşılaştırma
AH Plus Bioceramic ^a	10	97.82±4.45	97.94 (97.17-98.30)	<0.001	a-b p<0.05
Bioroot RCS ^b	10	96.40±0.21	96.32 (96.19-96.88)		a-c p<0.05
AH-Plus ^c	10	92.72±1.56	92.89 (90.0-94.84)		b-c p<0.05
Toplam	30	95.65±2.36	96.32 (90.0-98.30)		



Şekil 3.2. Kanal dolgularının hacim değerlerinin sütun grafiği

Çizelge 3.4. Kök kanal dolgularının (%) değerlerinin gruplar arası ikili karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)

	AH Plus Bioceramic	Bioroot RCS	AH Plus
AH Plus Bioceramic		fark var	fark var
Bioroot RCS	fark var		fark var
AH Plus	fark var	fark var	

Elde edilen verilere göre tüm gruplarda en düşük boşluk değerleri apikal üçlüde, en yüksek boşluk değerleri ise koronal üçlüde saptanmıştır.AH Plus Bioceramic, Bioroot RCS ve AH Plus ile yapılan kanal dolgularının tümünde apikal bölgedeki

boşluk hacmi koronal bölgeye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur.Kök kanalının orta üçlü bölümlerinin apikal ve koronal bölgeler ile karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Farklı grupların apikal bölgedeki boşluk hacimlerinin değerleri Kruskal-Wallis testi ile incelenmiş ve AH Plus grubunun apikal bölgedeki boşluk değerlerinin AH Plus Bioceramic ve Bioroot RCS gruplarının apikal bölgelerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha çok boşluk içerdiği bulunmuştur.AH Plus Bioceramic ve Bioroot RCS gruplarının apikal bölgelerindeki boşluk hacimleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Kanal dolgularının orta üçlülerindeki boşluk değerleri kıyaslandığında apikal bölgedeki sonuçlar ile benzer şekilde AH Plus grubunda diğer gruplara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek boşluk hacmi bulunmuştur.AH Plus Bioceramic ve Bioroot RCS gruplarının orta üçlülerindeki boşluk hacimleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Kanal dolgularının koronal üçlülerindeki boşluk değerleri kıyaslandığında; AH Plus grubunun koronal üçlüsündeki boşluk değerlerinin AH Plus Bioceramic grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu bulunmuştur.Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farka rastlanmamıştır.

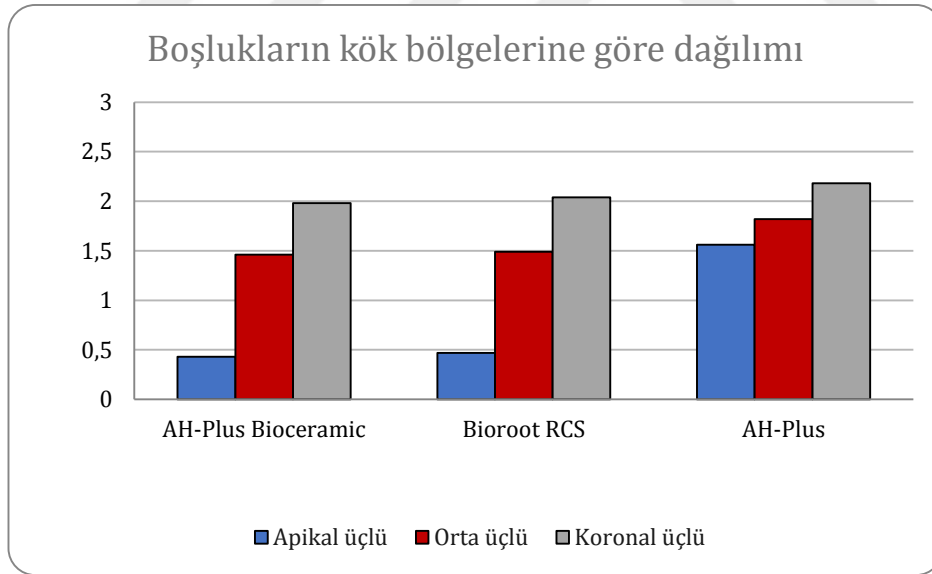
Kanal dolguları içerisinde tespit edilen boşlukların hacimlerinin mm³ cinsinden değerlerinin kökün apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerindeki dağılımları şekil 3.3 ve çizelge 3.5'te verilmiştir.Gruplar arasındaki istatistiksel ilişkiler çizelge 3.6-11.'de açıklanmıştır.

Çizelge 3.5. Grup içi ve gruplar arası boşluk hacimlerinin karşılaştırılması ve p değerleri

	Ortalama $\pm$ SS	Ortalama $\pm$ SS	Ortalama $\pm$ SS	p**	İkili karşılaştırma
	Apikal üçlü^d (mm ³)	Orta üçlü^e (mm ³)	Koronal üçlü^f (mm ³)		
AH Plus ^a Bioceramic	0.43 $\pm$ 0.15	1.46 $\pm$ 0.14	1.98 $\pm$ 0.08	<0.001	d-e p>0.05 d-f p<0.05 e-f p>0.05
Bioroot RCS ^b	0.47 $\pm$ 0.17	1.49 $\pm$ 0.11	2.04 $\pm$ 0.10	<0.001	d-e p>0.05 d-f p<0.05 e-f p>0.05
AH-Plus ^c	1.56 $\pm$ 0.19	1.82 $\pm$ 0.11	2.18 $\pm$ 0.17	<0.001	d-e p>0.05 d-f p<0.05 e-f p>0.05
p*	<0.001	<0.001	0.018		
İkili karşılaştırma	a-b p>0.05 a-c p<0.05 b-c p<0.05	a-b p>0.05 a-c p<0.05 b-c p<0.05	a-b p>0.05 a-c p<0.05 b-c p>0.05		

* Kruskal Wallis Varyans Analizi

** Friedman Varyans Analizi



Şekil 3.3. Boşlukların kökün farklı bölgelerindeki dağılımlarının sütun grafiği

Çizelge 3.6. Apikal üçlüdeki toplam boşluk hacimlerinin gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)

	AH Plus Bioceramic	Bioroot RCS	AH Plus
AH Plus Bioceramic		fark yok	fark var
Bioroot RCS	fark yok		fark var
AH Plus	fark var	fark var	

Çizelge 3.7. Orta üçlüdeki toplam boşluk hacimlerinin gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)

	AH Plus Bioceramic	Bioroot RCS	AH Plus
AH Plus Bioceramic		fark yok	fark var
Bioroot RCS	fark yok		fark var
AH Plus	fark var	fark var	

Çizelge 3.8. Koronal üçlüdeki boşluk hacimlerinin gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)

	AH Plus Bioceramic	Bioroot RCS	AH Plus
AH Plus Bioceramic		fark yok	fark var
Bioroot RCS	fark yok		fark yok
AH Plus	fark var	fark yok	

Çizelge 3.9. AH plus bioceramic grubunun kendi içerisindeki farklı bölgelerin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)

	Apikal Üçlü	Orta Üçlü	Koronal Üçlü
Apikal Üçlü		fark yok	fark var
Orta Üçlü	fark yok		fark yok
Koronal Üçlü	fark var	fark yok	

Çizelge 3.10. Bioroot RCS grubunun kendi içerisindeki farklı bölgelerin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)

	Apikal Üçlü	Orta Üçlü	Koronal Üçlü
Apikal Üçlü		fark yok	fark var
Orta Üçlü	fark yok		fark yok
Koronal Üçlü	fark var	fark yok	

Çizelge 3.11. AH plus grubunun kendi içerisindeki farklı bölgelerin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)

	Apikal Üçlü	Orta Üçlü	Koronal Üçlü
Apikal Üçlü		fark yok	fark var
Orta Üçlü	fark yok		fark yok
Koronal Üçlü	fark var	fark yok	

Kök kanal dolgularında tespit edilen boşlukların çeşitlerine göre (iç, dış, kombine) yüzdesel olarak dağılımı ve gruplar arası karşılaştırmalar çizelge 3.12-18. ve şekil 3.4'te verilmiştir. Buna göre farklı kanal dolgu patları ile yapılan kanal dolgularının iç boşluk değerleri arasında fark tespit edildi. AH Plus grubunda saptanan iç boşluk yüzdesi hem AH Plus Bioceramic hem de Biooot RCS grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. AH Plus Bioceramic ve Bioroot RCS grupları arasında iç boşluk değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark saptanamamıştır.

Dış Boşluk değerleri incelendiğinde AH Plus grubunun dış boşluk değerlerinin, hem AH Plus Bioceramic hem de Bioroot RCS grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu görülmüştür. AH Plus Bioceramic ve Bioroot RCS grupları arasında dış boşluk değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır.

Kombine boşlukların değerleri incelendiğinde AH Plus grubunun kombine boşluk değerlerinin AH Plus Bioceramic ve Bioroot RCS grubunun değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bioroot RCS grubunun kombine boşluk değerlerinin AH Plus Bioceramic değerleri ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır.

AH Plus Bioceramic grubu içerisinde boşluk çeşitlerinin arasında istatistiksel olarak fark saptanmıştır. Dış boşlukların, iç ve kombine boşluklara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu bulunmuştur. İç boşluk ve kombine boşluklar arasında ölçülen fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Bioroot RCS grubu içerisindeki boşluk çeşitleri arasında dış boşlukların iç boşluklara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bioroot RCS grubunda diğer boşluk çeşitleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

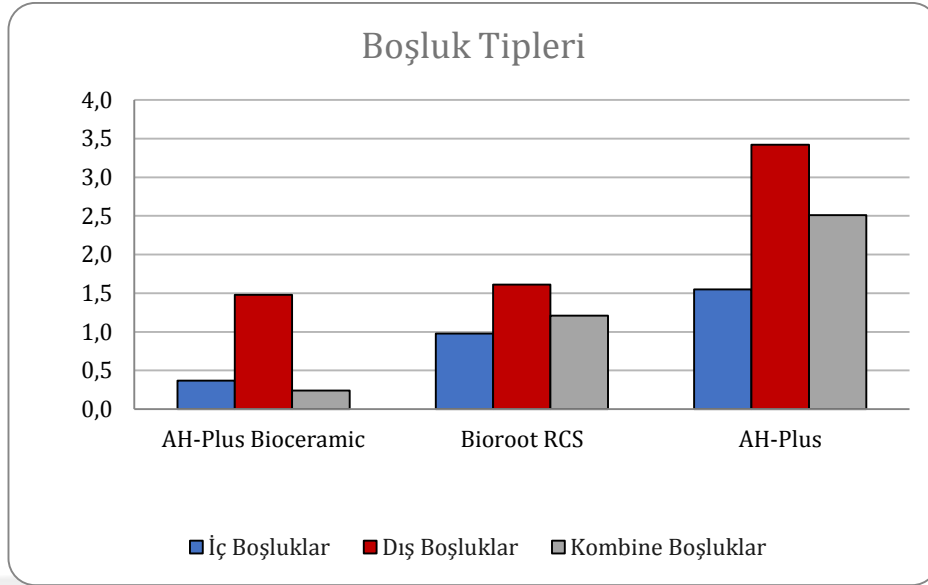
AH Plus grubunda dış boşlukların, hem iç hem de kombine boşluklara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İç boşluklar ve kombine boşluklar arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Çizelge 3.12. Boşluk tiplerinin gruplar içindeki dağılımı ve gruplar arası karşılaştırılması

	Ortalama $\pm$ SS	Ortalama $\pm$ SS	Ortalama $\pm$ SS	p**	İkili karşılaştırma
	İç Boşluklar^d (%)	Dış Boşluklar (%)	Kombine Boşluklar^f (%)		
AH Plus Bioceramic ^a	0.37 $\pm$ 0.17	1.48 $\pm$ 0.17	0.24 $\pm$ 0.30	<0.001	d-e p<0.05 d-f p>0.05 e-f p<0.05
Bioroot RCS ^b	0.98 $\pm$ 0.28	1.61 $\pm$ 0.32	1.21 $\pm$ 0.32	0.003	d-e p<0.05 d-f p>0.05 e-f p>0.05
AH-Plus ^c	1.55 $\pm$ 0.42	3.42 $\pm$ 0.95	2.51 $\pm$ 0.65	<0.001	d-e p<0.05 d-f p>0.05 e-f p<0.05
p*	<0.001	<0.001	0.018		
İkili karşılaştırma	a-b p>0.05 a-c p<0.05 b-c p<0.05	a-b p>0.05 a-c p<0.05 b-c p<0.05	a-b p<0.05 a-c p<0.05 b-c p<0.05		

* Kruskal Wallis Varyans Analizi

** Friedman Varyans Analizi



Şekil 3.4. Boşluk tiplerinin gruplar içinde dağılımının sütun grafiği

Çizelge 3.13. İç boşlukların gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)

	AH Plus Bioceramic	Bioroot RCS	AH Plus
AH Plus Bioceramic		fark yok	fark var
Bioroot RCS	fark yok		fark var
AH Plus	fark var	fark var	

Çizelge 3.14. Dış boşlukların gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)

	AH Plus Bioceramic	Bioroot RCS	AH Plus
AH Plus Bioceramic		fark yok	fark var
Bioroot RCS	fark yok		fark var
AH Plus	fark var	fark var	

Çizelge 3.15. Kombine boşlukların gruplar arasında karşılaştırılması (Kruskal-wallis testi)

	AH Plus Bioceramic	Bioroot RCS	AH Plus
AH Plus Bioceramic		fark var	fark var
Bioroot RCS	fark var		fark var
AH Plus	fark var	fark var	

Çizelge 3.16. AH plus bioceramic grubunun kendi içerisindeki farklı boşluk tiplerinin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)

	İç boşluklar	Dış boşluklar	Kombine boşluklar
İç boşluklar		fark var	fark yok
Dış boşluklar	fark var		fark var
Kombine boşluklar	fark yok	fark var	

Çizelge 3.17. Bioroot RCS grubunun kendi içerisindeki farklı boşluk tiplerinin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)

	İç boşluklar	Dış boşluklar	Kombine boşluklar
İç boşluklar		fark var	fark yok
Dış boşluklar	fark var		fark yok
Kombine boşluklar	fark yok	fark yok	

Çizelge 3.18. AH plus grubunun kendi içerisindeki farklı boşluk tiplerinin karşılaştırılması (Friedmann varyans analizi)

	İç boşluklar	Dış boşluklar	Kombine boşluklar
İç boşluklar		fark var	fark yok
Dış boşluklar	fark var		fark var
Kombine boşluklar	fark yok	fark var	

4. TARTIŞMA

Endodontik tedavinin başarısı kök kanallarının etkili bir kemomekanik preparasyon sonrası sızdırmaz bir biçimde doldurulmasına bağlıdır. Kök kanal dolgusu periapikal dokuların enfeksiyonuna karşı bariyer oluşturmaktadır (Sundqvist ve ark. 1998).

Kök kanalına yapılan dolgunun sızdırmazlığı, ilgili dişin sağlıklı bir biçimde fonksiyonda kalabilmesi açısından oldukça önemlidir. Günümüzde elimizde mevcut olan hiç bir şekillendirme ve dolgu metodu bu amaç doğrultusunda tam olarak sızdırmaz bir yapıyı bize sunamamaktadır(Wu,1993).Kanal dolgusu içerisindeki boşluklar, bakterilerin çoğalmasına neden olabilir veya mikrosızıntı yoluyla onların içeri girmesine izin verebilir(Huang ve ark., 2018).

Geleneksel kanal patları (çinko-oksit, kalsiyum hidroksit, rezin ve cam iyonmer içerikli) kullanılarak yapılan kanal dolgusunda, kanal patının boyutsal stabilitesindeki değişimler boşluk oluşmasına yol açabilir. Kanal patının %1 lik hacimsel büzülme göstermesi halinde kanal patı ve kök dentini arasında 100 mikronluk açıklık oluşabileceği bildirilmektedir(Orstavik,2001). Endodontide son yıllarda kullanıma sunulan kalsiyum silikat içerikli kök kanal patları, geleneksel kök kanal patlarına kıyasla canlı dokular tarafından daha iyi tolere edilebilmelerinin yanında, fiziksel özelliklerinin geleneksel kanal dolgu patları ile kıyaslanabilir ölçüde olması nedeniyle endodontide gün geçtikçe daha da yaygın bir biçimde kullanılmaktadır(Best,2008). Biz de çalışmamızda eğimli alt molar dişlerin mezial kök kanallarında epoksi rezin ve kalsiyum silikat esaslı kanal patları kullanarak yapılan dolguların boşluk düzeylerini karşılaştırdık.

Kök kanal dolgusunun kalitesi pek çok faktöre bağlıdır. Bu amaç doğrultusunda günümüze kadar pek çok farklı materyal ve kanal dolgu yöntemi tanımlanmıştır. Bu

faktörlerin yanısıra kök kanal dolgusunun başarısı kök kanalının morfolojisinden etkilenmektedir. Kök kanallarındaki anatomik varyasyonlar arasında; istmuslar, lateral kanallar, apikal deltalar örnek olarak verilebileceği gibi kök kanalının eğimli olması da kök kanal dolgusunun kalitesini etkileyebilecek anatomik faktörlerdendir.Yapılan çalışmalarda kök kanallarının eğimli olmasının, kanal dolgusunun sızdırmazlığını etkilediği bildirilmiştir(Leung ve ark,1994 ; Neuhaus ve ark,2015).

Alt molar dişler ağızda süren ilk diş olması sebebiyle bu dişlere sıklıkla endodontik tedavi uygulanmaktadır. Cunningham ve ark.(1992) bukkal ve mezial yönden radyografi alarak eğimlerini inceledikleri alt molar dişlerin tamamında kurvatür tespit etmişlerdir. Bu sebeple çalışmamızda mezial kökleri 25 dereceden büyük eğim açısına sahip alt büyük azı dişleri kullanıldı(Cunningham ve ark.,1992).

Kök kanal dolgusunun kalitesine etki eden faktörler arasında kullanılan kanal dolgu materyalleri büyük öneme sahiptir. Günümüzde kanal dolgusu genellikle merkezi kor malzeme olarak güta perka ile kök kanal patlarının birlikte kullanılmasıyla yapılır. Kök kanalı içerisine yerleştirilen güta perka konlarının kök dentini ile adhezyon sağlayamamalarından dolayı kök kanal patları ile birlikte kullanılmaları kaçınılmaz olmuştur(Çalışkan,2006).

Kök kanal dolgusu yapılırken kullanılan farklı kimyasal bileşenlere sahip patlar arasında; epoksi-rezin esaslı kanal patlarından olan AH Plus (Dentsply De Trey,Konstanz, Almanya) fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin sağladığı yeterlilikler bakımından endodontide altın standart kanal dolgu patı olarak kabul görmektedir (Silva ve ark.,2017).Bu nedenle çalışmamızda kullandığımız diğer kanal dolgu patları AH Plus ile karşılaştırıldı.

Son yıllarda endodontide kullanıma sunulan bir kanal dolgu patı ailesi olan kalsiyum silikat esaslı kanal dolgu patları, yapılarında ana kimyasal bileşen olarak trikalsiyum ve dikalsiyum silikatları içermektedir. Endodontide genel olarak tamir

materyali olarak kullanılan MTA'nın kanal dolgu patına evrilmiş bir versiyonu olarak da tanımlanabilirler.

Kalsiyum silikat esaslı kanal patları, sertleşmeleri esnasında geleneksel kök kanal patlarının aksine nem varlığına ihtiyaç duyarlar. Bu durum materyalin sertleşmesi esnasında kan ve doku sıvısı gibi materyallerden daha az etkilenmesi sonucunu açıklamaktadır (Torres ve ark., 2020). MTA bazlı formülasyonlarda olduğu gibi, kalsiyum silikat esaslı kanal patları %0.2'ye kadar hafif bir sertleşme genleşmesi gösterebilir, ancak bu durum tüm formülasyonlar için vurgulanmamıştır (Trope, 2015).

Kalsiyum silikat esaslı materyallerin sertleşirken genişleme gösterebiliyor olması durumu bu materyaller ile yapılan kanal dolgularında büzölmeye bağılı boşluk oluşumunun geleneksel kanal dolgu patlarına kıyasla daha az olabileceğı sonucunu doğurmuştur. Buna karşın yapılan araştırmalarda kalsiyum silikat içerikli kanal patlarının genel olarak epoksi rezin esaslı patlara kıyasla daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğu bildirilmiştir (Zhou ve ark., 2013; Torres ve ark., 2020; Tanomaru ve ark., 2017). Bir kanal patının çözünürlüğünün yüksek olmasının, hem dentin ve pat arasında, hem de patın kendi içinde boşluklar oluşturacağı için ağız ortamından veya periapikal dokulardan sızıntı meydana gelmesine sebep olabileceğı belirtilmiştir (Orstavik, 2005).

Kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının çözünürlüğü, uzun vadede sızdırmazlıklarını tehlikeye atabilir (Camilleri, 2017). Araştırmacılar kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının iyon salınımı, mineral birikimi ve dentinde oluşturdukları infiltrasyon zonu gibi biyolojik özelliklerin bu çözünürlüğün bir sonucu olduğuna dikkat çekmektedirler (Torres ve ark., 2020).

Bioroot RCS (Septodont, Saint Maur, Fransa) toz ve likit olmak üzere iki ayrı bileşenden oluşan kalsiyum silikat esaslı bir kök kanal dolgu patıdır. Toz kısmının içeriğı trikalsiyum silikat, zirkonyum oksit ve yardımcı maddelerden oluşurken likit kısmının içeriğı ise içerisinde katkı maddeleri bulunan aköz kalsiyum klorit çözeltisidir. Üretici firma BioRoot RCS patına bir organik polimerin (povidon) dahil

edildiğini, "biyoseramik" nanopartiküllerin önceden emdirildiği özel güta-perka konlarının kullanımının güta perka-kanal patı arasındaki bağlantıyı ve kanal patının akıcılığını arttırdığını iddia etmektedir.

AH Plus Bioceramic(Dentsply Sirona) kanal dolgu patı, önceden doldurulduğu şırıngası içerisinde, ön karıştırma gerektirmeden kök kanalı içerisine uygulanan ve kök kanalı ortamından emdiği nem yoluyla sertleşmesini sağlayan ISO 6876 standardına uygun bir kök kanal dolgu maddesidir. Ürünün kimyasal bileşimi üretici firma tarafından zirkonyum dioksit, trikalsiyum silikat, dimetil sülfoksit, lityum karbonat ve kıvamlaştırıcı maddeler olarak sıralanmıştır.AH Plus Bioceramic kanal patı üretici firmanın paylaştığı bilgilere göre %0.11'lik çözünürlüğe ve 25 mikronluk film kalınlığına sahiptir.

Kök kanal dolgusu yapımında pek çok yöntem tanımlanmıştır. Kök kanal dolgusunun kalitesi kök kanal anatomisi ve kullanılan materyal çeşidine bağlı olduğu gibi tercih edilen kanal dolgu yönteminden de etkilenmektedir(Çelikten ve ark., 2016;Eid ve ark., 2021). Özellikle eğimli kök kanallarında farklı dolgu yöntemlerinin kanal dolgusunun kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır(Alim ve ark.,2019; Leung ve ark.,1994; Neuhaus ve ark.,2015).

Çalışmamızda farklı kanal dolgu patlarının tek kon tekniği ile birlikte kullanıldığında eğimli kök kanallarını doldurmadaki etkinlikleri karşılaştırıldı. Kök kanallarının eğimini belirlemede Schilder tarafından tarif edilen metot kullanıldı. Bu yöntemde kök kanallarının eğiminin kök üzerindeki konumu, eğimin yarıçapı dikkate alınmamıştır ve bu durum da örnekler arasında standardizasyon sağlanması hususunda zorluklar yaratmaktadır. Çalışmamızda sınırlamalardan bir diğeri ise kanal patlarının kök kanalına yerleştirilmesinde kullanılan tekniklerin farklı olmasıdır. Her ne kadar üretici talimatları doğrultusunda uygulanmış olsalar da farklı yerleştirme metotlarının kanal patının kök kanalı içerisindeki dağılımını etkilediği göz ardı edilmemelidir.(Dash,2017).

Basit tek kon tekniği diğer kanal dolgu yöntemleri ile kıyaslandığında daha fazla boşluk içermesi sebebiyle dezavantajlı bir teknik olarak görölmektedir(Çelikten ve ark.,2015).Ancak enine kesiti yuvarlak geometriye sahip kök kanallarına uygulandığında diğer kanal dolgu yöntemleri ile karşılaştırılabilir sonuçlar ortaya çıkartmıştır(Alim ve ark.,2019 ;Roizenblit ve ark.,2020). Basit tek kon yöntemi uygulama esnasında özel bir alete ihtiyaç duyulmamasından dolayı oldukça düşük maliyetli ve basit bir yöntemdir. Ayrıca yöntemin bir diğer avantajı da yöntemi uygulayan kişinin tecrübesinin yöntemin başarısı üzerindeki etkisinin minimum olmasıdır(Drukteinis ve ark.,2021). Diğer dolgu yöntemlerine göre daha kolay uygulama adımlarına sahip olması dolayısıyla standardizasyonu sağlamak için çalışmamızda basit tek kon yöntemi tercih edilmiştir.

Pek çok laboratuvar yöntemi kök kanal dolgusunun kalitesini değerlendirmede in vitro olarak kullanılmaktadır.Bu laboratuvar yöntemleri; boya penetrasyonu, bakteri ve endotoksin infiltrasyonu, elektrokimyasal yöntemler, mikroskopi veya Mikro-BT ile değerlendirme olarak sıralanabilir. Bu yöntemler incelendiğinde mikro-BT dışında tüm yöntemlerin örneklere invaziv işlemler uygulanmasını gerektirdiği görölmektedir.

Çalışmamızda kullandığımız yöntem olan Mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT) ise katı örneklerin farklı yoğunluktaki bileşenlerinin yüksek çözünürlükte ve örneğe zarar vermeden incelenmesine olanak tanıyan bir görüntüleme tekniğidir.Bu teknolojinin avantajı kök kanal dolgu materyallerini, boşlukları ve diş yapılarını yüksek doğruluk ve uzaysal çözünürlükle ayırt etmesi ve bunu yaparken örneğe zarar vermemesidir(Jung ve ark.,2005). Bu avantajlarından dolayı, çalışmamızda yapılan kanal dolgularının boşluklarını saptamada mikro-bt yöntemi kullanılmıştır.

Kök kanal dolgusunun içerisindeki boşlukları belirlemek için mikro-bt'nin kullanıldığı pek çok çalışma mevcuttur. (Çelikten ve ark.,2016; Germain ve ark.,2018; Alim ve ark.,2019; Milanovic ve ark.,2020; Angerame ve ark.,2020; Roizenblit ve ark.,2020; Tavares ve ark.,2021).

Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre kanal dolgularında boşluk içeren 2 boyutlu kesit yüzdesi AH Plus Bioceramic grubunda %59.03, Bioroot RCS grubunda %63.55, AH Plus grubunda %76.26 olarak kaydedilmiş ve AH Plus ile AH Plus Bioceramic grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Diğer gruplar arasında boşluk içeren 2 boyutlu kesit yüzdesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı farka rastlanmamıştır.

Çalışmamızda saptanan kanal dolgusunun toplam hacimsel yüzdeleri ise AH Plus Bioceramic için %97.82, Bioroot RCS için %96.40 ve AH Plus için ise %92.72 olarak bulunmuştur. Tüm gruplardan elde edilen sonuçlar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Çalışmamızda kök kanal dolgularının, kök kanalının apikal, orta ve koronal üçlülerinde saptanan boşluk hacimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Buna göre tüm gruplarda apikal bölgede saptanan boşluk hacmi, koronal üçlüden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur. Tüm gruplarda orta üçlüde saptanan boşluk hacimleri ile koronal ve apikal bölümler arasında farklılık bulunmasına rağmen, farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür.

Gruplar arasında apikal ve orta bölgede AH Plus Bioceramic patı grubunda diğer iki gruptan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az boşluk saptandığı görülmüştür. Koronal bölgede ise yalnızca AH Plus Bioceramic ile AH Plus grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir. AH Plus Bioceramic ile Bioroot RCS arasında koronal bölgede anlamlı farka rastlanmamıştır.

Çalışmamızda farklı boşluk tiplerinin gruplara göre dağılımı incelendiğinde dış boşlukların iç ve kombine tipte boşluklardan daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Tüm gruplarda grup içi karşılaştırma yapıldığında dış boşlukların iç boşluklara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu görülmektedir. Tüm gruplarda iç boşluklar ile kombine boşluklar kıyaslandığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı farka rastlanmamıştır. Bioroot RCS grubunda dış boşluklar ile kombine boşluklar karşılaştırıldığında; dış boşluk oranının kombine

boşluklardan daha yüksek olmasına rağmen aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. AH Plus ve AH Plus Bioceramic gruplarında ise dış boşlukların kombine boşluklardan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu görülmüştür.

Gruplar arası karşılaştırmada kalsiyum silikat esaslı grupların(AH Plus Bioceramic,Bioroot RCS) içerdiği iç ve dış boşluk yüzdeleri AH Plus grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük bulunmuştur.Kombine boşluklar bakımından en düşük boşluk yüzdesi AH Plus Bioceramic grubunda bulunurken, daha sonra sırasıyla Bioroot RCS ve AH Plus gruplarında tespit edilmiştir.Tüm gruplar arasında kombine boşluklar bakımından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılıklar bulunmuştur.

Boşluk içeren 2 boyutlu kesit oranının AH Plus Bioceramic grubunda, AH Plus grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az bulunmasının sebebi; kalsiyum silikat içerikli kanal patlarının akıcılık özelliklerinin rezin içerikli patlara göre daha iyi olması ve bu patların daha küçük partikül boyutlarına sahip olmaları ile açıklanabilir(Ersahan ve Aydın,2010).

Çelikten ve ark.(2016), kalsiyum silikat ve rezin içerikli patlarla yapılan kanal dolgularının boşluklarını inceledikleri çalışmalarında, boşluk içeren 2 boyutlu kesit yüzdesini kalsiyum silikat içerikli gruplarda rezin içerikli grupla kıyasladıklarında daha düşük bulmalarına rağmen istatistiksel olarak anlamlı fark bulamamışlardır. Bizim çalışmamızda ise AH Plus Bioceramic ve AH Plus grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken, Bioroot RCS ile diğer gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmadı. Çelikten ve ark.(2016) yaptığı çalışma sonuçları ile bizim çalışmamız sonuçları arasındaki farklılığın sebebi kullandığımız patların kalsiyum silikat içerikli olmalarına rağmen içerdikleri farklı katkı maddelerinin, patların fiziksel özelliklerini etkilemesi ve taramada kullanılan izotropik voksel boyutlarının farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.Orhan ve ark.(2018) mikro-bt'nin farklı voksel boyutları ile kanal dolgusundaki boşlukları tespit etme başarısını

değerlendirdikleri çalışmalarında, voksel boyutlarının büyüklüğünün boşlukları tespit etmede farklı sonuçlara sebep olabildiğini bildirmişlerdir.

Çalışmamızda kanal dolgularının yüzdesel değerleri arasında tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır. Kalsiyum silikat içerikli patlarla yapılan dolguların daha yüksek kanal dolgu yüzdesi değerleri göstermesi (AH Plus Bioceramic: %97.82 , Bioroot RCS:%96.40 ve AH Plus:%92.72) , patların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin farklı olmasına bağlanabilir. Ayrıca kanal patlarının, kök kanalına yerleştirilme yönteminin de bu farkın oluşmasına sebep olabileceğini düşünmekteyiz.

AH Plus Bioceramic grubunda yüksek kanal dolgu materyali yüzdesi, patın enjektör vasıtasıyla kök kanalı içerisine direkt olarak gütü perka ile birlikte yerleştirilen bir pat olması ve materyalin içerisindeki katkı maddelerinden kaynaklanabilir. Kullanıma hazır durumda bulunan kanal patlarının kök kanallarına direkt uygulanması ve daha sonra gütü perkanın kanal içerisine itilmesi kanal patının basınca maruz kalarak etkili bir biçimde kök kanalının içinde dağılmasına sebep olabilmektedir(Angerame,2020). Bioroot RCS patı kağıt koni kanal patına bulanarak kök kanalına uygulanan bir pattır. Tüm kanal patları üretici talimatlarına göre uygulanmış olmasına rağmen farklı kanal patı uygulama yöntemlerinin, kanal patının kök kanalındaki hacmi üzerindeki etkisi göz ardı edilmemelidir(Dash,2017).

Zhou ve ark.(2013) farklı kanal dolgu patlarının fiziksel özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; AH Plus kanal dolgu patının sertleşirken hacimce büzülme gösterdiği sonucunu bildirmişlerdir. Trope ve ark.(2015) kalsiyum silikat esaslı materyallerin sertleşirken büzülme eğiliminde olmadığını, aksine bir miktar hacimsel genişleme gösterebildiğini belirtmişlerdir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, AH Plus grubunda elde edilen kanal dolgu yüzdesinin daha düşük olmasının kanal patının sertleşirken gösterdiği büzülmeden kaynaklı olabileceği düşünülebilir.

Çalışmamızda elde edilen kanal dolgularının hacimsel yüzdeleri, diğer çalışmalarda olduğu gibi(Çelikten,2016; Roizenblit,2020) tüm kanal patlarının kanal dolgularının yeterli bir kök kanal dolgusu oluşturduğunu göstermektedir.

Araştırmacılar kanal dolgusundaki boşlukların kökün farklı bölgelerindeki dağılımlarını, farklı materyal-metot kullanarak inceledikleri çalışmalarında tek kon yöntemiyle kökün apikal bölümünde koronal bölümüne nazaran istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az boşluk olduğunu saptamışlardır(Çelikten ve ark.,2015;Milanovic ve ark.,2020 ;Alim ve ark.,2019). Apikal bölgede koronal bölgeye nazaran daha az boşluk saptanmasının sebebi olarak farklı araştırmacılar farklı fikirler sunmuştur.Çelikten ve ark.(2016) bu farkın kök kanalının anatomik yapısının apikalden koronale doğru gidildikçe ovalliğinin artmasına bağlı olabileceğini vurgulamışlardır.Milanovic ve ark.(2020) ise koronal bölümün apikale oranla daha fazla kanal dolgu patı içermesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Alim ve ark. (2019), çalışmamızda kullandığımız mandibuler molar dişleri kullanarak farklı kanal dolgu yöntemlerinin boşluk oluşturma düzeylerini kıyasladıkları çalışmalarında; tek kon ve AH Plus kanal patını kullandıkları grupta koronal bölümdeki boşluk miktarını apikal bölümden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bularak bizim çalışmamızla paralel sonuçlar bildirmişlerdir.

Milanovic ve ark.(2020), maksiller kesici dişler kullanarak, kalsiyum silikat ve rezin içerikli kanal patları ile oluşan boşlukları inceledikleri çalışmalarında tüm gruplarda koronal bölgedeki boşluk düzeyini, apikal bölgeye nazaran istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulmuşlardır.Araştırmacıların sonuçları, bulgularımız ile paralellik göstermektedir.

Tavares ve ark.(2020) ise Bio-c Sealer (Kalsiyum silikat) ve AH Plus kanal patlarını tek kon yöntemi ile maksiller premolar dişler kullanarak boşluklar bakımından kıyaslamış ve kökün farklı bölgelerindeki boşluk düzeyinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olmadığını bildirmişlerdir. Benzer kimyasal yapıdaki kanal patlarının kullanıldığı çalışmalarda, bizim çalışmamızla paralel veya uyumsuz

sonuçlar bildirilmiştir. Bu farklılıklar çalışmalarda kullanılan materyal ve metotların farklılığından kaynaklanabilir. rnek çalışmalarda genel olarak olarak kalsiyum silikat içerikli kanal patları ile rezin içerikli kanal patları karşılaştırılmıştır. Farklı kalsiyum silikat içerikli kanal patları içerisinde de farklı katkı maddeleri bulunmaktadır.

Çalışmalarda elde edilen farklı sonuçların, kullanılan dişlerin anatomik yapılarının farklı olmasından kaynaklanabileceği gibi çalışmalarda kullanılan nikel-titanyum kanal şekillendirme aletlerinin apikal çaplarının ve konikliklerinin farklı olmasından da olabileceğini dūřünmekteyiz.

Çalıřmamızda tūm grupta dıř bořlukların, diđer bořluk tiplerinden istatistiksel olarak anlamlı dūzeyde yūysek olduđunu tespit ettik.Sonuçlarımız farklı bořluk tiplerinin karřılařtırıldıđı çalıřmalarla uyumludur(elikten ve ark.2016; Milanovic ve ark.2020; Angerame ve ark.2020).

Angerame ve ark.(2020) Bioroot RCS kanal patı ile oluřan bořlukları farklı gūta perka konları kullanarak inceledikleri çalıřmalarında Bioroot RCS ve tek kon grubunda saptanan dıř bořlukların, i bořluklara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı dūzeyde daha yūysek olduđunu bildirerek çalıřmamızla paralel sonuçlar vermiřlerdir(Angerame ve ark.,2020).

Çalışmamızdan elde edilen veriler incelendiğinde farklı kanal dolgu patları kullanılarak yapılan kanal dolgularının hiçbirinde tamamen boşluksuz bir yapı elde edilememiştir. Çalışmamızda kullanılan tūm kanal patları ile yapılan kanal dolgularının kanal içerisinde doldurduğu hacimlerin eğimli kōk kanallarının dolgusunun yapılmasında başarılı sonuçlar verdikleri gōrūlmūřtur.

Çalışmamızın sınırlamaları dahilinde AH Plus Bioceramic kanal patının, Bioroot RCS ve AH Plus ile kıyaslandıda daha az boşluk içeren bir yapı oluşturduğu

sonucuna varılabilir. Ancak kullanılan kanal patlarının tamamında dış boşluk miktarları diğer boşluk tiplerinden daha yüksek bulunmuştur.

Kanal dolgu patına bağlı oluşan boşluklar, özellikle dış boşluklar, bakterilerin çoğalması için iyi bir ortam oluşturabilir veya mikrosızıntı yoluyla mikroorganizmaların içeri girmesine izin verebilir (Huang ve ark.,2018). İç boşluklar, bakteri üremesi ve göçü için çok daha az potansiyele sahiptir.(Milanovic ve ark,2020).Çalışmamızda dış boşluk miktarı diğer boşluk tiplerinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca boşluk miktarlarının kök kanalının koronalinde, apikalinden daha yüksek olduğunu tespit ettik.Bu iki bulgu göz önüne alındığında; kök kanalının yeniden enfekte olmaması ve kanal tedavili dişlerin semptomsuz fonksiyon gösterebilmesi için koronal restorasyonun sızdırmazlığının önemi ortaya çıkmaktadır. Kök kanalının apikal ve koronal bölümün farklı metotlarla doldurulduğu hibrit yöntemler, kök kanal dolgusunun boşluk miktarını azaltmak amacıyla kullanılabilir.

AH Plus Bioceramic kanal dolgu patının oluşturduğu boşluklar ile ilgili literatürde herhangi bir çalışmaya rastlamadık.Bu sebeple bu kanal patı hakkında yalnızca üretici firmanın verileri mevcuttur. Üretici firma kanal patının fiziksel özelliklerini Endosequence BC Sealer ile karşılaştırmış ve AH Plus Bioceramic patının çözünürlük ve film kalınlığı bakımından BC Sealer'dan daha üstün olduğunu bildirmiştir.

Bulgularımız ve yapılan çalışmalar sonucunda, kalsiyum silikat içerikli kanal patlarının sızdırmazlık ve dayanıklılıklarının daha yüksek olabileceğinden hareketle konu ile ilgili daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda 25 dereceden büyük kök eğimine sahip alt molar dişlere AH Plus Bioceramic , BioRoot RCS ve AH Plus kanal patları ve tek kon yöntemi kullanılarak yapılan kanal dolgularının içerisindeki boşluklar değerlendirilmiştir.

1-Çalışmamızdan elde edilen veriler incelendiğinde farklı kanal dolgu patları kullanılarak yapılan kanal dolgularının hiçbirinde tamamen boşluksuz bir yapı elde edilememiştir. Çalışmamızda kullanılan tüm kanal patları ile yapılan kanal dolgularının kanal içerisinde doldurduğu hacimlerin eğimli kök kanallarının dolgusunun yapılmasında başarılı sonuçlar verdikleri anlaşılmaktadır.

2-Sonuçlarımıza göre AH Plus Bioceramic grubunda, BioRoot RCS ve AH Plus grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az boşluk tespit edilmiştir. BioRoot RCS ile yapılan kanal dolgularındaki boşluk miktarının ise AH Plus grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az boşluk içerdiği saptanmıştır.

3-Çalışmamızda kök kanalının farklı bölümlerindeki(apikal,orta ve koronal) boşluk miktarları hesaplanmıştır. Buna göre tüm gruplarda en az boşluk kanalın apikalinde en çok boşluk ise koronal bölümünde saptanmıştır.Apikal ve koronal bölümler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

4-İncelenen boşlukların çeşitleri birbirleriyle kıyaslandığında (iç,dış,kombine) tüm gruplarda dış boşlukların, iç boşluklara nazaran istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İç boşluklar ile kombine boşluklar kıyaslandığında ise aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür.Dış boşluklar ile kombine boşluklar karşılaştırıldığında AH Plus Bioceramic ve AH Plus gruplarında dış boşlukların, kombine boşluklardan istatistiksel

olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğunu tespit ettik. BioRoot RCS grubunda kombine boşluklar ile dış boşluklar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.

5-Sonuçlarımız incelendiğinde eğimli kök kanallarının doldurulmasında AH Plus Bioceramic kanal patının tek kon tekniği ile birlikte kullanıldığında boşluklar bakımından Bioroot RCS ve AH Plus kanal patlarından daha üstün sonuçlar vermiştir. Kanal dolgusunda kullanılan farklı cihaz ve aletlerin çalışma sahasına erişimini güçleştiren yetersiz ağız açıklığı veya diş malpozisyonu gibi durumlarda AH Plus Bioceramic kanal patının kök kanalına enjekte edilerek tek kon tekniği ile kullanılması avantajlı olabilir. Çalışmamızdan elde edilen bulgular ışığında tek kon tekniği ile kalsiyum silikat içerikli kanal patları daha az boşluklu bir yapı oluşturmuştur.

6-Çalışmamızda kanal dolgularının koronal bölümünde daha yüksek boşluk hacimleri tespit edildi. Kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının tek kon yöntemi ile birlikte kullanılması sırasında; koronal bölümdeki boşluk miktarını azaltmak amacıyla apikal ve koronal bölümün doldurulması için farklı hibrit yöntemler kullanılmasının avantajlı olacağını düşünmekteyiz.

ÖZET

Eğimli Kök Kanallarında Farklı Kök Kanal Patlarıyla Yapılan Kanal Dolgusundaki Boşlukların Mikro-BT ile İncelenmesi

Endodontik tedavinin başarısı kök kanalının sızdırmaz bir şekilde doldurulmasına bağlıdır. Kök kanal dolgusunun amacı, periapikal dokuların enfeksiyonuna karşı bariyer oluşturmaktır. Kök kanalına yapılan dolgunun sızdırmazlığı, ilgili dişin sağlıklı bir biçimde fonksiyonda kalabilmesi açısından oldukça önemlidir. Kanal dolgusu içerisindeki boşluklar, bakterilerin çoğalmasına neden olabilir veya mikrosızıntı yoluyla onların içeri girmesine izin verebilir. Kök kanallarının eğimli olması yapılan kanal dolgusunun sızdırmazlığını etkilemektedir. Endodontide son yıllarda kullanıma sunulan kalsiyum silikat içerikli kök kanal patları, geleneksel kök kanal patlarına kıyasla canlı dokular tarafından daha iyi tolere edilebilmelerinin yanında, fiziksel özelliklerinin de iyi olması sebebiyle geleneksel kanal dolgu patları ile karşılaştırıldığında endodontide yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Çalışmamızda çeşitli sebeplerle çekilmiş, kök gelişimini tamamlamış, internal rezorpsiyonu bulunmayan, kurvatür açıları Schneider(Schneider 1971) metoduna göre 25 derece ve üstü olan, 30 adet insan alt büyük azı dişi kullandık. Örneklerin boyutları 15mm'ye standardize edilerek kök kanalları, ProTaper Universal (Ballaigues, İsviçre) döner eğe sistemi kullanılarak F2 eğeye kadar genişletildi. Daha sonra dişler rastgele 3 gruba ayrıldı(n=10). 1. grup AH Plus Bioceramic+tek kon, 2. grup Bioroot RCS+tek kon, 3. grup ise AH Plus+ tek kon yöntemi kullanılarak dolduruldu. Kanal dolgularında oluşan boşlukları incelemek için mikro-BT sistemi kullanıldı. Örneklerden görüntü elde etmek için yüksek çözünürlüklü, masaüstü mikro-BT sistemi (Bruker Skyscan 1275, Kontich, Belçika) kullanılarak örnekler tarandı. Tarama yapılırken Mikro BT sistemi 100 kVp(Kilovolt peak),100 mA(mili amper) ve 0.5 mm Al/Cufiltre; voxel boyutları 12.1 µm ve 0.5 rotasyon parametrelerine göre çalıştırıldı. NRecon (ver. 1.6.7.2, SkyScan, Kontich, Belçika) ve CtAn (CT analyzer) (ver. 1.17.7.2, SkyScan) yazılımı, kullanılarak aksiyal kesitte 1000x1000 piksellik iki boyutlu görüntüler alındı. Tüm taramalardan toplam 1023 kesit görüntü elde edildi. 3 boyutlu hacimlerdeki boşlukların hesaplanması için, orijinal gri tonlamalı görüntüler, gürültü azaltmak için bir Gauss düşük geçiş filtresi ile işlendi. Her diş, kökün apikal ucundan 0-4 (apikal), 4-8 (orta) ve 8-12 mm (koronal) olacak şekilde boşlukların değerlendirilmesi için üç bölgeye ayrıldı. Kök dolgu hacminin ortalama yüzdeleri (güta-perka ve endodontik patın hacminin toplamı), kök kanal dolgu materyali içinde dağıtılan iç boşlukların hacmi, kanal duvarları boyunca dış boşluklar ve kombine boşluklar kanal duvarları ile iletişim halinde olan materyaller mikro-bt analizi ile değerlendirildi. Boşluk değerlerinin gruplar arasında karşılaştırılmasında Kruskal Wallis Varyans Analizi kullanıldı. Farklılığın hangi grup yada gruplardan kaynaklandığı Kruskal Wallis Çoklu karşılaştırma testi ile incelendi. Boşluk değerlerinin grup içi bölgeler arasındaki(apikal,koronal,orta) karşılaştırılmasında Friedman Testi kullanıldı. Farklılığın hangi bölgelerden kaynaklandığı Friedman Çoklu karşılaştırma testi ile incelendi. AH Plus grubunda saptanan boşluk içeren kesit yüzdesinin AH Plus Bioceramic grubundan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu saptandı(p<0.05).AH-Plus grubunda kanal dolgusu(%) değerleri hem AH Plus Bioceramic hem de Bioroot RCS grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük bulundu(p<0.05).AH Plus Bioceramic grubunun kanal dolgusu yüzdesi Bioroot RCS grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulundu(p<0.05).AH Plus Bioceramic,Bioroot RCS ve AH Plus ile

yapılan kanal dolgularının tümünde apikal bölgedeki boşluk hacmi koronal bölgeye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük bulundu($p<0.05$).Farklı boşluk tiplerinin dağılımı incelendiğinde tüm gruplarda dış boşlukların iç boşluklardan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edildi($p<0.05$).

Anahtar Kelimeler: AH Plus Bioceramic, Bioroot RCS, Kök kanal boşlukları, Mikro Bilgisayarlı tomografi



SUMMARY

Micro-CT Evaluation of voids in Root Canal Filling with Different Root Canal Sealers in Curved Root Canals

The success of endodontic treatment depends on hermetic sealing of the root canal. The purpose of root canal filling is to create a barrier against infection of the periapical tissues. The sealing of the filling made into the root canal is very important for the tooth to remain in a healthy way. Voids in the root canal filling can cause bacteria to grow or allow them to enter through microleakage. The curvature of the root canals affects the sealing of the canal filling. Root canal sealers containing calcium silicate, which have been used in endodontics in recent years, are being used more and more in endodontics due to their better tolerance by living tissues compared to traditional root canal sealers, and their physical properties are comparable to traditional canal filling sealers. In our study, 30 human mandibular molars with curvature angles of 25 degrees and above according to Schneider (Schneider 1971) method, which were extracted for various reasons, have completed root development, have no internal resorption, were used. The dimensions of the samples were standardized to 15 mm. The root canals of the specimens were enlarged to the F2 file using the ProTaper Universal (Ballaigues, Switzerland) rotary file system. Then the teeth were randomly divided into 3 groups (n=10). 1st group was filled with AH Plus Bioceramic+single cone, 2nd group was filled with Bioroot RCS+single cone, and 3rd group was filled using AH Plus+ single cone method. Samples were scanned using a high resolution desktop micro-CT system (Bruker Skyscan 1275, Kontich, Belgium) (Figure 2.2.) to obtain images from the samples. While scanning, Micro CT system 100 kVp (Kilovolt peak), 100 mA (mili amp) and 0.5 mm Al/Cu filter; The voxel dimensions were run according to the 12.1 μm and 0.5 rotation parameters. Two-dimensional images of 1000x1000 pixels in the axial section were obtained using NRecon software (ver. 1.6.7.2, SkyScan, Kontich, Belgium) and CtAn (CT analyzer) (ver. 1.17.7.2, SkyScan). A total of 1023 cross-sectional images were obtained from all scans. To calculate voids in 3D volumes, the original grayscale images were processed with a Gaussian low-pass filter to reduce noise. Each tooth was divided into three zones for the evaluation of voids, 0-4 (apical), 4-8 (middle), and 8-12 mm (coronal) from the apical tip of the root. The mean percentages of root filling volume (sum of gutta-percha and endodontic sealer volume), the volume of internal voids distributed in the root canal filling material, the external voids along the canal walls, and the combined voids materials in contact with the canal walls were evaluated by micro-CT analysis. Kruskal Wallis Analysis of Variance was used to compare void values between groups. The group or groups that caused the difference was examined with the Kruskal Wallis Multiple comparison test. The Friedman Test was used to compare the void values between the regions within the group (apical, coronal, middle). The regions where the difference originated were examined with the Friedman Multiple comparison test. The percentage of sections containing voids in the AH Plus group was found to be statistically significantly higher than the AH Plus Bioceramic group ($p < 0.05$). Root canal filling (%) values in AH-Plus group were found to be statistically significantly lower than both AH Plus Bioceramic and Bioroot RCS groups ($p < 0.05$). The percentage of root canal filling of the AH Plus Bioceramic group was found to be statistically significantly higher than the Bioroot RCS group ($p < 0.05$). In all of the canal fillings made with AH Plus Bioceramic, Bioroot RCS and AH Plus, the void volume in the apical region was found to be statistically significantly lower than in the coronal region.

($p < 0.05$). When the distribution of different void types was examined, it was determined that the external voids were statistically significantly higher than the internal voids in all groups ($p < 0.05$).

Key Words: AH Plus Bioceramic, Bioroot RCS, Micro Computed tomography, Root canal voids



KAYNAKLAR

- ADIB V, SPRATT D, NG YL, GULABIVALA K. (2004). Cultivable microbial flora associated with persistent periapical disease and coronal leakage after root canal treatment: a preliminary study. *International Endodontic Journal*, **37(8)**: 542–551.
- AINLEY JE. (1970). Fluorometric assay of the apical seal of root canal fillings, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, **29**: 753-762.
- AL-HADDAD A, CHE AB AZIZ ZA. (2016). Bioceramic-based root canal sealers: A review. *International Journal of Biomaterials*, **2016**: 9753210.
- ALIM BA, GARIP BERKER Y. (2020). Evaluation of different root canal filling techniques in severely curved canals by micro-computed tomography. *The Saudi Dental Journal*, **32(4)**: 200–205.
- ALLAN NA, WALTON RC, SCHAEFFER MA. (2001). Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in vitro conditions. *Journal of Endodontics*, **27(6)**: 421–423.
- AN S, GAO Y, HUANG Y, JIANG X, MA K, LING J. (2015). Short-term effects of calcium ions on the apoptosis and onset of mineralization of human dental pulp cells in vitro and in vivo. *International journal of molecular medicine*, **36(1)**, 215–221.
- ANGERAME D, DE BIASI M, PECCI R, BEDINI R. (2020). Filling ability of three variants of the single-cone technique with bioceramic sealer: a micro-computed tomography study. *Journal of Materials Science. Materials in Medicine*, **31(11)**: 91.
- ANSI/ADA. (2000). Specification N 57 Endodontic Sealing Materials Reaffirmed 2012; ADA: Chicago, IL, USA,
- ATMEH AR, CHONG EZ, RICHARD G, FESTY F, WATSON, T. F. (2012). Dentin-cement interfacial interaction: Calcium silicates and polyalkenoates. *Journal of Dental Research*, **91(5)**: 454–459.
- AUGSBURGER RA, PETERS DD. (1990). Radiographic evaluation of extruded obturation materials. *Journal of Endodontics*, **16(10)**: 492–497.

- BALLULLAYA SV, VINAY V, THUMU J, DEVALLA S, BOLLU IP, BALLA S. (2017). Stereomicroscopic Dye Leakage Measurement of Six Different Root Canal Sealers. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, **11(6)**: ZC65–ZC68.
- BARKHORDAR RA. (1989). Evaluation of antimicrobial activity in vitro of ten root canal sealers on *Streptococcus sanguis* and *Streptococcus mutans*. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, **68(6)**: 770–772.
- BERGMANS L, MOISIADIS P, DE MUNCK J, VAN MEERBEEK B, LAMBRECHTS P. (2005). Effect of polymerization shrinkage on the sealing capacity of resin fillers for endodontic use. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **7(4)**: 321–329.
- BERMAN LH, HARGREAVES KM. (2020). *Cohen's pathways of the pulp-e-book*. Elsevier Health Sciences, Chapter 9.
- BEST SM, PORTER AE, THIAN ES, HUANG J. (2008). Bioceramics: Past, present and for the future. *Journal of the European Ceramic Society*, **28(7)**: 1319-1327.
- BLUM JY, ESBER S, MICALLEF JP. (1997). Analysis of forces developed during obturations. Comparison of three gutta-percha techniques. *Journal of Endodontics*, **23(5)**: 340–345.
- BLUM JY, PARAHY E, MACHTOU P. (1997). Warm vertical compaction sequences in relation to gutta-percha temperature. *Journal of Endodontics*, **23(5)**: 307–311.
- BORGES RP, SOUSA-NETO MD, VERSIANI MA, RACHED-JÚNIOR FA, DE-DEUS G, MIRANDA CE, PÉCORA JD. (2012). Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *International Endodontic Journal*, **45(5)**: 419–428.
- BOZEMAN TB, LEMON RR, ELEAZER PD. (2006). Elemental analysis of crystal precipitate from gray and white MTA. *Journal of Endodontics*, **32(5)**: 425–428.
- CAILLETEAU JG, MULLANEY TP. (1997). Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools. *Journal of Endodontics*, **23(6)**: 394–396.
- ÇALIŞKAN MK. (2006). Endodontide tanı ve tedaviler. Nobel Tıp Kitabevleri, 463–506.
- CAMILLERI J. (2017). Will Bioceramics be the Future Root Canal Filling Materials?. *Current Oral Health Reports*, **4(3)**: 228-238.

- CAMILLERI J. (2020). Classification of hydraulic cements used in dentistry. *Frontiers in Dental Medicine*, **1**: 9.
- CAMPS J, JEANNEAU C, EL AYACHI I, LAURENT P, ABOUT I. (2015). Bioactivity of a Calcium Silicate-based Endodontic Cement (BioRoot RCS): Interactions with Human Periodontal Ligament Cells In Vitro. *Journal of Endodontics*, **41(9)**: 1469–1473.
- CANDEIRO G, MOURA-NETTO C, D'ALMEIDA-COUTO RS, AZAMBUJA-JÚNIOR N, MARQUES MM, CAI S, GAVINI G. (2016). Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. *International Endodontic Journal*, **49(9)**: 858–864.
- CANDEIRO GT, CORREIA FC, DUARTE MA, RIBEIRO-SIQUEIRA DC, GAVINI G. (2012). Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *Journal of Endodontics*, **38(6)**: 842–845
- CELIK TEN B, UZUNTAS CF, ORHAN AI, ORHAN K, TUFENKCI P, KURSUN S, DEMIRALP KÖ. (2016). Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An In vitro Micro-CT study. *Scanning*, **38(2)**: 133–140.
- CELIK TEN B, UZUNTAS CF, ORHAN AI, TUFENKCI P, MISIRLI M, DEMIRALP KO, ORHAN K. (2015). Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *Journal of Oral Science*, **57(4)**: 361–366.
- ÇİFTÇİOĞLU E, KÜÇÜKAY ES. (2019) Endodontide biyoseramik kök kanalı sealerlerinin kullanımı. Sazak Öveçoğlu H, editör. Kök Kanallarının Doldurulması. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri, 37-46.
- COHEN S, BURN RC. (1987) Pathways of the pulp. 4th ed. St. Louis, Mosby
- COLLADO-GONZÁLEZ M, GARCÍA-BERNAL D, OÑATE-SÁNCHEZ RE, ORTOLANI-SELTENERICH PS, LOZANO A, FORNER L, LLENA C, RODRÍGUEZ-LOZANO FJ. (2017). Biocompatibility of three new calcium silicate-based endodontic sealers on human periodontal ligament stem cells. *International Endodontic Journal*, **50(9)**: 875–884.
- CUNNINGHAM CJ, SENIA ES. (1992). A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *Journal of Endodontics*, **18(6)**: 294–300.

- DARVELL BW. (2020) Materials chemistry as a means to an end(o): the invisible foundation. In: Camilleri J, editor. Chapter 1: Introduction in Endodontic Materials and Their Clinical Application. Wiley Blackwell.
- DASH AK, FARISTA S, DASH A, BENDRE A, FARISTA S. (2017). Comparison of Three Different Sealer Placement Techniques: An *In vitro* Confocal Laser Microscopic Study. *Contemporary Clinical Dentistry*, **8(2)**: 310–314.
- DENTSPLY DETREY. b AH Plus. Root Canal Sealer. [http://www.dentsply.de/bausteine.net/f/7299/SCAHPlus050419rMV\[Germanmarkt\].pdf?fd=2](http://www.dentsply.de/bausteine.net/f/7299/SCAHPlus050419rMV[Germanmarkt].pdf?fd=2) erişim tarihi 08.05.2022
- DENTSPLY Sirona, a <https://www.dentsplysirona.com/content/dam/master/product-procedure-brand-categories/endodontics/product-categories/obturation-materials/sealers-root-repair/ah-plus-bioceramic-sealer/ifu/END-IFU-AH-PLUS-BIOCERAMIC-SEALER-V00-WEB-EUR-Multilingual-2021-06.pdf> erişim tarihi 08.05.2022
- DESAI S, CHANDLER N. (2009). Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review. *Journal of Endodontics*, **35(4)**: 475–480.
- DONNERMEYER D, BURKLEIN S, DAMMASCHKE T, SCHÄFER E. (2019). Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*, **107(4)**: 421–436.
- DONNERMEYER D, DORNSEIFER P, SCHÄFER E, DAMMASCHKE T. (2018). The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head & face medicine*, **14(1)**: 13.
- DONNERMEYER D, IBING M, BURKLEIN S, WEBER I, REITZE MP, SCHÄFER E. (2021). Physico-Chemical Investigation of Endodontic Sealers Exposed to Simulated Intracanal Heat Application: Hydraulic Calcium Silicate-Based Sealers. *Materials (Basel, Switzerland)*, **14(4)**: 728.
- DRUKTEINIS S, BILVINAITE G, TUSAS P, SHEMESH H, PECIULIENE V. (2021). Porosity Distribution in Single Cone Root Canal Fillings Performed by Operators with Different Clinical Experience: A microCT Assessment. *Journal of Clinical Medicine*, **10(12)**: 2569.
- DUMMER PMH. (1997) Root canal filling. In: Pitt Ford TR ed. Harty's Endodontics In clinical practice. 4th edn. Bristol, Wright, 123-55.

- EID D, MEDIONI E, DE-DEUS G, KHALIL I, NAAMAN A, ZOGHEIB C. (2021). Impact of Warm Vertical Compaction on the Sealing Ability of Calcium Silicate-Based Sealers: A Confocal Microscopic Evaluation. *Materials (Basel, Switzerland)*, **14**(2): 372.
- ELTAIR M, PITCHIKA V, HICKEL R, KÜHNISCH J, DIEGRITZ C. (2018). Evaluation of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (SEM). *Clinical Oral Investigations*, **22**(4): 1631–1639.
- ERSAHAN S, AYDIN C. (2010). Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. *Journal of Endodontics*, **36**(12): 2000-2002.
- FRIEDMAN S, LÖST C, ZARRABIAN M, TROPE M. (1995). Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *Journal of Endodontics*, **21**(7): 384–390.
- GERMAIN S, MEETU K, ISSAM K, ALFRED N, CARLA Z. (2018). Impact of the Root Canal Taper on the Apical Adaptability of Sealers used in a Single-cone Technique: A Micro-computed Tomography Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **19**(7): 808–815.
- GILLEN, B. M., LOONEY, S. W., GU, L. S., LOUSHINE, B. A., WELLER, R. N., LOUSHINE, R. J., PASHLEY DH, TAY, F. R. (2011). Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, **37**(7): 895-902.
- GROSSMAN LI, OLIET S, DEL RIO CE. (1988). Endodontic Practice (Eleventh Edition). Philadelphia, PA: Published by Lea & Febiger.
- GÜVEN EP, TAŞLI PN, YALVAC ME, SOFIEV N, KAYAHAN MB, SAHIN F. (2013). In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *International Endodontic Journal*, **46**(12): 1173–1182.
- HA W, KAHLER B, WALSH LJ. (2017). Classification and Nomenclature of Commercial Hygroscopic Dental Cements. *European Endodontic Journal*, **2**(1): 1–10.
- HERAN J, KHALID S, ALBAAJ F, TOMSON PL, CAMILLERI J. (2019). The single cone obturation technique with a modified warm filler. *Journal of Dentistry*, **89**: 103181.

- HUANG Y, ORHAN K, CELIKTEN B, ORHAN AI, TUFENKCI P, SEVIMAY S. (2018). Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. *Journal of Applied Oral Science: Revista FOB*, **26**: 20160584.
- ISO. (2012). ISO 6876. In Dental Root Canal Sealing Materials, International Standard ISO 6876:2012, 3rd ed. Geneva, Switzerland: ISO.
- JAIN P, RANJAN M. (2015). The rise of bioceramics in endodontics: A review. *Int J Pharm Bio Sci*, **6**(1): 416-22.
- JUNG M, LOMMEL D, KLIMEK J. (2005). The imaging of root canal obturation using micro-CT. *International Endodontic Journal*, **38**: 617–626.
- KAPRALOS V, KOUTROULIS A, ØRSTAVIK D, SUNDE PT, RUKKE HV. (2018). Antibacterial Activity of Endodontic Sealers against Planktonic Bacteria and Bacteria in Biofilms. *Journal of Endodontics*, **44**(1): 149–154.
- KAZEMI RB, SAFAVI KE, SPANGBERG LS. (1993). Dimensional changes of endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, **76**(6): 766–771.
- KELEŞ A, ALCIN H, KAMALAK A, VERSIANI MA. (2014). Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *International Endodontic Journal*, **47**(12): 1177–1184.
- KELEŞ A, ALÇIN H. (2015). Mikro bilgisayarlı tomografi ve endodontik araştırmalardaki yeri. *Türkiye Klinikleri J Endod-Special Topics*, **1**(3): 32-9.
- KELEŞ A, ALÇIN, H. (2015). Mikro bilgisayarlı tomografi ve endodontik araştırmalardaki yeri. *Türkiye Klinikleri Journal of Endodontics*, **1**: 32-39.
- KOCH MJ. (1999). Formaldehyde release from root-canal sealers: influence of method. *Int Endod J*, **32**: 10-16.
- KRASTL G, ALLGAYER N, LENHERR P, FILIPPI A, TANEJA P, WEIGER R. (2013). Tooth discoloration induced by endodontic materials: A literature review. *Dental traumatology: official publication of International Association for Dental Traumatology*, **29**(1): 2–7.
- KRELL KF, WEFEL JS. (1984). A calcium phosphate cement root canal sealer--scanning electron microscopic analysis. *Journal of Endodontics*, **10**(12): 571–576.

- LANGELAND K, OLSSON B, PASCON EA. (1981). Biological evaluation of Hydron. *Journal of Endodontics*, **7(5)**: 196–204.
- LEE JK, KWAK SW, HA JH, LEE W, KIM HC. (2017). Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, **2017**: 2582849.
- LEE KW, WILLIAMS MC, CAMPS JJ, PASHLEY DH. (2002). Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *Journal of Endodontics*, **28(10)**: 684–688.
- LEONARDO MR, BEZERRA DA SILVA LA, FILHO MT, SANTANA DA SILVA R. (1999). Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, **88(2)**: 221–225.
- LEUNG SF, GULABIVALA K. (1994). An in-vitro evaluation of the influence of canal curvature on the sealing ability of Thermafil. *Int. Endod. J.* **27**: 190–196
- MILANOVIC I, MILOVANOVIC P, ANTONIJEVIC D, DZELETOVIC B, DJURIC M, MILETIC V. (2020). Immediate and Long-Term Porosity of Calcium Silicate-Based Sealers. *Journal of Endodontics*, **46(4)**: 515–523.
- MOHAMED EL SAYED M, AL HUSSEINI H. (2018). Apical dye leakage of two single-cone root canal core materials (hydrophilic core material and gutta-percha) sealed by different types of endodontic sealers: An *in vitro* study. *Journal of conservative Dentistry: JCD*, **21(2)**: 147–152.
- MOSHONOV J, TROPE M, FRIEDMAN S. (1994). Retreatment efficacy 3 months after obturation using glass ionomer cement, zinc oxide-eugenol, and epoxy resin sealers. *Journal of Endodontics*, **20(2)**: 90–92.
- MUKHTAR-FAYYAD D. (2011). Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, **112(6)**: 137–142.
- NAIR AV, NAYAK M, PRASADA LK, SHETTY V, KUMAR C, NAIR RR. (2018). Comparative Evaluation of Cytotoxicity and Genotoxicity of Two Bioceramic Sealers on Fibroblast Cell Line: An in vitro Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **19(6)**: 656–661.
- NEUHAUS KW, SCHICK A, LUSSI A. (2016). Apical filling characteristics of carrier-based techniques vs. single cone technique in curved root canals. *Clin. Oral. Invest.* **20**: 1631–1637.

- NG YL, MANN V, RAHBARAN S, LEWSEY J, GULABIVALA K. (2008). Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—Part 2. Influence of clinical factors. *International endodontic journal*, **41(1)**: 6-31.
- NIELSEN RB, ALYASSIN AM, PETERS DD, CARNES DL, LANCASTER J. (1995). Microcomputed tomography: An advanced system for detailed endodontic research. *Journal of Endodontics*, **21(11)**: 561–568.
- ORHAN K, JACOBS R, CELIKTEN B, HUANG Y, DE FARIA VASCONCELOS K, NICOLIELO L, BUYUKSUNGUR A, VAN DESSEL J. (2018). Evaluation of Threshold Values for Root Canal Filling Voids in Micro-CT and Nano-CT Images. *Scanning*, **2018**: 9437569.
- ØRSTAVIK D, NORDAHL I, TIBBALLS JE. (2001). Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dental materials: Official publication of the Academy of Dental Materials*, **17(6)**: 512–519.
- ØRSTAVIK D. (1988) Endodontic materials. *Adv Dent Res* **2**: 12-24,
- ØRSTAVIK D. (2014) Endodontic filling materials. Ørstavik, Wiley Online Library.
- ØRSTAVIK DAG. (2005). Materials used for root canal obturation: Technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics*, **12(1)**: 25-38.
- PENHA DA SILVA PJ, MARCELIANO-ALVES MF, PROVENZANO JC, DELLAZARI R, GONÇALVES LS, ALVES F. (2021). Quality of Root Canal Filling Using a Bioceramic Sealer in Oval Canals: A Three-Dimensional Analysis. *European Journal of Dentistry*, **15(3)**: 475–480.
- PETERS DD. (1986). Two-year in vitro solubility evaluation of four Gutta-percha sealer obturation techniques. *Journal of Endodontics*, **12(4)**: 139–145.
- PIAI GG, DUARTE M, NASCIMENTO A, ROSA R, SÓ M, VIVAN RR. (2018). Penetrability of a new endodontic sealer: A confocal laser scanning microscopy evaluation. *Microscopy Research and Technique*, **81(11)**: 1246–1249.
- POMMEL L, CAMPS J. (2001). Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. *Journal of Endodontics*, **27**: 256–258.
- PRÜLLAGE RK, URBAN K, SCHÄFER E, DAMMASCHKE T. (2016). Material Properties of a Tricalcium Silicate-containing, a Mineral Trioxide Aggregate-containing, and an Epoxy Resin-based Root Canal Sealer. *Journal of Endodontics*, **42(12)**: 1784–1788.

- RICUCCI D, LIN LM, SPANGBERG LS. (2009). Wound healing of apical tissues after root canal therapy: A long-term clinical, radiographic, and histopathologic observation study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, **108**: 609–621
- ROIZENBLIT RN, SOARES FO, LOPES RT, DOS SANTOS BC, GUSMAN H. (2020). Root canal filling quality of mandibular molars with EndoSequence BC and AH Plus sealers: A micro-CT study. *Australian Endodontic Journal: The Journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, **46(1)**: 82–87.
- SANTOS-JUNIOR AO, TANOMARU-FILHO M, PINTO JC, TAVARES K, TORRES F, GUERREIRO-TANOMARU JM. (2021). Effect of obturation technique using a new bioceramic sealer on the presence of voids in flattened root canals. *Brazilian Oral Research*, **35**: 028.
- SAUNDERS EM. (1989). The effect of variation in thermomechanical compaction techniques upon the quality of the apical seal. *International Endodontic Journal*, **22(4)**: 163–168.
- SCHILDER H. (2006). Filling root canals in three dimensions. 1967. *Journal of Endodontics*, **32(4)**: 281–290.
- SCHMALZ G. (2003) Root canal filling Materials. In: Bergenholtz G, et al eds Textbook of Endodontology. Blackwell Munksgaard, 261-85. Oxford.
- SCHROEDER A (1957). Gewebeverträglichkeit des Wurzelfüllmittels AH 26 (Histologische und klinische Prüfungen). *Zahnarzt Welt*, **58**: 563
- SEPTODONT Active Biosilicate Technology. Bioactive mineral root canal sealer. <https://www.septodontusa.com/sites/default/files/2020-07/Bioroot%20RCS-PI.pdf> erişim tarihi 08.05.2022
- SHI M, ZHOU Y, SHAO J, CHEN Z, SONG B, CHANG J, WU C, XIAO Y. (2015). Stimulation of osteogenesis and angiogenesis of hBMSCs by delivering Si ions and functional drug from mesoporous silica nanospheres. *Acta Biomaterialia*, **21**: 178–189.
- SIBONI F, TADDEI P, ZAMPARINI F, PRATI C, GANDOLFI MG. (2017). Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *International Endodontic Journal*, **50(2)**: 120–136.

- SILVA ALMEIDA LH, MORAES RR, MORGENTAL RD, PAPPEN FG. (2017). Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies. *Journal of Endodontics*, **43(4)**: 527–535.
- SIQUEIRA JF, JR, RÔÇAS IN, FAVIERI A, ABAD EC, CASTRO AJ, GAHYVA SM. (2000). Bacterial leakage in coronally unsealed root canals obturated with 3 different techniques. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, **90(5)**: 647–650.
- SJÖGREN ULF, HÄGGLUND B, SUNDQVIST G, WING K. (1990). Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, **16(10)**: 498-504.
- SUNDQVIST G, FIGDOR D. (1998). Endodontic treatment of apical periodontitis. In: Orstavik D, Pitt Ford TR eds, *Essential Endodontology, Prevention and treatment of apical periodontitis*. Oxford: Blackwell Pub, 242-77.
- TANOMARU-FILHO M, TORRES F, CHÁVEZ-ANDRADE GM, DE ALMEIDA M, NAVARRO LG, STEIER L, GUERREIRO-TANOMARU JM. (2017). Physicochemical Properties and Volumetric Change of Silicone/Bioactive Glass and Calcium Silicate-based Endodontic Sealers. *Journal of Endodontics*, **43(12)**: 2097–2101.
- TAVARES K, PINTO JC, SANTOS-JUNIOR AO, TORRES F, GUERREIRO-TANOMARU JM, TANOMARU-FILHO M. (2021). Micro-CT evaluation of filling of flattened root canals using a new premixed ready-to-use calcium silicate sealer by single-cone technique. *Microscopy Research and Technique*, **84(5)**: 976–981.
- TORABINEJAD M, PARIROKH M, DUMMER P. (2018). Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part II: other clinical applications and complications. *International Endodontic Journal*, **51(3)**: 284–317.
- TORRES F, ZORDAN-BRONZEL CL, GUERREIRO-TANOMARU JM, CHÁVEZ-ANDRADE GM, PINTO JC, TANOMARU-FILHO M. (2020). Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *International Endodontic Journal*, **53(3)**: 385–391.
- TROPE M, BUNES A, DEBELIAN G. (2015). Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? *Endodontic Topics*, **32(1)**: 86-96

- TUNCCEL B, NAGAS E, CEHRELI Z, UYANIK O, VALLITTU P, LASSILA L. (2015). Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Brazilian Oral Research*, **29**: 1-6.
- VALOIS CR, SILVA LP, AZEVEDO RB. (2005). Structural effects of sodium hypochlorite solutions on gutta-percha cones: Atomic force microscopy study. *J. Endod.*, **31**: 749–751.
- VERSIANI MA, CARVALHO-JUNIOR JR, PADILHA MI, LACEY S, PASCON EA, SOUSA-NETO MD. (2006). A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. *International Endodontic Journal*, **39(6)**: 464–471.
- VERTUCCI FJ. (1984). Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 58: 589–599.
- WITTE DR. (1878). The filling of a root canal with Portland cement. *German quarterly for dentistry. J Cent Assoc Ger Dent*, **18**: 153-154.
- WU MK, DE GEE AJ, WESSELINK PR. (1994). Leakage of four root canal sealers at different thickness. *International Endodontic Journal*, **27(6)**: 304–308.
- WU MK, WESSELINK PR. (1993). Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance, *Int Endod J*, **26**: 37-43.
- WU MK, WESSELINK PR. (2001). A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International Endodontic Journal*, **34(2)**: 137–141.
- YANPISET K, BANOMYONG D, CHOTVORRARAK K, SRISATJALUK RL. (2018). Bacterial leakage and micro-computed tomography evaluation in round-shaped canals obturated with bioceramic cone and sealer using matched single cone technique. *Restor. Dent. Endod.*, **43**, 30.
- ZHOU HM, DU TF, SHEN Y, WANG ZJ, ZHENG YF, HAAPASALO M. (2015). In vitro cytotoxicity of calcium silicate-containing endodontic sealers. *Journal of Endodontics*, **41(1)**: 56–61.
- ZHOU HM, SHEN Y, ZHENG W, LI L, ZHENG YF, HAAPASALO M. (2013). Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of Endodontics*, **39(10)**: 1281–1286.

ZORDAN-BRONZEL CL, ESTEVES TORRES FF, TANOMARU-FILHO M, CHÁVEZ-ANDRADE GM, BOSSO-MARTELO R, GUERREIRO-TANOMARU JM. (2019). Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer. *Journal of Endodontics*, **45(10)**: 1248–1252.



EKLER

EK-1. Etik Kurul Onayı



ÖZGEÇMİŞ

I-Bireysel Bilgiler

Adı : İlçi Berk
Soyadı : İÇMEZ

II- Eğitim Bilgileri

2019-2022 Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı
2012-2017 Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
2008-2012 Beşiktaş Atatürk Anadolu Lisesi
Yabancı dili : İngilizce

III-Ünvanları

Araştırma Görevlisi