



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**İKİ FARKLI KÖK KANAL PATI İLE
DOLDURULMUŞ KANALLARDA OLUŞAN
BOŞLUKLARIN İNCELENMESİ VE BOŞLUKLARIN
BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Mehmet Levent YÜKSEL

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Feridun ŞAKLAR**

2021 - ANKARA

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na

Uzmanlık tezi olarak hazırlayıp sunduğum ‘‘İki Farklı Kök Kanal Patı ile Doldurulmuş Kanallarda Oluşan Boşlukların İncelenmesi ve Boşlukların Bağlanma Dayanımına Etkisinin Değerlendirilmesi’’ başlıklı tez; 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.

Uzmanlık Öğrencisinin Adı Soyadı: Mehmet Levent YÜKSEL

ANKARA ÜNİVERSİTESİ DIŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ENDODONTİ UZMANLIK PROGRAMI

Çerçevesinde yürütülmüş olan “İki Farklı Kök Kanal Patı ile Doldurulmuş Kanallarda Oluşan Boşlukların İncelenmesi ve Boşlukların Bağlanma Dayanımına Etkisinin Değerlendirilmesi” konulu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi :
13.01.2021

İmza

Prof.Dr.Feridun ŞAKLAR
Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı

Jüri Başkanı

İmza

Prof.Dr.Meltem DARTAR ÖZTAN
Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı

Üye

İmza

Prof.Dr.Ali Cemal TINAZ
Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı

Üye

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	vii
Tablolar	viii
Resimler	ix
Grafikler	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Kök Kanal Dolgusunun Amacı ve Önemi	1
1.2. Kök Kanal Dolgu Maddeleri	3
1.2.1. Kök kanal dolgusunda kullanılan kor materyalleri	4
1.2.1.1. Gümüş Kon	4
1.2.1.2. Güta Perka	4
1.2.1.3. Resilon	5
1.2.2. Kök Kanal Dolgu Patları	7
1.2.2.1. Rezin Esaslı Kök Kanal Dolgu Patları	8
1.2.2.2. Biyoseramik Esaslı Kök Kanal Dolgu Patları	9
1.2.2.3. Kalsiyum Silikat Esaslı Kök Kanal Dolgu Patları	10
1.2.3. Kök Kanal Dolgu Teknikleri	12
1.2.3.1. Soğuk Lateral Kompaksiyon Tekniği	13
1.2.3.2 Basit Tek Kon Tekniği	14
1.2.3.3. Sıcak Lateral Kompaksiyon Tekniği	15
1.2.3.4. Vertikal Kompaksiyon Tekniği	15
1.2.3.5. Termomekanik Kompaksiyon Tekniği	16
1.2.3.6. Termoplastize Güta Perka Enjeksiyon Teknikleri	16
1.2.3.7. Devamlı Isıyla Obturasyon Yöntemi (Sistem B)	17
1.3. Adezyon	19
1.3.1 Kök Kanal Dentinine Adezyon ve Adezyonu Etkileyen Faktörler	20
1.3.2. Kök Kanal Patlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	21
1.4. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro BT)	22
1.4.1. Görüntü Rekonstrüksiyonu	23
1.4.2. CTAn Software Programı	23
1.4.3. Mikro bilgisayarlı tomografinin kullanım alanları	24
2.GEREÇ VE YÖNTEM	25
2.1. Örneklerin Hazırlanması	25
2.1.1. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	26
2.1.2. Kök Kanallarının Final İrrigasyonu	27
2.1.3. Kök Kanallarının Doldurulması	27
2.1.3.1. Grup 1: Tek kon tekniği + AH Plus Grubu	27

2.1.3.2. Grup 2: Tek kon tekniği + EndoSequence BC Sealer Grubu	28
2.2. Örneklerin Mikro BT ile Taranması	29
2.2.1. Görüntülerin Oluşturulması ve Analizleri	29
2.3. Dentin Disklerinin Hazırlanması	32
2.3.1 Kanal Patlarının Dentine Bağlanma Dayanımlarının Ölçülmesi (Push-Out Testi)	32
2.4. İstatistiksel Analiz	34
3.BULGULAR	35
3.1. Bağlanma Dayanımı Değerlerine Ait Bulgular	35
3.2. AH Plus Sealer ve EndoSequence BC Sealer Gruplarının Tüm Kök Kanal Sistemi, Koronal, Orta ve Apikal Üçlüde Oluşan Ara Yüzey Boşluk Hacmi Yönünden Karşılaştırılmasına Ait Bulgular	37
3.2.1 AH Plus Sealer ve EndoSequence BC Sealer Gruplarının Tüm Kök Kanal Sistemi, Koronal, Orta ve Apikal Üçlüde Oluşan Ara Yüzey Boşluk Hacimlerinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleri	39
4.TARTIŞMA	44
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	54
ÖZET	55
SUMMARY	56
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	68

ÖNSÖZ

İki farklı kök kanal patı ile doldurulmuş kanallarda oluşan boşlukların incelenmesi ve boşlukların bağlanma dayanımına etkisinin değerlendirilmesinin amaçlandığı tez çalışmamın her aşamasında ve uzmanlık eğitimim süresince büyük bir sabır ve titizlikle bana yardımcı olan, yol gösteren, anlayış ve hoşgörüsüyle her konuda desteğini hissettiğim değerli danışman hocam ve Anabilim Dalı öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Feridun ŞAKLAR’a,

Uzmanlık eğitim sürecim boyunca bana destek olan değerli öğretim üyesi ve Anabilim Dalı başkanı Sayın Prof. Dr. Meltem DARTAR ÖZTAN’a,

Tezimin ve uzmanlık eğitimimin başlangıcından bitimine kadar olan süreçte bana her zaman destek olan, yardımcı olan ve bilgilerini aktaran Anabilim Dalı öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Berkan ÇELİKTEN’e

Sonsuz teşekkürlerimi saygı ve sevgiyle sunarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
Π	Pi Sayısı
$\pm$	Artı Eksi
Ark.	Arkadaşları
Bkz.	Bakınız
Bt	Bilgisayarlı Tomografi
Ca	Kalsiyum
C faktörü	Konfigürasyon faktörü
Dk.	Dakika
EDTA	Etilendiamintetraasetik asit
H	Yükseklik
ISO	International Organization for Standardization
kg	Kilogram
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
MPa	Megapaskal
MTA	Mineral trioksit agregat
N	Newton
NaOCl	Sodyum hipoklorit
Ni-Ti	Nikel-Titanyum
No	Numara
OH	Hidroksit
Ort.	Ortalama
pH	Power of hydrogen
ppm	Parts per million
r	Yarıçap
rpm	Revolution per minute
Sn	Saniye
SEM	Scanning Electron Microscope
SS	Standart sapma

TABLÖLAR

Tablo 3.1. Push-out bağlanma dayanımları (MPa)

Tablo 3.2. AH Plus Sealer ve EndoSequence BC Sealer Gruplarının Tüm Kök Kanal Sistemi, Koronal, Orta ve Apikal Üçlüde Oluşan Ara Yüzey Boşluk Hacmi Miktarları



RESİMLER

Resim 2.1. Kronu kesmek için kullanılan su soğutmalı kesme cihazı

Resim 2.2. AH Plus kök kanal patı

Resim 2.3. EndoSequence BC Sealer kök kanal patı

Resim 2.4. Ham görüntülerin elde edilmesinde ve birleştirilmesinde kullanılan program NRecon (ver.1.6.5.2, SkyScan, Kontich, Belçika)

Resim 2.5. Boşlukların hem hacminin hem de densitometrik ve morfometrik ölçümlerine olanak sağlayan CTAn (ver. 1.16.4.1. SkyScan)

Resim 2.6. DataViewer programı ile kök kanalının, kök kanal patının ve kök kanalında oluşan boşluğun renklendirilmesi

Resim 2.7. DataViewer programı ile örneklerden üç boyutlu görüntü elde edilmesi

Resim 2.8. İtme Kuvvetinin Uygulanması

Resim 3.1. AH Plus Kanal Patı ile doldurulmuş kanalın aksiyal görüntüsü

Resim 3.2. AH Plus Kanal Patı ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit koronal üçlü görüntüsü

Resim 3.3. AH Plus Kanal Patı ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit orta üçlü görüntüsü

Resim 3.4. AH Plus Kanal Patı ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit apikal üçlü görüntüsü

Resim 3.5. Endosequence BC Sealer ile doldurulmuş kanalın aksiyal görüntüsü

Resim 3.6. Endosequence BC Sealer ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit koronal üçlü görüntüsü

Resim 3.7. Endosequence BC Sealer ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit orta üçlü görüntüsü

Resim 3.8. Endosequence BC Sealer ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit apikal üçlü görüntüsü

GRAFİKLER

Grafik 3.1. AH Plus kök kanal patı push-out bağlanma dayanımları (MPa)

Grafik 3.2. EndoSequence BC kök kanal patı push-out bağlanma dayanımları (MPa)

Grafik 3.3. EndoSequence BC Sealer ile AH Plus patının apikal üçlüdeki bağlanma dayanımı (MPa)

Grafik 3.4. AH Plus Kök Kanal Dolgu Maddesi Ara Yüzey Boşluk Hacmi (mm^2)

Grafik 3.5. Endosequence Kök Kanal Dolgu Maddesi Ara Yüzey Boşluk Hacmi (mm^2)

1. GİRİŞ

Başarılı bir endodontik tedavide amaç, kök kanallarının uygun bir şekilde genişletilip, dezenfekte edildikten sonra boyutsal olarak stabil ve biyouyumlu bir kanal dolgu materyali ile apikal foramene kadar hermetik bir şekilde üç boyutlu olarak doldurmaktır. Biyolojik anlamda kök kanal dolgusunun esas fonksiyonu, periapikal dokuların enfeksiyonuna karşı bir bariyer oluşturmaktır.

Kök kanallarının sızdırmaz bir şekilde doldurulma nedenleri;

1. Mikroorganizmaların oral kaviteden periradiküler dokulara geçişini engelleyecek bir bariyer oluşturmak,
2. Kanalları temizleme ve şekillendirme işlemlerini takiben hala kanalda mevcut olabilecek mikroorganizmaları izole etmek, kök kanalı içinde hapsedmek ve periapikal irritasyonu önlemek,
3. Mikrobiyal çoğalmaya yardımcı olabilecek besinlerin kök kanal sistemine sızıntısını engellemek,
4. Kök kanal sistemine gingival sulkustan veya periodontal cepten oluşabilecek sızıntı ve bakteri geçiş riskini azaltmaktır.

Yetersiz doldurulan kök kanalları nedeniyle endodontik tedavide başarı olumsuz yönde etkilenmektedir. Endodontik tedavinin başarısızlığında en büyük etken, periapikal eksudanın yeterince dolmamış kök kanallarına sızmasıdır. Başarısız vakaların yaklaşık olarak %60'ına kök kanallarının tam olarak doldurulmaması neden olmaktadır.

1.1. Kök Kanal Dolgusunun Amacı ve Önemi

Endodontik tedavi; pulpa dokusunun bir kısmının ya da tamamının sağlığının devam ettirilmesi, pulpa dokusu hasara uğradığı zaman periapikal dokuların korunması,

periapikal dokular hasar gördüğü zaman periapikal dokuların onarılması ve sağlığına kavuşturulması işlemlerini kapsar (Dow ve ark. 1955).

Kök kanalları temizlenip şekillendirildikten sonra apikal, lateral ve koronal tıkama sağlanmalıdır. Kök kanalları üç boyutlu bir şekilde doldurularak sızıntı engellenmelidir. Kök kanalları içindeki boş alanlar elimine edilmelidir.

Kök kanal sistemleri aksesuar kanallar, anastomozlar ve apikal deltalar içeren kompleks bir sistemdir. Böyle bir sistemin prepare edilmesi ve üç boyutlu olarak tıkanması zordur. Kök kanallarındaki yetersiz preparasyon; yetersiz kök kanal dolgusuna neden olur. Başarısız endodontik tedavilerin çoğunun sebebi, yetersiz kök kanal dolgusudur (Ingle ve ark. 2002). Kök kanal dolgusunun amacı pulpa boşluğunun tamamen temizlenmesi, foramen apikale de sıvı geçirmez bir örtücülüğün sağlanması ve kök kanal boşluğunun tamamen doldurulmasıdır (Gutmann ve ark. 1997). Kök kanal tedavisinin başarısı temelde temizleme, sterilizasyon ve tıkama ile ilişkilidir (Morse ve ark. 1983). Son zamanlarda başarı üzerinde daha ayrıntılı etmenler gösterilmiştir. Bunlar teşhis ve tedavi planlaması, daha ileri anatomi ve morfoloji bilgisi, temizleme, dezenfeksiyon ve tıkamadır.

Temizleme ve şekillendirme işlemleri hem dezenfeksiyon düzeyini hem de kanal boşluğunun tıkanma etkinliğini belirler. Kök kanal dolgusu; çalışma boyu, koniklik ve koronal örtücülük esas alınarak değerlendirilir. Kanal dolgusunun örtücülüğünün radyografi ile değerlendirilmesi tam anlamıyla mümkün değildir ve hiçbir materyal ve tekniğin sızıntıyı tam olarak engelleyemediği unutulmamalıdır (Kakehashi ve ark. 1965, MÖLLER ve ark. 1981).

Pulpal ve periradiküler hastalıkların asıl sebebi bakteridir. Temizlenmiş ve şekillendirilmiş kanal sisteminin ulaşılamayan bölgelerinde arta kalmış pulpa artıkları, nekrotik doku, bakteri ve bakteri ürünleri vücudun savunma sistemi tarafından uzaklaştırılamadığından periradiküler hastalığı başlatabilir veya devam ettirebilir (Cohen ve ark. 2006). Dentinal tübüller, isthmuslar, lateral ve aksesuar kanallar gibi bölgelerde bakteriler kök kanal tedavisi ile tam olarak ortadan kaldırılamayabilirler. Bu anatomik bölgelerde kalan bakteriler kök kanal dolgusu ile o bölgelere hapsedilirler ve periapikal dokulara ulaşmaları böylelikle engellenir. Ancak kök kanalına hapsedilen bazı

mikroorganizmalar doku sıvısı artıklarını ve ölü hücreleri kullanarak canlılıklarını devam ettirebilirler. Bakteri sayısı artabilir ve periapikal bölgeye ulaşırlarsa periapikal enflamasyonu başlatabilir veya devam ettirebilirler. Endodontinin temel amacının pulpa boşluğunun tamamen temizlenmesi, apikal foramende sıvı geçirmez örtücülüğün sağlanması ve kök kanalının tamamen tıkanması olduğu açıktır (Perry 1883).

1.2. Kök Kanal Dolgu Maddeleri

Standart kök kanal dolgusu, merkezde bir kor materyalinin siman ile kombinasyonudur. Kor materyali akışkan patın dağılmasını ve boşlukları doldurmasını sağlar. Pat ve güta perka bazen taşarak periodontal dokulara temas edebilir. Bu nedenle pat biyoyumluluk, apikal örtücülük gibi kanal dolgusunun kritik özelliklerini taşımalıdır (Carrotte 2004).

Grossman'a göre kök kanal dolgu maddelerinden istenilen özellikleri şu şekilde sıralamaktadır:

- 1.Kök kanalına kolaylıkla uygulanabilmelidir.
- 2.Boyutsal olarak stabil olmalıdır.
- 3.Kanalın apikal ve lateral olarak tıkanmasını sağlamalıdır.
- 4.Kök kanallarına uygulandıktan sonra büzülmemelidir.
- 5.Bakteriostatik olmalıdır
- 6.Radyopak olmalıdır.
- 7.Doku sıvılarından etkilenmemeli ve doku sıvılarında çözünmemelidir.
- 8.Diş yapısını boyamamalıdır
- 9.Periradiküler dokuları irrite etmemelidir
- 10.Steril olmalı veya steril edilebilmelidir.
- 11.Gerektiğinde kanaldan kolaylıkla uzaklaştırılabilmelidir.

Bildirilen bu özelliklere sonradan iki yeni özellik daha eklenmiştir:

12. Periapikal dokularda immün cevaba neden olmamalıdır.
13. Karsinojenik ve mutajenik etkisi olmamalıdır

1.2.1 Kök kanal dolgusunda kullanılan kor materyalleri

Kanal dolgu kor materyalleri gümüş kon, güta perka, Resilon ve rezin kaplı güta perka olarak sınıflandırılabilir (Johnson 1978, SEALING 2015).

1.2.1.1 Gümüş Kon

Gümüş konlar kök kanal dolgu materyali olarak bir dönem sıklıkla kullanılmışlardır. Rijit bir materyaldir. Rijitliği sayesinde kök kanalına kolay uygulanır ve boy kontrolü yapılmasına izin verir. Fakat düzensiz kanalları doldurmada başarısızdır. Bu nedenle sızıntıya yol açar. Gümüş konlar da oluşabilecek korozyon nedeniyle toksik ürünler salınabilir ve enflamasyona neden olabilir. Kanaldan uzaklaştırılması zordur. Günümüzde endodontik tedavi de yerinin kalmadığı söylenebilir.

1.2.1.2 Güta Perka

Günümüzde en sıklıkla kullanılan kor materyalidir. Polyisoprene'in trans izomeridir ve doğada iki farklı kristal formda bulunur. Alfa fazı, doğada bulunan halidir. Alfa fazı 65C°'nin üzerine ısıtılırsa amorf bir hale gelir ve erir. Bu amorf materyal daha sonra çok yavaş bir şekilde soğutulursa tekrar kristalize olur. Bu amorf faz materyal soğumaya bırakılırsa beta fazlı güta perka oluşur. Endodontide kullanılan güta parkaların çoğu beta fazındadır. Güta perka konları 64C° üzerinde yumuşarlar ve kloroform ve haloten gibi çözücülerde çözünebilirler. Güta perka konlarının sadece yaklaşık %20 oranında güta perka, %60-75 oranında ise çinko oksit doldurucu içerdiği bildirilmiştir. Organik ve inorganik içerik açısından güta perka konları sadece %23.1 organik (güta perka ve mum) ve %76.4 inorganik dolduruculara (çinko oksit ve baryum sülfat) sahiptir (Goodman ve ark. 1974).

Güta perka ideal bir kök kanal dolgu materyalinde olması gereken özelliklerin çoğuna sahiptir. Düzensiz alanları doldurmak için kondense edilebilir. Yarı katı bir maddedir. Boyutsal olarak stabildir. Radyoopaktır. İritan değildir. Gerektiğinde kök kanalından uzaklaştırılabilir. Dezavantajları ise; rijit değildir bu nedenle küçük konların uygulanması zordur. Basınç karşısında şeklini koruyamaz bu nedenle çok basınç

uygulanırsa apikalden taşabilir. Hava ve ışığa maruz kaldığında oksidasyona uğrar (Saleh ve ark. 2004).

Güta perka'nın antimikrobiyal etkinliğinin oldukça az olduğu kanıtlanmıştır. Bu nedenle bazı üreticiler materyale dezenfektan özellik katmak için klorheksidin veya iyodoform gibi antimikrobiyaller eklemişlerdir (Saleh ve ark. 2008). Kon içindeki iyodin/iyodoform deposu mikrobiyal büyümeyi engellemek için aktif biyolojik kaynak olarak kullanılır. İyodoform güta perkanın merkezinde sınırlandırılmıştır ve yüzeye ulaşması 24 saati bulmaktadır. Doldurma esnasında kullanılan ısı iyodoform salımını ve kimyasal kompozisyonunu etkilemez. Yüksek oranda kalsiyum hidroksit içeren (%40-60) ve seanslar arasında medikamanın kolaylıkla kanal boşluğuna yerleştirilmesine olanak sağlayan güta perka konları üretilmiştir. Kalsiyum hidroksit salımından sonra kon dolgu maddesi olarak uzun süre kullanılmaz ve kanaldan uzaklaştırılır. Bu tip konların kök kanal dolgusunun apikal örtücülüğünü iyileştirdiği gösterilmiştir. Tüm bu özelliklerinin yanı sıra güta perka yüksek çinko içeriğine bağlı olarak bir derece doku irritasyonu gösterir (Goodman ve ark. 1974, Saleh ve ark. 2008).

Güta perkanın kanal duvarlarına bağlanma özelliği olmadığından kök kanal boşluğunun örtülenmesinde tek başına kanal dolgu maddesi olarak kullanılamaz. Güta perkanın dentin duvarlarına daha iyi adaptasyonu için ısı ve çözücülerini kullanan birçok teknik geliştirilmiştir fakat daimi örtücülük için pat veya siman her zaman gereklidir (Cohen ve ark. 2006).

1.2.1.3 Resilon

Güta perka ilk olarak 1914 yılında Callahan tarafından tanıtıldığından beri kök kanal tedavisinde standart dolgu materyali olarak kullanılmaktadır. Güta perkanın kimyasal stabilitesi, biyouyumluluğu, pöröz yapıda olmaması, radyoopasitesi, manipüle edilebilirliği ve sökülebilirliği gibi birçok arzu edilen özellikleri olmasına karşın her zaman kök kanal dolgusunun temel fonksiyonlarını yerine getirememektedir (Figdor 2002). Güta perka dişin iç yapısına bağlanamamaktadır ve tam bir örtücülük sağlayamaz (Saunders 1990, Khayat ve ark. 1993, Shipper ve ark. 2004). Bakterilerin mikrosızıntısı için zayıf bir bariyer yaratmakta ve kanal tedavisinin en zayıf noktası olarak kabul edilmektedir (Ray ve ark. 1995, Friedman ve ark. 1997, Kirkevang ve ark. 2001). Bu

problemlerin üstesinden gelebilmek için vertikal ve lateral kompaksiyon tekniklerinde farklılıklar yapılmış, devamlı ısı ile kondensasyon ve ısıtılmış gütâ perkanın enjeksiyonu teknikleri kullanılmıştır. Bu yöntemler mikro sızıntıyı belli bir oranda azaltmışlar ancak kök kanal sisteminin her seviyesinde sızıntıyı tam olarak önleyememişlerdir. Restoratif diş hekimliğinde dentine adeziv bağlanmada kullanılan materyal ve teknikler uzun yıllardan beri gelişmektedir. Yeni nesil dentin bağlanma sistemleri yüksek bağlanma dayanımı sağlamak ve mikromekanik bağlanma ile veya dentin ve rezin arasında hibrid tabaka oluşturarak mikrosızıntıyı azaltmaktadırlar (Nakabayashi 1985).

Apikal ve koronal sızıntının azaltılmasında (Leonard ve ark. 1996, Çobankara ve ark. 2004), hem total-etch hem de self-etch adezivler kök kanalının gütâ perka ile doldurulmasından önce intraradiküler dentinin örtülenmesinde deneysel olarak kullanılmaktadır (Mannocci ve ark. 1998, Kataoka ve ark. 2000, Britto ve ark. 2002). Fakat bu teknikler, gütâ perkanın poliizopren içeriği ile çinko oksit öjenol, epoksi rezin, kalsiyum hidroksit ve cam iyonomer esaslı patlar arasında kimyasal bağın olmaması nedeniyle uygun değildir (Lee ve ark. 2002, Saleh ve ark. 2003). Resin simanlar tek baslarına kök kanallarının tıkanmasında, rezinlerin kanal sistemine taşınmalarının zorluğu, radyoopasitelerinin yetersizliği ve gerektiğinde sökülebilmesindeki güçlükler nedeniyle tercih edilmemektedir (Rawlinson 1989, Leonard ve ark. 1996, Ahlberg ve ark. 1998, Imai ve ark. 2003, Ruddle 2004). Tüm bu engellerin son zamanlarda üzerinde yoğun şekilde çalışılan ve metakrilat esaslı rezinlere bağlanabildiği öne sürülen polyester esaslı termoplastik kanal dolgu maddesi (Resilon; Resilon Research LLC, Madison, CT, ABD) ile çözüleceği iddia edilmektedir (Shipper ve ark. 2004). Resilon (Resilon; Resilon Research LLC, Madison, CT, ABD) gütâ perkaya alternatif olarak tanıtılan yeni bir termoplastik, sentetik polimer esaslı kök kanal dolgu maddesidir. Resilon'un ana polimeri biyolojik olarak parçalanabilen alifatik polyester polikaprolakton'dur (P787, Union Carbide, Dansbury, CT, ABD) (Amass ve ark. 1998) ve doldurucu olarak biyoaktif cam, kalsiyumdan zengin hidroksiapatit, silika, bizmut oksiklorit, zirkonyum oksit, baryum oksit, baryum sülfat ve ceryum fosfat içerir (Tay ve ark. 2005, Elzubair ve ark. 2006). Polikaprolakton'un hacim olarak yüzdesi 57.6 ± 0.2 ve doldurucuların hacimsel yüzdesi 42.4 ± 0.2 , ağırlıkça %65'dir (Shipper ve ark. 2004). Düşük cam geçiş ve ergime derecesine ve yüksek dekompozisyon derecesine sahip (Lee ve ark. 2002) polikaprolakton polimeri Resilon'a termoplastik özellik kazandırır (Pitt ve ark. 1981). Polikaprolakton polimerine karıştırılmış dimetakrilat monomerleri Resilon'a

metakrilat esaslı rezinlere bağlanma özelliği sağlar(Pitt ve ark. 1981, Tay ve ark. 2005). Resilon güta perka ile benzer manipülasyon özelliklerine sahiptir. Daha önceki rezin dolgu maddeleri kanaldan etkili olarak uzaklaştırılmazken (Leonard ve ark. 1996, Imai ve ark. 2003), Resilon güta perka gibi ısı ile yumuşatılabilir veya çözücülerle çözünebilir. Lateral kompaksiyon tekniği için ISO boyutlarında ve artırılmış tepe açısına sahip konları (Epiphany points; Pentron Clinical Technologies LLC, Wallingford, CT, ABD) ve termoplastik vertikal kompaksiyon teknikleri için pelet formları bulunmaktadır (Epiphany Pellets Pentron Clinical Technologies LLC, Wallingford, CT, ABD) (Pitt ve ark. 1981). Erime ısısı Sistem B için 150°C ve Obtura için 1400°C'dir (Tay ve ark. 2005). Ancak materyalin ısıtıldıktan sonra yumuşaklığını güta perka kadar iyi korumadığını söylenmektedir (Whitworth 2005). Bu yüksek dolduruculu termoplastik kanal dolgusunun self-etch dentin adezivlere ve rezin tip siman patlara bağlanabildiği söylenmektedir (Shipper ve ark. 2004, Teixeira ve ark. 2004).

1.2.2 Kök Kanal Dolgu Patları

Güta-perkanın kök kanal patı olmadan kullanımı tam bir apikal tıkanma sağlamadığı ve kanal patı olmadan sadece güta-perka ile doldurulmuş kanallarda daha kısa sürede sızıntı olduğu ifade edilmiştir (Schäfer ve ark. 2002). Kök kanal patları dentin duvarları ile dolgu materyali arasındaki boşlukları ve düzensizlikleri kapatmak için gereklidir.

Kök kanal patının ideal özellikleri;

- 1.Boyutsal olarak stabil olmalıdır.
- 2.Uygulanması kolay olmalı.
- 3.Kolaylıkla kanaldan uzaklaştırılabilmeli.
- 4.Antibakteriyel olmalıdır.
- 5.Periapikal dokularla biyouyumlu olmalıdır.
- 6.Sitotoksik olmamalıdır.
- 7.Doku sıvılarında çözünmemelidir.

1.2.2.1. Rezin Esaslı Kök Kanal Dolgu Patları

Günümüzde kullanılan yeni patların çoğu rezin esaslı patlardır. AH-26(Dentsply/Maillefer, Tulsa, Okla) bir epoksi rezindir. Bisfenol A-epoksi esaslı bir yapıştırıcıdır ve katalisti hekzametilen-tetraamin'dir. Radyoopasite için %60 bizmut oksit içerir, radyoopasitesi gütta-perkaya yakındır. Epoksi-rezin esaslı patlar reaktif epoksit halkası ile karakterizedir ve bu halkanın kırılması ile polimerize olurlar. Kimyasal sertleşme işlemi sonucu çok az miktarda formaldehit salınır ve bu başlangıçta pata antibakteriyel özellik kazandırır. Rezin esaslı kanal patlarının dentine bağlanma dayanım değerleri yüksektir.

Rezin esaslı patlar amino grupları ile reaksiyona girerek rezin ve kollajen arasında kovalent bağlar oluşturur. Bu kovalent bağlar dentine daha güçlü bağlanma dayanımı sağlar (Lee ve ark. 2002). AH 26, dentinle ve gütta-perka ile reaksiyona girebildiği için her iki maddeyle olan bağlanma dayanımı da yüksektir (Lee ve ark. 2002). Patın kimyasal ve fiziksel özellikleri dentin tübüllerine olan penetrasyonunu etkiler (Şen ve ark. 1996, Kouvas ve ark. 1998). AH 26'nın doku uyumu, radyoopasitesi, doku sıvılarında çok az çözünmesi ve boyutsal stabilitesi avantajları vardır. Ancak sertleşme zamanı uzun ve diş dokularında boyanmaya neden olur. Bu nedenle epoksi rezin yapısı korunup yeni aminler eklenerek AH Plus pat-pat sistemi üretilmiştir. AH Plus biyouyumluluğu, boyutsal stabilitesi ve diş dokularını boyamaması ile daha da avantajlı bir kök kanal patı olmuştur. AH Plus sertleşirken formaldehit açığa çıkarmadığı için kısa ve uzun dönemdeki toksisitesi AH 26'ya göre daha azdır. Kanala kolay yerleştirilmesi amacıyla hafif tiksotropik olarak hazırlanmıştır. Çalışmalarda kısa dönemde ideal doku cevabına neden olmadığı gösterilse de biyouyumluluk açısından altın standart olarak kabul edilmesi gerektiği öne sürülmüştür. Yapılan mikrosızıntı çalışmalarında, AH Plus kanal dolgu patının örtücülük özelliğinin başarılı sonuçlar ortaya koyduğu rapor edilmiştir. Buna ilave olarak, AH Plus'dan sonra piyasaya sürülmüş rezin esaslı Resilon Epiphany veya EndoRez gibi kök kanal patlarına göre üstün örtücülük sergilediği de vurgulanmıştır. Rezin esaslı patların smear tabakası varlığında kök kanal dentinine adaptasyonunun yetersiz olabileceği bildirilmiş olsa da AH Plus'ın smear tabakası varlığında yeterli sayılabilecek bir örtücülük sergileyebildiği yapılan bir çalışmada belirtilmiştir.

1.2.2.2 Biyoseramik Esaslı Kök Kanal Dolgu Patları

Kök kanal patlarının ana fonksiyonları;

1. Kanalın içindeki boşlukları, aksesuar kanalları ve apikal foraminaların tıkanmasını sağlamalıdır.
2. Kanal dolgu materyali ve kök kanal duvarı arasında bağlanmayı sağlamalıdır.
3. Kanal dolgu materyalini kanala yerleştirirken lubrikant görevi görmelidir.

Biyoseramik esaslı kök kanal patları son 30 yıldır endodonti alanında kullanılmaktadır. Sağlık alanında biyoseramik teknolojilerinin daha fazla kullanılmasıyla birlikte biyoseramik kök kanal patları popüler hale gelmiştir. Biyoseramiklerin yapısında alüminyum, zirkonyum, biyoaktif cam, cam seramikler, hidroksiapatit ve kalsiyum fosfat bulunur (Hench 1993).Biyoseramik materyallerin sınıflandırılması canlı dokularla yaptıkları etkileşime göre düzenlenir (Best ve ark. 2008).

Biyoaktif materyaller, kalsiyum fosfat gibi, çevre dokularla etkileşime girerek daha dayanıklı dokuların gelişimini sağlar (Koch ve ark. 2009). Biyo inert materyaller, zirkonyum ve alüminyum gibi, çevre dokuları uyarmaz ve bu nedenle hiçbir biyolojik ya da fizyolojik etki oluşturmazlar (Best ve ark. 2008).

Kalsiyum fosfat biyoseramik restoratif dental materyal olarak ilk kez LeGeros ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada kullanıldı (Legros ve ark. 1982). Biyoseramik materyaller kök kanal patı olarak ilk kez Kreel ve Wefel'in çekilmiş dişler üzerinde yaptığı çalışmada kullanılmıştır. Kreel ve Wefel kalsiyum fosfat ile Grossman'ın patını karşılaştırmıştır. İki pat arasında adezyon, kohezyon, adaptasyon ve apikal tıkama açısından anlamlı bir fark bulamamışlardır (Krell ve ark. 1984). Chohayeb ve ark. yaptıkları çalışmada matür köpek dişlerinde kalsiyum fosfatı kök kanal patı olarak kullanmışlardır. Kalsiyum fosfatın kanal duvarlarına üniform ve sıkı bir şekilde adapte olduğunu göstermişlerdir. Kalsiyum fosfat endodontide vital pulpa tedavilerinde, apikal tıkaç oluşturmada, periapikal defekt ve perforasyon tamirinde kullanılmaktadır (Jean ve ark. 1988, Pissiotis ve ark. 1990, Chau ve ark. 1997).

Biyoseramik materyallerin kök kanal patı olarak kullanılmasında iki avantajı vardır. Birincisi, biyouyumlu olmaları sayesinde çevre dokular tarafından reddedilmiyorlardır. İkincisi, biyoseramik materyallerin içerdikleri kalsiyum fosfat biyoseramiklerin sertleşirken kimyasal içeriklerinin ve kristalin yapılarının kemik ve dişe çok benzemelerini sağlamaktadır. Böylelikle kanal patının dentin duvarlarına bağlanmasını da güçlendirmektedir (Ginebra ve ark. 1997).Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının en büyük dezavantajı sertleşmesini tamamladıktan sonra kök kanalından uzaklaştırılmasının çok zor olmasıdır (Cherng ve ark. 2001).

Biyoseramik esaslı kök kanal patları üç ana başlık altında incelenebilir (Al-Haddad ve ark. 2016);

- 1.Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları
- 2.MTA esaslı kök kanal patları
- 3.Kalsiyum fosfat esaslı kök kanal patları

1.2.2.3 Kalsiyum Silikat Esaslı Kök Kanal Dolgu Patları

Kalsiyum silikat esaslı biyoseramiklerin kök dentinine bağlanma mekanizması;

1. Biyoseramik partiküllerin dentin tübüllerine difüzyonu ile mekanik bağlanması
2. Biyoseramik patın mineral içeriğinin intertübüler dentine göç ederek kollajen bağlarını denatüre etmesi ve böylelikle mineral infiltrasyon alanını oluşturması
3. Kalsiyum silikatın fosfat ile reaksiyona girerek mineral infiltrasyon alanında hidroksiapatit oluşturması (Han ve ark. 2011)

Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının kalsiyum hidroksit salınımı yaparak kalsiyum fosfat ve kalsiyum karbonat çökmesini sağladığı gösterilmiştir (Sarkar ve ark. 2005). Ayrıca kalsiyum silikat içerikli patın yüzeyinde hidroksiapatit oluşumu da rapor edilmiştir. Kalsiyum silikat esaslı materyallerin biyoaktif potansiyele sahip olmalarının nedenin açığa çıkarttıkları kalsiyum fosfat ve hidroksiapatitlerdir. Böylelikle kalsiyum silikatlar dentin duvarının üzerinde ‘mineral infiltrasyon alanı’ olarak adlandırılan tabakayı oluştururlar. Kalsiyum silikat patların oluşturduğu alkalik etki dentin yüzeyindeki kollajenöz yapıların yıkılmasını sağlar. Bu yıkım sayesinde yüksek

konsantrasyonlarda kalsiyum, hidroksit ve karbonat iyonları açığa çıkar (Atmeh ve ark. 2012). Bu kimyasal etkileşim kalsiyum silikat esaslı patların dentine adezyonunu sağlamaktadır.

Son dönemde çeşitli kalsiyum silikat esaslı patlar tanıtılmıştır. Total Fill BC Sealer (FKG, La Chaux-de-Fonds, Switzerland), iRoot SP (Innovative BioCeramix, Vancouver, Canada) ve EndoSequence BC Sealer (BUSA, Savannah, USA) bunlardan bazılarıdır. EndoSequence BC Sealer (BUSA, Savannah, USA) monofazik bir kanal patıdır. Yapısında kalsiyum fosfat ve trikalsiyum silikat bulundurur. Sertleşmesi için sıvı desteği (örneğin doku sıvısı) gereklidir. EndoSequence BC Sealer (BUSA, Savannah, USA) alkalidir(+12pH) ve yüksek oranda antibakteriyeldir. *Enterococcus faecalis* ile 2 dakika temas ettikten sonra bu mikroorganizmayı yok ettiği gösterilmiştir. EndoSequence BC Sealer (BUSA, Savannah, USA) partikül boyutları çok küçüktür ve hidrofiliktir. Bu sayede kök kanalının büyük bir bölümüne ulaşabildiği gösterilmiştir. Temas açısı küçüktür bu nedenle dentine bağlanması ve adaptasyonu yüksektir (Zhang ve ark. 2009). EndoSequence BC Sealer (BUSA, Savannah, USA) esas olarak akışkan bir kök tamir materyalidir. Osteojenik özellikleri kemik kaybı olan devital vakalarda ve apikal periodontitis vakalarında etkili olmasını sağlamaktadır. AH Plus patından daha biyouyumlu olduğu rapor edilmiştir. EndoSequence BC Sealer'ın hidrofilik yapıda olması, hidroksiapatit oluşturabilmesi ve akışkan olması dentine ve kanal dolgu materyaline bağlanımının adaptasyonun güçlü olmasını sağlar. Bağlanma dayanımının birçok kanal patından daha güçlü olduğu ve nemden en az oranda etkilendiği gösterilmiştir.

Endosequence BC sealer (Brasseler USA) yüksek oranda radyoopak bir materyaldir. Radyoopak özelliğini materyalin içerisinde bulunan zirkonyum oksit ve tantalum oksitten alır. Yüksek oranda radyoopasiteye sahip olması radyografilerde gutta-perkadan ayırt edilmesine yardımcı olabileceği gösterilmiştir. Kök kanal duvarlarına çok sıkı bir şekilde bağlanır ve böylelikle mikrosızıntının önlenmesine katkıda bulunur. İyi bir adezyon sağlanabilmesi için kanal duvarlarının tamamen kuru olması gerekmektedir ancak bazı durumlarda bunu sağlamak güçtür. Tamamen kurulanamayan kanallarda biyoseramik esaslı kök kanal patları ile endodontide kullanılan diğer kök kanal patları (AH 26 gibi) karşılaştırıldığında biyoseramik esaslı patları kök kanalına daha iyi bağlandığı gösterilmiştir.

Kompleks endodontik tedavi gereken vakalarda, birden fazla seans gerektiren vakalar, kanal içi medikaman kullanımı kararı verilmiş olabilir. Bu kanal içi medikamanların daha iyi bir bağlanma sağlanabilmesi için kök kanalı dolumundan önce kanaldan tamamen uzaklaştırılması gerekir. Biyoseramik esaslı patların dentine bağlanımı eğer bu kanal içi medikamanlar tamamen kanaldan uzaklaştırılmazsa etkilenebilir.

Uzun dönemli endodontik tedavi başarısı kök kanal sisteminin homojen bir şekilde tıkanması ve bakterilerden tamamen arındırılmasına bağlıdır. Biyoseramik esaslı patların antimikrobiyal aktivitesinin yüksek olduğu gösterilmiştir. Madani ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada biyoseramik esaslı patların *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans* ve *Candida albicans* üzerinde diğer endodontik kök kanal patlarına göre daha güçlü antimikrobiyal aktivitesi olduğunu göstermişlerdir.

Kök kanal patları için antimikrobiyal aktivite önemli bir gereksinim olsa da hiçbiri tam bir koruma ve mikrobiyal arındırma sağlayamamaktadır. Biyoseramik esaslı patların *P.aeruginosa* ve *B.fragilis* gelişimini inhibe ettiği gösterilmiştir. Kalsiyum hidroksit'in ise *P.aeruginosa* ve *B.fragilis*'i tamamen uzaklaştırabildiği gösterilmiştir. Anaerobik koşullarda ise biyoseramik esaslı patların antimikrobiyal aktivitesinin düştüğü gösterilmiştir. Bu çalışmalar ışığında biyoseramik esaslı patların kök kanal sistemini bakterilerden tamamen arındırmak için tek başlarına yeterli olmadığı görülmüştür.

1.2.3 Kök Kanal Dolgu Teknikleri

Endodontik tedavinin son aşaması kök kanal dolumudur. Kök kanal dolgusunun amacı; kök kanal sistemini üç boyutlu olarak homojen bir şekilde tıkayarak mikroorganizmaların kök kanal sistemi ile periapikal dokular arasında geçişini engellemektir. Başarısız endodontik tedavilerin çoğunun sebebinin yetersiz kök kanal dolgusu olduğu gösterilmiştir. Çok sayıda kök kanal dolgu tekniği geliştirilmiştir.

1.2.3.1. Soğuk Lateral Kompaksiyon Tekniği

Bu teknikte güta perka ısıtılmadan kök kanalına yerleştirildiği için soğuk lateral kompaksiyon adını alır. Ana güta perka apikal daralım noktasının 0.5-1 mm koronaline yerleşecek şekilde uyumlanır. ‘Spreader’ ve ‘Plugger’ denen aletler yardımı ile ana güta perkanın yan bölgelerine yardımcı konlar yerleştirilir. Güta perka’ların hem lateral hem de apikal yani vertikal yönde sıkıştırılması önemlidir. Spreader’lar ilave edilecek güta perkalara lateral yönde alan açmak ve lateral yönde sıkıştırmak için kullanılır. Spreaderlar kanal aletleri gibi numaralandırılmış olup; kullanılacak yardımcı konun boyutuna göre uygun olan seçilmelidir. Plugger’lar ise güta perkayı apekse doğru yani vertikal yönde sıkıştırırlar. Master kon çalışma boyunda sıkışma hissi vermeli ve tam bu boyda kanala yerleşmelidir. Aynı şekilde dolguya geçmeden önce kullanılacak spreaderın da kanal içinde denenmesi gerekir. Spreader kanalda çalışma uzunluğuna 1-2 mm lik mesafeye kadar rahatça girip çıkacak şekilde olmalıdır. Seçilen spreader apikalde kullanılan eğe ile uyumlu olmalı ve apikalden çıkmamalıdır. Yani çalışma uzunluğundan 1-2mm kısa olmalı ve spreader üzerinde lastik işaretleyici ile belirlenmelidir.

Master kon ve spreaderın kontrolü tamamlandıktan sonra kanal patı hazırlanır ve kanala bir kanal eğesi, paper point veya lentülo ile gönderilir. Master kon dezenfekte edildikten sonra uç kısmı kanal patı ile kaplanır ve kanala yavaşça yerleştirilir. Bundan sonra sıra yardımcı (ilave) konların yerleştirilmesine gelir. Daha önceden ayarlanan spreader master konun yanından apikal yönde lateral basınç uygulanarak lastik işaretleyicinin olduğu yere kadar kök kanalında ilerletilir. Spreader saat dönüş yönünün tersi yönde 180 derecelik dönüş yaptırılarak dışarı çıkartılır ve üzerindeki kanal patı bir sonraki kullanıma hazır olması için temizlenir. Spreaderın oluşturduğu bu boşluğa aynı kalınlıkta bir yardımcı kon yerleştirilir. Eğer 20 nolu spreader kullanmışsak 20 nolu güta perka kullanmalıyız. Yardımcı kon yerleştirilmeden önce uç kısmı patla kaplanmalıdır. Tekrar spreader ile boşluk açılır ve yardımcı kon yerleştirilir. Bu işleme spreader kanal ağzından 1-2 mm’den fazla ilerlemeyecek aşamaya gelene kadar devam edilir. Kanal dolgusunun radyografi ile kontrolü yapılır. Apikal üçlüde hiç boşluk kalmamalı ve güta apikalden dışarı taşmamalıdır. Dolgu yetersiz veya taşkınsa tüm güta perka çıkarılır, pat temizlenir ve yeniden kanal doldurulmaya çalışılır.

1.2.3.2 Basit Tek Kon Tekniği

Master guta perka kon bu şekilde hazırlandıktan sonra kanal tekrar irriğe edilir ve kâğıt konlarla kurutulur. Guta perka kon veya konlar %1 lik NaOCl solüsyonunda 1 dk. tutmakla ve daha sonra %100 lük alkole batırmakla dezenfekte edilir (gümüş kon kullanılıyorsa alevden geçirilir). Daha sonra kanala göndereceğimiz pat hazırlanır, lentülo, K-tipi kanal eğesi veya reamer (boytelrok) yardımıyla kanala yerleştirilir. Lentülo saat yönünde elle veya angldrüva ile döndürüldüğünde patı apekse doğru iletir. Kanal eğesi kullanılırsa saat yönünün tersine döndürölür. Apikalde kullandığımız son eğeden bir numara küçük alet seğıilir. Çalışma uzunluğundan 1-2mm kısa olacak şekilde kullanılır. Lentülo veya kanal aletinin ucuna bir miktar kanal patı koyup kanala gönderilir ve kanal tamamen doluncaya kadar devam edilir. Pat yerleştirildikten sonra, master konun uç kısmının etrafına pat sıvanır ve bir presel yardımıyla önceden belirlenen işaret noktasına kadar kanal içine yerleştirilir. Eğer kanalı iyi genişletmişsek, foramen apikaleyi genişletmeden normal genişliğini korumuşsak, pat apikalden dışarı çıkmaz. Kök-kanal boşluğu apikale doğru daralan bir koni şeklinde ve kanalın ucu da oldukça küçük olduğundan patın fazlası pulpa odasına doğru taşar. Bu nedenle apekse doğru oluşan basınçta foramen apikaleden taşma olmaz. Presel, işaret noktası olan kesici kenar veya tüberküle temas edince, kon apekte yerini almış olur. Dışın birden fazla kanalı var ise aynı işlemler diğer kanallar için de tekrar edilir. Sonra radyografi alınır. Radyografide, master konun apikal üçlüde hiç boşluk bırakmaksızın kanalın içini doldurduğu ve apekte istenen seviyeye eriştiği görölmelidir. Doldurma işleminin başarılı olduğu anlaşıldığında guta perka konun fazlası ısıtılmış bir ekskavatörle kesilir. Pulpa odasına taşan pat pamuk, ekskavatör veya bazı eriticilerle (alkol, kloroform, xylol) temizlenir. Eğer patın pulpa odasına taşan kısmı temizlenmezse kronda renkleşmeye neden olur. Böylece pulpa odası güzelce temizlendikten sonra kaide simanı yerleştirilip o seansta daimî dolgusu yapılabilir veya geçici dolgu koyup bir hafta bekledikten sonra daimî dolgusu yapılır. Bu şekilde kanal pat ve tek konla doldurulmaktadır ve bu tekniğe tek kon tekniği denir. Sonuç olarak tek kon tekniği kanala master konun uyumlandırılmasından sonra pat ve tek bir konla (master kon) doldurulması şeklinde tanımlanır.

1.2.3.3. Sıcak Lateral Kompaksiyon Tekniği

Soğuk lateral kompaksiyon yönteminin uygulanması sırasında meydana gelen boşlukları kompanse etmek amacıyla 1990 yılında guta perka konlarına lateral kondensasyon sırasında ısı uygulayabilmek için şarj edilebilen pilli ısıtıcı bir guta perka spreader geliştirilmiştir. Isınan spreader kanal içinde apikale doğru ilerletilip mevcut guta perka konların yumuşayarak aradaki boşlukların kapanmasını sağlar ve oluşturduğu boşluğa yardımcı konlar ilave edilir. Bu teknik geleneksel olarak uygulanan lateral kondensasyon tekniğinin ısı ile uygulanması esasına dayanmaktadır. Bunun için piyasada mevcut aletlerden bazıları şunlardır: Endotec, Touch'n Heat, Thermopact. Bu elektrikle ısıtılan aletler post boşluğunun hazırlanmasında, yeniden tedavi için (retreatment) kanaldan guta perka kitlesinin çıkarılmasında da kullanılmaktadır. Ancak sıcak lateral kompaksiyon tekniğinin; dolgu için gerekli zamanı uzatması, spreaderın bükülmesi ve kırılması, elle tutulan kısmın ağırlığı gibi birtakım dezavantajları da vardır.

1.2.3.4. Vertikal Kompaksiyon Tekniği

Bu yöntem 1967 yılında Schilder tarafından önerilen eski yöntemlerden biridir. Uygulanması sırasında ısıdan yararlanıldığı için termoplastik guta perka yöntemleri arasında yer almaktadır. Bu yöntemle; ısıtılmış guta perkanın vertikal yönde sıkıştırılması sonucunda kanalların üç boyutlu olarak doldurulabileceği ve soğuk lateral kondensasyona göre daha avantajlı olduğu bildirilmiştir. Bu yöntemin uygulanması için önce; preparasyonu tamamlanmış kanala apikal, orta ve koronal bölgelerine uygun pluggerların seçimi ve uyumlandırılması yapılır. Sonra ana kon seçilir ve radyografik kontrolü yapılır. Ana guta perka kon kanala az bir patla yerleştirildikten sonra ısıtılmış bir spreader ile kontrollü olarak yumuşatılır. Yumuşatılan gutanın bir kısmı spreader ile çıkarılır ve geri kalan guta perka kanal içinde vertikal yönde sıkıştırılır, yani vertikal kondensasyon yapılır. Teknik diğerlerine göre daha zor ve zaman alıcıdır. Ancak daha homojen ve üç boyutlu bir dolgu sağladığı, yan kanal ve apikal foraminaların mükemmel bir şekilde doldurulduğu bildirilmiştir. Özellikle maksimum kondensasyon gerektiren durumlarda; internal rezorpsiyon veya geniş bir yan kanalı olan dişlerde, post-core yapılacak dişlerin apikal bölgelerinin doldurulmasında önerilmiştir. Vertikal kondensasyon tekniği; minimal düzeyde pat içeren, yoğun ve homojen guta perka kitlesi oluşturan bir dolgu sağlamasına karşın birtakım dezavantajları da mevcuttur:

- 1.Foramen apikalenin geniş olduğu durumlarda taşkın dolguların görülmesi
- 2.Uygulama süresinin uzun olması
- 3.Eğri kanallarda kullanımının zor olması
- 4.Zayıf köklerde enine ve boyuna kök kırıklarının görülmesi

1.2.3.5. Termomekanik Kompaksiyon Tekniği

Bu yöntem 1978 yılında McSpadden'nın kendi adını verdiği kompaktörün kullanılması esasına dayanarak ortaya çıkmıştır. Mcspadden kompaktörü ucuna ters çevrilmiş bir hedström eğesini andıran bir spreader takılarak kullanılır. Alet angldrüva ucunda 10.000 devir/dak. ya eşdeğer hızda kullanılarak sürtünmeyle gerekli ısıyı oluşturur ve güta perkayı yumuşatarak kök kanalının doldurulması sağlanır. Termomekanik kompaksiyon tekniğinin avantajları; kanal doldurma işlemi çok kısa sürede yapılmaktadır. Kanal yeterince dolmamışsa eski güta perka çıkarılmadan yeniden kompaksiyon işlemi yapılabilmektedir. Ayrıca kırılmış bir aletin çıkarılması için de kullanılabilir. 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 maddesinin daha sonra gösterebileceği sızıntı gibi dezavantajları da vardır.

1.2.3.6. Termoplastize Güta Perka Enjeksiyon Teknikleri

Bu teknik ilk defa 1977 yılında Yee ve ark. tarafından geliştirilmiştir. Teknikte güta perka bir enjektör içinde 160 °C'ye kadar ısıtılarak akıcı hale getirilmekte ve mekanik olarak basınç altında kök kanalına enjekte edilmektedir. Bunun için iki sistem geliştirilmiştir:

- 1.Obtura (yüksek ısıda, 160 °C)
- 2.Ultrafil (düşük ısıda, 70 °C)

Tekniğin avantajları şu şekilde bildirilmiştir:

- 1.Kök kanal sisteminin karmaşık yapısını detaylı olarak kopya edebilmesi
- 2.Diğer konvansiyonel tekniklerden daha üstün olmamasına rağmen onlarla eşit oranda örtücülük sağlayabilmesi
- 3.Belirgin olarak çok kısa sürede yeterli kök kanal dolgusu gerçekleştirebilmesi
- 4.Kanalı doldurmak için basit ve kolay bir yöntem olması Isıtılmış guta perka enjeksiyon tekniği dikkatli bir şekilde uygulandığında;

a- tüm kök kanallarının doldurulmasında,

b-rezorpsiyon defektlerinin,

c-kompleks anatomili kanalların

d-periradiküler cerrahide retrograd kavitelelerin doldurulmasında başarılı olmaktadır.

1.2.3.7. Devamlı Isıyla Obturasyon Yöntemi (Sistem B)

Bu sistemde gütâ perkaya ısı uygulanırken hem lateral hem de vertikal yönde kuvvet uygulanarak kondensasyon sağlanır. Yöntem “Sistem B” ısı kaynağının geliştirilmesiyle (1987’de) tanımlanmıştır. Bu sistemde guta-perka daha kontrollü ısıtılabilir. Sistem B ısı kaynağı ucundaki ısıyı monitörize eder ve böylece ısı miktarı amaçlanan süreyle uygulanır. Sisteme ait kanal çapına göre farklı ebatlarda tepicileri (spreader) mevcuttur. Bunlar nonstandardize gütâ perka konlarına göre ayarlanmıştır. Apikalde uyumlandırılan gütâ perkaya göre tepici seçilir. Kanalı doldurmak için bu yöntemde nonstandardize gütâperka konlar kullanılmalıdır. Yöntem iki aşamada gerçekleşir;

1-Down-packing aşaması

Ana kon kanala uyumlandırıldıktan sonra buna uygun tepici seçilir (örn: medium g. p. kon ise medium tepici seçilir). Tepici ısıtıcı alete takılır ve Sistem B ısı kaynağı 200 °C’ye ayarlanır. Ana kon kanala pat ile birlikte yerleştirilir. Isı kaynağı aktive edilir ısınan tepici konun yanından apikale doğru hareket ettirilir. Isı çok kısa süreli uygulanır (birkaç saniye) ancak vertikal yönde baskıya 5-10 sn. devam edilir. Bu sırada tepicinin ucu soğumaya başlayacaktır. Tepicinin ısısı tekrar aktive edilir (1sn. süreyle) ve geri çekilir. Apikale 4-5mm yaklaşıma kadar down-packing işlemine devam edilir. Kanalın apikal

bölümü doldurulmuş olacaktır. Koronale doğru kalan kısım back-filling işlemi ile doldurulur.

2-Back-filling aşaması

Back-filling gütta perka konlar kullanılır. Tepici aynıdır. Ancak ısı değeri farklıdır. Bu aşamada 100 °C’de aktive edilen tepici ile gütta perka vertikal yönde sıkıştırılarak kanalın koroneline doğru doldurma işlemi tamamlanır. İki veya üç hareketle işlem tamamlanır.

Yöntemin avantajları:

- 1.Kanal şekli ve kon uyumu iyi olduğunda iyi bir apikal kontrol sağlanır.
- 2.Lateral ve aksesuar kanalların dolma şansı artmaktadır
- 3.Down-pack işleminde kanal kurvatürleri iyi bir şekilde dolmaktadır.
- 4.Servikal konumdaki lateral kanallar tüm down-pack esnasında doldurulabilmektedir.
- 5.Kanalın apikal bölümü doldurulduktan sonra dişin restorasyon işlemine geçilebilir.
- 6.Tek bir elektronik aygıt ve tepiciyle işlem bitirilebilmektedir.
- 7.Down-pack aşaması tek bir hareketle tamamlanmaktadır.
- 8.Back-fill aşaması da iki veya üç harekette bitirilmektedir.
- 9.Lateral veya vertikal kompaksiyona göre daha az zaman gerekir.

Yöntemin dezavantajları:

- 1.Tepici uçların çaplarının geniş olması dar kanallarda kullanımını sınırlamaktadır.
- 2.Uygulanan ısının periradiküler dokularda hasara neden olabileceğidir. Isının uzun süreli ve yüksek derecede uygulanmaması gerekmektedir.10°C’lik artış periradiküler dokularda hasara ve 44-47°C’lik artış 1 dk. uygulama halinde kemikte nekroza neden olmaktadır. Özellikle alt kesicilerde kök yüzeyindeki ısı artışı 10°C’yi aştığı bulunmuştur.

1.3. Adezyon

Kök kanal sisteminin doldurulmasında standart yöntem, kor materyalinin bir kök kanal patı ile birlikte kullanılmasıdır. Kök kanal patından istenen özellik patın hem kor materyaline hem de dentine adezyon göstermesidir. Ayrıca patın, dolguyu bir arada tutmak için koheziv dayanıma da sahip olması gerekmektedir (Cohen ve ark. 2006). Adezyon; çok yakın temasta bulunan iki cismi birlikte tutan, ara yüzdeki atom veya moleküller arasındaki güç veya enerji olarak ifade edilir. Adezyonun test edilmesinde genellikle germe veya makaslama kuvvetleri uygulanmakta ve başarısızlık tipi sınıflandırılmaktadır. Bağlanma iki cismin arasındaki ara yüzeyde başarısız olduysa, başarısızlık tipi adeziv olarak tanımlanır. Başarısızlık ara yüzde değil de cisimlerden birinde gerçekleşiyse koheziv olarak sınıflandırılır. Genellikle ikisinin de birlikte bulunduğu başarısızlık tipi oluşmaktadır (Van Meerbeek ve ark. 1996). Adezyon (bağlanma); bağlanan (dentin veya guta perka) yüzey enerjisini, bağlayıcının (pat) yüzey gerilimini, ıslak yüzeylere bağlanma kabiliyeti ve bağlanan yüzeyinin temizliğini içeren birbiriyle ilişki çok sayıda faktöre bağlıdır (Van Meerbeek ve ark. 1996).

Adezyonun açıklanmasında dört teori ortaya konulmuştur:

1.Mekanik teori, bağlanan yüzeyindeki pürüzler ve düzensizlikler yardımıyla mikromekanik bağlanmayı açıklamaktadır.

2.Adsorpsiyon teorisi bağlayıcı ve bağlanan arasındaki iyonik, kovalent, hidrojen, dipole etkileşimi ve London dispersiyon kuvvetleri gibi tüm kimyasal bağları içermektedir. Kimyasal bağlanmada, düzgün yüzeyler genellikle daha iyi adezyon gösterirler (Saleh ve ark. 2002).

3.Difüzyon teorisi bağlanmayı her iki taraftaki polimerlerin karşı taraftaki moleküllerle reaksiyona girmesi ile ara yüzün kaybolması ve her iki tarafın tek bir parça haline gelmesi ile açıklamaktadır.

4.Elektrostatik teori metal ve bir polimer arasında ara yüzde bağlanma dayanımına katkıda bulunan elektrik tabakasının oluştuğunu belirtmektedir. Kök kanal dolgusunun dentin duvarına adezyonu hem statik hem dinamik durumlar için önemlidir. Statik konumda, kök kanal dolgusunda örtücülüğün devamlılığını sağlamada, kanal patlarının dentine bağlanma dayanımı önemlidir (Saleh ve ark. 2002). Dinamik durumda ise bağlanma sonraki bir manipülasyon sırasında dolgunun yer değiştirmesine direnç gösterir

(Saleh ve ark. 2002, Saleh ve ark. 2003). Ancak endodontik patların dentine veya güta perkaya baēlanma dayanımları ile örtüleme etkinlikleri arasında direkt bir iliēki olmadıēı da belirtilmiētir.

1.3.1 Kök Kanal Dentine Adezyon ve Adezyonu Etkileyen Faktörler

Dentinin kompleks organik yapılı, dinamik bir oluēum olması ve biyolojik aktivite göstermesi güvenilir ve dayanıklı baēlanmayı engeller (Swift ve ark. 1995). Kök kanal dentinine baēlanma dayanımı, koronal dentine baēlanma dayanımından dēktr. Aksesuar kök kanalları, rezorpsiyon alanları, gömülü veya serbest pulpa tasları ve deēiēen miktarlardaki düzensiz sekonder dentin gibi kök kanal dentini yapısındaki varyasyonlar baēlanmayı etkileyebilir. Patların adaptasyonunu ve penetrasyonunu kök kanal duvarının farklı seviyelerinde dentin tübüllerinin yoēunluēu ve oryantasyonu, uygulanan doldurma tekniēi gibi faktörler etkiler. Kökün servikal bölümündeki tübül yoēunluēu orta ve apikal bölgeye göre daha fazladır (Ayrancı ve ark. 2014). Ancak bazı alıēmalarda kök kanal bölgesinin baēlanma dayanımına herhangi bir etkisi olmadıēı, bazı alıēmalarda apikal bölgede dēk baēlanma dayanımları rapor edilirken (Pereira ve ark. 2019), bir alıēmada da apikal bölgede yüksek baēlanma dayanımı gsterilmiētir. Kök kanal dentinine baēlanma dayanımı dentinal tübüllerin yoēunluēundan ok saēlam dentin alanı ile daha fazla iliēkilidir. Sodyum hipoklorit, hidrojen peroksit, EDTA veya diēer irriganların dentin kollajeni üzerine etkileri, pulpanın ıkarılması ile kök kanal dentinindeki hidrasyon, dentinin muamele edilmesinde kullanılan ajanın tipi, uygun olmayan kavite konfigürasyon faktörü nedeniyle oluēan rezin simanın polimerizasyon stresi de baēlanma kalitesini etkiler. Kök kanal dentinine baēlanma, direkt olarak gözle grlememe ve nem kontrolündeki zorluklardan etkilenebilir (Wennber ve ark. 1990). Kök kanal dentinin fosforik asit veya self etch sistemlerle demineralizasyonu baēlanma dayanımını etkilemez (Grande ve ark. 2007). Smear tabakanın uzaklaētırılması patın dentin tübüllerine penetrasyonuna imkn tanır ve dentin ile pat arasında daha iyi bir adezyon saēlar (Guiotti ve ark. 2014). Ancak yapılan bir alıēmada kök kanal patlarının aıēa ıkmıē dentin tübüllerine penetrasyon göstermedikleri ve tübüler penetrasyon gösteren tüm patların da baēlanma dayanımlarının yüksek olmadıēı bildirilmiētir (Nunes ve ark. 2008). Bu nedenle, pat tıkalarının penetrasyonu ile yaratılan mikromekanik retansiyon kök kanal patlarının adezyonunu etkileyen en önemli veya tek faktör deēildir (Malyk ve ark. 2010). Baēlanma prosedürlerinde konfigürasyon faktörünün (C faktör) nemi olduēu kabul

edilmektedir. Kanal duvarları gibi sınırlı alanlarda bağlanan yüzey alanının bağlanmayan yüzey alanına oranı (C faktör) yüksek olduğundan bağlanma arzu edilen şekilde gerçekleşmez (Keine ve ark. 2019). Restorasyonda serbest yüzey ne kadar fazla ise polimerizasyon esnasında oluşan stresin boşalması için o derece fazla akıcılık olur. C-faktörü 3:1 den büyük olan restorasyonlar bağlanmada başarısızlık ve mikrosızıntı açısından risk altındadır. Giriş kavitesi için C-faktörü 6:1 veya neredeyse 10:1 olabilir. Kök kanallarında C-faktörü 20-100 arasında değişmektedir ve kanalın çapı ve uzunluğuna bağlıdır (Tay ve ark. 2007, Wang ve ark. 2015). Özellikle ışıkla sertleşen materyaller için, kök kanalının uygun olmayan geometrik konfigürasyonu içinde yaratılan sertleşme stresi çok yoğun olabilir ve rezin kompozitin dentin duvarlarından ayrılmasına ve arayüzde boşlukların yaratılmasına neden olabilir.

1.3.2. Kök Kanal Patlarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kök kanal patlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri aşağıdaki kriterler incelenerek saptanabilir:

1. Adezyon
2. Akıcılık
3. Film kalınlığı
4. Çözünürlük ve absorpsiyon

Akıcılık kanal patının kanal preparasyon işlemleri sonrası kanal duvarları üzerinde oluşan düzensizliklerin doldurulmasını sağlayan bir özelliktir. Yani patın akıcılığı az ise duvarlardaki girintileri doldurması zor iken akıcılığı fazla olursa apikal foramenden taşma olasılığı ortaya çıkar. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalara rağmen patlar için ideal bir akıcılık değeri tespit edilememiştir.

Film kalınlığı, kök kanal patının belirli bir yük altında gösterebileceği minimal kalınlıktır. Patın film kalınlığı ne kadar az ise ıslatma yeteneği o kadar fazla olacaktır. Islatma yeteneği patın yüzeye yayılabilme miktarı olarak tanımlanabilir. Bu durumun kök kanalı içindeki güta perka miktarını arttıracak ve apikal sızıntıyı azaltacak iddia edilmiştir. Ancak sızdırmazlık ve film kalınlığı arasında bir ilişki saptanamamıştır (Zordan-Bronzel ve ark. 2019). Bir maddenin herhangi bir sıvıda moleküllerine

ayrılabilme özelliği çözünürlük olarak tanımlanır. Bir kök kanal patında çözünme yüzeyel erozyon, yapıdaki çatlaklardan veya ana kitleden erime şeklinde gerçekleşebilir. Bu da kanal dolgusunda sağlanan hermetik örtücülüğün kalitesini bozmaktadır (Mendes ve ark. 2018). Absorbsiyon olayında ise, likit difüzyon yoluyla katı maddelere penetre olur. Madde ne kadar pöröz yapılysa absorbe edilen likidin miktarı göreceli olarak artacak ve katı madde de bir takım volumetrik değışiklikler ortaya çıkacaktır (Lee ve ark. 2017).

1.4. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro BT)

Bilgisayarlı tomografi, kelime anlamıyla eski yunanca kelimeler olan TOMO (Kesit) ve GRAPHY (Görüntü)'den oluşmuştur. Anlamı bilgisayarlı kesit görüntüsüdür. Nesnelerin sınırlarını açıkça ortaya koyar (Castagnola ve ark. 2018). Mikro BT genel yapı olarak bilgisayarlı tomografiye benzetmektedir. Mikro BT cihazının ana parçaları X ışını tüpü, üzerine sabitlenen örneği belli aralıklar ile çeviren bilgisayar kontrollü bir adım motoru, ortamdaki X-ışınını kamera sensörü üzerine yoğunlaştıran görüntü yoğunlaştırıcı, üzerine düşen X-ışınlarını görüntüye çeviren bir CCD (Charge-Coupled Devices) kamera, görüntü toplayıcısı ve tüm bunları kontrol eden bir bilgisayardan oluşmaktadır (Orhan ve ark. 2018). Bilgisayarlı tomografi vücudu kesitler halinde görüntülemektedir. Kesitler tarayıcılar ile 1-2 mm kalınlıkta alınabilmektedir. Örnekten alınan kesit kalınlığının ince olması yani kesit sayısının çok olması örnekten daha fazla bilgi alınmasını sağlayarak elde edilen görüntünün çözünürlüğünün artmasını sağlamaktadır (Elliott ve ark. 1982). Çözünürlüğün artırılmasını sağlamak için kesitsel kalınlığı mikrometre (μm) cinsinden ifade edilen mikrotomografi cihazları geliştirilmiştir. Mikrotomografi tarayıcıları 5-50 μm kalınlıkta kesit olarak yüksek çözünürlüklü taramaları olanaklı kılmaktadır.

Görüntüleme için x ışını nesnenin içinden geçirildiğinde ışınlar saçılır veya absorbe edilir. Bir bilgisayarlı tomografi kesitindeki grilik derecesi x-ray attenüasyonuna (zayıflama katsayısı) karşılık gelir ve her bir vokselden geçerken saçılan veya soğurulan X-ışını oranını yansıtır. Birçok yönden kesit düzleminde gönderilen x ışınının yoğunluğundaki azalma ölçülerek BT görüntüsü oluşturulur. Bu kesit düzeninde X-ışını dağılımının düzenlenmesi için özel bir algoritma kullanmaktadır. Ardışık BT görüntüleri kullanılarak bütün hacmi tanımlayan bir bilgi elde edilir (Santos-Garcés ve ark. 2013).

Bilgisayarlı tomografide VOI'yi (nesneden alınan kesitlerin üst üste konularak üç boyutlu görüntüsünün elde edilmesi) 3 boyutlu olarak tanımlayan yapılardan birisi segmentasyon işlemidir. Hangi yapıların analiz içerisine katılacağı veya dışlanacağını kontrolü amacıyla data kümesinin manipülasyon işlemine tabi tutulmasına kurgulama denir (Pinto ve ark. 2019). 3D imajda kalmasını istediğimiz görüntülere pozitif editing, kalmasını istemediğimiz analizi yapılmayacak olan kısımlara ise negatif editing denilmektedir (Prokop ve ark. 2003).

1.4.1. Görüntü Rekonstrüksiyonu

Cihaz içerisine numune yerleştirildikten sonra nesne 180 veya 360 derece döndürülmektedir. Her açı pozisyonunda bir gölge görüntüsü ve geçiş görüntüsü oluşturulur. Görüntüler diske 16 bit TIFF dosyaları şeklinde kaydedilir. Tarama bittikten sonra bir dizi X-ışını görüntüsü oluşur. Oluşan görüntü sayısı, cihazın seçilen döndürme hızına ve toplam dönüş sayısına bağlı olarak farklılıklar gösterir. Tüm bu işlemlerden sonra rekonstrüksiyona başlanabilir (Roizenblit ve ark. 2020). Elde edilen 16 bit TIFF görüntüler, nesnenin tamamı boyunca sanal dilimlerin rekonstrüksiyonu için kullanılmaktadır. Rekonstrüksiyon sonrasında ham veri kesitleri oluşturulur. Rekonstrüksiyon yapılan kesitteki absorpsiyon değerini sağlayan şey kayan nokta matriksidir. Matriks boyutu bir kesitteki piksel sayısı gibidir (Santos-Garcés ve ark. 2013).

1.4.2. CTAn Software Programı

CT-Analizatörü (CTAn) nicel parametreleri türetmek ve Skyscan Mikro BT araçlar ile elde edilen, taranan veri setlerinden görsel oluşturmak için kullanılan bir uygulamadır. CTAn gerçek zamanlı işlenmiş hacim modeli görüntülemeyi sağlar. Yüzeyi işlenmiş modeller CT- hacimli görüntüleme için CTAn tarafından başka bir program oluşturulur. Nicel ölçüm, hem dansitometresi (voksel zayıflama katsayısı veya kalibre yoğunluğu) yapılmış hem de morfometresi (büyüklük ve şekil analizi) yapılmış ikinci bir segmente dayalı (siyah ve beyaz) görüntüdür (Prokop ve ark. 2003, Santos-Garcés ve ark. 2013). Thresholding (eşikleme veya segmentasyon) basit global veya uyarlamalı yöntemlerle yapılır. Araçlar, yapısal görülecek olan tüm 3D nicel analiz, temel başlangıç noktasına göreli konumlandırma dahil olmak üzere, ilgili kesit görüntülerinin tamamı (VOI)

tariflendirilmesinin veri dizinleri ile sınırlandırılır (Cavenago ve ark. 2014). CTAn'dan yeni veri dizini olarak yazılabilir. CT-analizatörü; 3D modeli görüntüler ve mikro-CT tarama veri setlerinden nicel veriler elde etmek için kapsamlı bir ortam oluşturmaktadır (Santos-Garcés ve ark. 2013).

1.4.3. Mikro bilgisayarlı tomografinin kullanım alanları

Son yıllarda diş hekimliğinde, kafa yüz iskeleti gelişiminin incelenmesi (Renders ve ark. 2007), mine kalınlığının ölçülmesi (Spoor ve ark. 1993), dişlerin mineral konsantrasyonunun belirlenmesi (Anderson ve ark. 1996), kök kanal morfolojisinin analizi (Oi ve ark. 2004), kök kanal şekillendirmesinin değerlendirilmesi (Peters 2004), kök kanal dolgusunun değerlendirilmesi (Hammad ve ark. 2009) ve kanal dolgusu uzaklaştırılmasından sonra kök kanalında kalan dolgu maddesinin incelenmesi (Hammad ve ark. 2008) amacıyla mikro bilgisayarlı tomografi kullanımı popülerlik kazanmıştır (Swain ve ark. 2009). Bu yöntem örneklerde geri dönüşümsüz değişikliklere sebep olmaz, bu nedenle kök kanal dolgusunun değerlendirilmesinde kullanılan diğer yöntemlerden daha üstündür (Jung ve ark. 2005). Mikro BT yöntemiyle elde edilen verilerden, kök kanal dolguları içerisindeki boşluklar, temizleme ve şekillendirme sırasında uzaklaştırılan dentin miktarı ve tekrarlayan kök kanal tedavisinden sonra kalan dolgu miktarı niteliksel ve niceliksel olarak değerlendirilebilmektedir.

Bu çalışmanın amacı; klinikte sık kullanılan rezin esaslı ve biyoseramik esaslı kök kanal patları arasında kök kanallarının dolumundan sonra oluşan boşluğun incelenmesi ve meydana gelen bu boşluğun bağlanma dayanımı üzerine olan etkisinin karşılaştırılmasıdır.

2.GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmamızda Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız- Diş- Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Ana bilim dalında protetik veya periodontal sebeplerden dolayı çekilmiş çürüksüz, kök ucu oluşumunu tamamlamış, tek köklü ve tek kanallı 50 adet insan alt çene santral kesici diş kullanıldı. Dişlerin üzerindeki yumuşak doku artıkları ve eklentiler periodontal küret ile temizlendi. Bukko-lingual ve mezio-distal radyografler alınarak kalsifikasyon gözlemlenen ve birden fazla kök kanalına sahip olan dişler çalışma dışı bırakıldı. Tüm köklerin apikal foramenlerinin açık olduğunu saptamak için 10 no'lu K eğesi'nden faydalandı. Apikal forameni 20 numaralı eğeden geniş olan dişler çalışmadan çıkarıldı. Daha sonra kök yüzeylerinde herhangi bir çatlak veya kırık olup olmadığını anlamak için stereomikroskop (Leica MZ75, Germany) altında x20 büyütme ile incelendi. Herhangi bir kırığa veya çatlığa sahip olan dişler elimine edildi ve 30 adet diş ile çalışmaya devam edildi. Bu dişler çalışmada kullanılıncaya kadar dezenfeksiyon amaçlı olarak 4.0 C'de %0,1'lik timol solüsyon içinde bekletildi ve örnekler kullanım aşamasına geldiğinde distile su ile yıkanarak kullanıldılar. Örnekler dijital bir kumpas yardımı ile (Guanglu, China) boyutları 12mm'ye standardize edildi. Dişler kök kanal şekillendirilmesine başlamadan önce kron kısımları kökler 12 ± 0.5 mm kalacak şekilde mine sement birleşiminden 200rpm hızda su soğutması altında çalışan kesit cihazı (Metkon, Microcut precisioncutter, Bursa, Turkey) ile kesildi.



Resim 2.1. Kronu kesmek için kullanılan su soğutmalı kesme cihazı

Pulpa dokusu turnerf (Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile çıkarıldıktan sonra #15 K File kanalda ilerletildi ve x4 büyütme altında ucu apikal foramende görüne kadar ilerletildi. Eğin sap kısmı ile dişin düz yüzeyi arasındaki mesafe dijital kumpas yardımıyla ölçülerek, eğin tüm uzunluğundan çıkarıldı ve bu değer kök kanal uzunluğu olarak kaydedildi. Kök kanal uzunluğu'ndan 1 mm çıkarılarak çalışma uzunluğu belirlendi. Sonra dişler rastgele 2 gruba ayrıldı (n=15).

2.1.1. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Örneklerin kök kanalları ProTaper Rotary Universal (Maillefer, Ballaigues, İsviçre) döner sistemi kullanılarak genişletildi. Genişletme işlemi ProTaper Ni-Ti döner sisteminin kullanım prensiplerine göre şu şekilde yapıldı:

Kök kanalına #15 nolu K-eğesi ile düz giriş sağlandıktan sonra 2ml %5'lik sodyum hipoklorit (NaOCI) kök kanalı yıkandı. Kök kanallarını genişletmek için Dentsply X-Smart Plus (Maillefer, Ballaigues, İsviçre) endodontik motor kullanıldı. ProTaper Rotary Universal (Maillefer, Ballaigues, İsviçre) için tavsiye edilen tork ve devir sayısına ayarlandı. S1 ve sonrasında S2 eğeleri kullanılarak kök kanallarının koronal ve orta üçlüsü genişletildi. Son olarak F1, F2 ve F3 eğeleri çalışma boyunda sırasıyla

yerleştirilerek apikal üçlü genişletildi. Tüm alet değişimlerinde kök kanalları 2ml %5'lik NaOCI solüsyonu ile yıkandı.

2.1.2. Kök Kanallarının Final İrrigasyonu

Kök kanallarının preparasyonunu takiben smear tabakasını kaldırmak amacıyla kök kanalları 2ml %5'lik NaOCI sonra 2ml %17'lik EDTA ile 1 dk, daha sonra 2 ml %5'lik NaOCI solüsyonu ile yıkandı. Son olarak solüsyonların etkinliklerini sonlandırmak amacıyla 10 ml distile su ile yıkanan kök kanalları steril kâğıt konlarla kurulandı. 30 diş aşağıdaki gibi rastgele 2 gruba ayrıldı (n=15).

Grup 1: Tek kon tekniği + AH Plus

Grup 2: Tek kon tekniği + EndoSequence BC Sealer

2.1.3. Kök Kanallarının Doldurulması

Bütün örneklerin kök uçları mum modelajlar ile kapatıldı. Böylelikle kök kanal dolumu esnasında kök ucundan kök kanal dolgu patının taşması engellenmiş olundu. Hazırlanan örnekler 15'er diştten oluşan rastgele AH Plus ve Endosequence BC Sealer olmak üzere 2 gruba ayrıldı.

2.1.3.1. Grup 1: Tek kon tekniği + AH Plus Grubu

Örneklere F3 güta- perka kon çalışma boyunda yerleştirildi ve kök kanalına uyumu kontrol edildi. İki tüp halinde olan AH Plus (Dentsply, De Trey GmbH, Konstanz, Almanya) kök kanal dolgu patı bire bir oranında karıştırma pedinin üzerinde homojen bir kıvam elde edilinceye kadar karıştırıldı. Hazırlanan kök kanal patı çalışma uzunluğundan 3mm kısa olacak şekilde lentilo (Kendo, Münih, Almanya) yardımıyla 300 devir/dk hızla kök kanalı içerisine gönderildi. Daha sonra apikal açıklığa uygun F3 güta-perka kon pata bulandı ve kök kanalına çalışma boyunda ileri-geri hareket ile yerleştirildi. Kanallar tamamen güta- perka ile dolduktan sonra sıcak bir el aleti ile kanal ağzından fazla güta-perkalar kesilerek çıkarıldı ve taşan kök kanal patı pamuk peletler ile temizlendi. Kanal dolumları tamamlandıktan sonra mum modelajlar kök uçlarından uzaklaştırıldı.



Resim 2.2. AH Plus kök kanal patı

2.1.3.2. Grup 2: Tek kon tekniği + EndoSequence BC Sealer Grubu

Endosequence BC Sealer kök kanal patı direkt kullanıma hazır enjektör içerisinde piyasada bulunan ve tekrar karıştırma gerektirmeyen enjektöre takılan uç sayesinde direkt olarak hazırlandı.

Grup 2'deki örneklere EndoSequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, GA) kök kanal patı ile grup 1'deki işlemler uygulanarak dolduruldu.



Resim 2.3. EndoSequence BC Sealer kök kanal patı

Tüm örnekler kök kanal patlarının sertleşmeleri tamamlanana kadar 37°C’de %100 nemli ortamda 1 hafta süresince etüv de bekletildi.

2.2. Örneklerin Mikro BT ile Taranması

Örneklerin taranması için yüksek çözünürlüklü mikro-BT sistem (Bruker Skyscan 1172, Kontich,Belgium) kullanıldı. Mikro-BT sistem 100 kVp,100 mA ve 0.5 mm Al/Cu filtre; voxel boyutları 13.65 μm ve 0.5 rotasyona ayarlandı. Ring artifaktları en aza indirmek için her tarama öncesi detektöre hava kalibrasyonu yapıldı. Diğer ayarlar beam-hardening correction ve optimal kontrast limits üreticinin önerileri doğrultusunda kullanıldı.

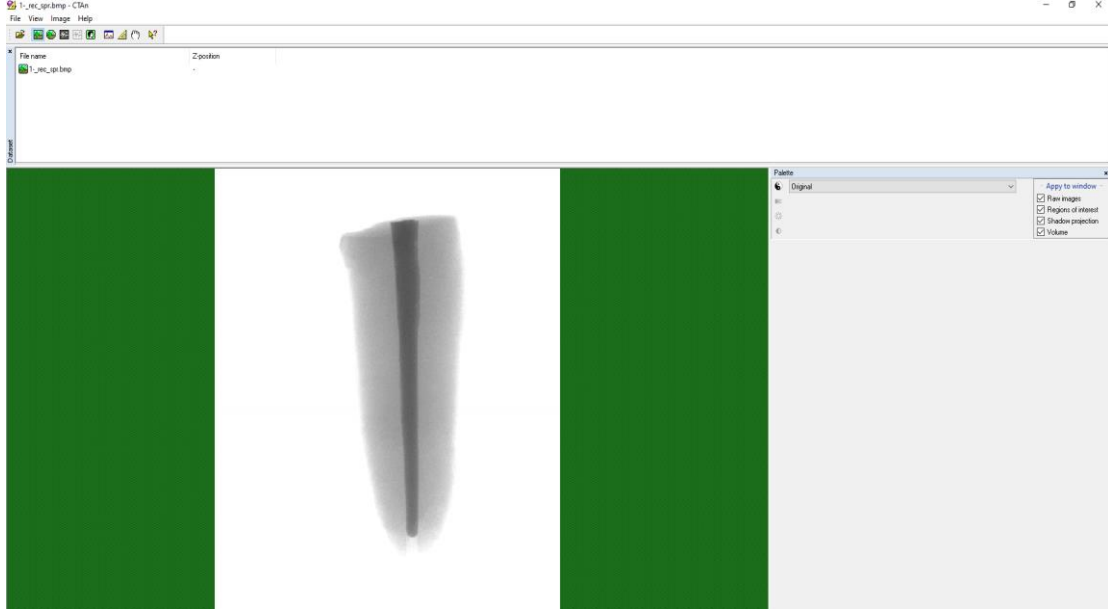
2.2.1. Görüntülerin Oluşturulması ve Analizleri

Çalışmamızda her bir örnek numaralandırılarak falkon tüpleri içerisine yerleştirilmiştir. Falkon tüpleri içerisinde bulunan örnekler yüksek çözünürlükte taranmak üzere mikro-BT (Bruker MicroCT SkyScan 1172, Kontich, Belgium) cihazının döner platformu üzerine konularak sabitlenmiştir. Cihazın X ışını kaynağı 100 kVp ve 100 mA olacak şekilde ayarlanmıştır. Örnekler 0,5 mm Al/Cu filtresiyle, 0,4⁰ rotasyonla ışınlanmıştır. Her bir örnek 360 derece taranmış olup tarama süresi 48 dakikadır. Her görüntü 400 milisaniye pozlanmış, her açıdan 3 kez görüntü alınıp birleştirilerek tek görüntü haline getirilmiş ve böylece gürültü (noise) oranı azaltılmıştır. Cihazın diğer ayar ve parametreleri üretici firmanın önerisi doğrultusunda yapılmıştır. Taramalar sonucunda her bir örneğin piksel boyutu 10.0 μm olacak şekilde ham görüntüleri elde edilmiştir.

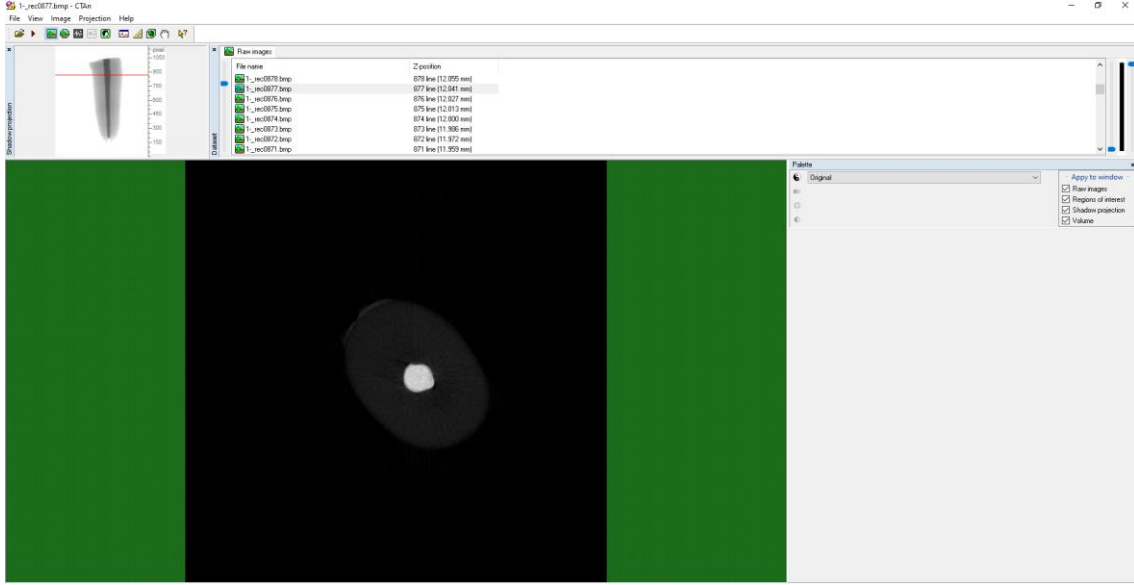
Örneklerin rekonstrüksiyonu için NRecon (ver.1.6.5.2, SkyScan, Kontich, Belçika) yazılımı kullanılmıştır. NRecon yazılımı mikro-BT taramaları ile elde edilen ham görüntüleri birleştirerek her örneğin iç yapısının incelenmesine olanak sağlayan görseller oluşturan programdır. Çalışmamızda nicelik ölçümlerinin ve görüntülerin yapılandırmasında daha önceden Feldkamp ve ark. (1989) tanımladığı algoritma kullanılmıştır. Rekonstrüksiyon için ring artifaktı 8, düzeltirme parametresi 3, beam-

hardening %38 olacak şekilde belirlenmiştir. Kontrast ayarları SkyScan firmasının talimatlarına göre ayarlanmıştır. Bir örnekten 2 boyutlu 1024 kesit elde edilmiştir. Ham görüntüler NRecon programı ile birleştirilerek her örneğin iç yapısının incelenmesine olanak sağlayacak şekilde BMP formatında kesitler elde edilmiştir. Bu kesitler; mikro-BT cihazıyla yapılan taramalardan elde edilen verileri kantitatif parametreler ve görsel modeller oluşturmakta kullanılan, densitometrik ve morfometrik ölçümlere olanak sağlayan CTAn (ver. 1.16.4.1.SkyScan) programına aktarılmıştır.

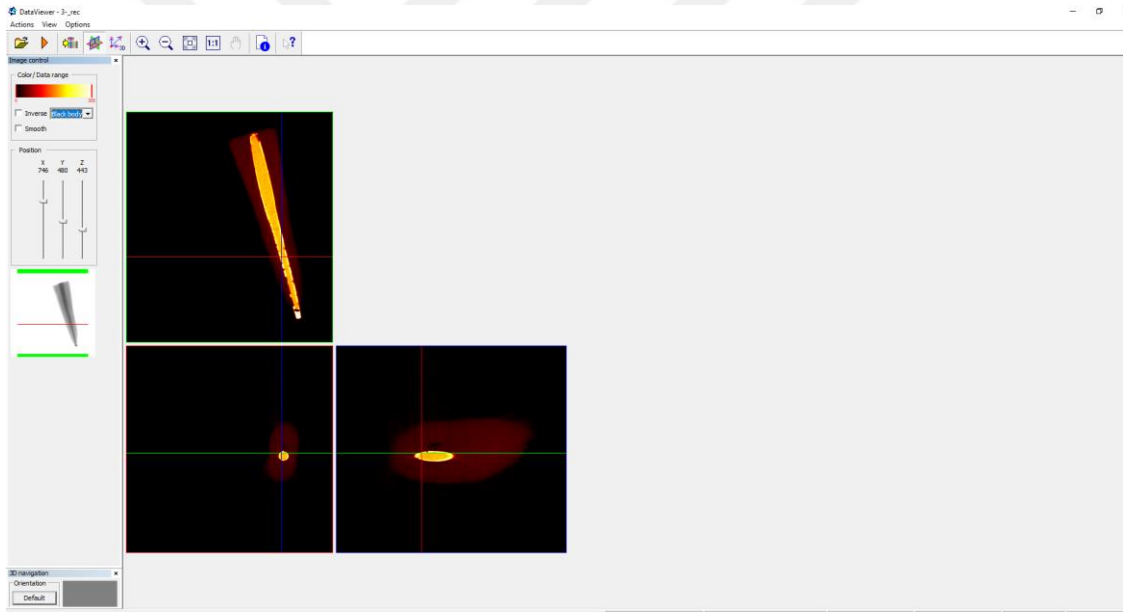
Daha sonra CTAn yazılımında, ölçüm yapılacak bölgenin sınırlarını belirlemek amacıyla kesitler üzerindeki ilgili alan (Region of Interest; ROI) dairesel olarak çizilmiştir. ROI'nin belirlenmesi ile çizilen daire içerisindeki vokseller siyah ve beyaz olarak görülmektedir. Siyah sıfır değerini verip minimum yoğunluklu alanları göstermektedir. Örneğin etrafını kaplayan hava ile örnek içindeki porözite siyah olarak görülmektedir. Standardizasyon için CTAn programının otomatik eşik değeri verisi kullanılarak belirlenen ROI içerisinde porözitenin hacimsel değerleri hesaplanmıştır.



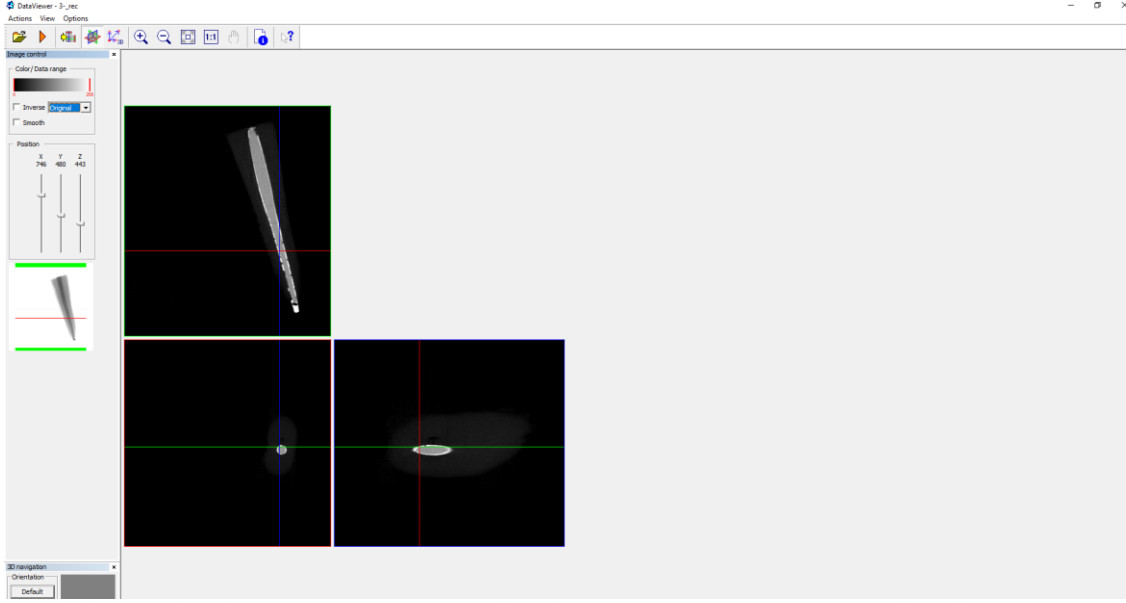
Resim 2.4. Ham görüntülerin elde edilmesinde ve birleştirilmesinde kullanılan program NRecon (ver.1.6.5.2, SkyScan, Kontich, Belçika)



Resim 2.5. Boşlukların hem hacminin hem de densitometrik ve morfometrik ölçümlerine olanak sağlayan CTAn (ver. 1.16.4.1.SkyScan)



Resim 2.6. DataViewer programı ile kök kanalının, kök kanal patının ve kök kanalında oluşan boşluğun renklendirilmesi



Resim 2.7. DataViewer programı ile örneklerden üç boyutlu görüntü elde edilmesi

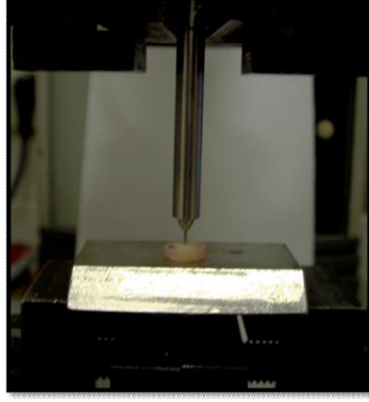
2.3. Dentin Disklerinin Hazırlanması

Patların sertleşmesi tamamlandıktan sonra düzgün ve pürüzsüz bir yüzey elde edilmesi için kök yüzeyleri zımparalandı. Hazırlanan örnekler 10mm çapında ve 20mm yüksekliğinde silindir kalıplar kullanılarak soğuk akril içerisine gömüldü. Düşük hızda, su soğutması ile çalışan mikro kesme cihazına (Metkon, Microcut precisioncutter, Bursa, Turkey) yerleştirilen her bir örneğin koronal, orta ve apikal üçlüsünden 1 mm kalınlığında horizontal kesitler alındı. Bu şekilde elde edilen dentin disklerinin kalınlıkları dijital 32umpas ile ölçüldü. Her bir deney grubu için 15 örnek elde edildi.

2.3.1. Kanal Patlarının Dentine Bağlanma Dayanımlarının Ölçülmesi (Push-Out Testi)

Kök kanal patlarının dentine bağlanma dayanımlarının ölçülmesi Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında yapıldı. Oluşturulan gruplarda bulunan her örnek push-out testini uygulamak için özel hazırlatılan, 1,00 mm çapında ucu olan paslanmaz çelik mil kullanılarak, piston başı hızı 1 mm/ dk olarak ayarlanmış olan universal test makinesine (Instron, LLOYD instruments LRX, United Kingdom) yerleştirilerek baskı kuvvetine maruz bırakıldı. Milin ucu sadece dolgu

madde ile temasta olacak şekilde konumlandırıldı. İtme kuvveti, bağlanmadaki kırılma oluşuncaya kadar apiko-koronal yönde uygulandı. Test cihazına bağlı bilgisayar ekranında görülen yük/zaman eğrisindeki ani düşüş görülene kadar işleme devam edildi.



Resim 2.8. İtme Kuvvetinin Uygulanması

Maksimum kırılma kuvveti Newton (N) olarak kaydedildi ve bilgisayar programında aşağıdaki formül kullanılarak değerler Megapaskal (MPa) olarak elde edildi.

$$\text{İtme Bağlanma Kuvveti (MPa)} = \frac{\text{Maksimum Kuvvet (N)}}{\text{Bağlanma Yüzey Alanı (mm}^2\text{)}}$$

Bağlanma alanı hesaplaması;

$$\text{Kök kanal dolgusunun bağlanma alanı} = (\pi r_1 + \pi r_2) \times L$$

$$L \text{ değerinin karekök olarak hesaplanması} = (r_1 - r_2)^2 + h^2$$

Bu formülde r_1 kök kanalının küçük yarıçapını, r_2 kök kanalının büyük yarıçapını, h kesitlerin mm cinsinden kalınlığını temsil etmektedir. π değeri 3,14 olarak kullanılmıştır.

2.4. İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada elde edilen veriler SPSS 20.0 paket programı ile değerlendirilmiştir. Verilerin frekans ve yüzdesel dağılımları verilmiştir. Normallik testi sonucunda, gruplar arasında farklılık incelenirken ikili gruplarda normal dağılmayan değişkenlerde Mann Whitney U Testi kullanılmıştır. İki'den fazla gruplarda ise normal dağılmayan değişkenlerde Bonferroni düzeltmeli Kruskal Wallis H Testi kullanılmıştır.

Gruplar arası farklılık incelenirken; anlamlılık seviyesi olarak 0,05 kullanılmış olup $p < 0,05$ olması durumunda gruplar arası anlamlı farklılığın olduğu, $p > 0,05$ olması durumunda ise gruplar arası anlamlı farklılığın olmadığı belirtilmiştir



3.BULGULAR

3.1. Bağlanma Dayanımı Değerlerine Ait Bulgular

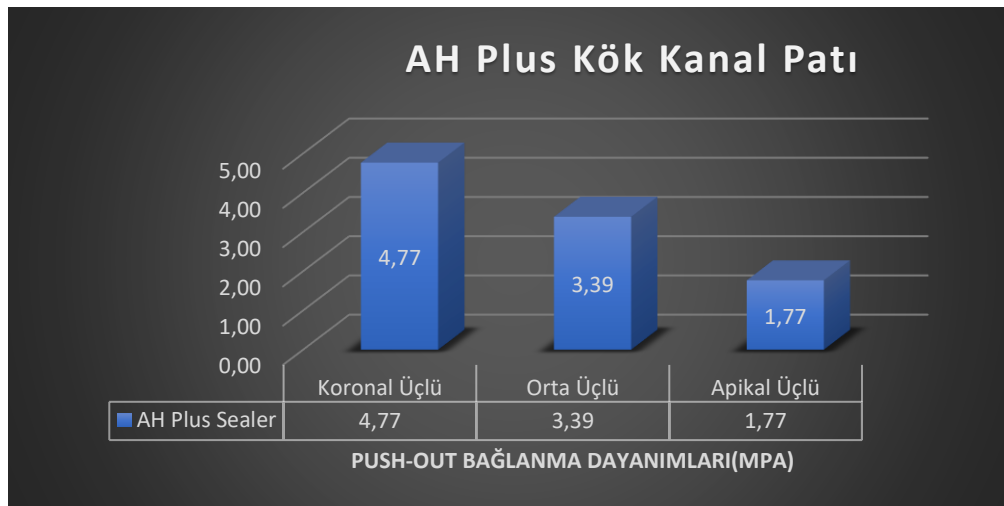
Araştırmada oluşturulan gruplardaki örneklerin push-out testine ait MPa değerleri Tablo 3.1.'de her bir gruba ait ortalama değer ve standart sapmalar gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Push-out bağlanma dayanımları (MPa)

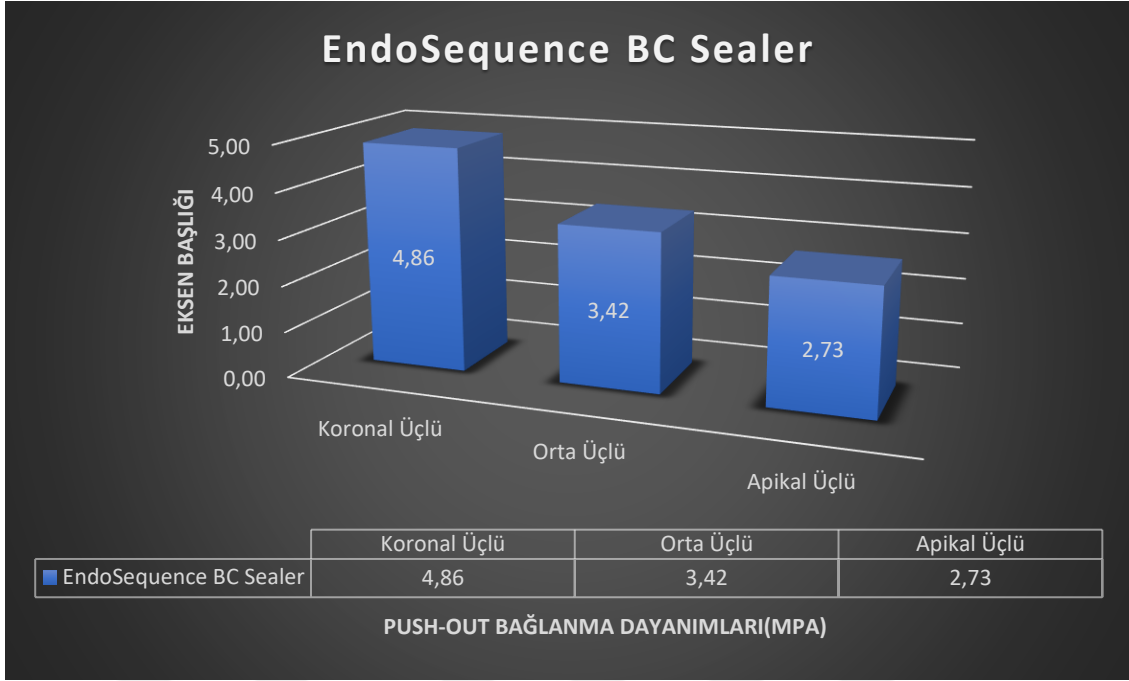
	Koronal Üçlü	Orta Üçlü	Apikal Üçlü
AH Plus Sealer	4.77(±0.32)	3.39(±0.33)	1.77(±0.30)
EndoSequence BC Sealer	4.86(±0.46)	3.42(±0.28)	2.73(±0.20)*

EndoSequence BC Sealer ile AH Plus patının apikal üçlüdeki bağlanma dayanımı arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$).

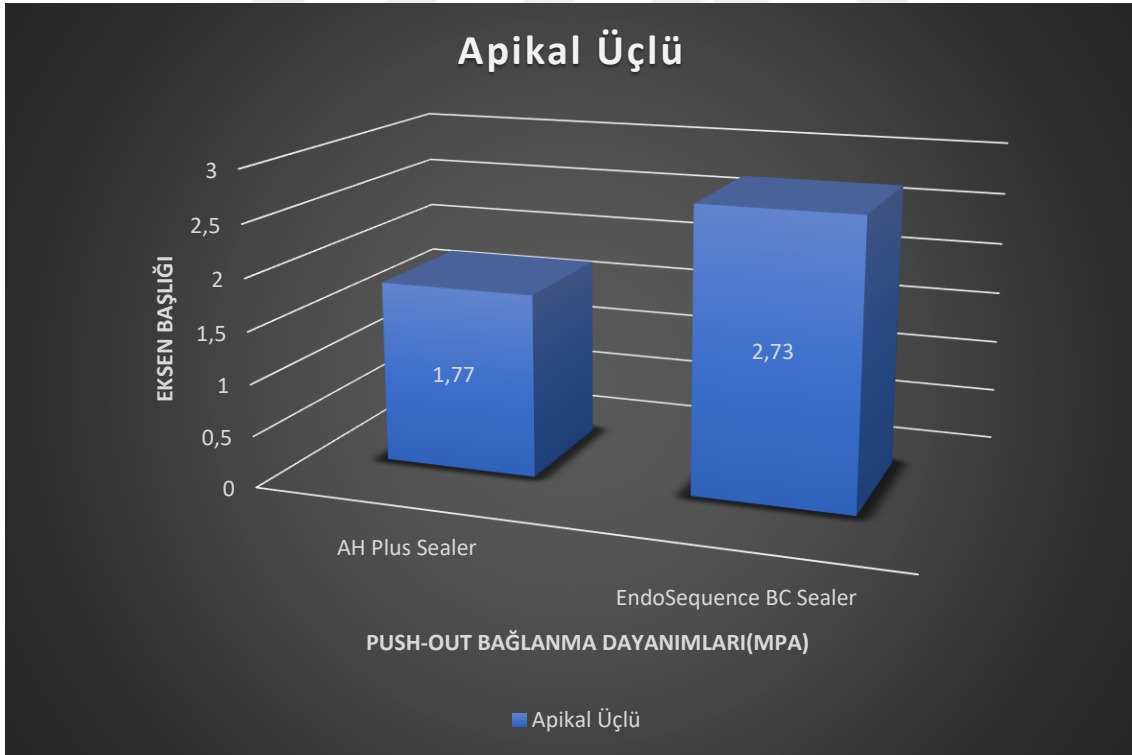
Koronal ve orta üçlüde iki kök kanal patı arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$).



Grafik 3.1. AH Plus kök kanal patı push-out bağlanma dayanımları (MPa)



Grafik 3.2. EndoSequence BC kök kanal patı push-out bağlanma dayanımları (MPa)



Grafik 3.3. EndoSequence BC Sealer ile AH Plus patının apikal üçlüdeki bağlanma dayanımı (MPa)

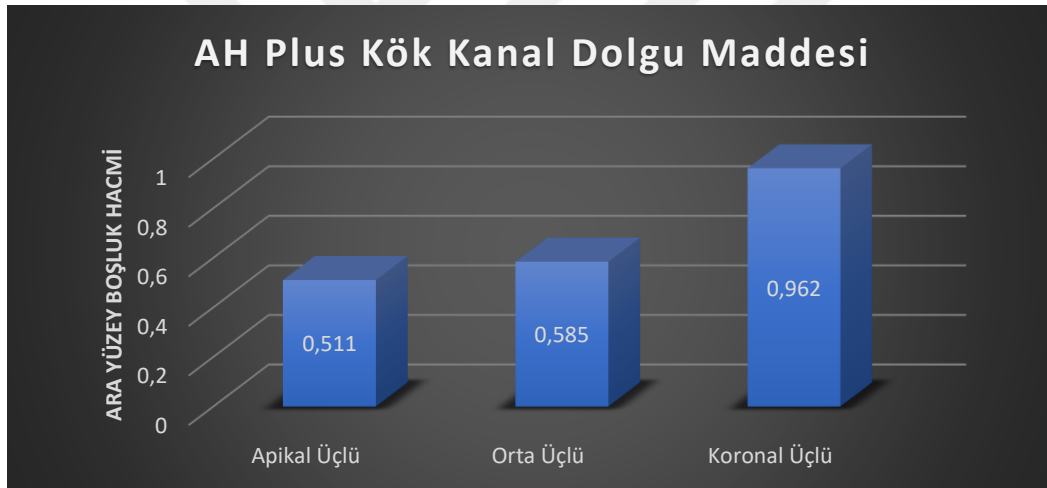
3.2. AH Plus Sealer ve EndoSequence BC Sealer Gruplarının Tüm Kök Kanal Sistemi, Koronal, Orta ve Apikal Üçlüde Oluşan Ara Yüzey Boşluk Hacmi Yönünden Karşılaştırılmasına Ait Bulgular

AH Plus Sealer ve EndoSequence BC Sealer gruplarının kendi aralarında tüm kök kanal sistemi, koronal, orta ve apikal üçlüde oluşan ara yüzey boşluk hacmi yönünden karşılaştırılmasına ait veriler Tablo 3.2.'de gösterilmiştir.

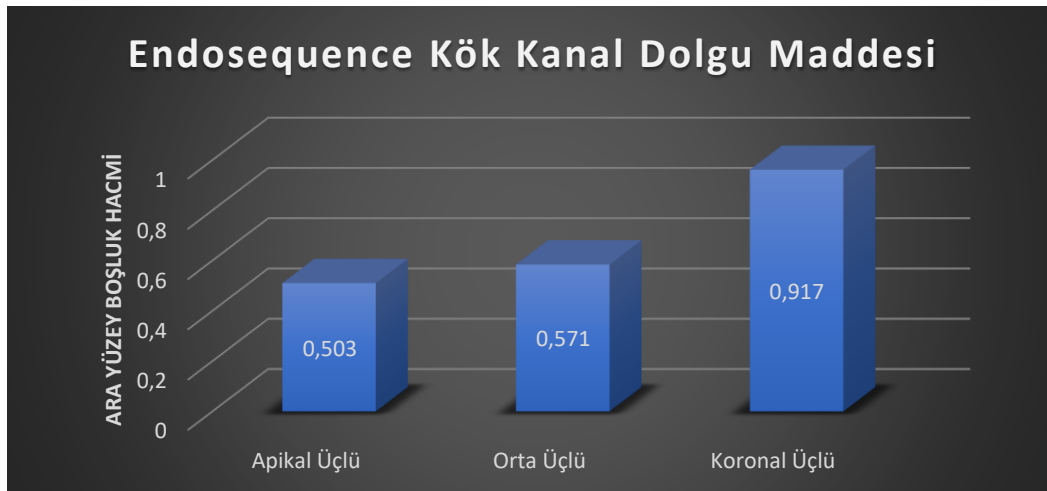
1. Gruplarda koronal üçlüde oluşan ara yüzey boşluk hacmi değerlendirildiğinde Endosequence BC Sealer grubunun daha az boşluk hacmine sahip olduğu gözlenmiştir ($0.917mm^3 \pm 0.156$). Gruplar arasında koronal üçlüde ara yüzey boşluk hacmi yüzdeleri açısından ortaya çıkan bu farkların istatistiksel analizinde anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p > 0.05$).
2. Gruplarda orta üçlüde oluşan ara yüzey boşluk hacmi değerlendirildiğinde Endosequence BC Sealer grubunun daha az boşluk hacmine sahip olduğu gözlenmiştir ($0.571mm^3 \pm 0.214$). Gruplar arasında orta üçlüde ara yüzey boşluk hacmi yüzdeleri açısından ortaya çıkan bu farkların istatistiksel analizinde anlamlı bir fark saptanamamıştır. ($p > 0.05$).
3. Gruplarda apikal üçlüde oluşan ara yüzey boşluk hacmi değerlendirildiğinde Endosequence BC Sealer grubunun daha az boşluk hacmine sahip olduğu gözlenmiştir ($0.503mm^3 \pm 0.143$). Gruplar arasında apikal üçlüde ara yüzey boşluk hacmi yüzdeleri açısından ortaya çıkan bu farkların istatistiksel analizinde anlamlı bir fark saptanamamıştır. ($p > 0.05$).

Tablo 3.2. AH Plus Sealer ve EndoSequence BC Sealer Gruplarının Tüm Kök Kanal Sistemi, Koronal, Orta ve Apikal Üçlüde Oluşan Ara Yüzey Boşluk Hacmi Miktarları

	Kök Kanal Dolgu Maddesi	N	Mean(mm^3)	Standart Sapma	P Değeri
Apikal Üçlü	Endosequence	15	0.503	0.143	>0.05
	AH Plus	15	0.511	0.534	
Orta Üçlü	Endosequence	15	0.571	0.214	>0.05
	AH Plus	15	0.585	0.192	
Koronal Üçlü	Endosequence	15	0.917	0.156	>0.05
	AH Plus	15	0.962	0.231	

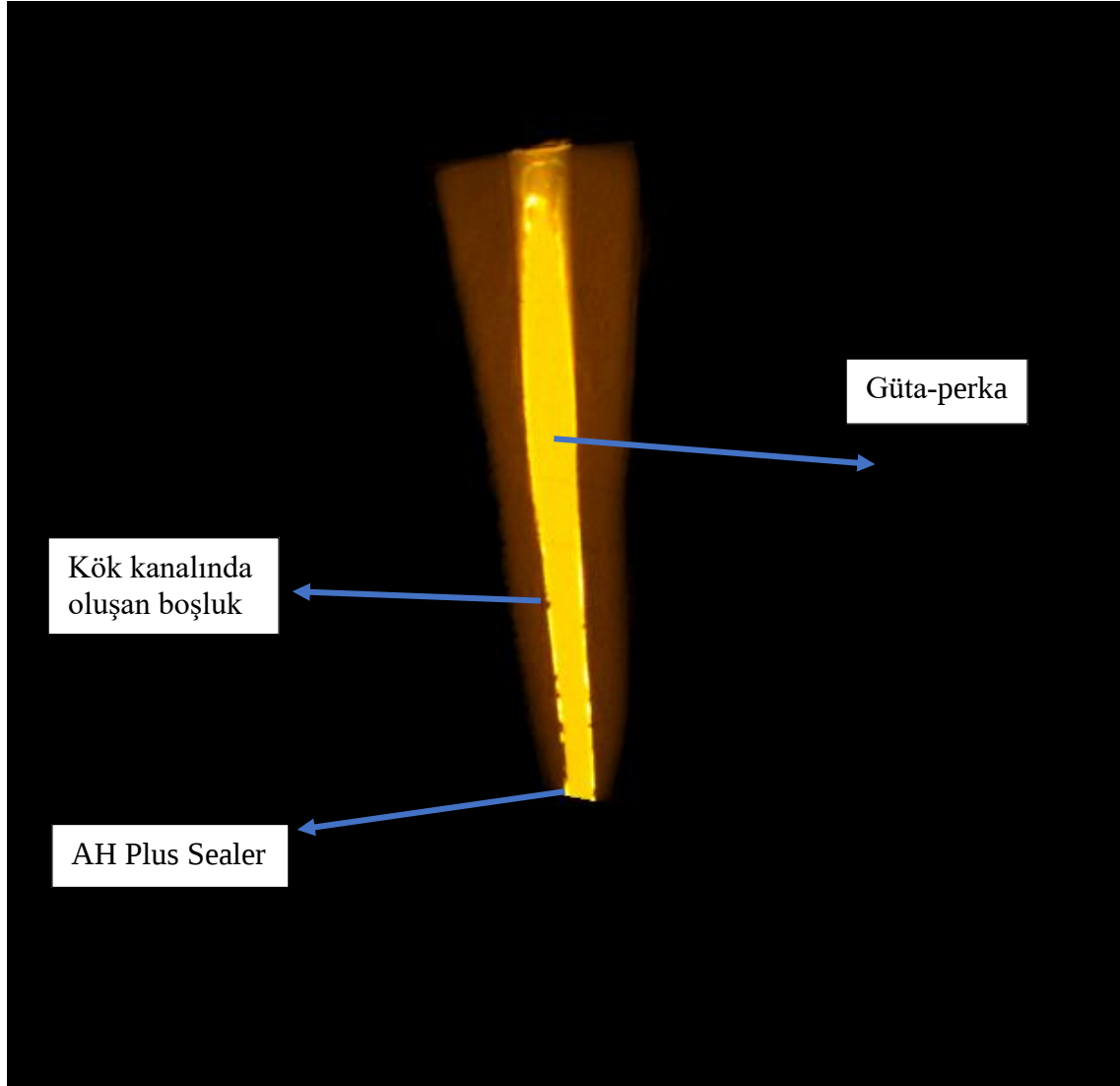


Grafik 3.4. AH Plus Kök Kanal Dolgu Maddesi Ara Yüzey Boşluk Hacmi (mm^3)

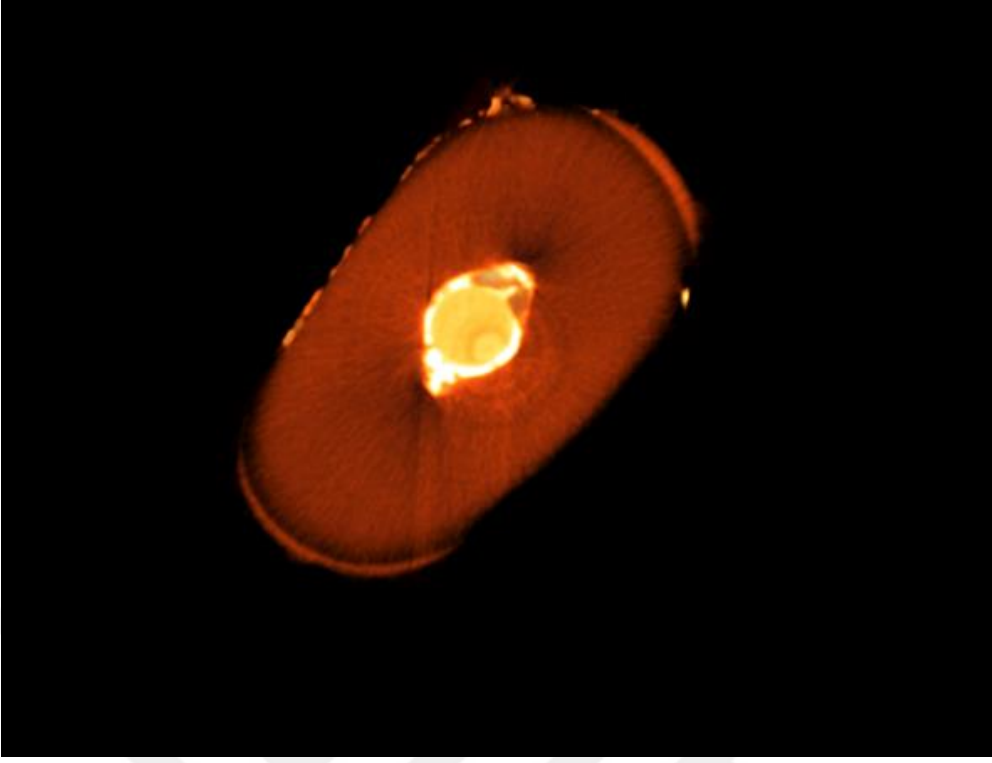


Grafik 3.5. Endosequence Kök Kanal Dolgu Maddesi Ara Yüzey Boşluk Hacmi (mm^3)

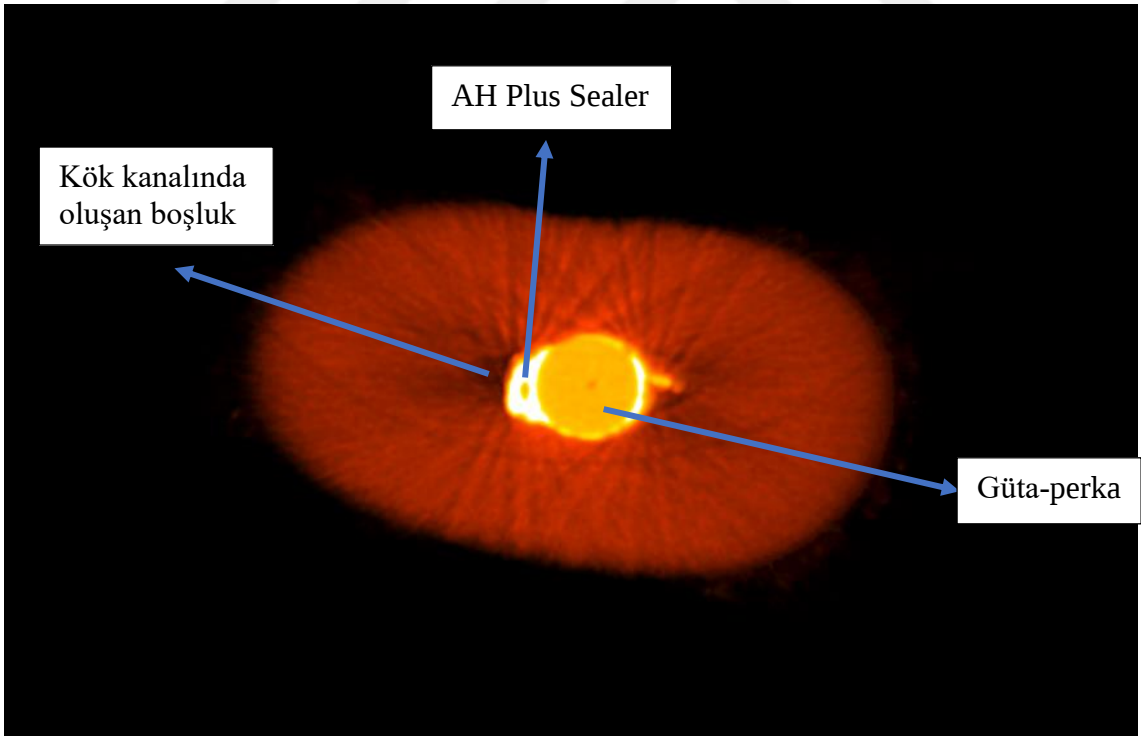
3.2.1 AH Plus Sealer ve EndoSequence BC Sealer Gruplarının Tüm Kök Kanal Sistemi, Koronal, Orta ve Apikal Üçlüde Oluşan Ara Yüzey Boşluk Hacimlerinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleri



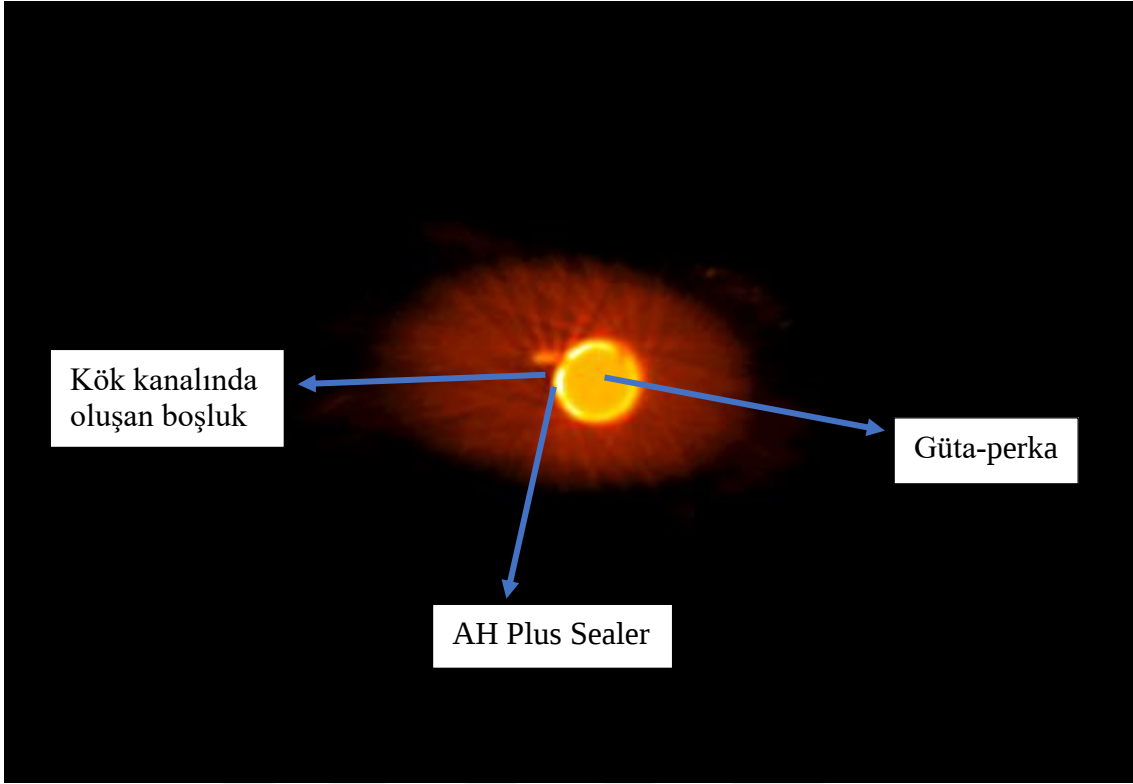
Resim 3.1 AH Plus Kanal Patı ile doldurulmuş kanalın aksiyal görüntüsü



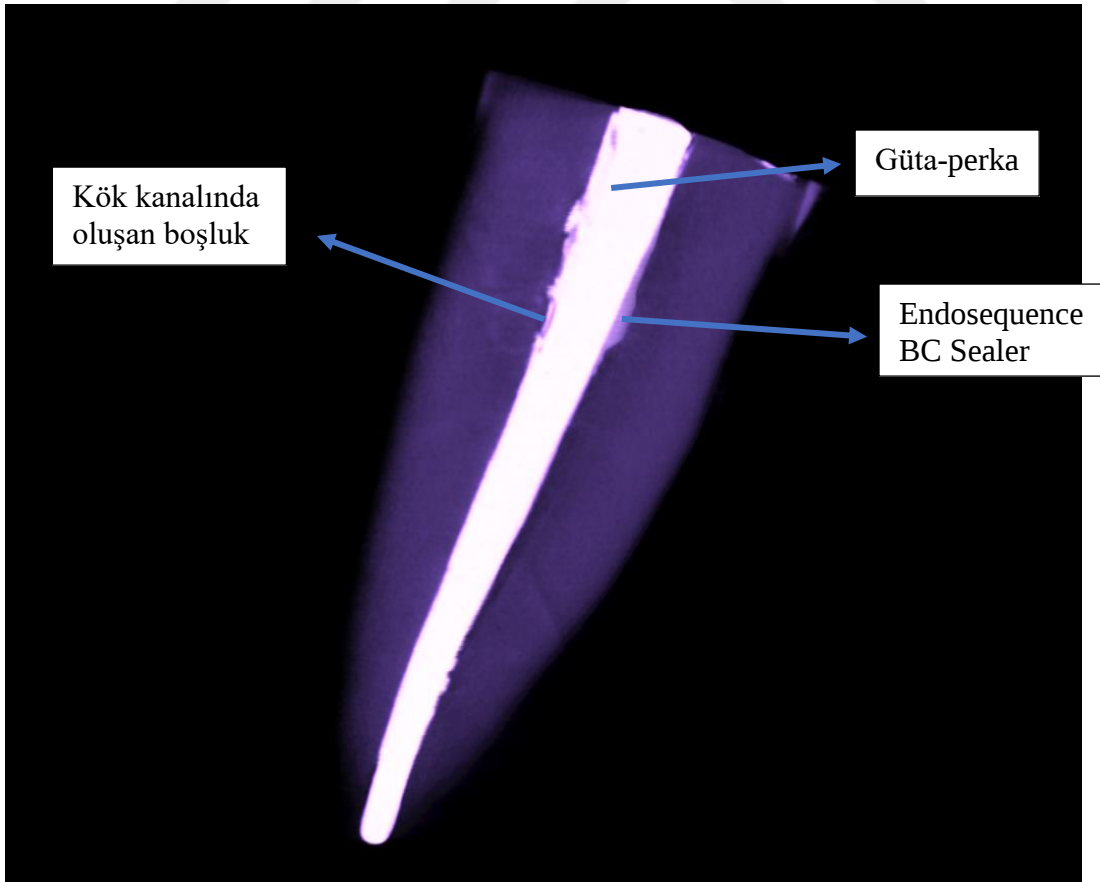
Resim 3.2. AH Plus Kanal Patı ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit koronal üçlü görüntüsü



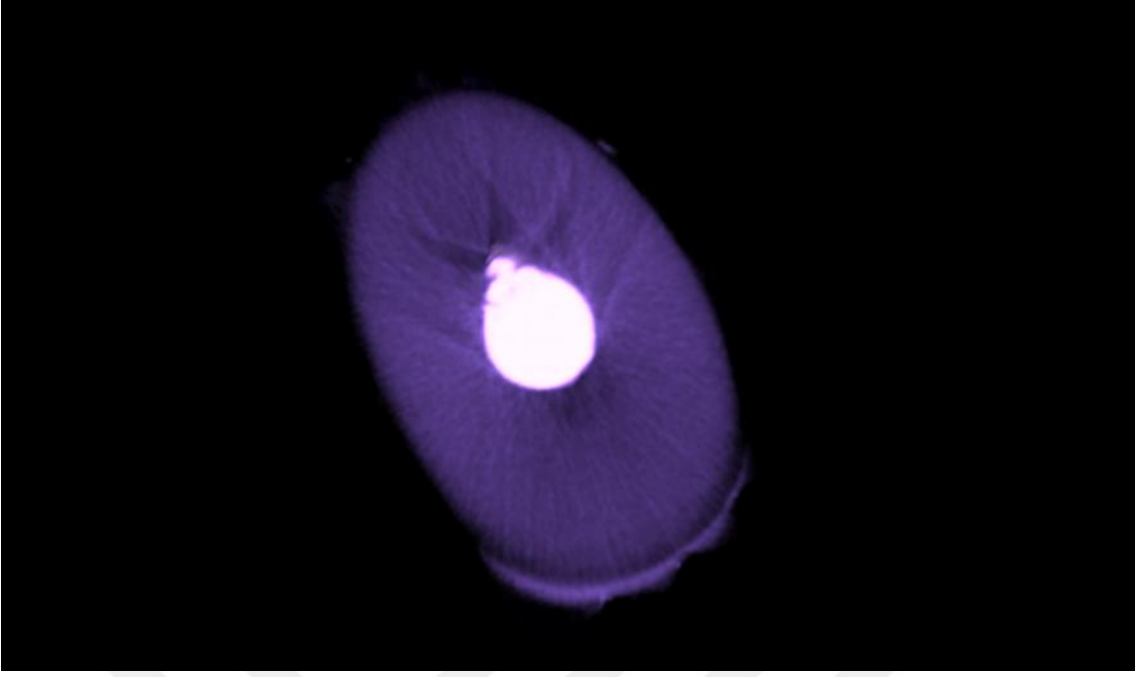
Resim 3.3. AH Plus Kanal Patı ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit orta üçlü görüntüsü



Resim 3.4. AH Plus Kanal Patı ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit apikal üçlü görüntüsü

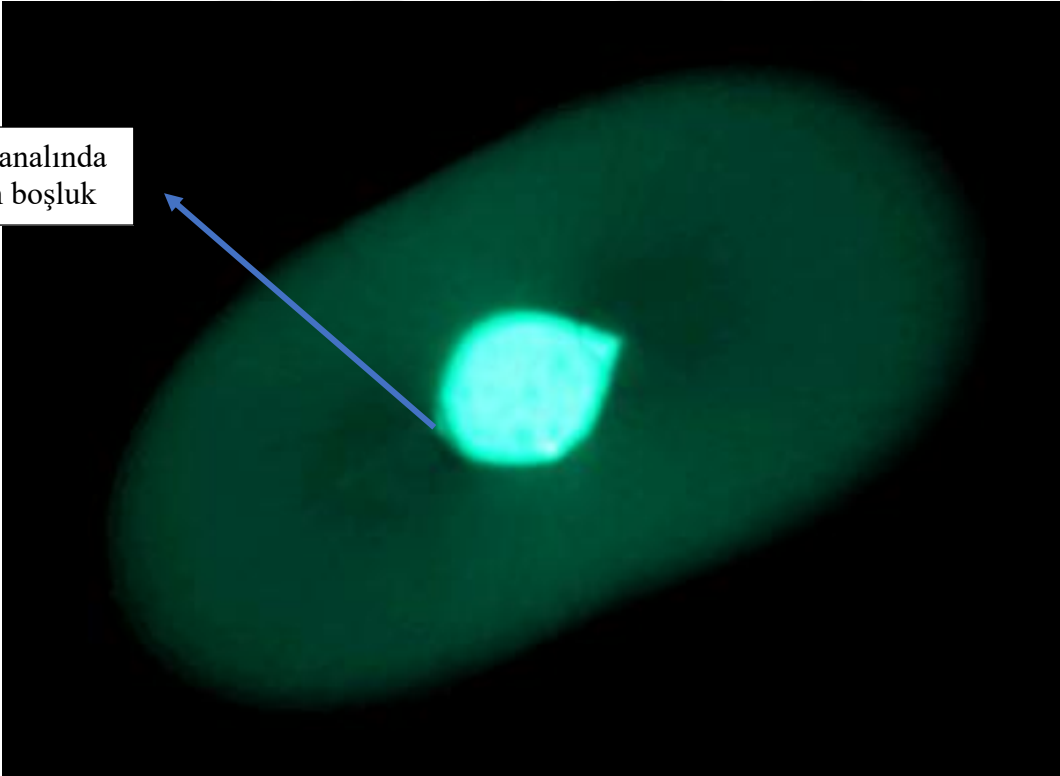


Resim 3.5. Endosequence BC Sealer ile doldurulmuş kanalın aksiyal görüntüsü

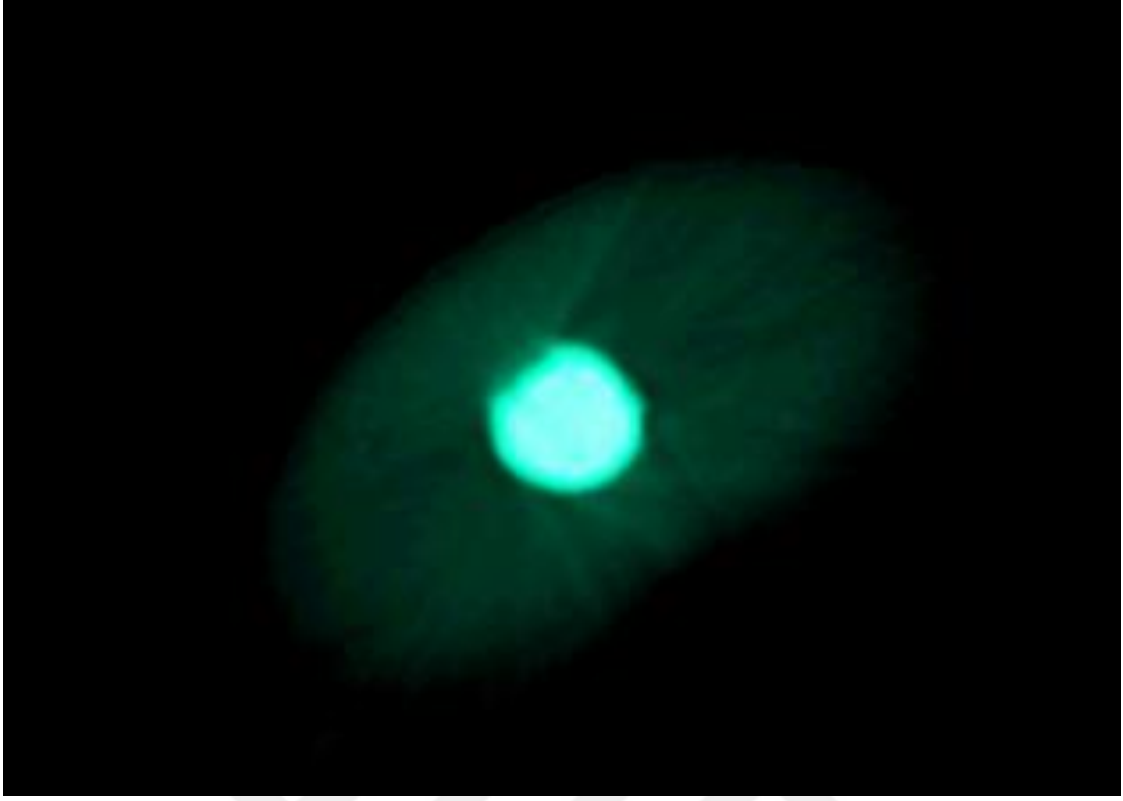


Resim 3.6. Endosequence BC Sealer ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit koronal üçlü görüntüsü

Kök kanalında
oluşan boşluk



Resim 3.7. Endosequence BC Sealer ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit orta üçlü görüntüsü



Resim 3.8. Endosequence BC Sealer ile doldurulmuş kanalın sagittal kesit apikal uçlu görüntüsü

4.TARTIŞMA

Hermetik ve sızdırmaz bir şekilde kök kanallarının doldurulması endodontik tedavinin başarısı için önemli bir faktördür. Bunu sağlamak için, farklı kök kanal patları ve farklı kök kanal dolgu tekniklerinden yararlanılır (Ungor ve ark. 2006). Ayrıca yapılan endodontik tedavilerde kullanılan bu patların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin sızdırmazlığı etkilediği bildirilmiştir (Carvalho-Júnior ve ark. 2003). Bu nedenlerden dolayı standart kök kanal dolgusu özellikleri olarak; doku sıvılarında çözünmemeli ve nem varlığından etkilenmemelidir. Yine boyutsal olarak stabil olmalı, sertleşme esnası ve sonrasında büzülme göstermemelidir. Dentin kanallarına penetre olabilmeli, dentin ve kor materyalleri ile iyi adezyon sağlamalıdır şeklinde belirtilmiştir.

Grossman (1970), Branstetter ve Fraunhofer (1982)'e göre adezyon ideal kök kanal patının sahip olması gereken önemli özelliklerdendir. Son yıllarda kök kanalının daha etkili bir şekilde doldurulmasını sağlamak amacıyla dentin adezyon teknolojilerine bağlı olarak farklı dolgu maddeleri ve kanal dolgu patları geliştirilmektedir (Stiegemeier ve ark. 2010). Bu konudan yola çıkarak üretici firmalar kök kanal dentini ile tek bir koheziv yapı oluşturmak ve monoblok etki sağlamak için endodontinin alanı olan adeziv diş hekimliğine özellikle odaklanmışlardır (Hashem ve ark. 2009).

Optimum adezyon için mikromekanik yüzey kilitlenmesi sağlayacak, kimyasal adezyon ve penetrasyona izin verecek, moleküller arası çekim kuvvetine yardımcı olacak şekilde dentin ile adeziv materyal arasında homojen bir yapıya gereksinim vardır. Dentinin geçirgenlik ve çözünürlük özelliklerinin değişimi dolgu maddelerinin kök kanal yüzeyine adezyonunu etkileyebilmektedir. Bu yüzden adezyon işlemleri sert yüzeyin yüzey enerjisinden de etkilenmektedir (Hashem ve ark. 2009).

AH Plus, düşük sitotoksite (Leyhausen ve ark. 1999), biyouyumluluk ve iyi doku toleransı (Leonardo ve ark. 1999), kolay hazırlanma, uzun çalışma süresi, etkili adaptasyon ve örtücülük (De Almeida ve ark. 2000, Miletic ve ark. 2002, Kardon ve ark. 2003) gibi nedenlerle endodontide sıklıkla tercih edilen rezin esaslı bir kök kanal dolgu patıdır (Leonardo ve ark. 1999). Ancak, tüm bu olumlu özelliklere rağmen AH Plus patının kök kanal sisteminde ideal bir tıkama oluşturamadığı ve bakterilerin kök kanal

sisteminden periapikal bölgeye geçişini tam olarak engelleyemediği bildirilmiştir (Bodrumlu ve ark. 2006). Nitekim, tam olarak doldurulamamış ve bu nedenle etkili tıkaç oluşturulamamış kanal dolgularının; bakteri, bakteri ürünleri ve doku sıvılarının dış dokusu ve dolgu arasındaki mikro aralıktan geçişi olarak tanımlanan mikrosızıntıyı engelleyemediği ve endodontik tedavinin bu nedenle başarısızlıkla sonuçlandığı genel olarak kabul edilen bir görüş olmuştur (Saunders 1990). Rezin esaslı kök kanal dolgu patlarında ideal sonuçların tam olarak alınamaması, bu materyaller dışında temelini başka materyallerden alan kök kanal patlarının üretilmesine, önerilmesine ve ideal örtücülük sağlayan kanal patlarının arayışının devam etmesine neden olmuştur (Gandolfi ve ark. 2013, Kuçi ve ark. 2014). Kalsiyum silikat ve kalsiyum fosfat esaslı kanal dolgu patları, son yıllarda rezin esaslı kök kanal dolgu patlarına alternatif olarak sunulan ve giderek popülerite kazanan bir dolgu patı olmuştur. Biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patları nano boyutta ve partiküler özellik taşıyan patlardır. Kalsiyum ve hidroksit iyonlarının çökmesi sonucu hidroksi apatit tabakası oluşmakta, bu da dolgu ile dentin duvarı arasında kimyasal bağlantı sağlamaktadır. Ayrıca, yüksek hidrofilik özelliği ve düşük yüzey gerilimi sayesinde kök kanal sistemine ve aksesuar kanallara kolayca yayılma göstermektedir. Böylece örtücülüğü yüksek bir tıkama sağlamaktadır (Razavian ve ark. 2014).

Biyoseramik materyallerin kullanımı ile ilişkili iki önemli avantaj vardır. Bu patların biyouyumluluklarının çevre dokular tarafından tolere edilmesinin ilk önemli avantaj olduğu bildirilmiştir (Koch ve ark. 2009). Diğer avantaj ise, patların kalsiyum fosfat içermeleridir. Bu sayede, diş ve kemik apatit malzemelerine benzer bir kimyasal bileşim ve kristal yapı oluşumu ile patın kök dentinine bağlanması gerçekleşir (Ginebra ve ark. 1997). Biyoseramik esaslı kanal patlarının kullanımının materyalin osteoindüktif, hidrofilik, adeziv ve kök kanal duvarlarına kimyasal olarak bağlanabilmesi özellikleri sebebiyle, uzun vadede mikrosızıntıyı ve kök kanal dolum materyali ile diş yapıları arasında oluşabilecek kalıntıları elimine etmede etkili bir yaklaşım olduğu savunulmuştur (Kossev 2009).

Bağlanma dayanımı kök kanal duvarı ile kök kanal patı arasındaki bağlantıyı ifade eder. Kök kanal tedavisinin uzun dönemli başarısını etkileyen en önemli faktörlerden birisi olan mikro sızıntının engellenmesinde kök kanal duvarına patın bağlanmasının etkili olduğu ve bu bağlanmada oluşan mikro boşlukların önem kazandığı bildirilmiştir.

Geçmişten günümüze mikro-sızıntının değerlendirilmesinde boya sızıntı testi, bakteriyel sızıntı testi, radyoizotop testi, bilgisayarlı sıvı filtrasyon metodu ve glikoz filtrasyon testleri gibi yöntemlerden faydalanılmıştır. Ancak yapılan bu testlerde örneklerin bir daha tekrar kullanılamaması, testlerin tekrar edilebilirliğinin olmaması gibi dezavantajları yüzünden son yıllarda mikro BT popüler hale gelmiştir. Ayrıca önceki test metodlarında yapılan birçok araştırmanın tutarsız olduğu ve kafa karışıklığına neden olduğu gösterilmiştir (Fogel ve ark. 2001).

Son yıllarda, objektif değişkenlerin Mikro BT analizi ile non-invaziv olarak değerlendirilmesi oldukça popüler hale gelmiştir. Bu teknikle hacimler hesaplanabilir ve nitel görsel görüntü analizi yapılabilmektedir. Mikro BT restoratif malzemeleri, boşlukları ve diş yapılarını ayırt etme potansiyeline sahiptir (Jung ve ark. 2005). Kök kanal dolgularının analizi amacıyla Mikro BT kullanımının tekrarlanabilirliği ve doğruluğu birçok çalışmada gösterilmiştir (Jung ve ark. 2005, Shokouhinejad ve ark. 2013). Çalışma için hazırlanmış örneğe hasar vermeyen bu teknik kök kanal sisteminde yer alan boşlukların hızlı bir şekilde görüntülenebilmesini sağlar ve kanal içinde oluşan boşlukların yöneliminin ve sürekliliğinin üç boyutlu görüntüsünü oluşturur (Li ve ark. 2014). Yöntemin oluşturmuş olduğu avantajlar göz önünde bulundurularak çalışmamızda patların örtücülük kalitesinin mikro BT ile değerlendirilmesi tercih edilmiştir. Mikro BT ile incelenen tüm örnekler çeşitli kesitlerde görülebilmiş, örneklerle zarar verilmemiş ve istenen veriler elde edilebilmiştir. Mikro BT bütün kök kanal sistemini üç boyutlu olarak göstermektedir.

ProRoot MTA, Biodentine ve BC Putty kök kanal patları kullanılarak yapılan bir çalışmada bütün gruplarda kanal dolumundan sonra alınan mikro BT görüntülerde kanal sistemi içerisinde doldurulamamış boşluklar tespit edilmiştir (Toia ve ark. 2020). Toia ve ark.'nın yaptığı bu çalışmada gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamasının sebebi kullanılan materyallerin çok benzer fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmasıdır.

Kök kanal patlarının doldurulmasından sonra oluşan boşluğun hacmi ile patların akışkanlığını mikro BT ile karşılaştıran bir çalışmada AH Plus ve Neo MTA Plus kök kanal patları karşılaştırılmıştır (Pinto ve ark. 2020). AH Plus'ın akışkanlık açısından Neo MTA Plus'a üstünlük kurduğu gösterilmiştir. Ancak AH Plus daha akışkan olmasına rağmen çalışma sonucunda iki grup arasında dolum sonrasında kalan boşluk hacmi açısından benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Kanal patının kökün apikalinde kapladığı hacmi mikro BT ile inceleyen bir çalışmada dört farklı kök kanal patı karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan patlar AH Plus, Endofill, Sealapex ve AH 26 patlarıdır. Çalışmanın sonucunda apikal bölgede en az hacim kaplayan patın Sealapex, en fazla hacim kaplayan patın ise AH Plus olduğu gösterilmiştir. AH Plus içeriğindeki epoksi rezin sayesinde daha yüksek viskoziteye sahiptir ve bu da apikal bölgede daha fazla hacim kaplamasına neden olmuştur (Araujo ve ark. 2016).

Kalsiyum silikat siman ile kalsiyum silikat esaslı kök kanal patının retrograd dolgu materyali olarak kullanıldığında oluşan boşlukların karşılaştırıldığı bir çalışmada mikro BT görüntüleme tercih edilmiştir. Mikro BT görüntüleme örneklerle zarar vermemesi, üç boyutlu olması ve hassas ölçümlere olanak sağlaması nedeniyle tercih edilmiştir. Materyallerin hem kanal duvarlarıyla arasında oluşan hem de kendi içinde oluşturduğu boşluklar incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Çalışmada kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının kök rezeksiyonu sonrasında retrograd dolgu materyali olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Jung ve ark. 2020).

Zhong ve ark.'larının yaptığı çalışmada tek kon yöntemi kullanılarak GuttaFlow Bioseal (Coltene Whaledent GmbH 1 Co KG, Langenau, Switzerland), GuttaFlow 2 (Coltene Whaledent GmbH 1 Co KG) ve MTA Fillapex (Angelus Industria de Produtos Odontologicos S/A, Londrina, PR, Brazil) kök kanal patları ile doldurulmuş kanalların boşlukları karşılaştırılmıştır. GuttaFlow Bioseal (Coltene Whaledent GmbH 1 Co KG, Langenau, Switzerland) ve GuttaFlow 2 (Coltene Whaledent GmbH 1 Co KG) grupları ile doldurulan kök kanallarında daha az boşluk kaldığı gösterilmiştir. MTA Fillapex (Angelus Industria de Produtos Odontologicos S/A, Londrina, PR, Brazil) grubunda ise istatistiksel olarak anlamlı olmasada daha fazla boşluk kaldığı gözlenmiştir. Çalışmanın sonucunda tek kon tekniği kullanılarak GuttaFlow 2 ve GuttaFlow Bioseal ile doldurulan

kanalların daha hermetik ve nitelikli bir kanal dolgusu sağladığı gösterilmiştir (Zhong ve ark. 2019).

Kök kanallarında oluşan boşlukları etkileyen faktörlerden bazıları şunlardır; kök kanal anatomisi, kanal preparasyonunun kalitesi, kök kanal patının hacmi, operatörün becerileri ve kök kanallarını doldurmak için kullanılan tekniktir. Pedulla ve ark.'larının yaptığı çalışmada BioRoot RCS ve GuttaFlow Bioseal kök kanal patları ile doldurulmuş kanallarda oluşan boşluklar karşılaştırılmıştır (Pedullà ve ark. 2020). GuttaFlow Bioseal ile doldurulmuş kök kanallarında istatistiksel olarak anlamlı oranda daha az boşluk tespit edilmiştir. En fazla boşluk hacmi BioRoot RCS grubunun koronal üçlüsünde tespit edilmiştir (Pedullà ve ark. 2020).

Endodontik çalışmalarda, AH Plus gibi epoksi rezin içerikli patlar, azalmış çözünürlük, uzun süreli boyutsal stabilite ve dentine yeterli mikroretansiyon özellikleri sebebiyle sıklıkla kontrol materyali olarak tercih edilirler (Carneiro ve ark. 2012). AH Plus kanal patı, düşük boşluk yüzdesi ve daha önce yapılan çalışmalarda bildirilen özelliklerinden dolayı diğer yeni patlarla karşılaştırma amacıyla çalışmamızda kullanılmıştır (De-Deus ve ark. 2011). Resin esaslı materyallerin en önemli sorunu, sertleşme reaksiyonları sırasında meydana gelen polimerizasyon büzülmesi sonucu boyutsal stabilitelerini koruyamamalarıdır (Bergmans ve ark. 2005).

AH Plus'ın örtücülük yeteneği içeriğindeki silikon yağı ve diğer içerikler sebebiyle de etkilenmiş olabilir. Kurulama protokolü sırasında yapılan hatalar nedeniyle nemli dentin yapısı AH Plus gibi yağ içerikli bir materyalin kök kanal duvarlarını tamamen ıslatmasını engellemiş ve patın adezyon kabiliyetini olumsuz etkilemiş olabilir (Zmener ve ark. 1997). Bu durum da materyalin kök kanal duvarlarına zayıf adaptasyonuna ve boşluk oluşumuna neden olmuş olabilir. AH Plus grubunda ara yüzey boşluklarının oluşmasında bir diğer etken olarak patın sertleşme reaksiyonun hızlı bir şekilde gerçekleşmesi de düşünülebilir. Yang ve ark. (Yang ve ark. 2007) biri biyoseramik, diğeri ise resin esaslı olan kanal dolgu patlarının apikal bölgede oluşturdukları sızıntıyı incelemişler ve AH Plus'a oranla biyoseramik esaslı patın daha iyi örtücülük sergilediğini bildirmişlerdir. Diğer yandan, AH Plus ile biyoseramik içerikli bir kanal patının oluşturduğu sızıntının karşılaştırıldığı benzer çalışmalarda patlar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (Ersahan ve ark. 2010). Çalışma sonuçlarımız bu değerlendirmelerle

uyumlu bulunmuş ve AH Plus grubunun ara yüzey boşluk oluşumu açısından EndoSequence BC Sealer grubu ile benzer sonuçlar oluşturduğu gözlenmiştir.

Araştırmamız sırasında yapısal ve morfolojik özelliklerin aynı olması ve klinik koşullar ile uyumlu sonuçlar alınabilmesi amacıyla çekilmiş insan daimî dişlerinin kullanılması tercih edilmiştir. Araştırmamızda kullanılacak dişlerin tek köklü, tek kanallı ve kök uçlarının kapanmış olması şartı aranmış; bu özellikleri içermeyen dişler ise araştırmamıza dahil edilmemiştir. Ayrıca dişlerde çalışma sonuçlarını değiştirebilecek herhangi bir çürük, kök kırığı, çatlağı ya da kök rezorpsiyonu gibi durumların bulunmamasına dikkat edilmiştir (Andreasen ve ark. 2006, Hatibovic-Kofman ve ark. 2006, Stuart ve ark. 2006, Bortoluzzi ve ark. 2007). Araştırmamızda kullanacağımız çekilmiş dişlerin saklama solüsyonun belirlenmesi için referans olarak alınan çalışmalarda sıklıkla timol solüsyonunun kullanılması, dişlerin dehidratasyonunun bu şekilde engellenebilmesi ve çalışmamızda bakteri konulu bir parametre bulunmaması nedeniyle, kullandığımız çekilmiş insan dişlerinin timol solüsyonunda bekletilmesi tercih edilmiştir (Li ve ark. 2014, Celikten ve ark. 2015).

Araştırmamızda operatör uygulamalarını standardize etmek amacıyla tek köklü daimî keser dişler kullanılmıştır. Tek köklü daimî dişlerin mikro bilgisayarlı tomografi görüntülerinin daha kolay ve net tarandığı gösterilmiştir (Andreasen ve ark. 2006, Celikten ve ark. 2015). Araştırmamızda tek kon tekniğinin seçilmesinin nedenleri arasında; popüler olması, operatör hatalarını en aza indirmesi, deneysel sonuçları standardize edebilmesi, kolay uygulanabilmesi ve günümüzde çoğu hekimin tercih etmesi nedenleri sıralanabilir. Bu sebeplerden dolayı çalışmamızda kullandığımız kök kanalları tek kon tekniği ile doldurulmuştur.

Araştırmamızda örneklerin hazırlanması için kuronlarının uzaklaştırma işlemi Bodrumlu ve ark.'nın (Bodrumlu ve ark. 2006) yaptıkları çalışmadaki gibi elmas disklerle yapılmıştır. Çalışmada kullanılacak dişlerin kök boyu apekten yukarıya doğru 13 mm olacak şekilde ayarlanmış ve kalan diş dokuları elmas disklerle uzaklaştırılmıştır. Çalışma boyu #10 numara K tipi eğe benzer çalışmalardaki gibi 12 mm olacak şekilde standardize edilmiştir (Li ve ark. 2014, Celikten ve ark. 2015). Kök kanal sistemi çalışma boyunun 12 mm seçilmesinin amacı, kökü koronal-orta-apikal olmak üzere eşit uzunlukta üç bölgeye ayırabilmek ve değerlendirebilmektir. Ayrıca çalışma boyunu foramen

apikalenin 1 mm koronalinde bitirmek klinik şartlarda endodontik tedavi için yeterli görülmektedir.

Kök kanalının ideal olarak hazırlanması, apekte en küçük çap ve kanal girişinde en geniş çapa sahip huni biçimli bir form oluşturularak gerçekleştirilir (Schilder 1974). Bu form geleneksel el aletleri ya da döner aletler ile sağlanabilir. Çocuk hastalarda geleneksel el aletleri ile kullanılan teknikler zaman alıcı olabilir ve özellikle genç daimî dişlerde olduğu gibi geniş hacimli kanallarda eksik preperasyona neden olabilir. Glosson ve ark.'na göre (Glosson ve ark. 1995) rotary sistemler, geleneksel paslanmaz çelik el aletleri ile karşılaştırıldığında daha iyi merkezlenmiş ve daha yuvarlak bir kanal preperasyonu ortaya çıkarmaktadır. Nitekim çalışmamızda da standart kanalların elde edilmesi amacıyla Ni-Ti döner aletler kullanılmış ve aynı boy ile hacme sahip kanalların oluşturulması amaçlanmıştır. Ancak kök kanal sisteminin hacmi düşünüldüğünde daimî dişler göz önünde bulundurulmuş (Andreasen ve ark. 2002) ve kök kanal sisteminin preparasyonu bu amaçla F3 nolu eğe ile bitirilmiştir.

Dentin yüzeyinde oluşan ve smear olarak adlandırılan (Mickel ve ark. 2003) debris tabakasının kanal dolumu öncesi uzaklaştırılması hala tartışılmaya devam eden bir konudur. Bazı araştırmacılar, smear tabakasının dentin tübüllerine bakterilerin geçişini engellediği ve metabolitlere karşı bariyer oluşturduğunu öne sürerek bu tabakanın kaldırılmaması gerektiğini savunmuşlardır (Vojinovic ve ark. 1973). Bunun tam tersini düşünen araştırmacılar ise, irrigasyon solüsyonunun etkinliğini azaltmasının yanı sıra, bakterilerin kolay bir şekilde üremeleri açısından konak olması ve dentin tübüllerine geçişlerini kolaylaştırması nedenleriyle bu tabakanın kaldırılması gerektiğini savunmuşlardır (Cengiz ve ark. 1990). Buna ilave olarak, smear tabakasının kanal patı ile dentin duvarı arasında gerçekleşen mikrosızıntının oluşumunda etken faktör olduğu bildirilmiştir (Saunders 1990). Bunda esas neden olarak, smear tabakasının zaman içerisinde bakteri ürünleri veya toksinleri ile çözünmesi ve kök kanal sistemi içerisinde boşlukların oluşması gösterilmiştir (Meryon ve ark. 1986). Bodrumlu ve ark. (Bodrumlu ve ark.) tarafından farklı irrigasyon solüsyonlarının biyoseramik esaslı patların apikal örtücülüğü üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, en az sızıntının şelasyon ajanlarıyla yıkanmış kanallarda olduğu tespit edilmiştir ve biyoseramik esaslı kök kanal patının örtücülüğünün artırılması amacıyla şelasyon

ajanının kullanılması önerilmiştir. Smear tabakası için belirtilen olumsuz durumların eliminasyonu amacıyla çalışmamızda bu tabakanın kaldırılması tercih edilmiştir.

Yapılan çeşitli araştırmaların neticesinde smear tabakasının uzaklaştırılması için %5,25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarının sırayla kullanımı tavsiye edilmiştir (Baumgartner ve ark. 1987). Preparasyon sırasında her alet değişiminde irrigasyon amacıyla %0,5, %1-1,25, %2,5, %5-5,25 ve %6 gibi farklı yüzdelerde ve hacimlerde NaOCl kullanılmış olup bunlar içerisinde en sık tercih edilen NaOCl yüzdesi %5-5,25 olmuştur (Pitout ve ark. 2006). Johnson ve Noblett (Jeppson 2012), smear tabakasının kaldırılabilmesi amacıyla %17'lik EDTA'nın 1 dk boyunca kök kanal sistemine uygulanmasının ardından son irrigasyon olarak NaOCl kullanımını tavsiye etmişlerdir. Buna neden olarak, EDTA'nın inorganik dokuları çözmesinin ardından ortamda kalan organik artıkların NaOCl ile çözülerek uzaklaştırılması gerektiği gösterilmiştir. EDTA solüsyonunun uzun süreli uygulamalarda dentin dokusunda yapısal bozunmaya neden olabileceği uyarısı (Calt ve ark. 2002) dikkate alınarak, önerildiği şekilde EDTA ile her bir örnekte sadece 1 dakika boyunca irrigasyon yapılmıştır.

Araştırmamızda; kapalı kök kanal sistemini simüle edilebilmesi, irrigasyon için gereken kapalı sistemin oluşturulması, kanalların çalışma boyuna kadar tam olarak doldurulabilmesi, kanal dolgu malzemelerinin apikalden taşmasının engellenmesi ve kanal dolgu patlarının sertleşmesi için gereken sürede apikal bölgenin izolasyonu için diş köklerinin uçları Li ve ark.'nın (Li ve ark. 2014) yaptıkları in vitro çalışmada uyguladıkları prosedür referans alınarak modelaj mumu ile kapatılmıştır. Kök kanal dolgu materyallerinin sertleşmesinden sonra mikro bilgisayarlı tomografi taramalarının kalitesinin etkilenmemesi amacı ile mum modelajlar kök uçlarından uzaklaştırılmıştır.

Çalışmamızda kök kanallarının doldurulmasında kullanılan patlardan AH Plus kök kanal dolgu patı ve yeni geliştirilen patlardan olan Endosequence BC Sealer kanal dolgu patları tercih edilmiştir. Endodontik patların bağlanma dayanımının değerlendirildiği çalışmalarda AH Plus diğer kök kanal patlarından daha başarılı bulunmuş olup bu konuda altın standart olarak kabul edilmiş bir kök kanal patıdır (Lee ve ark. 2002). AH Plus kök kanal patının boyutsal stabilitesi ve dentin duvar adaptasyonu iyi olduğu, antibakteriyel özelliklerinin olduğu belirtilmiştir (Kaplan ve ark. 2003). Literatürde yeni geliştirilen güncel kök kanal patlarından Endosequence BC Sealer (Shokouhinejad ve ark. 2012,

Shokouhinejad ve ark. 2013) ile ilgili olarak ise sınırlı sayıda bağlanma dayanımı çalışması bulunurken kök kanalında oluşan boşluğun bağlanma dayanımı ile karşılaştırması yapılan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu iki farklı kök kanal dolgu patının dentin bağlanma dayanımı ile doldurulmuş kanallarda oluşan boşlukların mikro BT ile değerlendirilmesini amaçladık.

Çalışmamızda push-out bağlanma dayanımı testlerinin sonucunda koronal üçlüde ve orta üçlüde iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Buna karşın apikal üçlüde EndoSequence BC Sealer (2.73 ± 0.20) grubunun bağlanma dayanımı ölçümleri AH Plus Sealer (4.77 ± 0.32) grubunun bağlanma dayanımı ölçümlerinden daha yüksek çıkmıştır ($p < 0.05$). Nagas ve ark. (2012) dentin tübüllerindeki nem miktarının AH Plus patının bağlanma dayanımını olumsuz etkilediğini göstermişlerdir. Amin ve ark. (2012)'lerinin IRoot SP, AH Plus ve MTA-Fillapex patları ile yaptıkları çalışmada ise kâğıt konlarla kök kanalları kurutulduktan sonra nem oranının apikal üçlüde en yüksek olduğunu göstermişlerdir. Hidrofilik bir yapıya sahip olan EndoSequence BC Sealer patı ile doldurulmuş kök kanallarının apikal üçlüdeki bağlanma dayanımının daha yüksek olması; apikal üçlüdeki nem oranının daha yüksek olması ile açıklanabilir. Ballal ve ark.'ları EDTA solüsyonun final yıkama solüsyonu olarak kullanıldığı zaman AH Plus kanal patının ıslanabilirliğinin ve yayılımının azaldığını göstermişlerdir. Çalışmalar kâğıt konların apikal üçlüde en az kurulama etkisine sahip olduğunu göstermiştir (Friedman ve ark. 1997, Shipper ve ark. 2004). Bu nedenle çalışmamızda final yıkama protokolünde kullanılmış olan EDTA solüsyonu apikal üçlüde daha fazla kalmış olabileceğinden AH Plus kanal patının bağlanma dayanımına olumsuz etki etmiş olabilir ve bu durum sonucunda ise bağlanma dayanımı apikal üçlüde olumsuz yönde etkilenmiş olabilir. Biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patları kanal içerisindeki nemi kullanarak dentin tübüllerine flama benzeri uzantılar (tag like structure) yaparak kök kanal duvarlarıyla olan bağlantısını arttırmaktadır. Dentin tübüllerinin sıklığının apikal bölgeye doğru arttığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Lo Giudice ve ark. 2015). Bu nedenle çalışmamızda kullanılan biyoseramik esaslı bir kök kanal patı olan EndoSequence BC Sealer'ın apikal üçlüde ki bağlanma dayanımı daha yüksek çıkmış olabilir.

Araştırmamızda incelenen tüm gruplarda kök kanal sisteminin bütünü değerlendirildiğinde pat ile GP arasında ve pat ile dentin duvarı arasında ara yüz boşluklarının oluştuğu tespit edilmiştir. Ara yüzey boşluk oluşumu açısından yapılan

karşılaştırmada ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Her ne kadar üretici firmalar tarafından AH Plus ve EndoSequence BC Sealer kanal dolgu patlarının etkili bir adaptasyon ve tübül penetrasyonu oluşturabildikleri öne sürülse de (Kaplan ve ark. 2003, Shokouhinejad ve ark. 2013), çalışma sonuçlarımız boşluk oluşumunun tüm kanal patlarında gerçekleşebildiğini göstermiştir.

Mikro BT bütün kök kanal sistemini üç boyutlu göstermektedir ancak küçük boşlukların gösterilmesinde yetersiz kalabilmektedir. Bunun nedeni de kök kanal patlarının radyopak olup mikro BT'nin de Mikroskop görüntü alma konusunda daha hassastır ancak mikroskop kök kanal sisteminin tamamını gösteremez (Celikten ve ark. 2016, Kim ve ark. 2018). Çalışmamızda doldurulmuş kök kanal sistemlerinde AH Plus ve EndoSequence BC Sealer grupları arasında boşluk oluşması açısından anlamlı bir fark bulunamamasına neden olmuştur.

Çalışmamızda kök kanal dolumundan sonra oluşan boşluklar ile bağlanma dayanımı arasında tam olarak bir ilişki kurulamadığı gösterilmiştir. Kök kanal patlarının kendi yapısında oluşan çatlak ve kırıklar, kök kanal patlarının kendi içerisindeki bağlanmaları ve kök kanal patlarının gütaperka ve dentin ile olan bağlanmaları etkili olmuş olabilir (Nakabayashi 1985, Lee ve ark. 2002).

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamız iki bölüm halinde planlanmıştır. Birinci bölüm Endosequence BC Sealer ve AH Plus kök kanal patlarının dentine olan adezyonun push-out yöntemi ile değerlendirilmesi ve ikinci bölüm ise mikro bilgisayarlı tomografi ile kök kanal duvarı ve kök kanal dolgu materyali arasında kalan boşluğun hesaplanarak değerlendirilmesidir. Yaptığımız bu çalışma sonrasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

1. Çalışmamızda bağlanma dayanımı açısından EndoSequence BC Sealer grubu ile AH Plus grubu arasında apikal üçlüde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. EndoSequence BC Sealer grubunun apikal üçlüde bağlanma dayanımı değeri daha yüksek çıkmıştır.
2. Çalışmamızda kök kanallarının dolumu sonrasında kalan boşluk açısından EndoSequence BC Sealer grubu ile AH Plus grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.
3. İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte kök kanallarının doldurulmasından sonra oluşan boşluk hacmi açısından EndoSequence BC Sealer kök kanal patı ile doldurulmuş kanallarda daha az boşluk hacmi kaldığı gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak; klinik başarısı gösterilmiş, kullanımı yaygın olan ve çalışmalarda altın standart olarak kabul edilen rezin esaslı AH Plus kök kanal patına bağlanma dayanımı açısından özellikle apikal üçlüde üstünlük gösteren, dolum sonrasında kök kanallarında oluşan boşluk açısından da AH Plus ile benzerlik gösteren EndoSequence BC Sealer kök kanal patının başarılı bir kök kanal tedavisi için diğer patlara alternatif bir pat olabileceğini düşünmekteyiz.

ÖZET

İki Farklı Kök Kanal Patı ile Doldurulmuş Kanallarda Oluşan Boşlukların İncelenmesi ve Boşlukların Bağlanma Dayanımına Etkisinin Değerlendirilmesi

İki farklı kök kanal dolgu patını kullanarak doldurulan kanallarda oluşan boşluğun bağlanma dayanımına etkisinin değerlendirilmesini amaçladığımız çalışmamızda, 30 adet tek köklü ve tek kanallı alt santral dişler kullanıldı. Dişlerin kök boylarının standardizasyonunu sağlamak için kesme cihazı (Metkon, Microcut precisioncutter, Bursa, Turkey) ile su soğutması kullanılarak kök ucundan 12mm uzaklıkta olacak şekilde kron kısımları kesilerek uzaklaştırıldı. Tüm kanallar Ni-Ti Protaper Universal eğe sistemi ile F3'e kadar crown down tekniği ile prepare edildi. Kök kanallarının preparasyonunu takiben smear tabakasını kaldırmak amacıyla kök kanalları 2ml %5'lik NaOCI sonra 2ml %17'lik EDTA ile 1 dk, daha sonra 2 ml %5'lik NaOCI solüsyonu ile yıkandı. Son olarak solüsyonların etkinliklerini sonlandırmak amacıyla 10 ml distile su ile yıkanan kök kanalları steril kağıt konlarla kurulandı. Hazırlanan örnekler rastgele 15'er dişten oluşan AH Plus grubu ve EndoSequence grubu olmak üzere iki gruba ayrıldı. Tüm örnekler kök kanal patlarının sertleşmeleri tamamlanana kadar 37°C'de %100 nemli ortamda 1 hafta süresince etüv de bekletildi. Örneklerin taranması için yüksek çözünürlüklü mikro-BT sistem (Bruker Skyscan 1172, Kontich,Belgium) kullanıldı. Mikro-BT sistem 100 kVp,100 mA ve 0.5 mm Al/Cu filtre; voxel boyutları 13.65 µm ve 0.5 rotasyona ayarlandı. Ring artefaktları en aza indirmek için her tarama öncesi detektöre hava kalibrasyonu yapıldı. Örneklerin rekonstrüksiyonu için NRecon (ver.1.6.5.2, SkyScan, Kontich, Belçika) yazılımı kullanılmıştır. Düşük hızda, su soğutması ile çalışan mikro kesme cihazına (Metkon, Microcut precisioncutter, Bursa, Turkey) yerleştirilen her bir örneğin koronal, orta ve apikal üçlüsünden 1 mm kalınlığında horizontal kesitler alındı ve örnekler 'push-out' bağlanma dayanımı testi uygulandı. İtme testi kuvveti kanal dolgu patı kuvvet doğrultusunda aniden dentinden ayrılıp düşene kadar apikalden koronale doğru uygulandı. Uygulanan kuvvet değerleri Nexygen bilgi analiz programı (LIYOD Instruments Ltd) ile kaydedildi. Maksimum kırılma kuvveti Newton (N) olarak kaydedildi ve Megapaskal (MPa) birimine çevrildi.

Kök kanallarında oluşan boşluklar açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bağlanma dayanımı açısından koronal üçlü ve orta üçlüde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamazken, apikal üçlüde EndoSequence BC Sealer grubunun bağlanma dayanımı AH Plus grubuna göre daha yüksek çıkmıştır.

Sonuç olarak kalsiyum silikat esaslı bir pat olan EndoSequence BC Sealer'ın rutin klinik kullanım açısından uygulanabilecek bir kök kanal dolgu patı olduğunu düşünüyoruz.

Anahtar Sözcükler: AH Plus, mikro bilgisayarlı tomografi, EndoSequence BC Sealer, bağlanma dayanımı testi, adezyon, kök kanal boşlukları

SUMMARY

Evaluation of Voids of Root Canals Filled with Two Different Root Canal Sealers and How Those Voids Effects the Bond Strength

The aim of this study was to evaluate the voids of root canals filled with two different root canal sealers and how voids effects the bond strength. For this purpose, 30 mandibular central incisors with single root and single canal were used. In order to ensure the root length standardization of teeth, 12mm was cut from the apex using water cooling microcut system. All canals were prepared to F3 with crown down technique and Ni-Ti Protaper rotary files. After the preparation final irrigation applied to remove smear layer. Final irrigation protocol was; 2ml %5 NaOCI then 2ml %17 EDTA for 1 min., then 2 ml %5 NaOCI and finally 10 ml serum physiologic to remove all solutions from the root canal. Root canals dried with sterile paper points. Prepared samples were randomly divided into 2 groups including 15 teeth according to the used root canal sealer (AH Plus Sealer, EndoSequence BC Sealer). After the root canals were filled with sealers and gutta percha cones all specimens were stored at 37 °C and 100 % humidity for 1week to complete setting of sealers. High resolution micro computed tomography system (Bruker Skyscan 1172, Kontich,Belgium) was used to scan the samples. Micro computed tomography system set to 100 kVp,100 mA and 0.5 mm Al/Cu filter; voxel size 13.65 µm and 0.5 rotation. NRecon (ver.1.6.5.2, SkyScan, Kontich, Belçika) software used for image reconstruction. Horizontal sections, 1mm thickness were obtained from coronal third, middle third and apical third of the roots and then push-out test was applied. The push-out force was applied in an apicocoronal direction until bond failure occurred, which was manifested by extrusion of the obturation material and a sudden drop along the load deflection. The force was recorded by using Nexygen data analysis software (LIYOD Instruments Ltd). The maximum failure load was recorded in Newtons and was used to calculate the push-out bond strength in Megapascals (MPa).

No significant differences were found between two groups by voids measured. Intragroup evaluation of bond strength, no significant differences were found between coronal third and middle third. EndoSequence BC Sealer's bond strength at apical third was significantly higher than AH Plus Sealer.

As a conclusion, we think calcium silicate based EndoSequence BC Sealer can be used as a root canal sealer material alternative to standard root canal sealers for clinical use.

Key Words: AH Plus, micro computed tomography, EndoSequence BC Sealer, push-out test, adhesion, root canal voids

KAYNAKLAR

- Ahlberg, K. , W. M. Tay (1998). A Methacrylate-Based Cement Used as a Root Canal Sealer. *International Endodontic Journal* 31(1), 15-21
- Al-Haddad, A. , Z. A. Che Ab Aziz (2016). Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *International journal of biomaterials* 2016,
- Amass, W., A. Amass , B. Tighe (1998). A Review of Biodegradable Polymers: Uses, Current Developments in the Synthesis and Characterization of Biodegradable Polyesters, Blends of Biodegradable Polymers and Recent Advances in Biodegradation Studies. *Polymer international* 47(2), 89-144
- Anderson, P., J. Elliott, U. Bose , S. Jones (1996). A Comparison of the Mineral Content of Enamel and Dentine in Human Premolars and Enamel Pearls Measured by X-Ray Microtomography. *Archives of oral biology* 41(3), 281-290
- Andreasen, J. O., B. Farik , E. C. Munksgaard (2002). Long-Term Calcium Hydroxide as a Root Canal Dressing May Increase Risk of Root Fracture. *Dental Traumatology* 18(3), 134-137
- Andreasen, J. O., E. C. Munksgaard , L. K. Bakland (2006). Comparison of Fracture Resistance in Root Canals of Immature Sheep Teeth after Filling with Calcium Hydroxide or Mta. *Dental Traumatology* 22(3), 154-156
- Araujo, V. L., A. E. Souza-Gabriel, A. M. d. Cruz Filho, J. D. Pecora , R. G. Silva (2016). Volume of Sealer in the Apical Region of Teeth Filled by Different Techniques: A Micro-Ct Analysis. *Brazilian oral research* 30(1),
- Atmeh, A., E. Chong, G. Richard, F. Festy , T. Watson (2012). Dentin-Cement Interfacial Interaction: Calcium Silicates and Polyalkenoates. *Journal of Dental Research* 91(5), 454-459
- Ayrancı, L. B. , M. Köseoğlu (2014). The Evaluation of the Effects of Different Irrigating Solutions and Laser Systems on Adhesion of Resin-Based Root Canal Sealers. *Photomedicine and laser surgery* 32(3), 152-159
- Baumgartner, J. C. , C. L. Mader (1987). A Scanning Electron Microscopic Evaluation of Four Root Canal Irrigation Regimens. *Journal of endodontics* 13(4), 147-157
- Bergmans, L., P. Moisiadis, J. De Munck, B. Van Meerbeek , P. Lambrechts (2005). Effect of Polymerization Shrinkage on the Sealing Capacity of Resin Fillers for Endodontic Use. *Journal of Adhesive Dentistry* 7(4),
- Best, S., A. Porter, E. Thian , J. Huang (2008). Bioceramics: Past, Present and for the Future. *Journal of the European Ceramic Society* 28(7), 1319-1327

- Bodrumlu, E., E. KALYONCUOĞLU , D. H. GÖKTÜRK 313 Farklı Irrigasyon Solüsyonlarının Biyoseramik Esaslı Patların Apikal Örtücülüğü Üzerindeki. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 23(3), 313-317
- Bodrumlu, E. , U. Tunga (2006). Apical Leakage of Resilon Obturation Material. *J Contemp Dent Pract* 7(4), 45-52
- Bortoluzzi, E., E. Souza, J. M. d. S. N. Reis, R. Esberard , M. Tanomaru-Filho (2007). Fracture Strength of Bovine Incisors after Intra-Radicular Treatment with Mta in an Experimental Immature Tooth Model. *International Endodontic Journal* 40(9), 684-691
- Britto, L. R., R. E. Borer, F. J. Vertucci, J. E. Haddix , V. V. Gordan (2002). Comparison of the Apical Seal Obtained by a Dual-Cure Resin Based Cement or an Epoxy Resin Sealer with or without the Use of an Acidic Primer. *Journal of endodontics* 28(10), 721-723
- Calt, S. , A. Serper (2002). Time-Dependent Effects of Edta on Dentin Structures. *Journal of endodontics* 28(1), 17-19
- Carneiro, S., M. Sousa-Neto, F. Rached-Júnior, C. Miranda, S. Silva , Y. Silva-Sousa (2012). Push-out Strength of Root Fillings with or without Thermomechanical Compaction. *International Endodontic Journal* 45(9), 821-828
- Carrotte, P. (2004). Endodontics: Part 8 Filling the Root Canal System. *British Dental Journal* 197(11), 667-672
- Carvalho-Júnior, J. R., L. F. L. Guimarães, L. Correr-Sobrinho, J. D. Pécora , M. D. Sousa-Neto (2003). Evaluation of Solubility, Disintegration, and Dimensional Alterations of a Glass Ionomer Root Canal Sealer. *Brazilian Dental Journal* 14(2), 114-118
- Castagnola, R., L. Marigo, R. Pecci, R. Bedini, M. Cordaro, E. L. Coppola , C. Lajolo (2018). Micro-Ct Evaluation of Two Different Root Canal Filling Techniques. *European review for medical and pharmacological sciences* 22(15), 4778-4783
- Cavenago, B., T. Pereira, M. Duarte, R. Ordinola-Zapata, M. Marciano, C. Bramante , N. Bernardineli (2014). Influence of Powder-to-Water Ratio on Radiopacity, Setting Time, Ph, Calcium Ion Release and a Micro-Ct Volumetric Solubility of White Mineral Trioxide Aggregate. *International Endodontic Journal* 47(2), 120-126
- Celikten, B., C. F. Uzuntas, A. I. Orhan, P. Tufenkci, M. Misirli, K. O. Demiralp , K. Orhan (2015). Micro-Ct Assessment of the Sealing Ability of Three Root Canal Filling Techniques. *Journal of oral science* 57(4), 361-366
- Cengiz, T., B. Aktener , B. Piskin (1990). The Effect of Dentinal Tubule Orientation on the Removal of Smear Layer by Root Canal Irrigants: A Scanning Electron Microscopic Study. *International Endodontic Journal* 23(3), 163-171

Chau, J. Y., J. W. Hutter, T. O. Mork , B. K. Nicoll (1997). An in Vitro Study of Furcation Perforation Repair Using Calcium Phosphate Cement. *Journal of endodontics* 23(9), 588-592

Cherng, A. M., L. C. Chow , S. Takagi (2001). In Vitro Evaluation of a Calcium Phosphate Cement Root Canal Filler/Sealer. *Journal of endodontics* 27(10), 613-615

Cohen, S. , K. Hargreaves (2006). *Pathways of the Pulp. 9th edition, Mosby*, 358-400

Çobankara, F. K., N. Adanır , S. Belli (2004). Evaluation of the Influence of Smear Layer on the Apical and Coronal Sealing Ability of Two Sealers. *Journal of endodontics* 30(6), 406-409

De-Deus, G., C. Reis, K. Di Giorgi, M. C. Brandão, C. Audi , R. A. S. Fidel (2011). Interfacial Adaptation of the Epiphany Self-Adhesive Sealer to Root Dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 111(3), 381-386

De Almeida, W., M. Leonardo, M. T. Filho , L. Silva (2000). Evaluation of Apical Sealing of Three Endodontic Sealers. *International Endodontic Journal* 33(1), 25-27

Dow, P. R. , J. I. Ingle (1955). Isotope Determination of Root Canal Failure. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 8(10), 1100-1104

Elliott, J. C. , S. Dover (1982). X-Ray Microtomography. *Journal of microscopy* 126(2), 211-213

Elzubair, A., C. N. Elias, J. C. M. Suarez, H. P. Lopes , M. V. B. Vieira (2006). The Physical Characterization of a Thermoplastic Polymer for Endodontic Obturation. *Journal of dentistry* 34(10), 784-789

Ersahan, S. , C. Aydin (2010). Dislocation Resistance of Iroot Sp, a Calcium Silicate-Based Sealer, from Radicular Dentine. *Journal of endodontics* 36(12), 2000-2002

Figdor, D. (2002). Apical Periodontitis: A Very Prevalent Problem. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 94(6),

Fogel, H. M. , M. D. Peikoff (2001). Microleakage of Root-End Filling Materials. *Journal of endodontics* 27(7), 456-458

Friedman, S., C. D. Torneck, R. Komorowski, Z. Ouzounian, P. Syrtash , A. Kaufman (1997). In Vivo Model for Assessing the Functional Efficacy of Endodontic Filling Materials and Techniques. *Journal of endodontics* 23(9), 557-561

Gandolfi, M., A. Parrilli, M. Fini, C. Prati , P. M. H. Dummer (2013). 3 D Micro-Ct Analysis of the Interface Voids Associated with T Hermafil Root Fillings Used with Ah P Lus or a Flowable Mta Sealer. *International Endodontic Journal* 46(3), 253-263

Ginebra, M.-P., E. Fernandez, E. De Maeyer, R. Verbeeck, M. Boltong, J. Ginebra, F. Driessens, J. Planell (1997). Setting Reaction and Hardening of an Apatitic Calcium Phosphate Cement. *Journal of Dental Research* 76(4), 905-912

Glosson, C. R., R. H. Haller, S. B. Dove, E. Carlos (1995). A Comparison of Root Canal Preparations Using Ni-Ti Hand, Ni-Ti Engine-Driven, and K-Flex Endodontic Instruments. *Journal of endodontics* 21(3), 146-151

Goodman, A., H. Schilder, W. Aldrich (1974). The Thermomechanical Properties of Gutta-Percha: II. The History and Molecular Chemistry of Gutta-Percha. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology* 37(6), 954-961

Grande, N. M., G. Plotino, L. Lavorgna, P. Ioppolo, R. Bedini, C. H. Pameijer, F. Somma (2007). Influence of Different Root Canal-Filling Materials on the Mechanical Properties of Root Canal Dentin. *Journal of endodontics* 33(7), 859-863

Guiotti, F. A., M. C. Kuga, M. A. H. Duarte, A. Sant'Anna Júnior, G. Faria (2014). Effect of Calcium Hydroxide Dressing on Push-out Bond Strength of Endodontic Sealers to Root Canal Dentin. *Brazilian oral research* 28(1), 1-6

Gutmann, J., T. Dumsha, P. Lovdahl, E. Hovland (1997). Problem Solving in Endodontics, 3rd Edition, Mosby. 172-205

Hammad, M., A. Qualtrough, N. Silikas (2008). Three-Dimensional Evaluation of Effectiveness of Hand and Rotary Instrumentation for Retreatment of Canals Filled with Different Materials. *Journal of endodontics* 34(11), 1370-1373

Hammad, M., A. Qualtrough, N. Silikas (2009). Evaluation of Root Canal Obturation: A Three-Dimensional in Vitro Study. *Journal of endodontics* 35(4), 541-544

Han, L., T. Okiji (2011). Uptake of Calcium and Silicon Released from Calcium Silicate-Based Endodontic Materials into Root Canal Dentine. *International Endodontic Journal* 44(12), 1081-1087

Hashem, A. A. R., A. G. Ghoneim, R. A. Lutfy, M. Y. Fouda (2009). The Effect of Different Irrigating Solutions on Bond Strength of Two Root Canal-Filling Systems. *Journal of endodontics* 35(4), 537-540

Hatibovic-Kofman, S., L. Raimundo, L. Chong, J. Moreno, L. Zheng (2006). Mineral Trioxide Aggregate in Endodontic Treatment for Immature Teeth. 2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, IEEE.

Hench, L. (1993). Bioceramics: From Concept to Clinic. *American Ceramic Society Bulletin* 72(4), 93-98

Imai, Y., T. Komabayashi (2003). Properties of a New Injectable Type of Root Canal Filling Resin with Adhesiveness to Dentin. *Journal of endodontics* 29(1), 20-23

Ingle, J., L. Bakland (2002). Endodontics 5th Edition. 51-668

- Jean, A., B. Kerebel, L.-M. Kerebel, R. Z. Legeros , H. Hamel (1988). Effects of Various Calcium Phosphate Biomaterials on Reparative Dentin Bridge Formation. *Journal of endodontics* 14(2), 83-87
- Jeppson, J. K. (2012). Antimicrobial Properties of Drug-Containing Electrospun Scaffolds.
- Johnson, W. B. (1978). A New Gutta-Percha Technique. *Journal of endodontics* 4(6), 184-188
- Jung, J., S. Kim, E. Kim , S.-J. Shin (2020). Volume of Voids in Retrograde Filling: Comparison between Calcium Silicate Cement Alone and Combined with a Calcium Silicate–Based Sealer. *Journal of endodontics* 46(1), 97-102
- Jung, M., D. Lommel , J. Klimek (2005). The Imaging of Root Canal Obturation Using Micro-Ct. *International Endodontic Journal* 38(9), 617-626
- Takehashi, S., H. Stanley , R. Fitzgerald (1965). The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulp in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 20(3), 340-349
- Kaplan, A. E., M. Ormaechea, M. Picca, M. Canzobre , A. Ubios (2003). Rheological Properties and Biocompatibility of Endodontic Sealers. *International Endodontic Journal* 36(8), 527-532
- Kardon, B. P., S. Kuttler, P. Hardigan , S. O. Dorn (2003). An in Vitro Evaluation of the Sealing Ability of a New Root-Canal–Obturation System. *Journal of endodontics* 29(10), 658-661
- Kataoka, H., T. Yoshioka, H. Suda , Y. Imai (2000). Dentin Bonding and Sealing Ability of a New Root Canal Resin Sealer. *Journal of endodontics* 26(4), 230-235
- Keine, K. C., M. C. Kuga, F. B. C. Tormin, A. C. Venção, M. A. H. Duarte, G. M. Chávez-Andrade , G. Faria (2019). Effect of Peracetic Acid Used as Single Irrigant on the Smear Layer, Adhesion, and Penetrability of Ah Plus. *Brazilian oral research* 33,
- Khayat, A., S.-J. Lee , M. Torabinejad (1993). Human Saliva Penetration of Coronally Unsealed Obturated Root Canals. *Journal of endodontics* 19(9), 458-461
- Kirkevang, L. L., P. Hörsted-Bindslev, D. Ørstavik , A. Wenzel (2001). Frequency and Distribution of Endodontically Treated Teeth and Apical Periodontitis in an Urban Danish Population. *International Endodontic Journal* 34(3), 198-205
- Koch, K. , D. Brave (2009). The Increased Use of Bioceramics in Endodontics. *Dentaltown* 10, 39-43
- Koshev, A. D. (2009). Ceramics-Based Sealers as New Alternative to Currently Used Endodontic Sealers.

- Kouvas, V., E. Liolios, I. Vassiliadis, S. Parissis-Messimeris, A. Boutsoukis (1998). Influence of Smear Layer on Depth of Penetration of Three Endodontic Sealers: An Sem Study. *Dental Traumatology* 14(4), 191-195
- Krell, K. F., J. S. Wefel (1984). A Calcium Phosphate Cement Root Canal Sealer—Scanning Electron Microscopic Analysis. *Journal of endodontics* 10(12), 571-576
- Kuçi, A., T. Alaçam, Ö. Yavaş, Z. Ergul-Ulger, G. Kayaoglu (2014). Sealer Penetration into Dentinal Tubules in the Presence or Absence of Smear Layer: A Confocal Laser Scanning Microscopic Study. *Journal of endodontics* 40(10), 1627-1631
- Lee, J. K., S. W. Kwak, J.-H. Ha, W. Lee, H.-C. Kim (2017). Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorganic chemistry and applications* 2017,
- Lee, K.-W., M. C. Williams, J. J. Camps, D. H. Pashley (2002). Adhesion of Endodontic Sealers to Dentin and Gutta-Percha. *Journal of endodontics* 28(10), 684-688
- Legros, R., A. Chohayeb (1982). Apatitic Calcium Phosphates: Possible Restorative Materials. *Journal of Dental Research* 61, 343
- Leonard, J., J. Gutmann, I. Guo (1996). Apical and Coronal Seal of Roots Obturated with a Dentine Bonding Agent and Resin. *International Endodontic Journal* 29(2), 76-83
- Leonardo, M., L. Da Silva, W. Almeida, L. Utrilla (1999). Tissue Response to an Epoxy Resin-Based Root Canal Sealer. *Dental Traumatology* 15(1), 28-32
- Leyhausen, G., J. Heil, G. Reifferscheid, P. Waldmann, W. Geurtsen (1999). Genotoxicity and Cytotoxicity of the Epoxy Resin-Based Root Canal Sealer Ah Plus. *Journal of endodontics* 25(2), 109-113
- Li, G.-h., L.-n. Niu, L. C. Selem, A. A. Eid, B. E. Bergeron, J.-h. Chen, D. H. Pashley, F. R. Tay (2014). Quality of Obturation Achieved by an Endodontic Core-Carrier System with Crosslinked Gutta-Percha Carrier in Single-Rooted Canals. *Journal of dentistry* 42(9), 1124-1134
- Lo Giudice, G., G. Cutroneo, A. Centofanti, A. Artemisia, E. Bramanti, A. Militi, G. Rizzo, A. Favaloro, A. Irrera, R. Lo Giudice (2015). Dentin Morphology of Root Canal Surface: A Quantitative Evaluation Based on a Scanning Electronic Microscopy Study. *BioMed Research International* 2015,
- Malyk, Y., C. Kaaden, R. Hickel, N. Ilie (2010). Analysis of Resin Tags Formation in Root Canal Dentine: A Cross Sectional Study. *International Endodontic Journal* 43(1), 47-56
- Mannocci, F., M. Ferrari (1998). Apical Seal of Roots Obturated with Laterally Condensed Gutta-Percha, Epoxy Resin Cement, and Dentin Bonding Agent. *Journal of endodontics* 24(1), 41-44

- Mendes, A. T., P. B. d. Silva, B. B. Só, L. N. Hashizume, R. R. Vivan, R. A. d. Rosa, M. A. H. Duarte, M. V. R. Só (2018). Evaluation of Physicochemical Properties of New Calcium Silicate-Based Sealer. *Brazilian Dental Journal* 29(6), 536-540
- Meryon, S. D., K. Jakeman, R. Browne (1986). Penetration in Vitro of Human and Ferret Dentine by Three Bacterial Species in Relation to Their Potential Role in Pulpal Inflammation. *International Endodontic Journal* 19(5), 213-220
- Mickel, A. K., T. H. Nguyen, S. Chogle (2003). Antimicrobial Activity of Endodontic Sealers on *Enterococcus Faecalis*. *Journal of endodontics* 29(4), 257-258
- Miletić, I., S.-P. Ribarić, Z. Karlović, S. Jukić, A. Bošnjak, I. Anić (2002). Apical Leakage of Five Root Canal Sealers after One Year of Storage. *Journal of endodontics* 28(6), 431-432
- Morse, D. R., J. V. Esposito, C. Pike, M. L. Furst (1983). A Radiographic Evaluation of the Periapical Status of Teeth Treated by the Gutta-Percha-Eucapercha Endodontic Method: A One-Year Follow-up Study of 458 Root Canals: Part Iii. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 56(2), 190-197
- MÖLLER, Å. J., L. Fabricius, G. Dahlen, A. E. ÖHMAN, G. Heyden (1981). Influence on Periapical Tissues of Indigenous Oral Bacteria and Necrotic Pulp Tissue in Monkeys. *European Journal of Oral Sciences* 89(6), 475-484
- Nakabayashi, N. (1985). Bonding of Restorative Materials to Dentine: The Present Status in Japan. *International dental journal* 35(2), 145
- Nunes, V. H., R. G. Silva, E. Alfredo, M. D. Sousa-Neto, Y. T. Silva-Sousa (2008). Adhesion of Epiphany and Ah Plus Sealers to Human Root Dentin Treated with Different Solutions. *Brazilian Dental Journal* 19(1), 46-50
- Oi, T., H. Saka, Y. Ide (2004). Three-Dimensional Observation of Pulp Cavities in the Maxillary First Premolar Tooth Using Micro-Ct. *International Endodontic Journal* 37(1), 46-51
- Orhan, K., R. Jacobs, B. Celikten, Y. Huang, K. de Faria Vasconcelos, L. F. P. Nicolielo, A. Buyuksungur, J. Van Dessel (2018). Evaluation of Threshold Values for Root Canal Filling Voids in Micro-Ct and Nano-Ct Images. *Scanning* 2018,
- Pedullà, E., R. S. Abiad, G. Conte, G. R. La Rosa, E. Rapisarda, P. Neelakantan (2020). Root Fillings with a Matched-Taper Single Cone and Two Calcium Silicate-Based Sealers: An Analysis of Voids Using Micro-Computed Tomography. *Clinical oral investigations*,
- Pereira, K. d. F., A. C. Vencao, M. G. Magro, L. G. Belizario, T. S. Porto, M. F. d. Andrade, M. A. H. Duarte, M. C. Kuga (2019). Effect of Endodontic Retreatment on the Bond Strength of Resin Cements to Root Canal Dentin. *American journal of dentistry* 32(3), 147-151

- Perry, S. (1883). Preparing and Filling the Roots of Teeth. *Dent Cosmos* 25, 185
- Peters, O. A. (2004). Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review. *Journal of endodontics* 30(8), 559-567
- Pinto, J. C., M. M. B. Pivoto-João, C. G. Espir, M. L. G. Ramos, J. M. Guerreiro-Tanomaru, M. Tanomaru-Filho (2019). Micro-Ct Evaluation of Apical Enlargement of Molar Root Canals Using Rotary or Reciprocating Heat-Treated Niti Instruments. *Journal of Applied Oral Science* 27,
- Pinto, J. C., F. F. E. Torres, M. M. B. Pivoto-João, J. A. Cirelli, J. M. Guerreiro-Tanomaru, M. Tanomaru-Filho (2020). Filling Ability and Flow of Root Canal Sealers: A Micro-Computed Tomographic Study. *Brazilian Dental Journal* 31(5), 499-504
- Pissiotis, E., L. S. Spngberg (1990). Biological Evaluation of Collagen Gels Containing Calcium Hydroxide and Hydroxyapatite. *Journal of endodontics* 16(10), 468-473
- Pitout, E., T. G. Oberholzer, E. Blignaut, J. Molepo (2006). Coronal Leakage of Teeth Root-Filled with Gutta-Percha or Resilon Root Canal Filling Material. *Journal of endodontics* 32(9), 879-881
- Pitt, C., F. Chasalow, Y. Hibionada, D. Klimas, A. Schindler (1981). Aliphatic Polyesters. I. The Degradation of Poly (ϵ -Caprolactone) in Vivo. *Journal of applied polymer science* 26(11), 3779-3787
- Prokop, M., M. Galanski, A. J. Van Der Molen (2003). Spiral and Multislice Computed Tomography of the Body, Thieme.
- Rawlinson, A. (1989). Sealing Root Canals with Low-Viscosity Resins in Vitro: A Scanning Electron Microscopy Study of Canal Cleansing and Resin Adaption. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 68(3), 330-338
- Ray, H., M. Trope (1995). Periapical Status of Endodontically Treated Teeth in Relation to the Technical Quality of the Root Filling and the Coronal Restoration. *International Endodontic Journal* 28(1), 12-18
- Razavian, H., B. Barekatin, E. Shadmehr, M. Khatami, F. Bagheri, F. Heidari (2014). Bacterial Leakage in Root Canals Filled with Resin-Based and Mineral Trioxide Aggregate-Based Sealers. *Dental research journal* 11(5), 599
- Renders, G., L. Mulder, L. Van Ruijven, T. Van Eijden (2007). Porosity of Human Mandibular Condylar Bone. *Journal of Anatomy* 210(3), 239-248
- Roizenblit, R. N., F. O. Soares, R. T. Lopes, B. C. dos Santos, H. Gusman (2020). Root Canal Filling Quality of Mandibular Molars with Endosequence Bc and Ah Plus Sealers: A Micro-Ct Study. *Australian Endodontic Journal* 46(1), 82-87
- Ruddle, C. J. (2004). Nonsurgical Retreatment. *Journal of endodontics* 30(12), 827-845

Saleh, I., I. Ruyter, M. Haapasalo , D. Ørstavik (2002). The Effects of Dentine Pretreatment on the Adhesion of Root-Canal Sealers. *International Endodontic Journal* 35(10), 859-866

Saleh, I., I. Ruyter, M. Haapasalo , D. Ørstavik (2004). Survival of Enterococcus Faecalis in Infected Dentinal Tubules after Root Canal Filling with Different Root Canal Sealers in Vitro. *International Endodontic Journal* 37(3), 193-198

Saleh, I., I. Ruyter, M. Haapasalo , D. Ørstavik (2008). Bacterial Penetration Along Different Root Canal Filling Materials in the Presence or Absence of Smear Layer. *International Endodontic Journal* 41(1), 32-40

Saleh, I. M., I. E. Ruyter, M. P. Haapasalo , D. Ørstavik (2003). Adhesion of Endodontic Sealers: Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive Spectroscopy. *Journal of endodontics* 29(9), 595-601

Santos-Garcés, E., J. Laverse, P. Gou, E. Fulladosa, P. Frisullo , M. A. Del Nobile (2013). Feasibility of X-Ray Microcomputed Tomography for Microstructure Analysis and Its Relationship with Hardness in Non-Acid Lean Fermented Sausages. *Meat science* 93(3), 639-644

Sarkar, N., R. Caicedo, P. Ritwik, R. Moiseyeva , I. Kawashima (2005). Physicochemical Basis of the Biologic Properties of Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of endodontics* 31(2), 97-100

Saunders, E. (1990). In Vivo Findings Associated with Heat Generation During Thermomechanical Compaction of Gutta-Percha. Part II. Histological Response to Temperature Elevation on the External Surface of the Root. *International Endodontic Journal* 23(5), 268-274

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

Schilder, H. (1974). Cleaning and Shaping the Root Canal. *Dent Clin North Am* 18, 269-296

SEALING, I. O. E. (2015). Obturation of the Cleaned and Shaped Root Canal System. *Cohen's Pathways of the Pulp Expert Consult-E-Book*, 280

Shipper, G., D. Ørstavik, F. B. Teixeira , M. Trope (2004). An Evaluation of Microbial Leakage in Roots Filled with a Thermoplastic Synthetic Polymer-Based Root Canal Filling Material (Resilon). *Journal of endodontics* 30(5), 342-347

Shokouhinejad, N., A. Hoseini, H. Gorjestani, M. Raoof, H. Assadian , A. R. Shamshiri (2012). Effect of Phosphate-Buffered Saline on Push-out Bond Strength of a New Bioceramic Sealer to Root Canal Dentin. *Dental research journal* 9(5), 595

- Shokouhinejad, N., A. Hoseini, H. Gorjestani , A. R. Shamshiri (2013). The Effect of Different Irrigation Protocols for Smear Layer Removal on Bond Strength of a New Bioceramic Sealer. *Iranian Endodontic Journal* 8(1), 10
- Spoor, C. F., F. W. Zonneveld , G. A. Macho (1993). Linear Measurements of Cortical Bone and Dental Enamel by Computed Tomography: Applications and Problems. *American journal of physical anthropology* 91(4), 469-484
- Stiegemeier, D., J. C. Baumgartner , J. Ferracane (2010). Comparison of Push-out Bond Strengths of Resilon with Three Different Sealers. *Journal of endodontics* 36(2), 318-321
- Stuart, C. H., S. A. Schwartz , T. J. Beeson (2006). Reinforcement of Immature Roots with a New Resin Filling Material. *Journal of endodontics* 32(4), 350-353
- Swain, M. V. , J. Xue (2009). State of the Art of Micro-Ct Applications in Dental Research. *International journal of oral science* 1(4), 177-188
- Swift, E. J., J. Perdigão , H. O. Heymann (1995). Bonding to Enamel and Dentin: A Brief History and State of the Art, 1995. *QUINTESSENCE INTERNATIONAL-ENGLISH EDITION*- 26, 95-95
- Şen, B., B. Pişkin , N. Baran (1996). The Effect of Tubular Penetration of Root Canal Sealers on Dye Microleakage. *International Endodontic Journal* 29(1), 23-28
- Tay, F. R., R. J. Loushine, R. N. Weller, W. F. Kimbrough, D. H. Pashley, Y.-F. Mak, C.-N. S. Lai, R. Raina , M. C. Williams (2005). Ultrastructural Evaluation of the Apical Seal in Roots Filled with a Polycaprolactone-Based Root Canal Filling Material. *Journal of endodontics* 31(7), 514-519
- Tay, F. R. , D. H. Pashley (2007). Monoblocks in Root Canals: A Hypothetical or a Tangible Goal. *Journal of endodontics* 33(4), 391-398
- Teixeira, F. B., E. C. Teixeira, J. Y. Thompson , M. Trope (2004). Fracture Resistance of Roots Endodontically Treated with a New Resin Filling Material. *The Journal of the American Dental Association* 135(5), 646-652
- Toia, C. C., F. B. Teixeira, C. Cucco, M. C. Valera , B. N. Cavalcanti (2020). Filling Ability of Three Bioceramic Root-End Filling Materials: A Micro-Computed Tomography Analysis. *Australian Endodontic Journal* 46(3), 424-431
- Ungor, M., E. Onay , H. Orucoglu (2006). Push-out Bond Strengths: The Epiphany–Resilon Endodontic Obturation System Compared with Different Pairings of Epiphany, Resilon, Ah Plus and Gutta-Percha. *International Endodontic Journal* 39(8), 643-647
- Van Meerbeek, B., J. Perdigão, S. Gladys, P. Lambrechts , G. Vanherle (1996). Enamel En Dentin Adhesion.

Vojinovic, O., H. Nyborg , M. Brannstrom (1973). Acid Treatment of Cavities under Resin Fillings: Bacterial Growth in Dentinal Tubules and Pulpal Reactions. *Journal of Dental Research* 52(6), 1189-1193

Wang, J., Y. Zuo, M. Zhao, J. Jiang, Y. Man, J. Wu, Y. Hu, C. Liu, Y. Li , J. Li (2015). Physicochemical and Biological Properties of a Novel Injectable Polyurethane System for Root Canal Filling. *International journal of nanomedicine* 10, 697

Wennber, A. , D. Ø. NIOM (1990). Adhesion of Root Canal Sealers to Bovine Dentine and Gutta-Percha. *International Endodontic Journal* 23(1), 13-19

Whitworth, J. (2005). Methods of Filling Root Canals: Principles and Practices. *Endodontic topics* 12(1), 2-24

Yang, S.-E., S.-H. Baek, W. Lee, K.-Y. Kum , K.-S. Bae (2007). In Vitro Evaluation of the Sealing Ability of Newly Developed Calcium Phosphate–Based Root Canal Sealer. *Journal of endodontics* 33(8), 978-981

Zhang, H., Y. Shen, N. D. Ruse , M. Haapasalo (2009). Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test against *Enterococcus Faecalis*. *Journal of endodontics* 35(7), 1051-1055

Zhong, X., Y. Shen, J. Ma, W.-X. Chen , M. Haapasalo (2019). Quality of Root Filling after Obturation with Gutta-Percha and 3 Different Sealers of Minimally Instrumented Root Canals of the Maxillary First Molar. *Journal of endodontics* 45(8), 1030-1035

Zmener, O., C. Spielberg, F. Lamberghini , M. Rucci (1997). Sealing Properties of a New Epoxy Resin-Based Root-Canal Sealer. *International Endodontic Journal* 30(5), 332-334

Zordan-Bronzel, C. L., F. F. E. Torres, M. Tanomaru-Filho, G. M. Chávez-Andrade, R. Bosso-Martelo , J. M. Guerreiro-Tanomaru (2019). Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate–Based Sealer, Bio-C Sealer. *Journal of endodontics* 45(10), 1248-1252

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Mehmet Levent Yüksel

Doğum Yeri ve Tarihi: Seyhan/ADANA 18.11.1993

Telefon: 0312 296 55 55

E-mail: mlyuksel@ankara.edu.tr

Görev Yeri: Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı

Görev Ünvanı: Araştırma Görevlisi

Eğitim

2017- : Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı

2011-2016: Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

2007-2011: Özel Çukurova Bilfen Fen Lisesi

Katıldığı Bilimsel Etkinlikler

19th Biennial ESE Congress - Vienna, Austria, 11–14 September 2019