



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

**DOKTORA
TEZİ**

**YENİ SİSTEM Ni-Ti DÖNER ENSTRÜMANLARIN
KÖK KANAL PREPARASYONU VE
OBTURASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİNLİĞİNİN
MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

ÇAĞMAN AKSOY

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

MART 2019



**YENİ SİSTEM Ni-Ti DÖNER ENSTRÜMANLARIN KÖK KANAL
PREPARASYONU VE OBTURASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİNLİĞİNİN
MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Çağman AKSOY

**DOKTORA TEZİ
ENDODONTİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MART 2019

Çağman AKSOY tarafından hazırlanan “YENİ SİSTEM Nİ-Tİ DÖNER ENSTRÜMANLARIN KÖK KANAL PREPARASYONU VE OBTURASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİNLİĞİNİN MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi ENDODONTİ Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN

Endodonti Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.



Başkan : Prof. Dr. Tayfun ALAÇAM

Endodonti Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye: Prof. Dr. A. Cemal TINAZ

Endodonti Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye : Prof. Dr. Mete ÜNGÖR

Endodonti Anabilim Dalı, Başkent Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.



Üye : Doç. Dr. Elif Yıldız KERİŞ

Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.



Tez Savunma Tarihi: 29/03/2019

Jüri üyeleri tarafından DOKTORA tezi olarak uygun görülmüş olan bu tez Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mustafa ASLAN

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada

- Tez içinde sunduğum veriler, bilgiler ve dökümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçlar bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



Çağman AKSOY

29.03.2019

YENİ SİSTEM Ni-Ti DÖNER ENSTRÜMANLARIN KÖK KANAL PREPARASYONU VE OBTURASYONU ÜZERİNDEKİ ETKİNLİĞİNİN MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOĞRAFI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

(Doktora Tezi)

Çağman AKSOY

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mart 2019

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı öncelikle alt büyük azı dişlerin mezial kök kanallarında XP-endo Shaper (XP), Reciproc Blue (RB) ve ProTaper Universal (PTU) enstrümanları kullanılarak kök kanal preparasyonu sonrası meydana gelen hacim değişimini ve mikro çatlak oluşumunu mikro-bilgisayarlı tomografi (µBT) ile değerlendirmektir. Bunun ardından kök kanalları, enstrüman sistemlere ait tek kon guta-perka ile doldurularak, oluşan boşlukların incelenmesidir. **Gereç ve Yöntem:** Çalışmada çekilmiş 260 adet alt büyük azı diş, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile taranarak, arasından kanal eğimleri 10°-20° arasında olanları ve mezial kök kanallarının Vertucci Tip IV sınıflamasına uyanları seçildi. Seçilen bu 50 adet diştten, preoperatif olarak 21 µm lik rezolusyonda SkyScan 1174 µBT cihazı ile görüntülenerek benzer hacime sahip olanlar seçildi. Böylece çalışma kriterlerine uygun 30 adet diş elde edildikten sonra dişler 3 gruba ayrıldı. Kök kanal preparasyonu XP, RB ve PTU sistemleri ile yapıldı. Dişler kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrasında µBT ile tarandı. Bunu takiben kök kanalları bu sistemlere ait guta-perka konları ve kanal patı ile doldurularak tekrar µBT ile taraması yapıldı. NRecon yazılımı ile görüntüler rekonstrükte edildi. DataView programı kullanılarak mikro çatlaklar görüntüldü. Kanalda meydana gelen hacim değişimi, kanal dolgusundaki boşluklar ve modelleme CTAn ve CTVol yazılımları kullanılarak hesaplandı. **Bulgular:** Çalışmada yapılan değerlendirme sonucunda XP ve RB sistemlerinin dentinde yeni mikro çatlaklara neden olmadığı gözlemlendi. Ancak çatlakların bazılarında değişime neden oldukları görüldü. Bunun yanında PTU sisteminin dentinde yeni mikro çatlaklar yarattığı gözlemlendi (P<0,05). Enstrüman sistemleri ile hazırlanan kök kanallarında hacimsel değişim ve kök kanallarının doldurulması sonrası oluşan boşluklar açısından enstrüman sistemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (P> 0,05). **Sonuç:** Alt azı dişlerin mezial kök kanallarında XP-endo Shaper ve Reciproc Blue sistemleri ile yapılan kök kanal preparasyonu sonrasında yeni mikro çatlakların oluşmadığı belirlendi. XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrümanlarının preparasyon öncesinde var olan bazı mikro çatlakları tamamlanmış çatlaklara dönüştürdüğü gözlemlendi. Bunun yanında ProTaper Universal sisteminin ise yeni mikro çatlaklara neden olduğu gözlemlendi. Preparasyon sonrası oluşan hacim değişimi ve obturasyon sonrası dolguda oluşan boşluklar açısından karşılaştırıldığında sistemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmedi.

Bilim Kodu : 1015.1

Anahtar Kelimeler : XP-endo Shaper, Reciproc Blue, ProTaper Universal, kök kanal preparasyonu, kök kanal dolgusu, mikro çatlak, mikro-bilgisayarlı tomografi

Sayfa Adedi : 105

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sis Darendeliler YAMAN

EVALUATION OF NOVEL Ni-Ti INSTRUMENTS' EFFICIENCY ON ROOT CANAL
PREPARATION AND OBTURATION QUALITY USING MICRO-COMPUTED
TOMOGRAPHY

(Ph. D. Thesis)

Çağman AKSOY

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF HEALTH SCIENCES

March 2019

ABSTRACT

Aim: The aim of this study is to evaluate the root canal preparation abilities of XP-endo Shaper (XP), Reciproc Blue (RB) and ProTaper Universal (PTU) instruments on the incidence of microcrack formation, root canal volume change after root canal preparation and voids after root canal obturation using micro-computed tomographic (μ CT) imaging. **Materials and Methods:** 260 extracted human mandibular first and second molars were scanned firstly with cone-beam CT (CBCT) and the mesial roots with Vertucci Type IV root canal configuration and angle between 10° - 20° were selected. After the investigation, 50 teeth selected and scanned with SkyScan 1174 μ CT scanner at 21μ m resolution. 30 teeth that have similar root canal volume were selected and assigned to 3 experimental groups ($n = 10$). The root canal preparations were done with XP, RB and PTU instrument systems. The roots were scanned using μ CT imaging before and after the root canal preparation. Then the root canal obturation were done with each systems' single gutta-percha cones and root canal sealer. Then the roots were scanned using μ CT imaging. NRecon software was used for the reconstruction of the images. DataViewer software was used to evaluate the presence of dentinal microcracks. CTAn and CTVol softwares were used to analyse the root canal volume change after preparation, presence of voids after obturation and modelling. **Results:** No new dentinal microcracks were observed in the XP and RB groups however it was observed that these systems changed some of the dentinal microcracks into complete cracks. The PTU system significantly increased the percentage of microcracks compared with preoperative specimens after root canal preparation ($P < 0.05$). There was no significant difference on the root canal volume change after root canal preparation and voids after obturation between the groups ($P > 0.05$). **Cocclusion:** XP-endo Shaper and Reciproc Blue systems did not induce the formation of new dentinal microcracks whereas PTU system did on the mesial roots on mandibular molars. XP-endo Shaper and Reciproc Blue systems have converted some of the dentinal micro cracks into complete cracks. All systems showed similar results on the root canal volume change after preparation and voids after obturation.

Science Code : 1015.1

Key Words : XP-endo Shaper, Reciproc Blue, ProTaper Universal, root canal preparation, root canal obturation, micro cracks, micro-computed tomography

Page Number : 105

Supervisor : Prof. Dr. Sis Darendeliler YAMAN

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca her aşamada deneyim, bilgi birikimi, destek ve yardımlar sağlayan ve bu doktora tezinin oluşmasındaki tüm desteği, katkıları ve emekleri için tez danışmanım ve değerli hocam Prof. Dr. Sis Darendeliler YAMAN'a,

Doktora tez çalışmamın çeşitli aşamalarında bilgi ve tecrübeleri ile sonsuz yardımlar sağlayan Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Radyoloji ABD başkanı Doç. Dr. Elif Yıldız KERİŞ'e,

Doktora eğitimim boyunca sonsuz desteklerini sağlayan sevgili arkadaşlarım başta Dr. Dt. Mehmet KALÇAY, Dt. Yelda PALTUN, Dt. Sevim KEYFİALA, Dt. Salev ZEYREK, Dr. Dt. Mustafa SARIKAHYA, Uzm. Dt. Serpil SAĞIROĞLU, Uzm. Dt. İlke Gaye SAVUR olmak üzere tüm Doktora ve Uzmanlık öğrencisi arkadaşlarıma,

Ankara'da geçirdiğim tüm eğitimim süresince ve hayatımda sağladıkları tüm destekleri ve sevgileri ile yanımda bulunan değerli arkadaşlarım Dt. Meral BAĞKUR ve Dr. Dt. Didem SAKARYALI'ya,

Tüm eğitimimde ve hayatım boyunca sağladıkları destek ve bana duydukları güvenle beni her koşulda destekleyen sevgili ailem; Annem, Babam ve kardeşlerime en içten duygularıyla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Kök Kanal Tedavisinin Hedefleri.....	3
2.2. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Ni-Ti Enstrümanlar	4
2.3. Ni-Ti Döner Enstrüman Sistemlerinin Sınıflandırılması	7
2.3.1. Birinci jenerasyon Ni-Ti döner eğe sistemleri.....	7
2.3.2. İkinci jenerasyon Ni-Ti döner eğe sistemleri.....	7
2.3.3. Üçüncü jenerasyon Ni-Ti döner eğe sistemleri	7
2.3.4. Dördüncü jenerasyon Ni-Ti döner eğe sistemleri.....	7
2.3.5. Beşinci jenerasyon Ni-Ti döner eğe sistemleri.....	8
2.4. Ni-Ti Metalurjik ve Mekanik Özellikler	8
2.4.1. M-wire Ni-Ti alaşımlar.....	8
2.4.2. R-faz Ni-Ti alaşımlar	9
2.5. Çalışmamızda Kullanılan Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri	10
2.5.1. XP-endö Shaper (FKG Dentinaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre).....	10
2.5.2. Reciproc Blue (VDW, Munich, Almanya).....	12

	Sayfa
2.5.3. ProTaper Universal (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK)	13
2.6. Mikro Çatlaklar.....	15
2.7. Kök Kanal Dolgusunun Önemi	16
2.8. Çalışmamızda Kullanılan Kök Kanal Dolgu Tekniği.....	18
2.8.1. Tek kon tekniği	18
2.9. Kök Kanal Dolgusunun Değerlendirilme Yöntemleri.....	20
2.9.1. Mikro-bilgisayarlı tomografi [μ BT].....	21
3. GEREÇ VE YÖNTEM	23
3.1. Çalışma Örneklerinin Seçilmesi	23
3.2. Kök Kanal Preparasyonlarının Uygulanması:	27
3.2.1. XP-endo Shaper sistemi ile kök kanallarının şekillendirilmesi.....	27
3.2.2. Reciproc Blue sistemi ile kök kanallarının şekillendirilmesi	28
3.2.3 ProTaper Universal sistemi ile kök kanallarının şekillendirilmesi	30
3.3. Kök Kanal Preparasyonu Sonrası Final İrrigasyonu Uygulaması	31
3.4. Kök Kanallarının Doldurulması	31
3.4.1. Tek kon açılı guta-perka yöntemi.....	31
3.5. μ BT ile Kök Kanallarında Mikro Çatlak Değerlendirilmesi	33
3.6. μ BT ile Kök Kanallarında Meydana Gelen Hacim Değişimi, Kök Kanal Dolgusu ve Boşlukların Değerlendirilmesi	33
3.7. İstatistiksel Analiz.....	34
3.7.1. Mikro çatlak değerlendirmesi	34
3.7.2 Hacim değişimi ve kök kanal dolgusu boşluk değerlendirmesi	34
4. BULGULAR	35
4.1. Mikro Çatlak Değerlendirilmesi.....	35
4.2. Hacim Değişimi Değerlendirilmesi	42
4.2.1. Preparasyon öncesi kök kanal hacmi değerlendirilmesi.....	42

Sayfa

4.2.2. Preparasyon sonrası total kök kanal hacim değişimi değerlendirilmesi...	43
4.2.3. Preparasyon sonrası apikal kök kanal hacim değişimi değerlendirilmesi	43
4.3. Kök Kanal Dolgusu Değerlendirmesi.....	44
4.3.1. Kök kanal dolgusu sonrası total boşluk yüzdesinin değerlendirilmesi	44
4.3.2. Kök kanal dolgusu sonrası apikal boşluk yüzdesinin değerlendirilmesi..	44
5. TARTIŞMA.....	53
6. SONUÇLAR.....	79
KAYNAKLAR	81
EKLER.....	99
EK-1. Etik Kurul Onayı	100
ÖZGEÇMİŞ	104

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Ni-Ti enstrümanlar ve Özellikleri.....	10
Çizelge 4.1. Mikro çatlakların 3 farklı kök kanal bölgesine göre preparasyon öncesi ve sonrası yüzde (%) dağılımı.	37
Çizelge 4.2. Preoperatif total kök kanal hacim değerleri gruplar arası karşılaştırma	42
Çizelge 4.3. Preoperatif apikal kök kanal hacim değerleri gruplar arası karşılaştırma ..	42
Çizelge 4.4. Total kök kanal hacim değişim değerleri gruplar arası karşılaştırma.....	43
Çizelge 4.5. Apikal kök kanal hacim değişim değerleri gruplar arası karşılaştırma.	43
Çizelge 4.6. Total boşluk değerleri gruplar arası karşılaştırma.	44
Çizelge 4.7. Apikal boşluk değerleri gruplar arası karşılaştırma.	44
Çizelge 4.8. Normalite Testi	45

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Tüm kesitlerdeki toplam mikro çatlak yüzde grafiği	36
Şekil 4.2. Mikro çatlakların preoperatif ve postoperatif grup içi yüzdelik (%) değerleri	36
Şekil 4.3. Mikro çatlakların 3 farklı kök kanal bölgesine göre preparasyon öncesi ve sonrası yüzde (%) dağılımı.	37
Şekil 4.4. Preoperatif total kök kanal hacimleri (mm ³) gruplar arası karşılaştırma	45
Şekil 4.5. Preoperatif apikal kök kanal hacimleri (mm ³) gruplar arası karşılaştırma ..	46
Şekil 4.6. Postoperatif total hacim değişimi (ΔV) (mm ³) gruplar arası karşılaştırma.	46
Şekil 4.7. Postoperatif apikal hacim değişimi (ΔV) (mm ³) gruplar arası karşılaştırma	47
Şekil 4.8. Dolgu sonrası boşluk yüzdesi (%) gruplar arası karşılaştırma.....	47
Şekil 4.9. Dolgu sonrası apikal boşluk yüzdesi (%) gruplar arası karşılaştırma.....	48

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Ni-Ti alaşımanın sıcaklık-değişim diyagramı. (Ms) martensit başlangıç sıcaklığı, (Mf) martensit bitiş sıcaklığı, (As) östenit başlangıç sıcaklığı, (Af) östenit bitiş sıcaklığı.....	6
Resim 2.2. Martensitik dönüşüm. (a) Süperelastisite (SE) Östenit bitiş sıcaklığı (Af), (b) Şekil hafıza özelliği (SME). Martensit reoryantasyon (MR), Stresin uyardığı Martensitik dönüşüm (SIM) (Ms=martensit başlangıç sıcaklığı)..	6
Resim 2.3. Ni-Ti'nin pseudoelastik davranışı, iki ana kristal konfigürasyon martensit ve östenit yapıların sıcaklık ve uygulanan kuvvet ile değişimi.	9
Resim 2.4. XP-endo Shaper enstrüman.....	11
Resim 2.5. XP-endo Shaper enstrümanın uç tasarımı.....	11
Resim 2.6. XP-endo Shaper enstrümanın faz değişimi	12
Resim 2.7. Reciproc Blue R25, R40 ve R50 enstrümanları	13
Resim 2.8. Reciproc Blue enstrümanı çapraz kesiti yapısı ve kesici olmayan uç tasarımı.....	13
Resim 2.9. ProTaper Universal SX, S1, S2, F1, F2 ve F3 enstrümanları	14
Resim 2.10. ProTaper Universal enstrüman sistemi çapraz kesit yapısı	15
Resim 3.1. Örnek seçimi için dişlerin KIBT ile görüntülenmesi.....	24
Resim 3.2. SkyScan 1174 compact micro-CT scanner.....	26
Resim 3.3. Çalışmada kullanılan XP-endo Shaper enstrüman	27
Resim 3.4. XP-endo Shaper enstrümanının metalürjik yapısı ve uç tasarımı.....	28
Resim 3.5. Çalışmada kullanılan Reciproc Blue enstrümanları	29
Resim 3.6. Reciproc Blue enstrümanının üretici talimatlarına göre kullanımının demonstratif görüntüsü	29
Resim 3.7. Çalışmada kullanılan ProTaper Universal enstrümanları	30
Resim 3.8. Çalışmada kullanılan VDW Gold endodontik motor	31
Resim 3.9. Kök kanallarının doldurulması sırasında kullanılan farklı sistemlerin guta-perka konları ve kanal patı. A. XP grubunda kök kanal dolgusu için kullanılan 30.04 guta-perka konlar B. RB grubunda kök kanal dolgusu için kullanılan 25.08 guta-perka konlar C. PTU grubunda kök kanal dolgusu için kullanılan 25.08 guta-perka konlar D. AH Plus kanal patı	32

Resim	Sayfa
Resim 3.10. A. Kök kanal preparasyonu sonrası bir örnekten elde edilen görüntü B. Kök kanal dolgusu sonrası bir örnekten elde edilen görüntü.....	32
Resim 4.1. XP grubundaki farklı örneklerin kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası μ BT görüntüsü. Mikro çatlaklar kırmızı oklar ile gösterilmektedir.	38
Resim 4.2. RB grubundaki farklı örneklerin kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası μ BT görüntüsü. Mikro çatlaklar kırmızı oklar ile gösterilmektedir.	39
Resim 4.3. PTU grubundaki farklı örneklerin kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası μ BT görüntüsü. Mikro çatlaklar kırmızı oklar ile gösterilmektedir.	40
Resim 4.4. XP ve RB gruplarında preoperatif görüntülerde bulunan mikro çatlakların postoperatif durumda tamamlanmış çatlaklara dönüşmesi	41
Resim 4.5. Farklı gruplardaki örneklerde kök kanal dolgusu sonrası gözlemlenen boşlukların μ BT görüntüsü. Kırmızı oklar boşlukları göstermektedir.....	48
Resim 4.6. Farklı gruplardaki örneklerde kök kanal dolgusu sonrası gözlemlenen boşlukların μ BT görüntüsü. Kırmızı oklar boşlukları göstermektedir.....	49
Resim 4.7. Farklı gruplardaki örneklerde kök kanal dolgusu sonrası gözlemlenen boşlukların μ BT görüntüsü. Kırmızı oklar boşlukları göstermektedir.....	49
Resim 4.8. Preparasyon öncesi ve sonrası kök kanal hacim değişiminin demonstratif görüntüsü (Sarı: Preoperatif, Yeşil: Postoperatif).....	50
Resim 4.9. Kök kanal dolgusu ve boşlukların demonstratif görüntüsü (Yeşil: Kanaldaki boşluklar, Kırmızı: Kök kanal Dolgusu).....	51

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

%

Açıklamalar

yüzde

°C

santigrat derece

ΔV

hacim değişimi

Kısaltmalar

As

austenite start temperature (östenit başlangıç sıcaklığı)

Af

austenite finishtemperature (östenit bitiş sıcaklığı)

EDTA

etilen diamin tetra asetik asit

FOV

field of view

KIBT

Konik-Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

kV

kilovolt

kVp

peak kilovoltage

MaxWire

Martensite-Austenite elektroparlatma-flex

Mf

martensit bitiş sıcaklığı

mL

mililitre

mm

milimetre

mm³

milimetre küp

Ms

martensit başlangıç sıcaklığı

μA

mikroamper

μm

mikrometre

μBT

mikro-bilgisayarlı tomografi

NaOCl

sodyum hipoklorit

Ncm

Newton santimetre

Ni-Ti

Nikel-Titanyum

PTU

ProTaper Universal

RB

Reciproc Blue

Rpm

devir/dakika (revolutions per minute)

SAF

Self Adjusting

XP

XP-endo Shaper

1. GİRİŞ

Kök kanal tedavisi başarısında önemli basamaklarından biri, kök kanal sisteminin etkin bir şekilde temizlenmesi ve şekillendirilmesidir [1,2]. Mekanik enstrümantasyonun amacı, kök kanal sistemindeki enfekte yumuşak ve sert dokuların uzaklaştırılmasını sağlayarak irrigasyon solüsyonları ve kanal içi ilaçların yerleştirilmesini sağlayacak girişi yaratmak ve kök kanal dolgu materyallerinin yerleştirilmesi için yeterli bir boşluk oluşturmaktır [1,3]. Ancak kök kanal sisteminin çeşitliliği ve karmaşıklığı nedeniyle mekanik preparasyonun tam olarak yapılabildiği durumlar nadirdir [4,5]. Kök kanal anatomisi daima preparasyon sonuçlarını etkilemekte, kanalların eğimli olduğu durumlarda endodontik preparasyon daha zor hale gelebilmekte ve tüm preparasyon tekniklerinin prepare edilen kanalı orijinal ekseninden saptırma eğilimi olabilmektedir [6–8].

Endodontide nikel-titanyum (Ni-Ti) döner eğelerin uzun yıllardır kullanımının en büyük avantajları artırılmış esneklikleri ve çalışma süresini kısaltmalarıdır [9,10]. Ancak bu eğe sistemlerinin bir dezavantajı, bir çok çalışmada gösterilmiş olan fakat üzerinde fikir birliği bulunmayan kök dentininde mikro çatlaklara neden olabilmeleridir [11–13]. Mikro çatlaklar uzun dönemde ilerleme göstererek dişlerde vertikal kök kırıklarına, hatta diş kayıplarına neden olurlar ki bu da klinik açıdan çok önemlidir [14]. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için son yıllarda farklı özelliklerde Ni-Ti döner enstrümanlar geliştirilmiştir. Bunlar arasında resiprokasyon hareketi yapan enstrümanlar ve ısıl işlemde geçirilerek aktive edilen böylece kesme etkinliği ve esnekliği geliştirilmiş enstrümanlar bulunmaktadır [15–17].

Kök kanal preparasyonu için geliştirilen yeni enstrüman sistemlerinin farklı özellikleri bulunmaktadır. Adaptif kor yapıya sahip yeni enstrümanlar ile kanal anatomisine uygun üç boyutlu bir preparasyon yapılabilmektedir. Aynı zamanda enstrümanların geliştirilmesi için kullanılan ısıl işlemler ile enstrümanların esnekliği ve kesme etkinlikleri arttırılmakta ve eğimli kök kanalları içerisinde daha merkezi bir preparasyon yapabilmeleri sağlanmaktadır [15,16]. Kök kanalında etkin bir preparasyon kök kanallarının belirli bir boyuta kadar genişletilmesi ve kök kanal dolgusu için yeterli bir boşluk oluşturulmasını sağlamaktadır [3]. Bu nedenle, preparasyon sonrası kök kanalı içerisinde meydana gelen hacim artışı önemlidir. Kök kanal duvarları ile guta perka arasındaki adaptasyonun, kullanılan döner enstrümanlarla

ilişkili olduğu belirtilmektedir. Kök kanal tedavisinde kanal duvarları ile uyumlu, boşluk içermeyen ve üç boyutlu bir kök kanal dolgusunun yapılması başarının anahtarıdır.

Kök kanal preparasyonu ve dolgusunun değerlendirilmesi amacı ile yapılan çalışmalarda çok çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerden biri olan mikro-bilgisayarlı tomografi (μ BT) tarama tekniği, kökte herhangi bir işlem yapmadan kök kanal preparasyonu sonrası kanal anatomisi üzerinde meydana gelen değişimleri üç boyutlu olarak tanımlamaya olanak sağlamaktadır [18]. Bu araştırma cihazı ile hacim, yüzey alanı, kesitsel şekil ve dolgudaki boşluklar ile dolgunun kalitesinin belirlenmesi gibi farklı değişkenlerin non-destrüktif sayısal değerlendirmesi yapılabilmektedir [19–23]. Kök kanal dolgu kalitesini değerlendirmek için bir çok deneysel yöntem gösterilmiştir ancak bu geleneksel yöntemlerin uzun zaman alması, örneklerden kesit alınması gerekmesi, klinik ile korelasyon göstermemesi ve değerlendirme sırasında problemler yaşanması gibi dezavantajlar gösterdikleri bilinmektedir [24–28]. μ BT; örneklere zarar verilmeden üç boyutlu rekonstrüksiyonunu sağlama, taramayı tekrarlama ve görüntüler üzerinde uygun yazılımlar kullanarak çalışma gibi avantajlar sağlamaktadır [22,29].

Gelişen teknolojiye rağmen endodontide özellikle zor anatomik varyasyonlara sahip olan dişlerin kök kanal tedavisinde halen üstesinden gelinemeyen bir çok sorunla karşılaşmaktadır.

Bu araştırmanın amacı, alt çene büyük azı dişlerin eğimli mezial kök kanallarının μ BT ile preoperatif durumunun belirlenmesinin ardından XP-endo Shaper, Reciproc Blue ve ProTaper Universal ile preparasyon sonrası meydana gelen hacim değişimi ve mikro çatlak oluşumunun karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. İkinci olarak, bu kök kanallarının tek-kon tekniği ile doldurulmasını takiben bu enstrümanların kök kanal dolgusu üzerindeki etkisinin (boşluklar) μ BT ile karşılaştırmalı olarak incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Tedavisinin Hedefleri

Kök kanal tedavisinin esas biyolojik amacı, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu ve bunu takiben tıkanması ile var olan apikal periodontitisi ortadan kaldırmaktır [30]. Bu amaca ulaşmadaki en önemli aşamalardan biri kök kanallarının preparasyonudur. Kök kanal preparasyonu yalnızca mekanik bir girişim olarak düşünülmeyp, aynı zamanda biyolojik ilkeler içinde ele alındığından biyomekanik bir preparasyondur. Kök kanallarında doğru ve yeterli alet kullanımı ile ilaç tedavisinde daha az kimyasal kullanılarak daha kısa dönemde sonuca ulaşılması sağlanmaktadır [31].

Kök kanal enstrümantasyonunda mekanik preaparasyonun hedefi tüm kök kanal yüzeyinin mekanik olarak prepare edilmesi ve orijinal kanalın tamamen ve merkezi bir şekilde şekillendirilmesidir. Bu amaca şu andaki teknikler ile tam olarak ulaşmak mümkün değildir. Mekanik preparasyonun diğer bir hedefi de kök kanalının zayıflamasını ve kök kırıklarını engellemek için olabildiğince fazla servikal ve radiküler dentin bırakılmasıdır. Bu hedefler doğrultusunda etkin bir mekanik preparasyon yapılmak istense de sınırlayıcı etkenler bunu mümkün kılmamaktadır. Bu etkenler kanal eğimi, dar isthmuslar gibi anatomik varyasyonlar olduğu gibi, mikro çatlaklar gibi işlemsel hatalar da olabilmektedir [2,32–37].

Radiküler dentinde döner enstrümanlarla yapılan kök kanal preparasyonu sırasında mikro çatlaklar oluşabilmektedir [11,12,38–43]. Farklı kök kanal şekillendirme işlemleri ve sistemlerinin kök kanal duvarında farklı derecelerde hasara yol açtığı gösterilmiştir [11,12,39]. Kök kanalı içerisindeki stres birikimleri kanalda transportasyona, düzleşmeye ve sapmaya neden olabilmekte ve bunun sonucunda dentinde ince alanlar oluşabilmektedir. İnce dentin, kök kanal yapısını zayıflatabilmekte ve apikal çatlak riskini artırarak vertikal kök kırığına yol açabilmektedir [38,44–47]. Bu nedenle, dentin çatlağından kaynaklanan vertikal kök kırıkları dişlerin çekimine neden olabilmektedir [14].

2.2. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Ni-Ti Enstrümanlar

Endodontide nikel-titanyum materyalinden üretilen eğelerin kullanımı en büyük gelişmelerden biri olarak kabul edilmektedir. Kök kanal enstrümanı olarak üretilen Ni-Ti alaşımları tipik olarak 55-56% nikel ve 44-45% titanyum içermektedir. Alaşımda ortaya çıkan materyal, iki elementin 1:1 atomik orandaki (equiatomik) formudur. Diğer metalik sistemlere benzer şekilde Ni-Ti alaşımı farklı kristalografik formlarda var olabilmektedir. Bunlar martensit faz ve östenit faz olarak isimlendirilmektedir. Örgü şeklindeki kristal yapı sıcaklık veya stresten etkilenebilmektedir. Bu iki kristal form alaşıma farklı özellikler katmaktadır. Ni-Ti alaşımları üç farklı mikro yapısal faz (östenit, martensit ve R-faz) içermektedir. Martensit formdaki alaşım yumuşaktır ve kolayca deforme olabilir. Buna karşın östenit fazdaki Ni-Ti oldukça dirençli ve serttir [30].

Yeni alaşımın spesifik termodinamik özelliklerine bağlı olarak şekil hafızası ve gerilime dayanıklı pseudoelastisitesi vardır. Walia ve ark. 55-nitinol'un pseudoelastik özelliklerinin endodontide kullanımında avantajlar sağlayacağını düşünmüş ve öncelikle el enstrümanlarında denemişlerdir. #15'lu NiTi enstrümanın, paslanmaz çeliğe göre 2-3 kat daha esnek olduğu, bunun yanında enstrümanların açılal deformasyona daha dirençli olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte enstrüman 90° büküldüğünde, kesici yivlerde neredeyse hiç plastik deformasyon izlenmemiş ve eğeyi 45° bükme için gerekli kuvvet Ni-Ti ile %50 azaltılmıştır. Serene ve ark. strelizasyon sırasındaki ısı artışı ile NiTi eğelerin moleküler yapısının tamir olacağı ve kırılmaya karşı direncinin artabileceği iddiasını ortaya atmıştır. Bu durumun şu andaki martensitik enstrümanlarda oluştuğu iddia edilmektedir [30].

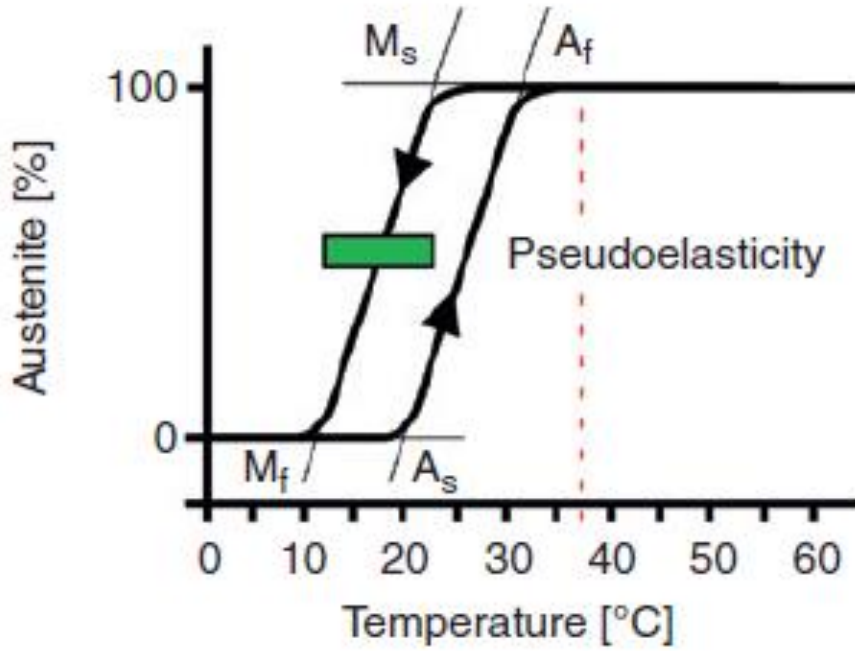
Bu geliştirilen yeni özellikler, alaşımın östenit ve martensit fazlarının moleküler kristal fazlarındaki transformasyonla açıklanmaktadır. Eksternal stresler NiTi'nin östenitik kristal yapısını daha fazla stres karşılayabilen martensitik kristal yapıya dönüştürür. Bunun sonucunda, NiTi eğenin transformasyonel elastisitesi olduğu belirtilmektedir ve bu durum aynı zamanda pseudoelastisite veya kullanımdan sonra orijinal şekline dönebilme yeteneği olarak da bilinmektedir [30].

Deformasyona neden olan kuvvetlere benzer şekilde, ısı ile faz transformasyonu oluşabilmekte ve östenit fazdan martensitik faza veya tam tersine geçiş görülebilmektedir. Bununla birlikte ham telin özellikleri ısı kullanılarak değiştirilebilmektedir ve en önemli

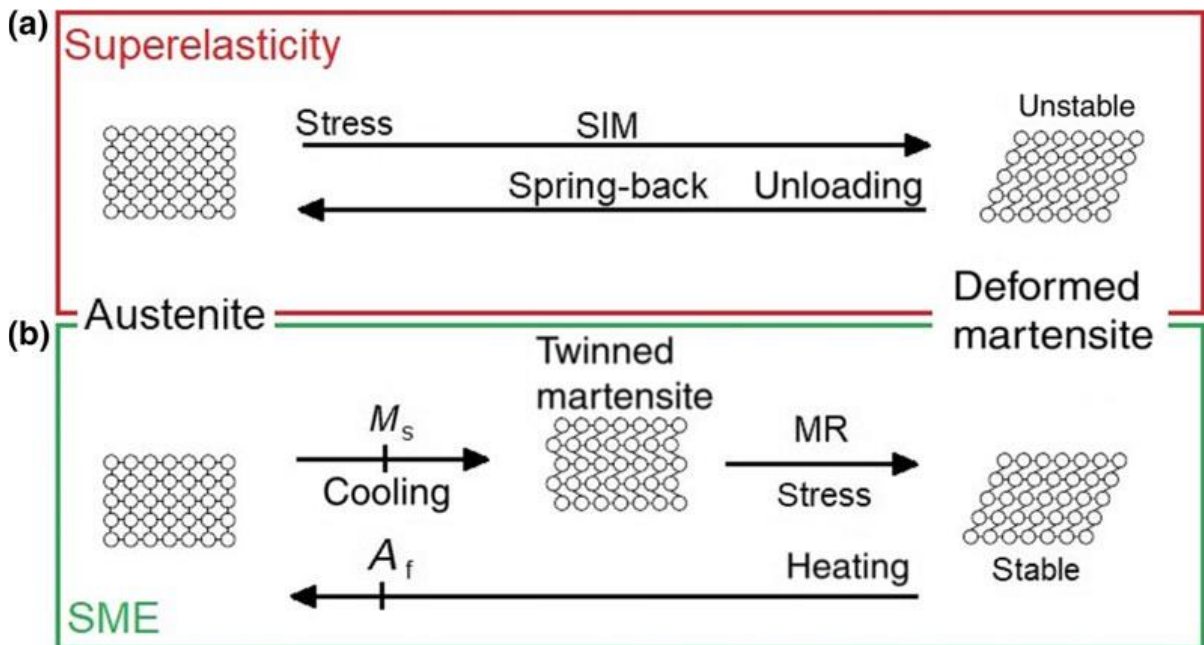
özelliği olan esneklik bu sayede arttırılabilmektedir. Östenit endodontik enstrümanlar için %7'lik geri alınabilir elastik tepki beklenmektedir. Ancak martensit enstrümanlar daha düşük elastik aralığa sahiptir ve kullanım sırasında daha fazla plastik deformasyona uğraması beklenmektedir. NiTi alaşımları geliştirmek için yapılan testler devam etmektedir ve yapılan çalışmalar yeni NiTi alaşımların için şu anda kullanılan alaşımlara oranla 5 kat daha esnek olabileceği bildirilmektedir [30].

Yüzey özelliklerini geliştirmek için elektro-parlatma, yüzey kaplaması ve ion implantasyonu gibi yöntemler denenmektedir. Elektro-parlatma, frez izleri ve parlama gibi yüzey düzensizliklerini ortadan kaldıran bir işlemdir. Özellikle yorgunluk ve korozyon gibi materyal özelliklerini geliştirdiği düşünülmektedir ancak her ikisi için de elde bulunan kanıtlar karmaşıktır. Bir çalışmada elektro-parlatmanın yorulma direncini artırdığı gösterilmiştir ancak diğer çalışmalarda yorulma direncinde bir değişiklik olmadığı bulunmuştur. Boesler ve ark. elektroparlatma sonrası kesme davranışında değişim olduğunu ve torsiyonel yükte artış olduğunu önermiştir [30].

Yüzey kalitesini artırmak amacıyla yüzeyi titanium-nitrit ile kaplama işlemi uygulanmıştır ve bu işlemin kesme etkinliği üzerinde faydalı etkileri olduğu belirtilmektedir. Yüzey işlemlerinden daha önemli olan ve alaşımların materyal özelliklerini belirleyen alaşımdaki atomik oran olduğu belirtilmektedir. İlk ticari alaşım olan M-wire'in daha iyi yorgunluk direnci ve benzer burulma dayanımı vardır. Yakın zamanda enstrümanlar üretim aşamasında ısıtılma işleminden ve soğutma işlemlerinden geçirilerek endodontik uygulama sırasında daha martensitik olması sağlanmaktadır. Klinik koşullarda bu alaşımlar daha esnektir ve daha yüksek yorulma direnci göstermektedir. Yeni tanıtılan gold ve blue alaşım tipleri örnek olarak verilebilir [30].



Resim 2.1. Ni-Ti alaşımların sıcaklık-değişim diyagramı. (M_s) martensit başlangıç sıcaklığı, (M_f) martensit bitiş sıcaklığı, (A_s) östenit başlangıç sıcaklığı, (A_f) östenit bitiş sıcaklığı.



Resim 2.2. Martensitik dönüşüm. (a) Süperelastisite (SE) Östenit bitiş sıcaklığı (A_f), (b) Şekil hafıza özelliği (SME). Martensit reoryantasyon (MR), Stresin uyardığı Martensitik dönüşüm (SIM) (M_s =martensit başlangıç sıcaklığı)

2.3. Ni-Ti Döner Enstrüman Sistemlerinin Sınıflandırılması [48]

2.3.1. Birinci jenerasyon Ni-Ti döner eğe sistemleri

Ni-Ti döner enstrümanlar ilk kez Dr. John McSpadden tarafından tasarlanmıştır. 1992 yılında tanıtılan bu sistem 0,02 konikliğe sahiptir ancak bu eğelerin kırılması ile ilgili problemler ortaya çıkmıştır. Bunun ardından Dr. Johnson 0,04 koniklikteki Profile (Dentsply, Maillefer, Switzerland) sistemini geliştirmiştir. Bu sistemlerin ardından daha yüksek koniklikteki versiyonları ile birlikte sadece apikalde preparasyon yapan farklı ürünler de tanıtılmıştır.

2.3.2. İkinci jenerasyon Ni-Ti döner eğe sistemleri

Bu jenerasyondaki eğe sistemleri 1990'ların sonlarına doğru tanıtılmıştır. Önceki sistemlerle farkları ise aktif kesici uçlarının bulunması ve kanal preparasyonu için daha az enstrüman gerektirmeleridir. Önceki jenerasyona göre kesici kenar ile uzun eksen arasındaki açı azaltılmıştır. Bu sayede vidalama etkisi düşürülmüştür. 1. Jenerasyon eğelerdeki kesme açısı nötr veya negatif iken bu jenerasyonda pozitif açı ile daha etkin bir kesme özelliği kazandırılmıştır.

2.3.3. Üçüncü jenerasyon Ni-Ti döner eğe sistemleri

Bu jenerasyondaki sistemler Ni-Ti metalürjisindeki gelişmeler kullanılarak üretilmiştir. En önemli özellikleri materyallerin termal işleme tabi tutulmuş olmasıdır. Bu işlem sayesinde eğelerin yorgunluk direnci, esnekliği ve kesme etkinlikleri değiştirilmektedir.

2.3.4. Dördüncü jenerasyon Ni-Ti döner eğe sistemleri

Bu jenerasyona kadar üretilen Ni-Ti döner eğe sistemleri devamlı rotasyon prensibi ile çalışmaktadır. Ancak, 1958 yılından beri ileri-geri hareketler olarak tanımlanan resiprokasyon hareketi paslanmaz çelik enstrümanlarda kullanılmaktadır. İlk önce motorlar eğelere 90° gibi büyük bir açı ile saat yönünde ve tersine hareket verecek şekilde tasarlanmışlardı. Zamanla bu açılar azaltılmıştır ve 300°'lik eşit açılarla saat yönünde ve tersi yönde çalışan sistemler geliştirilmiştir. Resiprokasyon hareketinin Ni-Ti döner

sistemlerde kullanılması ile tek eğe sistemlerinin geliştirilmesinde artış görölmüş ve bu sayede tedavi süresi daha da azaltılmıştır.

2.3.5. Beşinci jenerasyon Ni-Ti döner eğe sistemleri

Beşinci jenerasyondaki sistemlerin tasarımı ağırlık veya rotasyon merkezlerinin tam ortada yer almayacak şekilde yapılmıştır. Bu tasarım ile eğenin dentin ile temasının azaltılması hedeflenmiştir. Ağırlık merkezi ortada yer almadığı için rotasyon sırasında yaptığı salınım hareketi, dentin ve eğe arasındaki teması azaltarak vidalama etkisini ve istenmeyen tork kuvvetlerini ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca bu özelliği nedeniyle debris sıkışması ve kanalların tıkanma ihtimali de azalmaktadır.

2.4. Ni-Ti Metalurjik ve Mekanik Özellikler

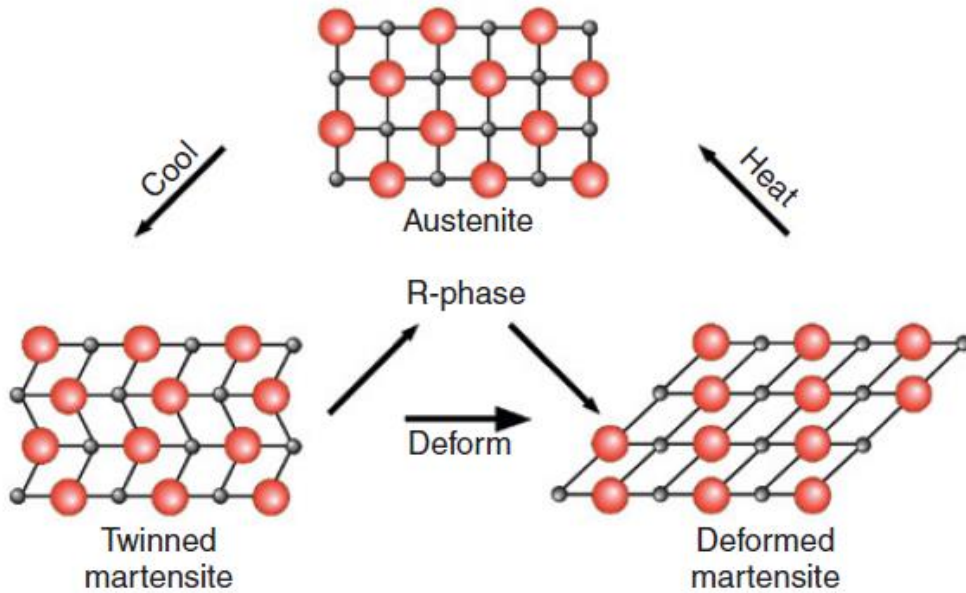
2.4.1. M-wire Ni-Ti alaşımlar

Endodontide kullanılan geleneksel süper elastik Ni-Ti alaşımlar, oda ve vücut sıcaklıklarında östenit yapıda bulunmaktadır [49,50]. Enstrümanın mekanik özelliklerinin, alaşımanın doğal özelliklerinden ve üretim sürecinden etkilendiği bilinmektedir. Üretici firmalar, enstrümanların kırılma direncini arttırmak amacıyla yeni alaşımlar ve yeni üretim şekilleri geliştirmektedirler [51–53]. Son zamanlarda geliştirilen bir çok yeni yöntem ile eğeler büyük oranda martensitik fazda bulunmaktadır. Ni-Ti alaşımların özel termomekanik süreçlerle geliştirilmesi sağlanmaktadır. Bu alandaki gelişmeler ile üçüncü, dördüncü ve beşinci nesil Ni-Ti eğe sistemleri geliştirilmiştir. Termal işleminden geçirilmiş Ni-Ti eğeler, vücut ısısında östenit ve martensit fazların karışımını içermektedirler. M-Wire ve CM Wire Ni-Ti alaşımlarda bu özellikler bulunmaktadır [49,50,54]. Martensitik faz, alaşıma endodonti kliniğinde kullanımı için ideal duruma getirmektedir. Bu faz dönüşümünü gerçekleştiren materyaller, ikili faz içerikleri sayesinde iyi derecede enerji absorbe edebilmektedirler. Alaşıma martensitik formu ile yorgunluk direnci yükselmektedir. Modifiye Ni-Ti alaşım olarak bilinen M-Wire alaşımları, kök kanal preparasyonunda kullanılmak üzere bir çok yeni ürünün üretilmesine olanak sağlamıştır [53–55]. Geleneksel süper elastik Ni-Ti aletler östenit yapıdadır [56]. Bunun yanında, M-Wire alaşımları önemli oranda martensit yapı içermektedir. M-Wire'in metalürjik bileşimi, östenit Ni-Ti alaşımlara göre ince ve homojen

bir yapı göstermektedir. M-Wire alaşımların östenit Ni-Ti içeriği R-Faz alaşımlar ile benzerlik göstermektedir [57].

2.4.2. R-faz Ni-Ti alaşımlar

Ni-Ti kanal aletlerinin özelliklerinin geliştirilmesinde kullanılan termal işlemlerin esas avantajı yalnızca esnekliği artırması değil, bununla birlikte enstrümanın üretimi sırasında oluşan iç streslerin dengelenmesi için alaşımın kristal yapısını da değiştirmesidir. Bu sayede enstrümana yüksek düzeyde mekanik direnç özellikleri de kazandırılmaktadır [58]. R-faz, Ni-Ti alaşımlarındaki bir ara fazdır. Martensitik fazın bir ön fazı olan R-Faz, östenit ve martensitik fazların arasında bulunmaktadır. R-faz, martensit fazdan önceki soğutma işlemi sırasında ortaya çıkabilmektedir. Benzer şekilde östenit faza dönüşümden önceki ısıtma sırasında da ortaya çıkabilir. R-faz alaşımlarından üretilmiş materyallerin süper elastisite ve şekil hafızası özellikleri vardır. Östenit fazdan daha düşük elastisite modülü vardır. Buna bağlı olarak R-faz alaşımları daha esnektir [59,60]. Stres altında östenit yapının martensit yapıya dönüştüğü bildirilmiştir [61]. Buna bağlı olarak geleneksel Ni-Ti eğerlere oranla daha yüksek yorgunluk direncine sahip oldukları bildirilmiştir [58,62].



Resim 2.3. Ni-Ti'nin pseudoelastik davranışı, iki ana kristal konfigürasyon martensit ve östenit yapıların sıcaklık ve uygulanan kuvvet ile değişimi.

Çizelge 2.1. Ni-Ti enstrümanlar ve özellikleri [63]

Alaşım	Faz içeriği/ özellikler	Ni-Ti Sistemler
Konvansiyonel Ni-Ti Enstrümanlar	Östenitik faz, süper elastik özellik	Mtwo OneShape Profile ProTaper Universal
Elektropolisaj İşlemi Yapılan Ni-Ti Enstrümanlar	Östenitik faz, süper elastik özellik	Race BioRace iRace F360 F6 Skytaper
R-Faz Ni-Ti Enstrümanlar	Östenitik faz, süper elastik özellik	Twisted File Twisted File Adaptive K3XF
M-Wire Ni-Ti Enstrümanlar	Östenitik fazın yanında az miktarda R faz ve Martensitik faz	Profile Vortex Profile GT Series X ProTaper Next Reciproc WaveOne
Controlled Memory (CM) Wire ve Elektriksel Deşarj İşlemi Yapılan Ni-Ti Enstrümanlar	Martensitik fazın yanında az miktarda Östenitik faz ve R faz, Şekil hafızası özelliği	Hyflex CM THYPOON Infitine Flex Ni-Ti Files V-Taper 2H Hyflex EDM
Gold ve Blue Isıl İşlem Görmüş Ni-Ti Enstrümanlar	Şekil hafıza özelliği Süper elastik özellik Üstün Döngüsel yorgunluk direnci	ProTaper Gold WaveOne Gold Profile Vortex Blue Reciproc Blue
Max Wire Ni-Ti Enstrümanlar	20 °C Martensitik 35 °C Östenitik Şekil hafıza ve süper elastik özellik	XP-endo Finisher XP-endo Shaper

2.5. Çalışmada Kullanılan Ni-Ti Döner Eğe Sistemleri

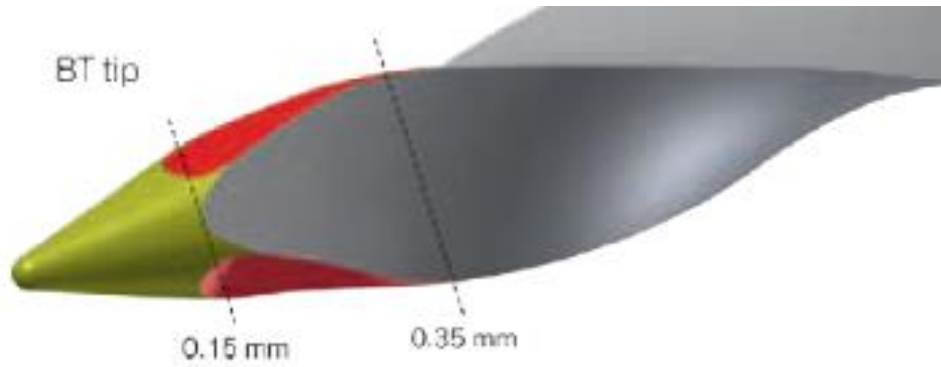
2.5.1. XP-endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre)

XP-endo Shaper (XP) devamlı rotasyon hareketinde kullanılan sarmal-şekilli Ni-Ti döner enstrümandır. XP sistemi kanal içerisindeki düzensizliklerin 3 boyutlu enstrümantasyonunu sağlamak için üretilmiştir. Enstrümanın Ni-Ti MaxWire (Martensite-Austenite electropolish-fleX) ile üretildiğini ve metalürjik alaşımın enstrümana yüksek esneklik

sağladığı belirtilmektedir. Enstrüman soğutulduğu zaman M fazındaki başlangıç konikliği 0,01'dir ve vücut sıcaklığına (35°C) maruz kaldığı durumda A fazındaki moleküler hafıza ile koniklik 0,04 olarak değişmektedir. Bununla birlikte enstrüman kanalın gidişine uyum sağlayacak şekilde tasarlanmış altı kesici kenarı olan bir uca (Booster Tip) sahiptir. İşleme ISO 15 boyutunda başlamakta ve ISO 30 çapa ulaşabilmektedir. Enstrümanın dentin duvarlarında minimal strese neden olduğu ve buna bağlı olarak dentindeki mikro çatlak oluşum riskini en aza düşürdüğü belirtilmektedir. XP, kanal düzensizliklerine kolayca adapte olabildiği ve döngüsel yorgunluğa karşı oldukça dirençli olduğu bildirilmiştir. Üretici bilgilerine göre enstrümanın süperelastisite ve ekspansiyon kapasitesi, kayda değer bir döngüsel yorgunluk direnci ve yumuşak, non-agresif bir işlem sağlama gibi özellikleri mevcuttur [16].



Resim 2.4. XP-endo Shaper enstrüman



Resim 2.5. XP-endo Shaper enstrümanın uç tasarımı



Resim 2.6. XP-endo Shaper enstrümanının faz değişimi

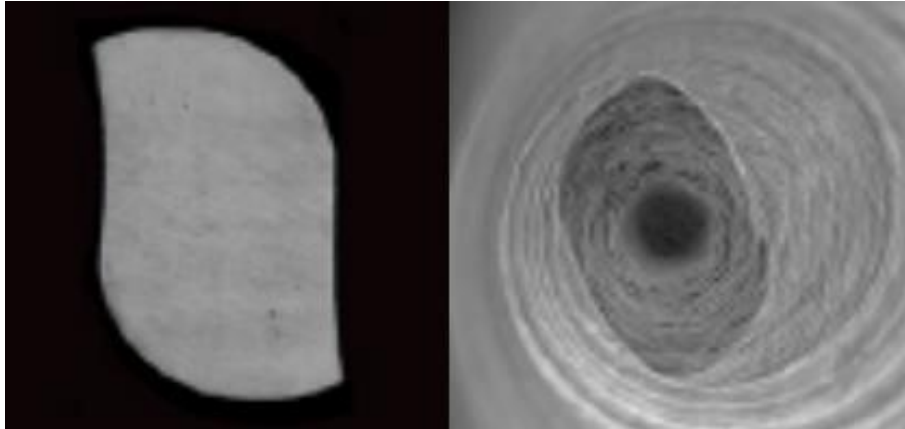
2.5.2. Reciproc Blue (VDW, Munich, Almanya)

Reciproc Blue (RB) enstrümanları inovatif bir ısıtıl işleminden geçirilmiş, moleküler yapısındaki modifikasyonlar ile döngüsel yorgunluğa karşı direnci ve esnekliği artırılmış Ni-Ti ile üretilmektedir. RB enstrümanların klinik kullanım sırasında martensit fazda olmaları sayesinde enstrümanlar yumuşak, esnek ve kolaylıkla ön eğim verilebilir durumda bulunmaktadır. RB enstrümanları özellikle resiprokasyon hareketinde kullanım için üretilmiştir. S-şekilli kesiti, konikliği, kesme açıları ve termal olarak geliştirilmiş ham materyal, yüksek etkinlik ve kesme performansı sağlamaktadır. Eğe, kesici-olmayan uca sahiptir ve yüksek esnekliğine bağlı olarak kanal duvarları arasında daha iyi merkezlenebildiği belirtilmektedir. Yeni bir alaşım ile üretilen RB'nin üzeri termomekanik işlem sonucu oksid tabakası ile kaplanmaktadır. Bu termal işlem faz dönüşüm derecelerini düzenlemekte, alaşımın kristallografik yapısının bir bölümünü oluşturmakta ve bu nedenle enstrümana mavi rengini vermektedir. RB sistemi dar, orta ve geniş boyuttaki kanallar için ayrı ayrı üretilmiş üç farklı enstrümana sahiptir. Bunlar sırasıyla R25 (25/.08), R40 (40/.06) ve R50 (50/.05) enstrümanlarıdır. Bu çalışmada kullanılan Reciproc Blue R25 enstrümanı, çalışan parça boyunca iki keskin kenar ile S-şekilli cross-kesite sahiptir. Uç çapı ISO 25 boyuta eşittir ve apikaldeki ilk milimetrelerinde 0,08 konikliği vardır ancak değişken bir konikliğe sahiptir. Üretici talimatına göre bu boyut, el aletinin pasif olarak çalışma boyutuna ulaşmadığı durumlarda dar ve eğimli kanallar için belirlenmiştir. Reciproc Blue, M-wire Reciproc enstrümanının termal olarak işleminden geçirilmiş ve geliştirilmiş versiyonudur.

Metallurjik alaşımı ve yüksek esnekliği sayesinde enstrümanın Reciproc enstrümanına göre dentinde daha az hasar yaratması beklenmektedir [15].



Resim 2.7. Reciproc Blue R25, R40 ve R50 enstrümanları



Resim 2.8. Reciproc Blue enstrümanı çapraz kesit yapısı ve kesici olmayan uç tasarımı

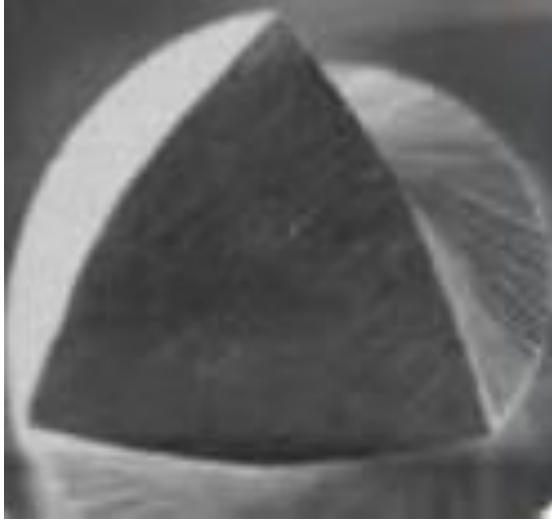
2.5.3. ProTaper Universal (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK)

ProTaper sistemi Dr. Clifford Ruddie, Dr. John West ve Dr. Pierre Machtou tarafından tasarlanmıştır. 2000 yılında geleneksel Nitinolden retilmiştir [64]. Crown down tekniği ile kullanılan (SX, S1, S2) uç şekillendirme enstrümanı bulunmaktadır.  bitirme enstrümanı

(F1, F2, F3) ise apikalin şekillendirilmesinde kullanılmakta ve sistem toplamda 6 enstrümandan oluşmaktadır. 2006 yılında iki bitirme enstrümanı daha eklenmiştir (F4 ve F5). Bu aletlerin kesitleri ve uçları modifiye edilmiştir ve Universal ismini almıştır [65]. Çapraz kesiti, keskin kesici kenarları ve radial alanı bulunmayan modifiye edilmiş bir K-tipi enstrüman görünümündedir [66]. SX, S1 ve S2 enstrümanları kök kanalının özel bölümlerinde kontrollü bir kesme performansına izin vermektedir. Sistemdeki enstrümanların tümü farklı konikliklere ve değişken uçlara sahiptir. Eğenin esnekliği ve kesme etkinliği bu şekilde arttırılmıştır. Bununla birlikte her eğenin kanalın belirli bir bölgesinde çalışmasına olanak sağlanmaktadır [67]. Uçların değişken çapa sahip olmaları, dentin kesimi sırasında stres birikimini önlemektedir [64]. Çalışmada bu sistem ile yapılan kök kanal preparasyonu F2 (25/.08) enstrümanında bitirilmiştir.



Resim 2.9. ProTaper Universal SX, S1, S2, F1, F2 ve F3 enstrümanları



Resim 2.10. ProTaper Universal enstrüman sistemi çapraz kesit yapısı

2.6. Mikro Çatlaklar

Ni-Ti döner enstrümanlar ile kök kanalları içerisinde yapılan preparasyon sırasında dentinde mikro çatlaklar oluşabilmektedir. Bir çok çalışmada Ni-Ti döner ege kullanımının kök dentininde çatlaklara neden olduğu bildirilmiştir [11–13,68]. Farklı ege sistemlerinin, Ni-Ti kor çapı, kesitsel şekil, rake açısı ve flute derinliği gibi değişiklik gösteren dizayn özellikleri, eğenin davranışını etkileyebilmekte ve buna bağlı olarak çatlakların oluşumunda etkisi olabilmektedir [11,38]. Dentindeki bu defektler, vertikal kök kırıkları için bir başlangıç noktası olabilmekte ve endodontik tedavi görmüş bir dişin uzun dönem ağızda kalma süresini etkileyebilmektedir [14,38,69,70].

Kök kanal preparasyonu sırasında bir çok faktör dentinde mikro çatlaklara neden olmaktadır. Kök kanalındaki eğimin artması ile kök kanal duvarı ile enstrüman arasındaki temas sonucu enstrümanda ve kök kanal duvarlarında daha yüksek stresler meydana gelebilmektedir. Stres yoğunluğu sadece kanala verilen son şekilden değil, aynı zamanda enstrümanın geometrisine de bağlıdır. Enstrümanların dizaynı kök kanal enstrümantasyonu sırasında oluşacak apikal stres yoğunluğunu etkilemektedir. Bu durum dentin defektlerini ve kanal deviasyonlarını arttırdığı gibi apikal çatlak oluşumunu da artırarak istenmeyen sonuçlara neden olabilmektedir [38,44–47].

Günümüzde tek ege sistemlerinin kullanımı, prion çapraz kontaminasyonu olasılığının elimine edilmesi, ege yorgunluğunun azaltılması ve hekimlerin yeni bir tekniği öğrenmesi

ve adapte olması için geçen zamanın azaltılması açısından avantajlar göstermektedir [71,72]. Ancak kök kanallarının sadece tek bir ege ile şekillendirilmesi sırasında enstrüman ve kök kanal duvarı önemli bir strese maruz bırakılmaktadır [43,73].

Kök kanal preparasyonu sırasında kullanılan enstrümanların değişken konikliği, dentin defektlerinin oluşmasında neden olabilmektedir. Enstrümanların artan konikliği ile daha fazla kök dentininin uzaklaştırılması sonucu kök kırıklarının oluşma ihtimali artmaktadır [14]. Yapılan bir çalışmada konikliği olmayan bir enstrüman olan S-Apex'in (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) kök kanal duvarında zararlı etkiler yaratmadığı gösterilmiştir [12]. Zandbiglari ve ark. daha büyük konikliğe sahip enstrümanlarla yapılan preparasyonun kökleri zayıflattığını ve çatlak oluşumunu artırdığını bildirmiştir [74].

Ni-Ti enstrümanların hareket kinematiği dentin çatlakları oluşmasını etkileyebilmektedir. Burklein ve ark. yaptığı çalışmada, kök kanal preparasyonunda resiprokasyon ve rotasyon hareketi ile çalışan her iki enstrümanın da dentin defekleri oluşturduğu ve resiprokasyon hareketi ile kullanılan eğelerin tam-rotasyon hareketi yapan eğelere göre belirgin şekilde daha fazla tamamlanmamış dentin çatlakları yarattığı gösterilmiştir [43]. Diğer bir çalışmada döner enstrümanların uç dizaynının, kesitsel geometrilerinin, sabit veya değişken oluk ve konikliğinin olmasının çatlak oluşumu ile ilişkili olduğunu iddia etmiştir [11]. Kim ve ark. ege tasarımının enstrümantasyon sırasında apikal stres ve gerilim birikimi ile ilişkili olduğunu ve bunun dentin defektlerinde artış ve kanal deviasyonları ile ilişkilendirilebileceğini belirtilmiştir [38].

2.7. Kök Kanal Dolgusunun Önemi

Kök kanal boşluğunun üç boyutlu olarak doldurulması, kök kanal dolgusunun uzun süreli başarısı için esastır. Başarısız tedavilerin %58'inin eksik yapılmış obturasyondan kaynaklı olduğunu belirtmektedir. Zayıf doldurulmuş kök kanallarının preparasyonu da çoğu kez zayıf yapılmıştır. Çalışma boyunun kaybı, kanal transportasyonu, perforasyonlar, koronal tıkanmanın bozulması ve vertikal kök kırıkları gibi işlemsel hatalar oluşabilmektedir. Bu hataların apikal tıkanmayı olumsuz olarak etkilediği gösterilmiştir.

Temizleme ve şekillendirme işlemleri, radiküler boşluğun hem dezenfeksiyon derecesini hem de obturasyon başarısını belirlemektedir. Bu nedenle obturasyon, temizleme ve şekillendirme işlemlerinin yansıması olarak kabul edilmektedir. Kök kanal dolgusunun uzunluğu, konikliği, yoğunluğu, guta-perkanın uzaklaştırılma seviyesi ve koronal tıkama etkinliği, obturasyonun başarısı için önemlidir.

İdeal bir kök kanal dolgu materyalinin kök kanal duvarına ve düzensizliklere iyi adapte olması ve tüm kanalı homojen guta-perka kütlesiyle doldurulması gerektiği belirtilmektedir [75]. Kök kanal boşluğunun doldurulması için çeşitli endodontik materyaller önerilmiştir. Çoğu teknik, bir kor materyali ile pattan oluşmaktadır. Kor materyali ne olursa olsun, tüm teknikler için pat gerekmekte ve tam bir tıkama elde etmekteki başarı için gereklidir.

Kök kanal yüzeyi ve guta-perka arasındaki adaptasyonun preparasyon için kullanılan döner ege ile ilişkili olduğu bildirilmiştir [76–78]. Kök kanallarında NiTi döner enstrümanların kullanımı ile kök kanal preparasyonu daha az düzleşmeye neden olmakta ve eğimli kanallara koniklik verilebilmektedir. Böylece paslanmaz çelik enstrümanlar ile karşılaştırıldığında guta-perka kon ile kanal duvarları arasındaki adaptasyonun arttığı gözlemlenmiştir [79–83]. Temizleme etkinliği her ne kadar kanal morfolojisine dayanmakta olsa da, döner enstrümanların kullanımı ile düzgün yuvarlak bir preparasyonun elde edilmesi sağlanabilmektedir [84,85].

Kök kanal tedavisi sırasında etkin işlem sağlamak için geliştirilen döner enstrüman sistemlerine paralel şekilde obturasyon yöntemleri de devamlı bir gelişim göstermiştir. Kök kanal dolgusu için klasik teknikten (lateral kompaksiyon) farklı olarak diğer alternatifler önerilmiştir. Bu yöntemlere; devamlı dalga obturasyonu [86,87], enjekte edilebilir guta-perka [88,89], karma teknikler veya yumuşatılmış guta-perkanın taşıyıcı ile kanala yerleştirilmesi [90–92] örnekleri verilebilir. Bununla birlikte günümüzde kök kanal tedavisi sırasında enstrüman sistemlerine ait ve son kullanılan enstrümanın konikliğine sahip tek guta-perka konlarının kullanılması, obturasyonu başarılı kılmaktadır [93,94].

Lateral kompaksiyon yönteminin güvenli olması ve uzun dönemde başarılı olması nedenleri ile kullanımı yaygındır [95]. Ancak bu yöntem hata yapmaya açık olmaktadır. Aksesuar konlar spreader ile aynı boyuta ulaşmadığı durumlarda boşluklar kalabilmektedir. Eğimli kök kanallarında lateral kompaksiyon yöntemi kompaksiyonun kurvatürün ötesine

ulaşamamasından dolayı başarısız sonuçlar doğurabilmektedir [96]. Bunun yanında, lateral kompaksiyon yönteminde spreader kullanımına baēlı olarak tamamlanmamış dentin defektlerinin oluşumu, pasif soēuk dolgu yöntemlerine göre daha fazla görölmektedir. Her ne kadar spreadera uygulanan kuvvetler kökleri ayırmaya yetersiz olsa da, lateral kompaksiyon vertikal kök kırıklarının uzun dönemdeki riskini arttırdıēı belirtilmektedir [39,97,98].

Diēer yandan açılı guta-perkaların kullanıldıēı tek-kon dolgu tekniēi daha hızlı ve kullanımı kolaydır. Tek kon tekniēi sıklıkla dentine iyi derecede adaptasyon saēlaması ve lateral kompaksiyon ile karřılařtırıldıēında daha az tedavi süresi gerektirmesi nedenleriyle kullanılmaktadır [99,100]. Bununla birlikte lateral kompaksiyon yöntemi ile karşılaştırılabilir derecede bir radyografik kalitede olduēu bildirilmektedir [101].

Yapılan çalışmalardaki ortak bulgu, farklı enstrümanlarla ve tekniklerle yapılan kök kanal preparasyonu sonrasında kök kanalının apikal bölümünün orta ve koronal üçlüsüne kıyasla daha az temizlenebildiēi ve apikal bölgenin yetersiz temizliēinin periapikal inflamasyona yol açabileceēidir [102–104]. Endodontik tedavinin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden olan kök kanalının üç boyutlu olarak doldurulması, rezidüel bakteriler ve toksinlerinin periapikal dokuları etkilemesinin önüne geçmektir [105,106]. Bu nedenle, kök kanalının tümünün sızdırmaz bir şekilde doldurulması oldukça önemli olmakla birlikte, özellikle apikal bölge önem teşkil etmektedir.

2.8. Çalışmada Kullanılan Kök Kanal Dolgu Tekniēi

2.8.1. Tek kon tekniēi

Bu teknik, kök kanallarını şekillendirmede kullanılan farklı enstrümantasyon sistemlerinin final eēesi ile aynı boyutta konikleşme gösteren ve enstrüman sistemine ait bir guta-perka kon ile aksesuar konlara ihtiyaç olmadan kök kanallarının doldurulmasıdır. Bu teknik yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Bu tekniēin avantajları kolay kullanımı ve kısa işlem süresinin olmasıdır [107,108]. Ayrıca, soēuk lateral kompaksiyon tekniēine daha basit bir alternatif olarak gösterilmiştir.

Dolgu tekniklerinin kullanım amacı, maksimal miktarda guta-perka ve minimal miktarda pat uygulanarak sızıntıyı minimal hale getirmektir [104]. Bu amaçla farklı tekniklerin karşılaştırıldığı çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bir çalışmada vertikal kompaksiyon, lateral kompaksiyon ve tek kon teknikleri bakteriyel sızıntı testi ile tıkama etkinliği değerlendirilmiş ve bu üç teknik arasında benzer sonuçlar bulunmuştur [109].

Kardon ve ark. AH Plus kök kanal dolgu patını tek kon ve sıcak vertikal kondenzasyon teknikleriyle kullanmışlar ve apikal örtücülüğü sağlamada iki teknik arasında fark olmadığını ileri sürmüşlerdir [93]. Ancak tek kon tekniğinde koronal tıkamanın, sıcak vertikal kompaksiyon tekniğine göre daha düşük olduğu bildirilmiştir [110,111]. Yapılan farklı bir çalışmada ise, eğimli kök kanallarında tek kon tekniği ile devamlı dalga kondenzasyon yöntemi değerlendirilmiş ve koronal bölüm dışında benzer bir obturasyon kalitesinin elde edildiği bulunmuştur [112].

Gordon ve ark. eğimli kanallarda tek kon tekniği ve lateral kompaksiyon tekniklerini kullanarak yaptıkları çalışmada her iki teknikte de guta-perka yüzdesinin benzer olduğunu bildirmişlerdir [113]. Hörsted-Bindslev ve ark. tek kon tekniği ile lateral kompaksiyon tekniğini karşılaştırdıkları çalışmalarında, kök kanal dolgusunun radyografik görüntü kalitesi ile ilişkilendirildiğinde benzerlik gösterdiğini bildirmişlerdir [114]. Taşdemir ve ark. apikal 2mm'de guta-perka ile doldurulan saha yüzdesinin, tek kon tekniğinde lateral kompaksiyon tekniğine göre istatistiksel olarak daha fazla olduğunu belirtmişlerdir [100].

Soğuk lateral kompaksiyon yöntemi ile kök kanalların guta-perka ile doldurulması basit olması ve bir çok vakaya uyum gösterebilmesi nedenleri ile bir çok hekim tarafından kullanılmaktadır ve sıklıkla yeni bir teknik ile karşılaştırma yapılırken standart olarak alınmaktadır [115,116]. Ancak tekniğin uygulanması zaman almakta ve kök kanalına fazla kuvvet uygulandığı durumlarda kök kırıklarına neden olma potansiyeli taşımaktadır [117].

Buna karşın, tek kon tekniğinde döner enstrümanların geometrisine uyumlu konlar kullanıldığı için, obturasyon işlemini hızlandırırken kök kanallarına uygulanan basıncı minimize etmektedir. Lateral kompaksiyon tekniğinde kullanılan aksesuar konlar birbirleri ile yapışmadığı için aralarında boşluklar olabilmektedir. Tek kon tekniğinde ise, tek kon ve pat kombinasyonu boşluk içermeyen uniform bir dolgu kütlesi oluşturmaktadır [118].

Wu ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada, tek kon tekniği ile doldurulmuş kök kanallarının sızıntı açısından 1 yıl takibi yapılmış ve tek kon ile yapılmış dolguların sızıntıyı 1 yıl boyunca engelleyebildiği bildirilmiştir [119]. Yapılan çalışmalarda lateral kompaksiyon tekniği ve tek kon tekniği ile doldurulmuş kök kanallarındaki apikal sızıntı karşılaştırıldığında teknikler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı bildirilmiştir [94,120-123].

Farklı enstrümanlarla hazırlanan kök kanallarında lateral kompaksiyon ve tek kon dolgu yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, gruplar arasında apikal sızıntı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, tek kon tekniğinin lateral kompaksiyon tekniğine karşın etkili bir alternatif olduğu ve bununla birlikte tek kon tekniğinin lateral kompaksiyon tekniğine göre daha kolay uygulama ve daha kısa uygulama süresi olduğu bildirilmektedir [124,125].

2.9. Kök Kanal Dolgusunun Değerlendirilme Yöntemleri

Kök kanal dolgu kalitesini değerlendirmek için bir çok yöntem kullanılmıştır.

Bu teknikler;

Geleneksel Yöntemler

- a) Boyama ve Şeffaflaştırma
- b) Kopya Model Oluşturma
- c) Kesit Alma
- d) Sıvı Filtrasyon Testi
- e) Radyografik Teknikler
- f) Taramalı Elektron Mikroskopi
- g) Kon Fokal Lazer Taramalı Mikroskop

Üç Boyutlu Görüntüleme Teknikleri

- a) Bilgisayarlı Tomografi (BT)
- b) Konik-Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)
- c) Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (μ BT), olarak sınıflandırılmaktadır.

Kök kanal dolgusunu değerlendirmek için kullanılan konvansiyonel yöntemlerin, kökten kesit alınması sırasında materyal kaybına bağlı olarak boşlukların oluşabilmesi, radyografların yalnızca 2 boyutlu değerlendirmeye izin vermesi, sıvı filtrasyon çalışmaları için gerekli sürenin uzun olması, boya penetrasyon çalışmalarının klinik ile korelasyon göstermemesi ve boya ekstraksiyon yöntemlerinin sadece kökün apikal uçlusu üzerinde değerlendirmeye izin vermesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bunların yanında taramalı elektron mikroskopu, kon fokal lazer taramalı mikroskop ve stereomikroskop gibi konvansiyonel görüntüleme yöntemleri ile karşılaştırıldığında μ BT örnekler zarar verilmeden 3 boyutlu rekonstrüksiyonunu sağlama ve taramayı tekrarlama ve görüntüler üzerinde uygun yazılımlar kullanarak çalışma gibi avantajlar sağlamasından dolayı önerilmektedir [22,24,25,28,29].

2.9.1. Mikro-bilgisayarlı tomografi (μ BT)

Bilgisayarlı tomografi, diş anatomisinin üç boyutlu rekonstrüksiyonu amacıyla 1990 yıllardan beri kullanılmaktadır. Bilgisayarlı tomografi ilk kez Tachibana ve Matsumoto (1990) tarafından endodontik görüntüleme amacıyla diş örneklerinin üç boyutlu olarak modellenmesinde kullanılmıştır [126]. X-ışınli μ BT sistemleri, 1980'lerin başında geliştirilmiştir ve BT'ye göre çok daha iyi çözünürlüğe sahiptir [127,128]. μ BT ile dişler ve kemik gibi mineralize dokular ve seramik, polimerler, biyomateryal gibi bir çok farklı materyal incelenebilmektedir. μ BT sistemlerinin gelişimi ile yeni jenerasyon sistemler küçük canlı hayvanların in vivo görüntülenmesine olanak sağlamaktadır [129,130]. Görüntüleme yöntemi ile örnekler zarar vermeden tarama yapılmaktadır ve bu sayede taramadan sonra örnekler ek biyolojik veya mekanik işlemler ile incelemeye tabi tutulabilmektedir [131].

Kök kanal sistemindeki finler, aksesuar kanallar ve birden fazla foraminanın bulunması gibi oldukça fazla görülen çeşitlilik ve karmaşıklıklar Hess (1921) tarafından gösterilmiştir [132]. Kök kanal sisteminin 3 boyutlu morfolojik özellikleri ve kök kanal tedavisinden sonra meydana gelen değişimlerin tamamen anlaşılması endodontistler için oldukça önemlidir. Başarılı bir endodontik tedavi, dişlerin internal anatomisinin iyi bilinmesine dayanmaktadır. Enstrümantasyonun etkilerini incelemek için kullanılan radyografik teknikler tekrarlanabilir ve non-invazivdir ancak sadece 2-boyutlu görüntü elde edilebilmektedir [133]. μ BT sistemleri ile kök kanal morfolojisi non-invaziv olarak detaylı şekilde incelenebilmektedir. μ BT taraması ile geniş miktarda bilgi elde edilebilmekte, kesitler bir çok düzlemde yeniden oluşturulabilmekte ve 2 veya 3 boyutlu görüntüler elde edilebilmektedir. İnternal veya eksternal anatomi ard arda veya ayrı ayrı gösterilebilmektedir. Görüntüler kalitatif veya kantitatif olarak değerlendirilebilmektedir [126,134].

Endodonti alanında μ BT kullanımı ise 1997’de kök kanallarının modellerinin elde edilmesi ile başlamıştır. Matematiksel olarak kök kanal geometrisinin araştırılması ise Nielsen ve ark. (127 μ m) tarafından gerçekleştirilmiştir [135]. 1999 yılında Rhodes ve ark. μ BT kullanarak 81 μ m boyutsal çözünürlük ile kökün ve kök kanalının alan hesaplamasını gerçekleştirmişlerdir [126]. Bu çalışmaların sonucunda elde edilen üç boyutlu modeller ile köklerin kesit görüntüleri üzerinde çalışılması mümkün hale gelmiştir [18]. Son yıllarda μ BT çözünürlüğü 81 μ m’den 10 μ m’a kadar hatta daha ince kesitlere kadar düşmüştür [18,22,126]. Endodonti alanında kısa sayılabilecek geçmişine rağmen, özellikle incelenmek istenilen dokuya zarar vermemesi, istenilen sayıda tarama yapılabilmesi, 3-boyutlu modeller üzerinde çalışmaya olanak sağlaması ve örneklerin farklı bir inceleme metodu ile incelenmesine olanak sağlaması metodlar arasında karşılaştırma yapılabilmesi gibi avantajları nedeniyle μ BT sıklıkla tercih edilmektedir [33,136,137]. Bunun yanında, örneklerin taranmasının uzun sürmesi ve sonrasındaki modelleme ve analiz işlemlerinin teknolojik bilgi ve beceri gereksinimi, μ BT’nin dezavantajları arasında yer almaktadır. Ancak μ BT tekniği günümüzde araştırmalarda sıklıkla kullanılmakta olup, en güvenilir teknikler arasında yer almaktadır [136].

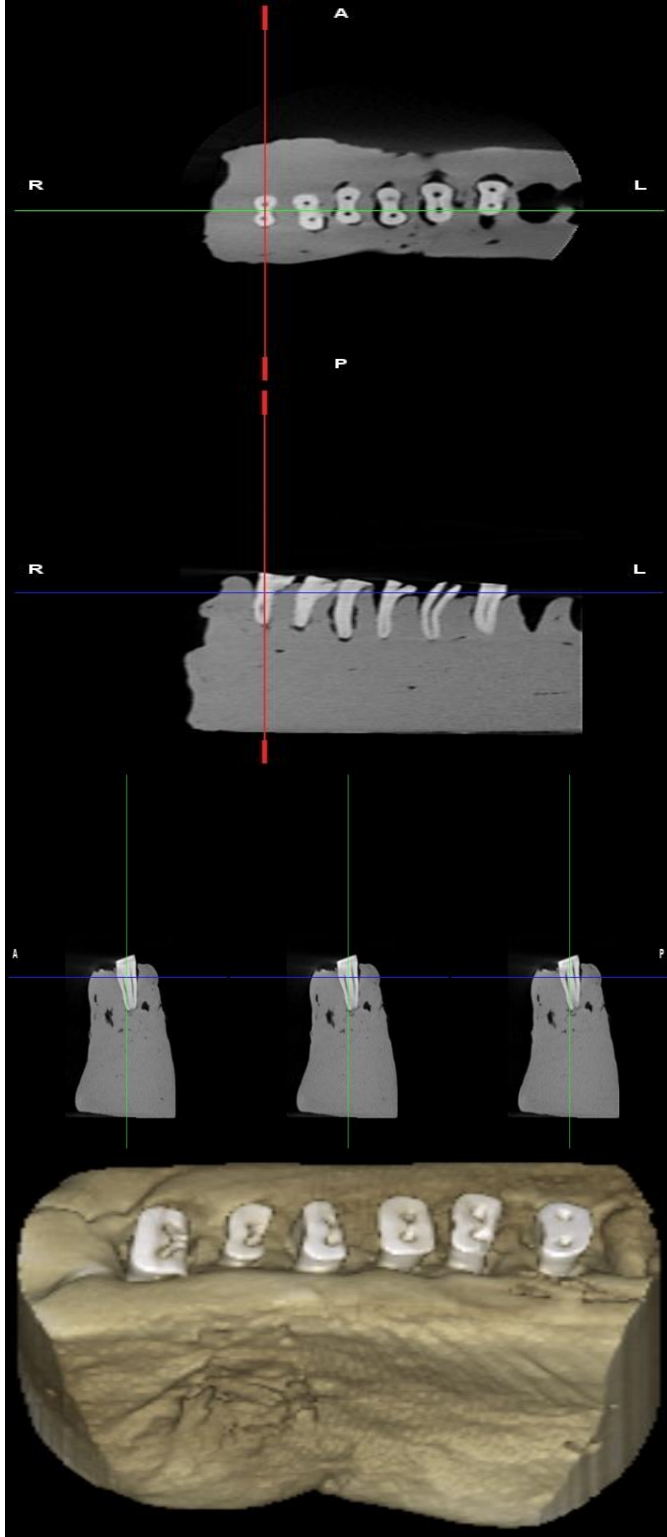
3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Örneklerinin Seçilmesi

Bu çalışma için etik kurul onayı Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nden alındı. Bu çalışma ile ilgili olmayan sebeplerle çekilmiş ve endodontik işlem yapılmamış olan 260 adet mandibular 1. ve 2. molar dişler çalışmanın örneklerini oluşturmak üzere toplandı. Dişlerin üzerindeki yumuşak doku artıkları periodontal küretler yardımıyla uzaklaştırıldı. Dişler, çalışma öncesinde dezenfeksiyon için % 0,1'lik timol çözeltisinde 24 saat bekletildikten sonra kullanıncaya kadar distile suda saklandı. Stereomikroskopla x12 büyütmede yapılan değerlendirmede, kök çürüğü, kırığı veya çatlağı izlenen dişler çalışmaya dahil edilmedi. Apeksi tam oluşmamış dişler çalışmadan çıkartıldı.

Dişler konik-ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) (ProMax 3Ds, Planmeca Oy, Helsinki, Finlandiya) ile görüntüledi. Görüntüleme protokolü 90 kVp, 6,3 mA, 5×5 cm field of view (FOV) olarak belirlendi. Sonrasında, elde edilen verilerin 0,48 mm kesit kalınlığında rekonstrüksiyonu yapıldı. Romexis Viewer (3.8.3.R, Planmeca Oy, Helsinki, Finlandiya) programı kullanılarak görüntüler üç orthogonal düzlemde değerlendirildi.

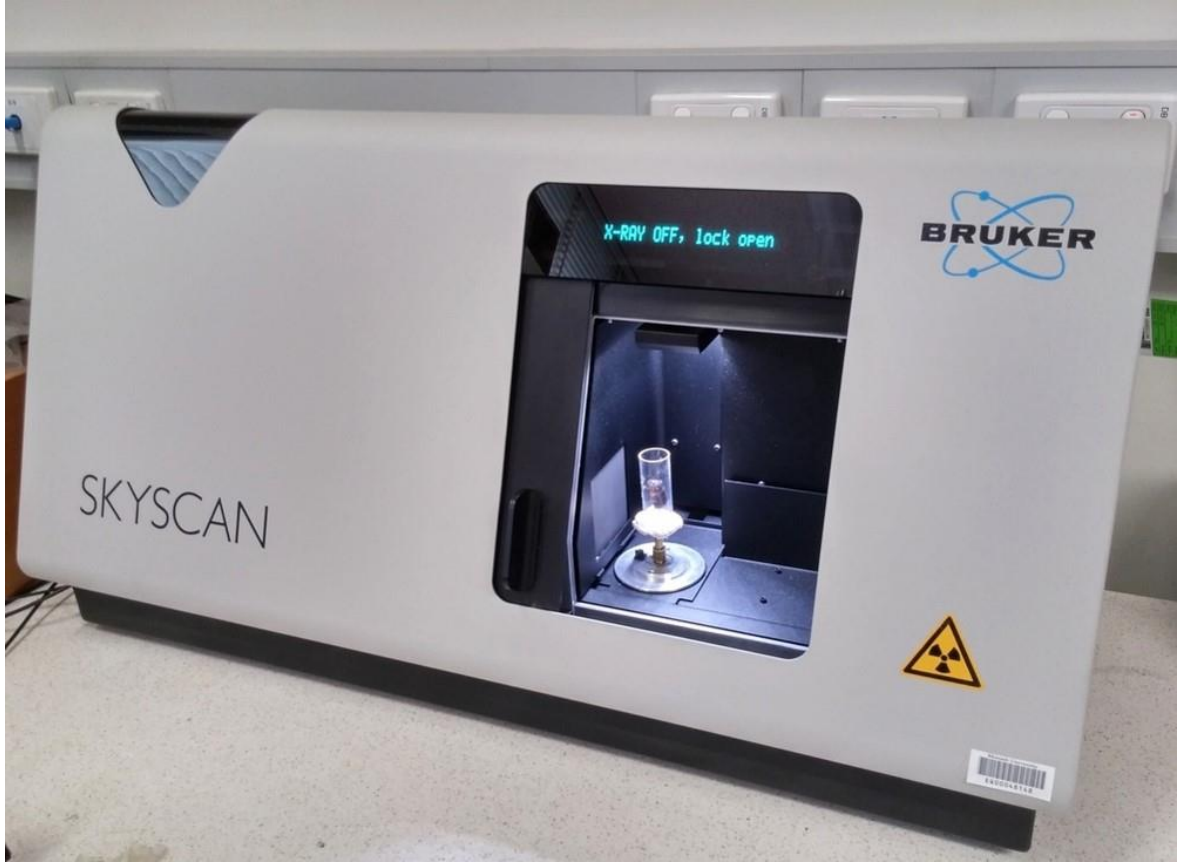
Radyografik değerlendirmede Vertucci sınıflamasına göre Tip IV kanal konfigürasyonuna sahip olan ve eğimi Schneider [138] metoduna göre 10°-20° arasında olan ve kalsifikasyon ve internal rezorpsiyon içermeyen kök kanallarına sahip dişler seçildi.



Resim 3.1. Örnek seçimi için dişlerin KIBT ile görüntülenmesi

Seçilen 50 adet ilgili kriterlere uyan dişlerin mezial köklerinin, elmas diskler kullanılarak su soğutması altında dekoronasyonu yapıldı ve distal kökten ayrıldı. Kök boyları 12 ± 1 mm olarak standardize edildi. Kanal içine yerleştirilen paslanmaz elik #10 K- tipi endodontik kanal eğesinin apekte grndėđ andan itibaren eğe 1 mm geri çekilerek çalışma boyu tespit edildi. Daha sonra kökler 1-2 mm kalınlığında silikon ölçü maddesi ile kaplandı ve akrilik materyale gömülerek sabitlendi [41].

Seçilen 50 adet dişin mezial kök kanallarının preoperatif durumunun belirlenmesi için μ BT ile değerlendirme yapıldı. Kök kanallarının işlem öncesi durumunu belirlemek için rnekler, μ BT cihazı (SkyScan 1174 compact micro-CT scanner, SkyScan, Kontich, Belçika) ($21\mu\text{m}$) ile görüntülendi. Cihaz, farklı yoğunluktaki objelere adapte olabilmek için ayarlanabilir voltajı ve çeşitli filtreleri olan bir X-Ray kaynağına sahiptir. X-Ray tüpü 50 kVp ve 800 μA de çalıştırıldı. X-ışını tarayıcısında 1,3 megapiksel (1280×1024 piksel) kamera bulunmaktadır. Köklerin görüntülenmesi dikey aksın çevresinde 360° rotasyonla ve $0,7^\circ$ rotasyon adımıyla yapıldı. Radyografik artifaktları (ring artifakt, beam hardening artifakt vb.) en aza indirmek için 0,25 mm alüminyum filtre kullanıldı. Görüntüleme işlemi bittikten sonra her kök için rekonstrüksiyon NRecon programı (Version 1.6.9.4, Bruker microCT, Skyscan) ile yapıldı. μ BT görüntüleri CTAn yazılımı (Version 1.17.7.2, Bruker micro-CT) kullanılarak her kesit için kök kanal hacmi hesaplandı. Bu değerlendirmeler mm^3 olarak yapıldı. Yapılan ölçümlerin ardından hacimsel olarak benzerlik gösteren 30 adet diş çalışma için seçildi.



Resim 3.2. SkyScan 1174 compact micro-CT scanner

Çalışmada kullanılacak olan dişler her grupta 10 örnek olacak şekilde üç gruba ayrıldı;

XP-endo Shaper enstrüman sistemi kullanılan grup (XP): 10 örnek/ 20 kök kanalı XP-endo Shaper enstrüman sistemi ile kök kanallarının hazırlanması

Reciproc Blue enstrüman sistemi kullanılan grup (RB): 10 örnek/ 20 kök kanalı Reciproc Blue enstrüman sistemi ile kök kanallarının hazırlanması

ProTaper Universal enstrüman sistemi kullanılan grup (PTU): 10 örnek/ 20 kök kanalı ProTaper Universal enstrüman sistemi ile kök kanallarının hazırlanması

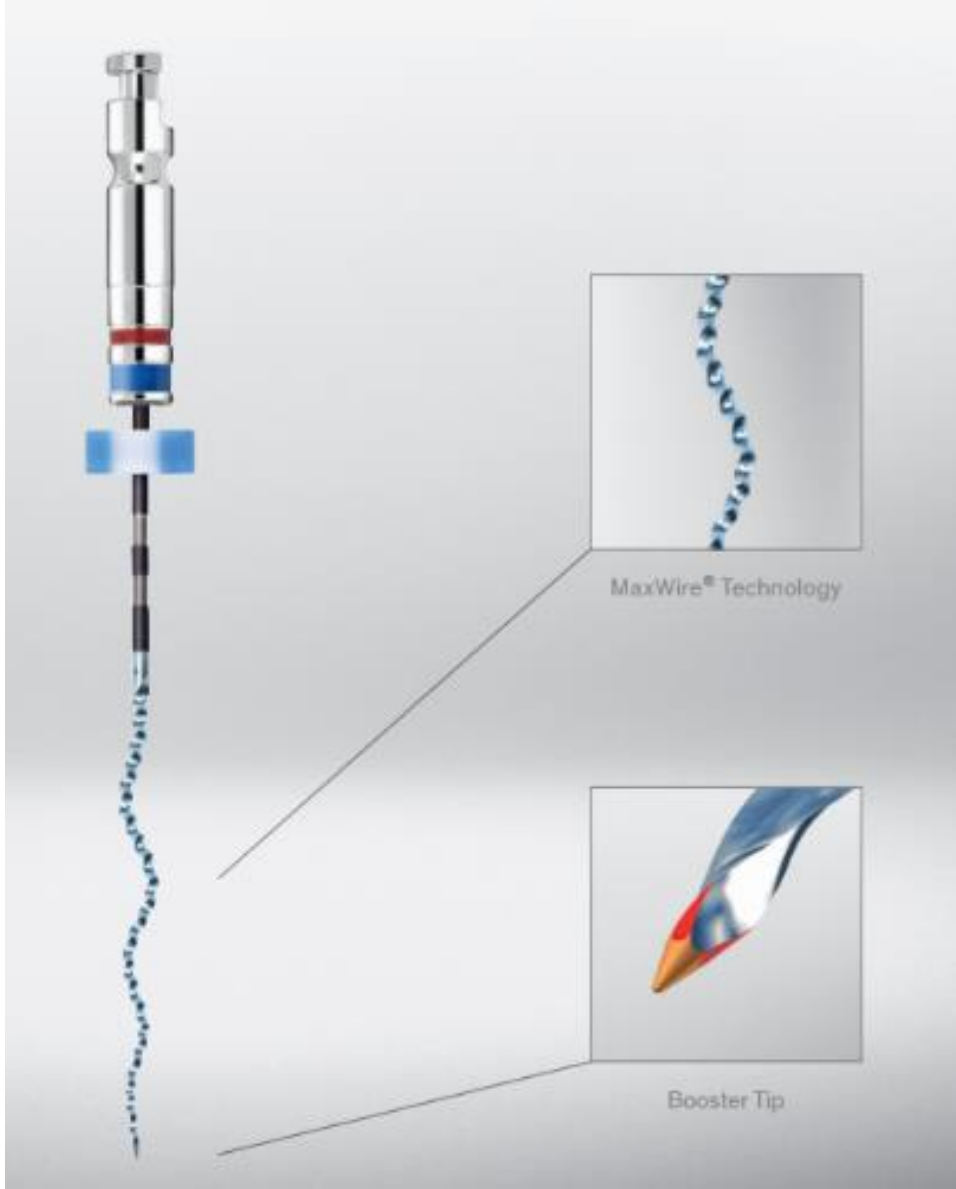
3.2. Kök Kanal Preparasyonlarının Uygulanması:

3.2.1. XP-endo Shaper sistemi ile kök kanallarının şekillendirilmesi

XP-endo Shaper enstrüman sistemi kullanılan gruptaki kök kanallarında sırasıyla #10 ve #15 K-file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) el eğeleri kullanılarak giriş yolu oluşturuldu. XP enstrümanı, üretici firma talimatlarına göre VDW Gold Motor (VDW GmbH, Münih, Almanya) ile devamlı rotasyon hareketinde 800 rpm ve 1-Ncm torkta kullanıldı. Kök kanallarında enstrüman kullanılmadan önce 35°C’de ısıtılmış banyoya daldırılarak faz değişimi sağlandı ve kök kanalı içerisinde devamlı %5,25 NaOCl irrigasyon solusyonu varlığında 35°C’deki ortamda enstrüman ileri ve geri çekme hareketleri ile kullanım talimatına göre uygulandı. Her kullanımdan sonra enstrüman temizlenip kanallar 2 ml %5,25 NaOCl ile 27G tek kullanımlık enjektör kullanılarak yıkandı. Enjektör ucu kök kanalları içerisinde ilerletilip enjektör apiko-koronal yönde hareket ettirilirken, NaOCl pasif ve basınçsız bir şekilde kök kanalları içerisine uygulandı. Çalışma boyuna ulaşınca kadar bu işleme devam edildi. Çalışma boyuna ulaşıldığı zaman enstrüman apiko-koronal yönde hareket ettirilerek kanal genişletildi. Uygun çap ve koniklikteki guta-perka (30/.04) (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) preparasyon boyutlarına ulaşıldığını anlamak için kanal içerisine yerleştirilerek kontrol edildi ve preparasyon bitirildi. Her enstrüman 3 kanalda kullanıldı ve daha sonra yenisi ile değiştirildi.



Resim 3.3. Çalışmada kullanılan XP-endo Shaper enstrüman



Resim 3.4. XP-endo Shaper enstrümanının metalürjik yapısı ve uç tasarımı

3.2.2. Reciproc Blue sistemi ile kök kanallarının şekillendirilmesi

Reciproc Blue enstrüman sistemi kullanılan gruptaki kök kanallarında sırasıyla #10 ve #15 K-file el eğeleri kullanılarak giriş yolu oluşturuldu. Reciproc Blue R25 enstrümanı üretici firma talimatlarına göre VDW Gold Motor hafızasında kayıtlı olan, önceden ayarlanmış hız, tork ve resiprokasyon açısı değerlerine sahip resiprokasyon sistemi programı 'RECIPROC ALL' çalışma modunda kullanıldı. Enstrüman kullanım sırasında kanal içerisinde devamlı %5,25 NaOCl irrigasyon solusyonu varlığında 35°C'deki ortamda çalışıldı. İlk aşamada enstrüman kök kanalında çalışma boyunun 2/3'sine kadar ilerletilip 3 kez ileri ve geri çekme hareketi (pecking motion) ile kullanıldı. Her kullanımdan sonra enstrüman temizlenip

kanallar 2ml %5,25 NaOCl ile 27G tek kullanımlık enjektör kullanılarak yıkandı. Enjektör ucu kök kanalları içerisinde rahatça gittiği derinliğe kadar ilerletilip, enjektör apiko-koronal yönde hareket ettirilirken, NaOCl pasif ve basınçsız bir şekilde kök kanalları içerisine uygulandı. İkinci aşamada enstrüman kök kanalının tam çalışma boyuna göre ayarlandı ve kanal preparasyonu bu boyutta yapıldı. Preparasyon, uygun guta-perka konu (R25, 25/.08) (VDW GmbH, Münih, Almanya) kullanılarak kontrol edildikten sonra bitirildi. Her enstrüman 3 kanalda kullanıldı ve daha sonra yenisi ile değiştirildi.



Resim 3.5. Çalışmada kullanılan Reciproc Blue enstrümanları



Resim 3.6. Recirproc Blue enstrümanının üretici talimatlarına göre kullanımının demonstratif görüntüsü

3.2.3 ProTaper Universal sistemi ile kök kanallarının şekillendirilmesi

ProTaper Universal enstrüman sistemi kullanılan gruptaki kök kanallarında sırasıyla #10 ve #15 K-file el eğeleri kullanılarak giriş yolu oluşturuldu. ProTaper Universal Sx, S1, S2, F1 ve F2 enstrümanları üretici firmanın önerdiği uygun hız ve tork değerleri ile VDW Gold Motor kullanılarak kök kanal preparasyonu yapıldı. Enstrümanlar kanal içerisinde devamlı %5,25 NaOCl irrigasyon solusyonu varlığında 35°C'deki ortamda kullanıldı. Kanalin koronal 2/3'ü S1 eğeleri kullanılarak fırçalama hareketi ile şekillendirildi. S2 eğesi çalışma boyunda fırçalama hareketi ile kullanıldıktan sonra F1 ve F2 eğesi fırçalama yapmadan içeri dışarı hareket ile basınç uygulamadan kullanıldı. Kanal şekillendirme işlemi F2 (25/.08) enstrümanı ile bitirildi. Her kullanımdan sonra tüm enstrümanlar temizlenip kanallar 2ml %5,25 NaOCl ile 27G tek kullanımlık enjektör kullanılarak yıkandı. Enjektör ucu kök kanalları içerisinde rahatça gittiği derinliğe kadar ilerletilip, enjektör apiko-koronal yönde hareket ettirilirken, NaOCl pasif ve basınçsız bir şekilde kök kanalları içerisine uygulandı. Preparasyon uygun guta-perka konu (F2, 25/.08) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak kontrol edildikten sonra bitirildi. Her enstrüman 3 kanalda kullanıldı ve daha sonra yenisi ile değiştirildi.



Resim 3.7. Çalışmada kullanılan ProTaper Universal enstrümanları



Resim 3.8. Çalışmada kullanılan VDW Gold endodontik motor

3.3. Kök Kanal Preparasyonu Sonrası Final İrrigasyonu Uygulaması

Kök kanal preparasyonu sırasında her kanal için toplamda 12 mL 5,25% NaOCl irrigasyon solüsyonu kullanıldı. Tüm kanalların preparasyonu tamamlandıktan sonra final irrigasyonu olarak 5,25% NaOCl, 5 ml 17% EDTA solusyonu ve 5 ml distile su sırasıyla kullanılarak irrigasyon tamamlandı. Örnekler 2. görüntülemeye kadar distile suda saklandı. Preparasyon sonrası postoperatif durumu belirlemek için örnekler μ BT ile önceden belirtilen parametrelerde yeniden tarandı.

3.4. Kök Kanallarının Doldurulması

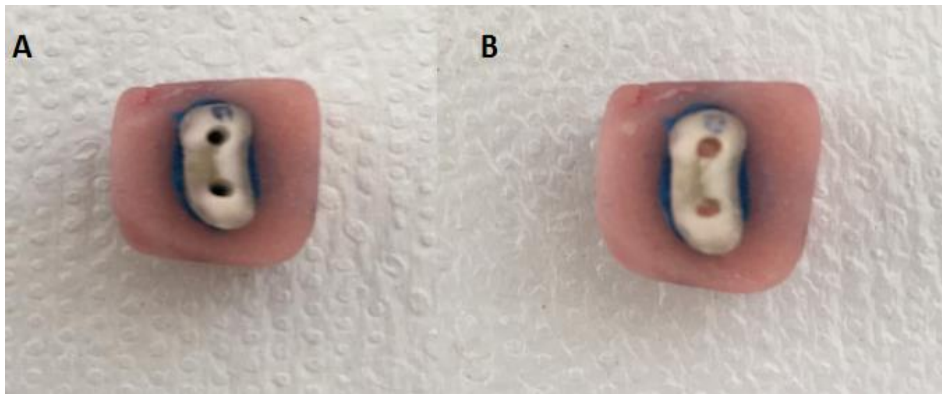
3.4.1. Tek kon açılı guta-perka yöntemi

Hazırlanmış olan kök kanallarına, boyutlarına uygun olarak üretilmiş guta-perka kon seçilip kök kanalı içerisine yerleştirilerek apikal uyumu kontrol edildi. Bunu takiben kök kanalları kağıt konlarla kurulandı. Üretici tavsiyesine göre hazırlanmış olan AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) kök kanal patı uygun boyuttaki lentülo yardımı ile kök kanallarına uygulandı [139]. Lentülo pata bulanarak çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde 300 rpm 1-Ncm tork ile kanal içerisinde yavaş ve kesintisiz şekilde çalıştırıldı. Sonrasında, XP enstrüman sistemi kullanılan grup için 30/.04 boyuttaki, RB enstrüman sistemi kullanılan grup için 25/.08 boyuttaki ve PTU enstrüman sistemi kullanılan grup için 25/.08 boyuttaki ve kullanılan enstrümana uygun şekilde üretilmiş guta-perka pata bulanarak kanal içerisine çalışma boyunda yerleştirildi ve apikal yönde basınç uygulanarak

adaptasyonu sağlandı. Daha sonra gutta-perka kon ısıtılmış bir enstrüman ile kök kanal ağzının 1 mm apikalinden kesildi. Kanal ağzları geçici dolgu materyali cam iyonomer siman (i-FIL, i-dental, Siaulai, Litvanya) ile kapatıldı. Tüm örnekler kanal patının donması ve dolgunun adaptasyonu için (37°C ve 100% nemli ortam) 2 hafta boyunca muhafaza edildi. Bu süreyi takiben kök kanal dolgusunda oluşabilecek boşlukları değerlendirmek amacıyla örnekler μ BT ile tarandı.



Resim 3.9. Kök kanallarının doldurulması sırasında kullanılan farklı sistemlerin gutta perka konları ve kanal patı. A. XP grubunda kök kanal dolgusu için kullanılan 30.04 gutta-perka konlar B. RB grubunda kök kanal dolgusu için kullanılan 25.08 gutta-perka konlar C. PTU grubunda kök kanal dolgusu için kullanılan 25.08 gutta-perka konlar D. AH Plus kanal patı



Resim 3.10. A. Kök kanal preparasyonu sonrası bir örnekten elde edilen görüntü B. Kök kanal dolgusu sonrası bir örnekten elde edilen görüntü

3.5. μ BT ile Kök Kanallarında Mikro Çatlak Değerlendirilmesi

Rekonstrükte edilen görüntüler DataViewer programına (version 1.5.2.4, Bruker microCT) aktarıldı. Her örnekten 3-boyutlu görüntüler elde edilerek koronal, sagittal ve transaksiyal kesitlerde mikro çatlak değerlendirmesi yapıldı.

Radyografik mikro çatlak değerlendirmesi 3 gözlemci tarafından 1 ay arayla 2 kez yapıldı. Mikro çatlaklar belirlenirken kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrasında elde edilen tüm kesit görüntüleri (n=31920) eş zamanlı açılarak değerlendirildi.

Mikro çatlaklar:

Kökün dış yüzeyinde veya kök kanalının iç yüzeyinde çatlak hatları veya mikro çatlaklar bulunmuyorsa ‘defekt yok’

Kökün dış yüzeyinde veya kök kanalının iç yüzeyinde çatlak hatları veya mikro çatlaklar bulunuyorsa ‘defekt var’ olarak tanımlandı [39].

Mikro Çatlak Dağılımı: μ BT kesit görüntüleri koronal, orta ve apikal olarak üç bölgeye ayrıldı ve mikro çatlakların dağılımı yüzdelik olarak değerlendirilerek hesaplandı.

3.6. μ BT ile Kök Kanallarında Meydana Gelen Hacim Değişimi, Kök Kanal Dolgusu ve Boşlukların Değerlendirilmesi

Tüm kök kanallarında (her grup için n=20) hacim değişiminin belirlenmesi için preparasyon öncesi ve preparasyon sonrası μ BT görüntüleri tüm kanalda ve apikal 5 mm’de olmak üzere değerlendirildi. Kök kanal preparasyonu sonrası meydana gelen hacim değişimi (mm^3) hesaplandı.

Kök kanal dolgusu sonrası boşlukların yüzdesi (%) hesaplandı. Hacim, dolgu materyali ve boşluklar her örnek için tüm kanalda ve apikal bölgede olmak üzere orijinal grayscale görüntüler incelenerek değerlendirildi. Grayscale eşik değerleri kök dentinini dolgu materyalinden ve boşluklardan ayırt etmek için tanımlandı. CTAn yazılımı (version 1.17.7.2, Bruker micro-CT) örneklerde sayısal değerlendirme yapmak için kullanıldı. Her kesit için kök kanal boşluk hacminin, dolgu materyalinin ve boşlukların hesaplanması için tüm objeyi içerecek şekilde bir ilgi alanı (Region of Interest) seçildi. Tüm değerlendirmeler gruplara ait bilgisi olmayan farklı bir gözlemci

tarafından yapıldı. Kök kanal hacim değişimi, preparasyon öncesi ve preparasyon sonrası oluşan hacim farkı ile hesaplandı. Kök kanal dolgusu sonrası oluşan boşluk hacimleri, kök kanallarının preparasyon sonrası hacmi ile dolgu hacmi arasındaki fark ile hesaplandı. Bu değerlendirmeler mm^3 olarak yapıldı. Elde edilen hesaplar mm^3 'ten yüzdeye (%) çevrildi. Kök kanallarının hacim değişimini ve kök kanal dolgusu boşluklarını veren görüntüler 3-boyutlu modelleme CTVol yazılımı (version 3.3.0, Bruker micro-CT) kullanılarak elde edildi.

3.7. İstatistiksel Analiz

3.7.1. Mikro çatlak değerlendirmesi

Kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası elde edilen preoperatif ve postoperatif μBT görüntülerindeki mikro çatlaklar XP, RB ve PTU grupları için yüzdelik olarak hesaplandı.

Elde edilen veriler McNemar testi kullanılarak 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak değerlendirildi.

XP ve RB gruplarında preparasyon öncesi bulunan mikro çatlaklarda preparasyon sonrası meydana gelen değişimin hesaplanması için Ki-Kare testi ile istatistiksel analiz yapıldı.

3.7.2 Hacim değişimi ve kök kanal dolgusu boşluk değerlendirmesi

Elde edilen verilerin normallik testleri Shapiro-Wilk testi ile analiz edildi. Normal dağılım gösteren değişkenlerin gruplar arası karşılaştırmasında Tek Yönlü Varyans Analizi ANOVA testi kullanıldı.

Normal dağılım göstermeyen değişkenlerin gruplar arası karşılaştırmalarında ise Kruskal-Wallis H testi kullanıldı. Anlamlılık seviyesi olarak 0,05 kullanılmış olup, $P < 0,05$ olması durumunda anlamlı farklılığın olduğu, $P > 0,05$ olması durumunda ise anlamlı farklılığın olmadığı belirtildi.

Tüm istatistiksel değerlendirmeler SPSS 21.0 (IBM-SPSS, Chicago, IL) paket programı kullanılarak yapıldı.

4. BULGULAR

4.1. Mikro Çatlak Değerlendirmesi

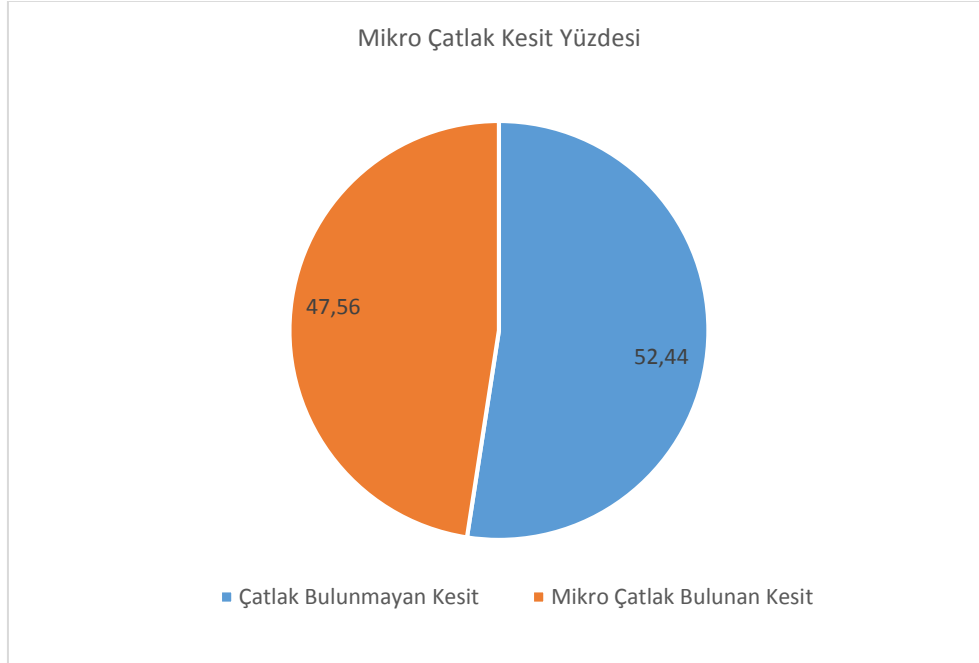
Çalışmada 30 adet dişe ait toplam 31920 kesitin μ BT görüntüsünde bulunan mikro çatlaklar değerlendirildi. Bunların % 47,56'sında (15182) dentinde mikro çatlaklara rastlandı (Şekil 4.1.).

Mikro çatlaklar XP-endo Shaper enstrüman sisteminin kullanıldığı grup için %17,32 (n=5530), Reciproc Blue enstrüman sisteminin kullanıldığı grup için %17,67 (n=5640) ve ProTaper Universal enstrüman sisteminin kullanıldığı grup için %12,57 (n=4012) oranında bulundu. Çalışmada XP-endo Shaper enstrüman sisteminin kullanıldığı grup ve Reciproc Blue enstrüman sisteminin kullanıldığı gruplar değerlendirildiğinde μ BT görüntülerinde kök kanal preparasyonu sonrasında gözlemlenen tüm defektler preparasyon öncesinde var olan defektlerdi dolayısıyla bu iki grup için yeni mikro çatlak oluşumu izlenmedi.

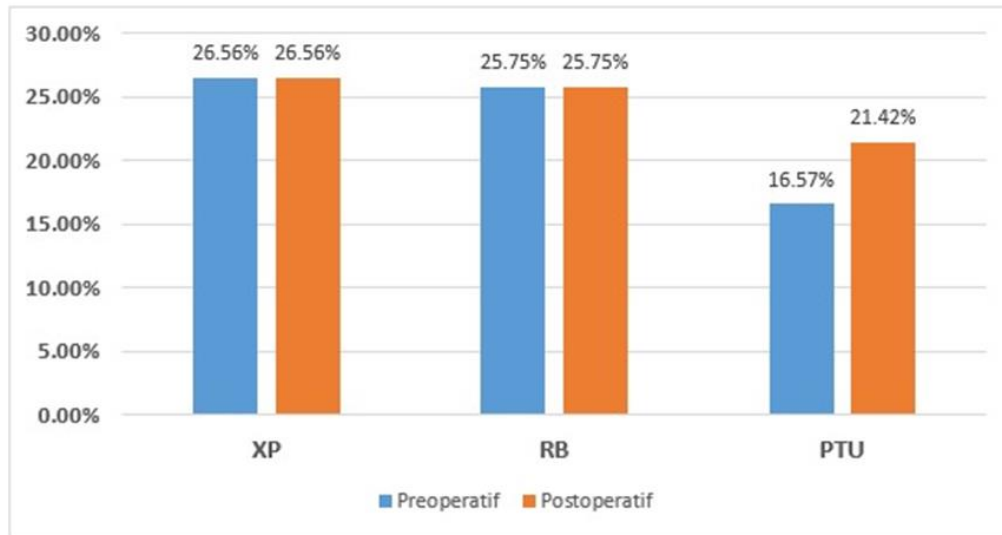
ProTaper Universal enstrüman sisteminin kullanıldığı grupta ise preparasyon öncesi ve preparasyon sonrası değerlendirmede oluşan defekler açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($P<0.05$). Preparasyon öncesi kesitlerde %16,57 oranında bulunan mikro çatlaklar preparasyon sonrasında %21,42 oranına yükseldiği gözlemlendi (Şekil 4.2.). Bu grupta oluşan yeni mikro çatlaklar kökün koronal, orta ve apikal olmak üzere her üç bölgesinde de izlendi. Preparasyon öncesi ve preparasyon sonrasındaki mikro çatlak dağılımındaki değişim Çizelge 4.1'de gösterildi.

XP-endo Shaper enstrüman sistemi ve Reciproc Blue enstrüman sistemi kullanılan gruplarda ise koronal, orta ve apikal üçlülerde mikro çatlak dağılımında bir değişim izlenmedi (Şekil 4.3.).

XP-endo Shaper enstrüman sistemi ve Reciproc Blue enstrüman sistemi kullanılan gruplarda kesit görüntüleri mikro çatlaklardaki morfolojik değişim açısından da değerlendirildi. Bu iki grupta mikro çatlakların bazılarının tamamlanmış çatlaklara dönüştüğü gözlemlendi ve XP-endo Shaper enstrüman sistemi kullanılan grup için %2,11 (n=222) ve Reciproc Blue enstrüman sistemi kullanılan grup için %3,69 (n=405) oranında değişim bulundu ve her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu bulundu ($P<0,05$).



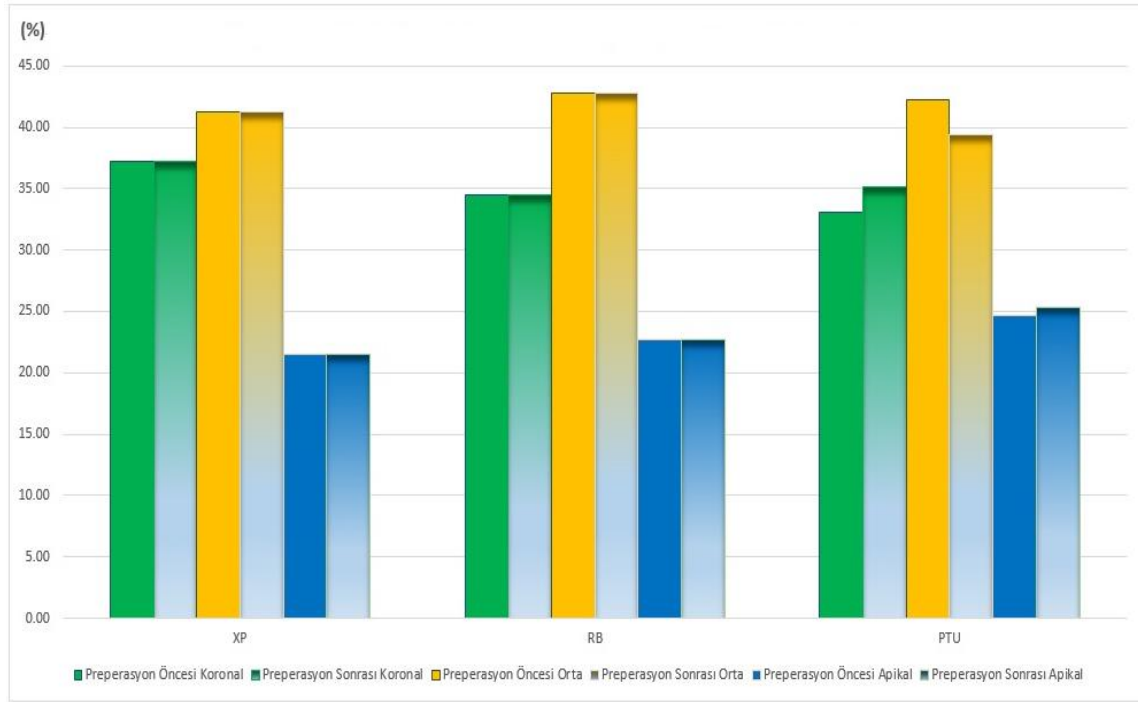
Şekil 4.1. Tüm kesitlerdeki toplam mikro çatlak yüzde grafiği



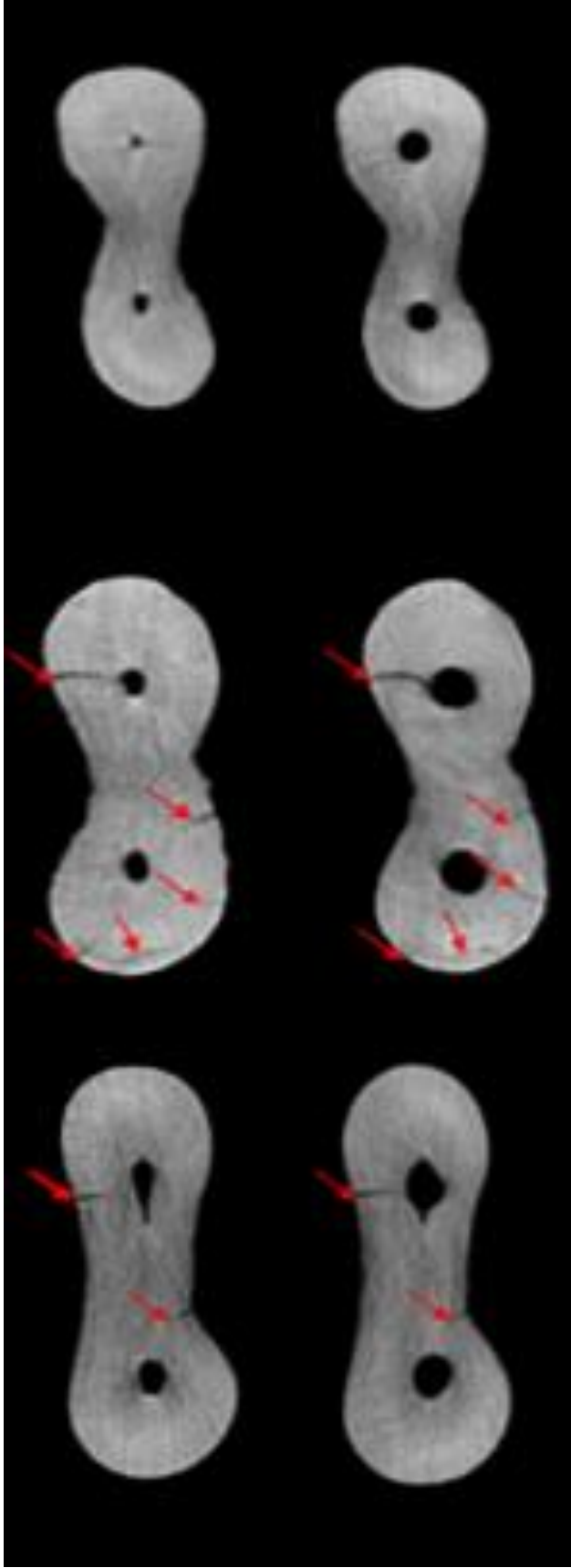
Şekil 4.2. Mikro çatlakların preoperatif ve postoperatif grup içi yüzdelik (%) değerleri

Çizelge 4.1. Mikro çatlakların 3 farklı kök kanal bölgesine göre preparasyon öncesi ve sonrası yüzde (%) dağılımı.

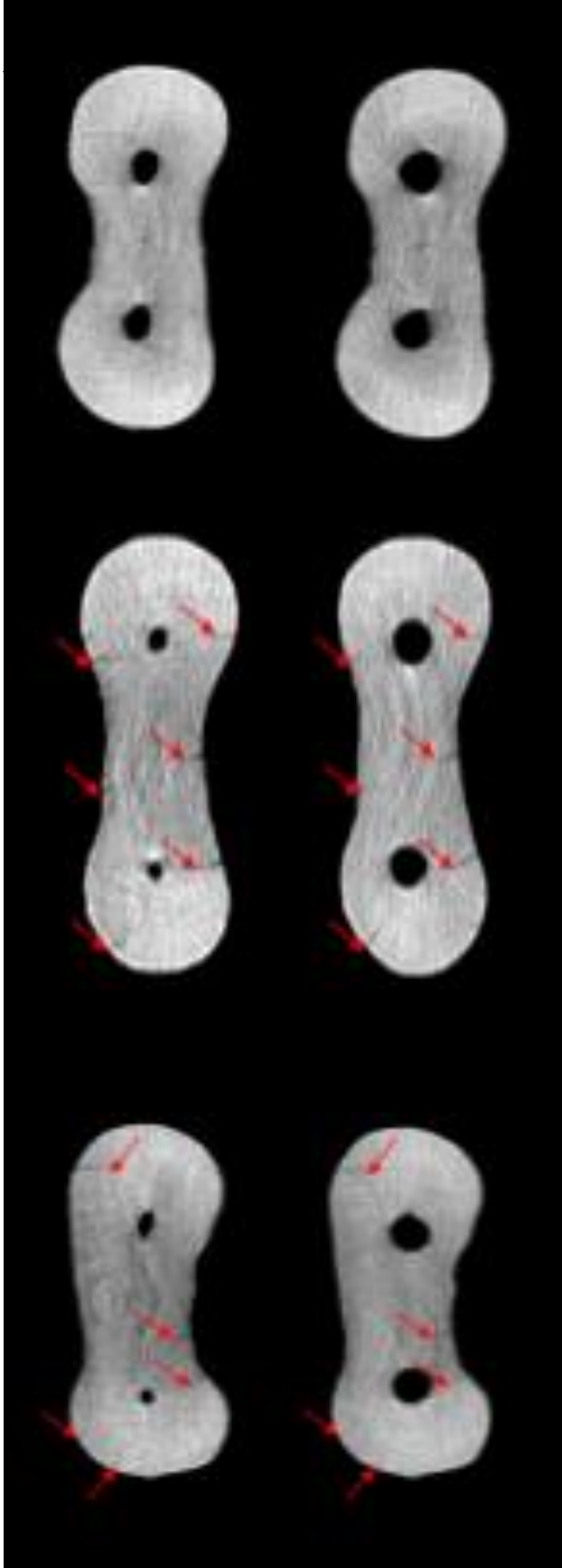
	XP (%)	RB (%)	PTU (%)
Preparasyon Öncesi			
Koronal	37,25	34,50	33,08
Orta	41,23	42,80	42,22
Apikal	21,52	22,70	24,70
Preparasyon Sonrası			
Koronal	37,25	34,50	35,20
Orta	41,23	42,80	39,43
Apikal	21,52	22,70	25,37



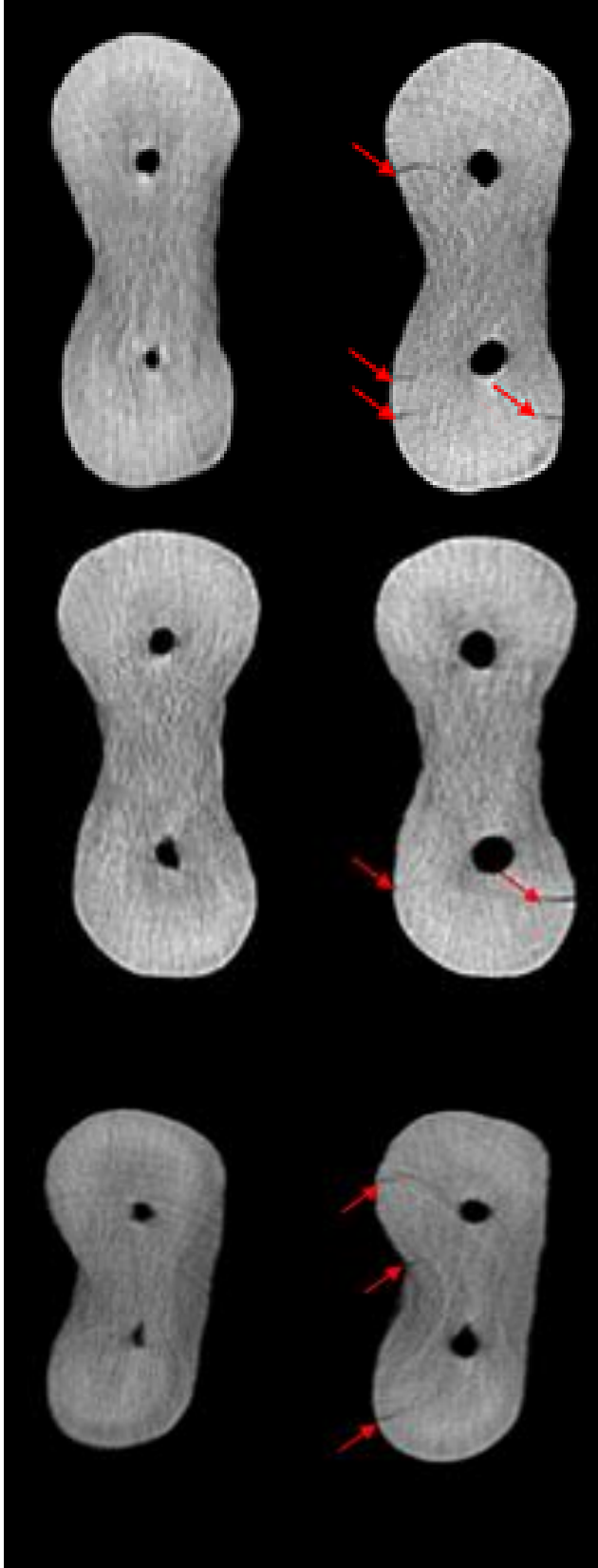
Şekil 4.3. Mikro çatlakların 3 farklı kök kanal bölgesine göre preparasyon öncesi ve sonrası yüzde (%) dağılımı.



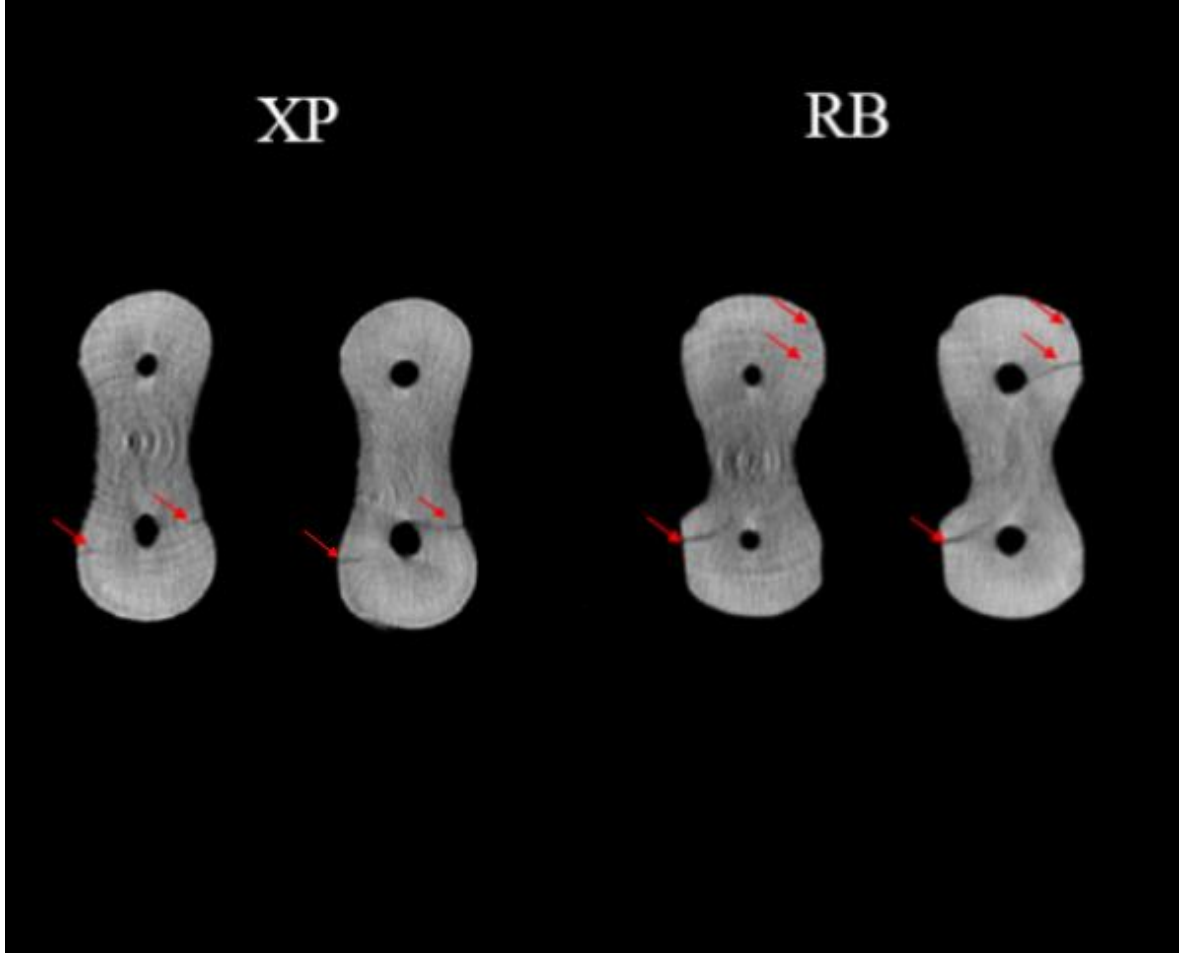
Resim 4.1. XP grubundaki farklı örneklerin kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası μ BT görüntüsü. Mikro çatlaklar kırmızı oklar ile gösterilmektedir.



Resim 4.2. RB grubundaki farklı örneklerin kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası μ BT görüntüsü. Mikro çatlaklar kırmızı oklar ile gösterilmektedir.



Resim 4.3. PTU grubundaki farklı örneklerin kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası μ BT görüntüsü. Mikro çatlaklar kırmızı oklar ile gösterilmektedir.



Resim 4.4. XP ve RB gruplarında preoperatif görüntülerde bulunan mikro çatlakların postoperatif durumda tamamlanmış çatlaklara dönüşmesi

4.2. Hacim Değişimi Değerlendirilmesi

4.2.1. Preparasyon öncesi kök kanal hacmi değerlendirilmesi

Preoperatif total kök kanal hacim değerleri açısından gruplar arasında anlamlı farklılık görülmemektedir ($P>0,05$).

Çizelge 4.2. Preoperatif total kök kanal hacim değerleri gruplar arası karşılaştırma.

Grup								Anova	
		n	Mean	Median	Minimum	Maximum	ss	F	p
Total Kanal Hacimleri (mm ³)	XP	20	1,53	1,53	1,04	2,01	,32	0,131	0,878
	RB	20	1,49	1,48	1,01	2,13	,33		
	PTU	20	1,53	1,57	1,04	2,00	,33		

Preoperatif apikal kök kanal hacim değerleri açısından gruplar arasında anlamlı farklılık görülmemektedir ($P>0,05$).

Çizelge 4.3. Preoperatif apikal kök kanal hacim değerleri gruplar arası karşılaştırma.

Grup								Anova	
		n	Mean	Median	Minimum	Maximum	ss	F	p
Apikal Kanal hacimleri (mm ³)	XP	20	,33	,30	,19	,58	,11	0,202	0,817
	RB	20	,31	,30	,14	,52	,12		
	PTU	20	,32	,31	,12	,60	,13		

4.2.2. Preparasyon sonrası total kök kanal hacim değişimi değerlendirilmesi

Total kök kanal hacmindeki değişimin değerlendirilmesinde (kanal hacmi preparasyon sonrası ölçüm- kanal hacmi preparasyon öncesi ölçüm) gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($P>0,05$).

Çizelge 4.4. Total kök kanal hacim değişim değerleri gruplar arası karşılaştırma.

Grup								Anova	
		n	Mean	Median	Minimum	Maximum	ss	F	z
Total Kök kanal Hacim Değişimi	XP ΔV	20	2,804	2,737	2,435	3,586	,344	0,374	0,691
	RB ΔV	20	2,696	2,597	2,240	3,770	,416		
	PTU ΔV	20	2,746	2,673	2,154	3,675	,425		

4.2.3. Preparasyon sonrası apikal kök kanal hacim değişimi değerlendirilmesi

Apikal kök kanal hacmindeki değişimin değerlendirilmesinde (apikal kanal hacmi preparasyon sonrası ölçüm- apikal kanal hacmi preparasyon öncesi ölçüm) gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($P>0,05$).

Çizelge 4.5. Apikal kök kanal hacim değişim değerleri gruplar arası karşılaştırma.

Grup								Anova	
		n	Mean	Median	Minimum	Maximum	ss	F	z
Apikal Kök kanal Hacim Değişimi	XP ΔV	20	,81	,77	,53	1,17	,18	0,896	0,414
	RB ΔV	20	,79	,81	,46	1,07	,16		
	PTU ΔV	20	,74	,75	,44	1,06	,18		

4.3. Kök Kanal Dolgusu Değerlendirmesi

4.3.1. Kök kanal dolgusu sonrası total boşluk yüzdesinin değerlendirilmesi

Kök kanalında kanal dolgusu sonrası boşluk yüzdesinin değerlendirilmesinde gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($P>0,05$).

$((\text{kanal hacmi preparasyon sonrası ölçüm} - \text{kanal dolgusu hacmi}) / (\text{kanal hacmi preparasyon sonrası ölçüm}) \times 100)$

Çizelge 4.6. Total boşluk değerleri gruplar arası karşılaştırma.

Grup								Kruskall Wallis H testi		
		n	Mean	Median	Minimum	Maximum	ss	Sıra Ort.	H	p
Total Boşluk Yüzdesi	XP	20	,78	,82	,33	1,04	,20	29,65	0,484	0,785
	RB	20	,78	,79	,27	1,00	,18	29,15		
	PTU	20	,82	,85	,44	1,00	,14	32,70		

4.3.2. Kök kanal dolgusu sonrası apikal boşluk yüzdesinin değerlendirilmesi

Apikal kök kanalında kanal dolgusu sonrası boşlukların değerlendirilmesinde gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($P>0,05$).

$((\text{apikal kanal hacmi preparasyon sonrası ölçüm} - \text{apikal kanal dolgusu hacmi} / \text{apikal kanal hacmi preparasyon sonrası ölçüm}) \times 100)$

Çizelge 4.7. Apikal boşluk değerleri gruplar arası karşılaştırma.

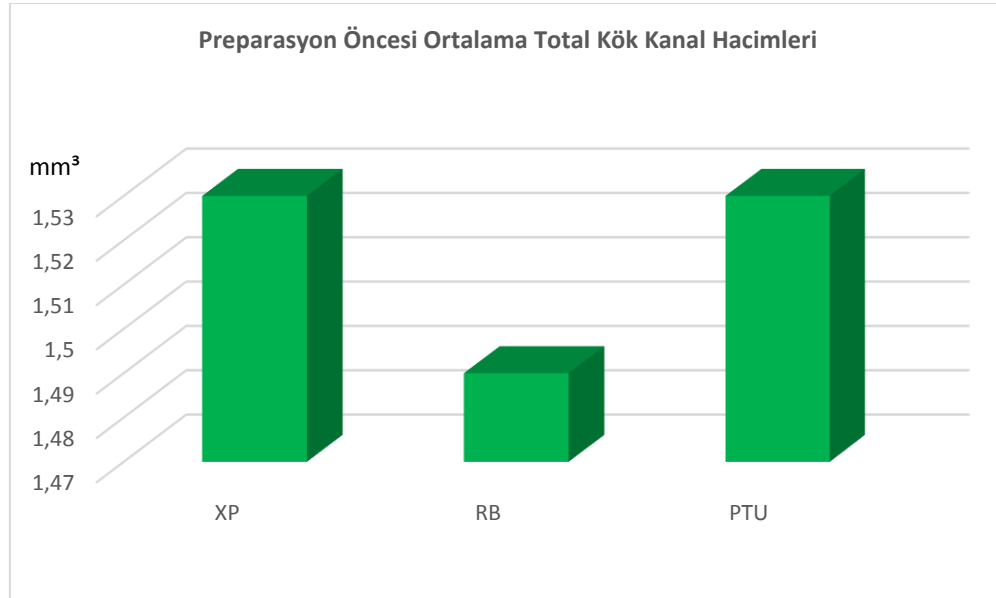
Grup								Kruskall Wallis H testi		
		n	Mean	Median	Minimum	Maximum	ss	Sıra Ort.	H	p
Apikal Boşluk Yüzdesi	XP	20	,46	,47	,18	,79	,22	31,95	0,271	0,873
	RB	20	,40	,39	,04	,71	,20	29,08		
	PTU	20	,42	,37	,14	,78	,21	30,48		

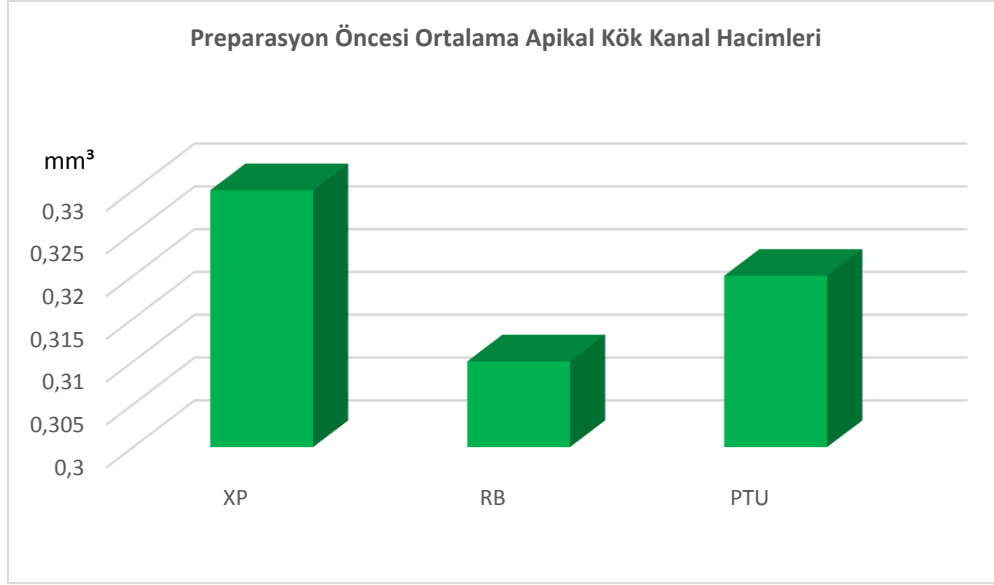
Çizelge 4.8. Normalite Testi

Tests of Normality							
	Grup	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Total Boşluk Yüzdesi	XP	,191	20	,053	,880	20	,017
	RB	,133	20	,200*	,897	20	,037
	PTU	,127	20	,200*	,899	20	,039
Apikal Boşluk Yüzdesi	XP	,197	20	,041	,879	20	,017
	RB	,092	20	,200*	,963	20	,611
	PTU	,144	20	,200*	,918	20	,091

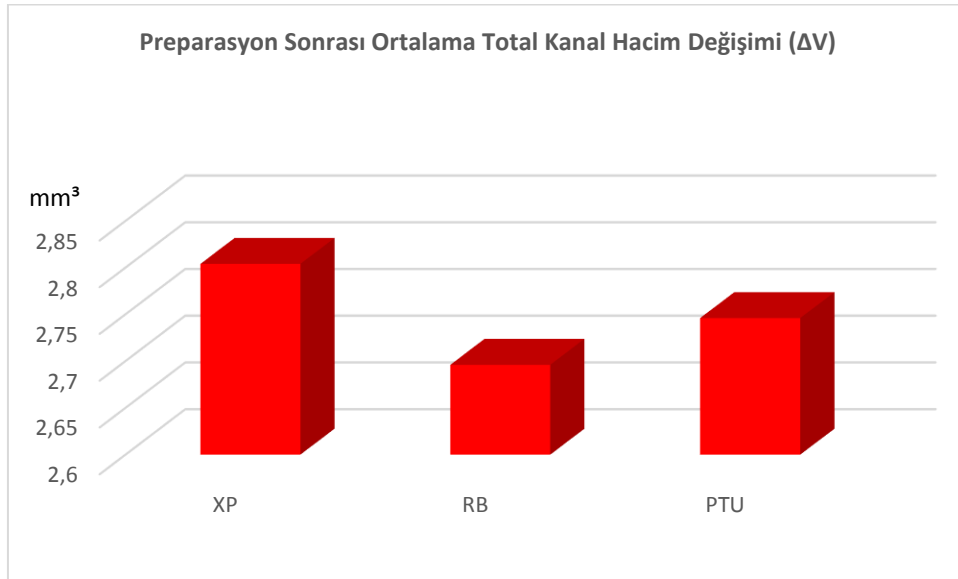
*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

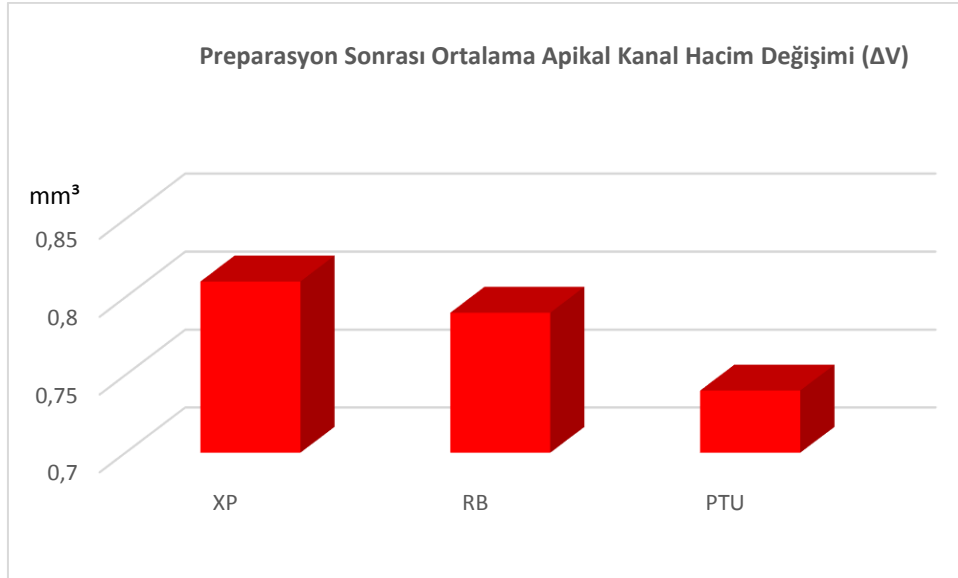
Şekil 4.4. Preoperatif total kök kanal hacimleri (mm³) gruplar arası karşılaştırma



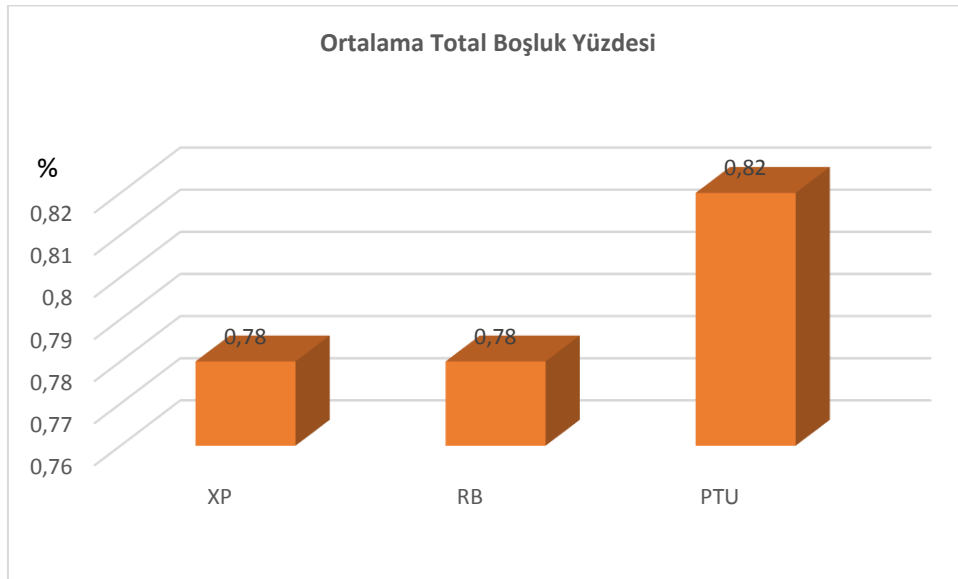
Şekil 4.5. Preoperatif apikal kök kanal hacimleri (mm³) gruplar arası karşılaştırma



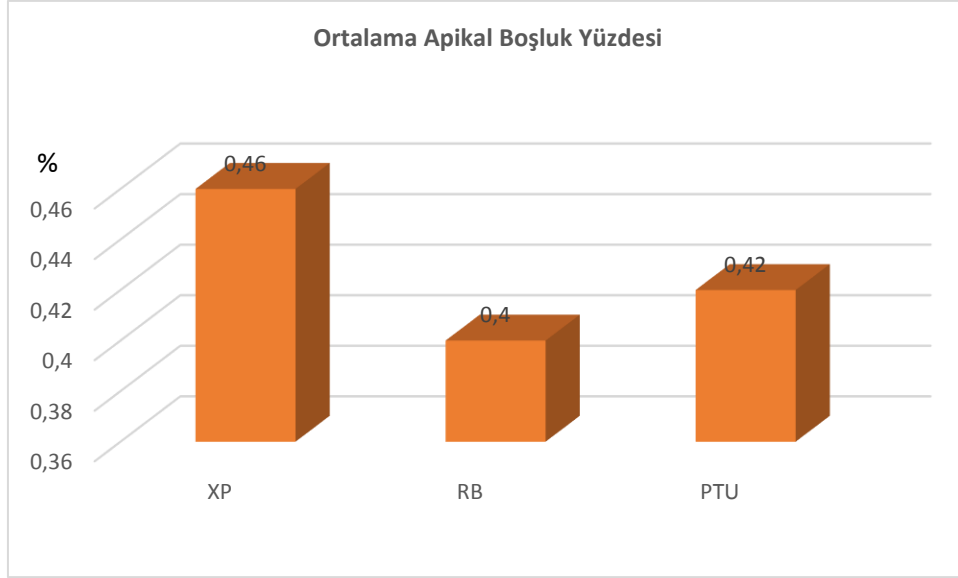
Şekil 4.6. Postoperatif total hacim değişimi (ΔV) (mm³) gruplar arası karşılaştırma



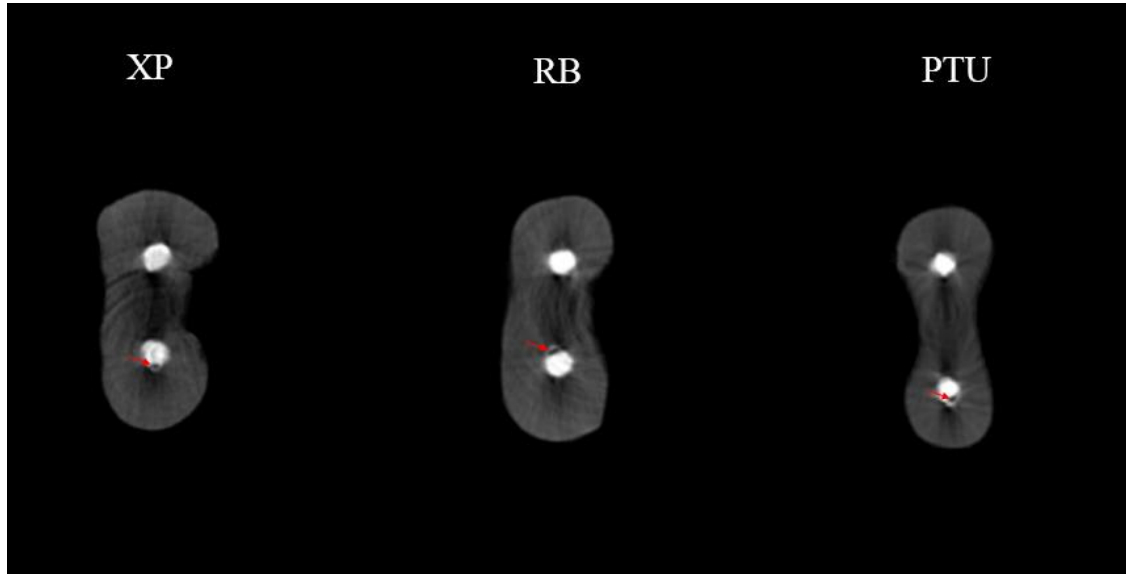
Şekil 4.7. Postoperatif apikal hacim değişimi (ΔV) (mm^3) gruplar arası karşılaştırma



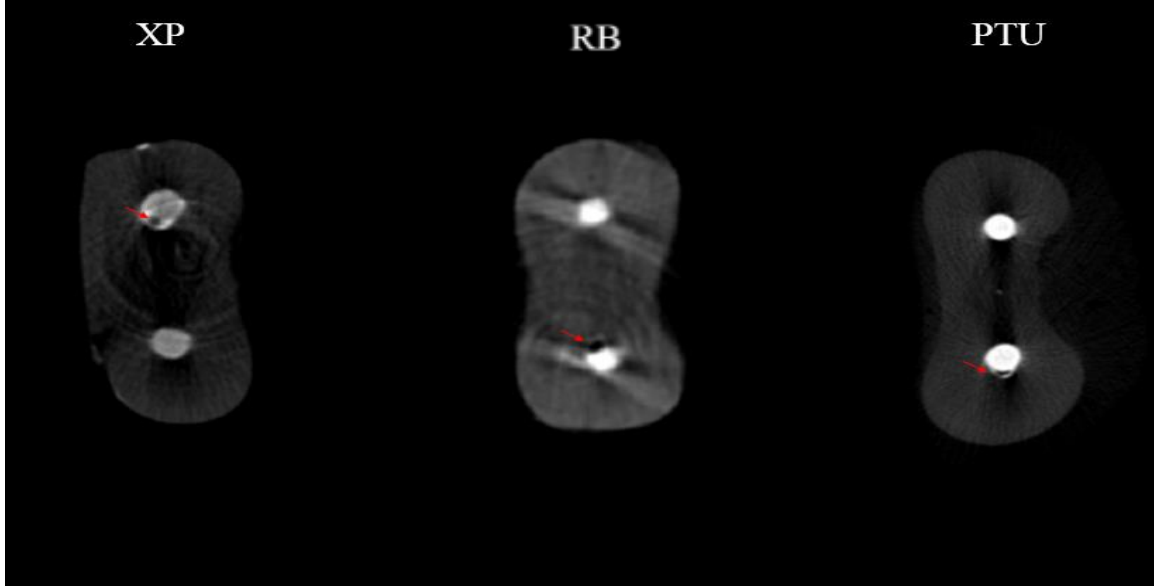
Şekil 4.8. Dolgu sonrası boşluk yüzdesi (%) gruplar arası karşılaştırma



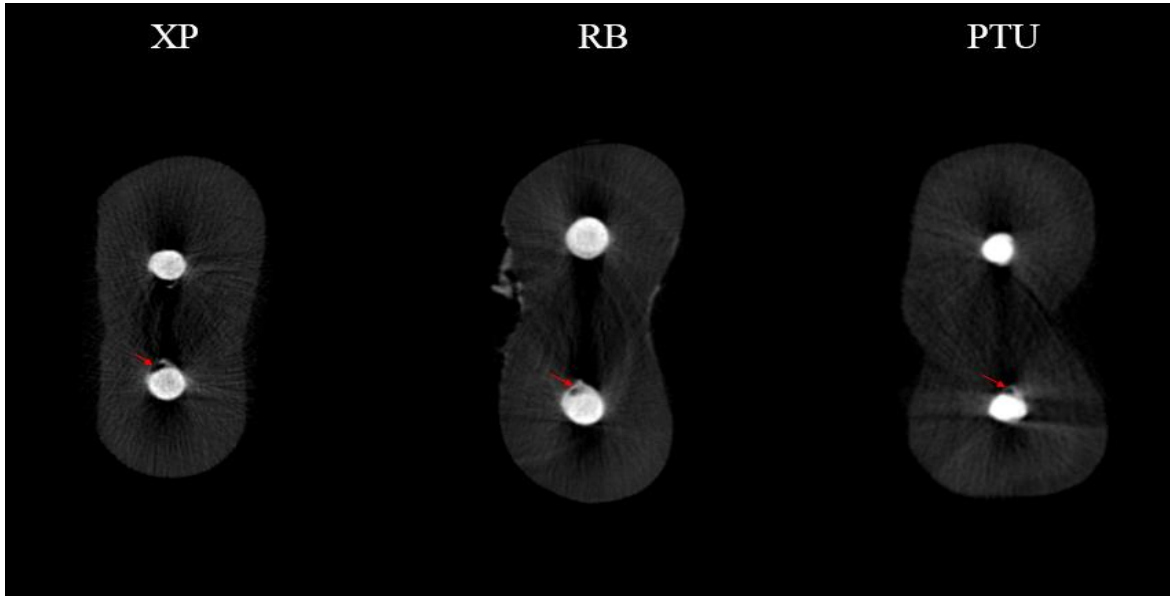
Şekil 4.9. Dolgu sonrası apikal boşluk yüzdesi (%) gruplar arası karşılaştırma



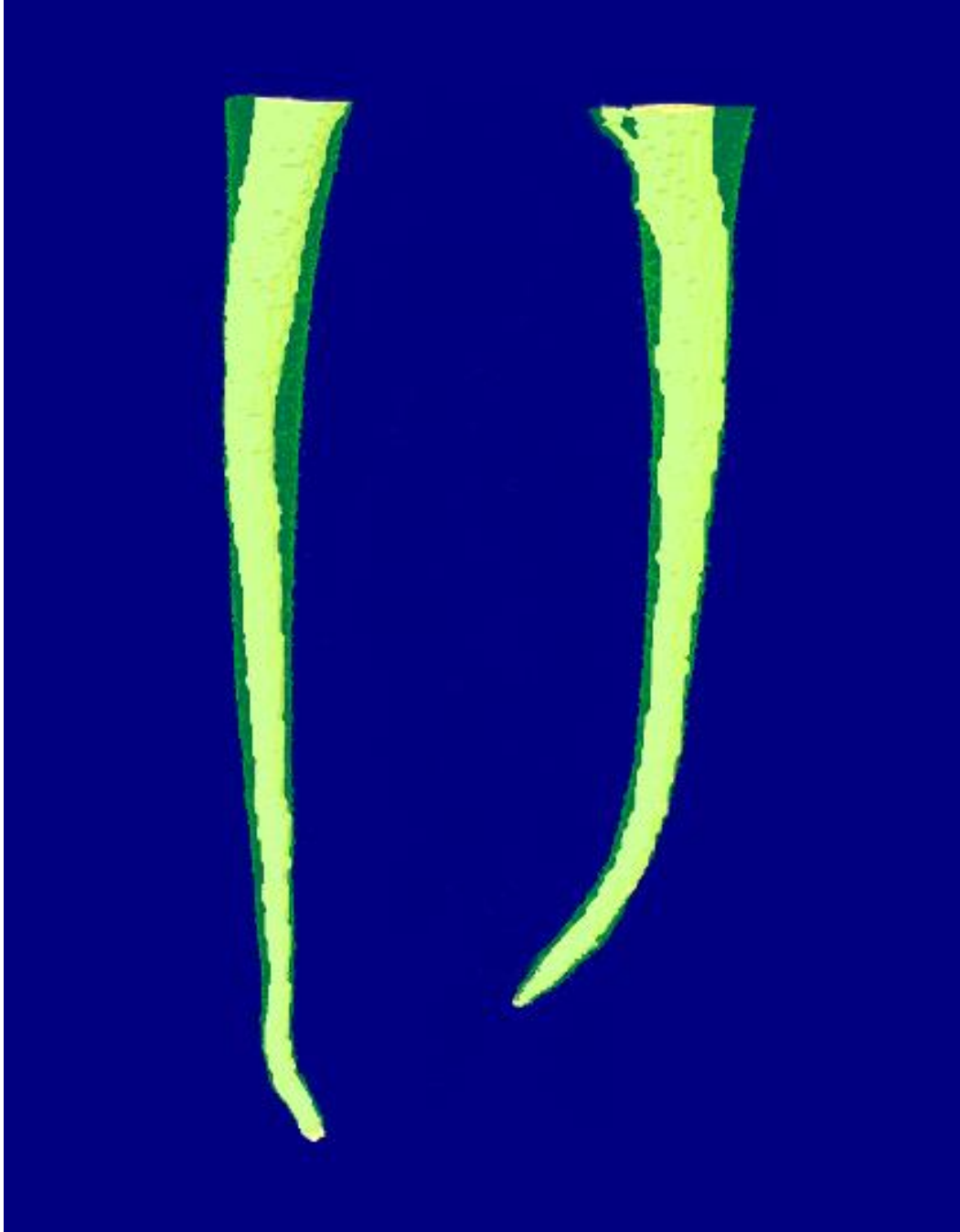
Resim 4.5. Farklı gruplardaki örneklerde kök kanal dolgusu sonrası gözlemlenen boşlukların μ BT görüntüsü. Kırmızı oklar boşlukları göstermektedir.



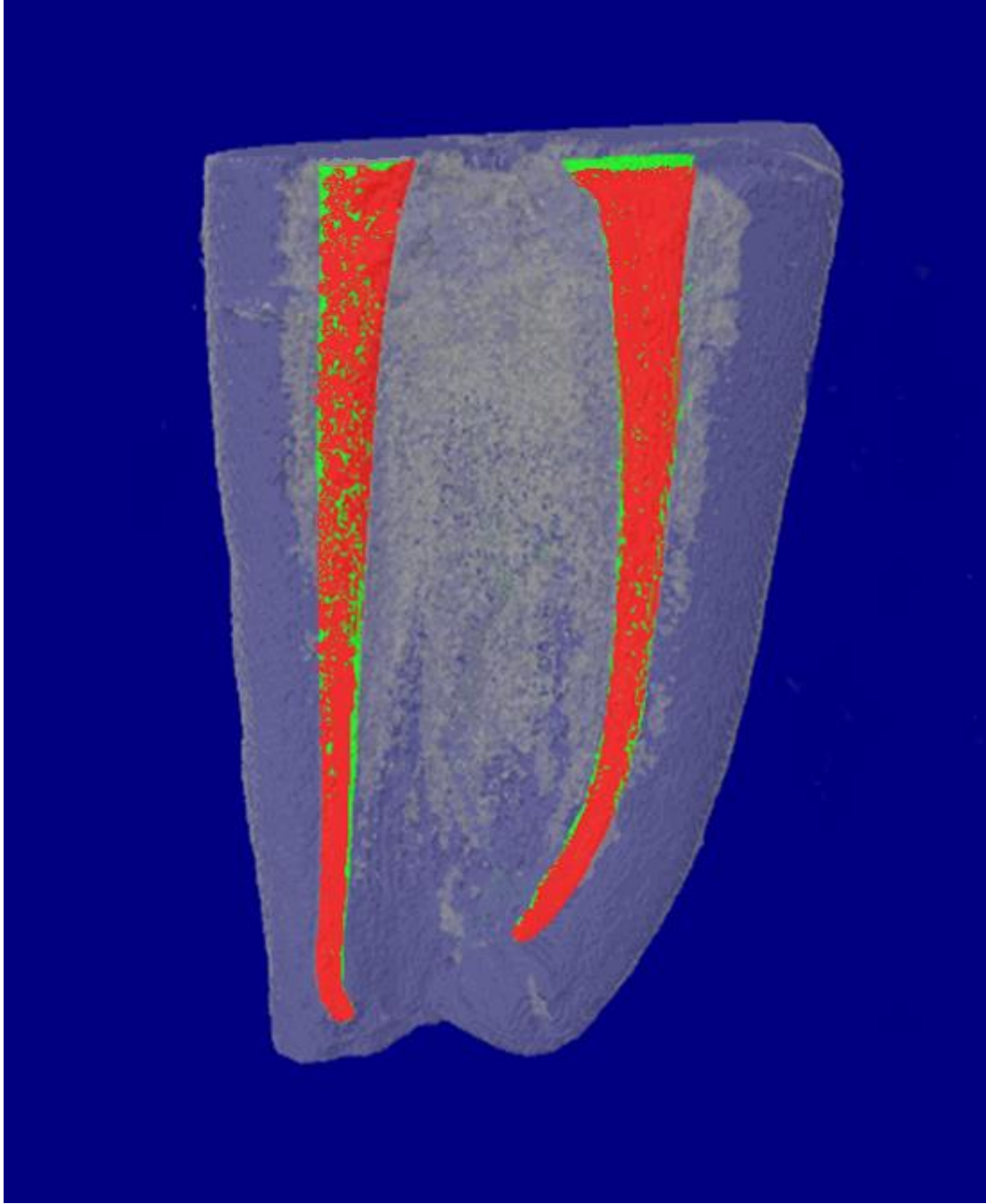
Resim 4.6. Farklı gruplardaki örneklerde kök kanal dolgusu sonrası gözlemlenen boşlukların μ BT görüntüsü. Kırmızı oklar boşlukları göstermektedir.



Resim 4.7. Farklı gruplardaki örneklerde kök kanal dolgusu sonrası gözlemlenen boşlukların μ BT görüntüsü. Kırmızı oklar boşlukları göstermektedir.



Resim 4.8. Preparasyon öncesi ve sonrası kök kanal hacim değişiminin demonstratif görüntüsü (Sarı: Preoperatif, Yeşil: Postoperatif)



Resim 4.9. Kök kanal dolgusu ve boşlukların demonstratif görüntüsü (Yeşil: Kanaldaki boşluklar, Kırmızı: Kök kanal Dolgusu)

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada üç farklı Ni-Ti döner ege sistemleri ile preparasyon sonrası meydana gelen mikro çatlak oluşumu, hacim değişimi ve bu enstrümanların kök kanal dolgusu üzerindeki etkisi μ BT ile değerlendirilmiştir.

Endodontik tedavide kök kanallarının anatomisinin bilinmesi kök kanal performansı için çok önemlidir. Kök kanal preparasyonunun amacı, orjinal yapıyı bozmadan kanalın 3 boyutlu temizleme ve şekillendirmesini sağlamaktır. Ancak özellikle molar dişlerin karmaşık yapıları ve anatomik varyasyonları bu koşulları zorlamaktadır. Mandibular molar dişlerin mezial köklerinin mezio-distal boyutu, bukko-lingual boyutuna göre daha dardır ve bu nedenle kök kırıklarına daha fazla yatkınlık gösterebilmektedir [140]. Aynı zamanda bu kök kanalları dar/sıkışık ve değişik varyasyonları içeren bir anatomiye sahiptir [141]. Bu amaçla çalışmada kök kanal preparasyonu sonrası mikro çatlak oluşumu, hacim değişimi ve dolgu sonrası değerlendirmeleri için alt molar dişlerin mezial kök kanalları seçilmiştir.

Çalışmalarda kök kanal preparasyonunun analizi ve anatomik sınıflandırmanın yapılabilmesi için genellikle radyografik görüntüleme kullanılmaktadır. Çok sayıdaki örneklerin hızlı bir şekilde değerlendirilebilmesi için bu yöntem sıklıkla kullanılmaktadır [136,142]. Ancak radyografi ile yapılan değerlendirmelerde kök kanal kurvaturü farklı düzlemlerde görüntülenememekte ve kök kanallarında sıklıkla bulunan anatomik düzensizlikler ve konveksiteler gibi varyasyonlar değerlendirilememektedir [143]. Radyografinin bu dezavantajlarından dolayı görüntüleme işlemlerinde konik ışınli bilgisayarlı tomografiler kullanılmaktadır. Konik ışınli bilgisayarlı tomografilerin avantajlarından biri de, dişlerin internal anatomisinin detaylı görüntülenmesine olanak sağlaması ve örneklerin standart hale getirilmesinde güvenilir sonuçlar vermesidir [144].

Bu nedenle bu çalışmada, örnekleri standardize etmek amacıyla konik ışınli bilgisayarlı tomografi kullanılmıştır. KIBT’de dişlerin kanal eğimleri standart hale getirilmiş ve mezial kök kanallarının Vertucci sınıflamasına göre Tip IV kanal konfigürasyonu olanları belirlenmiştir.

Bu çalışmada kök kanal preparasyonu için üç farklı ege sistemi olan XP-endo Shaper, Reciproc Blue ve ProTaper Universal enstrümanları kullanılmıştır. Bilgimiz dahilinde,

mandibular molar dişlerin mezial kök kanallarında XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrümanları kullanılarak yapılan kök kanal preparasyonu sonrasında oluşan çalışmamızın amacını kapsayan değerlendirmeleri içeren başka bir çalışma bulunmamaktadır. Bu amaçla çalışmada XP-endo Shaper, Reciproc Blue enstrümanları seçilmiş ve güncel kullanımda olan ProTaper Universal ile karşılaştırılmıştır.

XP-endo Shaper enstrümanı kök kanalı içerisindeki düzensizliklerin üç boyutlu enstrümantasyonunu sağlamak için üretilmiştir. XP-endo Shaper sisteminin sahip olduğu MaxWire teknolojisi ile enstrümanın kök kanal anatomisine adapte olarak kanalın şekline uyum sağlayan bir preparasyon yaptığı belirtilmektedir. Bununla birlikte, debris sıkışmasını minimuma indirerek dentinde daha az yük oluşturduğu belirtilmektedir [16]. Yapılan iki farklı çalışmada XP-endo Shaper sisteminin kök kanal duvarlarında mikro çatlak oluşturmadığı gösterilmiştir [145,146].

Resiprokal hareket ile çalışan enstrümanların kullanıldığı resiprokasyon hareketi ile torsiyonel ve flexural stresler minimuma indirilmekte, ayrıca çapraz-kesit dizaynı ile kanal transportasyonu azaldığı belirtilmektedir [46,147]. Enstrümanların çapraz kesitleri dentine yapılan temas sayısını etkileyebileceği ve dentin üzerinde farklı derecelerde gerilim yaratılmasında etkili olabileceği bildirilmektedir [148].

Bu çalışmada kullanılan Reciproc Blue sistemi, kesici-olmayan uç ile birlikte S-şekilli çapraz kesit yapısına sahiptir ve orijinal Reciproc enstrümanın termal olarak işlem den geçirilerek geliştirilmiş versiyonudur. Döngüsel yorgunluğa karşı direnci artırıldığı ve daha yüksek esneklikte olduğu belirtilmektedir. Reciproc enstrümanının farklı çalışmalarda farklı derecelerde dentinde mikro çatlaklara neden olduğu gösterilmiştir [41,149]. Bu çalışmaların aksine, Reciproc enstrümanı ile non-desrüktif metod μ BT kullanılarak yapılan farklı çalışmalarda postoperatif görüntülerdeki dentin çatlaklarının yeniden oluşmadığı ve belirlenen çatlakların preoperatif görüntülerde bulunduğu bildirilmiştir [17,141,150].

Kök kanal preparasyonu sırasında tek ege sistemlerinin kullanımı, prion çapraz kontaminasyonu olasılığını elimine etme, ege yorgunluğunu azaltma ve hekimlerin yeni bir tekniği öğrenmesi ve adapte olması için geçen zamanın azaltılması açısından avantajlar göstermektedir [71,72]. Ancak kök kanallarının sadece tek ege ile şekillendirilmesi sırasında enstrüman ve kök kanal duvarının önemli bir strese maruz bırakılabileceğini gösteren

alışmalar bulunmaktadır [43,73]. Tek eğe sistemlerinin, çoklu eğe sistemlerine göre kanalda daha az işlem yapması nedeniyle dentinde daha az hasara neden olabileceğini gösteren çalışmalar da mevcuttur [40,41].

Son yıllarda üretim işlemi sırasında alaşımın ısıtılması ile yeni Ni-Ti eşitleri geliştirilmekte ve ısıl işlem ile katılaşmanın kombinasyonu ortaya çıkmaktadır. Bu inovatif termal işlem ile Ni-Ti enstrümanların esnekliği artırılmaktadır [15,16,145]. Konvansiyonel Ni-Ti enstrümanların termal işlemden geçmiş alaşımlara göre preparasyon sırasında daha fazla dentin defektleri oluşturabileceği belirtilmektedir [145]. XP-endo Shaper ve Reciproc Blue eğeleri ısı uygulamasına tabi tutulmuş Ni-Ti enstrümanlardır ve ProTaper Universal'a göre daha esnek olmalarından dolayı eğimli kök kanallarında daha az hasara neden olmaları beklenmektedir.

Kök kanal tedavisi sırasında etkin işlem sağlamak için geliştirilen döner enstrüman sistemlerine paralel şekilde, obturasyon yöntemleri de devamlı bir gelişim göstermektedir. Kök kanal preparasyonunda kullanılan enstrümanın son boyutu ile uyumlu açılı guta-perkaların kullanıldığı tek-kon dolgu tekniği, hızlı ve kullanımı kolaydır. Tek kon tekniği dentine iyi derecede adaptasyon sağlaması ve farklı tekniklerle karşılaştırıldığında diğer tekniklerle benzer sonuçlar elde edilmesi, bu tekniğin kullanımını yaygınlaştırmıştır [112,151,152]. Bu nedenle çalışmamızda hızlı ve etkin bir kök kanal dolgu tekniği olan tek kon tekniği seçilmiştir ve dolgu sonrası kök kanalında kalan boşluklar incelenmiştir.

Kök kanal enstrümanlarının kök kanallarını şekillendirmesindeki etkileri ve kök kanal dolgusunun kalitesi farklı yöntemlerle değerlendirilmiştir. Bu yöntemlerden en güncel olan sistem μ BT görüntüleme tekniğidir. Endodonti alanında yapılan laboratuvar çalışmalarında μ BT görüntüleme altın standart olarak kabul edilmektedir [153]. μ BT görüntüleme yöntemi ile incelenmek istenilen dokuya zarar verilmeden istenilen sayıda tarama yapılabilmektedir. Elde edilen görüntüler ile 3-boyutlu modeller üzerinde çalışmaya olanak sağlamaktadır. Ayrıca çalışmalarda kullanılan örnekler farklı bir inceleme metodu ile incelenebilmekte ve metodlar arasında karşılaştırma yapılabilmesi gibi avantajları nedeniyle μ BT bir çok çalışmada tercih edilmektedir. Bu avantajlarından dolayı bu çalışmada, Ni-Ti döner eğe sistemleri ile preparasyon sonrası meydana gelen mikro çatlak oluşumu, hacim değişimi ve kök kanal dolgusu sonrası oluşan boşlukların değerlendirilmesi amacıyla μ BT görüntüleme yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmada, ilk olarak XP-endo Shaper, Reciproc Blue ve ProTaper Universal enstrümanları kullanılarak yapılan kök kanal preparasyonu sonrası enstrümanların, mikro çatlak oluşumu üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan 30 diş a ait 31920 μ BT kesit görüntüsü incelenerek enstrümantasyon öncesi ve sonrası oluşan mikro çatlak görüntüleri kaydedilmiştir.

Yapılan değerlendirme sonrasında preoperatif ve postoperatif görüntülerden elde edilen dentin defektleri gruplar bazında değerlendirildiğinde, XP-endo Shaper enstrüman sistemi kullanıldığında %17,32, Reciproc Blue enstrüman sistemi kullanıldığında %17,67 ve ProTaper Universal enstrüman sistemi kullanıldığında %12,57 değerlerinde mikro çatlaklar gözlemlenmiştir.

XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrüman sistemlerinin kullanıldığı dişlere ait μ BT görüntülerinde gözlemlenen mikro çatlaklar preoperatif olarak belirlenen mikro çatlaklara aittir, postoperatif olarak bu iki enstrümana ait μ BT görüntülerinde yeni mikro çatlak oluşumu izlenmemiştir.

Buna karşın, ProTaper Universal enstrüman sistemi kullanılarak yapılan kök kanal preparasyonu sonrasında diş kesitlerine ait postoperatif μ BT görüntülerinde %21,42 oranında dentinde mikro çatlaklar izlenmiştir. Bu mikro çatlaklar, ProTaper Universal sisteminin kullanıldığı dişlerde postoperatif olarak oluşturduğu yeni defektlerdir.

XP-endo Shaper enstrüman sisteminin kullanılmasından sonra mikro çatlak oluşumunun izlenmemesi, enstrümanın üretim özellikleri ile ilişkili olabilmektedir. XP-endo Shaper enstrümanının üretim özelliklerine bağlı olarak üretici firma, enstrümanın kök kanal preparasyonu sırasında yüksek rotasyonel hızda (800rpm) ve düşük tork değerinde (1-Ncm) kullanılmasını önermektedir. Kök kanal preparasyonu sırasında dentinde çatlak oluşumunun ise, enstrümanların kesme etkinliği ile ilişkili olabileceği belirtilmektedir. Peters ve ark. artan rotasyonel hızın, artan kesme etkinliği ile ilişkili olduğunu belirtmektedir [154,155]. XP-endo Shaper enstrüman sisteminin kök kanal preparasyonu sırasında yüksek hızda kullanımı, enstrümanın kesme etkinliğini artırabilmekte, bununla birlikte ekstra-esnek yapısı sayesinde kök kanal duvarı üzerinde daha az stres oluşturmakta ve dolayısıyla dentinde yeni çatlaklar oluşturmamaktadır [145].

XP-endo Shaper enstrümanının mikro çatlaklara neden olmadığını gösteren henüz çok sayıda çalışma yoktur. Literatür incelemesinde iki çalışma gözlemlenmiştir. Bayram ve ark. [145] mandibular premolar dişlerin preparasyonu sırasında XP-endo Shaper enstrümanını kullanarak yaptıkları çalışmada, enstrümantasyon sonrası yeni mikro çatlakların oluşmadığını ve bunun XP-endo Shaper enstrümanının yüksek rotasyonel hızlarda bile sarmal şekilli tasarımı ile eğeye kazandırılmış extra-esnek yapıyla ilgili olabileceği bildirilmiştir. Aydın ve ark. [146] çalışmasında ise, XP-endo Shaper enstrümanı mandibular molar dişlerin mezial kök kanallarının preparasyonu için kullanılmıştır ve benzer şekilde enstrüman sisteminin dizaynının sağladığı esneklik sayesinde dentin üzerinde oluşan streslerin azaldığı ve yeni mikro çatlakların görülmediği bildirilmiştir. Bu çalışmaların sonuçları bizim çalışmamızın sonuçları ile uyumludur.

Reciproc Blue sisteminde mikro çatlak oluşumunun izlenmemesi, enstrümanın resiprokal preparasyon hareketi yapmasına bağlanmaktadır. Li ve ark.'nın [141] yaptığı çalışmada resiprokasyon hareketi kullanan farklı sistemlerin kök kanal preparasyonu sırasında yeni mikro çatlaklar yaratmadığı ancak rotasyonel hareket kullanan sistemin yeni mikro çatlaklara neden olduğu bulunmuştur.

Benzer şekilde yapılan bir çalışmada, mandibular molar dişlerin mezial kök kanalları üzerinde Reciproc Blue enstrümanı ile yapılan kök kanal preparasyonu μ BT görüntüleme yöntemi ile değerlendirilmiştir. Kök kanal preparasyonu sonrasında, dentinde yeni mikro çatlakların oluşmadığı ve belirlenen tüm çatlakların preoperatif μ BT kesitlerinde bulunduğu bildirilmiştir [146]. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, çalışmamızın bulguları ile uyum göstermektedir.

Reciproc Blue sisteminde μ BT görüntülerinde mikro çatlak görülmemesinin nedenlerinden biri de yapılan çalışmalarda sonuçların değerlendirilmesinde μ BT kullanımına dayandırılmaktadır. Reciproc enstrümanı ile μ BT kullanılarak yapılan farklı çalışmalarda postoperatif görüntülerde dentinde yeni mikro çatlakların olmadığı ve belirlenen çatlakların preoperatif görüntülerde bulunduğu bildirilmiştir [17,141,150].

Bizim çalışmamızın sonuçları ile ters olarak, Reciproc enstrümanının farklı çalışmalarda farklı derecelerde dentinde mikro çatlaklara neden olduğu da bildirilmiştir. Liu ve ark. stereomikroskop kullanarak yaptıkları çalışmada, Reciproc enstrümanının dişlerde %5

oranında çatlaklara neden olduğu bununla birlikte ProTaper Universal ve OneShape (Micro-Mega, Besancon Cedex, Fransa) enstrümanlarının kullanımından sonra %50 ve %35 oranında bir artış izlendiğini bildirmiştir. Gergi ve ark.'nın benzer şekilde stereomikroskop kullanarak değerlendirme yaptıkları çalışmada, Reciproc enstrümanının WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve Twisted File Adaptive (SybronEndo, Orange, CA) enstrümanlarına göre anlamlı derecede daha fazla tamamlanmış çatlaklara neden olduğu bildirilmiştir [41,149]

Bu sonuçların bizimle farklı olması, çalışmalarda stereomikroskop kullanılmasına bağlı olarak yetersiz sonuçlar elde edilmesi ve μ BT kullanımının getireceği hassas sonuçların olmamasına bağlanmaktadır.

Dişlerden kesit alınarak yapılan stereomikroskop çalışmalarının en önemli dezavantajı, kesit alma işlemi sırasında örneklerle zarar verilmesidir. Buna bağlı olarak, çalışma bulguları değerlendirildiğinde, bu işlem elde edilen sonuçları etkileyebilmektedir. Bu çalışmalarda kullanılan kontrol gruplarındaki kök kanal preparasyonu yapılmamış dişlerde dentin defektlerinin gözlemlenmemesi, yöntemin işlerliğini göstermektedir. Ancak, deney gruplarında yapılan işlemler sırasında dentinde meydana gelebilecek hasarlar, yazarlar tarafından göz önünde bulundurulmamaktadır. Bunlar, preparasyon sırasında meydana gelen mekanik stresler, sodyum-hipoklorit içerikli irrigasyon solüsyonlarının kullanılmasıyla oluşan kimyasal etkiler ve son olarak örneklerden kesit alınması sırasında oluşabilecek hasarların kombinasyonu olabilmektedir [156].

Buna karşın μ BT kullanılarak yapılan çalışmalarda, μ BT görüntüleri stereomikroskop görüntüleri ile karşılaştırıldığında daha iyi bir çözünürlüğe ve büyütmeye sahip olduğu görülmektedir. Stereomikroskopun düşük çözünürlüğü ve farklı ışık koşulları altında yapılan incelemeler ortaya çıkabilecek yanlış yorumlamalara neden olmaktadır. Bununla birlikte, μ BT çalışmaları arasında yapılan karşılaştırmalarda da dikkatli olunmalıdır. Farklı tarama ve rekonstrüksiyon parametreleri, farklı sayıda kesitlerin elde edilmesi, farklı μ BT çözünürlükleri, ring artifaktın yanlış yorumlanması veya ring artifaktın dentin defektleri üzerine süperimpozisyonu, çalışmalar arasında alınan sonuçlar arasında farklılıklara neden olabilmektedir [157,158].

De-Deus ve ark. [17] μ BT görüntüleme teknolojisinin hassas/doğru olduğunu ve bu non-destrüktif metodun örneklerin enstrümantasyon öncesi incelenmesine izin verdiğini bildirmiştir. Bu metod ile örneklerden kesit alınmadan önceden var olan dentin defektlerini görüntülemenin yanında, tam olarak lokalizasyonunun belirlenmesi de mümkün olmaktadır. Bu da, preoperatif ve postoperatif değerlendirme yaparak her örneğin kendi kontrol grubu gibi davranmasını sağlamaktadır [156].

Dentin defektlerinin oluşmasında diğer bir faktör de enstrümanın konikliğine dayandırılmaktadır. Fazla miktarda konikliğe sahip olan enstrümanların daha fazla kök dentini uzaklaştırmaları nedeniyle kök kırıklarının oluşma ihtimalini arttırabileceği belirtilmektedir. Bier ve ark.'na göre enstrümantasyon sırasında eğenin artan konikliği ile kök kanal duvarlarında artan stres arasında bir ilişki olduğu ve bu durumun dentin defektlerinin oluşmasına neden olduğu belirtilmiştir [12,14].

Bunun aksine, De-Deus ve ark. enstrüman dizaynındaki varyasyonların çatlak oluşumu ile ilişkili olmadığını ve artan enstrüman boyutunun yeni çatlaklara neden olmayabileceğini göstermiştir [17]. Bu, bizim sonuçlarımızı desteklemektedir ve bu çalışmada kullanılan Reciproc Blue enstrümanı artan konikliğe sahip iken, XP-endo Shaper enstrümanın artan bir konikliğe sahip olmamasına rağmen mikro çatlak oluşturmaması, enstrümanların konikliğinin doğrudan bir faktör olamayacağı ve ancak bir çok farklı faktörün bir araya geldiğinde bu sonucu yaratabileceğini göstermektedir.

Yapılan çalışmalarda diş kesitlerinde dentin defektlerinin oluşup oluşmaması gibi farklı sonuçların elde edilmesinde kullanılan farklı yöntemlerin bir etken oluşturduğu gibi, kullanılan dişlerin anatomisi de diğer bir etken olarak gösterilmektedir. Değişik kök kanal anatomisi ve kök kanal eğimlerine sahip dişler çalışma sonuçlarında farklı değerler görülmesine bir etken olabilmektedir [41,145,149,159]. Düz köklü mandibular premolar dişler üzerinde farklı enstrümanlar ile yapılan kök kanal preparasyonu sonrası ısıl işleminden geçirilen enstrümanların kök kanallarında yeni dentin defektlerine neden olmadıkları, bunun yanında konvansiyonel Ni-Ti enstrümanın yeni dentin defektlerine neden olduğu bildirilmiştir [145]. Yüksek eğimli mandibular molar dişlerin mezial kök kanallarında yapılan kök kanal preparasyonu sonrasında ProTaper Universal, Safesider ve Race enstrüman sistemlerinin tümünün yeni dentin defektlerine neden oldukları gösterilmiştir [159]. Mandibular kesici dişler üzerinde yapılan bir çalışmada, ProTaper Universal,

OneShape, and Reciproc enstrümanların kök kanal tedavisi sırasında dentinde yeni mikro çatlaklara neden oldukları, bunun yanında SAF enstrümanının yeni dentin defektleri yaratmadığı bildirilmiştir [41]. Mandibular molar dişlerin eğimli ($<25^\circ$) mezial kök kanallarında yapılan kök kanal preparasyonu sonrası resiprokal hareket ve adaptif hareketlerle çalışan enstrüman sistemlerinin kök kanallarında çatlaklara neden olduğu, bununla birlikte adaptif hareket kullanarak çalışan sistemin daha az hasara neden olduğu bildirilmiştir [149].

Mandibular molar dişlerin mezial köklerinin anatomik yapıları nedeniyle bu köklerin kök kırıklarına daha yatkın oldukları bilinmektedir [140]. Bu durum mekanik preparasyon sırasında dentin yüzeyi üzerinde daha fazla stres oluşumuna neden olabilmekte ve dolayısıyla çatlakların oluşma ihtimalini artırabilmektedir [141]. Bir çok morfoloji çalışmasında, mandibular 1. molarların mezial kök kanallarının ortalama eğimi 20° 'den yüksek bulunmuştur [160,161]. Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında dentin mikro çatlaklarının kök kanal kurvatürünün artması ile artış gösterdiği bildirilmiştir [159]. Bunun yanında, daha düşük eğim açısına sahip dişlerin kullanıldığı bazı çalışmalarda bile resiprokasyon veya rotasyon hareketi ile kullanılan enstrümanlar ile yapılan preparasyon sonrasında dentin mikro çatlaklarının oluştuğu bulunmuştur [41,43,145].

Burklein ve ark. [43] mandibular santral kesici dişler üzerinde yapılan kök kanal preparasyonu sırasında hem rotasyon hem de resiprokal enstrümanların kullanımıyla dentinal defektlerin oluştuğunu, apikal seviyede resiprokal eğelerin (Reciproc ve WaveOne) tam rotasyonel eğelere (Mtwo ve Protaper) oranla daha fazla tamamlanmamış dentin çatlakları oluşturduğunu mikroskop çalışmasında göstermiştir. Benzer yöntem kullanılarak yapılan çalışmada, Liu ve ark. [41] ProTaper çoklu-eğe rotary sisteminin %50 oranında dentin çatlaklarına neden olduğunu ve tek eğe rotary (OneShape) veya resiprokasyon (Reciproc) sistemlerine göre apikal kök yüzeyinde veya kanalın iç duvarında daha fazla çatlaklara neden olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada kullanılan ProTaper Universal enstrüman sisteminde postpreparasyona bağlı olarak yeni mikro çatlak oluşumu gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda olduğu gibi bir çok çalışma ProTaper Universal sisteminin diğer NiTi enstrümanlar ile karşılaştırıldığında daha fazla çatlığa neden olduğu gösterilmiştir. Çalışmalarda ProTaper Universal

enstrümanlarının kullanımı sonrası meydana gelen dentin defektleri %16-%56 arasında bulunmuştur [41,145,148,159].

ProTaper Universal enstrüman sisteminin mikro çatlak oluşturması, yapılan çalışmalarda farklı nedenlerle açıklanmaktadır. Bunlar arasında, yapılan bir çalışmada kullanılan yeni nesil ısıtılma işlemlerden geçirilmiş ve daha esnek olan sistemlerle karşılaştırıldığında, ProTaper Universal sisteminin konvansiyonel Ni-Ti alaşımından üretilmiş olması ve buna bağlı olarak dentinde daha fazla hasara yol açabilmesi olduğu belirtilmektedir [145]. Farklı bir çalışmada ProTaper Universal enstrüman sistemi 3 farklı tek eğe sistemi ile karşılaştırılmıştır ve bu sistemlere göre kök kanal preparasyonu sırasında dentinde daha fazla hasar yarattığı bildirilmiştir. ProTaper Universal enstrüman sistemi ile kök kanal preparasyonu sırasında 5 eğe sırayla kullanılarak preparasyon tamamlanmaktadır ve bunun dentin üzerinde tek eğe sistemlerine göre daha fazla hasar yaratabileceği belirtilmiştir [41]. Diğer bir çalışmada, ProTaper Universal sisteminin karşılaştırılan sistemlere oranla anlamlı derece daha fazla dentin çatlaklarına neden olduğu bulunmuştur. Bu çalışmadaki bulgular, enstrümanın konikliğinin daha fazla olması ile ilişkilendirilmiştir ve artan koniklik ile köklerin zayıflayabileceği ve çatlaklara neden olabileceği belirtilmiştir. Buna ek olarak, rotasyonel hareketle ve yüksek tork değerleri ile kullanılan enstrüman sistemlerinin dentin üzerindeki stres dağılımını artırabileceği belirtilmektedir. Sonuç olarak belirtilen çalışmada ProTaper Universal enstrüman sisteminin konik yapısı ve yüksek tork değerlerinde kullanılması elde edilen sonuçlara açıklık getirmektedir [159].

Ceyhanlı ve ark. [159] yüksek eğimli mandibular molar dişlerde ProTaper Universal, RaCe (FKG Dentaire), ve Safesider (Essential Dental Systems, Hackensack, NJ) enstrüman sistemlerini kullanarak yaptığı µBT çalışmasında, preoperatif ve postoperatif görüntülerinin karşılaştırılması sonrası yeni dentin defektlerinin oluştuğunu ve ProTaper Universal sisteminin %42 oranında dentin çatlaklarına neden olduğunu göstermiştir.

Jamleh ve ark. [162] mandibular premolar dişler üzerinde kullandığı rotasyon (PTU) ve resiprokasyon (WaveOne) eğeleri ile yapılan kök kanal preparasyonu ile dentin defekt oluşumu arasında nedensel bir ilişki olduğunu ancak iki eğe tipi arasında anlamlı fark bulunmadığını bildirmiştir.

Bayram ve ark. [145] yaptıkları μ BT çalışmasında, düz köklü mandibular premolar dişler üzerinde, ProTaper Universal sisteminin %21 oranında dentin çatlaklarına neden olduğunu ve karşılaştırma yapılan XP-endo Shaper, ProTaper Gold (Dentsply Tulsa Dental Specialties) ve SAF (ReDent Nova, Ra'anana, Israil) enstrüman sistemlerine göre dentin çatlakları oluşturma açısından anlamlı farklılık olduğu bildirmiştir.

Buna karşın yapılan bir çalışmada da in situ kadavra modeli kullanılmış ve maksiller premolar dişler üzerinde yapılan kök kanal preparasyonunda, Reciproc ve ProTaper Universal sistemlerinin dentin defektlerine neden olmadığı μ BT görüntüleme ile gösterilmiştir [150]. Bu durumun, görüntüleme protokolündeki farklılıktan doğacağı düşünülmektedir.

Çalışmamızda ProTaper Universal ile yapılan kök kanal preparasyonu sonrası oluşan mikro çatlakların kök kanalından uzakta yer aldığı ve kökün dış yüzeyinden başladığı görülmektedir. Wilcox ve ark. [14] kök kanalı içerisinde oluşan kuvvetlerin dentini bir arada tutan bağları aşarak kök yüzeyine ulaşabileceğini belirtmektedir. Bu bulgu Shemesh ve ark. [39] tarafından da bildirilmiştir ve oluşan defektlerin kanal içi enstrümanların direk temasta olduğu yerlerden uzakta ve pulpa boşluğu ile ilişkide olmadığı gösterilmiştir. Klinik olarak değerlendirildiğinde, hasta ağzında periodontal ligamentin bulunması, preparasyon sırasında oluşan kuvvetlerin dağılımını etkileyebildiği ve bu yapının taklit edilmesi sırasında kuvvetlerin dağılımında yapay bir değişim meydana geldiği belirtilmiştir [39]. Çalışmamızda kök kanal preparasyonu sırasında periodontal ligamenti taklit etmesi amacı ile silikon ölçü maddesi kullanılmıştır.

Bu bulguların yanında, yakın zamanda yapılan bir çalışmada farklı morfolojideki dentin mikro çatlakları (tamamlanmış, tamamlanmamış, dentin içinde sınırlı mikro çatlaklar) stres yoğunluğu, stres konsantrasyon zonu ve kök kanal duvarı kalınlığı ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada gözlemlenen mikro çatlaklar da büyük oranda dentin içerisinde veya kök duvarından başladığı ve bunun enstrümanın tasarımı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir [141].

Çalışmamızda XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrüman sistemlerinin kullanıldığı dişlere ait μ BT görüntülerinde, postoperatif olarak bu iki enstrümana ait μ BT görüntülerinde yeni mikro çatlak oluşumu izlenmemiştir. Benzer şekilde yapılan çalışmalarda, rotary ve

resiprokasyon sistemleri ile yapılan kök kanal preparasyonunun ve mikro çatlak oluşumu arasında bir ilişki olmadığı belirtilmektedir [17,146,156,157,163–165].

Ancak çalışmamızda mikro çatlak oluşumu yanında bazı mikro çatlakların kök kanalından kökün dış yüzeyine uzanan tamamlanmış çatlaklara dönüştüğü de gözlemlenmiştir. Dışlerde işlem öncesi bulunan mikro çatlakların tamamlanmış çatlaklara dönüşmesi Reciproc Blue grubunda 3 dişte ve XP-endo Shaper grubunda 1 dişte izlenmiştir. İki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlemlenmiştir ($P<0,05$). Kök kanal preparasyonu sırasında dentinde defekt oluşum derecesinin enstrümanın uç tasarımı, çapraz kesit geometrisi, sabit veya değişken yiv yapılarının olması gibi özellikleri ile ilişkili olduğu bildirmiştir [11]. XP-endo Shaper enstrümanı adaptif-kor yapıya sahip olan bir enstrüman olarak adlandırılmakta ve preparasyon sırasında diğer enstrümanlara göre kök kanal anatomisine daha uygun bir preparasyon yaptığı belirtilmektedir [166]. Enstrüman ekstrasnek bir yapıya sahiptir ve sabit 0,01'lik bir konikliği bulunmaktadır. Reciproc Blue enstrümanı adaptif-kor yapıya sahip bir enstrüman değildir ve enstrüman tasarımında artan konikliği ile yuvarlak şekilli bir preparasyon yaratmaktadır. Bu çalışmada farklı enstrümanların tasarımlarındaki bazı farklı özellikler, kök kanal dentini üzerinde farklı kuvvetlere neden olabilir. Bu da, mikro çatlakların tamamlanmış çatlak dönüşümünde belki de etkisi olabilir. Çalışmamızda her ne kadar mikro çatlakların uzunluğu ve genişliği üzerinde bir inceleme yapılmamış olsa da, bu bulgular enstrümanların bu ölçümler üzerinde de etkisinin olabileceği ve mikro çatlakların morfolojisinde değişimlere neden olabilecekleri düşünülmektedir. Li ve ark'nın çalışması da bulgularımızı desteklemektedir [141].

Çalışmamızda XP-endo Shaper, Reciproc Blue ile ProTaper Universal enstrüman sistemlerinin mikro çatlak oluşturma sonuçlarının farklı olması, XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrümanlarının ısıtılma işleminden geçirilmiş enstrümanlar olmasına bağlanabilir. Yeni üretilen enstrümanların üretimi sırasında kullanılan alaşımın ısıtılma işleminden geçirilmesi ile yeni NiTi çeşitlerinin geliştirilmesine olanak sağlanmaktadır. Bu işlem ile enstrümanların esnekliği arttırılmaktadır [15,16,145]. Konvansiyonel NiTi enstrümanlar kök kanal preparasyonu sırasında dentinde daha fazla defekt oluşumuna neden olabilmektedir [145]. XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrümanları termal olarak geliştirilmiş NiTi'dan üretilmektedir ve ProTaper Universal enstrümanına göre daha esnektirler. Bu durum bu enstrümanlardan elde edilen farklı sonuçlar için diğer bir faktör olabilmektedir.

Ayrıca, XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrüman sistemleri tek eĝe sistemlerini içermektedir, bu da ProTaper Universal enstrüman sistemine göre dentin defektleri oluşturmaları açısından avantaj sağlamıştır. Kök kanal preparasyonu sırasında tek eĝe sistemlerinin kullanımı bir çok avantaj sağlamaktadır [71,72]. Kök kanal preparasyonu sırasında sadece tek enstrüman kullanılmasının kök kanal duvarlarında önemli derecede stres yaratabilmektedir [43,73]. Tek eĝe sistemlerinin, çoklu eĝe sistemlerine göre kanalda daha az işlem yapması sayesinde dentinde daha az hasara neden olabileceğini gösteren çalışmalar da mevcuttur. Ashwinkumar ve ark. [13] yaptığı çalışmada, farklı enstrümanların mandibular 1. molar dişler üzerinde kök kanal preparasyonu sırasında mikro çatlak oluşturma etkisini SEM ile değerlendirmiştir. Bu çalışmada rotasyonel harekette kullanılan ProTaper Universal enstrüman sisteminin, WaveOne tek eĝe resiprokal enstrüman sistemine göre 2.4 kat daha fazla mikro çatlak yaratma riski olduğu ve bunun enstrümanın kök kanal duvarları üzerinde devamlı rotasyon kuvveti ve sabit tork uygulanması ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir [13].

Monga ve ark. [167] mandibular premolar dişler üzerinde yaptığı çalışmada, tek eĝe WaveOne enstrüman sisteminin, çoklu-eĝe enstrüman sistemleri ProTaper Universal ve K3XF (SybronEndo,Orange,CA) sistemlerine göre dentin üzerinde istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az hasara neden olduğu gösterilmiştir. Bu sonuçlar WaveOne enstrüman sisteminin kullanıldığı resiprokal harekete, enstrümanın tasarımına ve kısa çalışma süresi ile ilişkilendirilmiştir [167].

Jalali ve ark. [168] yaptığı çalışmada ProTaper Universal, Mtwo (VDW, Munich, Almanya) ve Reciproc enstrüman sistemlerinin mandibular premolar dişler üzerindeki kök kanal preparasyonu sırasında mikro çatlak oluşumu değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, tek eĝe Reciproc sisteminin diğer iki sisteme göre dentin üzerinde anlamlı derecede daha az hasar yarattığı bildirilmiştir. ProTaper Universal sistemi konveks üçgensel bir kesit yapısına sahip iken, Mtwo ve Reciproc sistemlerinin S-şekilli kesitleri bulunmaktadır. Mtwo ve Reciproc sistemlerinin aynı kesit dizaynına sahip olmasına rağmen iki enstrüman sisteminden farklı sonuçların elde edilmesi, enstrümanların yaptıkları hareketlerle ilişkili olabileceği belirtilmiştir [168].

Wei ve ark. [169] yaptıkları meta-analiz çalışmalarının sonucunda, resiprokal hareket ile çalışan tek eĝe sistemlerinin resiprokal hareketinin, geleneksel döner eĝe sistemlerinin

devamlı rotasyon hareketi sırasında kök kanal duvarlarının iç yüzeyinde oluşan stresleri ve sabit tork değerlerini engelleyebileceği belirtilmektedir. Resiprokal hareketin kanal içerisinde daha iyi merkezlenebildiği bulunmuştur. Saat yönünde ve saat yönünün tersi yönlerde tekrarlayan şekillerde yapılan hareketler ile eğenin kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında kök kanalının iç yüzeyinde oluşabilecek sıkışmadan devamlı olarak kaçınılabilmektedir. Saat yönündeki hareket sırasında enstrümanın kesici kenarları dentin duvarlarından serbest kalmaktadır. Bunun sonucunda dentin üzerindeki flexural ve torsiyonel stresler azalmakta, böylece dentin defektlerinin oluşması engellenebilmektedir. Bu meta-analizi çalışmasının sonucunda WaveOne ve Reciproc tek ege sistemlerinin konvansiyonel çoklu ege sistemi ProTaper Universal sistemine oranla daha az dentin çatlaklarına neden olduğu bildirilmiştir [169].

Ayrıca Aydın ve ark. [146] yakın zamanda yaptıkları çalışmada, XP-endo Shaper, Reciproc Blue ve WaveOne Gold ısı-ışlemden geçirilmiş yeni tek ege enstrüman sistemleri kullanılmış ve mandibular molar dişlerin mezial kök kanallarında yeni mikro çatlaklara neden olmadıkları bulunmuştur. Bu çalışmanın bulguları, bizim bulgularımızı desteklemektedir.

Çalışmamızda yapılan ikinci değerlendirme, kullanılan enstrümanların dişlerin kök kanallarında oluşturduğu hacim değişimidir.

Yeni jenerasyon döner enstrüman sistemleri kök kanalında kendi boyutunun üzerinde bir genişletme yapmaktadır. Standart döner enstrümanlar ise artmış esneklikleri ve yüzeylerinde yapılan işlemlere rağmen, non-adaptif kor enstrümanlar olarak sınıflandırılmaktadır. Bu enstrümanlar her kök kanal şeklinin varyasyonlarına adaptasyon göstermeden uniform ve yuvarlak bir kök kanal şekli oluşturmaktadır. Bu da, preparasyon sonrasında dokunulmamış alanların kalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, kök kanallarında oluşturulan hacim değişimi kullanılan enstrümanlara bağlı olarak değişmektedir ve kök kanal preparasyonunun kalitesini etkilemektedir. Çünkü, kök kanalının apikal bölgesinin sodyum hipoklorit gibi irrigasyon solüsyonları ile temizlenmesi ve dezenfeksiyonu için kanalın belirli bir boyuta kadar enstrümante edilmesi gerekmektedir [102,170,171]. Bu şekilde hazırlanan kök kanal sisteminde, kök kanalındaki enfekte dokular uzaklaştırılmakta ve irrigasyon solüsyonları ile kök kanal dolgu materyallerinin kökün apikal bölümüne ulaşabileceği bir boşluk yaratılmaktadır [1,3].

XP-endo Shaper, Reciproc Blue ve ProTaper Universal kök kanal eğe sistemleri ile yapılan preparasyon sonrası kök kanalında meydana gelen hacim değişimi, sistemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemiştir. Her üç enstrüman sisteminin kullanımından sonra tüm kök kanalında ve apikal bölgede yaklaşık olarak 2 katı oranında bir hacim artışı görülmüştür.

Çalışmamızda kullanılan XP-endo Shaper enstrüman sisteminin iki ayrı mezial kök kanalına sahip mandibular molar dişler üzerinde yarattığı hacim değişimi ortalama 2,804 mm³ olarak bulunmuştur. Ancak literatürde benzer kök kanal anatomisine sahip dişler üzerinde XP enstrümanı ile kök kanal preparasyonunun etkilerini gösteren bir çalışma bulunmadığından karşılaştırma yapılamamıştır.

Azim ve ark.'nın [166] yaptığı bir çalışmada Vortex Blue ile XP-endo Shaper karşılaştırılmış ve XP-endo Shaper kullanıldığında hacim artışı anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Vortex Blue ile elde edilen preparasyon 'non-adaptif' döner eğeler ile elde edilen önceki sonuçlarla uyum göstermektedir. Diğer yandan 'adaptif-kor' olan XP-endo Shaper kendi kor çapının ötesine ulaşarak daha fazla kanal duvarına ulaşabilmiştir. XP-endo Shaper enstrümanı, küçük kütlesi ve kök kanalının 3 boyutlu yapısına uyum sağlayabilen genişleme özellikleri ile debris çıkışına izin vermekte ve adaptif-kor enstrüman olarak adlandırılmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı, XP-endo Shaper enstrümanı ile yapılan kök kanal preparasyonu Vortex Blue enstrümanına göre daha üstün bir preparasyon sağlamıştır [166].

XP-endo Shaper, TRUShape (Dentsply Sirona, Tulsa, OK) ve SAF enstrümanlarının mandibular molar dişlerin oval kanalları üzerindeki temizleme ve şekillendirme etkinlikleri karşılaştırıldığında, kök kanal preparasyonu sonrasında hacim artışı enstrümanlar arasında benzer değerler vermektedir. Bununla birlikte tüm kök kanalında temas edilen alanlar karşılaştırıldığında enstrümanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamasının nedeni bu enstrümanların kesme etkinliklerinin benzerlik göstermesidir [180].

Versiani ve ark.'nın XP-endo Shaper, iRaCe (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) ve EdgeFile (Albuquerque, NM) sistemlerinin uzun oval kanallar üzerindeki şekillendirme yeteneklerinin değerlendirildiği çalışmasında, preparasyon sonrası hacim

artışında üç sistem arasında anlamlı farklılığın olmadığını bildirmiştir. Bununla birlikte, değerlendirilen tüm sistemlerin benzer şekillendirme yeteneklerinin olduğu, temas edilen yüzey alanı açısından farklılığın bulunmadığı ve üç sistemin de oval kanalları tam olarak prepare edemediği bildirilmiştir [181].

Busquim ve ark. [193] uzun-oval kanallarda resiprokal ve rotasyonel sistemlerle yapılan kanal preparasyonunu μ BT ile değerlendirmiş ve Reciproc sistemi ile yapılan preparasyon sonrasında tüm kanaldaki hacim artış yüzdesi açısından gruplar arasında anlamlı farklılığın olmadığını bulunmuştur.

De-Deus ve ark. çalışmalarında XP-endo Shaper enstrümanını normal sürede ve daha uzun sürelerde kullanarak kök kanal preparasyon sonrası hacim ve yüzey alanı değişimini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada elde edilen bulgularda, XP-endo Shaper enstrümanının kullanım süresinin uzatılmasıyla kök kanal yüzeyindeki temas alanının ve kaldırılan dentin hacminin arttığı gösterilmiştir. XP-endo Shaper enstrüman sistemi kullanılarak yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular değerlendirildiği zaman, bu enstrümanın kendi kor çapının ötesine ulaşabildiği ve kök kanalı içerisinde kanal anatomisine uygun bir şekilde daha fazla temas alanına ulaşabildiği belirtilmektedir [166,175].

Çalışmamızda kullanılan mandibular molar dişlerin mezial kök kanallarındaki preparasyon sonrası hacim artışı Reciproc Blue enstrümanı için değerlendirildiğinde, ortalama $2,696 \text{ mm}^3$ lük bir hacim değişimi saptanmıştır. Bu değerler aynı diş ve kök kanal anatomisine sahip benzer dişlerin kullanıldığı bir çalışma ile uyumludur. Yapılan çalışmada kullanılan Reciproc enstrümanı ile kök kanal preparasyonu sonrası hacim artışının ortalama 2.76 mm^3 olduğu belirtilmiştir [172].

Yapılan çalışmalarda, M-Wire Reciproc enstrümanının şekillendirme yeteneği μ BT ile değerlendirilmiştir ve sonuçlar bu tek eğe sisteminin kök kanallarındaki preparasyonunun konvansiyonel çoklu eğe döner sistemlerle aynı standartta olduğunu göstermiştir [176,177].

Mandibular molar dişlerin mezial kök kanallarında M-Wire Reciproc ile Reciproc Blue enstrümanların kök kanallarını şekillendirme yetenekleri karşılaştırılmıştır ve iki eğe arasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Her iki sistemde de kesmeyen uç dizaynı ile kök

kanalına kolay penetrasyon ve minimal apikal basınç sağlanmaktadır. Bu, her iki enstrümanın iyi mekanik özelliklerine bağlanmaktadır [178].

Diğer bir çalışmada, tek eğe resiprokal WaveOne ve rotasyonel OneShape sistemleri karşılaştırılmıştır ve her iki sistemin de kök kanal preparasyonu sonrasında kanalın 3-boyutlu parametrelerinde benzer değişikliklere neden oldukları ve benzer kesme etkinliklerine sahip oldukları gösterilmiştir. Her iki enstrüman da aynı çapa sahiptir ancak farklı konikliğe sahip olmalarına rağmen benzer kesme etkinliği ve hacim artışı yaptığı belirtilmiştir. Bu durum, her iki enstrümanın mekanik özelliklerine bağlanmıştır ve ayrıca WaveOne enstrümanın ısıl işleminden geçirilmiş olması daha iyi bir esneklik sağlayarak kompleks anotomiye sahip ve aşırı eğimli kanallarda üstünlük sağladığı belirtilmektedir [179].

Bu çalışmalardan elde edilen bulgular bizim çalışmamızdaki bulgularla benzerlik göstermiştir. Çalışmamızda da enstrüman sistemleri arasında hacim değişimi açısından bir farklılık göstermemiştir.

Çalışmamızda kullanılan mandibular molar dişlerin mezial kök kanallarındaki preparasyon sonrası hacim artışı ProTaper Universal enstrümanı için değerlendirildiğinde, ortalama 2,746 mm³'lük bir hacim değişimi saptanmıştır. ProTaper Universal enstrüman sistemi ile yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar bulunmuştur.

Moe ve ark mandibular molar dişlerin orta eğimli mezial kök kanallarında yaptıkları çalışmada, ProTaper Next [Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre] ve Revo-S (Micro-Mega, Besancon, Fransa) gibi asimetrik rotasyonel hareket ile çalışan enstrümanların kök kanal transportasyonunda üstün özellikler göstermelerine rağmen, bu sistemlerin ProTaper Universal enstrümanı ile benzer bir preparasyon ve kök kanal hacim artışı yarattığı belirtilmiştir. ProTaper Universal enstrüman sistemi ile kök kanal preparasyonu sonrası hacim artışının ortalama 2.39 mm³ olduğu bulunmuştur [173].

ProTaper Universal ve ProTaper Gold enstrüman sistemleri ile mandibular molar dişlerin mezial köklerinde benzer yapıda kök kanal şekillendirmesi yapılabilmekte ve kök kanallarının hacmini yeterli derecede genişletip prepare edilmemiş sahaların azaltıldığı belirtilmektedir. Buradaki kök kanallarında oluşan hacim değişimi ortalama 2.476 mm³ olarak bulunmuştur [174].

Benzer şekilde Capar ve ark. mandibular dişlerim eğimli mezial kök kanallarında yaptıkları çalışmada, ProTaper Universal enstrüman sisteminin kök kanallarında ortalama 2.25 mm³'lük bir hacim artışı yarattığı bildirilmiştir [154]. Bu çalışmaların bulguları bizim çalışmamızda ProTaper Universal enstrümanından elde edilen hacim artışı ile uyum göstermekte ve bulgularımızı desteklemektedir.

Reciproc, ProTaper Next ve manuel K file eğeleri farklı çap ve konikliğe sahip olmasına rağmen, maksiller molar dişlerin mezial kök kanallarında benzer özellikte preparasyon oluşturabilmektedir. Bu, enstrümanların çapraz kesit boyutlarına bağlanmaktadır [177]. Bizim çalışmamızda kullanılan ProTaper Universal ve Reciproc Blue sistemleri arasında anlamlı farklılık gözlemlenmemiştir ve kanal hacmi üzerinde benzer kesme etkinliklerinin olduğu bulunmuştur.

Kök kanal preparasyonu sırasında ProTaper Universal sisteminin rotasyonel ve resiprokal hareketlerde kullanımını karşılaştıran farklı çalışmalarda, farklı enstrümantasyon tekniklerinin şekillendirme yeteneği (hacim artışı, yüzey alanı) üzerinde benzer etkiler yarattığı gösterilmiştir ancak, ProTaper Universal enstrümanı kök kanal preparasyonu sırasında resiprokal harekette kullanıldığı zaman eğimli kanallarda daha iyi bir preparasyon sağlayabileceği belirtilmektedir. Bu nedenle, resiprokal hareket ile kök kanal preparasyonu sırasında oluşabilecek hataların önlenmesinde iyi bir alternatif olabilmektedir [182–184].

Marceliano-Alves ve ark. [172] mandibular molar dişlerin mezial kök kanalları üzerinde yaptığı bir μ BT çalışmasında tek ege resiprokal enstrümanların çoklu döner ege sistemleri ile karşılaştırmış ve kök kanallarında benzer bir şekillendirme yaptıklarını göstermiştir. Zhao ve ark. [185] μ BT çalışmasında WaveOne, ProTaper Universal ve ProTaper Next enstrümanlarının mandibular 1. molar dişler üzerindeki preparasyon yeteneklerinin benzer olduğunu ve enstrümanite edilmemiş alanlar ve kök kanal hacim değişimi açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılığın bulunmadığını göstermiştir.

Resiprokal hareket ile çalışan enstrüman ve çoklu döner enstrümanlar karşılaştırdığında, maksiller molar dişlerin mezial ve distal kök kanallarında uygulanan kök kanal preparasyonu sonrası sistemler arasında μ BT değerlendirmesinde hacim değişimi açısından fark gözlemlenmemiş ve eğri kök kanallarına sahip mezio-bukkal ve disto-bukkal köklerde hacim değişimi ve şekillendirmesinde resiprok sistemlerin etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Ancak rotasyonel hareket yapan enstrüman sistemi ile hacim değişimi açısından bir farklılık gözlemlenmemiştir [186]. Çalışmada resiprokal hareketle kullanılan enstrümanların yapısal özelliklerinin ve kesit dizaynının kanal morfolojisine adapte olabildiği için başarıda etkin olabileceği belirtilmektedir. Aşırı eğimli kanallarda resiprokal hareketle yapılan kök kanal preparasyonu balanced-force tekniği ile dengeli bir şekillendirme sağlamaktadır [187].

Bu çalışmalardan elde edilen bulgularda, çalışmamızda kullanılan resiprokal ve rotasyonel hareketle kullanılan enstrüman sistemleri ile yapılan kök kanal preparasyonu sonrası enstrüman sistemleri arasında hacim değişimi açısından benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda kök kanal preparasyonu sonrası izlenen hacim değişimlerinin benzer sonuçlar vermesi belli nedenler ile açıklanmaktadır. Hacim artışı, enstrümanların çap ve koniklikleri ile belirlenmektedir. Buna karşın farklı çap ve konikliklere sahip olan enstrümanların yarattıkları hacim değişimlerinin benzer olması, yapılan çalışmalarda enstrümanların yapısal özellikleri üç boyutlu olarak değerlendirildiğinde, enstrümanların kor yapılarındaki çapraz kesit boyutlarına bağlı olabileceği vurgulanmıştır [177,179].

Enstrümanların kesme etkinliğinin, enstrümanların üretildikleri alaşımların ısıl işleminden geçirilmesiyle ilişkili olabileceği belirtilmektedir [188]. Yapılan diğer bir çalışmada, konvansiyonel ve mantensitik Ni-Ti enstrümanların lateral kesme etkinlikleri değerlendirilmiş ve ‘yumuşak’ (martensitik) alaşımın daha üstün olduğu bulunmuştur [189]. Buna karşın farklı bir çalışmada PTU ve PTG enstrümanlarının orta ve koronal üçlülerde benzer bir kesme etkinliğine sahip olduğu bulunmuş ve alaşımın ısıl işleminden geçirilmesinin enstrümanı plastik deformasyona yatkın hale getirebileceği ve kesici kenarlarda bozulma yaratarak kesme etkinliğini azaltabileceği belirtilmiştir [188].

Buna karşın bizim bulgularımızla uyumlu olmayan çalışmalar da bulunmaktadır. Versiani ve ark. [190] rotasyon ve resiprokal hareketleri ile çalışan enstrümanlarının hacim ve yüzey alanı değişimi açısından sistemler arasında fark olmadığını göstermiştir. Benzer şekilde Versiani ve ark. diğer bir çalışmasında, ProTaper Universal ve Reciproc enstrüman sistemlerinin kök kanal hacmi üzerinde farklı etkiler yarattıkları ve ProTaper Universal sisteminin Reciproc sistemine göre daha fazla bir hacim artışı yarattığı gösterilmiştir [191].

Zuolo ve ark.'nın farklı enstrümantasyon sistemlerinin oval-kanallar üzerindeki şekillendirme yeteneğini araştırdığı μ BT çalışmasında, BioRace (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, İsviçre) sisteminin Reciproc ve SAF sistemlerine göre kök kanalında daha fazla dokunulmamış alan bıraktığı bulunmuştur. Reciproc sisteminin düşük oranda dokunulmamış alanlarla birlikte kök kanalından fazla miktarda dentin uzaklaştırdığı bulunmuştur. Bu bulgu, enstrümanın esnekliğini ve kesme etkinliğini artırabilecek resiprokasyon hareketi, büyük taper boyutu ve tasarımı ile ilişkilendirilmiştir [192].

Yapılan farklı çalışmalarda kök kanal preparasyonu için kullanılan enstrümanların, kök kanal hacmi üzerinde yarattığı değişimlerin çalışmada kullanılan dişlerin kanal anatomisi ile farklılıklar gösterdiği belirtilmektedir. Bu çalışmaların farklı sonuçlar vermesi çalışmalarda tek köklü dişler kullanılması ile ilintili olabilmektedir. Bizim çalışmamızda ise molar dişler kullanılmıştır.

Bu farklı çalışmalardan elde edilen farklı bulgular, deneyde kullanılan dişlerin farklı anatomik durumları ile de ilişkili olabilmektedir. Laboratuvar çalışmalarının ana rolü, belirli faktörlerin güvenilir bir şekilde karşılaştırılmasına izin veren ve iyi kontrol edilebilen koşulların yaratılmasıdır [194]. Ex vivo çalışmalardaki ana sorun, araştırmadaki kök kanal sisteminin anatomisidir. Bu nedenle sonuçlar, odaklanılan konudan ziyade kök kanal anatomisinin etkisini gösterebilmektedir [195]. Kök kanal preparasyonu sonrası elde edilen sonuçlarda kanal anatomisinin etkisi belirtilmektedir. Şekillendirme işlemleri öncesi kanal geometrisindeki varyasyonların, kök kanal preparasyonu sırasındaki enstrümantasyon teknikleri tarafından meydana getirilen değişimlerden daha fazla etkisinin olduğu gösterilmektedir.

Son yıllarda μ BT, kök kanal sisteminin 3 boyutlu değerlendirmesine olanak vermesi, endodonti alanında artan bir popülerlik kazanmıştır [136,190]. Bu yüzden, bu yöntem dişlerin seçimi sırasında eşleşmeyi geliştirmekte ve ex vivo çalışmaların doğruluğunu artırmaktadır. Bu yöntemde μ BT verileri ile belirlenmiş morfolojik parametrelere uygun ve birbiri ile tutarlılık gösteren örneklerin seçimi yapılabilmektedir [194]. Bunun yanında hassas sonuçlar vermesi ile çalışmada örneklerdeki tüm değerlendirmelerde olduğu gibi preparasyon sonrası hacim değişimleri de doğru olarak elde edilmektedir.

Çalışmamızın üçüncü aşamasında, hazırlanan kök kanallarının tek kon tekniği ile doldurulması sonrasında oluşan boşluklar değerlendirilmiştir.

Kök kanal boşluğu içerisinde üç boyutlu dolgunun yapılmasının amacı, tüm kök kanal sisteminin kapatılmasıdır. Schilder [75], ideal kök kanal dolgu materyalinin kanal duvarlarına ve duvardaki düzensizliklere iyi adapte olması, kök kanal dolgu patını minimum, kor materyalinin de maksimum oranda kullanarak, kanalın tamamının homojen guta-perka kütlesiyle yoğun olarak doldurulması gerektiğini belirtmektedir. Üç boyutlu bir dolgu yapılmaması sonucunda kök kanal dolgusunda boşluklar olması hem apikal hem de koronal bölgede sızıntı için geçiş yolu oluşturabilmektedir. Bu geçiş yolları bakterilerin tekrar çoğalmasına, yeni bir enfeksiyon oluşmasına ve tedavi sonrasında hastalığın yeniden gelişmesine neden olabilmektedir [196]. Dolayısıyla, kök kanal sisteminin homojen bir şekilde dolmasını ve bütün boşlukların elimine edilmesi istenen ve ideal bir durum olduğu bilinmektedir [197].

Kök kanallarının doldurulmasında çeşitli teknikler kullanılmakla birlikte bu çalışmada, yapılan preparasyonla birebir uyumlu, hızlı ve güncel bir teknik olan tek kon guta-perka tekniği kullanılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan tek kon guta-perka tekniği ile kök kanallarının doldurulması sonrasında kök kanalında tüm gruplarda benzer oranda boşlukların olduğu gözlemlenmiştir. Kök kanalında saptanan boşluklar XP-endo Shaper enstrüman sisteminin kullanıldığı grupta %7,80, Reciproc Blue enstrüman sisteminin kullanıldığı grupta %7,84 ve ProTaper Universal enstrüman sisteminin kullanıldığı grupta %8,24 oranında değerler görülmüştür ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Kök kanalının apikal 5 mm'lik bölümünde ayrıca yapılan değerlendirmede XP-endo Shaper enstrüman sisteminin kullanıldığı grupta %4,55, Reciproc Blue enstrüman sisteminin kullanıldığı grupta %4,04 ve ProTaper Universal enstrüman sisteminin kullanıldığı grupta %4,22 oranında kanal içerisinde boşluklar olduğu saptanmıştır ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Farklı kök kanal dolgu yöntemlerinin değerlendirildiği çalışmalarda, tek kon tekniğinin diğer tekniklerle benzer sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda kök kanal dolgusu sonrası oluşan boşluklara ait veriler, bu çalışmada tek kon tekniği ile yapılan kök kanal dolgusu sonrası kanalda kalan boşluklara ait verilerle uyumluluk göstermektedir.

Somma ve ark. [152] tek köklü premolar dişler üzerinde tek kon, Thermafil ve devamlı dalga obturasyon dolgu tekniklerini değerlendirdiği bir μ BT çalışmasında, üç teknik arasında kök kanal dolgusu sonrası izlenen boşluklar açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı bildirilmiştir. Her üç dolgu tekniğinin de etkin bir şekilde kök kanalını doldurabildiği belirtilmiştir. Tek kon tekniği ile dolgu sonrası kök kanalında ortalama % 1,621, thermafil yöntemi ile dolgu sonrası ortalama % 0,977 ve devamlı dalga obturasyon yöntemi ile ortalama %1.833 oranında boşluklar bulunduğu bildirilmiştir. Bu değerler bizim çalışmamızdan elde edilen bulgularla uyumludur. Thermafil tekniğinin termoplastisize gutaperkayı kök kanalının apikal bölümüne taşıdığı ve kanal içerisindeki düzensizliklerin doldurulmasında etkili olduğu belirtilmektedir. Ancak, gutaperkanın ısıtılarak uygulandığı tekniklerde daha iyi kök kanal dolgusu olması beklenmesine rağmen, ısı uygulanmayan tek kon tekniğine bir üstünlük göstermemiştir. Ayrıca, tek kon yöntemine benzer şekilde, taşıyıcı-bazlı tekniklerin diğer yöntemlere göre kullanımı daha kolay olduğu belirtilmektedir. Tek kon tekniğinin dar ve yuvarlak kanallarda daha üstün olduğunu bildirmiştir [152].

Alshehri ve ark.'nın μ BT çalışmasında, sıcak vertikal kompaksiyon tekniği ve tek kon tekniklerini ile doldurulmuş kök kanallarında, iki teknik arasında dolgu sonrası kalan boşluklar açısından benzer sonuçlar elde edildiği belirtilmektedir. Bu çalışmada, mandibular molar dişlerin mezial kök kanallarında yapılan kök kanal dolgusu sonrası apikal 5 mm'deki boşluklar değerlendirilmiştir ve iki teknik arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı gösterilmiştir [151].

Maksiller molar dişlerin yuvarlak şekilli distal kök kanalları üzerinde iki farklı kök kanal patı kullanılarak uygulanan tek kon dolgu tekniğinde μ BT değerlendirmesinden alınan sonuçlar, kök kanal dolgularında minimal boşlukların olduğu ve 0.9%'dan daha az boşluk bulunduğu ve iki grup arasında anlamlı farklılık olmadığı ve minör boşluklar olduğu belirlenmiştir [198]. Yapılan çalışmalarda farklı obturasyon teknikleri ile doldurulan tüm

kök kanallarında minör boşluklar gözlemlenmiştir [197,199,200]. Bizim çalışmamızda da minör boşluklar gözlemlenmiştir.

Devamlı dalga obturasyon tekniğinin kök kanallarındaki düzensizliklerin ve lateral kanalların doldurulmasında etkin bir teknik olduğu belirtilmektedir. Ancak, Iglecias ve ark. [112] mandibular molar dişlerin eğimli ve isthmuslu mezial kök kanallarında yaptığı μ BT değerlendirmesinde, tek kon tekniğinin devamlı dalga kondenzasyonu ile benzer dolgu kalitesinin olduğunu bildirmektedir.

Pashley [201,202] mikro sızıntının ciddi bir klinik sorun olduğunu ve çoğu dental materyalin farklı derecelerde mikro sızıntı yarattığını belirtmektedir. Kök kanal dolgusundaki kanal patının donması sırasında pat içerisinde, pat ve dentin arasında veya pat ve guta-perka arasında boşluklar oluşabilmekte ve bu durum kanal dolgusunun başarısını etkileyebilmektedir. Kanal dolgusu içerisindeki sızıntının, kanal dolgusunda kalan boşluklar nedeniyle gerçekleştiği belirtilmektedir.

Taşdemir ve ark.'nın [109] yaptıkları bakteriyel sızıntı testi çalışmasında, tek kon tekniğinin lateral kompaksiyon ve sıcak vertikal kompaksiyon yöntemleri ile aynı derecede tıkama etkinliği gösterdiği bildirilmiştir. Benzer şekilde, iki farklı çalışmada lateral kompaksiyon tekniği ve tek kon teknikleri ile doldurulmuş kök kanallarında benzer oranda apikal sızıntı olduğu ve iki teknik arasında fark olmadığı bildirilmiştir [94,120]. Inan ve ark. [121] lateral kompaksiyon tekniği, tek kon tekniği ve thermafil tekniklerinin apikal sızdırmazlığını değerlendirmiş ve bu 3 teknik arasında farklılık olmadığı belirtilmiştir. Shetty ve ark. apikal dolgu ve apikal sızıntıyı değerlendirdiği çalışmasında, lateral kompaksiyon tekniğinin, tek kon ve sıcak guta perka-Ultrafil 3D tekniklerine göre daha fazla sızıntı gösterdiğini bildirmiştir. Bu çalışmada, tek kon tekniği ile doldurulan kök kanallarının apikal bölgesindeki guta-perka oranının diğer iki tekniğe oranla daha fazla olduğu bildirilmiştir [203].

Kök kanal dolgusunda uzun dönem tıkamayı sağlamak için kullanılan kök kanal patının hem miktarı, hem de guta-perka ile kanal içerisindeki oranı önem göstermektedir. Kök kanal patları zaman içerisinde çözünebilmekte, buna karşın guta-perka boyutsal stabilite göstermektedir. Materyallerdeki bu farklı özellikler göz önüne alındığında, kök kanal dolgusunda minimum miktarda kanal patı bulunması ve kanal patının guta-perkaya oranının

düşürülmesi istenmektedir. Kök kanal dolgusu sırasında kullanılan bu farklı materyallerin kök kanalı içerisindeki oranını değerlendirmek için çalışmalar yapılmaktadır. Tasdemir ve ark.'nın [100] kesit alarak yaptıkları çalışmada, premolar dişlerin apikal 2 mm seviyesinde tek kon guta-perka ile doldurulan kök kanallarının, lateral kompaksiyon yöntemine göre daha yüksek oranda guta-perka içerdiği bildirilmiştir. Gordon ve ark. [113] eğimli kök kanallarında yaptığı çalışmada, tek kon açılı guta-perkaların kullanıldığı ve lateral kompaksiyon yöntemi ile doldurulmuş kök kanallarının benzer oranlarda guta-perka içerdiğini bildirmiştir.

Yapılan çalışmalarda farklı teknikler kullanılmasına rağmen benzer sonuçlar gözlemlenmiş ve oluşan boşluklar hacim ve dağılım açısından benzerlik göstermiştir. Bu çalışmalarda μ BT kullanımı objektif veri sağlamakta ve boşlukların hacmi analitik metodla hesaplanabilmektedir ve farklı kök kanal dolgu yöntemleri için hassas sonuçlar verebilmektedir. Kök kanal dolgusu sonrası kanal içerisinde kalan boşlukların kullanılan dolgu tekniğine bağlı olarak farklı nedenleri olabilmektedir. Bu durum, devamlı dalga kondenzasyon tekniği için, guta-perkanın pluggerlar ile termomekanik kondenzasyonu birden fazla basamakta yapılmakta ve bu da boşlukların oluşmasına neden olabilmektedir. Thermafill tekniğinin tek basamaklı bir dolgu tekniği olmasına karşın, guta-perkanın kanal içerisine yerleştirilmesi sırasında taşıyıcı üzerinden sıyrılabilmesi nedeniyle kanal duvarlarına adaptasyonu bozulabilmekte ve boşlukların kalmasına neden olabilmektedir. Tek kon tekniğinde ise soğuk guta-perka konu kanal içerisine yerleştirilmekte ve kullanılan kanal patı kanal içerisindeki düzensizlikleri doldurmaktadır. Bu yüzden, teknikler doğal olarak farklılıklar göstermektedir ve dolayısıyla kök kanal dolgusunda hacim ve boşlukların dağılımında varyasyonlar olabilmektedir. Kullanılan dolgu tekniğindeki farklılıklar varyasyonlar oluştursa da sonuçların benzerliğini değiştirmedeği gözlemlenmiştir [152].

Buna karşın diğer dolgu tekniklerinin, tek kon tekniğinden üstün olduğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır [204-206]. Tek kon tekniğinin, avantajlarına rağmen kök kanallarının doldurulması sırasında yetersiz olabildiği belirtilmektedir.

Kök kanal dolguları üzerinde boya penetrasyon testinin uygulandığı in vitro çalışmalarda tek kon tekniğinin, soğuk lateral kompaksiyon testine göre daha fazla sızıntıya neden olduğu gösterilmiştir [204,205]. Sıcak vertikal kompaksiyon tekniği ile doldurulan kök kanallarının

dolgu kalitesinin tek kon dolgu tekniği ile doldurulmuş kanallara göre daha iyi olduğu belirtilmektedir [206].

Monticelli ve ark. [110] sıvı filtrasyon yöntemini kullanarak yaptığı çalışmada, tek kon tekniğinin termoplastize yöntemle karşılaştırıldığında koronal sızıntının daha fazla olduğunu bildirmiştir. Schafer ve ark. [207] tek kon tekniği ile doldurulmuş kanallardaki guta-perka yüzdesinin lateral kompaksiyon yöntemi ile benzer olduğunu, buna karşın koronal seviyede lateral kompaksiyon yönteminin daha üstün olduğunu bildirmiştir. Schafer ve ark. [208] yaptığı diğer bir çalışmada plastik taşıyıcılı dolgu yöntemlerinin tek kon dolgu yöntemine göre daha homojen bir dolgu yarattığını ve dolguda daha az boşluk bulunduğunu bildirilmiştir. Neuhaus ve ark. [209] eğimli kök kanallarındaki apikal dolguyu değerlendirdiği çalışmasında, tek kon tekniği ile doldurulmuş kök kanallarının taşıyıcı-bazlı dolgu teknikleri Guttafusion ve Thermafil ile doldurulmuş kök kanallarına oranla daha fazla boşluk içerdiğini belirtmektedir.

Bu çalışmalardan elde edilen verilerde obturasyon kalitesinin değerlendirilmesinde farklı teknikler kullanılmıştır. Bu teknikler bulguları iki boyutta değerlendirmiştir. Dolayısıyla bu da farklı değerlerde sonuçlara neden olmaktadır. μ BT kullanıldığında doldurulmuş kanallar üç-boyutlu değerlendirilmekte ve histolojik değerlendirmeye göre daha hassas, güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu nedenle, bir çok sahada olduğu gibi endodontide de hacimsel değerlendirmelerde olduğu gibi bir çok analizde μ BT' nin tercih edildiği görülmektedir [22,23,29,206].

Celikten ve ark. tek kon tekniği, lateral kompaksiyon ve thermafil kök kanal dolgu tekniklerinin tek köklü mandibular premolar dişlerin kök kanal dolgusu için kullanıldığı bir μ BT çalışmasında, farklı kök kanal dolgu teknikleri ile yapılan kök kanal dolgusu sonrası kanaldaki boşluklar değerlendirilmiştir. Bu çalışmada tek kon tekniğinin tüm kanal seviyelerinde lateral kompaksiyon ve thermafil tekniklerine göre daha fazla boşluk içerdiği bildirilmektedir [210].

Diğer tekniklerin tek kon tekniğinden üstün bulunmasının farklı nedenlerinden biri de, tek kon ile doldurulmuş kanalların, ısıtılmış guta-perka tekniklerine göre koronal bölgede daha kalın bir pat tabakası içerebilmesi bulunmaktadır. Bununla birlikte pat tabakasının fazla olması sızıntının artması ile ilişkilendirilmektedir [110]. Kök kanal tedavisinde kullanılan

çoğu pat donma sırasında büzülme ve zaman içerisinde çözünme gösterebilmektedir [211,212].

Tek kon tekniğinin kullanımının öncelikle yuvarlak kanallarda yapılan dairesel bir preparasyona dayandığı belirtilmektedir. Düzensiz şekilli kanallarda kullanılan guta-perkanın adaptasyon eksikliği nedeniyle daha fazla sızıntı görülmesine ve tedavide başarısızlığa neden olabilmektedir [110,152]. Bunun yanında, tek kon tekniğinin kullanımı sırasında kompaksiyon kuvvetlerinin uygulanmaması, düzensiz şekilli kanallarda boşluklar kalmasına neden olabilmektedir [210].

Çalışmalarda kullanılan dişlerin kök kanal anatomisi, tek kon tekniği ve karşılaştırma yapılan teknik açısından büyük önem göstermektedir. Tek kon dolgu tekniği sırasında kullanılan guta-perkanın uyumu ve kanal anatomisi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon olduğu gösterilmiştir. Kök kanal anatomisine bağlı olarak görülen lateral veya aksesuar kanallar varlığında ısıtılmış guta-perka yöntemlerinin kullanımının, tek kon tekniği ile karşılaştırıldığında daha üstün olduğu belirtilmektedir. Buna karşın tek kon tekniğine uygun, yapılan preparasyon ve guta-perkanın uyumlu olduğu ve düzensizlikler görülmeyen kanallarda benzer sonuçlar elde edilebilmektedir [206].

Bu çalışmanın sınırları dahilinde, alt azı dişlerin mezial kök kanallarında XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrüman sistemler kullanılarak yapılan kök kanal preparasyonu sonrasında dentinde yeni mikro çatlakların oluşmadığı bulunmuştur. Ancak XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrüman sistemlerinin mikro çatlaklar üzerinde değişime neden olduğu belirlenmiş ve mikro çatlakların tamamlanmış çatlaklara dönüştürdüğü belirlenmiştir. ProTaper Universal enstrüman sistemi kullanılarak yapılan kök kanal preparasyonunda, preparasyon öncesinde μ BT’de tesbit edilemeyen ancak preparasyon sonrası dentinde yeni mikro çatlaklara neden olduğu gözlemlenmiştir.

Diğer bir bulgumuz olan kök kanal preparasyon sonrası meydana gelen hacim değişimi değerlendirilmiş ve sistemler arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Kök kanal dolumunu takiben elde edilen değerler karşılaştırıldığında ise, çalışmada kullanılan kök kanal eğe sistemleri ile uyumlu guta-perka konlar kullanıldığında kök kanal dolgusundaki boşluklar açısından sistemler arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir.

Sonuç olarak, çalışmada kullanılan üç farklı kök kanal eğe sistemlerinin kök kanal şekillendirme özellikleri ve hazırlanmış kök kanallarının obtürasyon sonrası oluşan boşluklar açısından aralarında anlamlı bir farklılık bulunmadığı görülmüştür. Buna karşın, yeni geliştirilen enstrümanlar olan XP-endo Shaper ve Reciproc Blue sistemlerinin dentinde yeni mikro çatlaklar oluşturmaması açısından bu enstrümanlara bir üstünlük kazandırmakta ve klinikte kök kanal tedavisi preparasyonunda bir avantaj sağlamaktadır.

6. SONUÇLAR

1. Çalışmada kullanılan XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrüman sistemleri, kök kanal preparasyonu sonrası μ BT değerlendirmesi yapıldığında, dentinde yeni çatlak oluşumuna neden olmadığı gözlemlenmiştir.
2. Çalışmada kullanılan XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrüman sistemleri, kök kanal preparasyonu sonrası μ BT değerlendirmesi yapıldığında dentinde preparasyon öncesi var olan mikro çatlakların bazılarında değişim oluşturarak tamamlanmış çatlaklara dönüştürdüğü de gözlemlenmiştir.
3. Çalışmada kullanılan ProTaper Universal enstrüman sistemi, kök kanal preparasyonu sonrası μ BT değerlendirmesi yapıldığında dentinde yeni çatlak oluşumuna neden olduğu gözlemlenmiştir.
4. ProTaper Universal enstrüman sisteminin kullanıldığı kök kanallarında dentinde oluşturduğu yeni mikro çatlakların kökün koronal, orta ve apikal üçlüsü olmak üzere her üç bölgesinde olduğu gözlemlenmiştir.
5. Mikro çatlakların preparasyon öncesi ve sonrası kök kanalının 3 bölgesine göre dağılımında XP-endo Shaper ve Reciproc Blue enstrüman sistemleri için değişiklik gözlemlenmemiş iken ProTaper Universal enstrüman sistemi için değişim gözlemlenmiştir.
6. XP-endo Shaper, Reciproc Blue ve ProTaper Universal enstrüman sistemlerinin kök kanal preparasyonundaki oluşturdukları hacimsel değişim açısından total ve apikal olarak değerlendirildiğinde üç enstrüman sistemi arasında farklılığın olmadığı gözlemlenmiştir.
7. Hazırlanmış kök kanallarının doldurulmasından sonra oluşan boşluklar total ve apikal olarak değerlendirildiğinde, XP-endo Shaper, Reciproc Blue ve ProTaper Universal enstrüman sistemleri arasında farklılık gözlemlenmemiştir.

KAYNAKLAR

1. Schilder, H. (1974). Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America*, 18, 269-296.
2. Sjögren, U. L. F., Hägglund, B., Sundqvist, G., and Wing, K. (1990). Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, 16(10), 498-504.
3. Peters, O. A., Barbakow, F., and Peters, C. I. (2004). An analysis of endodontic treatment with three nickel-titanium rotary root canal preparation techniques. *International Endodontic Journal*, 37(12), 849-859.
4. De-Deus, G., Barino, B., Zamolyi, R. Q., Souza, E., Júnior, A. F., Fidel, S., and Fidel, R. A. S. (2010). Suboptimal debridement quality produced by the single-file F2 ProTaper technique in oval-shaped canals. *Journal of Endodontics*, 36(11), 1897-1900.
5. Paqué, F., Barbakow, F., and Peters, O. A. (2005). Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *International Endodontic Journal*, 38(7), 456-464.
6. Weine, F. S., Kelly, R. F., and Bray, K. E. (1976). Effect of preparation with endodontic handpieces on original canal shape. *Journal of Endodontics*, 2(10), 298-303.
7. Abou-Rass, M., Frank, A. L., and Glick, D. H. (1980). The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *Journal of the American Dental Association* (1939), 101(5), 792-794.
8. Abou-Rass, M., Jann, J. M., Jobe, D., and Tsutsui, F. (1982). Preparation of space for posting: effect on thickness of canal walls and incidence of perforation in molars. *Journal of the American Dental Association* (1939), 104(6), 834-837..
9. Ferraz, C. C. R., Gomes, N. V., Gomes, B. P. F. A., Zaia, A. A., Teixeira, F. B., and Souza-Filho, F. J. (2001). Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *International endodontic journal*, 34(5), 354-358.
10. Walia, H., Brantley, W. A., and Gerstein, H. (1988). An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *Journal of Endodontics*, 14(7), 346-351.
11. Yoldas, O., Yilmaz, S., Atakan, G., Kuden, C., and Kasan, Z. (2012). Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. *Journal of Endodontics*, 38(2), 232-235.
12. Bier, C. A. S., Shemesh, H., Tanomaru-Filho, M., Wesselink, P. R., and Wu, M. K. (2009). The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. *Journal of Endodontics*, 35(2), 236-238.
13. Ashwinkumar, V., Krithikadatta, J., Surendran, S., and Velmurugan, N. (2014). Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: an SEM study. *International Endodontic Journal*, 47(7), 622-627.

14. Wilcox, L. R., Roskelley, C., and Sutton, T. (1997). The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *Journal of Endodontics*, 23(8), 533-534.
15. İnternet: <http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.vdwdental.com%2Fen%2Fproducts%2Fdetail%2Freciproc-blue-instruments%2F&date=2019-02-28>. Son Erişim Tarihi: 03.06.2018.
16. İnternet: http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.fkg.ch%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F201704_fkg_xp_endo_shaper_brochure_v4_en_web.pdf.+and+date=2019-02-28 Son Erişim Tarihi: 10.07.2017.
17. De-Deus, G., Silva, E. J. N. L., Marins, J., Souza, E., de Almeida Neves, A., Belladonna, F. G., and Versiani, M. A. (2014). Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *Journal of Endodontics*, 40(9), 1447-1450.
18. Peters, O. A., Laib, A., Rügsegger, P., and Barbakow, F. (2000). Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *Journal of Dental Research*, 79(6), 1405-1409.
19. Peters, O. A., Peters, C. I., Schonenberger, K., and Barbakow, F. (2003). ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *International Endodontic Journal*, 36(2), 93-9
20. Peters, O. A., and Paqué, F. (2011). Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics*, 37(1), 53-57.
21. Zhao, D., Shen, Y., Peng, B., and Haapasalo, M. (2013). Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first molars with Hyflex CM, Twisted Files, and K3 instruments. *Journal of Endodontics*, 39(3), 385-388.
22. Jung, M., Lommel, D., and Klimek, J. (2005). The imaging of root canal obturation using micro-CT. *International endodontic journal*, 38(9), 617-626.
23. Keleş, A., Alcin, H., Kamalak, A., and Versiani, M. A. (2014). Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *International endodontic journal*, 47(12), 1177-1184.
24. Robinson, S., Czerny, C., Gahleitner, A., Bernhart, T., and Kainberger, F. M. (2002). Dental CT evaluation of mandibular first premolar root configurations and canal variations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 93(3), 328-332.
25. Pommel, L., and Camps, J. (2001). Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. *Journal of Endodontics*, 27(4), 256-258.
26. Oliver, C. M., and Abbott, P. V. (2001). Correlation between clinical success and apical dye penetration. *International Endodontic Journal*, 34(8), 637-644.

27. Camps, J., and Pashley, D. (2003). Reliability of the dye penetration studies. *Journal of Endodontics*, 29(9), 592-594.
28. Siqueira Jr, J. F., Rôças, I. N., Lopes, H. P., and de Uzeda, M. (1999). Coronal leakage of two root canal sealers containing calcium hydroxide after exposure to human saliva. *Journal of Endodontics*, 25(1), 14-16.
29. Kierklo, A., Tabor, Z., Petryniak, R., Dohnalik, M., and Jaworska, M. (2014). Application of microcomputed tomography for quantitative analysis of dental root canal obturations. *Advances in Hygiene and Experimental Medicine/Postepy Higieny i Medycyny Doswiadczalnej*, 68.
30. Hargreaves, K., and Berman, L. (2015). *Cohen's PATHWAYS of the PULP 11th Edition* Mosby Elsevier, St Luis, 209-225.
31. Alaçam, T. (2012). *Endodonti*. Gazi Üniversitesi Basın Yayın Yüksek Okulu Basımevi. 253.
32. Siqueira Jr, J. F., Lima, K. C., Magalhães, F. A., Lopes, H. P., and de Uzeda, M. (1999). Mechanical reduction of the bacterial population in the root canal by three instrumentation techniques. *Journal of Endodontics*, 25(5), 332-335.
33. Paqué, F., Ganahl, D., and Peters, O. A. (2009). Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *Journal of Endodontics*, 35(7), 1056-1059.
34. Ørstavik, D., Kerekes, K., and Molven, O. (1991). Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *International Endodontic Journal*, 24(1), 1-7.
35. Dalton, B. C., Ørstavik, D., Phillips, C., Pettiette, M., and Trope, M. (1998). Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*, 24(11), 763-767.
36. Rödiger, T., Hausdörfer, T., Konietzschke, F., Dullin, C., Hahn, W., and Hülsmann, M. (2012). Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals—a micro-computed tomography study. *International endodontic journal*, 45(6), 580-589.
37. Hülsmann, M., Peters, O. A., and Dummer, P. M. (2005). Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic topics*, 10(1), 30-76.
38. Kim, H. C., Lee, M. H., Yum, J., Versluis, A., Lee, C. J., and Kim, B. M. (2010). Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *Journal of endodontics*, 36(7), 1195-1199.
39. Shemesh, H., Bier, C. A. S., Wu, M. K., Tanomaru-Filho, M., and Wesselink, P. R. (2009). The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *International endodontic journal*, 42(3), 208-213.
40. Shemesh, H., Roeleveld, A. C., Wesselink, P. R., and Wu, M. K. (2011). Damage to root dentin during retreatment procedures. *Journal of endodontics*, 37(1), 63-66.

41. Liu, R., Hou, B. X., Wesselink, P. R., Wu, M. K., and Shemesh, H. (2013). The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *Journal of endodontics*, 39(8), 1054-1056.
42. Hin, E. S., Wu, M. K., Wesselink, P. R., and Shemesh, H. (2013). Effects of self-adjusting file, Mtwo, and ProTaper on the root canal wall. *Journal of endodontics*, 39(2), 262-264.
43. Bürklein, S., Tsotsis, P., and Schäfer, E. (2013). Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *Journal of endodontics*, 39(4), 501-504.
44. Kim, H. C., Sung, S. Y., Ha, J. H., Solomonov, M., Lee, J. M., Lee, C. J., and Kim, B. M. (2013). Stress generation during self-adjusting file movement: minimally invasive instrumentation. *Journal of endodontics*, 39(12), 1572-1575.
45. Gao, Y., Cheung, G. S., Shen, Y., and Zhou, X. (2011). Mechanical behavior of ProTaper universal F2 finishing file under various curvature conditions: a finite element analysis study. *Journal of endodontics*, 37(10), 1446-1450.
46. Franco, V., Fabiani, C., Taschieri, S., Malentacca, A., Bortolin, M., and Del Fabbro, M. (2011). Investigation on the shaping ability of nickel-titanium files when used with a reciprocating motion. *Journal of endodontics*, 37(10), 1398-1401.
47. Versluis, A., Messer, H. H., and Pintado, M. R. (2006). Changes in compaction stress distributions in roots resulting from canal preparation. *International Endodontic Journal*, 39(12), 931-939.
48. Ulusoy, Ö. İ. A., and Zeyrek, S. (2016). Kök Kanal Preparasyonunun Hedefleri ve Kullanılan Aletler. *Turkiye Klinikleri Endodontics-Special Topics*, 2(3), 1-11.
49. Zhou, H. M., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y. F., and Haapasalo, M. (2012). Mechanical properties of controlled memory and superelastic nickel-titanium wires used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Journal of endodontics*, 38(11), 1535-1540.
50. Ye, J., and Gao, Y. (2012). Metallurgical characterization of M-Wire nickel-titanium shape memory alloy used for endodontic rotary instruments during low-cycle fatigue. *Journal of endodontics*, 38(1), 105-107.
51. Johnson, E., Lloyd, A., Kuttler, S., and Namerow, K. (2008). Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/. 04 rotary instruments. *Journal of endodontics*, 34(11), 1406-1409.
52. Larsen, C. M., Watanabe, I., Glickman, G. N., and He, J. (2009). Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *Journal of endodontics*, 35(3), 401-403.
53. Gao, Y., Shotton, V., Wilkinson, K., Phillips, G., and Johnson, W. B. (2010). Effects of raw material and rotational speed on the cyclic fatigue of ProFile Vortex rotary instruments. *Journal of endodontics*, 36(7), 1205-1209.

54. Shen, Y., Qian, W., Abtin, H., Gao, Y., and Haapasalo, M. (2011). Fatigue testing of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *Journal of endodontics*, 37(7), 997-1001.
55. Peters, O. A., Gluskin, A. K., Weiss, R. A., and Han, J. T. (2012). An in vitro assessment of the physical properties of novel Hyflex nickel–titanium rotary instruments. *International endodontic journal*, 45(11), 1027-1034.
56. Alapati, S. B., Brantley, W. A., Iijima, M., Clark, W. A., Kovarik, L., Buie, C., and Johnson, W. B. (2009). Metallurgical characterization of a new nickel-titanium wire for rotary endodontic instruments. *Journal of endodontics*, 35(11), 1589-1593.
57. Pereira, E. S. J., Peixoto, I. F. C., Viana, A. C. D., Oliveira, I. I., Gonzalez, B. M., Buono, V. T. L., and Bahia, M. G. A. (2012). Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *International endodontic journal*, 45(5), 469-474.
58. Bouska, J., Justman, B., Williamson, A., DeLong, C., and Qian, F. (2012). Resistance to cyclic fatigue failure of a new endodontic rotary file. *Journal of endodontics*, 38(5), 667-669.
59. Gambarini, G., Gerosa, R., De Luca, M., Garala, M., and Testarelli, L. (2008). Mechanical properties of a new and improved nickel-titanium alloy for endodontic use: an evaluation of file flexibility. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 105(6), 798-800.
60. Hou, X. M., Yahata, Y., Hayashi, Y., Ebihara, A., Hanawa, T., and Suda, H. (2011). Phase transformation behaviour and bending property of twisted nickel–titanium endodontic instruments. *International endodontic journal*, 44(3), 253-258.
61. Liaw, Y. C., Su, Y. Y. M., Lai, Y. L., and Lee, S. Y. (2007). Stiffness and frictional resistance of a superelastic nickel-titanium orthodontic wire with low-stress hysteresis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 131(5), 578-e12.
62. Gambarini, G., Grande, N. M., Plotino, G., Somma, F., Garala, M., De Luca, M., and Testarelli, L. (2008). Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium instruments produced by new manufacturing methods. *Journal of endodontics*, 34(8), 1003-1005.
63. Zupanc, J., Vahdat-Pajouh, N., and Schäfer, E. (2018). New thermomechanically treated NiTi alloys—a review. *International endodontic journal*, 51(10), 1088-1103.
64. Peters, L. B., and Wesselink, P. R. (2005). Root canal preparation: shaping and cleaning of the root canal. *Nederlands tijdschrift voor tandheelkunde*, 112(11), 436-440.
65. West, J. (2006). Progressive taper technology: rationale and clinical technique for the new ProTaper universal system. *Dentistry today*, 25(12), 64-66.
66. Cohen, S., Hargreaves, K. (Eds). (2006). *Pathways of the Pulp*. 9th edition, Peters OA, Peters CI. Mosby Elsevier, St Luis, 308-311.

67. Ingle, J.I., Bankland, L.K., Peters, D.L., Buchanan, L.S., and Mullaney, T.P. (1994). *Endodontic cavity preparation. "endodontics"* (Ed. Ingle J. I. ve Bankland L. K.). (IV. Baskı), Baltimore: Williams ve Wilkins Inc, 166-169. I
68. Barreto, M. S., do Amaral Moraes, R., da Rosa, R. A., Moreira, C. H. C., Só, M. V. R., and Bier, C. A. S. (2012). Vertical root fractures and dentin defects: effects of root canal preparation, filling, and mechanical cycling. *Journal of endodontics*, 38(8), 1135-1139.
69. Sathorn, C., Palamara, J. E., and Messer, H. H. (2005). A comparison of the effects of two canal preparation techniques on root fracture susceptibility and fracture pattern. *Journal of Endodontics*, 31(4), 283-287.
70. Tsesis, I., Rosen, E., Tamse, A., Taschieri, S., and Kfir, A. (2010). Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth based on clinical and radiographic indices: a systematic review. *Journal of Endodontics*, 36(9), 1455-1458.
71. Yared, G. (2008). Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *International endodontic journal*, 41(4), 339-344.
72. De-Deus, G., Moreira, E. J. L., Lopes, H. P., and Elias, C. N. (2010). Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *International endodontic journal*, 43(12), 1063-1068.
73. Kim, H. C., Kwak, S. W., Cheung, G. S. P., Ko, D. H., Chung, S. M., and Lee, W. (2012). Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. *Journal of endodontics*, 38(4), 541-544.
74. Zandbiglari, T., Davids, H., and Schäfer, E. (2006). Influence of instrument taper on the resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 101(1), 126-131.
75. Schilder, H. (2006). Filling root canals in three dimensions. *Journal of endodontics*, 32(4), 281-290.
76. Von Fraunhofer, J. A., Fagundes, D. K., McDonald, N. J., and Dumsha, T. C. (2000). The effect of root canal preparation on microleakage within endodontically treated teeth: an in vitro study. *International Endodontic Journal*, 33(4), 355-360.
77. Taneja, S., Chadha, R., Gupta, R., and Gupta, A. (2012). Comparative evaluation of sealing properties of different obturation systems placed over apically fractured rotary NiTi files. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 15(1), 36.
78. Zuolo, A. S., Mello Jr, J. E., Cunha, R. S., Zuolo, M. L., and Bueno, C. E. S. (2013). Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *International Endodontic Journal*, 46(10), 947-953.
79. Portenier, I., Lutz, F., and Barbakow, F. (1998). Preparation of the apical part of the root canal by the Lightspeed and step-back techniques. *International Endodontic Journal*, 31(2), 103-111.

80. Kosa, D. A., Marshall, G., and Baumgartner, J. C. (1999). An analysis of canal centering using mechanical instrumentation techniques. *Journal of Endodontics*, 25(6), 441-445.
81. Gluskin, A. H., Brown, D. C., and Buchanan, L. S. (2001). A reconstructed computerized tomographic comparison of Ni-Ti rotary GT™ files versus traditional instruments in canals shaped by novice operators. *International Endodontic Journal*, 34(6), 476-484.
82. Perez, F., Schoumacher, M., and Peli, J. F. (2005). Shaping ability of two rotary instruments in simulated canals: stainless steel ENDOflash and nickel-titanium HERO Shaper. *International endodontic journal*, 38(9), 637-644.
83. Taşdemir, T., Aydemir, H., Inan, U., and Ünal, O. (2005). Canal preparation with Hero 642 rotary Ni-Ti instruments compared with stainless steel hand K-file assessed using computed tomography. *International endodontic journal*, 38(6), 402-408.
84. Glosson, C. R., Haller, R. H., Dove, S. B., and Carlos, E. (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.
85. Hembrough, M. W., Steiman, H. R., and Belanger, K. K. (2002). Lateral condensation in canals prepared with nickel titanium rotary instruments: an evaluation of the use of three different master cones. *Journal of endodontics*, 28(7), 516-519.
86. Molander, A., Reit, C., Dahlen, G., and Kvist, T. (1998). Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *International endodontic journal*, 31(1), 1-7.
87. Boucher, Y., Matossian, L., Rilliard, F., and Machtou, P. (2002). Radiographic evaluation of the prevalence and technical quality of root canal treatment in a French subpopulation. *International endodontic journal*, 35(3), 229-238.
88. Segura-Egea, J. J., Jiménez-Pinzón, A., Poyato-Ferrera, M., Velasco-Ortega, E., and Ríos-Santos, J. V. (2004). Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in an adult Spanish population. *International Endodontic Journal*, 37(8), 525-530.
89. Levitan, M. E., Himel, V. T., and Luckey, J. B. (2003). The effect of insertion rates on fill length and adaptation of a thermoplasticized gutta-percha technique. *Journal of endodontics*, 29(8), 505-508.
90. Dummer, P. M. H., Lyle, L., Rawle, J., and Kennedy, J. K. (1994). A laboratory study of root fillings in teeth obturated by lateral condensation of gutta-percha or Thermafil obturators. *International endodontic journal*, 27(1), 32-38.
91. Marlin, J., Krakow, A. A., Desilets, R. P., and Grøn, P. (1981). Clinical use of injection-molded thermoplasticized gutta-percha for obturation of the root canal system: a preliminary report. *Journal of endodontics*, 7(6), 277-281.
92. Budd, C. S., Weller, R. N., and Kulild, J. C. (1991). A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 17(6), 260-264.

93. Kardon, B. P., Kuttler, S., Hardigan, P., and Dorn, S. O. (2003). An in vitro evaluation of the sealing ability of a new root-canal-obturation system. *Journal of endodontics*, 29(10), 658-661.
94. Antonopoulos, K. G., Attin, T., and Hellwig, E. (1998). Evaluation of the apical seal of root canal fillings with different methods. *Journal of endodontics*, 24(10), 655-658.
95. Bjørndal, L., and Reit, C. (2005). The adoption of new endodontic technology amongst Danish general dental practitioners. *International endodontic journal*, 38(1), 52-58.
96. Allison, D. A., Weber, C. R., and Walton, R. E. (1979). The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation. *Journal of Endodontics*, 5(10), 298-304.
97. Saw, L. H., and Messer, H. H. (1995). Root strains associated with different obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 21(6), 314-320.
98. Lertchirakarn, V., Palamara, J. E., and Messer, H. H. (1999). Load and strain during lateral condensation and vertical root fracture. *Journal of endodontics*, 25(2), 99-104.
99. Cavenago, B. C., Duarte, M. A. H., Ordinola-Zapata, R., Marciano, M. A., Carpio-Perochena, A. E. D., and Bramante, C. M. (2012). Interfacial adaptation of an epoxy-resin sealer and a self-etch sealer to root canal dentin using the System B or the single cone technique. *Brazilian Dental Journal*, 23(3), 205-211.
100. Tasdemir, T., Yesilyurt, C., Ceyhanli, K. T., Celik, D., and Er, K. (2009). Evaluation of apical filling after root canal filling by 2 different techniques. *Journal of the Canadian Dental Association*, 75(3).
101. Hörsted-Bindslev, P., Andersen, M. A., Jensen, M. F., Nilsson, J. H., and Wenzel, A. (2007). Quality of molar root canal fillings performed with the lateral compaction and the single-cone technique. *Journal of endodontics*, 33(4), 468-471.
102. Wu, M. K., and Wesselink, P. R. (1995). Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 79(4), 492-496.
103. Nair, P. N. R., Henry, S., Cano, V., and Vera, J. (2005). Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 99(2), 231-252.
104. Nair, P. N. R. (2004). Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*, 15(6), 348-381..
105. Michaud, R. A., Burgess, J., Barfield, R. D., Cakir, D., McNeal, S. F., and Eleazer, P. D. (2008). Volumetric expansion of gutta-percha in contact with eugenol. *Journal of endodontics*, 34(12), 1528-1532.
106. Özok, A. R., van der Sluis, L. W., Wu, M. K., and Wesselink, P. R. (2008). Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material. *Journal of Endodontics*, 34(2), 204-207..

107. Tasdemir, T., Yesilyurt, C., Ceyhanli, K. T., Celik, D., and Er, K. (2009). Evaluation of apical filling after root canal filling by 2 different techniques. *Journal of the Canadian Dental Association*, 75(3).
108. Cavenago, B. C., Duarte, M. A. H., Ordinola-Zapata, R., Marciano, M. A., Carpio-Perochena, A. E. D., and Bramante, C. M. (2012). Interfacial adaptation of an epoxy-resin sealer and a self-etch sealer to root canal dentin using the System B or the single cone technique. *Brazilian dental journal*, 23(3), 205-211..
109. Taşdemir, T., Er, K., Yildirim, T., Buruk, K., Çelik, D., Cora, S., and Serper, A. (2009). Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 108(3), e129-e134.
110. Monticelli, F., Sword, J., Martin, R. L., Schuster, G. S., Weller, R. N., Ferrari, M., and Tay, F. R. (2007). Sealing properties of two contemporary single-cone obturation systems. *International endodontic journal*, 40(5), 374-385.
111. Pereira, A. C., Nishiyama, C. K., & Pinto, L. D. C. (2012). Single-cone obturation technique: a literature review. *The South Brazilian Dentistry Journal (Online)*, 9(4), 442-447.
112. Iglecias, E. F., Freire, L. G., de Miranda Candeiro, G. T., dos Santos, M., Antoniazzi, J. H., and Gavini, G. (2017). Presence of voids after continuous wave of condensation and single-cone obturation in mandibular molars: A micro-computed tomography analysis. *Journal of endodontics*, 43(4), 638-642.
113. Gordon, M. P. J., Love, R. M., and Chandler, N. P. (2005). An evaluation of. 06 tapered gutta-percha cones for filling of. 06 taper prepared curved root canals. *International endodontic journal*, 38(2), 87-96.
114. Hörsted-Bindslev, P., Andersen, M. A., Jensen, M. F., Nilsson, J. H., and Wenzel, A. (2007). Quality of molar root canal fillings performed with the lateral compaction and the single-cone technique. *Journal of endodontics*, 33(4), 468-471.
115. Qualtrough, A. J. E., Whitworth, J. M., and Dummer, P. M. H. (1999). Preclinical endodontology: an international comparison. *International endodontic journal*, 32(5), 406-414.
116. Dummer PMH (2004) Root canal filling. In: Pitt Ford TR, ed. *Harty's Endodontics in Clinical Practice*, 5th edn. Edinburgh: Wright, pp. 113–36.
117. Blum, J. Y., Machtou, P., & Micallef, J. P. (1998). Analysis of forces developed during obturations. Wedging effect: part I. *Journal of endodontics*, 24(4), 217-222.
118. Gomes, B. P., Pinheiro, E. T., Sousa, E. L., Jacinto, R. C., Zaia, A. A., Ferraz, C. C. R., and de Souza-Filho, F. J. (2006). Enterococcus faecalis in dental root canals detected by culture and by polymerase chain reaction analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 102(2), 247-253.

119. Wu, M. K., van der Sluis, L. W., and Wesselink, P. R. (2006). A 1-year follow-up study on leakage of single-cone fillings with RoekoRSA sealer. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 101(5), 662-667.
120. Yilmaz, Z., Tuncel, B., Ozdemir, H. O., and Serper, A. (2009). Microleakage evaluation of roots filled with different obturation techniques and sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 108(1), 124-128.
121. Inan, U., Aydin, C., Tunca, Y. M., and Basak, F. (2009). In vitro evaluation of matched-taper single-cone obturation with a fluid filtration method. *Journal of the Canadian Dental Association*, 75(2).
122. Bal, A. S., Hicks, M. L., and Barnett, F. (2001). Comparison of laterally condensed. 06 and. 02 tapered Gutta-Percha and sealer in vitro. *Journal of Endodontics*, 27(12), 786-788.
123. Zmener, O., Pameijer, C. H., and Macri, E. (2005). Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer: an in vitro study. *Journal of endodontics*, 31(5), 392-395.
124. Koçak, M. M., and Darendeliler-Yaman, S. (2012). Sealing ability of lateral compaction and tapered single cone gutta-percha techniques in root canals prepared with stainless steel and rotary nickel titanium instruments. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 4(3), e156.
125. Koçak, M. M., and Yaman, S. D. (2009). Comparison of apical and coronal sealing in canals having tapered cones prepared with a rotary NiTi system and stainless steel instruments. *Journal of oral science*, 51(1), 103-107.
126. Rhodes, J. S., Ford, T. P., Lynch, J. A., Liepins, P. J., and Curtis, R. V. (1999). Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *International Endodontic Journal*, 32(3), 165-170.
127. Feldkamp, L. A., Goldstein, S. A., Parfitt, M. A., Jasion, G., and Kleerekoper, M. (1989). The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography. *Journal of bone and mineral research*, 4(1), 3-11.
128. Kuhn, J. L., Goldstein, S. A., Feldkamp, L. A., Goulet, R. W., and Jasion, G. (1990). Evaluation of a microcomputed tomography system to study trabecular bone structure. *Journal of Orthopaedic Research*, 8(6), 833-842.
129. Guldborg, R. E., Ballock, R. T., Boyan, B. D., Duvall, C. L., Lin, A. S. P., Nagaraja, S., and Taylor, W. R. (2003). Analyzing bone, blood vessels, and biomaterials with microcomputed tomography. *IEEE engineering in medicine and biology magazine*, 22(5), 77-83.
130. Guldborg, R. E., Lin, A. S., Coleman, R., Robertson, G., and Duvall, C. (2004). Microcomputed tomography imaging of skeletal development and growth. *Birth Defects Research Part C: Embryo Today: Reviews*, 72(3), 250-259.

131. Balto, K., Muller, R., Carrington, D. C., Dobeck, J., and Stashenko, P. (2000). Quantification of periapical bone destruction in mice by micro-computed tomography. *Journal of Dental Research*, 79(1), 35-40.
132. Hess, W. (1921). Formation of root-canals in human teeth. *The Journal of the National Dental Association*, 8(9), 704-734.
133. Southard, D. W., Oswald, R. J., and Natkin, E. (1987). Instrumentation of curved molar root canals with the Roane technique. *Journal of Endodontics*, 13(10), 479-489.
134. Dowker, S. E., Davis, G. R., and Elliott, J. C. (1997). X-ray microtomography: nondestructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 83(4), 510-516.
135. Nielsen, R. B., Alyassin, A. M., Peters, D. D., Carnes, D. L., and Lancaster, J. (1995). Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *Journal of Endodontics*, 21(11), 561-568.
136. Peters, O. A., Laib, A., Göhring, T. N., and Barbakow, F. (2001). Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *Journal of Endodontics*, 27(1), 1-6.
137. Peters, O. A., Boessler, C., and Paqué, F. (2010). Root canal preparation with a novel nickel-titanium instrument evaluated with micro-computed tomography: canal surface preparation over time. *Journal of Endodontics*, 36(6), 1068-1072.
138. Schneider, S. W. (1971). A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 32(2), 271-275.
139. Guinesi, A. S., Faria, G., Tanomaru-Filho, M., and Bonetti-Filho, I. (2014). Influence of sealer placement technique on the quality of root canal filling by lateral compaction or single cone. *Brazilian Dental Journal*, 25(2), 117-122.
140. Rivera, E. M., and Walton, R. E. (2007). Longitudinal tooth fractures: findings that contribute to complex endodontic diagnoses. *Endodontic Topics*, 16(1), 82-111.
141. Li, M. L., Liao, W. L., and Cai, H. X. (2018). A micro-computed tomographic evaluation of dentinal microcrack alterations during root canal preparation using single-file Ni-Ti systems. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 15(1), 494-499.
142. Peters, O. A., Schönenberger, K., and Laib, A. (2001). Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *International Endodontic Journal*, 34(3), 221-230.
143. Park, J. W., Lee, J. K., Ha, B. H., Choi, J. H., and Perinpanayagam, H. (2009). Three-dimensional analysis of maxillary first molar mesiobuccal root canal configuration and curvature using micro-computed tomography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 108(3), 437-442.

144. Fernández, R., Cadavid, D., Zapata, S. M., Álvarez, L. G., and Restrepo, F. A. (2013). Impact of three radiographic methods in the outcome of nonsurgical endodontic treatment: a five-year follow-up. *Journal of Endodontics*, 39(9), 1097-1103.
145. Bayram, H. M., Bayram, E., Ocak, M., Uygun, A. D., and Celik, H. H. (2017). Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper Instruments on Dentinal Microcrack Formation: A Micro-computed Tomographic Study. *Journal of Endodontics*, 43(7), 1166-1169.
146. Uğur Aydın, Z., Keskin, N. B., and Özyürek, T. (2019). Effect of Reciproc blue, XP-endo shaper, and WaveOne gold instruments on dentinal microcrack formation: A micro-computed tomographic evaluation. *Microscopy Research and Technique*.
147. Roane, J. B., Sabala, C. L., and Duncanson Jr, M. G. (1985). The “balanced force” concept for instrumentation of curved canals. *Journal of Endodontics*, 11(5), 203-211.
148. Capar, I. D., Arslan, H., Akcay, M., and Uysal, B. (2014). Effects of ProTaper Universal, ProTaper Next, and HyFlex instruments on crack formation in dentin. *Journal of Endodontics*, 40(9), 1482-1484.
149. Gergi, R. M., Osta, N. E., and Naaman, A. S. (2015). Dentinal crack formation during root canal preparations by the twisted file adaptive, Reciproc and WaveOne instruments. *European journal of dentistry*, 9(4), 508.
150. De-Deus, G., de Azevedo Carvalhal, J. C., Belladonna, F. G., Silva, E. J. N. L., Lopes, R. T., Moreira Filho, R. E., and Versiani, M. A. (2017). Dentinal Microcrack Development after Canal Preparation: A Longitudinal in Situ Micro-computed Tomography Study Using a Cadaver Model. *Journal of Endodontics*, 43(9), 1553-1558.
151. Alshehri, M., Alamri, H. M., Alshwaimi, E., and Kujan, O. (2016). Micro-computed tomographic assessment of quality of obturation in the apical third with continuous wave vertical compaction and single match taper sized cone obturation techniques. *Scanning*, 38(4), 352-356.
152. Somma, F., Cretella, G., Carotenuto, M., Pecci, R., Bedini, R., De Biasi, M., and Angerame, D. (2011). Quality of thermoplasticized and single point root fillings assessed by micro-computed tomography. *International endodontic journal*, 44(4), 362-369.
153. Parekh, V., Shah, N., and Joshi, H. (2011). Root Canal Morphology and Variations of Mandibular Premolars by Clearing Technique: An in vitro Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 12(4), 318-321.
154. Capar, I. D., Ertas, H., Ok, E., Arslan, H., and Ertas, E. T. (2014). Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. *Journal of Endodontics*, 40(6), 852-856.
155. Peters, O. A., Morgental, R. D., Schulze, K. A., Paqué, F., Kopper, P. M. P., and Vier-Pelisser, F. V. (2014). Determining cutting efficiency of nickel-titanium coronal flaring instruments used in lateral action. *International endodontic journal*, 47(6), 505-513.

156. De-Deus, G., Belladonna, F. G., Souza, E. M., Silva, E. J. N. L., de Almeida Neves, A., Alves, H., and Versiani, M. A. (2015). Micro-computed tomographic assessment on the effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems on dentinal cracks. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1116-1119.
157. Bayram, H. M., Bayram, E., Ocak, M., Uzuner, M. B., Geneci, F., and Celik, H. H. (2017). Micro-computed Tomographic Evaluation of Dentinal Microcrack Formation after Using New Heat-treated Nickel-titanium Systems. *Journal of Endodontics*, 43(10), 1736-1739.
158. Ceyhanli, K. T., Erdilek, N., Tatar, I., and Celik, D. (2016). Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: a micro-CT study. *International endodontic journal*, 49(7), 684-689.
159. Ceyhanli, K. T., Erdilek, N., Tatar, I., and Celik, D. (2016). Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: a micro-CT study. *International Endodontic Journal*, 49(7), 684-689.
160. Schäfer, E., Diez, C., Hoppe, W., and Tepel, J. (2002). Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. *Journal of Endodontics*, 28(3), 211-216.
161. Gu, Y., Lu, Q., Wang, P., and Ni, L. (2010). Root canal morphology of permanent three-rooted mandibular first molars: part II—measurement of root canal curvatures. *Journal of Endodontics*, 36(8), 1341-1346.
162. Jamleh, A., Komabayashi, T., Ebihara, A., Nassar, M., Watanabe, S., Yoshioka, T., and Suda, H. (2015). Root surface strain during canal shaping and its influence on apical microcrack development: a preliminary investigation. *International Endodontic Journal*, 48(12), 1103-1111.
163. de Oliveira, B. P., Câmara, A. C., Duarte, D. A., Heck, R. J., Antonino, A. C. D., and Aguiar, C. M. (2017). Micro-computed Tomographic Analysis of Apical Microcracks before and after Root Canal Preparation by Hand, Rotary, and Reciprocating Instruments at Different Working Lengths. *Journal of Endodontics*, 43(7), 1143-1147.
164. Zuolo, M. L., De-Deus, G., Belladonna, F. G., da Silva, E. J. N. L., Lopes, R. T., Souza, E. M., and Zaia, A. A. (2017). Micro-computed Tomography Assessment of Dentinal Micro-cracks after Root Canal Preparation with TRUShape and Self-adjusting File Systems. *Journal of Endodontics*, 43(4), 619-622.
165. Oliveira, B. P. D., Câmara, A. C., Duarte, D. A., Heck, R. J., Antonino, A. C. D., and Aguiar, C. M. (2017). Effect of Reciprocating Systems and Working Lengths on Apical Microcrack Development: a micro-CT Study. *Brazilian Dental Journal*, 28(6), 710-714.
166. Azim, A. A., Piasecki, L., da Silva Neto, U. X., Cruz, A. T. G., and Azim, K. A. (2017). XP Shaper, A Novel Adaptive Core Rotary Instrument: Micro-computed Tomographic Analysis of Its Shaping Abilities. *Journal of Endodontics*, 43(9), 1532-1538.

167. Monga, P., Bajaj, N., Mahajan, P., and Garg, S. (2015). Comparison of incidence of dentinal defects after root canal preparation with continuous rotation and reciprocating instrumentation. *Singapore Dental Journal*, 36, 29-33.
168. Jalali, S., Eftekhari, B., Paymanpour, P., Yazdizadeh, M., and Jafarzadeh, M. (2015). Effects of reciproc, mtwo and protaper instruments on formation of root fracture. *Iranian Endodontic Journal*, 10(4), 252.
169. Wei, X., Hu, B., Peng, H., Tang, M., and Song, J. (2017). The incidence of dentinal cracks during root canal preparations with reciprocating single-file and rotary-file systems: A meta-analysis. *Dental Materials Journal*, 2016-208.
170. Siqueira, J. F., Araújo, M. C., Garcia, P. F., Fraga, R. C., and Dantas, C. J. S. (1997). Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *Journal of Endodontics*, 23(8), 499-502.
171. Spratt, D. A., Pratten, J., Wilson, M., and Gulabivala, K. (2001). An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *International Endodontic Journal*, 34(4), 300-307.
172. Marceliano-Alves, M. F. V., Sousa-Neto, M. D., Fidel, S. R., Steier, L., Robinson, J. P., Pécora, J. D., and Versiani, M. A. (2015). Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multifile rotary systems: a micro-CT study. *International Endodontic Journal*, 48(12), 1129-1136.
173. Moe, M. M. K., Ha, J. H., Jin, M. U., Kim, Y. K., and Kim, S. K. (2018). Root Canal Shaping Effect of Instruments with Offset Mass of Rotation in the Mandibular First Molar: A Micro-computed Tomographic Study. *Journal of Endodontics*, 44(5), 822-827.
174. Duque, J. A., Vivan, R. R., Cavenago, B. C., Amoroso-Silva, P. A., Bernardes, R. A., Vasconcelos, B. C. D., and Duarte, M. A. H. (2017). Influence of NiTi alloy on the root canal shaping capabilities of the ProTaper Universal and ProTaper Gold rotary instrument systems. *Journal of Applied Oral Science*, 25(1), 27-33.
175. De- De-Deus, G., Belladonna, F. G., Simões-Carvalho, M., Cavalcante, D. M., Ramalho, C. N. M. J., Souza, E. M., and Silva, E. J. N. L. (2018). Shaping efficiency as a function of time of a new heat-treated instrument. *International Endodontic Journal*.
176. De-Deus, G., Belladonna, F. G., Silva, E. J. N. L., Marins, J. R., Souza, E. M., Perez, R., and Neves, A. D. A. (2015). Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by NiTi systems. *Brazilian dental journal*, 26(6), 624-629.
177. Zanesco, C., Só, M. V. R., Schmidt, S., Fontanella, V. R. C., Grazziotin-Soares, R., and Barletta, F. B. (2017). Apical transportation, centering ratio, and volume increase after manual, rotary, and reciprocating instrumentation in curved root canals: analysis by micro-computed tomographic and digital subtraction radiography. *Journal of Endodontics*, 43(3), 486-490.

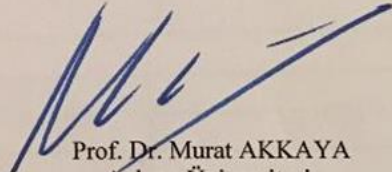
178. Belladonna, F. G., Carvalho, M. S., Cavalcante, D. M., Fernandes, J. T., de Carvalho Maciel, A. C., Oliveira, H. E., and De-Deus, G. (2018). Micro-computed Tomography Shaping Ability Assessment of the New Blue Thermal Treated Reciproc Instrument. *Journal of Endodontics*, 44(7), 1146-1150.
179. Santa-Rosa J, de Sousa-Neto MD, Versiani MA, Nevares G, Xavier F, Romeiro K, et al. Shaping Ability of Single-file Systems with Different Movements: A Micro-computed Tomographic Study. *Iran Endod J*. 2016;11(3):228–33.
180. Lacerda, M. F., Marceliano-Alves, M. F., Pérez, A. R., Provenzano, J. C., Neves, M. A., Pires, F. R., and Siqueira Jr, J. F. (2017). Cleaning and shaping oval canals with 3 Instrumentation systems: a correlative micro-computed tomographic and histologic study. *Journal of Endodontics*, 43(11), 1878-1884.
181. Versiani, M. A., Carvalho, K. K., Mazzi-Chaves, J. F., and Sousa-Neto, M. D. (2018). Micro-computed Tomographic Evaluation of the Shaping Ability of XP-endo Shaper, iRaCe, and EdgeFile Systems in Long Oval-shaped Canals. *Journal of Endodontics*, 44(3), 489-495.
182. Stern, S., Patel, S., Foschi, F., Sherriff, M., and Mannocci, F. (2012). Changes in centring and shaping ability using three nickel-titanium instrumentation techniques analysed by micro-computed tomography (μ CT). *International Endodontic Journal*, 45(6), 514-523.
183. You, S. Y., Kim, H. C., Bae, K. S., Baek, S. H., Kum, K. Y., and Lee, W. (2011). Shaping ability of reciprocating motion in curved root canals: a comparative study with micro-computed tomography. *Journal of Endodontics*, 37(9), 1296-1300.
184. Paqué, F., Zehnder, M., and De-Deus, G. (2011). Microtomography-based comparison of reciprocating single-file F2 ProTaper technique versus rotary full sequence. *Journal of Endodontics*, 37(10), 1394-1397.
185. Zhao, D., Shen, Y., Peng, B., and Haapasalo, M. (2014). Root canal preparation of mandibular molars with 3 nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomographic study. *Journal of Endodontics*, 40(11), 1860-1864.
186. Ahmetoglu, F., Keles, A., Simsek, N., Ocak, M. S., and Yologlu, S. (2015). Comparative evaluation of root canal preparations of maxillary first molars with self-adjusting file, reciproc single file, and revo-s rotary file: A micro-computed tomography study. *Scanning*, 37(3), 218-225.
187. Bürklein, S., Hinschitza, K., Dammaschke, T., and Schäfer, E. (2012). Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *International Endodontic Journal*, 45(5), 449-461.
188. Gagliardi, J., Versiani, M. A., de Sousa-Neto, M. D., Plazas-Garzon, A., and Basrani, B. (2015). Evaluation of the shaping characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper Universal in curved canals. *Journal of Endodontics*, 41(10), 1718-1724.

189. Morgental, R. D., Vier-Pelisser, F. V., Kopper, P. M. P., De Figueiredo, J. A. P., and Peters, O. A. (2013). Cutting efficiency of conventional and martensitic nickel-titanium instruments for coronal flaring. *Journal of Endodontics*, 39(12), 1634-1638.
190. Versiani, M. A., Pécora, J. D., and de Sousa-Neto, M. D. (2011). Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics*, 37(7), 1002-1007.
191. Versiani, M. A., Leoni, G. B., Steier, L., De-Deus, G., Tassani, S., Pécora, J. D., and de Sousa-Neto, M. D. (2013). Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the Self-adjusting File, Reciproc, WaveOne, and Protaper Universal systems. *Journal of Endodontics*, 39(8), 1060-1066.
192. Zuolo, M. L., Zaia, A. A., Belladonna, F. G., Silva, E. J. N. L., Souza, E. M., Versiani, M. A., and De-Deus, G. (2018). Micro-CT assessment of the shaping ability of four root canal instrumentation systems in oval-shaped canals. *International Endodontic Journal*, 51(5), 564-571.
193. Busquim, S., Cunha, R. S., Freire, L., Gavini, G., Machado, M. E., and Santos, M. D. (2015). A micro-computed tomography evaluation of long-oval canal preparation using reciprocating or rotary systems. *International Endodontic Journal*, 48(10), 1001-1006.
194. Versiani, M. A., Pécora, J. D., and Sousa-Neto, M. D. (2013). Microcomputed tomography analysis of the root canal morphology of single-rooted mandibular canines. *International Endodontic Journal*, 46(9), 800-807.
195. De-Deus, G. (2012). Research that matters—root canal filling and leakage studies. *International Endodontic Journal*, 45(12), 1063-1064.
196. Peters, L. B., Wesselink, P. R., and Moorer, W. R. (1995). The fate and the role of bacteria left in root dentinal tubules. *International Endodontic Journal*, 28(2), 95-99..
197. Epley, S. R., Fleischman, J., Hartwell, G., and Cicalese, C. (2006). Completeness of root canal obturations: Epiphany techniques versus gutta-percha techniques. *Journal of Endodontics*, 32(6), 541-544.
198. Yanpiset, K., Banomyong, D., Chotvorarak, K., and Srisatjaluk, R. L. (2018). Bacterial leakage and micro-computed tomography evaluation in round-shaped canals obturated with bioceramic cone and sealer using matched single cone technique. *Restorative Dentistry and Endodontics*, 43(3), e30.
199. Hammad, M., Qualtrough, A., and Silikas, N. (2009). Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional in vitro study. *Journal of Endodontics*, 35(4), 541-544.
200. James, B. L., Brown, C. E., Legan, J. J., Moore, B. K., and Vail, M. M. (2007). An in vitro evaluation of the contents of root canals obturated with gutta percha and AH-26 sealer or Resilon and Epiphany sealer. *Journal of Endodontics*, 33(11), 1359-1363.

201. Wu, M. K., Van Der Sluis, L. W. M., Ardila, C. N., and Wesselink, P. R. (2003). Fluid movement along the coronal two-thirds of root fillings placed by three different gutta-percha techniques. *International Endodontic Journal*, 36(8), 533-540.
202. Pashley, DH. (1990). Clinical considerations of microleakage. *International Endodontic Journal*, 16(2), 70-7.
203. SShetty, K. P., Satish, S. V., Luke, A. M., Badade, A. R., and Kilaru, K. R. (2018). In vitro interrelationship between apical fill and apical leakage using three different obturation techniques. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 8(6), 503..
204. Beer, R., Gängler, P., and Beer, M. (1986). In vitro Untersuchungen unterschiedlicher Wurzelkanalfülltechniken und Materialien. *Zahn Mund Kieferheilk*, 74, 800-6.
205. Beatty, R. G. (1987). The effect of standard or serial preparation on single cone obturations. *International Endodontic Journal*, 20(6), 276-281.
206. Robberecht, L., Colard, T., and Claisse-Crinquette, A. (2012). Qualitative evaluation of two endodontic obturation techniques: tapered single-cone method versus warm vertical condensation and injection system an in vitro study. *Journal of Oral Science*, 54(1), 99-104.
207. Schäfer, E., Köster, M., and Bürklein, S. (2013). Percentage of gutta-percha-filled areas in canals instrumented with nickel-titanium systems and obturated with matching single cones. *Journal of Endodontics*, 39(7), 924-928.
208. Schäfer, E., Schrenker, C., Zupanc, J., and Bürklein, S. (2016). Percentage of gutta-percha filled areas in canals obturated with cross-linked gutta-percha core-carrier systems, single-cone and lateral compaction technique. *Journal of Endodontics*, 42(2), 294-298.
209. Neuhaus, K. W., Schick, A., and Lussi, A. (2016). Apical filling characteristics of carrier-based techniques vs. single cone technique in curved root canals. *Clinical oral Investigations*, 20(7), 1631-1637.
210. Celikten, B., Uzuntas, C. F., Orhan, A. I., Tufenkci, P., Misirli, M., Demiralp, K. O., and Orhan, K. (2015). Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *Journal of Oral Science*, 57(4), 361-366.
211. Schäfer, E., and Zandbiglari, T. (2003). Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *International Endodontic Journal*, 36(10), 660-669.
212. Kazemi, R. B., Safavi, K. E., and Spångberg, L. S. (1993). Dimensional changes of endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 76(6), 766-771.

EKLER

EK-1. Etik Kurul Onayı

	T.C. ANKARA ÜNİVERSİTESİ Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu	
Konu : Etik Kurul Hk. Sayı : 36290600/ 80	01.08.2012	
Sayın Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN G.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyesi		
Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN tarafından gönderilen “Yeni sistem Ni-Ti döner enstrümanların kök kanal preparasyonu be obturasyonu üzerindeki etkinliğinin mikro-bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi” konulu çalışma, Etik Kurulumuz tarafından incelenmiş ve araştırma etiği açısından uygun bulunmuştur. Bilgilerinizi saygılarımla rica ederim.		
 Prof. Dr. Murat AKKAYA Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanı		
Eki: 3 sayfa		

EK-1. (devam) Etik Kurul Onayı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		Yeni sistem Ni-Ti döner enstrümanların kök kanal preparasyonu be obturasyonu üzerindeki etkinliğinin mikro-bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi			
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU					
+ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	ANKARA ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ			
	AÇIK ADRESİ:	A.Ü. DİŞ HEK. FAKÜLTESİ BEŞEVLER / ANKARA			
	TELEFON	296 57 37			
	FAKS				
	E-POSTA	disetik@ankara.edu.tr			
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	PROF. DR. SİS DARENDELİLER YAMAN			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	G.Ü. DİŞ HEK. FAK. ENDODONTİ ANABİLİM DALI			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	ANKARA			
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI				
	DESTEKLEYİCİ				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1			
		FAZ 2			
		FAZ 3			
		FAZ 4			
		Gözlemsel ilaç çalışması			
		Tıbbi cihaz klinik araştırması			
		Biyolojik ürün, geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulaması			
		İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları			
		İlaç dışı klinik araştırma	X		
Diğer ise belirtiniz					
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ X	ÇOK MERKEZLİ	ULUSAL	ULUSLARARASI	

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Murat AKKAYA
İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

EK-1. (devam) Etik Kurul Onayı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU									
ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI				Yeni sistem Ni-Ti döner enstrümanların kök kanal preparasyonu be obturasyonu üzerindeki etkinliğinin mikro-bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi					
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU									
DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili					
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	06.06.2017		Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐					
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐					
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐					
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐					
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı		Açıklama						
	SİGORTA	☐							
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☐							
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	☐							
	İLAN	☐							
	YILLIK BİLDİRİM	☐							
	SONUÇ RAPORU	☐							
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐							
	DİĞER:	☐							
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 11/10		Tarih: 21.06.2017						
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.								
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU									
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI		İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu							
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:		Prof. Dr. Murat AKKAYA							
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof. Dr. Murat AKKAYA	Periodontoloji	A.Ü.Diş H.F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Prof.Hv.Diş Tbp.Kd.Alb Yavuz S. AYDINTUĞ	Ağız, Diş, Çene Cerrahisi	Gülhane Ask. Tıp Akadem. Diş H.F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Prof. Dr. Ayşegül KÖKLÜ	Ortodonti	A.Ü.Diş H.F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Prof. Dr. Fatma Gül ZIRAMAN	Endodonti	A.Ü.Diş H.F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Prof. Dr. Serpil ALTUNDOĞAN	Ağız, Diş, Çene Cerrahisi	A.Ü.Diş H.F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Prof. Dr. Sadullah ÜÇTAŞLI	Protetik Diş Ted.	A.Ü.Diş H.F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	
Prof. Dr. Şaziye SARI	Pedodonti	A.Ü.Diş H.F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	

Etik Kurul Başkanı

EK-1. (devam) Etik Kurul Onayı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		Yeni sistem Ni-Ti döner enstrümanların kök kanal preparasyonu be obturasyonu üzerindeki etkinliğinin mikro-bilgisayarlı tomografi ile değerlendirilmesi							
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU									
Prof. Dr. Hatice GÖKALP	Ortodonti	A.Ü.Diş H.F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	[Signature]
Prof. Dr. Adil NALÇACI	Diş Hast. Ve Tedavisi	A.Ü.Diş H.F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	[Signature]
Prof. Dr. Kaan ORHAN	Ağız, Diş ve Çene Rady.	A.Ü.Diş H.F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	[Signature]
Doç. Dr. Bilge PEHLIVANOĞLU	Fizyoloji	H.Ü. Tıp F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	[Signature]
Av. Mehmet Tevfik GÖKSEYİTOĞLU	Hukuk	Serbest	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	[Signature]
Doç. Dr. Sevil Özger İLHAN	Farmakoloji	G.Ü. Tıp F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	[Signature]
Dr. Sevilay KARAHAN	Bioistatistik	H.Ü. Tıp F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	[Signature]
Kim. Müh. Orhan YILMAZ	Bilgisayar	A.Ü.Diş H.F.	E ☐	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐	[Signature]

*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanı
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Murat AKKAYA
İmza: [Signature]

Etik Kurul Başkanı imzasının verilmemesi her sayfaya imza atmalıdır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Çağman Aksoy
 Uyuğu : Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
 Doğum Tarihi ve Yeri : 14.03.1991/ Gazimağusa
 Medeni Hali : Bekar
 Telefon : 05549604785
 e-mail : cagman_aksoy@yahoo.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi Endodonti Anabilim Dalı	Devam ediyor
Lisans	Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2014
Lise	Gazimağusa Türk Maarif Koleji/KKTC	2009

Yayınlar

Evaluation of XP-endo Shaper, Reciproc Blue and ProTaper Universal Systems on Dentinal Microcrack Formation Using Micro-Computed Tomography/ Journal of Endodontics
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.12.005>

Sözlü Sunumlar

Üç Farklı Ege Sisteminin Mikro Çatlak Oluşumu Üzerindeki Etkisi: Mikro-BT Değerlendirmesi/ 24. Uluslararası Türk Dişhekimleri Birliği Kongresi

Posterler

Farklı İrrigasyon Sistemlerinin Dentin Tübüllerinden Ca(OH)_2 Kaldırma Etkinliğinin CLSM İle Değerlendirilmesi/ Türk Endodonti Derneği 13. Uluslararası Bilimsel Kongresi/2016

Katıldığı Kongreler

17th Biennial European Society of Endodontology Congress/2015

Türk Endodonti Derneği 13. Uluslararası Bilimsel Kongresi/2016

24. Uluslararası Türk Dişhekimleri Birliği Kongresi/2018

Yabancı Dil

İngilizce



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..

