



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**FARKLI KÖK KANAL ŞEKİLLENDİRME
SİSTEMLERİNİN OLUŞTURDUKLARI MİKRO
ÇATLAKLARIN MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
İLE İNCELENMESİ**

Yağmur Eda GÜLTEKİN

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. F. Semra SEVİMAY**

**ANKARA
2020**

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

FARKLI KÖK KANAL ŞEKİLLENDİRME
SİSTEMLERİNİN OLUŞTURDUKLARI MİKRO
ÇATLAKLARIN MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
İLE İNCELENMESİ

Yağmur Eda GÜLTEKİN

ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. F. Semra SEVİMAY

ANKARA
2020

Etik Beyan

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na,

Uzmanlık Tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Farklı Kök Kanal Şekillendirme Sistemlerinin Oluşturdukları Mikro Çatlakların Mikro Bilgisayarlı Tomografi İle İncelenmesi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencisinin Adı Soyadı : Yağmur Eda GÜLTEKİN

Tarih :

İmza :

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti Uzmanlık Programı

çerçevesinde yürütülmüş olup bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından

Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

.....

..... Fakültesi

..... A.B.D.

Jüri Başkanı

.....

..... Fakültesi

..... A.B.D.

.....

..... Fakültesi

..... A.B.D.

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	vii
Şekiller	ix
Çizelgeler	xi

1. GİRİŞ	1
1.1. Kök Kanal Preparasyon Yöntemleri	2
1.2. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Eğeler	5
1.2.1. Kanal Eğelerinin Özellikleri	6
1.2.1.1. Uç Tasarımı	6
1.2.1.2. Kesit Dizaynı	7
1.2.1.3. Taper (Koniklik)	8
1.2.1.4. Enstrümanın Üretildiği Alaşım	9
1.3. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan NiTi Döner Eğe Sistemleri	10
1.3.1. Döner Eğe Sistemlerinin Tarihsel Gelişimlerine Göre Sınıflandırılması	10
1.3.1.1. Birinci Jenerasyon Döner Eğe Sistemleri	10
1.3.1.2. İkinci Jenerasyon Döner Eğe Sistemleri	11
1.3.1.3. Üçüncü Jenerasyon Döner Eğe Sistemleri	12
1.3.1.4. Dördüncü Jenerasyon Döner Eğe Sistemleri	13
1.3.1.5. Beşinci Jenerasyon Döner Eğe Sistemleri	14
1.3.2. NiTi Döner Eğe Sistemleri ile Kök Kanal Preparasyonu Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Faktörler	14
1.4. Çalışmamızda Kullanılan NiTi Döner Eğe Sistemleri	15
1.4.1. ProTaper Universal	15
1.4.2. ProTaper Next	17
1.4.3. XP-endo Shaper	19
1.4.4. 2Shape	22

1.5. Kök Kanal Preparasyonu Sırasında Kök Dentininde Oluşabilecek Defektler	23
1.6. Dentin Defektlerinin İnceleme Yöntemleri	25
1.6.1. Endoskopi	25
1.6.2. Kesit Alma	25
1.6.3. Kızılötesi Termografi	26
1.6.4. Optik Koherens Tomografi	26
1.6.5. Stereomikroskop	26
1.6.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	27
1.6.7. LED (Light Emitting Diode) Transillüminasyon	27
1.6.8. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (mikro-BT)	28
1.7. Konu ile İlgili Çalışmalar	29
2. GEREÇ VE YÖNTEM	33
2.1. Örneklerin Seçilmesi ve Çalışma İçin Dişlerin Hazırlanması	33
2.2. Kök Kanal Çalışma Boyunun Belirlenmesi ve Deney Düzeneklerinin Hazırlanması	35
2.3. Deney Gruplarının Oluşturulması	36
2.4. Kök Kanal Preparasyonu Öncesi Mikro-BT Taraması	36
2.5. Kök Kanal Preparasyonu	39
2.5.1 Grup 1: ProTaper Universal NiTi Döner Eğe Sistemi	40
2.5.2. Grup 2: ProTaper Next NiTi Döner Eğe Sistemi	41
2.5.3. Grup 3: XP-endo Shaper NiTi Döner Eğe Sistemi	42
2.5.4. Grup 4: 2Shape NiTi Döner Eğe Sistemi	43
2.6. Kök Kanal Preparasyonu Sonrası Mikro-BT Taraması	44
2.7. Mikro-BT Görüntülerinin İncelenmesi	44
2.8. İstatistiksel Analiz	45
3. BULGULAR	46
4. TARTIŞMA	54
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	64
ÖZET	66
SUMMARY	67
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	75

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca sabrını ve yardımlarını benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak bana yol gösteren ve tez çalışmamda emeği geçen değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. F. Semra Sevimay'a,

Bana verdikleri eğitim ve destekleri nedeniyle, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda görevli tüm değerli hocalarıma,

Tez çalışmamdaki yardımlarından dolayı Sayın Prof. Dr. Kaan Orhan ve Sayın Doç. Dr. Berkan Çelikten' e,

Uzmanlık eğitimim süresince yanımda olan, beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum Dt. Somaye Faraji ve Dt. Yasemin Haksever'e,

Her zaman ve her koşulda destek gösteren Doç. Dr. Caner Öztürk'e

Hayatımın her döneminde önemli kararlarımda yol gösterici olan, beni her konuda destekleyen bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve varlıkları ile bana güç veren sevgili aileme,

Sonsuz teşekkürler.

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
<	: Küçük
>	: Büyük
°	: Derece
°C	: Santigrat Derece
μA	: Mikroamper
μm	: Mikrometre
ark	: Arkadaşları
BMP	: Bitmap
CCD	: Charge Coupled Device
cm	: Santimetre
CM	: Controlled Memory
CTAn	: CT Analyser
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
ISO	: International Organization for Standardization
kV	: Kilovolt
kVp	: Peak Kilovoltage
LED	: Light Emitting Diode
mA	: Miliamper
MAF	: Master Apical File
Mikro-BT	: Mikro-Bilgisayarlı Tomografi
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
ms	: milisaniye
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
Ncm	: Newton santimetre
NiTi	: Nikel Titanyum
nm	: Nanometre
rpm	: Revolutions Per Minute
SAF	: Self Adjusting File

SEM :Scanning Electron Microscope
SPSS : Statistical Package for Social Sciences



ŞEKİLLER

Şekil 1.1. NiTi döner eğe sisteminin komponentleri	8
Şekil 1.2. Pozitif ve negatif rake açısı	8
Şekil 1.3. ProTaper Universal döner eğe sistemi	15
Şekil 1.4. ProTaper Universal döner eğe sisteminin enine kesiti	16
Şekil 1.5. ProTaper Universal döner eğe sisteminin uç tasarımı	17
Şekil 1.6. ProTaper Next döner eğe sistemi	18
Şekil 1.7. ProTaper Next döner eğe sisteminin enine kesiti	19
Şekil 1.8. XP-endo Shaper döner eğe sistemi	20
Şekil 1.9. XP-endo Shaper döner eğe sisteminin faz değişimi	20
Şekil 1.10. XP-endo Shaper eğe sisteminin Booster uç tasarımı	21
Şekil 1.11. 2Shape döner eğe sistemi	22
Şekil 1.12. 2Shape döner eğe sisteminin enine kesiti	23
Şekil 2.1. Dişlerin digital kumpas yardımıyla ölçülmesi	34
Şekil 2.2. Dişlerin Micracut ile kron bölümlerinin uzaklaştırılması	34
Şekil 2.3. Kök kanal çalışma boyunun belirlenmesi	35
Şekil 2.4. Örneklerin silikon ölçü maddesi içine yerleştirilmesi	35
Şekil 2.5. Çalışmada kullanılan mikro-BT cihazı	37
Şekil 2.6. Tarama sonucu elde edilen ham görüntü	37
Şekil 2.7. Kesitlerin CTAn programında değerlendirilmesi	38
Şekil 2.8. Bir örneğin x, y, z düzlemlerinde Data Viewer ile görüntülenmesi	39
Şekil 2.9. CTvox ile bir örneğin üç boyutlu görüntülenmesi	39
Şekil 2.10. Preparasyonda kullanılan X Smart Plus Endodontik Motor	40
Şekil 2.11. Çalışmada kullanılan ProTaper Universal döner eğe sistemi	41
Şekil 2.12. Çalışmada kullanılan ProTaper Next döner eğe sistemi	42
Şekil 2.13. Çalışmada kullanılan XP-endo Shaper döner eğe sistemi	43
Şekil 2.14. Çalışmada kullanılan 2Shape döner eğe sistemi	44
Şekil 3.1. Tüm kesitlerde görülen toplam mikro çatlak oranı	47
Şekil 3.2. Mikro çatlakların koronal, orta ve apikal üçlüde preparasyon öncesi ve sonrası görülme oranları	49

Şekil 3.3. ProTaper Universal grubundaki örneklere ait preparasyon öncesi ve sonrası mikro-BT görüntüleri	50
Şekil 3.4. ProTaper Next grubundaki örneklere ait preparasyon öncesi ve sonrası mikro-BT görüntüleri	51
Şekil 3.5. XP-endo Shaper grubundaki örneklere ait preparasyon öncesi ve sonrası mikro-BT görüntüleri	52
Şekil 3.6. 2Shape grubundaki örneklere ait preparasyon öncesi ve sonrası mikro-BT görüntüleri	53



ÇİZELGELER

Çizelge 3.1. Kök kanalının apikal, orta ve koronal bölgelerine ait preparasyon öncesi ve sonrası mikro çatlak görülme oranları 48



1. GİRİŞ

Kök kanal tedavisi, pulpa dokusunun çıkarılarak, kök kanallarının şekillendirilmesi ve temizlenmesi sonrası kök ucuna kadar hermetik bir şekilde doldurulmasıdır (Alaçam, 2012).

Kök kanal preparasyonu, kök kanal tedavisinin en önemli basamaklarından biridir. İrrigasyon, dezenfeksiyon ve kök kanal dolgusu gibi kendinden sonraki tedavi aşamalarını doğrudan etkilemektedir. Tedavinin bu adımını tanımlamak için literatürde kanal şekillendirmesi, enstrümantasyonu ve genişletilmesi terimleri de kullanılmaktadır. Kök kanal preparasyonunun temel amaçları şunlardır:

1. Kök kanallarından vital ve nekrotik pulpa doku artıklarını uzaklaştırmak
2. İrrigasyon ve dezenfeksiyon ajanları için yeterli boşluk oluşturmak
3. Apikal kanal anatomisinin bütünlüğünü ve lokasyonunu korumak
4. Kök kanallarına iyatrojenik hasar oluşturmaktan kaçınmak
5. Kanal dolgusunun yapılmasını kolaylaştırmak
6. Periradiküler dokuların irritasyon ve/veya enfeksiyonundan kaçınmak
7. Dışın uzun dönem fonksiyonuna izin vermek için sağlam kök dentinini korumak (Hülsmann ve ark., 2005)

Kök kanal preparasyonu bitiminde, kök kanalının orijinal şekli ve kurvatürü korunarak fizyolojik foramende sonlanan ve koronale doğru düzenli bir şekilde genişleyen konik bir kanal formu oluşturulmalıdır (Alaçam, 2012).

Kök kanal preparasyonunda uzun zamandan beri konik şekillendirme prensibi uygulanmaktadır ve birçok avantajları vardır:

1. Koronal bölgedeki enfekte dentin konik şekillendirme ile mekanik olarak uzaklaştırılır.

2. Koronal bölgenin genişletilmesi, kanal aletinin kök kanalında baskıya maruz kalmadan çalışmasını sağlar.
3. İrrigasyon solüsyonu daha fazla dentin yüzeyi ile temas eder ve dezenfeksiyon etkinliği artar.
4. Apikal üçlüde minimal dentin uzaklaştırılmasına izin verir, konservatif bir yaklaşım uygulanmasına olanak sağlar.
5. Elektronik apeks bulucuların, konik şekle sahip kök kanallarında daha doğru sonuçlar verdiği bildirilmektedir.
6. Kanal aletleri tüm dentin boyunca kök kanalına temas edemeyeceği için alet üzerindeki sıkıştırıcı kuvvetler azalır ve aletin kırılma riski azalır.
7. Thermafil, Soft-Core, HeroFill gibi kor destekli kanal dolgu materyallerinin, kanal içine adaptasyonu kolaylaşır (Aşcı, 2014).

1.1. Kök Kanal Preparasyon Yöntemleri

Kök kanalı şekillendirme yöntemleri, uygulamadan kaynaklanan farklılıklar nedeniyle başlıca iki gruba ayrılmıştır:

Apikalden koronale doğru olan şekillendirme yöntemleri;

1. Standardize preparasyon yöntemi
2. Step-back yöntemi
3. Balanced-force (Dengeli kuvvet) yöntemi
4. İlerleyen şekilde genişletme yöntemi

Korondan apikale doğru olan şekillendirme yöntemleri;

1. Step-down yöntemi
2. Double-flared yöntemi
3. Crown-down yöntemi
4. Canal master yöntemi

5. Antikurvatur eğeleme yöntemi olarak sınıflandırılabilir (Alaçam, 2012).

Apikalden koronale doğru olan genişletme yöntemlerinden en çok tercih edilen step-back iken, koronalden apikale genişletme yöntemleri arasında en çok kullanılan crown-down yöntemidir.

Step-Back Yöntemi

Step-back yöntemi ilk kez 1969 yılında Clem tarafından tanıtılmış, 1970'lerde Weine tarafından geliştirilmiş ve 1979'da Mullaney tarafından modifiye edilmiştir (Çalışkan, 2014). Bu yöntemde temel amaç kanalın apikalde en dar noktası olan fizyolojik foramenden koronale doğru genişletme yapılarak konik bir form elde edilmesidir.

Bu yöntemde, çalışma boyu belirlenerek apikal daralımda sıkışan en küçük kanal aleti ile preparasyona başlanılır. İlk eğeden en az üç boy büyük eğeye kadar çalışma uzunluğunda genişletme yapılır. Son kullanılan eğeye apikal ana eğe (MAF, Master Apical File) denir. Daha sonra her bir eğe bir önceki eğenin çalışma uzunluğundan birer milimetre (mm) kısa olacak şekilde bir numara büyük eğelerle konik form vermek üzere genişletme işlemine devam edilir. Her eğe değişiminde, çalışma boyu kaybını önlemek için MAF ile rekapitülasyon yapılarak çalışma boyu kontrol edilir. Böylece konik form elde edilmiş olur.

Step-back tekniğinin avantajları:

1. Basamak ve apikal transportasyon oluşturma ihtimali azalır.
2. Düzensiz şekilli kanallarda düzgün bir genişletme sağlar.
3. Konik form elde edilmesi irrigasyon solüsyonlarının daha derine ulaşmasını ve kanal dolgusunun daha kolay yapılmasını sağlar.
4. Klinik uygulama süresi kısadır.

5. Standardize genişletme yöntemine göre, apikal üçte bir bölgeden daha az dentin kaldırılır. Böylece ince köklerin zayıflatılması önlenir.

Step-back tekniğinin dezavantajları;

1. Kanal eğesi tüm kanal boyunca duvarlara temas eder bu da eğe üzerinde stresi artırır eğe kırılma riski artar.
2. Debrisin periapikal bölgeye itilme riski fazladır (Yılmaz, 2016).

Crown-Down Yöntemi

Marshall ve Pappin tarafından 1980 yılında tasarlanmış ve Morgan ve Montgomery tarafından 1984 yılında tanıtılmıştır (Alaçam, 2012). Bu yöntemde kök kanallarının öncelikle koronal 2/3'lük kısmının genişletilmesi, apikal genişletmeyi kolaylaştırır. Aynı zamanda apikal bölgeden periapikal dokulara debris taşıma ihtimali azalır. Bu teknikte giriş kavitesi açıldıktan sonra 35 numaralı bir el eğesi ile sıkışma hissedene kadar kanal içinde ilerlenir. Bu boy ölçülerek 16 mm'den fazlaysa preparasyon bu boyda tamamlanır. 16 mm'den daha az ilerlerse radyografi alınarak nedeni araştırılmalıdır. Eğer kanal eğimi kaynaklıysa ölçülen boyda, daralmadan kaynaklı ise 35 numaralı el eğesi ile 16 mm'ye ulaşana kadar genişletme yapılır. Sırasıyla 30, 25, 20 numaralı K tipi eğeler kullanılarak basınç uygulamadan apikale 3 mm kalana kadar preparasyon yapılır. Çalışma boyunu belirlemek için radyografi alınır ve eğeler her seferinde daha da küçültülerek apikal daralım noktasına ulaşana kadar preparasyona devam edilir.

Crown-down tekniğinin avantajları:

1. Koronal kısım öncelikli genişletildiği için irrigasyon solüsyonlarının etkinliği artar.
2. İrrigasyon solüsyonlarının ve debrisin apikalden taşma riski daha düşüktür.

3. Kök kanalının koronal ve orta üçlünün önden genişletilmesi ile eğe üzerindeki stres eğe kırılma riskini azaltır.
4. Koronal genişletmenin önceden yapılması ile çalışma boyunun belirlenmesi kolaylaşır.
5. Eğe dentine daha az noktada temas ettiğinden, elektronik apeks bulucular daha başarılı sonuç verirler (Saunders, 2005).

Crown-down tekniğinin dezavantajları:

1. Basamak oluşturma olasılığı yüksektir.
2. Debrisler, apikal bölgenin tıkanmasına ve çalışma boyunun kaybına neden olabilir (Yılmaz, 2016).

1.2. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan Eğeler

Kök kanal preparasyonu için kullanılan eğelerin öncelikli görevi, mekanik temizleme (cleaning) ve şekillendirme (shapining)' dir (Çalışkan, 2014). Bu aletler günümüzde imal edildikleri materyale, uçlarının geometrisine (konisite ve dizaynlarına), kesme özelliklerine göre birbirlerinden farklılık göstermektedir. Güncel endodontide kök kanalının mekanik preparasyonunda farklı aletlerden yararlanılmaktadır.

- El ile kullanılan kanal eğeleri: Önceki yıllarda karbon çelikten üretilen el eğeleri, günümüzde daha çok paslanmaz çelik veya nikel titanyum'dan (NiTi) üretilmektedir. En çok kullanılanlar; K tipi ve Hedström eğelerdir. K tipi eğeler; dörtgen şeklinde bir telin saat yönünün tersine bükülmesi ile, Hedström eğeler ise enine kesiti yuvarlak olan silindirik kor yapının freze edilmesi ile üretilirler (Aşçı, 2014).

- Mikromotor veya özel endodontik motor ile kullanılan kanal eğeleri: William H. Rollins, 1889 yılında 360° dönen bir motor geliştirerek endodontik motorların temelini atmıştır. Sonraki yıllarda çeşitli endodontik motorlar geliştirilmiştir. 1964 yılında hareket dinamiği değiştirilerek resiprokasyon hareket yapan Giromatic (MicroMega) piyasaya sunulmuştur (Hülsmann ve ark., 2005). Ancak bu ve diğer motorlardaki temel problem kullanılan eğelerin tasarımlarının motorlar ile uyumlu olmamasıydı. 1990'ların başlarında birçok döner Nikel Titanyum eğe sisteminin üretilmesi ile bu problem ortadan kalkmıştır. Böylece döner eğe sistemleri kullanılarak preparasyon yapılması popüler hale gelmiştir. Bu yöntem, el ile yapılan mekanik preparasyona göre daha kısa sürede etkili preparasyon yapılmasını sağlarken preparasyon sonrası konik form elde etmeyi de kolaylaştırır.

- Sonik ve ultrasonik aletlere takılan özel endodontik uçlar: Kök kanal tedavisinde ultrasonik ve sonik enerjiden hem kök kanal preparasyonu hem de irrigasyon amaçlarıyla yararlanılmaktadır (Park, 2013). Ultrasonik aletlerin tutucuları K tipi eğeler gibi klasik eğelere de uygun olarak tasarlanmıştır. Sonik enstrümanların ise özel tasarlanan başlıkları bulunmaktadır (Atasoy Ulusoy ve Zeyrek, 2016).

1.2.1. Kanal Eğelerinin Özellikleri

Mekanik preparasyonda kullanılan aletlerin uç tasarımı, kesit dizaynı, taperları (koniklikleri) ve yapıldıkları alaşım önemlidir.

1.2.1.1. Uç Tasarımı

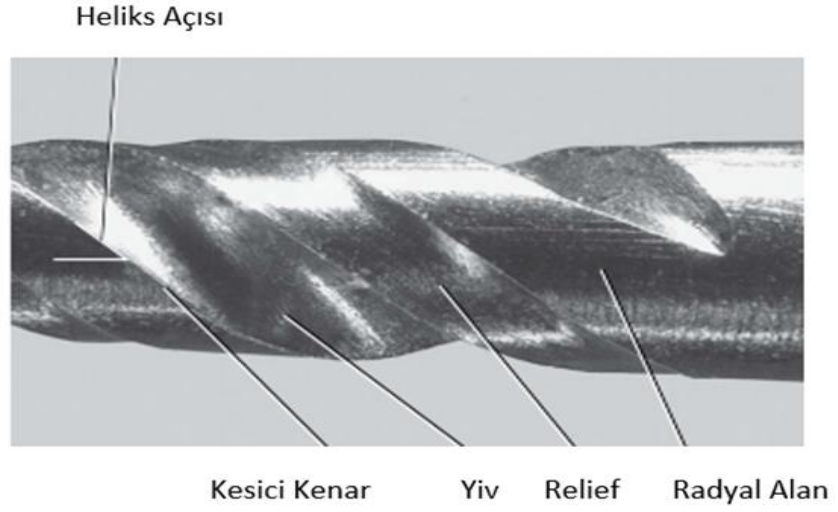
Enstrümanın ucu, kanal içinde eğenin ilerlemesini sağlamalıdır. Enstrümanlar uç kısımlarına göre; “kesici”, “yarı kesici” ve “kesici olmayan” olarak sınıflandırılırlar. Kök kanal preparasyonunda kullanılan döner aletler kesici olmayan

uçlara sahiptir. Retreatmentta kullanılan döner aletler ise, kanal dolgusunun uzaklaştırılması için kesici uçlara sahiptir.

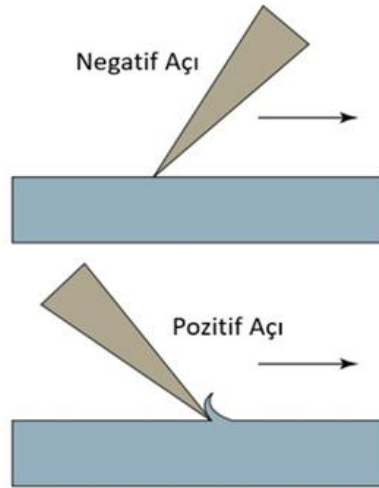
1.2.1.2. Kesit Dizaynı

Döner sistemlerde kullanılan eğelerin kesitleri ile ilgili olarak; yiv, heliks açısı, rake açısı, kesme açısı, radyal alan ve relief gibi terimler tanımlanmıştır.

Yiv, eğenin çalışma yüzeyindeki oluklardır (Şekil 1.1). Preparasyon sırasında meydana gelen yumuşak doku ve dentin artıklarını toplar. Yivin etkinliği derinliğine, genişliğine, konfigürasyonuna ve yüzey özelliklerine bağlıdır. Kesici kenar, kesme işleminin gerçekleştiği radyal alan ve yivin birleşmesinden oluşan yüzeydir (Şekil 1.1). Heliks açısı, kesici kenar ile eğenin uzun eksenine arasındaki açıdır (Şekil 1.1). Rake açısı ise, eğenin uzun aksına dik kesit alındığında eğenin yarıçapı ile kesici kenar arasındaki açıdır. Eğenin kesiciliğini belirler. Bu açı geniş ise rake açısı pozitif, dar ise rake açısı negatiftir (Şekil 1.2). Eğenin rake açısı pozitif ise kesme, negatif ise kazıma işlemini yapar. En ideali nötre yakın hafif pozitif olan rake açısıdır. Kesme açısı; kesici kenara dik olarak kesit alındığında eğenin yarıçapı ile kesici kenarın yaptığı açıdır (Hargreaves ve Cohen, 2011). Radyal alan; kesici kenarlar arasında bulunan platformdur ve kesici kenarlara destek sağlar (Şekil 1.1). Bu alan preparasyon sırasında kanal duvarına temas ederek eğenin kanala vidalanma eğilimini azaltır ve kesme derinliğini sınırlar (Soni ve ark.,2014). Radyal alan aynı zamanda mikro çatlakların ilerlemesini azaltır. Relief ise radyal alanlarda oluşan sürtünmeyi tolere etmek amacıyla oluşturulan boşluklardır (Şekil 1.1) (Hargreaves ve Cohen, 2011).



Şekil 1.1. NiTi döner ege sisteminin komponentleri (Hargreaves ve Cohen, 2011)



Şekil 1.2. Pozitif ve negatif rake açısı (Hargreaves ve Cohen, 2011)

1.2.1.3. Taper (Koniklik)

Taper; ege çapının egein uç kısmından itibaren çalışan yüzeyi boyunca her milimetredeki gösterdiği artıştır. Örnek olarak 25 numaralı 0,02 tapera sahip egein uç kısmından 1 mm yukarıdaki çapı 0,27 mm, 2 mm yukarıdaki çapı 0,29 mm ve 3 mm yukarıdaki çapı 0,31 mm'dir (Hargreaves ve Cohen, 2011).

1.2.1.4. Enstrümanın Üretildiği Alaşım

Endodontik enstrümanların üretiminde paslanmaz çelik ve nikel titanyum (NiTi) olmak üzere iki alaşım kullanılmaktadır.

Paslanmaz Çelik Eğeler

Geleneksel paslanmaz çelik el eğeleri, elle kullanım için üretilmiştir ve tasarımlarına göre K tipi eğe, H tipi eğe ve reamer olmak üzere üç farklı tipten oluşur. Reamer; üçgen kesite sahip bir telin kendi etrafında döndürülmesiyle üretilir. K tipi eğelere göre spiralleri daha seyrek ve kesici özellikleri azdır. Dönme hareketiyle kullanılırlar (Alaçam, 2012). K tipi eğeler, 1915 yılında Kerr firması tarafından piyasaya çıkarılmış olup dörtgen kesite sahip bir çeliğin saat yönünün tersine bükülmesi ile üretilir. Eğeleme ya da reaming (devamlı eğe rotasyonu) hareketiyle kullanılırlar (Çalışkan, 2014). Hedström (H tipi) eğelerin enine kesitleri, birbiri üzerine yerleşmiş üçgen şeklindedir. Paslanmaz çelik telin frezlenmesi ile üretilirler ve çekme hareketiyle kullanılırlar. H tipi eğelerin, K tipi eğelere göre kesme açıları daha pozitif olduğundan kesme etkinlikleri daha fazladır (Alaçam, 2012).

Nikel Titanyum Eğeler

‘NITINOL’ olarak bilinen Nikel Titanyum alaşım, 1960’da William F. Buehler tarafından Naval Ordnance Laboratuar’ında geliştirilmiştir (Thompson, 2000). NiTi alaşımlar; %56 Nikel ve %44 Titanyumdan oluşurlar. Oluşan kombinasyonun atomik oranı 1:1’dir (equiatomik) ve diğer metalik sistemler gibi çeşitli kristalografik formlarda bulunabilmektedir (Shen ve ark., 2013 ve Thompson, 2000). Martensit (düşük sıcaklık), östenit (yüksek sıcaklık) olarak adlandırılan kristal formlar alaşıma farklı özellikler katarlar. Alaşım; martensit formda yumuşak ve kolayca deforme olabilirken, östenitik formda sert ve dirençlidir (Hargreaves ve Cohen, 2011). Dış gerilmeler, NiTi’nin östenit formunu, daha fazla stresi karşılayabilen martensitik formuna dönüştürür (Shen ve ark.,2013). Bu eşsiz kristal yapının sonucu olarak,

süperelastisite özelliğe sahiptir. Aynı zamanda NiTi alaşım martensit aşamasında deforme olursa, ısıtma ile tamamen geriye döndürülebilir bir gerilmeye uğrar. Bu davranış NiTi alaşımın şekil hafızası olarak adlandırılır (Thompson, 2000).

NiTi eğeler süperelastisite ve şekil hafıza özellikleri nedeniyle paslanmaz çelik aletlere göre kırılmaya karşı daha dirençlidir. Kompleks kök kanallarının şekillendirilmesinde, paslanmaz çelik eğelere göre daha az basamak, apikal zip, kanal transportasyonu ve perforasyona neden olurlar (Pettiette ve ark., 2001).

1.3. Kök Kanal Preparasyonunda Kullanılan NiTi Döner Eğe Sistemleri

Endodontide kullanılan ilk nikel titanyum eğe, Walia ve ark. (1988), tarafından nikel titanyum ark telinden üretilmiştir ve kök kanal tedavisinde büyük bir yenilik oluşturmuştur. Döner eğe sistemlerinin üretilmeleri 1990'ların başlarından itibaren hız kazanmıştır. Bu eğe sistemleri; tasarımları, kullanılan alaşımlar ve tavsiye edilen kesme hareketleri ile birbirlerinden ayrılmaktadır. Üretilen ilk sistemlerden bir kısmı artık kullanılmazken bir kısmı da kullanım sıklığını kaybetmiştir. Profile (Dentsply, Maillefer, Switzerland), gibi bazı sistemler ise hala yaygın şekilde kullanılmaktadırlar (Hargreaves ve Cohen, 2011). Mekanik preparasyonun etkinliğini arttırmak ve daha başarılı sonuçlar elde etmek için eğe sistemlerinde birçok geliştirmeler yapılmıştır.

1.3.1. Döner Eğe Sistemlerinin Tarihsel Gelişimlerine Göre Sınıflandırılması

1.3.1.1. Birinci Jenerasyon Döner Eğe Sistemleri

İlk NiTi döner eğe, Dr. John McSpadden tarafından 1992'de tasarlanmıştır ve 0,02 tapera sahiptir. Bu eğe ile preparasyon yapılırken kırılma gibi problemlerle karşılaşılmasından sonra 1994'te Dr. Johnson, Profile (Dentsply, Maillefer, Switzerland) 0,04 taperlı eğe sistemini ve devamında Profile 0,06 taperlı eğe sistemini tasarlamıştır (Haapasalo ve Shen, 2013). Bu jenerasyondaki eğelerin çalışan kısmı

boyunca sabit konikliği ve pasif kesim yapan radyal alanları bulunmaktadır. Kesicilikleri az olduğundan preparasyon için belirli bir sayıda eğe gerekir (Ruddle ve ark., 2013). LightSpeed (Discus Dental, Culver City, CA) ve Quantec (Sybron Endo, Orange, CA) eğe sistemleri de bu jenerasyon içerisinde yer almaktadır. LightSpeed döner eğeler diğer eğelerden farklı olarak daha uzun, ince, kesici olmayan gövdeye ve kısa kesici uca sahiptir. Bu yüzden daha çok apikal preparasyon için kullanılırlar (Haapasalo ve Shen, 2013).

1.3.1.2. İkinci Jenerasyon Döner Eğe Sistemleri

İkinci jenerasyon NiTi döner eğe sistemleri 2000’li yılların başında piyasaya sürülmeye başlanmıştır. Bu jenerasyondaki eğeler radyal alan içermeyen aktif kesici kenarlara sahiptirler ve daha az sayıda enstrümanla preparasyon yapılmasına olanak sağlarlar. Birinci nesil eğeler nötr veya hafif negatif kesme (rake) açısına sahipken, ikinci nesil sistemlerde daha iyi kesme yeteneği sağlayan pozitif kesme açısı mevcuttur. Aynı zamanda kesici kenar ile uzun eksen arasında açının azaltılmasıyla eğelerin vidalanma riski azaltılmaya çalışılmıştır. ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), K3 (SybronEndo, Orange, CA), EndoSequence (Brasseler USA, Savannah, GA) ve BioRace (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) bu jenerasyona ait örneklerdir. ProTaper Universal hariç bu jenerasyondaki eğelerin sabit taperı vardır. ProTaper Universal ise tek bir eğe üzerinde çok sayıda artan veya azalan konisiteye sahiptir. Bu özellik eğenin belli alanlarda kesme işlemini yapmasını sağlar (Ruddle ve ark., 2013).

BioRace döner eğe sisteminde eğelere yüzey defektlerini azaltmayı ve mekanik özelliklerini geliştirmeyi amaçlayan “elektropolisaj” olarak adlandırılan bir yüzey bitirme işlemi uygulanmıştır (Haapasalo ve Shen, 2013). Elektropolisaj işleminde yüksek oranda iyon içeren bir solüsyon içerisine konulan eğeden elektrik akımı geçirilir. Elektrik akımının yüzey defektlerinden geçmesi sonucunda daha düzgün bir yüzey elde edilir. Ancak bu işlem, eğenin kesici kenarlarını köreltebilir (Boessler ve ark., 2009).

1.3.1.3. Üçüncü Jenerasyon Döner Eğe Sistemleri

NiTi metalurjisindeki gelişmeler sonucu üçüncü jenerasyon eğeler piyasaya sunulmuştur. Bu jenerasyondaki eğelere, eğe kırıklarını azaltmak ve yorulma dirençlerini arttırmak için termal işlem uygulanmıştır (Shen ve ark., 2013).

Konvansiyonel NiTi eğeler (birinci ve ikinci jenerasyon eğe sistemleri), oda ve vücut sıcaklığında östenit yapıda bulunurlar. Üçüncü jenerasyondaki eğeler ise termal işleminden geçtikleri için vücut sıcaklığında östenit ve martensit fazın özelliklerini bir arada gösterirler. NiTi alaşımın martensit fazı, östenit faza göre daha esnektir ve bu nedenle bu fazdaki eğelerde alet kırılmaları daha az olmaktadır. M Wire ve CM Wire'dan üretilen NiTi döner eğe sistemleri daha yüksek dayanım ve aşınma direncine sahiptir.

R faz, NiTi alaşımlarda bulunan bir ara fazdır. Çok dar bir sıcaklık aralığında meydana gelir. Elastik modülü östenitik formdan daha düşük olduğu için bu fazda üretilmiş eğeler daha esnektir ve şekil hafıza özelliği göstermektedir (Shen ve ark., 2013).

Termal işlem uygulanan NiTi döner eğeler şunlardır;

- M Wire alaşımdan üretilenler: ProFile GT Series X (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), Profile Vortex (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), Vortex Blue (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK)
- CM Wire alaşımdan üretilenler: Hyflex CM (Coltene Whaledent, Cuyahoga Falls, OH), Typhoon CM (Clinician's Choice Dental Products, Milford, CT)
- R fazdaki alaşımdan üretilenler: K3FX (SybronEndo, Orange, CA), Twisted File (SybronEndo, Orange, CA)

1.3.1.4. Dördüncü Jenerasyon Döner Eğe Sistemleri

Kök kanallarının preparasyon işlemlerinde kullanılan eğelerin büyük çoğunluğu devamlı rotasyon hareketi ile çalışmaktadır. Tekrar eden ileri ve geri hareketlerden oluşan resiprokasyon hareketi, 1958 yılından beri paslanmaz çelik eğeler için kullanılmaktadır. Racer ve Giromatic, ilk resiprokasyon hareketiyle çalışan endodontik motorlardır. Bu ilk motorlar 90° gibi büyük açılarla ileri-geri hareketler yaparken, zamanla bu açılar azaltılmıştır. İleri ve geri 30° eşit açılarla resiprokasyon hareketi ile çalışan M4 (Sybron Endo, Orange, CA), Endo-Eze AET (Ultradent, USA) ve Endo-Express (Essential Dental Systems, USA) endodontik motorları bulunmaktadır (Ruddle ve ark., 2013).

Dr. Ghassan Yared (2008) yaptığı bir çalışmada, ProTaper Universal F2 eğesini resiprokasyon hareketiyle kullanmış ve en iyi şekilde şekillendirme yapmasını sağlayan saat yönünde ve tersindeki açılarını belirlemiştir. Bu çalışma büyük ilgi uyandırsa da ProTaper Universal resiprokasyon hareketiyle kullanılmak için tasarlanmış bir eğe sistemi değildir. Bu çalışmadan sonra resiprokasyon hareketi ile çalışan eğe sistemleri üretilmiştir. 2011 yılında üretilen WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ve Reciproc (VDW, Munich, Germany) gibi resiprokasyon hareketiyle çalışan tek eğe sistemleri dördüncü jenerasyonun örnekleridir.

Bu jenerasyondaki bir diğer eğe sistemi olan Self-adjusting file (SAF; ReDent-Nova, Raanana, Israel) farklı bir eğe dizaynı ile piyasaya sunulmuştur. Eğe; içi boş, silindirik ince duvarlı ve hafif abraziv yüzeye sahip kafes şeklindedir. Diğer geleneksel NiTi eğe sistemlerinden farklı olarak içi boş yapısı sayesinde preparasyon ile aynı anda irrigasyon da yapar. Vertikal hareket ile çalışan SAF'ın, kanal şekline adapte olduğu üretici firma tarafından iddia edilmektedir (Metzger ve ark., 2010).

1.3.1.5. Beşinci Jenerasyon Döner Eğe Sistemleri

Bu jenerasyondaki eğeler, enine kesitinin merkezi ile rotasyon hareketinin merkezi farklı olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarımla, eğe ve dentin arasındaki temas azaltılarak, eğenin vidalanma etkisini azaltmak amaçlanmıştır (Haapasalo ve Shen, 2013). Bu jenerasyondaki eğelerin en önemli özelliği enine kesitlerine bağlı olarak gerçekleşen özel asimetrik yılan benzeri dönme hareketlerine sahip olmalarıdır. Bu jenerasyonun örnekleri Revo-S (Micro-Mega, Besançon, France), One Shape (Micro-Mega, Besançon, France), ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)'dir.

1.3.2. NiTi Döner Eğe Sistemleri ile Kök Kanal Preparasyonu Sırasında Dikkat Edilmesi Gereken Faktörler

Günümüzde, kök kanal şekillendirilmesi için piyasada birçok NiTi döner eğe sistemi mevcuttur. NiTi döner sistemlerin kullanımı sırasında; iyi bir temizleme etkisi, alet kırıklarının önlenmesi, çalışma boyu kaybının ve perforasyon oluşumunun engellenmesi, çalışma zamanının kısaltılması gibi bu sistemler hakkında bilinmesi ve dikkat edilmesi gereken bazı kurallar mevcuttur. Bunlar;

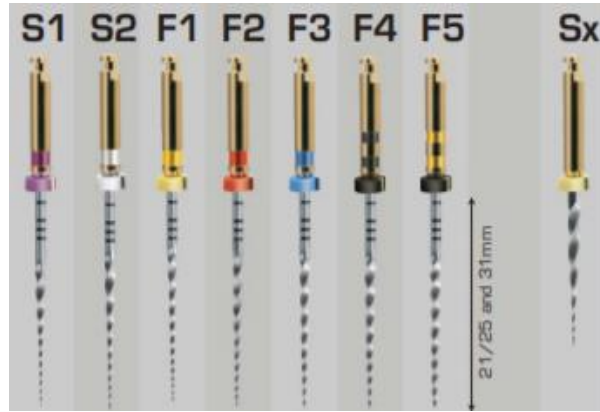
- Eğenin sap kısmının, kökün uzun aksı ile paralel olması gerekir, kanal eğesi kanala eğilip bükülmeden düz olarak girebilmelidir.
- Döner eğe sistemleri kullanılmadan önce el eğeleri ile kanal kontrol edilmeli ve rehber yol (glide path) oluşturulmalıdır.
- Hız ve tork ayarları firma önerileri doğrultusunda yapılmalıdır.
- Lubrikasyon sağlamak için döner aletler kanal içerisinde bir kayganlaştırıcı (EDTA, NaOCl) ile birlikte kullanılmalıdır.
- Döner enstrümanlar kullanılırken fazla basınç uygulanmaması önerilir. Uygulanacak kuvvet kurşun kalem ile yazarken uygulanan kuvvete eş değer olmalıdır.

- Her eğe değişiminden sonra, kanal içinde biriken debrisin uzaklaştırılması için irrigasyon yapılmalıdır (Atasoy Ulusoy ve Zeyrek, 2016).

1.4. Çalışmamızda Kullanılan NiTi Döner Eğe Sistemleri

1.4.1. ProTaper Universal

ProTaper döner eğe sistemi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) Dr. Clifford Ruddle, Dr. John West ve Dr. Pierre Machtou tarafından 2000 yılında tasarlanmıştır (Hargreaves ve Cohen, 2011). Bu sistemde üç adet şekillendirici; SX, S1, S2 ve üç adet bitirici; F1, F2, F3 olmak üzere toplam 6 adet eğe bulunmaktadır. 2006 yılında kesitleri ve uçları modifiye edilmiştir. F4 ve F5 olarak iki bitirme eğesi eklenerek ProTaper Universal (şekil 1.3) ismini almıştır (West, 2006). 21, 25, 31 mm olarak üç farklı boyda üretilmiştir. Retreatment işlemlerinde kullanılan D1, D2 ve D3 eğeleri de bulunmaktadır.



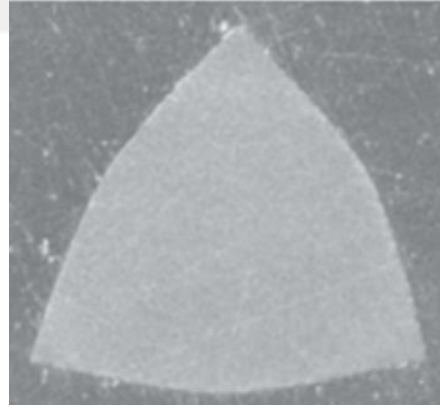
şekil 1.3. ProTaper Universal döner eğe sistemi (Dentsply Maillefer, 2017a)

S1 ve S2 olarak adlandırılan şekillendirme eğelerinin gövde kısımlarında sırasıyla mor ve beyaz tanımlayıcı halkalar vardır. Yine sırasıyla S1 ve S2 eğelerinin uç çapları sırasıyla 0,17 mm ve 0,20 mm'dir. SX olarak adlandırılan yardımcı şekillendirme eğesinin altın renkli gövde kısmında tanımlama halkası bulunmaz ve uç kısmının çapı 0,19 mm'dir. F1, F2 ve F3 bitirme eğelerinin gövde kısımlarında

sırasıyla sarı, kırmızı ve mavi tanımlama halkaları bulunur. F1, F2 ve F3 uç çapları sırasıyla 0,20 mm, 0,25 mm ve 0,30 mm'dir (Ruddle, 2005).

ProTaper Universal döner eğe sisteminin temel özelliği, değişken uç çapları ve uzun eksen boyunca değişen taperlara sahip olmasıdır (Hargreaves ve Cohen, 2011). Değişken taper, eğenin kanal duvarına temasını azaltarak stres birikimi azaltır ve kesme etkinliğini artırır (Ruddle, 2005). Şekillendirme eğelerinde apikalden koronale doğru taper artarken, bitirme eğelerinde bu durum tersidir. Bergmans ve ark. (2003), dereceli olarak artan taperın şekillendirme eğelerinin orta ve uç kısımlarındaki esnekliğini arttırırken, azalan taperın bitirme eğelerine sağlamlık kazandırdığını bildirmişlerdir.

Enine kesiti, konveks üçgen şeklindedir (Şekil 1.4). Bu tasarım, preparasyon sırasında eğe ile dentin arasındaki temas alanını ve sürtünmeyi azaltır (Hargreaves ve Cohen, 2011).



Şekil 1.4. ProTaper Universal döner eğe sisteminin enine kesiti (Dentsply Maillefer, 2017a)

ProTaper Universal eğeleri, keskin kesici kenarlara sahiptir. Hem yüksek kesme etkinliğine sahip olduğu için hem de radyal alan içermediğinden preparasyon sırasında dentin dokusunda çatlak oluşturabilir (Hargreaves ve Cohen, 2011). Geleneksel bir NiTi alaşımdan üretilmiş bu çoklu eğe sisteminin uç dizaynı keskin olmayan modifiye aktif uçtur (Şekil 1.5) (Alqedairi ve ark., 2019 ve Çapar ve ark., 2014a).



Şekil 1.5. ProTaper Universal döner ege sisteminin uç tasarımı (Dentsply Maillefer, 2017a)

ProTaper Universal döner ege sistemi ile preparasyon yapılırken ilk olarak rehber yol oluşturulur. Rehber yol oluşumunu takiben sırasıyla SX, S1 ve S2 egeeleri kullanarak kanalın koronal ve orta üçlusu şekillendirilir. Daha sonra apikal üçlünün genişletilmesi için F1 ve F2 egeeleri çalışma boyunda kullanılır. Üretici firma bu sistemdeki egeelerin “fırçalama” hareketi ile kullanılmasını ve her ege değişiminde irrigasyon yapılmasını önermektedir. F2 egesi ile preparasyon tamamlandıktan sonra kanal genişliğine göre F3, F4 ve F5 egeeleri de kullanılabilir. Şekillendirme sırasında hızın 250-350 rpm olmasına dikkat edilmelidir. Firmanın önerdiği tork değerleri ise SX ve S1 için 3 Ncm, S2 için 1 Ncm, F1 için 1,5 Ncm, F2 içinse 2 Ncm’dir (Dentsply Maillefer, 2017a).

1.4.2. ProTaper Next

ProTaper Next NiTi döner ege sistemi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), özel bir ısıtım işlem görmüş M Wire alaşımdan üretilmiştir. Bu alaşım egeenin esnekliğini, aşınma direncini ve kesme verimliliğini artırır (Patnana ve Chugh, 2018).

ProTaper Next ege sisteminde; X1, X2, X3, X4 ve X5 olmak üzere 5 adet ege bulunmaktadır. Bu egeelerin gövde kısmında sırasıyla sarı, kırmızı, mavi, çift siyah ve çift sarı tanımlama halkaları vardır (Şekil 1.6). Uç çapları sırasıyla 0,17 mm, 0,25 mm,

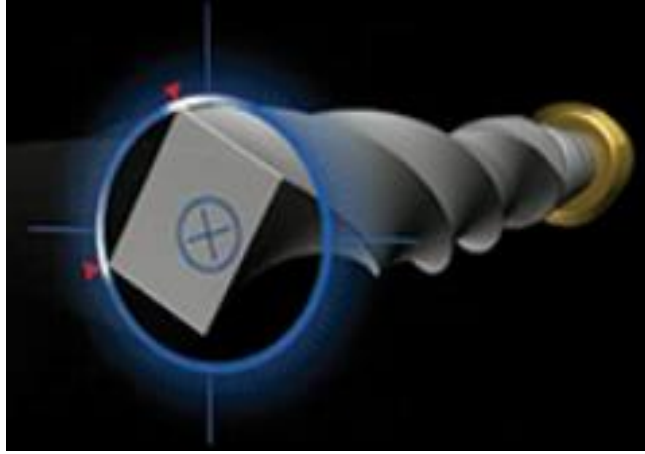
0,30 mm, 0,40 mm ve 0,50 mm'dir. Taperları ise sırasıyla 0,04; 0,06; 0,07; 0,06 ve 0,06'dır (Ruddle ve ark., 2013).



Şekil 1.6. ProTaper Next döner eğe sistemi (Dentsply Maillefer, 2017b)

X1 ve X2 eğelerinin aktif yüzeyleri boyunca artan ve azalan taperları bulunmaktadır. X3, X4 ve X5 eğelerinin ilk üç milimetresinde sabit taper, devam eden aktif kısımlarında azalan taper mevcuttur (Ruddle ve ark., 2013).

ProTaper Next eğe sisteminin, enine kesiti merkezi olmayan dikdörtgen şekle sahiptir (Şekil 1.7). Bu kesit eğenin kök kanal preparasyonu sırasında yılan benzeri (snake-like) hareket yapmasını sağlar (Patnana ve Chugh, 2018). Bu salınım hareketi eğe ile dentin arasındaki teması en aza indirerek, vida etkisini azaltır. Aynı zamanda alet üzerindeki stresi azaltarak eğe kırıklarını önler ve kanal preparasyonu sırasında oluşan debrisin rahat dışarı çıkarılması için daha fazla alan oluşturur (Alqedairi ve ark, 2019 ve Çapar ve ark., 2014a).



Şekil 1.7. ProTaper Next döner eğe sisteminin enine kesiti (Ruddle ve ark., 2013)

ProTaper Next eğeleri ile preparasyon yapılırken öncelikle küçük numaralı el eğeleri ya da glide path eğeleri ile rehber yol oluşturulmalıdır. Gerekirse koronal genişletme için SX eğesi kullanılabilir. Ardından X1 eğesi ile çalışma boyunda genişletme yapılır. X1 eğesi ile genişletme tamamlandıktan sonra X2 eğesine geçilir. X2 eğesi de çalışma boyunda kullanılarak preparasyon tamamlanır. Geniş kanallarda X3, X4 ve X5 eğeleri de kullanılabilir. Bu sistemdeki eğeler “fırçalama” hareketi ile kullanılmalıdır. Her eğe değişiminde irrigasyon yapılmalıdır. Üretici firma ProTaper Next döner eğelerinin 300 rpm hızda ve 2 Ncm tork değerinde kullanılmasını önermektedir (Dentsply Maillefer, 2017b).

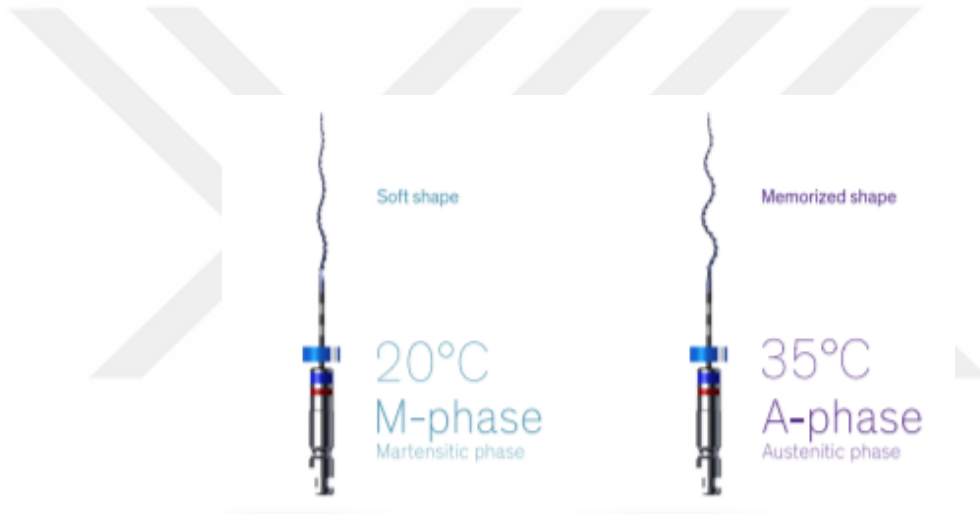
1.4.3. XP-endo Shaper

XP-endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) 2015 yılında FKG Dentaire tarafından piyasaya sunulmuştur (Şekil 1.8). Tek eğeden oluşan bu sistem, özel olarak geliştirilmiş MaxWire (MaxWire, Martensite-Austenite Electropolish Flex, FKG Dentaire) alaşımından imal edilmiştir. Bu özel alaşım, eğenin esnekliğini artırır ve böylece eğe dentin duvarlarında minimal stres oluşturur. XP-endo Shaper’in döngüsel yorgunluğa karşı direncinin mükemmel olduğu ve agresif olmayan preparasyon yaptığı üreticisi tarafından iddia edilmektedir (FKG Dentaire, 2017).



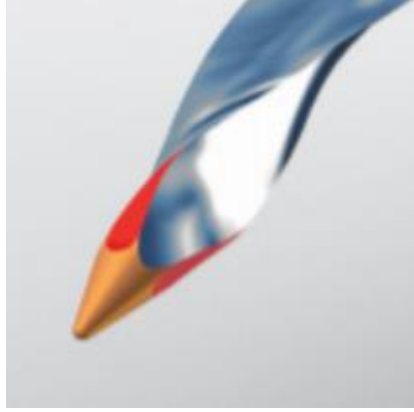
Şekil 1.8. XP-endo Shaper döner eğe sistemi (FKG Dentaire, 2017)

Eğе oda sıcaklığında martensit fazda olup ISO 30 apikal çapa sahip ve 0,01 taperda bulunur. Kök kanalı şekillendirmesinde vücut sıcaklığında (35°C) östenit faza geçerek taper 0,04 olarak değişir (Şekil 1.9).



Şekil 1.9. XP-endo Shaper döner eğe sisteminin faz değişimi (FKG Dentaire, 2017)

Üretici firma, uç dizaynını Booster Tip (Şekil 1.10) olarak adlandırmış ve bu uç tasarımı sayesinde eğenin altı kesici kenarı olduğu belirtilmiştir. Hem Booster Tip uca sahip olması hem de MaxWire alaşımından üretilmesi XP-endo Shaper'ın ISO 30 ve 0,04 konik çapa karşılık gelen bir nihai kanal preparasyonu yapmasını sağlar (FKG Dentaire, 2017).



Şekil 1.10. XP-endo Shaper eğe sisteminin Booster uç tasarımı (FKG Dentaire, 2017)

Özel “yılan” şekli ile esnek olmasının yanı sıra yüksek hız (800 rpm) ve düşük tork (1Ncm) değerlerinde devamlı rotasyon hareketi ile kullanılmasının XP-endo Shaper eğelerine sağladığı avantajlar firma tarafından şu şekilde bildirilmektedir:

- Kanal duvarlarına minimal stres uygular, dentinde defekt riskini minimuma indirir,
- Preparasyon sırasında oluşan debrisin daha rahat uzaklaştırılmasını sağlar,
- Eğenin kanal düzensizliklerine adaptasyonunu artırır,
- Döngüsel yorgunluğa karşı direnç sağlar,
- Agresif olmayan ve konservatif bir tedavi yapılmasına olanak tanır (FKG Dentaire, 2017).

XP-endo Shaper eğe sistemi ile preparasyon yapılırken üretici firma en az ISO 15 numaralı K tipi el eğesi ile bir rehber yol oluşturulmasını önermiştir. Daha sonra irrigasyon solüsyonu uygulanarak XP-endo Shaper eğesi çalışma uzunluğuna ulaşınca kadar hafif ileri-geri hareketlerle kullanılır. Çalışma uzunluğuna beş ileri-geri harekette ulaşamazsa eğe kanaldan çıkarılarak temizlenir ve kanal irriga edilir. Firma, bu eğe sisteminin gagalama hareketi ile kullanılmasını önermemektedir. Çalışma boyuna ulaşıldığında XP-endo Shaper yeni bir 15 ileri-geri hareketle kullanılarak preparasyon tamamlanır (FKG Dentaire, 2017).

1.4.4. 2Shape

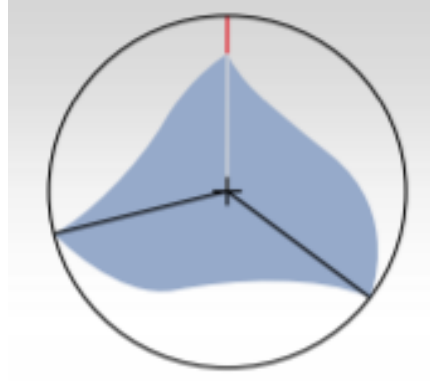
2Shape döner eğe sistemi (Micro-Mega, Besancon, France), 2017 yılında Micro-Mega firması tarafından piyasaya sunulmuştur. Bu eğe sisteminin standart olarak TS1 ve TS2 olmak üzere 2 adet şekillendirme eğesi vardır (Şekil 1.11). İki eğenin de apikal çapı 0,25 mm olup, taperları sırasıyla 0,04 ve 0,06'dır. Opsiyonel olarak F35 ve F40 olarak iki eğesi daha bulunmaktadır. F35 eğesinin, geniş ve düz kanallarda kullanılması önerilmiş olup apikal çapı 0,35 mm, taperı 0,06'dır. F40 eğesinin ise ince ve kurvatürlü kanallarda kullanımı önerilmiş olup 0,40 mm apikal çapı ve 0,04 taperı vardır (Micro-Mega, 2018). 2Shape eğe sisteminin 21mm, 25mm, 31mm uzunluğunda eğe seçenekleri de mevcuttur.

2Shape eğe sistemi, sürekli rotasyon hareketi ile kullanılan T Wire teknolojisi ile üretilmiş bir eğe sistemidir. Üretici firma, T Wire'ın eğelerin esnekliğini ve döngüsel yorgunluğa karşı direncini arttırdığını iddia etmektedir.



Şekil 1.11. 2Shape döner eğe sistemi (Micro-Mega, 2018)

2Shape eğesinin, enine kesiti üçlü heliks yapısına sahiptir (Şekil 1.12). İki aktif kesici kenarı ve bir de aktif olmayan kesici kenarı bulunmaktadır. Bu aktif olmayan kesici kenarı eğe üzerindeki stresi azaltırken debris çıkışını kolaylaştırmaktadır (Micro-Mega, 2018 ve Uslu ve ark., 2018).



Şekil 1.12. 2Shape döner eğe sisteminin enine kesiti (Micro-Mega, 2018)

Kök kanal preparasyonu 2Shape eğe döner sistemi ile yapılırken öncelikle küçük numaralı el eğeleri ile rehber yol oluşturulur. Daha sonra TS1 eğesi ile çalışma boyunda preparasyon yapılır. TS1 eğesi ile preparasyon tamamlandıktan sonra TS2 eğesine geçilir. TS2 eğesi çalışma boyunda kullanılarak preparasyon tamamlanır. 2Shape döner eğeleri fırçalama hareketi ile kullanılmalıdır ve her eğe değişiminde irrigasyon yapılmalıdır. Geniş kanallarda F35 ve F40 eğeleri de kullanılabilir. Firmanın önerdiği hız 250-400 rpm, tork ise 2,5 Ncm'dir (Micro-Mega, 2018).

1.5. Kök Kanal Preparasyonu Sırasında Kök Dentininde Oluşabilecek Defektler

Dentin dokusu, dişin hacim ve ağırlık olarak büyük kısmını oluşturan mineralize sert bir dokudur. Dentin; tübüller, dentin tübüllerinin etrafında bulunan peritübüler dentin, tübüllerin arasında konumlanan intertübüler dentin ve dentin sıvısı olmak üzere dört kısımdan oluşmaktadır.

Dentin tübülleri, pulpadan mine dentin birleşimine kadar dentin boyunca uzanırlar. Pulpadan dentin mine birleşimine doğru tübül çapları ve yoğunlukları azalmaktadır. Tübüller, protein açısından zengin intertübüler dentin içine gömülmüş mineral bakımından zengin peritübüler dentin ile sınırlandırılmıştır. Bu yapısal tasarım (anizotropi ve homojen olmama) dentinin mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etki gösterir. Elastik modül, gerilme direnci ve kırılma dayanımı dentinal tübüller gibi yapısal elemanların yönüne bağlıdır (Eltit ve ark.,2013).

Iwamoto ve Ruse (2003)'un çalışmasında, dentin dokusunun anizotropik kırılma dayanımı (fracture toughness: materyalin kırılması için gerekli enerji) gösterdiği ve kuvvet tübüllere paralel olunca kırılma dayanımının yüksek, tübüllere dik olduğunda kırılma dayanımının daha düşük olduğu sonucuna varmışlardır.

Lertchirakarm ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada kök dentinin gerilme direncinin tübül oryantasyonuna bağlı olduğunu göstermişlerdir. Uygulanan kuvvetin tübül eksenine paralel olduğunda düşük gerilme direnci, tübül eksenine dik olduğunda yüksek gerilme direnci gösterdiğini bildirmişlerdir.

Kök kanallarının preparasyonu sırasında eğe ile kanal duvarı arasındaki temas dentin dokusuna gerilme uygular. Kök kanalı duvarındaki gerilme stresi, dentin gerilme direncini aştığında “mikro çatlaklara” ve “çizgisel çatlaklara” (craze line) neden olabilir (Shantiaee ve ark., 2019). Çizgisel çatlak; pulpa boşluğuna ya da kökün dış yüzeyine ulaşmayan dentin dokusunun içinde sınırlı kalan dentin defektleridir. Kök kanal lümeninden başlayıp dişin dış yüzeyine kadar uzanan çatlaklar “tamamlanmış çatlak” olarak adlandırılırlar. “Tamamlanmamış çatlaklar” ise dişin dış yüzeyinden ya da kanal lümeninden başlayıp dentinde sonlanırlar. Kırık, çatlak, kusur, defekt gibi terimler birbirlerinin yerine kullanılabilirler (Bürklein ve ark., 2013).

Enstrümantasyonun sebep olduğu dentinal defektler, oklüzal kuvvetlerin etkisiyle ilerleyebilir ve derinleşebilir. Defektlerin dikey yönde ilerlemesi ile oluşan vertikal kök kırıkları, endodontik tedavi görmüş dişlerin prognozunu olumsuz yönde etkileyen bir komplikasyondur. Çoğunlukla ilgili dişin çekimiyle sonuçlandığından klinisyenler açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle kök kanal preparasyonu sırasında diş dokusuna en az zarar veren eğe sisteminin kullanılması vertikal kök kırığı riskini düşürerek, kanal tedavisinin prognozunu artırır (Shantiaee ve ark., 2019).

NiTi sistemleriyle kök kanal preparasyonu sonucunda dentinde oluşan hasarlar konusunda fikir birliği yoktur. Yapılan çeşitli çalışmalarda, NiTi eğeler ile kök kanal preparasyonu sonucunda dentinal defekt oluştuğu ve bunların vertikal kök kırıklarına neden olabilecekleri rapor edilmiştir (Ashwinkumar ve ark., 2014; de Oliveira ve ark.,

2017 ve Yoldaş ve ark., 2012). Kanal şekillendirme sırasında birçok faktör defektlere neden olabilir; döner sistem eğelerinin enine kesit şekli, koniklik açısı, apikal genişletme miktarı ve çalışma uzunluğuna göre kök dentinindeki oluşturduğu stresler değişkenlik göstermektedir. Stres, dentin üzerindeki düzensiz alanlarda artar ve dentin dokusunu çatlak oluşumu için duyarlı hale getirir (Yoldaş ve ark., 2012).

Dentinde oluşan çatlak ve defektlerin oluşumu birçok çalışmada değerlendirilmiş ve farklı inceleme metodları kullanılmıştır.

1.6. Dentin Defektlerinin İnceleme Yöntemleri

1.6.1. Endoskopi

Endoskopi 1806 yılında Philipp Bozzini tarafından tanıtılmıştır. İçi boş organların ya da kanal şeklindeki yapıların içlerinin özel aletler yardımıyla incelenmesine endoskopi adı verilir. Endodontide endoskopun ilk kez 1979'da dental kırıkların teşhisinde kullanıldığı literatürde bildirilmiştir (Detsch ve ark.,1979). von Arx ve ark. (2010), yaptıkları bir çalışmada endoskopiye dentinal defektlerin tespitinde kullanmışlardır.

1.6.2. Kesit Alma

Bu teknikte çekilmiş dişler akrilik bir kalıp içine gömülür ve bu kalıp bir mufla içine yerleştirilerek beyaz alçı dökülür. Hazırlanan bu model akrilik kalıbın istenildiği zaman alçıdan çıkarılması ve aynı konumda yerleştirilmesi açısından önemlidir. Akrilik bloktan belirli seviyelerde enine kesitler elde edilerek kök kanal preparasyonu öncesi görüntüleri alınır. Daha sonra kesitler yeniden muflaya yerleştirilerek kanal preparasyon yapılır ve kesitler tekrar fotoğraflanır. Böylece preparasyon öncesi ve sonrası kesit görüntüleri elde edilerek değerlendirme yapılır (Güneşer ve ark., 2017).

1.6.3. Kızılötesi Termografi

Bu yöntemin temelini; herhangi bir madde içerisinde kusur (çatlak, kırık vb.) olduğu zaman maddenin içerisindeki ısı akımının değişmesi oluşturur. Isı akımında değişiklik olduğu zaman madde yüzeyinde kısmi ısı değişimi olmaktadır. Bu şekilde, madde yüzeyinde termal şekiller oluşur. Bu termal şekillerin gözle görülebilir hale getirilmesi ise termografiyi oluşturur. Bu yöntemde kullanılan kızılötesi ışınlar, X ışınlarına kıyasla daha az zararlıdır (Tan Jen-Hong ve ark., 2009). Matsushita-Tokugawa ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada 20 adet yeni çekilmiş dişlerin kök kanal preparasyonundan sonra Kızılötesi Termografi'yi dentinal defektleri saptamak için kullanmışlardır.

1.6.4. Optik Koherens Tomografi

Optik Koherens Tomografi, kızılötesine yakın bir ışık yardımı ile dokuların yüksek çözünürlüklü incelenmesini sağlayan bir görüntüleme tekniğidir. Temelini, ışığın değişik yüzeylerden geçerken gösterdiği yansıma farklarının belirlenmesi oluşturur. Bu teknikte doku penetrasyonu yüksek ve biyolojik herhangi bir zararı bulunmayan kızılötesine yakın dalga boyunda bir ışık kullanılır (Katkar ve ark., 2018). Shemesh ve ark. (2008), mandibuler premolar dişlerde kök kanal preparasyonu sonrası oluşan dentinal defektleri Optik Koherans Tomografi yöntemini kullanarak incelemişlerdir.

1.6.5. Stereomikroskop

Stereomikroskop kök apeks anatomisinin incelenmesi, kök kanal preparasyonunun ve dolgusunun değerlendirilmesinde endodontik bir araştırma aracı olarak kullanılmaktadır. Çalışmalarda örneklerden belirli seviyelerde kesitler alınır ve bu kesitler stereomikroskop altında incelenirler. Literatürde kanal aletlerinin ve döner alet sistemlerinin oluşturduğu dentinal defektler üzerine yapılan çalışmaların büyük

çoğunluğu, kökün farklı seviyelerinden alınan kesitlerin stereomikroskop ile doğrudan gözlemlenmesine dayanır (Arslan ve ark., 2014; Bier ve ark., 2009; Çapar ve ark., 2014a; Dane ve ark., 2016; Karataş ve ark., 2016; Monga ve ark.2015; Stringheta ve ark., 2017 ve Yoldaş ve ark., 2012). Ancak stereomikroskop ile inceleme için dıştan kesit alma işlemlerinin dentinde ilave çatlaklara yol açabileceği rapor edilmiştir (De-Deus ve ark., 2014 ve Zuola ve ark., 2017).

1.6.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Organ, doku ve hücrelerin topografik görüntülerini incelemek için kullanılır. SEM, elektron demetinin örnek yüzeyini taraması prensibiyle çalışır. Elektron ışını örneğin yüzeyine çarptıktan sonra geriye yansır ve yansıyan elektronlar bir detektör tarafından toplanır. Endodontide ilk olarak 1975 yılında smear tabakasının varlığını göstermek için kullanılmıştır (McComb ve Smith, 1975). Litaratürde dentin dokusunda oluşan defektleri tespit etmek için SEM yöntemi kullanılmıştır (Ashwinkumar ve ark., 2014; Çiçek ve ark., 2015 ve Silva Santos ve ark., 2018). Ancak dış gibi iletken olmayan örneklerin SEM ile incelenmesi için fiksasyon ve dehidrasyon gibi aşamalardan geçmesi gerekir. Shemesh ve ark. (2018), dehidrasyon işleminin kök kanal preparasyonundan bağımsız olarak yeni dentinal defektlere neden olduğunu rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Çapar ve ark. (2019), yaptıkları bir çalışmada SEM yönteminin preparasyon işlemlerinden bağımsız olarak yeni dentin defekti oluşturduğunu gözlemlemişlerdir.

1.6.7. LED (Light Emitting Diode) Transillüminasyon

Transillüminasyon, herhangi bir organ ya da vücut boşluğunun arkasından verilen kuvvetli ışıkla aydınlatılarak yapılır ve 1960'lardan beri diş hekimliğinde tanı ve tedavi amaçlarıyla kullanılmaktadır. LED 'ışık yayan diyot' kelimelerinin baş harflerinin kısaltılmasıyla oluşturulmuş bir terimdir Transillüminatörler için seçilen LED'ler, görünür ışık spektrumunda (~ 400-700 nm) enerji salar. Dentin ve havanın

kırılma indekslerinin farklılıkları nedeniyle (sırasıyla 1,5 ve 1,0), çatlakla karşılaşan ışık ışınları, çatlaktan geçemez ve karanlık görülür (Rıvera ve Walton, 2015). Shantiaee ve ark. (2019), stereomikroskop kullanarak yaptıkları bir çalışmada, LED transillüminasyon yöntemi ile tespit edilen dentinal defektlerin, konvansiyonel ışık altında gözlemlenemediğini bildirmişlerdir.

1.6.8. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (mikro-BT)

1980'lerin başında Jim Elliott ilk X ışınlı mikro bilgisayarlı tomografi cihazını geliştirdi. "Mikro" terimi, piksel boyutlarının mikrometre aralığında olduğunu belirtmek için kullanılmıştır. Bu cihaz Bilgisayarlı Tomografiye göre çok daha iyi çözünürlüğe sahiptir (Swain ve Xue 2009). Bilgisayarlı Tomografiden farklı olarak X ışını kaynağı ve dedektör sabittir, cihaz içine yerleştirilen örnek vertikal eksen içinde döndürülerek taranır. Bu görüntüleme prosedürü örneklerle zarar vermez, bu sayede farklı bir inceleme yöntemiyle tekrar incelenmesine olanak sağlar.

Mikro-BT cihazı; X-ışını tüpü, üzerine sabitlenen örneği belli aralıklar ile çeviren adım motoru, ortamdaki X-ışınını kamera sensörü üzerine yoğunlaştıran görüntü yoğunlaştırıcı, üzerine düşen X-ışınlarını görüntü verisine çeviren bir CCD kamera, görüntü toplayıcısı ve tüm bunları kontrol eden bir bilgisayardan oluşmaktadır.

Endodontide mikro-BT ilk olarak kök kanal morfolojisinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır (Nielsen ve ark., 1995). Aynı zamanda kök kanal preparasyonunun değerlendirilmesi, kök kanal dolgusunun ve retreatmenttan sonra kalan dolgu materyalinin incelenmesi gibi aşamalarda da kullanılmaktadır.

İnvaziv olmayan bu teknoloji, diş başına yüzlerce kesiti değerlendirme olanağı sunar. Kök kanal preparasyonu öncesinde de örneklerin değerlendirilmesine izin vererek varolan çatlakları belirlemeye yardımcı olması ve dentinal çatlakları kontrast madde kullanımına gerek kalmadan üç boyutlu görüntülemeye olanak sağlaması

avantajlarıdır. Mikro-BT çalışmalarında her bir örnek aynı zamanda kendi kontrolü olduğundan deneyin iç geçerliliğini artırır. (De-Deus ve ark., 2014; De-Deus ve ark.,2015 ve Zuola ve ark., 2017). Bu nedenle mikro-BT, son yıllarda endodontik araştırmalarda oldukça popüler hale gelmiştir.

Avantajlarının yanında örneklerin mikro-BT tarama ve rekonstrüksiyon (yeniden yapılandırma) işlemlerinin zaman alması, yüksek radyasyon dozu, klinik kullanım için uygun olmaması ve pahalı olması bu görüntüleme tekniğinin dezavantajlarıdır. Ancak mikro-BT tekniği günümüzde araştırmalarda sıklıkla kullanılmakta olup, en güvenilir teknikler arasında yer almaktadır (Keleş ve Alçın, 2015).

1.7. Konu ile İlgili Çalışmalar

De-Deus ve ark. (2014), çalışmalarında mandibuler dişlerin mezial kanallarının preparasyonunda Reciproc, WaveOne ve BioRace döner eği sistemlerini kullanmışlar ve preparasyon sonrası oluşan mikro çatlakları mikro-BT ile incelemişlerdir. Araştırmacılar döner eği sistemlerinin mikro çatlak oluşturmadığını ve mikro-BT'nin dentinal defektlerin değerlendirilmesinde güvenilir bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Ashwinkumar ve ark. (2014), mandibuler dişlerin mezial kökleri üzerinde yaptıkları çalışmada; ProTaper el eğesi, ProTaper Universal ve WaveOne eğe sistemleri ile kök kanal preparasyonu sonrası oluşan dentinal defektleri, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelemişlerdir. Preparasyonda kullanılan bütün sistemler dentinal defekt oluşturmuştur.

Çapar ve ark. (2014a), çalışmalarında mandibuler premolar dişleri kullanmışlardır. Dişlerin kök kanal preparasyonları; ProTaper Universal, ProTaper Next ve HyFlex döner eği sistemleri kullanılarak yapılmıştır. Örnekler, stereomikroskop yöntemi kullanılarak incelenmiştir ve çatlak yönünden

karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre döner eğe sistemleri değişik derecelerde çatlaklara sebep olmuştur.

De-Deus ve ark. (2015), yaptıkları bir çalışmada; mandibuler dişlerin mezial kanallarının preparasyonunda ProTaper Next ve Twister File Adaptive sistemlerini kullanmışlar ve mikro-BT görüntüleme yöntemi ile mikro çatlakları değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, her iki döner eğe sisteminin de mikro çatlak oluşturmadığını rapor etmişlerdir.

Coelho ve ark. (2016); mandibuler molar dişlerin mezial kanallarına Profile, WaveOne Gold ve TRUShape eğe sistemlerini kullanarak preparasyon yapmışlardır. Kök kanal preparasyonu sonrası dentinal defekt oluşumunu LED (Light Emitting Diode) transillüminasyon yöntemi kullanarak incelemişlerdir. Bütün döner eğe sistemlerinin dentinal defekt oluşturduğunu gözlemlemişlerdir.

Karataş ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada mandibuler keser dişlerin kanal preparasyonunu ProTaper Universal, ProTaper Gold, ProFile Vortex, F360 ve Reciproc eğe sistemleri ile yapmışlar ve preparasyon sonrası oluşan çatlakları stereomikroskop ile incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre F360 döner eğe sistemi çatlak oluşturmazken diğer döner eğe sistemleri çatlak oluşturmuştur.

Bayram ve ark. (2017a), çalışmalarında mandibuler premolar dişlerin kök kanal preparasyonları için ProTaper Universal, ProTaper Gold, SAF ve XP-endo Shaper eğe sistemlerini kullanmışlardır. Oluşan mikro çatlakları mikro-BT görüntüleme yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Sadece ProTaper Universal döner eğe sisteminin preparasyon sırasında yeni mikro çatlak oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Bayram ve ark. (2017b), başka bir çalışmalarında; HyFlex CM, HyFlex EDM, Vortex Blue ve TRUshape eğe sistemleriyle mandibuler keser dişlerin kök kanal preparasyonunu yapmışlardır. Kök kanal preparasyonu sonrası mikro çatlak

oluşumunu mikro-BT kullanarak incelemişlerdir. Araştırmacılar ısıtma işlemi görmüş bu döner eğe sistemlerinin mikro çatlak oluşturmadağını rapor etmişlerdir.

De-Deus ve ark. (2017), kadavra maksiller premolar dişler üzerinde yaptıkları çalışmada Reciproc ve ProTaper Universal eğe sistemlerini kullanarak, preparasyon sonrası mikro çatlak oluşumunu mikro-BT ile incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre her iki döner eğe sistemi de mikro çatlak oluşturmamıştır.

de Oliveira ve ark. (2017), çalışmalarında mandibuler kesici dişleri kullanmışlardır. Kök kanal preparasyonları ProTaper Universal el eğesi, HyFlex CM ve Reciproc eğe sistemleri kullanılarak yapılmış ve preparasyon sonrası oluşan mikro çatlakları mikro-BT ile incelemişlerdir. Kullanılan eğe sistemlerinin çatlak oluşturmadağını saptamışlardır.

Zuola ve ark. (2017), mandibuler kesici dişlerin preparasyonunu TRUShape, SAF, BioRac ve Reciproc eğe sistemleri ile yapmışlardır. Örnekleri mikro-BT ile tarayıp mikro çatlak yönünden incelemişlerdir. Çalışmada kullandıkları döner eğe sistemlerinin, mikro çatlak oluşturmadağını gözlemlemişlerdir.

Aksoy ve ark. (2019), mandibuler molar dişlerin mezial kökleri üzerinde yaptıkları çalışmada kök kanal preparasyonu için XP- endo Shaper, Reciproc Blue ve ProTaper Universal döner eğe sistemlerini kullanmışlardır. Daha sonra örnekler, mikro-BT yöntemi kullanılarak mikro çatlak yönünden incelenmiştir. Araştırmacılar ProTaper Universal döner eğe sisteminin mikro çatlak oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Çapar ve ark. (2019), çalışmalarında mandibuler molar dişlerin mezial kanallarını ProTaper Universal eğe sistemi kullanarak prepare etmişlerdir. Mikro çatlakları; mikro-BT, stereomikroskop, SEM ve Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi kullanarak incelemişler ve bu görüntüleme yöntemlerini karşılaştırmışlardır.

Uğur Aydın ve ark. (2019), mandibuler molar dişlerin mezial köklerini kullanarak yaptıkları çalışmada örnekleri üç gruba ayırarak kök kanal preparasyonlarını; XP-endo Shaper, WaveOne Gold ve Reciproc Blue eğe sistemleri ile yapmışlar ve bu sistemleri mikro çatlak oluşturma yönünden mikro-BT kullanarak incelemişlerdir.

PradeepKumar ve ark. (2019), da kadavra üzerinde yaptıkları çalışmada maksiller ve mandibuler premolar dişleri kullanmışlardır. ProTaper Universal el eğesi ve ProTaper Universal ile kök kanallarının preparasyonu sonrası kökte oluşan dentinal mikro çatlakları mikro-BT kullanarak incelemişlerdir. Test edilen eğe sistemleri mikro çatlak oluşturmamıştır.

Shantiaee ve ark. (2019), mandibuler premolar dişler üzerinde yaptıkları çalışmada kök kanal preparasyonu için el eğesi, ProTaper Universal, One Shape ve WaveOne döner eğe sistemlerini kullanmışlardır. Kökten kesit alarak LED (Light Emitting Diode) transillüminasyon yöntemiyle dentinal çatlakları incelemişlerdir. Araştırmacılar One Shape ve WaveOne döner eğe sistemlerinin diğer gruplara göre daha fazla çatlak oluşturduğunu rapor etmişlerdir.

Amaç;

Kök kanal preparasyonu için kullanılan eğe sistemlerinin dentin üzerinde oluşturabilecekleri defektler birçok çalışmada değişik yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Her geçen gün yeni materyallerin ve sistemlerin geliştirilmesi ile yeni araştırmalar ve karşılaştırmalı analizler yapılmaktadır. Biz de bu çalışmamızda, alt keser dişlerin kök kanallarının; ProTaper Universal, ProTaper Next, XP-endo Shaper ve 2Shape döner eğe sistemleri ile preparasyonları sırasında kök dentininde meydana gelebilecek mikro çatlakları mikro-BT yöntemi kullanarak incelemeyi amaçladık.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Örneklerin Seçilmesi ve Çalışma İçin Dişlerin Hazırlanması

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu'nun 28.01.2019 tarihli 01/08 sayılı onayı ile yapıldı. Periodontal nedenlerle çekilmiş 100 adet mandibuler keser diş çalışma kriterlerine uygun olanların seçilmesi için toplandı. Çekilen dişler 24 saat %2,5'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonunda bekletildikten sonra kök yüzeylerindeki sert ve yumuşak doku artıkları periodontal küret yardımıyla uzaklaştırıldı. Dişler, deney aşamasına kadar distile suda saklandı. Standardizasyonu sağlamak için düz ve tek köklü, çürük ve restorasyon bulunmayan, kök gelişimi tamamlanmış dişler çalışmaya dahil edildi. İlk olarak x12 büyütme altında steromikroskop (Zeiss Stemi, Carl Zeiss) ile incelenerek kök yüzeyinde kırık, çatlak olan dişler çalışma dışı bırakıldı. Daha sonra dişler; kök kanal konfigürasyonlarını belirlemek, internal rezorpsiyon ve kalsifikasyon bulunanları elimine etmek için Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (ProMax 3Ds, Planmeca Oy, Helsinki, Finland) ile tarandı. Cihaz 5x5 cm görüş alanı, 90 kVp ve 6,3 mA de kullanıldı. Elde edilen veriler 0,48 mm dilim kalınlığı ile yeniden yapılandırıldı. Görüntüleri düzlemlerde değerlendirmek için Romexis Viewer (Planmeca Oy) yazılımı kullanıldı. Tarama sonrasında, kök kanal konfigürasyonu Vertucci sınıf 1 olan 40 adet mandibuler keser diş seçildi. Kök uzunluğunun standardizasyonunu sağlamak için kök boyu apekten 12 mm olacak şekilde; dijital kumpas kullanılarak ölçüldü (Şekil 2.1). Daha sonra dişlerin kuronları su soğutması altında hassas kesim cihazı (Micracut cihazı, Metkon; Bursa, Türkiye) kullanılarak uzaklaştırıldı (Şekil 2.2).



Şekil 2.1. Dişlerin digital kumpas yardımıyla ölçülmesi



Şekil 2.2. Dişlerin Micracut ile kron bölümlerinin uzaklaştırılması

2.2. Kök Kanal Çalışma Boyunun Belirlenmesi ve Deney Düzeneklerinin Hazırlanması

Kök kanallarına 10 numaralı K tipi eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) yerleştirildi ve apikal foramenden görülmeye kadar ilerletildi (Şekil 2.3). Çalışma boyu, bu boydan 1 mm kısa olacak şekilde hesaplandı ve kaydedildi.



Şekil 2.3. Kök kanal çalışma boyunun belirlenmesi

Daha sonra örnekler, genişletme ve şekillendirme işlemleri sırasında çevreden izole etmek ve ağız içindeki durumlarını taklit etmek amacıyla silikon ölçü maddesi (Express XT, 3M ESPE, Neuss, Germany) içerisine yerleştirildi (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Örneklerin silikon ölçü maddesi içine yerleştirilmesi

2.3. Deney Gruplarının Oluşturulması

Örnekler her birinde 10 diş bulunan (n=10) dört farklı deney grubuna rastgele ayrıldı ve numaralandırıldı. Deney grupları kullanılacak döner eğe sistemlerine göre aşağıdaki şekilde oluşturuldu:

Grup 1: ProTaper Universal NiTi Döner Eğe Sistemi

Grup 2: ProTaper Next NiTi Döner Eğe Sistemi

Grup 3: XP-endo Shaper NiTi Döner Eğe Sistemi

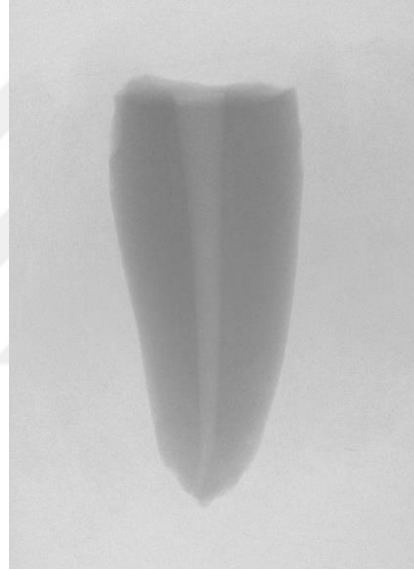
Grup 4: 2Shape NiTi Döner Eğe Sistemi

2.4. Kök Kanal Preparasyonu Öncesi Mikro-BT Taraması

Tüm örnekler, kök kanal preparasyonundan önce örnek numaralarına dikkat edilerek bir mikro-BT cihazı (Bruker Micro-CT SkyScan 1173, Kontich, Belgium) (Şekil 2.5) ile tarandı. Örnekler mikro-BT cihazının döner platformu üzerine sabitlendi ve cihazın X ışını kaynağı 100 kV ve 100 µA olacak şekilde ayarlandı. Her bir örnek 360° tarandı ve tarama süresi 48 dakika olarak ayarlandı. Her görüntü 400 ms pozlandı. Her açıdan 3 kez görüntü alınıp görüntüler birleştirildi ve tek görüntü haline getirildi. Böylece gürültü (noise) oranı azaltıldı. Cihazın diğeri ayar ve parametreleri üretici firmanın önerisi doğrultusunda yapıldı. Taramalar sonucunda her bir örneğin piksel boyutu 10 µm olacak şekilde ham görüntüleri elde edildi (Şekil 2.6).



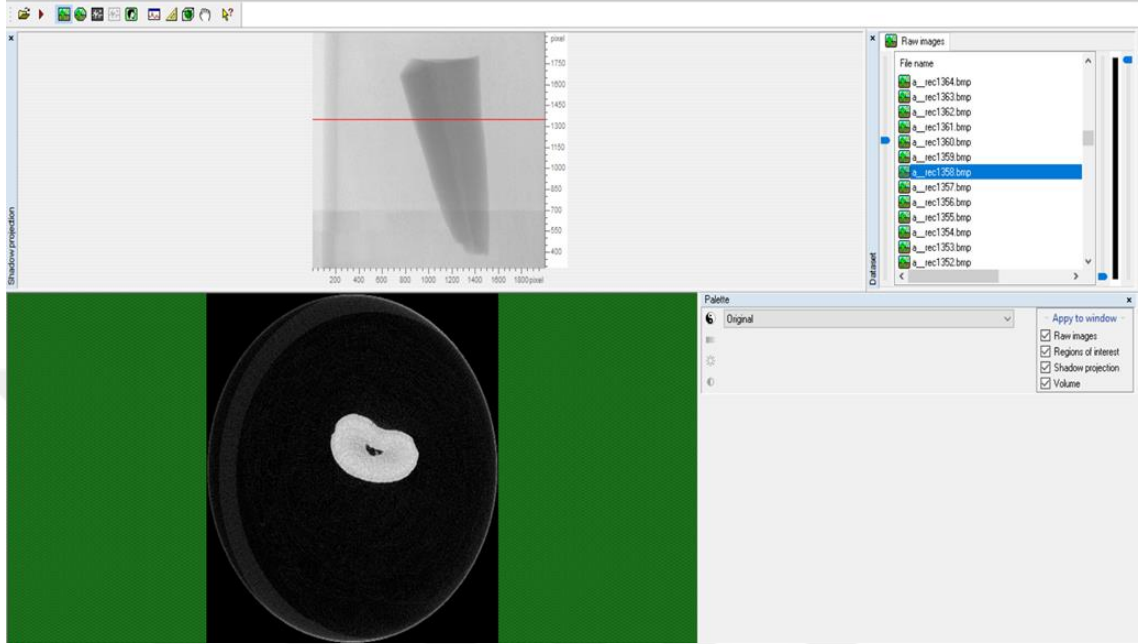
Şekil 2.5. Çalışmada kullanılan mikro-BT cihazı



Şekil 2.6. Tarama sonucu elde edilen ham görüntü

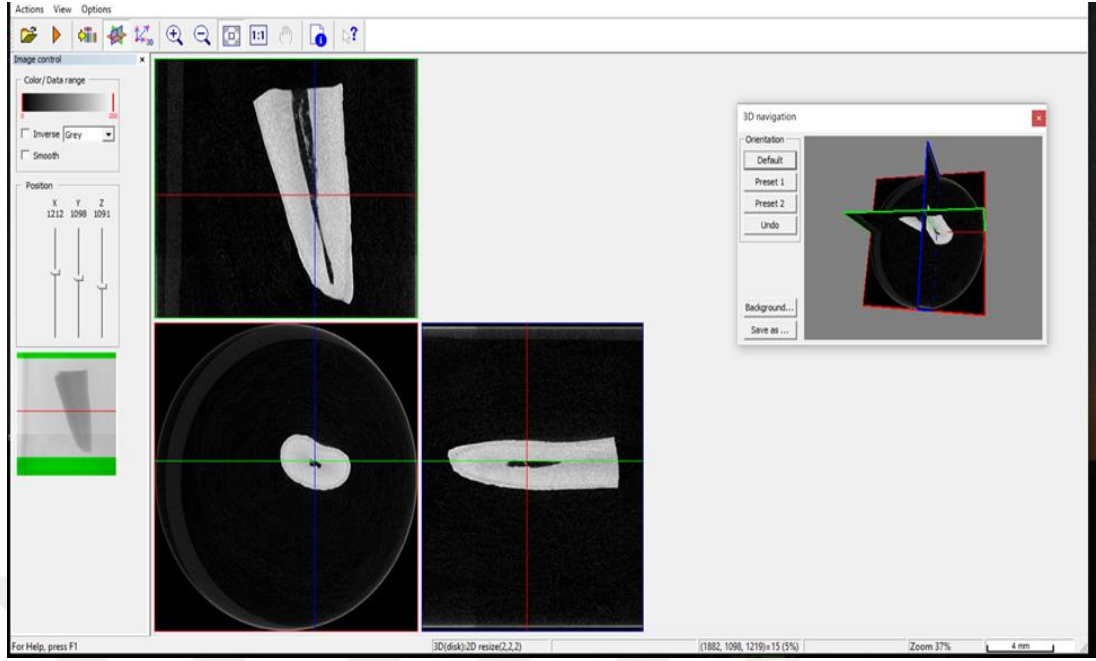
Örneklerin rekonstrüksiyonu için mikro-BT taramaları ile elde edilen ham görüntüleri birleştirerek her örneğin iç yapısının incelenmesini sağlayan bir bilgisayar (NRecon ver. 1.6.5.2, SkyScan, Kontich, Belgium) yazılımı kullanıldı. Çalışmamızda nicelik ölçümlerinin ve görüntülerinin yapılandırılmasında daha önceden Feldkamp ve ark. (1989)'nın tanımladığı algoritma kullanıldı. Rekonstrüksiyon için halka artifaktı 8, düzleştirme parametresi 3, sertleştirme düzleştirme (hard beaming) %38 olacak şekilde belirlendi. Kontrast ayarları ise üretici firma talimatlarına göre ayarlandı. Bir örnekten 2 boyutlu 1024 kesit elde edildi. Ham görüntüler bilgisayar yazılımı ile birleştirilerek her örneğin iç yapısının incelenmesine olanak sağlayacak şekilde BMP formatında kesitler elde edildi. Bu kesitler; mikro-BT cihazıyla yapılan taramalardan

elde edilen verileri kantitatif parametreler ve görsel modeller oluşturmakta kullanılan, densitometrik ve morfometrik ölçümlere olanak sağlayan bir başka yazılım (CTAn ver. 1.16.4.1. Sky Scan, Kontich, Belgium) programına aktarıldı (Şekil 2.7).

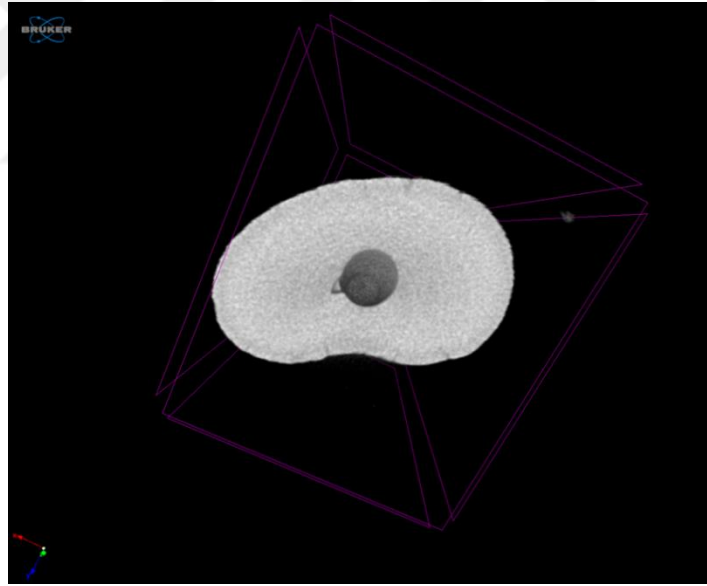


Şekil 2.7. Kesitlerin CTAn programında değerlendirilmesi

Ayrıca bir bilgisayar yazılımı ile (Data Viewer SkyScan, Kontich, Belgium) görüntülerin x, y, z düzlemlerinde konumlandırılması (Şekil 2.8), başka bir yazılım (CTvox ver. 2.0.6. SkyScan, Kontich, Belgium) ile de örneklerin 3 boyutlu olarak görüntülenmesi sağlandı (Şekil 2.9).



Şekil 2.8. Bir örneğin x, y, z düzlemlerinde Data Viewer ile görüntülenmesi



Şekil 2.9. CTvox ile bir örneğin üç boyutlu görüntülenmesi

2.5. Kök Kanal Preparasyonu

Preparasyon öncesi taramaların kontrolleri tamamlandıktan sonra kanal preparasyonu işlemine geçildi. NiTi döner eğeler, bir endodontik motor ile beraber kullanılarak (X Smart Plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) (Şekil 2.10)

örneklerin preparasyonlarına başlandı. Her NiTi eğe üç adet kanalın preparasyonu için kullanıldı. Eğe üzerinde biriken debrisler alkollü bir tampon ile uzaklaştırıldı. Preparasyon işlemleri sırasında her eğe değişiminde kök kanalları, 2 ml %2,5'lik NaOCl solüsyonu ile 30 gauge irrigasyon iğnesi kullanılarak yıkandı. Bütün gruplarda standardizasyonu sağlamak için irrigasyonda toplam 15 ml %2,5'lik NaOCl kullanıldı. Final irrigasyonu ise 5 ml distile su ile yapıldı. Bütün işlemler, tek bir operatör tarafından gerçekleştirildi. Kök kanallarının preparasyonu tamamlandıktan sonra tekrar mikro-BT taraması yapılınca kadar dişler distile su içinde saklandı.



Şekil 2.10. Preparasyonda kullanılan X Smart Plus Endodontik Motor

2.5.1 Grup 1: ProTaper Universal NiTi Döner Eğe Sistemi

Bu gruptaki örneklerin kök kanal preparasyonunda ProTaper Universal (Dentsply Maillefer) (Şekil 2.11) döner eğeleri X Smart Plus (Dentsply Maillefer) endodontik motorun 250 rpm hız ayarında önerilen sırayla ve rotasyon hareketi ile kullanıldı. İlk olarak 2 ml NaOCl ile irrigasyon yapıldıktan sonra ISO 10 ve 15 numaralı K tipi (Dentsply Maillefer) el eğeleri kullanılarak rehber yol oluşturuldu. Daha sonra sırasıyla SX (19/0,035) ve S1(17/0,02) eğeleri 3 Ncm tork ile kanalda fırçalama hareketi yapılarak kullanıldı. S1 eğesi ile preparasyon tamamlandıktan sonra S2 (20/0,04) eğesi endodontik motorun 1 Ncm tork ayarında çalışma boyunda

kullanıldı. Takiben sırasıyla F1 (20/0,07) eğesi 1,5 Ncm tork ile, F2 (25/0,08) eğesi ise 2 Ncm tork ile çalışma boyunda kullanılarak preparasyon tamamlandı. Şekillendirme sırasında her eğe değişiminde 2 ml %2,5'lik NaOCl ile irrigasyon yapıldı. En sonunda 1 ml NaOCl irrigasyonu ilave edilerek toplam irrigasyon 15 ml'ye tamamladı.



Şekil 2.11. Çalışmada kullanılan ProTaper Universal döner eğe sistemi

2.5.2. Grup 2: ProTaper Next NiTi Döner Eğe Sistemi

Bu gruptaki örneklerin kök kanal preparasyonu, rotasyonel hareketle çalışan ProTaper Next (Dentsply Maillefer) (Şekil 2.12) NiTi döner eğe sisteminin X1 (17/0,04) ve X2 (25/0,06) enstrümanları 300 rpm ve 2 Ncm tork değerlerinde kullanılarak yapıldı. Genişletme öncesi 2 ml %2,5 NaOCl ile irrigasyon yapıldıktan sonra ISO 10 ve 15 numaralı K tipi eğeler (Dentsply Maillefer) ile rehber yol oluşturuldu. Rehber yol oluşumunu takiben ProTaper Next döner eğe sisteminin X1 eğesi fırçalama hareketi ile çalışma boyunda kullanıldıktan sonra X2 eğesi çalışma boyunda kullanılarak preparasyon tamamlandı. Her eğe değişiminde %2,5'lik NaOCl ile 2 ml irrigasyon yapıldı. X2 eğe ile preparasyondan sonra 7 ml NaOCl ile irrigasyon yapılarak toplamda 15 ml solüsyon kullanılmış oldu.



Şekil 2.12. Çalışmada kullanılan ProTaper Next döner eğe sistemi

2.5.3. Grup 3: XP-endo Shaper NiTi Döner Eğe Sistemi

Bu gruptaki örneklerin kök kanal preparasyonunda XP-endo Shaper döner eğe sistemi kullanıldı. İlk olarak kanallar 2 ml %2,5'lik NaOCl ile yıkandı ve sırasıyla ISO 10 ve 15 numaralı K tipi el eğeleri (Dentsply Maillefer) ile rehber yol oluşturuldu. XP-endo Shaper (30/0,04) (FKG Dentaire) (Şekil 2.13) eğesinin faz dönüşümünün sağlanması için 35°C'de suda bekletildikten sonra preparasyon işlemine geçildi. Preparasyon, üretici firma talimatları doğrultusunda X Smart Plus (Dentsply Maillefer) endodontik motorun hızı 800 rpm ve torku 1 Ncm değerlerinde ayarlanarak yapıldı. XP-endo Shaper eğesi, bir direnç hissedilene kadar kanala yerleştirildi ve hafif geri çekilerek ileri-geri hareketlerle kullanıldı. Beş ileri-geri hareketle çalışma boyuna ulaşamazsa eğe kanaldan çıkarılarak irrigasyon yapıldı. Çalışma boyuna ulaşıldıktan sonra eğe 15 ileri-geri hareketle kullanılarak preparasyon tamamlandı. Kanala uygulanan toplam NaOCl solüsyonu miktarının 15 ml olması için eksik kalan miktar en sonunda tamamlandı.



Şekil 2.13. Çalışmada kullanılan XP-endo Shaper döner eğe sistemi

2.5.4. Grup 4: 2Shape NiTi Döner Eğe Sistemi

Bu gruptaki örneklerin kök kanal preparasyonu 2Shape (Micro-Mega) (Şekil 2.14) NiTi döner eğe sisteminin TS1 (25/0,04) ve TS2 (25/0,06) eğeleri kullanılarak yapıldı. Preparasyon yapılırken üretici firma talimatları doğrultusunda endodontik motorun hızı 300 rpm ve torku 2,5 Ncm olarak ayarlandı. Kanallara 2 ml %2,5 NaOCl ile irrigasyon yapıldıktan sonra sırasıyla 10 ve 15 numaralı K tipi el eğeleri (Dentsply Maillefer) ile rehber yol oluşturuldu. Ardından 2Shape döner eğe sisteminin TS1 eğesi çalışma boyunda fırçalama hareketi ile kullanıldı. TS1 eğesi ile preparasyon tamamlandıktan sonra TS2 eğesi fırçalama hareketi ile kullanılarak kök kanal preparasyonu bitirildi. Şekillendirme sırasında her eğe değişiminde kanallar 2 ml %2,5'lik NaOCl ile yıkandı. Kanallar en son 7 ml NaOCl ile yıkanarak toplam irrigasyon 15 ml'ye tamamlandı.



Şekil 2.14. Çalışmada kullanılan 2Shape döner eğe sistemi

2.6. Kök Kanal Preparasyonu Sonrası Mikro-BT Taraması

Kök kanal preparasyon işlemleri tamamlanan örneklerin postoperatif mikro-BT taraması preparasyon öncesi taramada belirtilen parametreler kullanılarak tekrar yapıldı.

2.7. Mikro-BT Görüntülerinin İncelenmesi

Tarama sonrası elde edilen ham görüntülerin rekonstrüksiyonu NRecon ver. 1.6.5.2 (SkyScan) yazılımı ile yapıldı. Rekonstrükte edilen görüntüler Data Viewer (SkyScan) programı kullanılarak uzayın her üç düzleminde yeniden konumlandırıldı. Elde edilen veriler CTAn programına yüklendi ve analiz edildi. Görüntüler daha sonra CTvox 2.6.0. (Bruker Micro CT, SkyScan, Kontich, Belgium) programında 3 boyutlu hale getirildi.

Toplam olarak 57920 kesit elde edildi. Kesit görüntülerinin incelenmesi 2 gözlemci tarafından bir ay arayla iki kez yapıldı. Mikro çatlaklar belirlenirken kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrasında elde edilen tüm kesit görüntüleri eş zamanlı açılarak değerlendirildi.

Bu çalışmada; kanal lümeninden dentine ya da dış kök yüzeyinden dentine uzanan bütün çizgiler çatlak olarak kabul edildi. Mikro çatlak bulunuyorsa “defekt var” mikro çatlak bulunmuyorsa “defekt yok” olarak tanımlandı. Tüm kök boyunca elde edilen mikro-BT kesit görüntüleri koronal, orta ve apikal olarak üç bölgeye ayrıldı ve mikro çatlakların dağılımı yüzdelik olarak değerlendirilerek hesaplandı.

2.8. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizinde SPSS 21.0 (SPSS Inc, Armonk, NY) paket programı kullanıldı. Sonuçlar her grup için kökün üç bölgesindeki çatlakların görülme sıklığı olarak rapor edildi. Her bir grup için preparasyon öncesi ve sonrası görüntülerde tespit edilen çatlaklar McNemar testi kullanılarak istatistiksel olarak $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirildi. Dört grup arasında meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması ise Ki-Kare testi ile yapıldı. Ayrıca her grubun kendi içindeki preparasyon öncesi ve sonrası ortalama % değişimleri Wilcoxon Signed Rank testi kullanılarak $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirildi.

Gözlemci içi tutarlılık analizinde tekrarlanan değerlendirmeler ve ölçümler arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). İki değerlendirme ve ölçüm arasında toplam gözlemciler arasındaki tutarlılık %93,4 olarak tespit edildi. Tüm ölçümler gözlemciler için yüksek oranda tekrarlanabilir bulundu ve gözlemcilerin iki ölçümü arasında anlamlı bir fark olmadığı görüldü ($p>0,05$).

3. BULGULAR

Kök kanallarının preparasyonunda kullanılan dört farklı NiTi döner eğe sisteminin mikro çatlak oluşturma etkilerinin incelendiği bu çalışmada; 40 adet dişe ait toplam olarak 57920 kesit elde edildi ve kesitlerin %44'ünde (n=12742) mikro çatlak olduğu belirlendi (Şekil 3.1).

Tüm gruplarda preparasyon öncesi ve sonrası kök kanalının apikal, orta ve koronal bölgelerinde tespit edilen mikro çatlakların oranı Çizelge 3.1 ve Şekil 3.2'de yüzde (%) olarak izlenmektedir. Çizelgeden de görüldüğü üzere, bazı değerler arasında farklılıklar gözlense de elde edilen tüm verilerin istatistiksel değerlendirilmesi sonucunda ProTaper Universal grubuna ait örneklerin koronal bölgesinde oluşan mikro çatlakların istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturduğu tespit edildi.

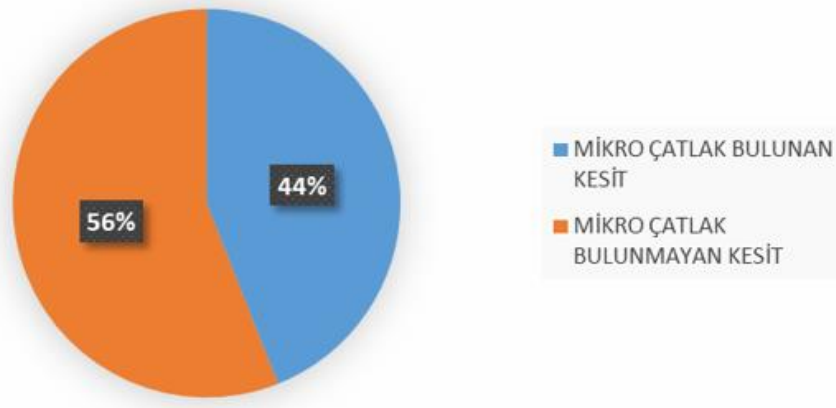
ProTaper Universal döner eğe grubunda preparasyon öncesi mikro çatlak oranı apikal, orta ve koronal bölgelerde sırasıyla, %24,75 %25,20 ve %34,75; preparasyon sonrasında ise %24,75, %25,80 ve %40,15 olarak tespit edildi (Çizelge 3.1). Çalışmamızın bulgularına göre ProTaper Universal eğe sistemiyle yapılan preparasyon sonrasında kanalın koronal ve orta bölgelerinde dentinde görülen mikro çatlak sayısında artış olduğu gözlemlendi. İstatistiksel değerlendirme sonucunda koronal bölgedeki artış anlamlı bulundu ($p<0,05$). Apikal bölgede ise preparasyon öncesi belirlenen mikro çatlaklar preparasyon sonrası ile aynı olup yeni mikro çatlak oluşumu saptanmadı. Şekil 3.3'de görüldüğü gibi ProTaper Universal eğe grubuna ait kesitlerde koronal bölgede yeni mikro çatlaklar izlenmektedir.

ProTaper Next eğe grubunda preparasyon öncesi apikal, orta ve koronal üçlüde mikro çatlak oranı sırasıyla; %22,15, %25,60 ve %28,75; preparasyon sonrasında %22,15, %26,20 ve %28,75 olarak tespit edildi (Çizelge 3.1). ProTaper Next eğe grubunda, kanalın koronal ve apikal bölgelerinde görülen mikro çatlak oranı preparasyon sonrasında herhangi bir değişiklik göstermedi (Şekil 3.4). Kanalın orta

bölgesinde ise preparasyon sonrasında dentinde gözlenen mikro çatlak oranında artış olduğu gözlenirse de bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü ($p>0,05$).

XP-endo Shaper eğe grubunda preparasyon öncesi kök dentininde gözlenen mikro çatlak yüzdesi apikal, orta ve koronal bölgelerde sırasıyla; %21,30, %33,40 ve %36,50 olarak tespit edildi (Çizelge 3.1). Bu grupta preparasyon sonrası yapılan incelemelerde tespit edilen bütün mikro çatlaklar preoperatif olarak karşılık gelen kesitlerde aynı olup oranlarda bir değişkenlik olmadı (Şekil 3.5). Yani kökün üç bölgesinde de dentinde yeni mikro çatlak oluşumu gözlenmedi.

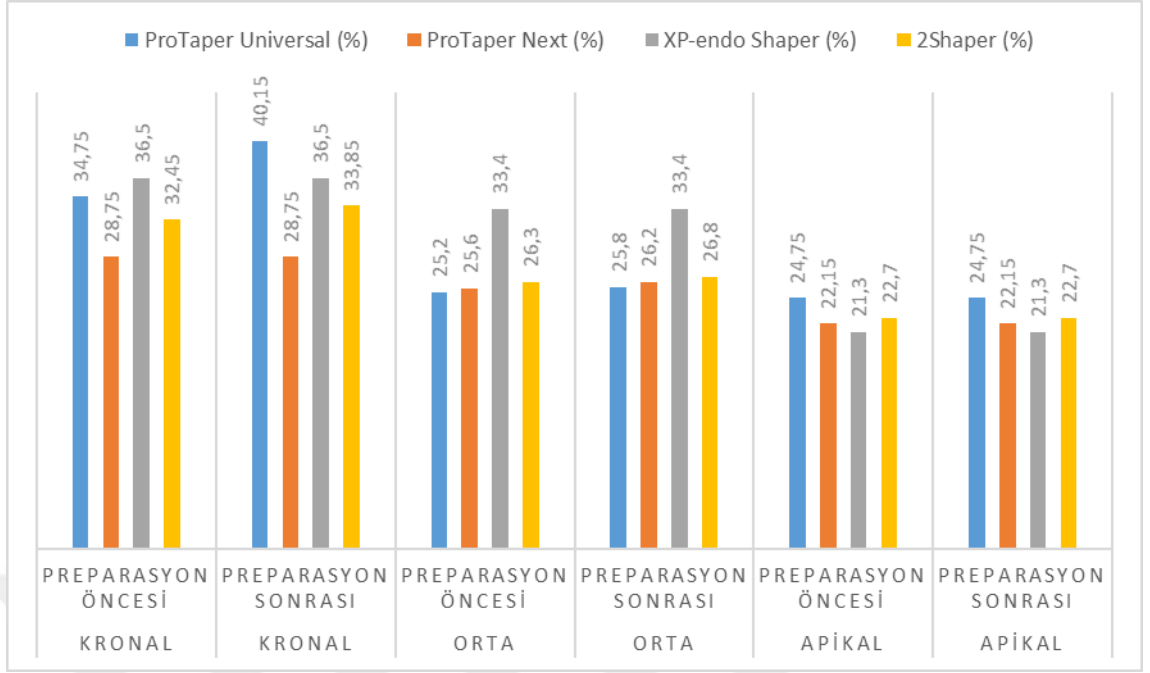
2Shape NiTi döner eğe grubunda ise preparasyon öncesi apikal, orta ve koronal üçlüde mikro çatlak oranı sırasıyla %22,70, %26,30 ve %32,45; preparasyon sonrasında %22,70, %26,80 ve %33,85 olarak tespit edildi (Çizelge 3.1). Çalışmamızın bulgularına göre bu grupta koronal ve orta bölgelerde dentinde gözlenen mikro çatlak oranında artış olduğu gözlemlendi (Şekil 3.6). Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$). Apikal bölgede ise preparasyon öncesi ve sonrasında mikro çatlak oranında bir değişim olmadığı gözlemlendi.



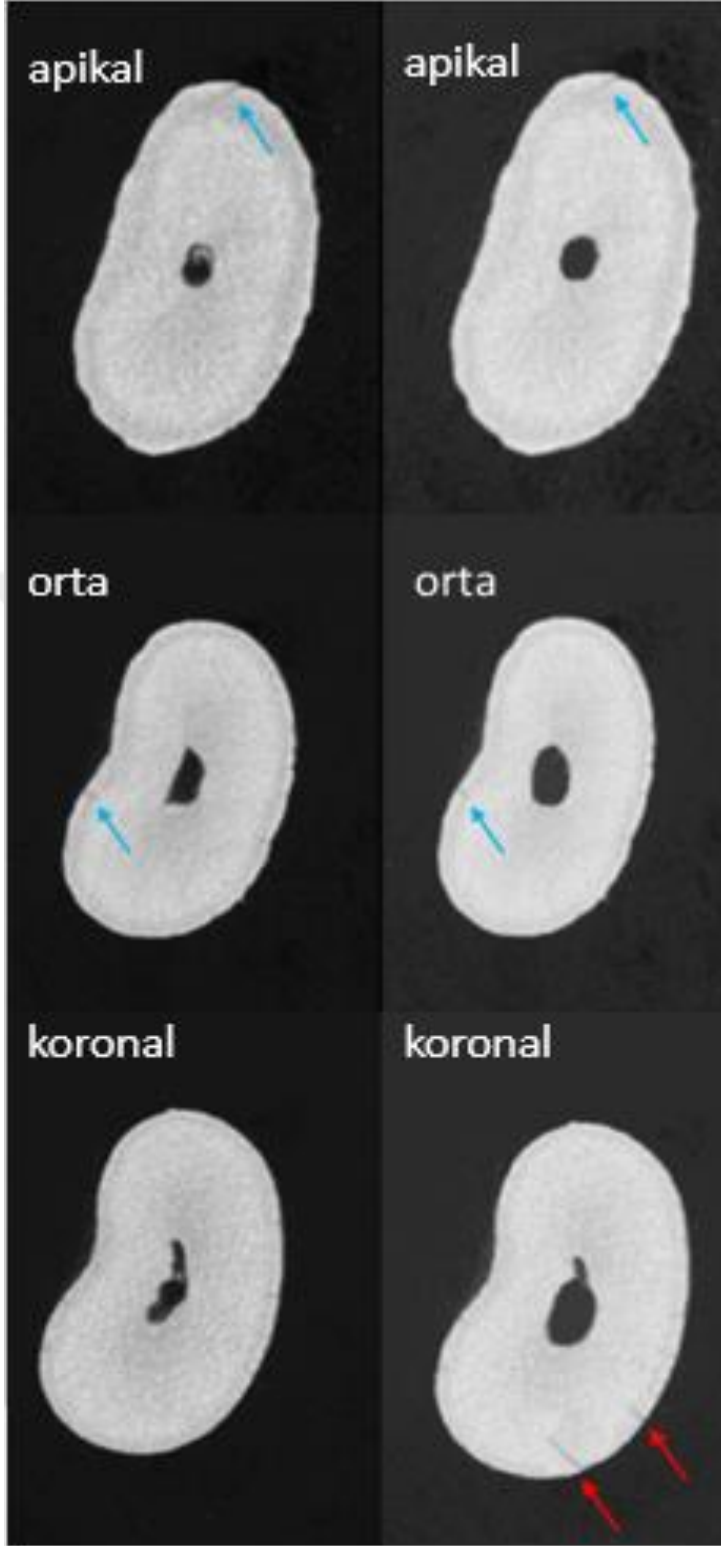
Şekil 3.1. Tüm kesitlerde görülen toplam mikro çatlak oranı (%)

Çizelge 3.1. Kök kanalının apikal, orta ve koronal bölgelerine ait preparasyon öncesi ve sonrası mikro çatlak görülme oranları

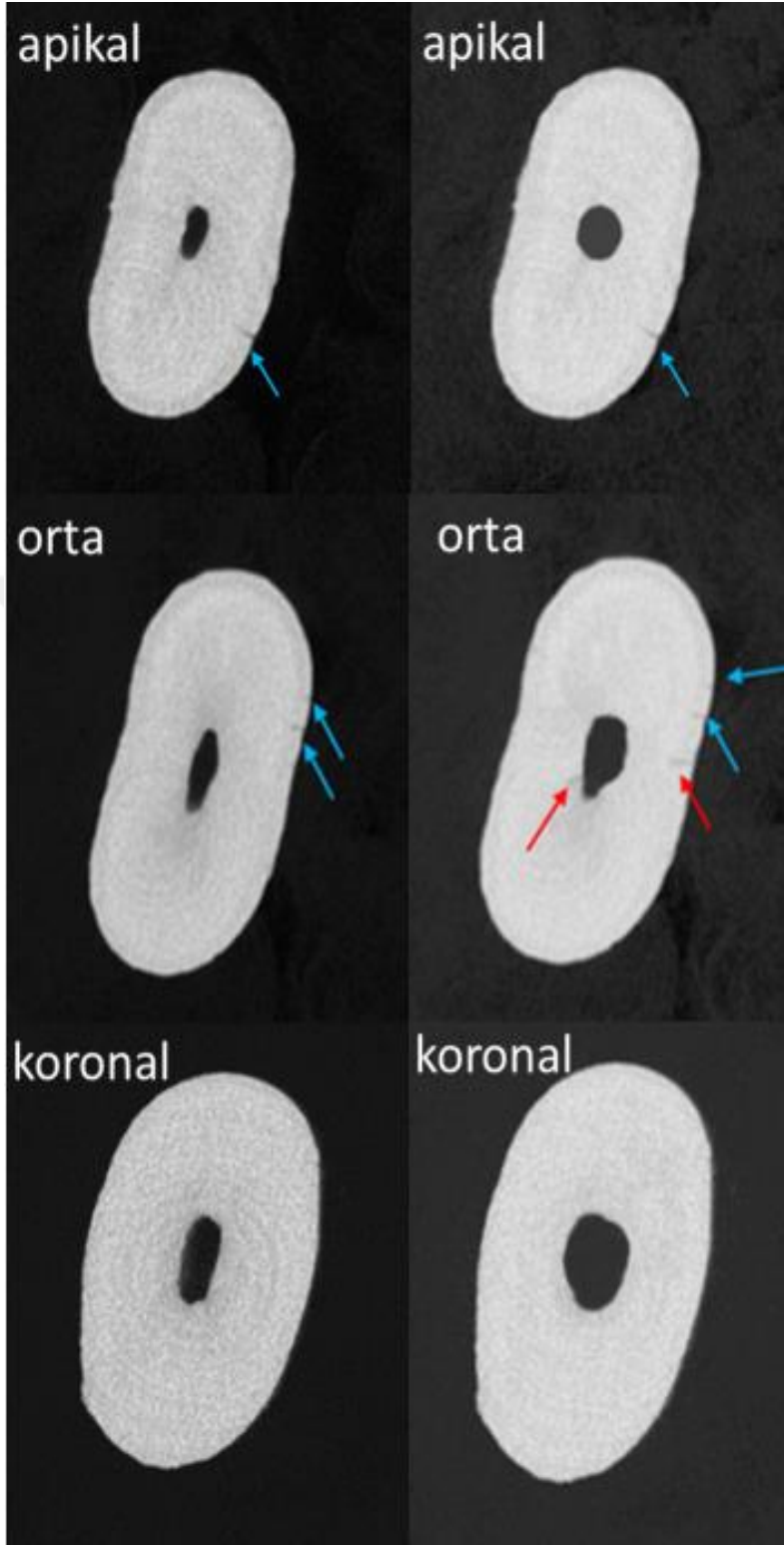
GRUPLAR		Apikal	Orta	Koronal
ProTaper Universal (%, mean)	Preparasyon Öncesi	24,75±0,3	25,2±0,12	34,75±0,21
	Preparasyon Sonrası	24,75±0,15	25,8±0,12	40,15±0,17
	<i>P</i> değeri	0,062	0,078	0,00164* (p<0,05)
ProTaper Next (%, mean)	Preparasyon Öncesi	22,15±0,21	25,6±0,25	28,75±0,34
	Preparasyon Sonrası	22,15±0,20	26,2±0,20	28,75±0,27
	<i>P</i> değeri	0,064	0,082	0,090
XP-endo Shaper (%, mean)	Preparasyon Öncesi	21,3±0,25	33,4±0,25	36,5±0,32
	Preparasyon Sonrası	21,3±0,12	33,4±0,09	36,5±0,15
	<i>P</i> değeri	0,075	0,081	0,082
2Shape (%, mean)	Preparasyon Öncesi	22,7±0,25	26,3±0,17	32,45±0,15
	Preparasyon Sonrası	22,7±0,20	26,8±0,20	33,85±0,18
	<i>P</i> değeri	0,125	0,154	0,090



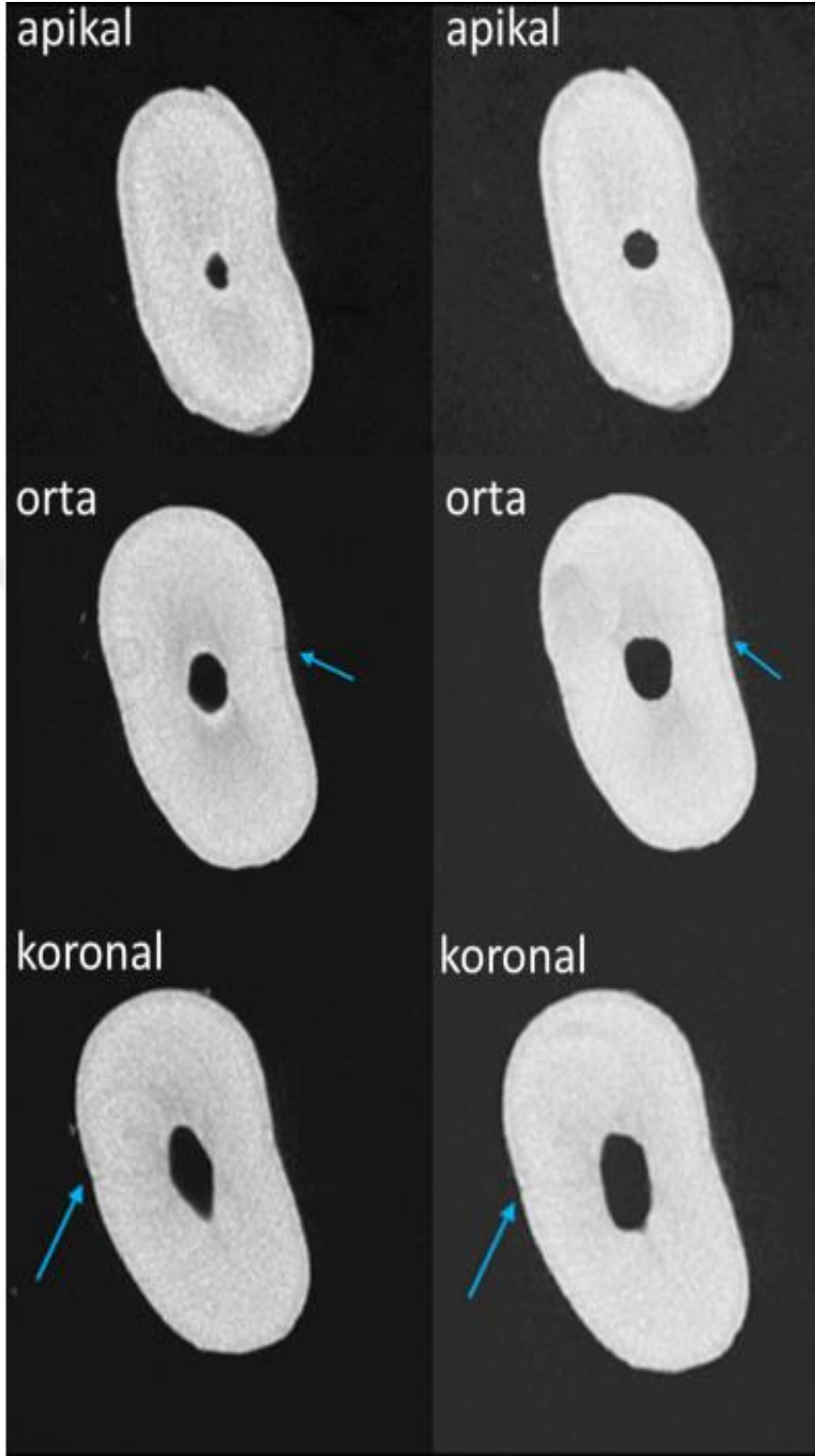
Şekil 3.2. Mikro çatlakların koronal, orta ve apikal üçlüde preparasyon öncesi ve sonrası görülme oranları (%)



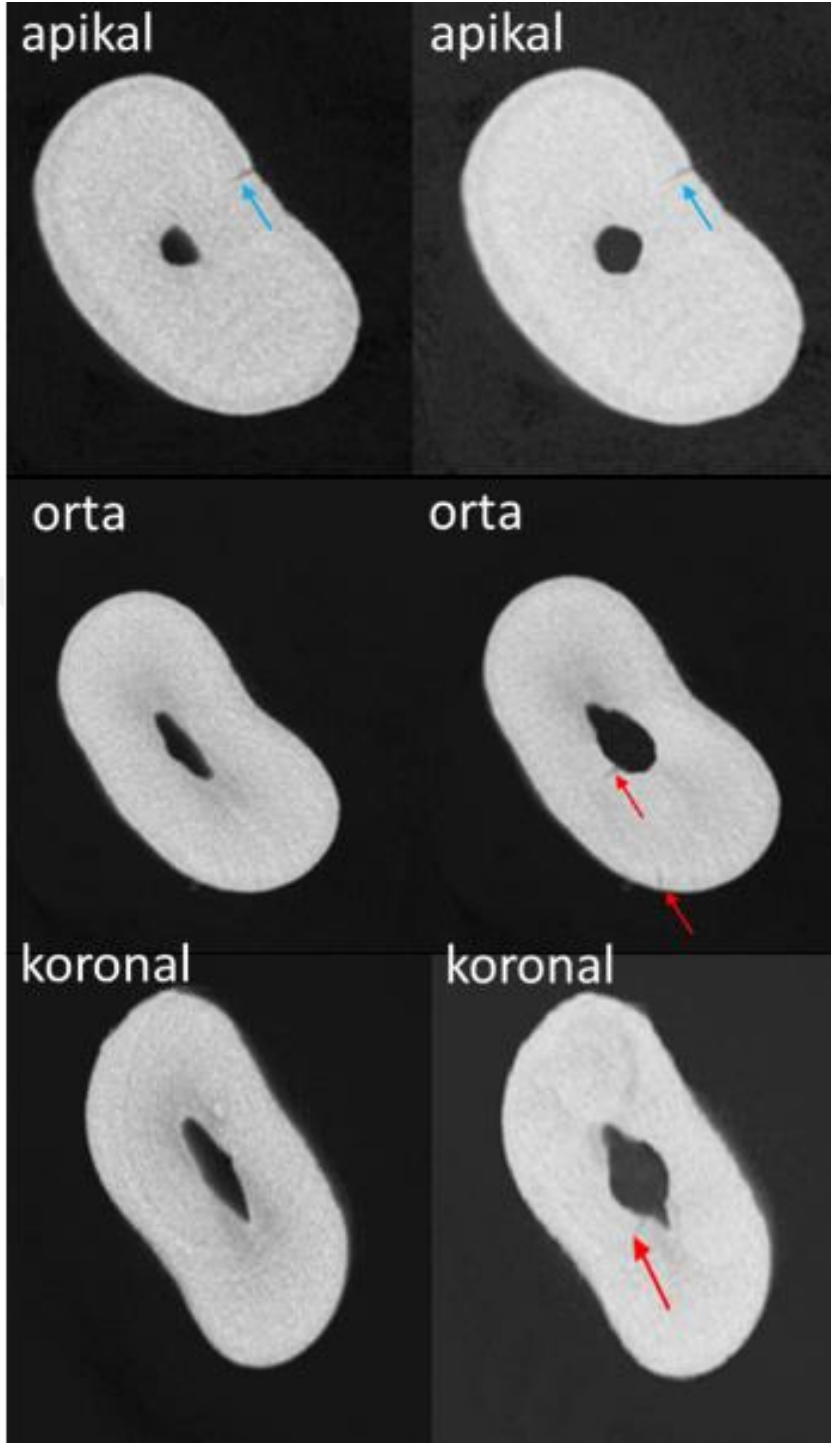
Şekil 3.3. ProTaper Universal grubundaki örneklere ait preparasyon öncesi ve sonrası mikro-BT görüntüleri izlenmektedir. Mavi oklar preparasyon öncesi, kırmızı oklar ise preparasyon sonrası mikro çatlakları göstermektedir. Apikal ve orta bölgeye ait kesitlerde yeni mikro çatlak gözlenmezken, koronal bölgeye ait kesitte ise yeni mikro çatlaklar gözlenmektedir.



Şekil 3.4. ProTaper Next grubundaki örneklere ait preparasyon öncesi ve sonrası mikro-BT görüntüleri izlenmektedir. Mavi oklar preparasyon öncesi, kırmızı oklar ise preparasyon sonrası mikro çatlakları göstermektedir. Apikal ve koronal bölgeye ait kesitlerde yeni mikro çatlak gözlenmemektedir, orta bölgeye ait kesitte ise yeni mikro çatlaklar izlenmektedir,



Şekil 3.5. XP-endo Shaper grubundaki örneklere ait preparasyon öncesi ve sonrası mikro-BT görüntüleri izlenmektedir. Mavi oklar, preparasyon öncesi mikro çatlakları göstermektedir. Kökün apikal, orta ve koronal bölgeye ait kesitlerde yeni mikro çatlak gözlenmemektedir.



Şekil 3.6. 2Shape grubundaki örneklere ait preparasyon öncesi ve sonrası mikro-BT görüntüleri izlenmektedir. Mavi oklar, preparasyon öncesi kırmızı oklar ise preparasyon sonrası mikro çatlakları göstermektedir. Apikal bölgeye ait kesitte yeni mikro çatlak gözlenmezken, orta ve koronal bölgeye ait kesitlerde yeni mikro çatlaklar gözlenmektedir.

4. TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin bütün basamakları gibi kök kanal preparasyonu da tedavi başarısında önemli rol oynamaktadır. Bu basamak sonraki tedavi aşamalarının etkinliğini ve başarısını direkt olarak etkilemektedir. Kök kanallarının preparasyonu sırasında kök dentininde çatlak oluşumu, basamak oluşumu, transportasyon, perforasyon ve alet kırılması gibi dişin çekilmesi ile sonuçlanabilecek komplikasyonlar meydana gelebilir (Ricucci ve ark., 2011).

Şekillendirme etkinliğini arttıran, işlem süresini kısaltan NiTi döner eğe sistemleri ile preparasyon son yıllarda oldukça popüler hale gelmiştir. Bu eğe sistemleri, genişletme sırasında dentinde mikro çatlak oluşturabilecek streslere yol açabilir. Mikro çatlaklar oklüzal kuvvetlerin etkisiyle vertikal kök kırıklarına dönüşebilir ve sonuçta diş kaybedilebilir. Ancak yeni eğe sistemlerinin geliştirilmesi ile bu gibi istenmeyen durumların önüne geçilerek dentinde mümkün olduğu kadar daha az hasar oluşması amaçlanmıştır. Biz de bu çalışmada; kök kanallarının preparasyonunda dört farklı NiTi döner eğe sistemini kullanarak, preparasyon öncesi ve sonrası kök dentininde mikro-BT ile tespit edilen mikro çatlakların karşılaştırılmasını amaçladık.

Kök kanal morfolojisi, dentin dokusunda çatlak oluşumunu etkileyebilecek faktörlerden biridir (Sathorn ve ark., 2005). Bukkolingual çapına kıyasla daha dar meziodistal çapa sahip olan köklerde vertikal kök kırığının daha sık gözlemlendiği bildirilmiştir (Abou El Nasr ve Abd El Kader, 2014). Mandibuler keser dişler; oval kök yapısı ve meziodistal yönde dentin duvarlarının ince olması nedeniyle vertikal kök kırığına yatkındırlar (Rivera ve Walton, 2009). Bu nedenle konu ile ilgili birçok çalışmada mandibuler keser dişler kullanılmış olup biz de çalışmamızda bu diş grubunu tercih ettik.

Mekanik özelliklerin araştırıldığı çalışmalarda; preparasyon öncesi ve sonrasında depolanma koşullarının sonuçları etkileyebileceği (Bürklein ve ark., 2013),

dehidratasyonun dentinde çatlaklara yol açabileceği bildirilmiştir (Shemesh ve ark., 2018). Distile suyun, dentin üzerine hiçbir zararlı etkisi olmadığından dentin ile ilgili çalışmalarda kullanılması tavsiye edilmektedir (Strawn ve ark., 1996). Bu nedenle çalışmamızda dehidratasyonu önlemek için kullanacağımız dişleri distile suda beklettik.

Diş çekimi sırasında fazla kuvvet uygulanması kökte çatlak oluşumuna neden olabilir (Çapar ve ark., 2014a). Bu nedenle çalışmamızda çok fazla kuvvet uygulaması gerektirmeyen periodontal sebeplerle çekilmiş dişler kullanıldı. Dişlerin kök yüzeyleri stereomikroskop ile x12 büyütme altında incelenerek çatlak veya kırık olanlar çalışma dışı bırakıldı. Kök kanal konfigürasyonlarını belirlemede periapikal radyografilere oranla Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografinin daha ayrıntılı ve daha doğru sonuç verdiği (Sousa ve ark., 2017) göz önüne alınarak tek kök kanalına sahip dişleri belirlemek için Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ile tarama yapıldı.

İnvitro ortamda yapılan çalışmalarda mümkün olduğu kadar invivo ortam koşullarının sağlanması gerekmektedir. Preparasyon sırasında oluşan streslerin dentin defektlerine yol açtığı göz önüne alındığında dişlere gelen stresi dağıtmada önemli role sahip olan periodontal ligament ve alveol kemik taklit edilmelidir (Rathi ve ark., 2018). Çalışmamızda, periodontal ligament ve kemik yapısını modellemek için elastomerik ölçü maddesi kullanıldı.

Kök kanal preparasyonunda, çalışma boyu tartışmalıdır. Adorno ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada, çalışma boyunu kanal boyundan 1 mm eksik olarak belirlemişler ve preparasyon yapıldıktan sonra görülen dentinal defektlerin, çalışma boyunun kanal boyunda ve kanal boyundan 1 mm fazla belirlenen gruplara göre anlamlı olarak daha az olduğunu rapor etmişlerdir. Liu ve ark. (2013b) da çalışmalarında, çalışma boyunun kök boyundan eksik olduğu gruplarda anlamlı olarak daha az çatlak olduğunu gözlemlemişlerdir. De Oliveira ve ark. (2017), çalışma boyunu kök boyu ve kök boyundan 1 mm eksik olacak şekilde ayarlayıp kök kanal preparasyonlarını yapmışlar ve iki grup arasında anlamlı fark tespit etmediklerini bildirmişlerdir. Çalışmamızda, daha önce yapılan çalışmalarda (De Deus ve ark., 2015; Ceyhanlı ve ark., 2016;

Karataş ve ark., 2015 ve Zuola ve ark., 2017) olduğu gibi kök boyundan 1mm kısa olacak şekilde çalışma boyu belirlendi ve bu boyda kök kanal preparasyonu yapıldı.

Plotino ve ark. (2020), 98 makaleyi inceleyerek yaptıkları sistematik bir derlemede rehber yol oluşturma'nın mikro çatlak insidansını etkilemediğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda kök kanallarının preparasyonu sırasında döner eğe sistemleri kullanılmadan önce bütün gruplarda üretici firma talimatları doğrultusunda 10 ve 15 numaralı K tipi el eğeleriyle bir rehber yol oluşturuldu.

Kök kanalı irrigasyonu, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunda ve debrislerin uzaklaştırılmasında önemli bir role sahiptir. Sodyum hipoklorit, kök kanal tedavisinde sıklıkla kullanılan irrigasyon solüsyonu olup, %1-5,25 arası konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Pascon ve ark. (2009), sodyum hipokloritin dentinin organik yapısını bozarak mekanik özelliklerini değiştirdiğini bildirmişlerdir. Sim ve ark. (2001), %5,25'lik NaOCl solüsyonunun; dentinin elastik modülünü serum fizyolojije göre önemli ölçüde düşürdüğünü ve sodyum hipokloritin konsantrasyonu azaldıkça dentine olan zararlı etkisinin de azaldığını rapor etmişlerdir. Çalışmamızda, irrigasyon solüsyonunun dentin üzerine olumsuz etkisini engellemek ve klinik koşulları sağlamak amacıyla irrigasyonda %2,5'lik NaOCl kullanıldı. Bütün gruplara ve örneklerle eşit miktarda uygulandı.

Bu çalışmada kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası dentin defektleri varlığını saptamak amacıyla mikro-BT kullanıldı. İnvaziv olmayan bu teknoloji, diş başına yüzlerce kesiti değerlendirme olanağını sunarken diş yapısına zarar vermez. Mikro-BT preparasyon öncesi ve sonrası kesit görüntülerinin karşılaştırılmasını ve defektin tam olarak hangi kesitte ve nerede olduğunun konumlandırılmasını sağlar. Her bir örnek aynı zamanda kendi kontrolü olduğundan deneyin iç geçerliliğini artırır (De-Deus ve ark., 2014; De-Deus ve ark., 2015 ve Zuola ve ark., 2017). Bu nedenle mikro-BT, endodontik araştırmalarda oldukça popüler hale gelmiştir; son yıllarda yapılan birçok çalışmada mikro-BT kullanılmaktadır (Aksoy ve ark., 2019; Bayram ve ark., 2017a; Ceyhanlı ve ark., 2016; De Deus ve ark., 2014 ve Zuolo ve ark., 2017).

Çalışmamızda, preparasyon öncesi yapılan mikro-BT taramasında hiçbir işlem yapılmamış örneklerin incelenen kesitlerinde toplam % 44 oranında mikro çatlak tespit edilmiştir. Bu mikro çatlakların nedeni; diş çekimi sırasında uygulanan kuvvetler, yaş ve parafonksiyonel alışkanlıklar olabilir. Çalışmalarda farklı oranlarda bulunan mikro çatlaklar çevresel faktörlerin yanında tarama yapılan mikro-BT'nin izotropik çözünürlüğüyle ilişkili olabilir. De Deus ve ark. (2014) çalışmalarında, 14,16 µm izotropik çözünürlükle yapılan taramalarda preparasyon öncesi mikro çatlak oranının %27,64 olduğunu; Zuolo ve ark. (2017), 14,25 µm izotropik çözünürlükle oranın %41,11; Bayram ve ark. (2017b), çalışmalarında 33 µm çözünürlükle oranın %12,31 olduğunu rapor etmişlerdir. Mikro çatlak boyutu cihazın izotropik çözünürlüğünden daha küçük ise mikro çatlak tespit edilemez. Bizim çalışmamızda cihazın izotropik çözünürlüğü 10 µm'dir.

Çalışmamızda kullanılan dişlerin kök kanal preparasyonunda; ProTaper Universal, ProTaper Next, XP-endo Shaper ve 2Shape döner eğe sistemleri kullanıldı. ProTaper Universal ve ProTaper Next eğe sisemleri dentinal defektlerle ilgili yapılan pek çok çalışmada değerlendirilmiştir. Bunun yanında daha yeni sistemler olan XP-endo Shaper ve 2Shape eğe sistemlerinin dentinal defekt oluşumuna etkilerini değerlendiren daha az sayıda çalışma mevcuttur. Bu nedenle çalışmamıza XP-endo Shaper ve 2Shape eğe sistemleri dahil edilerek geleneksel bir alışımdan üretilen ProTaper Universal ve ısıt işlem sonucu üretilen ProTaper Next döner eğe sistemleri ile preparasyon öncesi ve sonrası dentinde gözlenen mikro çatlakları karşılaştırmayı amaçladık. Preparasyonda kullanılan tüm eğe sistemleri üretici firma talimatları doğrultusunda kullanılmış olup, protokol ve eğeleme sıraları ona göre takip edilmiştir.

Çalışmamızda preparasyon öncesi ve preparasyon sonrası mikro-BT taramalarında toplam 57920 enine kesit görüntüsü incelendi. Değerlendirme yapılırken preparasyon sonrası kesit görüntülerinde her bir grubun apikal, orta ve koronal bölgelerinde tespit edilen mikro çatlaklar preparasyon öncesi görüntülerle karşılaştırılarak yeni mikro çatlak oluşup oluşmadığı tespit edildi.

Çalışmamızın sonuçlarına göre; ProTaper Universal döner eğe sisteminin koronal üçlüde preparasyon öncesine göre anlamlı olarak yeni mikro çatlak oluşturduğu tespit edildi. Orta ve apikal üçlüde ise anlamlı düzeyde yeni mikro çatlak oluşumu saptanmadı. ProTaper Universal döner eğe sisteminin çatlak oluşturması birçok nedene bağlı olabilmektedir. Yapılan bir çalışmada, konvansiyonel NiTi alaşımından üretilmiş olmasının dentin üzerindeki stresi artırarak mikro çatlak oluşturabileceği bildirilmiştir (Bayram ve ark., 2017a).

ProTaper Universal döner eğe sisteminin mikro çatlak oluşturmasının bir diğer nedeni ise çok sayıda eğe içermesi olabilir. Çok eğeden oluşan döner eğe sistemleri tek eğeden oluşanlara kıyasla daha fazla dentin defektine neden olmaktadır. Preparasyon sırasında fazla sayıda işlem yapılması kök kanal duvarlarında stres konsantrasyonunu artırarak dentinde daha fazla hasar yaratabileceği bildirilmiştir (Shemesh ve ark., 2011 ve Liu ve ark., 2013a). ProTaper Universal döner eğe sistemi ile preparasyon yapılırken 5 adet eğe sırasıyla kullanılarak şekillendirme tamamlanır. Dolayısıyla bunun da mikro çatlak oluşumuna yol açabileceğini düşünmekteyiz.

Dane ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, ProTaper Universal eğelerini yüksek ve düşük tork değerlerinde kullanarak çatlak oluşumunu karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre yüksek tork grubunda anlamlı derecede daha fazla çatlak oluştuğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, çalışmadaki bulgularını yüksek torkun, dentin yüzeyinde daha fazla stres oluşturmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da ProTaper Universal eğe sisteminin SX ve S1 eğeleri üretici firma talimatları doğrultusunda diğer NiTi döner eğe sistemlerine göre daha yüksek tork değerlerinde kullanıldı.

ProTaper Universal döner eğe sisteminin mikro çatlak oluşturmasının bir başka nedeni de radyal alan içermemesidir. Kesici kenarlar arasında yer alan bu platform eğenin kanaldan sapmasını engeller ve kesme derinliğini sınırlar (Hargreaves ve Cohen, 2011). ProTaper Universal eğe sisteminde radyal alan bulunmadığından eğe kanal duvarına kuvvet uygulayarak mikro çatlak oluşturmuş olabilir.

Çalışmamızda, ProTaper Universal döner eğe sistemi koronal üçlüde anlamlı olarak daha fazla mikro çatlağa neden oldu. Bunun ise koronal genişletme eğesi olan SX kullanımına bağlı olduğunu düşünmekteyiz. Koronal genişletmenin birçok avantajı olmasına rağmen bu eğelerin taperları fazla olduğundan eğenin dentin duvarlarıyla teması sonucu duvarlardaki stresi arttırarak dentin hasarlarına yol açabildiği bildirilmiştir (Kim ve ark., 2010). Arslan ve ark. (2014), çalışmalarında içinde ProTaper Universal SX eğesi de olan farklı koronal genişletme eğelerinin (Endoflare, Revo-S SC1 ve HyFlex 25.08) oluşturdukları çatlakları stereomikroskop kullanarak incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre bütün koronal genişletme eğelerinin çatlak oluşturduğunu tespit etmişlerdir.

Yoldaş ve ark. (2012), mandibuler molar dişlerin mezial kanallarını SX'ten F3'e kadar genişletmişler ve %30 oranında dentin defekti oluştuğunu rapor etmişlerdir. Bürklein ve ark. (2013), mandibuler kesici dişler üzerinde yaptıkları çalışmada ProTaper Universal'in %23,3 oranında dentinal defekt oluşturduğunu bildirmişlerdir. Ceyhanlı ve ark. (2016), çalışmalarında mandibuler molar dişlerin mezial kanallarında; ProTaper Universal, RaCe ve Safesinder sistemlerini kullanarak kök kanal preparasyonlarını yapmışlardır. Mikro-BT analizi sonucu ProTaper Universal döner eğe sisteminin %42 oranında dentin defektine neden olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmaların sonuçları bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir.

De-Deus ve ark. (2017), çalışmalarında kadavra maksillası üzerinde premolar dişlerin kök kanal preparasyonunu ProTaper Universal ve Reciproc eğe sistemleriyle yapmışlardır. Mikro-BT taramalarının değerlendirilmesi sonucunda her iki grupta da yeni çatlak oluşmadığını tespit etmişlerdir. PradeepKumar ve ark. (2019), kadavra üzerinde mandibuler ve maksiller premolar dişleri kullandıkları çalışmada; el ile kullanılan ProTaper eğesi ve ProTaper Universal döner eğe sistemini kullanarak kök kanal preparasyonunu yapmışlar ve örnekleri mikro-BT kullanarak incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre her iki eğe sisteminin de preparasyon sonrası yeni çatlak oluşturmadığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmaların sonuçlarının bizim sonuçlarımızla tam örtüşmeme nedenini metod farklılığına, diş grubuna, farklı tarama ve rekonstrüksiyon parametrelerine bağlayabiliriz.

Çalışmamızın sonuçlarına göre; ProTaper Next grubunda preparasyon sonrasında koronal ve apikal üçlüde yeni mikro çatlak oluşumu izlenmezken orta üçlüde artış saptandı. Ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. M Wire alaşımdan üretilmesi bu eğeye geleneksel NiTi eğelere kıyasla daha fazla esneklik sağlamaktadır. ProTaper Next eğeler, merkezi olmayan dikdörtgen şekli sayesinde yılan benzeri (snake-like) hareket oluştururlar. Bu tasarım eğe ile dentin duvarı arasındaki teması en aza indirerek tork ile oluşan kuvvetin dentine iletimini sınırlar (Yoldaş ve ark., 2012). Çapar ve ark. (2014b), ProTaper Next eğe sisteminde X2 eğesinin daha düşük tapera sahip olmasına rağmen ProTaper Universal sistemin F2 eğesi ile eşit oranda kök kanal hacmini değiştirdiğini rapor etmişlerdir. ProTaper Next eğelerin düşük taperına rağmen yılan benzeri özel hareketi sayesinde yüksek tapera sahip eğelerle eşit oranda dentin uzaklaştırabildiği bildirilmiştir. Çalışmamızda ProTaper Next grubunda apikal ve koronal bölgelerde preparasyon sonrası herhangi bir mikro çatlak oluşumu gözlenmemiştir. Bunun da eğenin esnek olmasına ve taperının düşük olmasına bağlı olduğunu düşünüyoruz. Orta bölgede görülen artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamakla birlikte bu artışın sebebi eğenin özel hareketine ve kök kanalları prepare edilirken uygulanan kuvvetin standardize edilememesine bağlı olabilir (Çapar ve ark., 2014a).

De Deus ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada; mandibuler molar dişlerin mezial kanallarının kök kanal preparasyonunda; ProTaper Next ve Twisted File Adaptive eğe sistemlerini kullanmışlar ve örnekleri mikro-BT analizi kullanarak incelemişlerdir. Kök kanal preparasyonundan sonra yeni mikro çatlak oluşmadığını postoperatif gözlenen bütün mikro çatlakların preoperatif olarak da mevcut olduğunu rapor etmişlerdir. Cassimiro ve ark. (2017), mandibuler keser dişler üzerinde yaptıkları çalışmada kök kanal preparasyonu için ProTaper Next, K3XF ve WaveOne Gold eğe sistemlerini kullanmışlardır. Örneklerin mikro-BT taramaları sonucunda postoperatif kesitlerde tespit edilen bütün çatlakların preoperatif olarak da bulunduğunu yeni mikro çatlak oluşmadığını bildirmişlerdir. Biz de çalışmamızda ProTaper Next grubunda preparasyon öncesi ve sonrası karşılaştırmalarda mikro çatlak yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir değişimin olmadığını tespit ettik.

ProTaper Next eğe sistemi ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda (Çapar ve ark., 2014a; Çiçek ve ark., 2015; Karataş ve ark., 2015 ve Pawar ve ark., 2019) dentinde farklı oranlarda çatlak oluştuğu rapor edilmiştir. Ancak araştırmacılar dentindeki çatlakları apeksten çeşitli uzaklıklarda alınan kesitlerin stereomikroskop aracılığı ile incelenmesi sonucunda tespit etmişlerdir. Bu yöntemin mikro-BT'ye göre çok az sayıda kesitin incelenmesine olanak sağlaması ve preparasyon öncesi dentinde çatlak olup olmadığının değerlendirilememesi gibi sınırlandırmalarından dolayı bizim bulgularımızla karşılaştırma yapmamızı güçleştirmektedir.

XP-endo Shaper eğe sistemi ile prepare edilen gruba ait bulgularda apikal, orta ve koronal bölgelerde preparasyon sonrası mikro çatlak oranlarında herhangi bir değişiklik olmamıştır. Yani XP-endo Shaper ile preparasyon sonrası kök dentininde yeni mikro çatlaklara rastlanılmamıştır. Bayram ve ark. (2017a), çalışmalarında mandibuler premolar dişlerin kök kanal preparasyonlarını ProTaper Universal, ProTaper Gold, XP-endo Shaper ve SAF eğe sistemlerini kullanarak yapmışlar ve dentinde oluşan çatlakları mikro-BT görüntüleme yöntemi ile incelemişlerdir. Preparasyon sonrası ProTaper Universal eğe sisteminin yeni mikro çatlak oluşturduğunu XP-endo Shaper'ın ise çatlak oluşturmadığını bildirmişlerdir. Ugur Aydın ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada mandibuler molar dişlerin mezial kanallarını Reciproc Blue, WaveOne Gold ve XP-endo Shaper eğe sistemleri ile prepare etmişlerdir. Mikro-BT analizi sonucunda XP-endo Shaper'ın yeni mikro çatlak oluşturmadığını rapor etmişlerdir. Aksoy ve ark. (2019), ise çalışmalarında mandibuler molar dişlerin mezial kanallarının preparasyonunu; ProTaper Universal, Reciproc Blue ve XP-endo Shaper döner eğe sistemleri ile yapmışlardır. Kökün apikal, orta ve koronal bölümlerine ait preparasyon öncesi ve sonrası mikro-BT görüntülerini inceleyerek karşılaştırmışlar ve çalışma sonuçlarına göre; sadece ProTaper Universal grubunda yeni mikro çatlaklar oluştuğunu tespit etmişlerdir. XP-endo Shaper ve Reciproc Blue gruplarında ise postoperatif olarak gözledikleri bütün çatlakların preoperatif olarak da mevcut olduğunu ve bu iki grubun da mikro çatlak oluşturmadığını rapor etmişlerdir. Araştırmacıların sonuçları çalışmamızın bulguları ile paralellik göstermektedir.

XP-endo Shaper döner eğe sisteminin mikro çatlak oluşturmaması üretim özelliklerine bağlı olabilir. Özel bir ısı işlem görmüş MaxWire alaşımdan üretilmiştir. Bu özel alaşım da eğeye yüksek esneklik sağlar ve dentinde minimal strese neden olur. XP-endo Shaper üretici firma talimatları doğrultusunda kök kanal preparasyonu yapılırken yüksek rotasyon hızı (800 rpm) ve düşük tork (1 Ncm) değerinde kullanılmaktadır. Peters ve ark. (2014), çalışmalarında yüksek rotasyon hızının kesme etkinliğini arttırarak dentinal defekt oluşumunu azalttığını rapor etmişlerdir. Düşük tork da genişletme sırasında dentin duvarına uyguladığı stresi azaltarak dentin defekti oluşturma ihtimalini azaltır.

XP-endo Shaper döner eğe sistemi tek eğeden oluşmaktadır. Kök kanallarında fazla sayıda işlem yapılması dentinde oluşan hasarda artışa sebep olur (Liu ve ark., 2013a ve Shemesh ve ark., 2011). XP-endo Shaper grubunda tek eğe kullanılarak kök kanal preparasyonunun tamamlanması, mikro çatlak oluşturmamasını açıklayabilir.

Eğelerin taperları da dentin defekti oluşumunda etkili bir faktördür. Taperı fazla olan eğeler daha fazla dentinal strese neden olur ve bu stres, preparasyon sırasında daha çok mikro çatlak oluşumuna yol açar (Bier ve ark., 2009). Çalışmamızda kullanılan eğeler içerisinde XP-endo Shaper en düşük tapera (0,01) sahip eğe sistemidir.

Çalışmamızda kullandığımız 2Shape eğe sistemi ile preparasyon sonrası kanalın apikal üçlüsünde gözlenen mikro çatlak oranında bir değişiklik olmadığı orta ve koronal bölgede çok az değişimler olduğu gözlenmiştir. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmasa da koronal bölgede oluşan mikro çatlak oranındaki değişim preparasyon sırasında bu bölgenin daha fazla strese maruz kalması ile açıklanabilir. Koronal bölgede oluşan stresin nedeni NiTi döner eğe sistemlerinin artan taper açısı sebebiyle bu bölgede eğenin dentine temasının artmasıdır. Literatürde bildiğimiz kadarıyla 2Shape eğe sisteminin oluşturduğu dentinal çatlaklar ile ilgili yapılmış bir çalışmaya rastlanılmadığı için herhangi bir karşılaştırma yapılamamıştır.

2Shape eğe sistemleri de ısıtıl işlemle (T Wire) ile üretilmişlerdir. Üretici firma, T Wire'ın eğelerin esnekliğini arttırdığını iddia etmektedir. Termomekanik işleme sahip NiTi eğe sistemleri, östenit ve martensit fazın özelliklerini bir arada gösterirler. Bu yeni ısıtıl işlem görmüş NiTi eğeler geleneksel alaşımdan üretilmiş NiTi eğelere göre daha iyi fiziksel ve mekanik özellik gösterirler (Yahata ve ark., 2009). Dentin üzerindeki stresi azaltarak daha az mikro çatlak oluşturlar (Bayram ve ark., 2017a).

Farklı döner eğe sistemlerinin dentinde oluşturdıkları mikro çatlakları incelediğimiz bu çalışmada, ProTaper Universal döner eğe sisteminin kökün koronal bölümünde istatistiksel olarak anlamlı yeni mikro çatlaklara neden olduğunu gözlemledik. Diğer eğe sistemlerinin ise anlamlılık düzeyinde mikro çatlak oluşturmadığını tespit ettik. Yeni geliştirilen ısıtıl işlem görmüş alaşımlardan üretilen döner eğe sistemlerinin esnek olmaları ve az sayıda eğe içermeleri dentinde daha az hasara yol açmalarına sebep olmuş olabilir. Kök kanal preparasyonunun dentinde hasar oluşturmayan eğe sistemleri ile yapılması kanal tedavisinin başarısını olumlu yönde etkileyecektir. Konu ile ilgili daha ileri in vitro ve in vivo çalışmaların yapılabileceğini düşünmekteyiz.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Kanal preparasyonunda dört farklı NiTi döner eğe sistemini kullanarak yaptığımız çalışmamızda preparasyon öncesi ve sonrası kanalın koronal, orta ve apikal bölgelerinde dentinde görülen mikro çatlaklar mikro-BT kullanılarak incelenmiş ve oranları karşılaştırılmıştır. İstatistiksel değerlendirme sonucunda sadece ProTaper Universal döner eğe sisteminin kökün koronal bölgesinde anlamlı ($p<0,05$) mikro çatlak oluşturduğu gözlenmiştir.
2. ProTaper Universal eğe sistemi ile kök kanal preparasyonu sonrası apikal bölgede yeni mikro çatlaklar gözlenmezken, orta ve koronal bölgede yeni mikro çatlak oluşumu gözlenmiştir. Ancak istatistiksel olarak koronal bölgede anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$).
3. ProTaper Next döner eğe sistemi ile kök kanal preparasyonu sonrasında, apikal ve koronal bölgelerde yeni mikro çatlaklara rastlanılmamıştır. Orta üçlüde az da olsa yeni çatlak oluştuğu ancak bunun istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).
4. XP-endo Shaper NiTi döner eğe sisteminin, kök kanal preparasyonu sonrasında yapılan mikro-BT analizleri sonucunda koronal, orta ve apikal bölgelerde yeni mikro çatlak oluşturmadığı saptanmıştır ($p>0,05$).
5. 2Shape döner eğe sistemi ile yapılan kök kanal preparasyonu sonrası mikro-BT değerlendirmeleri sonucunda apikal bölge hariç orta ve koronal bölgede çok az mikro çatlak artışı gözlenmiştir. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$).
6. Kök kanal tedavisinin önemli aşamalarından biri olan kök kanal preparasyonunun dentin dokusunda hasar oluşturmayacak eğe sistemleriyle

yapılması dişin uzun dönem prognozunu olumlu yönde etkileyecektir. Bu konuda yapılacak in vitro ve in vivo çalışmalara ihtiyaç vardır.



ÖZET

Farklı Kök Kanal Şekillendirme Sistemlerinin Oluşturdukları Mikro Çatlakların Mikro Bilgisayarlı Tomografi ile İncelenmesi

Bu çalışmanın amacı; ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), XP-endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) ve 2Shape (Micro-Mega, Besancon, France) eğe sistemleri ile kök kanal preparasyonu sonrası oluşan dentinal mikro çatlakları Mikro Bilgisayarlı Tomografi (mikro-BT) ile incelenmesidir.

Çalışmamızda 40 adet periodontal amaçlı çekilmiş tek ve düz kanallı mandibuler keser diş seçildi ve kök kanal preparasyonları için kullanılan Nikel Titanyum (NiTi) eğe sistemlerine göre rastgele dört deney grubuna (n=10) ayrıldı: ProTaper Universal, ProTaper Next, XP-endo Shaper, 2Shape. Örnekler kök kanal preparasyonundan önce 100 kV ve 100 μ A' de mikro-BT (Bruker Microct Skyscan 1172, Kontich, Belgium) tarayıcı ile görüntülendi. Daha sonra bütün grupların X Smart Plus (Dentsply Maillefer) endodontik motoru kullanılarak kök kanal preparasyonları yapıldı. Preparasyon işlemleri tamamlandıktan sonra örneklerin postoperatif mikro-BT taraması, daha önce belirtilen parametreler kullanılarak yeniden yapıldı. Preparasyon öncesi ve sonrası dentin defektlerinin varlığını saptamak için kesit görüntüleri tarandı. Her grup için mikro çatlak sayısı yüzde olarak belirlendi. Dört grup için tespit edilen mikro çatlak oranlarını karşılaştırmak için ki-kare testi kullanıldı, $p<0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Preparasyon öncesi ve sonrası toplam olarak 57920 kesit elde edildi. Preparasyon sonrası ProTaper Universal için koronal bölgede mikro çatlak oranındaki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$). XP-endo Shaper, koronal, orta ve apikal bölgelerde yeni çatlak oluşturmadi. 2Shape grubunda koronal ve orta bölgelerde ve ProTaper Next ise orta bölgede mikro çatlak yüzdesinde bir miktar artış olsa da bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p>0,05$).

Bu in vitro çalışma sonucunda; ProTaper Universal eğe sistemi ile kök kanallarının preparasyonu sonrası koronal bölgede mikro çatlak sayısında istatistiksel olarak anlamlı artış gözlenmiştir ($p<0,05$). Diğer gruplarda (ProTaper Next, 2Shape, XP-endo Shaper) anlamlı bir fark tespit edilememiştir ($p>0,05$).

Anahtar Kelimeler: Mikro Çatlak, Mikro-Bilgisayarlı Tomografi, ProTaper Universal, ProTaper Next, XP-endo Shaper, 2Shape.

SUMMARY

Micro-Computed Tomography Evaluation Of Micro-Crack Formation With Different Root Canal Shaping Systems

The purpose of this study was to assess the percentage frequency of dentinal microcracks formation after root canal preparation with ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), ProTaper Next (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), XP-endo Shaper (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland), and 2Shape (Micro-Mega, Besancon, France) file systems by using Micro Computed Tomography (micro-CT).

In our study, 40 single and straight canal mandibular incisors, extracted due to periodontal diseases, were selected and randomly divided into four experimental groups ($n = 10$) according to the nickel-titanium (NiTi) file systems used for root canal preparations: ProTaper Universal, ProTaper Next, XP-endo Shaper, 2Shape. Samples were imaged with micro-CT (Bruker MicroCT Skyscan 1172, Kontich, Belgium) scanner at 100 kV and 100 μ A before root canal preparation. Then, root canal preparations were made using the X Smart Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) endodontic motor for all groups. After the preparation process was completed, the post-treatment micro-CT scanning of the samples was re-performed using the parameters mentioned previously. Cross-sectional images were scanned to detect the presence of dentinal crack formation before and after preparation. The frequency percentage of micro-crack formation was determined for each group. Chi-square test was used to compare the frequency of micro-cracks formation between the four groups, $p < .05$ was considered statistically significant.

A total of 57920 cross-sectional images were obtained before and after preparation. The increase in the micro-crack formation at the coronal region was found to be statistically significant for ProTaper Universal after preparation ($p < .05$). XP-endo Shaper did not cause any micro-cracks formation at the coronal, middle, and apical regions. Although there was a slight increase in the frequency percentage of microcracks at the coronal and middle regions in 2Shape and the middle regions in ProTaper Next, the differences were not statistically significant ($p > .05$).

In this in vitro study, an increase in the micro-crack formation at the coronal region was determined after the root canal preparation for the ProTaper Universal file system ($p < .05$). No significant differences were observed for other groups (ProTaper Next, 2Shape, XP-endo Shaper) ($p > .05$).

Keywords: Micro-crack, Micro-Computed Tomography, ProTaper Universal, ProTaper Next, XP-endo Shaper, 2Shape.

KAYNAKLAR

- ABOU EL NASR HM, ABD EL KADER KG (2014). Dentinal damage and fracture resistance of oval roots prepared with single-file systems using different kinematics. *J Endod*, **40(6)**: 849-851.
- ADORNO CG, YOSHIOKA T, SUDA H (2011). Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths. *J Endod*, **37(4)**: 522-525.
- AKSOY Ç, KERİŞ EY, YAMAN SD, OCAK M, GENECİ F, ÇELİK HH (2019). Evaluation of XP-endo Shaper, Reciproc Blue, and ProTaper Universal NiTi Systems on Dentinal Microcrack Formation Using Micro-Computed Tomography. *J Endod*, **45(3)**: 338-342.
- ALAÇAM T (2012). Endodonti. 2. Baskı, Özyurt Matbaacılık, Ankara, s: 253-262.
- ALQEDAIRI A, ALFAWAZ H, ABUALJADAYEL B, ALANAZI M, ALKHALIFAH A, JAMLEH A (2019). Torsional resistance of three ProTaper rotary systems. *BMC Oral Health*, **19(1)**: 124-130.
- ARSLAN H, KARATAŞ E, ÇAPAR İD, OZSU D, DOĞANAY E (2014). Effect of ProTaper Universal, Endoflare, Revo-S, HyFlex coronal flaring instruments, and Gates Glidden drills on crack formation. *J Endod*, **40(10)**: 1681-1683.
- ASHWINKUMAR V, KRITHIKADATTA J, SURENDRAN S, VELMURUGAN N (2014). Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: An SEM study. *Int Endod J*, **47(7)**: 622-627.
- AŞÇI SK (2014). Endodonti. 1. Baskı, Quintessence Yayıncılık, İstanbul, s: 385-405.
- ATASOY ULUSOY ÖI, ZEYREK S (2016). Kök Kanal Preparasyonunun Hedefleri ve Kullanılan Aletler. *Türkiye Klinikleri J Endod- Special Topics*, **2(3)**: 1-11.
- BAYRAM HM, BAYRAM E, OCAK M, UYGUN AD, ÇELİK HH (2017a). Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper Instruments on Dentinal Microcrack Formation: A Micro-computed Tomographic Study. *J Endod*, **43(7)**: 1166-1169.
- BAYRAM HM, BAYRAM E, OCAK M, UZUNER MB, GENECİ F, ÇELİK HH (2017b). Micro-computed Tomographic Evaluation of Dentinal Microcrack Formation after Using New Heat-treated Nickel-titanium Systems. *J Endod*, **43(10)**: 1736-1739.
- BERGMANS L, VAN CLEYNENBREUGEL J, BEULLENS M, WEVERS M, VAN MEERBEEK B, LAMBRECHTS P (2003). Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *Int Endod J*, **36(4)**: 288-295.
- BIER CA, SHEMES H, TANOMARU-FILHO M, WESSELINK PR, WU MK (2009). The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. *J Endod*, **35(2)**: 236-238.

- BOESSLER C, PAQUE F, PETERS OA (2009). The effect of electropolishing on torque and force during simulated root canal preparation with ProTaper shaping files. *J Endod*, **35(1)**: 102-106.
- BÜRKLEIN S, TSOTSIS P, SCHÄFER E (2013). Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *J Endod*, **39(4)**: 501-504.
- CASSIMIRO M, ROMEIRO K, GOMINHO L, DE ALMEIDA A, COSTA L, ALBUQUERQUE D (2017). Occurrence of dentinal defects after root canal preparation with R-phase, M-Wire and Gold Wire instruments: a micro-CT analysis. *BMC Oral Health*, **17(1)**: 93.
- CEYHANLI KT, ERDİLEK N, TATAR I, ÇELİK D (2016). Response to comments on to our published article entitled: 'Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: a micro-CT study. *Int Endod J*, **49(2)**:212-215.
- COELHO MS, CARD SJ, TAWIL PZ (2016). Light-emitting Diode Assessment of Dentinal Defects after Root Canal Preparation with Profile, TRUShape, and WaveOne Gold Systems. *J Endod*, **42(9)**: 1393-1396.
- ÇALIŞKAN MK (2014). Endodontide Tanı ve Tedaviler. 3. Baskı, Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, s: 273-309.
- ÇAPAR İD, ARSLAN H, AKÇAY M, UYSAL B (2014a). Effects of ProTaper Universal, ProTaper Next and HyFlex instruments on crack formation dentin. *J Endod*, **40(9)**: 1482-1484.
- ÇAPAR İD, ERTAŞ H, OK E, ARSLAN H, ERTAŞ ET (2104b). Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. *J Endod*, **40(6)**: 852-856.
- ÇAPAR İD, GÖK T, UYSAL B, KELEŞ A (2019). Comparison of microcomputed tomography, cone beam tomography, stereomicroscopy, and scanning electron microscopy techniques for detection of microcracks on root dentin and effect of different apical sizes on microcrack formation. *Microsc Res Tech*, **82(10)**: 1748-1755.
- ÇİÇEK E, KOÇAK MM, SAĞLAM BC, KOÇAK S (2015). Evaluation of microcrack formation in root canals after instrumentation with different NiTi rotary file systems: a scanning electron microscopy study. *Scanning*, **37(1)**: 49-53.
- DANE A, ÇAPAR ID, ARSLAN H, AKÇAY M, UYSAL B (2016). Effect of Different Torque Settings on Crack Formation in Root Dentin. *J Endod*, **42(2)**: 304-306.
- DE OLIVEIRA BP, CÂMARA AC, DUARTE DA, HECK RJ, ANTONINO ACD, AGUIAR CM (2017). Micro-computed Tomographic Analysis of Apical Microcracks before and after Root Canal Preparation by Hand, Rotary, and Reciprocating Instruments at Different Working Lengths. *J Endod*, **43(7)**: 1143-1147.
- DE-DEUS G, BELLADONNA FG, SOUZA EM, SILVA EJ, NEVES ADE A, ALVES H, LOPES RT, VERSIANI MA (2015). Micro-computed tomographic assessment on the effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive Systems on dentinal cracks. *J Endod*, **41(7)**: 1116–1119.

- DE-DEUS G, CÉSAR DE AZEVEDO CARVALHAL J, BELLADONNA FG, SILVA EJNL, LOPES RT, MOREIRA FÍLHO RE, SOUZA EM, PROVENZANO JC, VERSIANI MA (2017). Dentinal Microcrack Development after Canal Preparation: A Longitudinal in Situ Micro-computed Tomography Study Using a Cadaver Model. *J Endod*, **43(9)**: 1553-1558.
- DE-DEUS G, SILVA EJ, MARINS J, SOUZA E, NEVES ADE A, GONÇALVES BELLADONNA F, ALVES H, LOPES RT, VERSIANI MA (2014). Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *J Endod*, **40(9)**: 1447-1450.
- DENTSPLY MAILLEFER (2017a). Erişim Adresi: [http://www.dentsplymaillefer.com/wp-content/uploads/2015/07/PROTAPER-UNIVERSAL-LR-0707_Brochure_EN.pdf]. Erişim Tarihi:17/11/2020.
- DENTSPLY MAILLEFER (2017b). Erişim Adresi: [https://assets.dentsplysirona.com/dentsply/web/Endodontics/global-page-templates-assets/download-pdf%27s/protaper-next/B3115den_ptn_tip_card_LR.pdf]. Erişim Tarihi:17/11/2020.
- DETSCH SG, CUNNINGHAM WT, LANGLOSS JM (1979). Endoscopy as an aid to endodontic diagnosis. *J Endod*, **5(2)**: 60-62.
- ELTIT F, EBACHER V, WANG R (2013). Inelastic deformation and microcracking process in human dentin. *J Struct Biol*, **183(2)**: 141-148.
- FELDKAMP LA, GOLDSTEIN SA, PARFITT AM, JESION G, KLEEREKOPER M (1989). The direct examination of three-dimensional bone archi tecture in vitro by computed tomography. *J Bone Miner Res*, **4(1)**: 3-11.
- FKG DENTAIRE (2017). Erişim Adresi: [https://www.schottlander.com/docs/default-source/product-brochure/xp-endo-shaper-brochure.pdf?sfvrsn=8c32a1ac_4]. Erişim Tarihi:17/11/2020.
- GÜNEŞER MB, ARSLAN D, DİNÇER AN (2017). Kök Kanallarının Şekillendirilmesinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Araştırma Yöntemleri. *Türkiye Klinikleri J Endod-Special Topics*, **3(1)**: 24-30.
- HAAPASALO M, SHEN Y (2013). Evolution of nickel-titanium instruments: from past to future. *Endod Topics*, **29(1)**: 3-17.
- HARGREAVES K, COHEN S (2011). Cohen's Pathways of the Pulp. 10 Ed., Mosby Elsevier, St. Louis, p: 223-348.
- HÜLSMANN M, PETERS OA, DUMMER PM (2005). Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics*, **10(1)**: 30-76.
- IWAMOTO N, RUSE ND (2003). Fracture toughness of human dentin. *J Biomed Mater Res A*, **66(3)**: 507-512.
- KARATAŞ E, GÜNDÜZ HA, KIRICI DÖ, ARSLAN H (2016). Incidence of dentinal cracks after root canal preparation with ProTaper Gold, Profile Vortex, F360, Reciproc and ProTaper Universal instruments. *Int Endod J*, **49(9)**: 905-910.

- KARATAŞ E, GÜNDÜZ HA, KIRICI DÖ, ARSLAN H, TOPÇU MÇ, YETER KY (2015). Dentinal crack formation during root canal preparations by the twisted file adaptive, ProTaper Next, ProTaper Universal, and WaveOne instruments. *J Endod*, **41(2)**: 261-264.
- KATKAR RA, TADINADA SA, AMAECHI BT, FRIED D (2018). Optical Coherence Tomography. *Dent Clin North Am*, **62(3)**: 421-434.
- KELEŞ A, ALÇİN H (2015). Mikro Bilgisayarlı Tomografi ve Endodontik Araştırmalardaki Yeri. *Türkiye Klinikleri J Endod-Special Topics*, **1(3)**: 32-39.
- KIM HC, LEE MH, YUM J, VERSLUIS A, LEE CJ, KIM BM (2010). Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *J Endod*, **36(7)**: 1195-1199.
- LERTCHIRAKARM V, PALAMARA JEA, MESSER HH (2001). Anisotropy of tensile strength of root dentin. *J Dent Res*, **80(2)**: 453-456.
- LIU R, HOU BX, WESSELINK PR, WU MK, SHEMESH H (2013a). The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod*, **39(8)**: 1054-1056.
- LIU R, KAIWAR A, SHEMESH H, WESSELINK PR, HOU B, WU MK (2013b). Incidence of apical root cracks and apical dentinal detachments after canal preparation with hand and rotary files at different instrumentation lengths. *J Endod*, **39(1)**: 129-132.
- MATSUSHITA-TOKUGAWA M, MIURA J, IWAMI Y, SAKAGAMI T, IZUMI Y, MORI N, HAYASHI M, IMAZATO S, TAKESHIGE F, EBISU S (2013). Detection of Dentinal Microcracks Using Infrared Thermography. *J Endod*, **39(1)**: 88-91.
- MCCOMB D, SMITH DC (1975). A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*, **1(7)**: 238-242.
- METZGER Z, TEPEROVICH E, ZARY R, COHEN R, HOLF R (2010). The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy – a new concept of endodontic file and its implementation. *J Endod*, **36(4)**: 679-690.
- MICRO-MEGA (2018). Erişim Adresi: [https://micro-mega.com/wp-content/uploads/2018/03/60301807-C_Brochure-2Shape_EN_WEB.pdf]. Erişim Tarihi: 17/11/2020.
- MONGA P, BAJAJ N, MAHAJAN P, GARG S (2015). Comparison of incidence of dentinal defects after root canal preparation with continuous rotation and reciprocating instrumentation. *Singapore Dent J*, **36**: 29-33.
- NIELSEN RB, ALYASSIN AM, PETERS DD, CARNES DL, LANCASTER J (1995). Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod*, **21(11)**: 561-568.
- PARK E (2013). Ultrasonics in endodontics. *Endod Topics*, **29(1)**: 125-159.
- PASCON FM, KANTOVITZ KR, SACRAMENTO PA, NOBRE-DOS-SANTOS M, PUCCIN-RONTANI RM (2009). Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *J Dent*, **37(12)**: 903-908.

- PATNANA AK, CHUGH A (2018). Endodontic Management of Curved Canals with ProTaper Next: A Case Series. *Contemp Clin Dent*, **9(1)**: 168-172.
- PAWAR AM, THAKUR B, KFIR A, KIM HC (2019). Dentinal defects induced by 6 different endodontic files when used for oval root canals: an in vitro comparative study. *Restor Dent Endod*, **44(3)**: e31.
- PETERS OA, MORGENTAL RD, SCHULZE KA, PAQUÉ F, KOPPER PM, VIER-PELISSER FV (2014). Determining cutting efficiency of nickel-titanium coronal flaring instruments used in lateral action. *Int Endod J*, **47(6)**: 505-513.
- PETTIETTE MT, DELANO EO, TROPE M (2001). Evaluation of success rate of endodontic treatment performed by students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files. *J Endod*, **27(2)**: 124-127.
- PLOTINO G, NAGENDRABABU V, BUKIET F, GRANDE NM, VEETIL SK, DE-DEUS G, ALY AHMED HM (2020). Influence of Negotiation, Glide Path, and Preflaring Procedures on Root Canal Shaping-Terminology, Basic Concepts, and a Systematic Review. *J Endod*, **46(6)**: 707-729.
- PRADEEPKUMAR AR, SHEMESH H, ARCHANA D, VERSIANI MA, SOUSA-NETO MD, LEONI GB, SILVA-SOUSA YTC, KISHEN A (2019). Root Canal Preparation Does Not Induce Dentinal Microcracks In Vivo. *J Endod*, **45(10)**: 1258-1264.
- RATHI A, CHOWDHRY P, KAUSHIK M, REDDY P, ROSHNI, MEHRA N (2018). Effect of different periodontal ligament simulating materials on the incidence of dentinal cracks during root canal preparation. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, **12(3)**: 196-200.
- RICUCCI D, RUSSO D, RUTBERG M, BURLESON JA, SPÅNGBERG LS (2011). A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **112(6)**: 825-842.
- RIVERA EM, WALTON RE (2009). Longitudinal tooth fractures: findings that contribute to complex endodontic diagnoses. *Endod Topics*, **16(1)**: 82-111.
- RIVERA EM, WALTON RE (2015). Longitudinal tooth cracks and fractures: an update and review. *Endod Topics*, **33(1)**: 14-42.
- RUDDLE CJ (2005). The Protaper technique: shaping the future of endodontics. *Endod Topics*, **10(1)**: 187-190.
- RUDDLE CJ, MACHTOU P, WEST JD (2013). The shaping movement: fifth-generation technology. *Dent Today*, **32(4)**: 94, 96-9.
- SATHORN C, PALAMARA JE, PALAMARA D, MESSER HH (2005). Effect of root canal size and external root surface morphology on fracture susceptibility and pattern: a finite element analysis. *J Endod*, **31(4)**: 288-292.
- SAUNDERS EM (2005). Hand instrumentation in root canal preparation. *Endod Topics*, **10(1)**: 163-167.

- SHANTIAEE Y, DIANAT O, MOSAYEBI G, NAMDARI M, TORDIK P (2019). Effect of Root Canal Preparation Techniques on Crack Formation in Root Dentin. *J Endod*, **45(4)**: 447-452.
- SHEMESH H, LINDTNER T, PORTOLES CA, ZASLANSKY P (2018). Dehydration induces cracking in root dentin irrespective of instrumentation: A two-dimensional and three-dimensional study. *J Endod*, **44(1)**: 120-125.
- SHEMESH H, ROELEVELD AC, WESSELINK PR, WU MK (2011). Damage to root dentin during retreatment procedures. *J Endod*, **37(1)**: 63–66.
- SHEMESH H, VAN SOEST G, WU MK, WESSELINK PR (2008). Diagnosis of vertical root fractures with optical coherence tomography. *J Endod*, **34(6)**: 739-742.
- SHEN Y, ZHOU HM, ZHENG YF, PENG B, HAAPASALO M (2013). Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod*, **39(2)**: 163-172.
- SILVA SANTOS AM, PORTELA FMSF, COELHO MS, FONTANA CE, DE MARTIN AS (2018). Foraminal Deformation after Foraminal Enlargement with Rotary and Reciprocating Kinematics: A Scanning Electronic Microscopy Study. *J Endod*, **44(1)**: 145-148.
- SIM TP, KNOWLES JC, NG YL, SHELTON J, GULABIVALA K (2001). Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *Int Endod J*, **34(2)**: 120-132.
- SONI M, HEGDE S, MATHEW S, MADHU K (2014). Rotary systems: an insight. *J Dent Orofac Res*, **10(2)**: 16-21.
- SOUSA TO, HAITER-NETO F, NASCIMENTO EHL, PERONI LV, FREITAS DQ, HASSAN B (2017). Diagnostic Accuracy of Periapical Radiography and Cone-beam Computed Tomography in Identifying Root Canal Configuration of Human Premolars. *J Endod*, **43(7)**: 1176-1179.
- STRAWN SE, WHITE JM, MARSHALL GW, GEE L, GOODIS HE, MARSHALL SJ (1996). Spectroscopic changes in human dentine exposed to various storage solutions - short term. *J Dent*, **24(6)**: 417-423.
- STRINGHETA CP, PELEGRINE RA, KATO AS, FREIRE LG, IGLECIAS EF, GAVINI G, BUENO CEDS (2017). Micro-computed Tomography versus the Cross-sectioning Method to Evaluate Dentin Defects Induced by Different Mechanized Instrumentation Techniques. *J Endod*, **43(12)**: 2102-2107.
- SWAIN MV, XUE J (2009). State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci*, **1(4)**: 177-188.
- TAN JEN-HONG, NG EYK, RAJENDRA ACHARYA U, CHEE C (2009). Infrared thermography on ocular surface temperature: a review article. *Infrared Phys Technol*, **52(2)**: 97–108.
- THOMPSON SA (2000). An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J*, **33(4)**: 297-310.

- UĞUR AYDIN Z, KESKİN NB, ÖZYÜREK T (2019). Effect of Reciproc blue, XP-endo shaper, and WaveOne gold instruments on dentinal microcrack formation: A micro-computed tomographic evaluation. *Microsc Res Tech*, **82(6)**: 856-860.
- USLU G, ÖZYÜREK T, GÜNDOĞAR M, YILMAZ K (2018). Cyclic fatigue resistance of 2Shape, Twisted File and EndoSequence Xpress nickel-titanium rotary files at intracanal temperature. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, **12(4)**: 283-287.
- VON ARX T, KUNZ R, SCHNEIDER AC, BÜRGİN W, LUSSI A (2010). Detection of Dentinal Cracks after Root-end Resection: An Ex Vivo Study Comparing Microscopy and Endoscopy with Scanning Electron Microscopy. *J Endod*, **36(9)**: 1563-1568.
- WALIA H, BRANTLEY WA, GERSTEIN H (1988). An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod*, **14(7)**: 346-351.
- WEST J (2006). Progressive taper technology: rationale and clinical technique for the new ProTaper Universal system. *Dent Today*, **25(12)**: 64-66.
- YAHATA Y, YONEYAMA T, HAYASHI Y, EBIHARA A, DOI H, HANAWA T, SUDA H (2009). Effect of heat treatment on transformation temperatures and bending properties of nickel-titanium endodontic instruments. *Int Endod J*, **42(7)**: 621-626.
- YARED G (2008). Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J*, **41(4)**: 339-344.
- YILMAZ Z (2016). Kök Kanallarının Şekillendirilmesinde Kullanılan Geleneksel Yöntemler. *Türkiye Klinikleri J Endod- Special Topics*, **2(3)**: 22-31.
- YOLDAŞ O, YILMAZ S, ATAKAN G, KUDEN C, KASAN Z (2012). Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. *J Endod*, **38(2)**: 232-235.
- ZUOLA ML, DE-DEUS G, BELLADONNA FG, SILVA EJ, LOPES RT, SOUZA EM, VERSIANI MA, ZAIA AA (2017). Micro-Computed Tomography Assessment of Dentinal Micro-cracks after Root Canal Preparation with TRUShape and Self-Adjusting File Systems. *J Endod*, **43(4)**: 619-622.

ÖZGEÇMİŞ

I. Bireysel Bilgiler

Adı : Yağmur Eda
Soyadı : Gültekin
Doğum Yeri ve Tarihi : Altındağ 21.08.1992
Uyruğu : T.C.
Medeni Durumu : Bekar
İletişim Adresi ve : Sokullu Mehmet Paşa Cad. 79/10
Telefonu : Çankaya/Ankara
05063799615
Elektronik Posta : yagmuredagultekin@gmail.com

II. Eğitim Bilgileri

2017-2020 : Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı, (Uzmanlık) ANKARA
2010-2015 : Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, (Lisans)
ANKARA
2006-2010 : Gölbaşı Anadolu Lisesi, ANKARA

Yabancı Dil

İngilizce