



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**ROTARY VE RESİPROKAL SİSTEMLERLE PREPARE  
EDİLMİŞ KÖK KANALLARINDA OLUŞAN DENTİN  
DEFEKTLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**Ece ÖKTEN**

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Berna ASLAN**

**ANKARA  
2019**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**ROTARY VE RESİPROKAL SİSTEMLERLE PREPARE  
EDİLMİŞ KÖK KANALLARINDA OLUŞAN DENTİN  
DEFEKTLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**Ece ÖKTEN**

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Berna ASLAN**

**ANKARA  
2019**

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na,

Uzmanlık tezi olarak hazırlayıp sunduğum "Rotary ve Resiprokal Sistemlerle Prepare Edilmiş Kök Kanallarında Oluşan Dentin Defektlerinin Karşılaştırılması" başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan klinik çalışma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler ve yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Uzmanlık Öğrencisinin Adı Soyadı : Ece ÖKTEN

Tarih :

İmza :

# İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER .....	iv
ÖNSÖZ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER.....	ix
TABLOLAR .....	x
GRAFİKLER .....	xi
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Nikel Titanyum Döner Alet Sistemleri .....	3
1.1.1. Birinci Jenerasyon Döner Alet Sistemleri.....	3
1.1.1.1. LightSpeed .....	3
1.1.1.2. ProFile .....	4
1.1.1.3. Quantec-K3 .....	5
1.1.1.4. Greater Taper-GT.....	5
1.1.2. İkinci Jenerasyon Döner Alet Sistemleri .....	6
1.1.2.1. ProTaper Universal Döner Alet Sistemi .....	7
1.1.2.2. HERO Shaper Döner Alet Sistemi.....	8
1.1.2.3. FlexMaster Döner Alet Sistemi.....	9
1.1.2.4. Race Döner Alet Sistemi.....	9
1.1.2.5. EndoSequence Döner Alet Sistemi .....	10
1.1.2.6. MTwo Döner Alet Sistemi .....	10
1.1.3. Üçüncü Jenerasyon Döner Alet Sistemleri .....	11
1.1.3.1. WaveOne Döner Alet Sistemi.....	11
1.1.3.2. WaveOne Gold Döner Alet Sistemi.....	12
1.1.3.3. Twisted File Döner Alet Sistemi.....	13

1.1.3.4. Hyflex Döner Alet Sistem.....	14
1.1.3.5.Profile Vortex Döner Alet Sistemi.....	14
1.1.4. Dördüncü Jenerasyon Döner Alet Sistemleri.....	15
1.1.4.1. Resiproc Döner Alet Sistemi.....	16
1.1.4.2. Self-Adjusting File (SAF) Döner Alet Sistemi.....	16
1.1.5. Beşinci Jenerasyon Döner Alet Sistemleri.....	17
1.1.5.1. Revo-S Döner Alet Sistemi.....	17
1.1.5.2. One Shape Döner Alet Sistemi.....	18
1.1.5.3. ProTaper Next Döner Alet Sistemi.....	19
1.1.5.4.Hyflex EDM döner alet sistemi.....	20
1.2. Kök Kanal Preparasyonu Esnasında Nikel Titanyum Döner Alet Kullanımı Sonucu Dentinde Meydana Gelebilecek Defektler.....	21
1.3. Döner Alet Sistemleriyle Kök Kanal Preparasyonu Sonucunda Dentinde Defekt Oluşumu Konusunda Günümüze Kadar Yapılmış Olan Bazı Çalışmalar.....	22
<b>2. GEREÇ VE YÖNTEM.....</b>	<b>28</b>
2.1. Etik Kurul Onayı.....	28
2.2. Deney Aşamaları.....	28
2.2.1. Dişlerin Seçilmesi ve Hazırlanması.....	28
2.2.2. Dişlerin Çalışma Boyunun Belirlenmesi.....	31
2.2.3. Blokların Hazırlanması.....	32
2.2.4. Kontrol ve Deney Gruplarının Hazırlanması.....	33
2.2.4.1. Grup 1: Kontrol Grubu.....	33
2.2.4.2. Grup 2: ProTaper Universal Grubu.....	34
2.2.4.3. Grup 3: ProTaper Next Grubu.....	35
2.2.4.4. Grup 4: Hyflex EDM Grubu.....	35
2.2.4.5. Grup 5: WaveOne Grubu.....	36
2.2.4.6. Grup 6: WaveOne Gold Grubu.....	37

2.3. Köklerden Kesit Alınması.....	38
2.4. Alınan Kesitlerin Stereomikroskop Altında İncelenmesi .....	38
2.5. Sonuçların İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi .....	39
<b>3. BULGULAR</b> .....	<b>40</b>
3.1. Grupların Apekten 3 mm Mesafeden Alınan Kesitlerde Çatlak Oluşma Sayı ve Oranlarına Ait Bulgular.....	40
3.2. Grupların Apekten 6 mm Mesafede Alınan Kesitlerde Çatlak Oluşma Sayı ve Oranlarına Ait Bulgular.....	43
3.3. Grupların Apekten 9 mm Uzaklıkta Alınan Kesitlerde Çatlak Oluşma Sayı ve Oranlarına Ait Bulgular.....	46
3.4. Kontrol ve Deney Gruplarından Alınan Kesitlerde Toplam Çatlak Oluşma Sayı ve Oranlarına Ait Bulgular.....	48
3.5. Gruplardan Alınan Kesitlerde Grup İçi Çatlak Oluşturma Sayı ve Oranlarına Ait Bulgular.....	49
<b>4. TARTIŞMA</b> .....	<b>51</b>
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	<b>62</b>
KAYNAKLAR .....	64
ÖZET.....	74
SUMMARY .....	76
ÖZGEÇMİŞ .....	78

## ÖNSÖZ

Rotary ve resiprokal sistemlerle prepare edilmiş kök kanallarında oluşan dentin defektlerini karşılaştırılmayı amaçladığım bu çalışmamda yardımlarını esirgemeyen, uzmanlık eğitimim boyunca gerek akademik, gerek sosyal yönden bana her konuda destek olan, yol gösteren, çok şey borçlu olduğum kıymetli hocam sayın Prof. Dr. Berna ASLAN'a,

Başta Anabilim Dalı Başkanımız sayın hocam Prof. Dr. Meltem DARTAR ÖZTAN olmak üzere; bu fakültenin bir ferdi olduğum her an boyunca yanımda hissettiğim, desteklerini benden esirgemeyen her biri birbirinden değerli tüm Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyelerine,

Sayın jüri üyelerim Prof. Dr. Semra SEVİMAY ve Prof. Dr. Kamran GÜLŞAHI hocalarıma,

Keyifli bir eğitim süreci geçirmemde payı olan asistan arkadaşlarıma,

Çalışma ortamımda her zaman bana yardımcı olan yardımcı personelimize,

Bu üç yıl boyunca her zaman yanımda olan Emirhan SİYAMBAŞ'a

Hayata farklı pencerelerden bakmamı sağlayarak ufkumu genişleten Dt. Hasan YILDIZ'a,

Çok şey paylaştığım kıymetli arkadaşlarım Dt. İrem EREN, Dt. Gamze GÜMÜŞ ve Dt. Esra DURSUN'a,

Her zaman ve her koşulda sevgi, ilgi ve desteğini hissettiğim Dt. Fatih YAKIN'a,

Daima yanımda olan amcam Okan ÖKTEN'e,

Beni yetiştiren, bugüne getiren, hayran olduğum çok sevgili annem Nuray KIZILKAYA'ya,

Son olarak özgür bir Türk kadını olarak bu imkanlara kavuşmamı sağlayan Mustafa Kemal ATATÜRK ve silah arkadaşlarına sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

## SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
<	Küçük
>	Büyük
ark	Arkadaşları
C°	Celsius
CM	Controlled Memory
dk	Dakika
EDM	Electro Discharge Machining
EDTA	Etilen Diamin Tetraasetik Asit
GT	Greater Taper
HERO	High Elasticity in Rotation
mm	Milimetre
mL	Mililitre
Ni-Ti	Nikel Titanyum
rpm	Revolutions Per Minute
Race	Reamer with Alternating Cutting Edges
SAF	Self Adjusting File
SEM	Scanning Electron microscope
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
TF	Twisted File
VKK	Vertikal Kök Kırığı



## ŞEKİLLER

Şekil 2. 1. Dişlerin dijital kumpas yardımıyla ölçümü .....	30
Şekil 2. 2. Micracut 201 kesim cihazı.....	30
Şekil 2. 3. 13 mm boyunda kesilmiş diş.....	31
Şekil 2. 4. Alüminyum folyo ile sarılmış kök .....	32
Şekil 2. 5. Akrilik rezin model ve silikon ölçü maddesi içine yerleştirilen kök .....	33
Şekil 2. 6. ProTaper Universal döner alet sistemi.....	34
Şekil 2. 7. ProTaper Next döner alet sistemi.....	35
Şekil 2. 8. Hyflex EDM OneFile eğesi .....	36
Şekil 2. 9. WaveOne Primary eğesi .....	36
Şekil 2. 10. Endodontik motorun WaveOne modu .....	37
Şekil 2. 11. WaveOne Gold Primary eğesi .....	37
Şekil 2. 12. Endodontik motorun WaveOne Gold modu .....	38
Şekil 3. 1. Apekten 3 mm mesafeden alınan aynı örneğe ait horizontal kesitlerden x16 (A, B, C, D, E, F) ve x25 (a, b, c, d, e, f) büyütmede alınan görüntüler.....	42
Şekil 3. 2. Apekten 6 mm mesafeden alınan aynı örneğe ait horizontal kesitlerden x16 (A, B, C, D, E, F) ve x25 (a, b, c, d, e, f) büyütmede alınan görüntüler.....	45
Şekil 3. 3. Apekten 9 mm mesafeden alından aynı örneğe ait horizontal kesitlerden x16 (A, B, C, D, E, F)) ve x25 (a, b, c, d, e, f) büyütmede alınan görüntüler.....	47

## TABLolar

Tablo 3. 1. Gruplarda apekten 3 mm mesafede çatlak gözlenen kesit sayı ve oranları .....	41
Tablo 3. 2. Gruplarda apekten 6 mm mesafede çatlak gözlenen kesit sayı ve oranları .....	44
Tablo 3. 3. Gruplarda apekten 9 mm mesafede çatlak gözlenen kesit sayı ve oranları .....	46
Tablo 3. 4. Farklı gruplarda yapılan kök kanal preparasyonları sonrasında çatlak gözlenen toplam kesit sayı ve oranları.. .....	48
Tablo 3. 5. Farklı gruplarda yapılan kök kanal preparasyonları sonrasında farklı seviyelerde çatlak gözlenen kesit sayı ve oranları .....	50

## GRAFİKLER

Grafik 3. 1. Gruplar arasında 3 mm seviyesinden alınan kesitlerde çatlak gözlenen kesit sayıları .....	41
Grafik 3. 2. Gruplar arasında 6 mm seviyesinden alınan kesitlerde çatlak gözlenen kesit sayıları. ....	44
Grafik 3. 3. Kontrol ve deney gruplarından alınan kesitlerde çatlak görülen toplam kesit sayısı .....	49



# 1. GİRİŞ

Başarılı bir kök kanal tedavisi için karmaşık yapıya sahip kök kanal sisteminin mümkün olan en üst düzeyde temizlenmesi, şekillendirilmesi ve bu boşluğun sızdırmaz şekilde doldurulması şarttır. Kök kanal preparasyonu işlemi başarılı endodontik tedavinin en önemli adımlarından biri olup hem kanal içerisindeki enfekte dokunun uzaklaştırılması ile kök kanal sisteminin temizliğine yardımcı olur, hem de ideal bir kök kanal dolgusu yapılabilmesi için gerekli alanı sağlar (Priya ve ark., 2014).

Bu amaçlar doğrultusunda kök kanal sisteminden dokuların uzaklaştırılmasında kullanılmak üzere 1915 yılında Kerr firması tarafından ilk eğe üretilmiş ve firmanın isminin baş harfi ile anılarak K tipi eğe adını almıştır. İlk olarak karbon çelikten imal edilen eğeler daha sonra paslanmaz çelikten üretilmeye başlanmıştır. Paslanmaz çelik eğelerin kullanımıyla birlikte eğelerin gövde çapı düşürülmüş, karbon çelik eğelere oranla kesici etkinliği ve esnekliği artırılmıştır (Craig, 1963). Ancak paslanmaz çelik aletlerin özellikle çap artışıyla birlikte sertliğinin de artması nedeniyle preparasyon esnasında kanal transportasyonu (Weine ve ark., 1975), zipping (Glickman ve Dumsha, 1997), dirsek ve basamak oluşumu (Kapalas ve Lambrianidis, 2000), strip ve kök perforasyonları (Nagy ve ark., 1997), eğelerin kırılması (Pettiette ve ark., 1999) gibi komplikasyonlar ortaya çıkmıştır. Bunun üzerine endodontide yeni bir alaşım arayışına girilmiştir.

Nitinol ağırlıkça %55 nikel, %45 titanyumdan oluşmakta olup 1960 yılında William Bueller tarafından Naval Ordinance Laboratuvarında üretilmiştir (Grossman, 1976). Bu alaşım ismini Nikel=Ni, Titanyum=Ti ve Naval Ordinance Laboratory=NOL kelimelerinin birleşiminden almıştır. Yapılan araştırmalarda bu alaşımın şekil hafızası özelliği (Duerig, 2006) ve gerilime bağlı süperelastik özelliğe sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Otsuka ve Ren, 2005). Bu özellikler alaşımın moleküler kristal yapısının bulunduğu östenit ve martensit olarak adlandırılan iki fazdan kaynaklanmaktadır (Thompson ve Dummer, 2000). Uygulanan eksternal stresler östenit yapıda bulunan kristal yapısının martensite dönüşmesini sağlar, böylece

gerilme kuvvetlerinde artış olmaksızın alaşım daha yüksek stresi karşılayabilir duruma gelir. Kuvvet ortadan kalktığına ise eski formuna geri döner. Bunun sonucu olarak bu alaşımın dönüşebilir elastisite özelliği olduğu söylenebilir. Bu özellikler nedeniyle paslanmaz çelik aletlerin üretiminde kullanılan bükme yöntemi deformasyona neden olacağı için NiTi aletlerin üretiminde mölleme tekniği tercih edilmektedir.

Walia ve arkadaşları 1988 yılında yaptıkları bir çalışmada nitinolün süperelastik özelliğinin klasik paslanmaz çelik eğelere üstünlük sağlayabileceğini düşünmüş ve ürettikleri ilk nitinol el eğesini paslanmaz çelik el eğeleriyle kıyaslamışlardır. Bu çalışma sonucunda #15 numaralı nitinol el eğesinin paslanmaz çelik el eğesine göre iki kat daha esnek olduğu ve açılma sapmalarına karşı daha yüksek direnç gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Böylece üretilen ilk NiTi eğe ile NiTi alaşımların endodontide kullanımının önü açılmıştır.

El aletleri ile yapılan kök kanal preparasyonu işlemi oldukça yorucu ve zaman alıcıdır. Kök uzunluğu, kanal kurtatürünün derecesi, kanalın çapı ve kalsifikasyon derecesi gibi faktörlere bağlı olarak bu süre uzayabilmektedir. İşlem süresini kısaltmak için motorlu ve otomatik cihazlar geliştirilmeye başlanmıştır. 1889 yılında William H. Rollins 100 devir/dakika hızda 360 derece dönen bir motor geliştirerek endodontik motorların temelini atmıştır. İlerleyen yıllarda ise hareket kinematiği değiştirilerek resiprokal hareket yapan Giromatic (Micro Mega) piyasaya sürülmüştür. Bu alet 3000 devir/dakika ile çeyrek dönüşler yapmaktadır. Ancak bu ve diğer motorlardaki problem motorla kullanılan eğelerin tasarımlarının tam olarak uygun olmamasıdır (Ingle, 1985).

Hem elektrikli otomatik motorlar, hem de eğelerde meydana gelen değişimler sonucunda 1990'lı yıllarda ilk NiTi döner alet sistemi piyasaya sürülmüştür. Bu tarihten günümüze kadar eğelerin üretim süreçlerinde uygulanan yöntemler, eğelerin enine kesit dizaynları, koniklik açıları, hareket dinamikleri, alaşımın yapısı gibi birçok konuda değişiklikler yapılarak çok sayıda döner alet sistemi piyasaya sürülmüş olup, bu özelliklerine bakılarak döner alet sistemleri 5 jenerasyona ayrılarak kategorize edilmiştir (Ruddle,2012).

## **1.1. Nikel Titanyum Döner Alet Sistemleri**

### **1.1.1. Birinci Jenerasyon Döner Alet Sistemleri**

İlk NiTi döner alet sistemi .02 koniklik açısına sahip olup Dr. John McSpadden tarafından 1992 yılında geliştirilerek piyasaya sürülmüştür. Bundan iki yıl sonra Dr. Ben Johnson tarafından geliştirilen .04 ve .06 koniklik açısına sahip ProFile eğeleri ile Orrifice Shaper kullanıma sunulmuştur. Dr. Steve Senia ve Dr. William Wildley tarafından geliştirilen LightSpeed, Dr. McSpadden tarafından geliştirilen K3 döner alet sistemi-Quantec, Dr. Buchanan tarafından geliştirilen Greater Taper-GT döner alet sistemleri de birinci jenerasyonda yer almaktadır.

Birinci jenerasyonda bulunan döner alet sistemlerinin en önemli ortak özelliği U şekilli enine kesit geometrileri ve tasarımlarında pasif radyal alanların bulunmasıdır (Bryant ve ark., 1999). Eğenin uç tasarımı ve lateral yüzeylerde bulunan radyal alanlar eğenin apikale ulaşmasına rehberlik eder ve eğenin preparasyon esnasında kanal merkezinde kalmasına yardımcı olur. Diğer yandan bu jenerasyondaki eğeler dentinde kesme hareketi ile değil reaming hareketi ile çalıştıkları için etkinlikleri azdır ve bu nedenle bu jenerasyondaki ege sistemlerinde kök kanal preparasyonunu tamamlamak için çok sayıda ege kullanımı gerekmektedir.

#### **1.1.1.1. LightSpeed**

LightSpeed döner alet sistemi (Kerr Dental, Orange, California, USA) ilk olarak LS1 adıyla piyasaya sürülmüş olup uzun, ince, kesici olmayan gövde ve kısa ön kesici baş kısma sahiptir. Bu ege koniklik açısına sahip değildir, enine kesitte U şeklini göstermektedir. Daha sonra bu eğenin dizaynı devam ettirilerek üretim aşamasında frezleme değil kalıptan dökme sistemine geçilmiş ve şu an güncel olarak kullanımda olan LSX döner alet sistemi geliştirilmiştir (Iqbal ve ark., 2007). LS1 ve

LSX döner alet sistemlerinde preparasyon hatalarının düşük oranda olduğu ileri sürülmüştür (Thompson ve Dummer,1997).

Bu döner alet sistemi 20 ila 160 uç çaplarına sahip eğelerden oluşmakta olup 750-2500 devir/dakika değerlerinde rotary (sürekli dönme) hareketiyle kullanımı firma tarafından tavsiye edilmektedir.

### **1.1.1.2. ProFile**

ProFile döner alet sistemi (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) Dr. Ben Johnson tarafından tanıtılarak 1994 yılında piyasaya sürülmüştür. Bu döner alet sistemi U- şekilli enine kesit dizayna sahip olup radyal alanları bulunmakta ve paralel bir merkezi kora sahiptir. Lateralde 20 derecelik bir heliks açısına sahip olup devamlı yiv adımları ve kurşun şeklinde kesici olmayan uç dizaynına sahiptir. Düşük oranda negatif kesme açısı ve sistemin dizaynı nedeniyle dentinde kesme hareketinden çok reaming hareketi yaptığı görülür. Böylelikle debris korondan dışarı atılır ve kök kanal sisteminden uzaklaştırılır. Kesici olmayan uç ve simetrik radyal alan tasarımının eğenin merkezde kalmasını sağlayarak olası preparasyon hatalarının önüne geçtiği ileri sürülmüştür (Thompson ve Dummer, 1997).

Bu döner alet sisteminde 21, 25 ve 30 milimetre (mm) boy seçeneklerinde; 15, 20, 25, 30, 35, 40 ve 45 uç çaplarında .02, .04 ve .06; 50, 55, 60, 70 ve 80 uç çaplarında ise .04 ve .06 koniklik açısına sahip ege seçenekleri bulunmaktadır. Firma 150-350 devir/dakika hız ve rotary hareketiyle kullanımını tavsiye etmektedir.

İlerleyen yıllarda ProFile döner alet sistemlerinin uç ebatları ve koniklik açıları değiştirilmeden enine kesitlerde radyal alanları bulunmayan Vortex (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma, USA) döner alet sistemleri üretilmiştir.

### 1.1.1.3. Quantec-K3

K3 döner alet sistemi (SybronEndo, Orange, California, USA) Dr. John McSpadden tarafından geliştirilmiş olup ilk olarak Quantec 2000 eğeleri olarak piyasaya sürülmüş, sonrasında bu sistemi Quantec SC, Quantec LX takip etmiştir. Tasarım olarak ProFile döner alet sistemine benzemektedir. Kesme etkinliğini arttırmak için eğe hafif dereceli pozitif kesme açısına sahiptir. Geniş radyal alanları bulunmaktadır. Periferel bıçakları eğenin kanal içinde sürtünmesini azaltır. Değişken yiv adımı ve kor çapı tasarımıyla esnekliğin artırılması hedeflenmiştir.

Kesici uç tasarımına sahip seride 21 ve 25 mm boy seçenekleriyle 25 uç çaplı .02, .03, .04, .05, .06 koniklik açılı ve 15-60 uç çaplı .02 koniklik açılı eğe seçenekleri mevcuttur. Kesici uca sahip olmayan serisinde ise yukarıdaki seçeneklere 25 uç çaplı .10, .12 koniklik açısında 17 ve 21 mm boyunda eğeler ilave edilmiştir. Bu sistemin üretici firma tarafından 200 devir/dakika ile rotary hareketiyle kullanımı tavsiye edilmektedir.

### 1.1.1.4. Greater Taper-GT

Great Taper yani GT döner alet sistemi (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma, USA) Dr. Buchanan tarafından geliştirilerek 1994 yılında piyasaya sürülmüş olup enine kesitte radyal alana sahip olduğu görülmektedir. Uç kısmı yuvarlak olup kesici özellikte değildir. Değişken yiv adımı ve apikale doğru artan yiv sayısına sahiptir. GT döner alet sistemlerinde prosedürel hataların çok sık görülmediği iddia edilmiştir. (Gluskin ve ark., 2001).

Sonrasında geliştirilen GTX döner alet sisteminde (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma, USA) GT döner alet sistemlerinin sahip olduğu dizayn korunmuş olup M-Wire alaşımı kullanılmaya başlanmıştır. Bu döner alet sisteminde 20/40 uç çapı aralığında .04, .06, .08, .10 koniklik açısına sahip eğeler ile 50,70 ve 90 uç çaplı .12 koniklik açılı aksesuar eğeler bulunmaktadır. Her iki sistemdeki standart eğelerin



150 ila 350 devir/dakika, aksesuar eğelerin ise 800 devir/dakika hızda rotary hareketiyle kullanımı önerilmiştir.

Yapılan bazı çalışmalarda GTX sisteminin GT sistemine göre fiziksel özelliklerinde iyileşme (Kell ve ark., 2009) veya şekillendirme kapasitesinde artış görülmediği öne sürülmüştür (Iqbal ve ark., 2010).

### **1.1.2. İkinci Jenerasyon Döner Alet Sistemleri**

İkinci jenerasyon eğeler ilk olarak 2001 yılında piyasaya çıkmıştır (Machtou ve Ruddle, 2004). Bu eğe sistemleri ilk jenerasyondan radyal alanlarının olmayışıyla ayrılır. Radyal alanlar olmadığı ve aktif kesici kenarlar içerdiği için kesme etkinliği artmıştır. Dolayısıyla bu jenerasyondaki eğe sistemlerinde kanal preparasyonunu tamamlamak için gereken eğe sayısı azalmıştır. Bu jenerasyona ait döner alet sistemlerinde enstrümanlar üzerinde kanal duvarına temas eden alternatif temas noktaları bulunmaktadır (Schäfer ve Vlassis, 2004). Bu özellik kilitlenme ve vidalanma etkisini azaltmayı amaçlar. Ancak ProTaper Universal hariç bu jenerasyondaki aletler sabit koniklik açısına sahiptir. ProTaper Universal döner alet sisteminde ise bir eğe üzerindeki farklı noktalarda artan ve azalan koniklik açılarıyla karşılaşmaktadır. Bu özellik eğenin kesme işlemini belli alanlarda yoğunlaştırmaktadır.

Bu süreç içerisinde meydana gelen alet kırılmalarının önüne geçilmesi amacıyla bazı üreticiler geleneksel işleme prosedürleri nedeniyle oluşan yüzey düzensizliklerini gidermek için elektropolisaj yöntemine başvurmuşlardır. Elektropolisaj, yani elektrokimyasal yüzey işleminin 1999 yılında FKG firması tarafından tanıtılmıştır. Makinadaki işlem süreçleri tamamlandıktan sonra oluşan defektlerin giderilmesi, kesme etkinliğinin ve kırılma direncinin artırılması için eğeler bu yüzey işlemine tabi tutulur. Elektropolisaj işleminde iyonik solüsyon içine konulan egeden elektrik akımı geçirilir. Elektrik akımı yüzey düzensizliklerden geçer ve daha düzgün bir yüzey elde edilmesini sağlar (Viana ve ark., 2010). Ancak elektropolisaj işleminin

kesici kenarları körelttiği gözlenmiştir. Bunun sonucunda döner alete binen tork yükü ve vidalanma etkisinde artış görülmüştür (Boessler ve ark., 2009). Ayrıca bazı araştırmacılar yüzey bitim özelliklerine göre eğe dizaynı gibi faktörlerin sıklık kırılma direnci üzerinde daha önemli bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir (Wealleans ve ark., 2011). Bununla birlikte eğelerin karakteristiği ve enine kesit dizaynı ile hareket yöntemleri üzerinde değişikliklere gidilmeye başlanmıştır.

### **1.1.2.1. ProTaper Universal Döner Alet Sistemi**

ProTaper Universal döner alet sistemi (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) Dr. Cliff Ruddle, John West ve Pierre Machtou tarafından tasarlanmış olup keskin kesici kenarlara sahip, radyal alanı olmayan, konveks üçgen kesitlidir. Bu dizayn eğe ile dentinin temas alanının azaltılması hedeflenmiştir. Kesici olmayan uç yapısına sahiptir. Eğeler üzerindeki aktif kesici alanlarda, bulunan noktaya göre heliks açısı ve yiv adımı değişmektedir. Böylece eğenin kanalda sıkışmasının önüne geçilmek istenmiştir. ProTaper Universal döner alet sistemi ilk jenerasyon ve kendi jenerasyonundaki eğelerden farklı olarak bir eğe üzerinde bulunan farklı noktaların farklı koniklik açısına sahip oluşuyla ayrılarak dönüm noktası olmuştur.

ProTaper Universal döner alet sistemi kullanılmadan önce el aletleri ile giriş yolu oluşturulabilir (Patino ve ark., 2005). Kullanılacak döner aletin ebatlarına yakın olacak şekilde bir ön genişletme yapılması döner aletin kanal içinde kırılma olasılığını düşürdüğü ve kanal çapı hakkında fikir tayinine izin verdiği bildirilmiştir (Patino ve ark., 2005). Buna göre ortalama 0.15 veya 0.20 mm lik çapa sahip bir eğe ile ön giriş yapılması yeterli olacaktır.

ProTaper Universal döner alet sistemi üç adet şekillendirme (Shaping: SX, S1, S2) ve beş adet bitirme eğesinden (Finishing: F1, F2, F3, F4, F5) oluşur. Şekillendirme eğeleri apikal uç kısmından koronale doğru artan dereceli koniklik açısına sahipken bitirme eğelerinde bu durum tersidir. Yapılan bir çalışmada dereceli olarak artan koniklik açısı şekillendirme eğelerinin orta ve uç kısımlarında esnekliği arttırırken,

azalan koniklik açısının bitirme eğelerine sağlamlık kazandırdığı bildirilmiştir (Bergmans ve ark., 2003).

Şekillendirme eğeleri olan SX 0.19 mm, S1 0.185 mm ve S2 0.2 mm uç çapına sahiptir. F1 den F5 e kadar sıralanan bitirme eğeleri ise sırasıyla 20, 25, 30, 40 ve 50 numara olup D0 ile D3 noktaları arasında bulunan apikal kısmın koniklik açıları .07, .08, .09, .05 ve .04 tür.

ProTaper Universal döner alet sistemi ile preparasyon yapılırken İlk olarak SX egesi ile koronal kısım genişletilir. Ardından sırasıyla S1 ve S2 eğeleri ile kök kanalının 2/3'lük kısmı prepare edilir. Bu işlemi takiben F1 egesiyle çalışma boyunca kullanılır. Sonrasında F2 egesi ile preparasyona devam edilir. Eğer gerek duyulursa F2 egesini takiben F3, F4 ve F5 eğeleri de kullanılabilir. Aşamalar arasında irrigasyon yapılması önerilmektedir. Bu döner aletin kullanımı esnasında “fırçalama” hareketinin yapılması tavsiye edilmektedir. Böylece hekim tehlike oluşturabilecek alanlardan uzak biçimde eğeyi kullanabileceği ve egeenin vidalanma etkisine karşı koyacağı düşünülmüştür (Blum ve ark., 2003). Önerilen tork değerleri ise SX için 3.0 Ncm, S1 için 3.0 Ncm, S2 için 1.0 Ncm, F1 için 1.5 Ncm, F2 içinse 2.0 Ncm'dir

#### **1.1.2.2. HERO Shaper Döner Alet Sistemi**

HERO Shaper döner alet sistemi (Micro Mega, Besançon, France) içerisinde bulunan eğeler H tipi el eğelerine benzer pozitif kesme açılı üçgen-heliks enine kesit geometrisine sahip olup radyal alanları yoktur. HERO teriminin açılımı (High Elasticity in Rotation) rotasyonda yüksek elastikiyet anlamına gelmektedir. Eğelerde 3 adet kesici kenar bulunmaktadır. Kesici kenarların helikal açısı uçtan gövdeye kadar bulunduğu bölgeye göre değişiklik göstermektedir. Progresif yiv adımı ve kesici olmayan uca sahiptir.

Bu döner alet sistemi 20, 25 ve 30 uç çaplarında; .04 ve .06 koniklik açısına sahip eğelerden oluşmaktadır. Üretici firma tarafından 450-600 devir/dakika hızda, rotary hareketiyle kullanımı tavsiye edilmektedir.

### **1.1.2.3. FlexMaster Döner Alet Sistemi**

FlexMaster (VDW, Munich, Germany) radyal alanı olmayan, keskin kesici kenarlara sahip, enine kesiti üçgen bir dizaynı olan bir eğe sistemidir. Uç kısmı yuvarlak şekilli olup kesici değildir.

15, 20, 25, 30 ve 35 numaralı .02, .04 ve .06 koniklik açısına sahip formlarda; 40 numaralı eğe .02 ve .04 koniklik açısında; 45, 50, 55, 60 ve 70 numaralı eğeler ise yalnızca .02 koniklik açısına sahip şekilde üretilmiştir. Üretici firma tarafından 250-350 devir/dakika ayarında, rotary hareketiyle kullanılması tavsiye edilmektedir

### **1.1.2.4. Race Döner Alet Sistemi**

Race (FKG, Lachaux-de-fonds, Switzerland) terimi “Reamer with Alternating Cutting Edges” kelimelerinin kısaltmasıdır. Enine kesiti üçgen veya kare şeklinde olup yuvarlak şekilli kesici olmayan uca sahiptir. Bu sistemin üretim sürecinde elektropolisaj teknolojisinden yararlanılmıştır.

Bu döner alet sisteminde bulunan aletler 21,25 ve 31 milimetre boy seçenekleriyle; 15-40 numaralı eğeler 02, .04 ve .06 koniklik açılarında; 50 numaralı eğe .02 ve .04 koniklik açısında; 45, 55 ve 60 numaralı eğeler ise yalnızca .02 koniklik açısında üretilmiştir. Üretici firma tarafından 600-1000 devir/dakika hız ayarında, rotary hareketiyle kullanımı tavsiye edilmektedir.

İlerleyen yıllarda bu sistem firma tarafından geliştirilerek BT Race, İRace, BioRace döner alet sistemleri piyasaya sürülmüştür.

#### **1.1.2.5. EndoSequence Döner Alet Sistemi**

EndoSequence döner alet sistemi (FKG, Lachaux-de-fonds, Switzerland) enine kesit ve koniklik açıları bakımından aynı jenerasyondaki diğer döner alet sistemleriyle benzerlik gösterse de üretici firma dikey kesit dizaynının değişken kanal temas noktalarına sahip olacak şekilde farklı bir tasarımı olduğunu, bunun sonucunda eğenin kanal içinde merkezi pozisyonda kalmadığı ve tork kuvvetinin düştüğünü öne sürmektedir. Kesici olmayan uç tasarımına sahiptir. Eğe incelendiğinde yiv adımı ve helikal açının bölgeye göre değiştiği görülmektedir. Race döner alet sisteminde olduğu gibi EndoSequence döner alet sisteminin üretim sürecinde de elektropolisaj yöntemi kullanılmıştır. Diğer sistemlerde olduğu gibi 16 mm uzunluğunda çalışan kısma sahip olup .04 ve .06 koniklik açısına sahip çeşitleri bulunmaktadır. Bu döner alet sisteminin 600 devir/dakika hız ayarında, rotary hareketiyle kullanımı tavsiye edilmektedir (Koch ve Brave, 2004).

#### **1.1.2.6. MTwo Döner Alet Sistemi**

MTwo döner alet sistemi (VDW, Munich, Germany) enine kesitte iki kesici kenara sahip olup geometrisi S şeklindedir. Kesici olmayan uca sahiptir. Radyal alan içermez. Kor çapı mümkün olduğunca düşük tutularak esnekliğin artırılması hedeflenmiştir. Giriş yolu oluşturma için tasarlanan 10/.04 ve 15/.05 eğeleri sabit helikal açılara sahip olup daha fazla spiral içerir. Şekillendirme eğeleri 20/.06 ve 25/.06 ebatlarında olup dentini etkili bir şekilde uzaklaştırabilmek için aktif kesici kenar ve progresif yiv adımı tasarımına sahiptir. İleri genişletme için tercih edilebilecek 30/.05, 35/.04 ve 40/.04 eğelerinde stresi azaltmak için çap artışına bağlı olarak koniklik açısı düşürülmüştür. Daha geniş kanallarda kullanılmak için 50/.04 ve 40/.06 eğeleri de mevcuttur. Eğelerin toplam uzunluğu 25 milimetre olup, 16 ve 21 milimetre olmak

üzere iki farklı boyda çalışan kısım seçeneği mevcuttur. Üretici firma tarafından 280 devir/dakika hız ayarında, rotary hareketiyle kullanımı tavsiye edilmektedir.

### **1.1.3. Üçüncü Jenerasyon Döner Alet Sistemleri**

NiTi alaşımların metalürjisinde değişimlere gidilmesiyle üçüncü jenerasyon olarak adlandırılabilir seri ortaya çıkmıştır. 2007 yılında üreticiler alet kırılmalarını azaltmak ve daha eğimli kanallarda güvenli kullanım için ısıtma işlemlerine başvurmuşlardır (Gutmann ve Gao, 2012). Isıtma işlem materyalin belirlenen sıcaklığa kadar ısıtılmasının ardından kontrollü bir şekilde kademeli olarak soğutulması aşamalarından oluşur. Martensit faz elastik deformasyona uğrayabilmekte olup bu durum sıcaklığa (soğutma) veya strese bağlı olarak oluşturulabilmektedir. Faz geçiş sıcaklıkları alaşımın kimyasal kompozisyonlarına ve ısıtma sürecine bağlıdır. NiTi endodontik enstrümanların incelendiği bir çalışmada oda sıcaklığında NiTi alaşımların tamamen östenit, yani süperelastik özellikte olduğu ortaya konmuştur (Bahia ve ark., 2005). NiTi alaşımlar arasındaki farklılıklar bu alaşımların nikel içeriği ve martensit faz değişim sıcaklığındaki değişiklikler nedeniyle oluşmaktadır. Alaşımın süperelastik ve şekil hafızası özelliklerini değiştirebilmek için alaşımın kompozisyonu değiştirilebilir (Thompson, 2000).

#### **1.1.3.1. WaveOne Döner Alet Sistemi**

WaveOne döner alet sistemi (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) enine kesitte apikal bölgede modifiye konveks üçgen bir yapı gösterirken orta ve koronal uçluda geleneksel üçgen kesitli yapıdadır (Ruddle, 2012). Eğenin tasarımında ters heliks bir yapı kullanılması tercih edilmiştir. Kesici olmayan rehber uca sahiptir. Bu eğeler ısıtma işlem sonucu elde edilen M Wire teknolojisiyle üretilmiştir.

WaveOne döner alet sistemi 21 (Small), 25 (Primary) ve 40 (Large) numara uç çapında olmak üzere koniklik açıları apikalde sırasıyla .06, .08 ve .08 olan üç egeden

oluşur. WaveOne Small eğesinde koniklik açısı sabitken WaveOne Primary ve WaveOne Large eğelerinde koniklik açıları apikal kısmın ilk 3 mm lik kısmında sabit, orta ve koronal üçlüde ise azalmaktadır (Plotino ve ark., 2012).

Üretici firma tarafından WaveOne döner alet sisteminin resiprokal hareketle kullanımı tavsiye edilmektedir. Resiprokal harekette ilk olarak eğe saat yönünün tersi yönde 150-170 derecelik dönme hareketi yapar, bu hareket kesme işlemini gerçekleştirir. Sonrasında eğe saat yönünde 30-50 derecelik bir dönme hareketi yapar, bu hareket sonucunda ise eğe kanal duvarından serbestleşir (Dagna ve ark., 2014). Böylece vidalanma etkisi ve alette kırık oluşma olasılığının azaltılması hedeflenir (Elsaka ve Elnaghy, 2015). Bu iki hareketin birlikte kullanımı ile eğe kök kanalını şekillendirir.

Öncelikle kanala düze bir giriş sağlandıktan sonra 10 numaralı K tipi eğe ile irrigasyon ve şelasyon ajanlarından faydalanılarak çalışma boyuna rahatça ilerlenebilecek şekilde bir rehber yol oluşturulması gerekmektedir. Çalışma boyuna ulaşılan kadar 2-3 mm'lik ileri-geri gagalama hareketi yapılarak çalışılması firma tarafından tavsiye edilmiştir. Üretici firmanın iddiasına göre WaveOne Primary eğesi çoğu kanalın tek eğe ile şekillendirmesini tamamlayacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak eğer 10 numaralı eğe ile çalışma boyuna ulaşmakta zorlanılıyorsa WaveOne Small; 20 numaralı eğe ile çalışma boyuna rahatça ulaşılabiliriyorsa WaveOne Large eğesinin kullanılabilceği firma tarafından belirtilmiştir.

### **1.1.3.2. WaveOne Gold Döner Alet Sistemi**

WaveOne döner alet sisteminden geliştirilen WaveOne Gold döner alet sistemi (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland), WaveOne sistemine göre modifiye edilmiş bir enine kesit ve eğe geometrisine sahiptir. WaveOne enine kesitte konveks üçgen şekil gösterir (Wycoff ve Berzins, 2012). WaveOne Gold ise enine kesitte merkezi olmayan, paralel bir şekle sahiptir. 85 derecelik bir aktif kesici kenar açısı ve iki kesici kenarı bulunmaktadır. WaveOne Gold da WaveOne gibi modifiye koniklik

açılarında sahiptir. Eğenin aktif kısmı boyunca mevcut olan 24 derecelik heliks açısı ile vidalanma etkisinin azaltılması hedeflenmiştir. WaveOne Gold döner alet sistemi eğelerinin uç kısmı mermi şeklinde, yuvarlak ve yarı-kesicidir, bu tasarımla eğenin uç kısmının merkezi kütesinin azaltılması ve eğenin kanalda güvenli bir şekilde ilerleyerek giriş yolu oluşturması amaçlanmıştır.

WaveOne Gold eğeleri de metalürjik özelliklerinin iyileştirilmesi için ısıl işlem teknolojisi kullanılarak üretilmiştir (Özyürek, 2016). Eğenin altın rengi üretim esnasında çok kez tekrarlanan yavaşça ısıtma ve soğutma, yani termal siklus işlemlerine bağlıdır. Üretici bu işlemin eğenin esnekliğini arttırdığını iddia etmektedir.

Bu sistemde uç çapları ve koniklik açıları sırasıyla 0.2 mm/.07 (Small), 0.25 mm/.07 (Primary), 0.35 mm/.06 (Medium) ve 0.45 mm/.05 (Large) olmak üzere dört adet ege bulunmaktadır. Bu eğeler 21 mm, 25 mm ve 31 mm uzunluklarda üretilmektedir.

Üretici firma tarafından WaveOne Gold döner alet sisteminin de yukarıda bulunan WaveOne döner alet sisteminde anlatıldığı gibi kullanılması tavsiye edilmiştir.

### **1.1.3.3. Twisted File Döner Alet Sistemi**

Twisted File (TF) döner alet sistemi (SybronEndo, Orange, California, USA) K tipi el eğelerinin üretiminde kullanılan ve plastik deformasyona yol açan bükme işlemi yapılarak üretilmiştir. Üretici firmaya göre nikel titanyum alaşımının kristal yapısının martensit ve östenit faz arasındaki geçiş fazı olan R-fazına dönüşümünü sağlayan ısıl bir işlem bükülmenin gerçekleştirilmesine izin vermektedir (Mounce, 2008).

Şu anda piyasada 25-50 uç çapı aralığında, .04-.12 koniklik açılarında çeşitleri bulunmaktadır. TF döner alet sisteminin geliştirilmesiyle ortaya çıkan TF Adaptive



sistemi (TF Adaptive, SybronEndo) rotary hareketiyle çalışırken stres değerlerinde artış algılandığında resiprokal harekete otomatik geçiş yapmaktadır. Bu nedenle bu farklı eğe hareketlerine izin veren kendine özel bir motorla kullanılması üretici firma tarafından tavsiye edilmektedir.

#### **1.1.3.4. Hyflex Döner Alet Sistem**

Hyflex CM (Coltene-Whaledent, Allstetten, Switzerland) ısı işlem sonucu üretilmiş “Controlled Memory” kelimelerinin baş harflerinden oluşan CM-Wire adı verilen bir alaşımdan yapılmıştır. CM-Wire teknolojisinde Ni-Ti alaşımın martensitik/östenitik faz değişimi yaklaşık 50 C° sıcaklıkta gerçekleşir. Böylece ağız içindeki sıcaklıkta alaşımın stabil martensitik mikroyapısında kalması sağlanır (Santos ve ark., 2013). Bu işlem sonucu dayanıklılığın artması hedeflenmekte olup kullanım esnasında eğe kolaylıkla bükülebilir, faz değişim sıcaklığına geldiğinde ise eğe tekrar orijinal formunu geri kazanır. Eğer otoklavlama işlemi sonrasında formunu geri kazanmıyorsa bu durum eğenin plastik deformasyona uğradığını gösterir. Bu eğe iki kesici kenara sahip olmakla birlikte enine kesitte çift oluklu bir şekil geometrisi gösterir. Üretici firma eğenin tasarımı ve CM-Wire teknolojisinin kullanımı sonucunda materyalin esnekliğinin arttığını ve orijinal kanal şeklinin güvenle korunduğunu iddia etmektedir (Zhao ve ark., 2013).

Hyflex CM döner alet sisteminde 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 ve 60 numaralı .04 ve .06 koniklik açısına sahip eğeler yer almaktadır. Üretici firma tarafında 500 devir/dakika hız ve 2.5 Ncm tork ayarında rotary hareketiyle kullanımı tavsiye edilmektedir.

#### **1.1.3.5. Profile Vortex Döner Alet Sistemi**

Profile Vortex döner alet sistemi (Dentsply-Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma, USA) ProFile döner alet sisteminin uç çapı ve koniklik açıları değiştirilmeden

üretmiş olup tasarımında farklı olarak enine kesit geometrisinde radyal alan bulunmamaktadır. Bu sistem geliştirilirken artmış kesme etkinliği ve sıklık kırılma direncine sahip olması amaçlanmıştır. Bu nedenle artmış hızla kullanılmak üzere tasarlanmış olup M Wire teknolojisiyle üretilmiştir (Gao ve ark., 2010). Daha sonra ise yine farklı bir ısıl işlem teknolojisiyle üretilmiş olan ProFile Vortex Blue piyasaya sürülmüştür.

Bu döner alet sisteminde 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 ve 50 numaralarda, .04 ve .06 olmak üzere iki farklı koniklik açısına sahip eğe seçenekleri bulunmaktadır. Üretici firma tarafından 500 devir/dakika hız ayarında rotary hareketiyle kullanımı tavsiye edilmektedir.

#### **1.1.4. Dördüncü Jenerasyon Döner Alet Sistemleri**

1980'li yılların sonlarına doğru piyasaya giren aletlerde kullanılan hareket teknolojisi olan 360 derece tam turu aynı yönde tamamlayan rotary hareketi halen piyasada hakim olan çalışma sistemidir. Ancak rotary hareketi ile aletlerin kullanımı sonucu meydana gelmesi olası sıkışma, alet kırılması gibi sorunların üstesinden gelebilmek için 50 yıl önce geliştirilmiş olan Giromatic (MicroMega) motorunda kullanılan resiprokal hareket teknolojisine yeniden dönülmesi gündeme gelmiştir (Hülsmann ve ark., 2005). Yared 2008 yılında yapmış olduğu bir çalışmada ProTaper Universal F2 egesini tek ege olarak kullanmış; saat yönü ve saat tersi yöndeki açı değerleri kaydederek resiprokal hareketle kullanmış olup plastik deformasyona uğramadan önce yapılabilecek maksimum rotasyonel hareket açısını 144 derece olarak belirlemiş, buna da 72 derecelik bir geri dönüş hareketi eklemiştir. Bu çalışma sonrasında resiprokal hareketle çalışan ege sistemlerinin temeli atılmıştır. Bu teknolojinin döner alet sistemleriyle uyumlu hale gelmesi sonucunda ise dördüncü jenerasyon NiTi döner alet sistemleri piyasaya çıkmıştır.

Resiprokal hareketle çalışan tek ege sistemleri olan WaveOne ve Resiproc M Wire teknolojisiyle üretilmişlerdir. Ancak WaveOne tasarım olarak üçüncü

jenerasyonda yer alan özellikleri içermekle birlikte ek olarak resiprokal hareketle çalıştığı için hem bu jenerasyonda hem de diğer jenerasyonda yer almakta olup, bu döner alet sistemiyle ilgili bilgiler bir önceki jenerasyon başlığı altında verilmiştir. İlerleyen zamanlarda WaveOne ve Reciproc döner alet sistemlerinin farklı ısıl işlemler görmüş alaşımlarla üretilmiş olan modifikasyonları da piyasaya sürülmüştür. Son olarak piyasada bulunan tüm eğelerden daha farklı bir tasarım ve hareket özelliğine sahip Self Adjusting File (SAF) da yer almaktadır.

#### **1.1.4.1. Resiproc Döner Alet Sistemi**

Reciproc eğeleri (VDW, Munich, Germany) resiprokasyon hareketiyle kullanılmak üzere tasarlanmış eğeler olup enine kesiti MTwo'ya benzer şekilde iki kesici kenara sahip olup S şeklindedir. Bu sistem uç çapları 0.25 mm, 0.4 mm, 0.5 mm olan sırasıyla .08, .06 ve .05 koniklik açısına sahip üç eğeden oluşmaktadır.

Üretici firma tarafından resiprokal hareketle kullanımı tavsiye edilmektedir. Eğe saat yönünün tersi yönde 150 derecelik rotasyon yaparak dentini keserken ardından yaptığı 30 derecelik saat yönünde rotasyon hareketiyle sıkışmayı engeller. Her bir ileri-geri harekette eğe 3 mm kanal içinde ilerletilir. Üç defa bu hareket yapıldıktan sonra eğe kanaldan uzaklaştırılarak oluklarda biriken debrislerin temizlenmesi gereklidir. Bu işlem çalışma boyunca ulaşılan kadar tekrarlanır (Kim ve ark., 2012).

#### **1.1.4.2. Self-Adjusting File (SAF) Döner Alet Sistemi**

SAF (ReDent-Nova, Ra'anana, Israel) hem tasarımı hem de kullanım şekli olarak diğer sistemlerden oldukça farklıdır (Metzger ve ark., 2010). SAF gövde kısmı boşluklu, nikel-titanyum ağ yapısında, 1,5-2 mm çapında ince duvarlı silindirik şekilde bir eğe olup kanal içinde sıkıştırılabilir bir yapıya sahiptir. 21, 25 ve 31 milimetre uzunlukta çeşitleri mevcuttur. Boşluklu yapısından şekillendirme esnasında devamlı

irrigasyon yapılır. 0.2 mm çaplı K tipi eğe ile giriş yolu oluşturulduktan sonra kullanılabilir. 1.5 mm lik çapına sahip olan eğe kanal içinde sıkışarak 0.25 mm uç çaplı K tipi el eğesine eşit ebatlı hale gelir. Kanaldan çıkarıldıktan sonra eski formuna geri döner. 0.4 mm amplitüde sahip ileri geri, yani gagalama olarak tabir edilen transaksiyal hareket dinamiğiyle 5000 devir/dakika ayarında bu eğenin kullanımı için özel tasarlanmış bir motorla kullanılır.

Yapılan araştırmalarda SAF'ın rotary aletlerine kıyasla kanal duvarlarında daha fazla alana temas ettiği (Peters ve Paqué, 2011), dentin duvarlarını abrazyonla aşındırdığı için daha iyi debridman ve antimikrobiyal etkinlik sağladığı öne sürülmüştür (Lin ve ark., 2013).

#### **1.1.5. Beşinci Jenerasyon Döner Alet Sistemleri**

Bu jenerasyonda bulunan eğeler ise yeni bir hareket dinamiği olan kütle/rotasyon merkezi dışında, eksenden sapan bir hareket tipi, yani yılan benzeri bir salınım hareketi ile çalışmaktadır. Bu hareket rotasyon hareketinin bir modifikasyonudur. Bu aks dışı hareket tasarımı nedeniyle dentin ve eğe arasında minimum temas meydana gelir (Hashem ve ark., 2012). Bu hareketle kanal içinden debrisin dışarı çıkışı kolaylaşır ve eğenin aktif çalışan kısmında esneklik artar. Bu hareket tipiyle çalışan Revo-S, One Shape ve ProTaper Next döner alet sistemlerinin piyasaya girişiyle NiTi döner alet sistemlerinde beşinci jenerasyon başlamıştır (Ruddle ve ark., 2013)

##### **1.1.5.1. Revo-S Döner Alet Sistemi**

Revo-S döner alet sistemi (Micro Mega, Besançon, France) asimetrik enine kesit dizaynına sahiptir, farklı akslara ve yerleşim noktalarına sahip üç adet kesici kenarı bulunmaktadır. Asimetrik dizaynı neticesinde kanal içerisinde çalışırken eğe yılan benzeri bir hareket yapar. Ayrıca asimetrik tasarımın eğimli kanallarda orijinal

kanal formunun takibini kolaylaştırdığı düşünülmektedir (Metzger ve ark., 2010). Firma tarafından üç farklı yerleşimli kesici kenar nedeniyle dentin ve ege arasındaki temasın, dolayısıyla dentin üzerindeki stresin azaldığı iddia edilmektedir. Eşeler sabit koniklik açısında tasarlanmış olup uç kısımları kesici değildir.

Bu döner alet sisteminde ilk olarak kanalın 2/3'ük kısmı 21 milimetre uzunluğunda, 25 uç çaplı, .06 koniklik açısına sahip SC1 egesi ile genişletilir. Ardından 21, 25 veya 29 milimetre uzunluğunda, 25 uç çapı, .04 koniklik açısına sahip SC2 egesi ile çalışma boyuna ilerlenerek preparasyon yapılır. Son olarak 25 uç çaplı, .06 koniklik açısındaki SU egesi ile kök kanal preparasyonu tamamlanır. Apikalde ek bir genişletme isteniyorsa .06 koniklik açısında 30, 35 ve 40 uç çapına sahip AS30, AS35 ve AS40 eşelerinden faydalanılabilir. Üretici firma tarafından 300 devir/dakika hız ayarında rotary hareketiyle kullanımı tavsiye edilmektedir.

#### **1.1.5.2. One Shape Döner Alet Sistemi**

One Shape döner alet sistemi (Micro Mega, Besançon, France) tek bir ege ile kanal preparasyonunu tamamlamak üzere üretilmiş olup tıkanıklık oluşturmadan apikal bölgeye ilerlemeyi hedefleyen kesici olmayan bir uç yapısına sahiptir. Yiv adımı değişkendir. Ege üzerinde 3 farklı bölgede farklı enine kesit geometrileri bulunmaktadır. Apikal bölgeyi şekillendiren ilk kısımda değişken üç kesici kenar bulunmaktadır. Orta kısım ise 3 kesici kenardan 2 kesici kenara geçiş bölgesidir. Son olarak koronal bölgede 2 kesici kenar bulunur. Piyasaya sürüldükten sonra izleyen dönemde enine kesit geometrisi güncellenmiş olup özellikle şaftın koronal kısmına doğru daha dikdörtgen veya "S" şekilli bir geometri görülürken, uç kısmında ise daha üçgen bir enine kesit geometrisi mevcut hale gelmiştir. Bu asimetrik tasarımı nedeniyle kanal şekillendirme esnasında beşinci jenerasyon döner alet sistemlerinin özelliği olan yılan benzeri salınım hareketi yapmaktadır.

Eğenin uç çapı 25 numara olup gövdenin ilk 5 milimetrelık kısımda koniklik açısı .06 iken eğenin kalanında koniklik açısı sıfırdır. 350-450 devir/dakika hız ayarında rotary hareketiyle kullanımı tavsiye edilmektedir.

### **1.1.5.3. ProTaper Next Döner Alet Sistemi**

ProTaper Next döner alet sistemi ısıl işlem sonucu elde edilen M Wire teknolojisini kullanılarak üretilmiştir. Dayanıklılığı arttırmak için enine kesitte dikdörtgen şekle sahiptir. Ancak bu dikdörtgen tasarımda eğenin ağırlık merkezi tam olarak korun merkezinde yer almaz. Dolayısıyla eğenin merkezi ile kanalın merkezi çakışmamaktadır. Bu tasarım nedeniyle eğe salınım, yani yılan benzeri salınım hareketi yaparak kanal içerisinde çalışır. Bu asimetrik rotasyonel hareket ile kanal şekillendirme etkinliğinin artırıldığı öne sürülmüştür (Gagliardi ve ark., 2015). Merkezi olmayan dikdörtgen dizaynla birlikte eğenin kanal duvarına sıkışmasının azaldığı, eğe ile dentin arasındaki tork kuvvetinin minimuma indiği iddia edilmiştir (Ruddle, 2001).

ProTaper Next döner alet sistemi X1, X2, X3, X4 ve X5 olmak üzere beş egeden oluşur. Bu eğelerin uç çapları ve her noktada değişken olmakla birlikte ortalama koniklik açıları sırasıyla 17/.04, 25/.06, 30/.07, 40/.06 ve 50/.06'dır. Üretici firma tarafından 300 devir/dakika hız ve 2 Ncm tork değeriyle kullanımı tavsiye edilmektedir.

Kanala düz bir giriş sağlandıktan sonra sodyum hipoklorit irrigasyonu yapılarak küçük ebatlı bir eğe ile kanalın şeklinin tayini ve kanal boyu tespiti yapılır. SX ile koronal genişletme yapılabilir. Ardından rehber yol oluşturmak için X1 egesinin kullanımı gerekmektedir. X1 egesi ile çalışma boyuna ulaşıldıktan sonra X2 egesi ile genişletme tamamlanır. Gerekli görülürse X3, X4 ve X5 egelerinin de kullanılabileceği firma tarafından belirtilmiştir. Tüm bu işlemler esnasında irrigasyon yapılması gerektiği firma tarafından vurgulanmaktadır.

#### 1.1.5.4.Hyflex EDM döner alet sistemi

Hyflex CM den geliştirilen Hyflex EDM döner alet sistemi ise yine CM-Wire teknolojiyle üretilmekte olup farklı olarak eğeler isminin baş harflerini aldığı “Electro Discharge Machining (EDM)” yani elektrik boşaltımıyla işlenmektedir. Hyflex CM konvansiyonel metodlarla üretilirken Hyflex EDM işlemi ile metal temas olmadan işlenir, bu teknoloji makine ile işlenmesi zor yüzeylerde kolaylık sağlar (Daneshmand ve ark., 2013). İşlem esnasında oluşan kıvılcımlar, materyal yüzeyinin erimesine ve buharlaşmasına yol açar. Daha sonra eğe ultrasonik ve asit banyosu öncesinde 300 ila 600 derece arasındaki bir sıcaklıkta 10 dakika ila 5 saat aralığında ısıtılır. EDM işlemi sonucu üretilen materyallerde olduğu gibi Hyflex EDM eğelerinin yüzey yapısında da düzensiz “krater benzeri” çöküntüler bulunmaktadır (Theisen ve Schuermann, 2004). Üretici firma eğenin temas olmadan işlenmesi nedeniyle esnekliğinin ve kırılma direncinin arttığını iddia etmektedir. Bu eğe sistemi uç kısımda dikdörtgen, orta üçlüde yamuk, koronal kısımda ise neredeyse üçgen bir enine kesit formuna sahiptir.

Hyflex EDM döner alet sistemi sırasıyla uç çapları ve koniklik açılarıyla: koronal genişletme için 0.25 mm/0.12; giriş yolu oluşturmak için 0.1 mm/.05; şekillendirme için 0.25 mm/değişken koniklik açılı; bitirme için 0.4 mm/.04, 0.5 mm/.03 ve 0.6 mm/.02 olmak üzere 6 adet eğeden oluşur. Hyflex EDM döner alet sistemine ait olan Hyflex EDM OneFile ise tek eğe ile kök kanal preparasyonunu tamamlamak üzere tasarlanmış olup apikalde koniklik açısı .08 iken koronale doğru bu oran .04’e düşmektedir. Hyflex EDM döner alet sistemine ait eğelerin üretici firma tarafından 500 devir/dakika hız ve 2.5 Ncm tork ayarında rotary hareketiyle kullanımı tavsiye edilmektedir.

## 1.2.Kök Kanal Preparasyonu Esnasında Nikel Titanyum Döner Alet Kullanımı Sonucu Dentinde Meydana Gelebilecek Defektler

Kök kanal preparasyonu esnasında kökte perforasyon (Tsesis ve ark., 2010), kanal transportasyonu, basamak ve zip oluşumu (Aydın ve ark., 2009), alet kırılmaları (Cuje ve ark., 2010) gibi komplikasyonlar meydana gelebilir. Bu komplikasyonların yanı sıra kök kanal şekillendirme işlemleri dentinde çatlaklara da neden olabilir (Burklein ve ark., 2013).

Preparasyon esnasında eğe ve kanal duvarı arasındaki temas noktalarında oluşan stres; dentinde çatlak, kırık ve “craze line” adı verilen çatlak hatları meydana getirebilmektedir (Yoldaş ve ark., 2012). Oluşan çatlak hatları kanal içi dentin duvarı ve kökün dış hattıyla birleşmiş halde ise tamamlanmış, birleşmediyse tamamlanmamış çatlak olarak sınıflandırılabilir. “Craze line” ise kökün iç veya dış herhangi bir duvarıyla ilişkide olmayıp yalnızca dentin kütlesi içinde sınırlı kalmış defektir.

Dentinde oluşan çatlaklar uzun vadede okluzal kuvvetlere bağlı olarak ilerleyerek Vertikal Kök Kırığı (VKK) oluşumuna neden olabilir (Bier ve ark., 2009). Yapılan bir araştırmada kök kanal tedavisi yapılmış dişlerin vertikal kök kırığı nedeniyle çekilme oranının ortalama %10,9-%31 olduğu iddia edilmiştir (Fuss ve ark., 2001). Kök kanalından uzaklaştırılan dentin miktarı ve kanal genişletme oranıyla kök dentininde defekt oluşma oranı arasında direkt bir ilişki mevcut olup, artan preparasyon miktarıyla birlikte vertikal kök kırığı oluşma riski de artmaktadır (Wilcox ve ark., 1997). Her ne kadar döner alet sistemleri el eğelerine göre zamandan tasarruf (Vaudt ve ark., 2009) ve daha üstün kesme etkinliği (Schäfer ve Lau, 1999) gibi avantajlara sahip olsa da eğelerin üretim süreçlerinde uygulanan yöntemler, eğelerin enine kesit dizaynları, koniklik açıları, hareket dinamikleri, alaşımın yapısı durumlarının dentine etkisi halen belirsiz olup (Peters, 2004) kanal içerisinde sürtünme ve stres oluşumunun artabileceği düşünülmektedir (Blum ve ark., 2003). Stres artışıyla birlikte dentinde çatlak oluşuma olasılığı da artacaktır (Bier ve ark., 2009). Döner alet sistemlerinin kullanıldığı tork değerleri de dentinde çatlak oluşumunu etkileyebilmektedir (Dane ve ark., 2016). Yapılan bir çalışmada kök kanal



şekillendirme işleminin kökü zayıflattığı ve şekillendirme esnasında kullanılan aletlerin yapıldığı materyal, enine kesit şekli, uç çapı, koniklik açısı, kullanım şekli gibi etkenlerin dentinde oluşturdukları çatlak hattı, mikroçatlak gibi defektlerin oranını etkilediği iddia edilmiştir (Adorno ve ark., 2011). Kim ve arkadaşları da 2010 yılında yaptıkları bir çalışmada NiTi enstrümanların dizaynıyla vertikal kök kırığı oluşumu arasında potansiyel bir ilişki olabileceğini ileri sürmüştür. Bier ve arkadaşları 2009 yılında yaptıkları bir çalışmada kök kanallarının nikel titanyum döner aletlerle preparasyonu sonrasında dentinde çatlak hatları oluştuğunu rapor etmişlerdir. İlerleyen dönemde dişin maruz kaldığı okluzal streslerin etkisiyle defektlerin vertikal kök kırığı oluşturması olasılığı mevcuttur.

Bununla birlikte her çatlak veya defektin vertikal kök kırığı oluşumuna neden olup olmadığı hakkında kesin bir yargıya varılabilmemiş değildir. Yüksek konsantrasyonda sodyum hipokloritle irrigasyon (Sim ve ark., 2001), dişin anatomisi (Wu ve ark., 2004), kanal içi post yerleştirilmesi (Kishen ve ark., 2004), bazı kök kanal dolgu teknikleri de (Onnink ve ark., 1994) VKK oluşumuna zemin hazırlayabilmektedir.

### **1.3. Döner Alet Sistemleriyle Kök Kanal Preparasyonu Sonucunda Dentinde Defekt Oluşumu Konusunda Günümüze Kadar Yapılmış Olan Bazı Çalışmalar**

Bier ve arkadaşları 2009 yılında mandibular premolar dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada manuel Flexofile eğesi ve ProTaper Universal, Profile, System GT, S-ApeX döner alet sistemleri ile kök kanal preparasyonunu tamamlamış, ardından kök ucundan 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından stereomikroskop kullanarak incelemişlerdir.

Shemesh ve arkadaşları 2011 yılında mandibular premolar dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal retreatment eğeleri ve H tipi eğelerle yaptıkları kök kanal dolgusu sökümünü takiben kök ucundan 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta

olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinde çatlak oluşumunu stereomikroskop kullanarak incelemişlerdir.

Yoldaş ve arkadaşları 2012 yılında mandibular molarların mezial kökleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada HERO Shaper, Revo-S, Twisted File, ProTaper Universal ve Self Adjusting File (SAF) döner alet sistemleri ile kök kanal preparasyonunu tamamlamış, ardından kök ucundan 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından stereomikroskop kullanarak incelenmiştir.

Liu ve arkadaşlarının 2013 yılında mandibular keser dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada tüm gruplarda koronal kısım Gates Glidden frezlerle genişletilmiş, OneShape, Reciproc ve SAF tek eğe sistemi ile ProTaper Universal döner alet sistemi kullanılarak kök kanal preparasyonları tamamlanmıştır. Ardından kök ucundan 2, 4 ve 6 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından stereomikroskop kullanarak incelenmiştir.

Çiçek ve arkadaşları 2014 yılında mandibular molarların mezial kökleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal, ProTaper Next, WaveOne ve K tipi el eğeleri ile kök kanal preparasyonunu takiben kök ucundan 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından SEM (Scanning Electron Microscope) kullanarak incelemişlerdir.

De-Deus ve arkadaşları 2014 yılında mandibular molarların mezial köklerini kullanarak yaptıkları bir çalışmada WaveOne, Reciproc ve BioRace resiprokal döner alet sistemlerinin oluşturduğu dentin defektlerini mikrobilgisayarlı tomografi kullanarak incelemişlerdir.

Priya ve arkadaşları 2014 yılında mandibular keserler üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal, ProTaper Next, OneShape ve Reciproc eğelerini hem rotary hem de resiprokal hareket kinematiğiyle çalışarak kök kanal preparasyonu

tamamlamışlardır. Kök ucundan 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından stereomikroskop kullanarak incelemişlerdir.

Çapar ve arkadaşları 2014 yılında mandibular premolarlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal, ProTaper Next, Hyflex CM döner alet sistemleri ile kök kanal preparasyonları tamamlamış, ardından kök ucundan 2, 4 ve 6 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından stereomikroskop kullanarak incelemişlerdir.

Karataş ve arkadaşlarının 2015 yılında mandibular santral dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal, ProTaper Next, WaveOne ve Twisted File Adaptive döner alet sistemleri ile kök kanal preparasyonu yapılmış, daha sonra kök ucundan 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından stereomikroskop kullanılarak incelenmiştir.

Garg ve arkadaşlarının 2015 yılında mandibular premolar dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada K tipi el eğeleri, ProTaper Universal, K3, RaCe döner alet sistemleriyle kök kanal preparasyonu tamamlanmış, takiben kök ucundan 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından stereomikroskop kullanarak incelenmiştir.

De-Deus ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları bir çalışmada ortalama eğime sahip mandibular molar mezial köklerini iki gruba ayırarak ProTaper Next X1-X2 ve Twisted File Adaptive SM1-SM2 eğeleri ile kök kanal preparasyonunu tamamlamış, ardından mikrobilgisayarlı tomografi kullanarak örnekleri dentinde oluşan defektler açısından incelemişlerdir.

Monga ve arkadaşları 2015 yılında mandibular premolar dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada el eğesi, ProTaper Universal, K3XF, WaveOne döner alet sistemleri ile kök kanal preparasyonu tamamlanmış kök ucundan 3, 6 ve 9 mm

uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından için stereomikroskop kullanarak incelemiştir.

Ceyhanlı ve arkadaşları 2016 yılında yaptıkları bir çalışmada iki ayrı mezial kanala sahip olan mandibular molarların mezial köklerinde ProTaper Universal, RaCe ve Safesider döner alet sistemi ile kanal preparasyonlarını tamamlayarak bu örnekleri dentinde çatlak oluşumu açısından mikrobilgisayarlı tomografi kullanarak incelemiştir.

Dane ve arkadaşları 2016 yılında mandibular premolarlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal döner alet sistemini önerilen değerlerden daha düşük ve yüksek tork değerlerinde kullanarak iki farklı grup oluşturmuştur. Daha sonra bu iki grupta kök ucundan 2, 4, 6 ve 8 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri çatlak oluşumu açısından stereomikroskop kullanarak incelemiştir.

Pedulla ve arkadaşları 2016 yılında mandibular keser dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada OneShape, Hyflex EDM, WaveOne, WaveOne Gold, F6 SkyTaper ve Reciproc döner alet sistemleri prepare edilmiş dişlerin kök ucundan 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinden çatlak oluşumu açısından stereomikroskop kullanarak incelemiştir.

Coelho ve arkadaşları 2016 yılında mandibular molarların mezial kökleri üzerinde yaptıkları bir araştırmada ProFile, TRUShape ve WaveOne Gold döner alet sistemlerini kullanarak kök kanal preparasyonunu takiben örneklerin kök ucundan 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından Light-Emitting Diode (LED) transilüminasyon yöntemiyle incelemiştir.

De-Deus ve arkadaşları 2017 yılında kadavra maksillasında bulunan premolar dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada Reciproc ve ProTaper Universal döner alet sistemleri ile kök kanal preparasyonu tamamlanmış örnekleri dentinde çatlak oluşumu açısından mikrobilgisayarlı tomografi kullanarak incelemiştir.

Bayram ve arkadaşları 2017 yılında mandibular premolarlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal, ProTaper Gold, SAF ve XP-Endo Shaper döner alet sistemleri ile kök kanal preparasyonunu tamamlamış, ardından örnekleri dentinde çatlak oluşumu açısından mikrobilgisayarlı tomografi kullanarak incelemişlerdir.

Zuolo ve arkadaşları 2017 yılında mandibular keserler üzerinde yaptıkları bir çalışmada TRUShape, SAF, BioRace ve Reciproc döner alet sistemleri ile kök kanal preparasyonunu tamamlandıktan sonra örnekleri dentinde çatlak oluşumu açısından mikrobilgisayarlı tomografi kullanarak incelemişlerdir.

De Oliveira ve arkadaşları 2017 yılında mandibular keserler üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal el eğesi, Hyflex CM ve Reciproc döner alet sistemleri ile farklı kanal boylarında kök kanal preparasyonları yapıp, ardından örnekleri dentinde çatlak oluşumu açısından mikrobilgisayarlı tomografi kullanarak incelemişlerdir.

Stringheta ve arkadaşları 2017 yılında mandibular molarların mezial kökleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada Reciproc, ProTaper Next, WaveOne Gold ve ProDesign Logic döner alet sistemleri ile prepare edilmiş örnekleri dentinde çatlak oluşumu açısından önce mikrobilgisayarlı tomografiyle, ardından kök ucundan 3, 6 ve 9 mm uzaklıkta olacak şekilde alınan örnek kesitleri stereomikroskop kullanarak incelemiş ve elde ettikleri verileri karşılaştırmışlardır.

Aksoy ve arkadaşları 2019 yılında mandibular molarların mezial kökleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada XP-Endo Shaper, Reciproc Blue ve ProTaper Universal döner alet sistemleri kullanarak kök kanal preparasyonunu takiben mikrobilgisayarlı tomografi kullanarak örnekleri dentinde çatlak oluşumu açısından incelemişlerdir.

Amaç;

Çalışmamızın amacı rotary hareketi ile kullanılan ProTaper Universal, ProTaper Next ve Hyflex EDM ile resiprokal hareket ile kullanılan WaveOne ve WaveOne Gold döner alet sistemleri kullanılarak kök kanal preparasyonunun tamamlanmasını takiben dentinde oluşan defektlerin stereomikroskop ile incelenmesi ve birbirleriyle karşılaştırılmasıdır.



## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

### 2.1. Etik Kurul Onayı

Çalışmamız Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim Dalı'nda 01.05.2018 ile 01.08.2018 tarihleri arasında periodontal nedenle çekimleri yapılmış mandibular keser dişler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi etik kurulunun 18/04/2018 tarih ve 07/04 sayılı onayı ile yapılmıştır.

### 2.2. Deney Aşamaları

#### 2.2.1. Dişlerin Seçilmesi ve Hazırlanması

Çalışmamızda periodontal nedenlerle çekilmiş 90 adet mandibular keser insan dişleri kullanıldı. Dişlerin seçiminde aşağıdaki kriterler göz önüne alındı:

1. Dişlerin tek kök, tek kanal ve apikal foramene sahip olması
2. Dişlerin kök kanal genişliğinin meziodistal ve bukkolingual olarak benzer boyutlarda olması,
3. Kök yüzeylerinde kırık, çürük veya aşınma gibi defektlerin bulunmaması
4. Dişlerin düz bir köke sahip olması (kök eğim açısı  $<5^\circ$ )
4. Dişlerde restorasyon ve çürük bulunmaması,
5. Kök kanallarında kalsifikasyon ve rezorpsiyon bulunmaması,
6. 10 Numaralı K-tipi el eğesi ile apikal açıklığa ulaşılabilmesi,
7. Kök gelişimin tamamlanmış olması.

Çekim sonrası dişler 24 saat boyunca %0.5 lik NaOCl solüsyonunda (Werax; Spot Diş Deposu, İzmir, Türkiye) bekletilerek üzerlerindeki organik artıklar, debris ve

kalkulus gibi eklentiler uzaklaştırılarak dezenfekte edildi ve çalışma zamanına kadar dehidratasyondan korunmaları amacıyla distile suda muhafaza edildi.

Dişler kökte herhangi bir çatlak veya defekt varlığı, apikal foramen sayısı ve apeks gelişiminin kontrolü amacıyla x12 büyütmede stereomikroskopa (Zeiss Stemi, Carl Zeiss) incelendi. Kriterlere uygun olmayan dişler çalışma dışı bırakıldı.

Her bir dişin bukkolingual ve meziodistal yönden radyografları alındı. Birden fazla kök kanalına sahip ve kök kanal sisteminde rezorpsiyon bulunan dişler çalışma dışı bırakıldı. Gruplar arasında kök kanal boyutu açısından standardizasyonu sağlamak amacıyla dişlerden alınan radyograflar üzerinde apeksten 9 milimetre uzaklıktaki kanal çapları bukkolingual ve meziodistal yönden ölçüldü. Elde edilen ölçümler varyans analiziyle değerlendirildi ( $P = 1.000$ ).

Kök uzunluğunda standardizasyonu ve korondan direkt girişi sağlamak için kök boyları apikalden itibaren 13 mm olacak şekilde dijital kumpas kullanılarak ölçüldü (Şekil 2.1) ve tüm dişlerin koronal bölümleri belirlenen seviyede su soğutması altında Micracut cihazı (Metkon; Bursa, Türkiye) (Şekil 2.2.) kesilerek uzaklaştırıldı (Şekil 2.3).

Tüm dişlerde 10 numaralı K tipi eğe ile apikal açıklığa ulaşıp ulaşılamadığı kontrol edildi. Apikal açıklığa ulaşılamayan, kalsifikasyon bulunan dişler çalışma dışında bırakıldı.





Şekil 2. 1. Dişlerin dijital kumpas yardımıyla ölçümü



Şekil 2. 2. Micracut 201 kesim cihazı



Şekil 2. 3. 13 mm boyunda kesilmiş diş

Daha önce belirtilen kriterlere uygun olarak seçilen toplam 90 adet dişten 15'i kontrol grubunu oluşturmak üzere ayrıldı. Kalan 75 adet rastgele her bir grupta 15 kök olacak şekilde 5 deney grubuna ayrıldı.

### 2.2.2. Dişlerin Çalışma Boyunun Belirlenmesi

Çalışma boyunun belirlenmesi için 10 numaralı K tipi eğe (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) apikal foramenden görülünceye kadar kanal içerisinde ilerletildi ve bu mesafe kök uzunluğu olarak belirlendi. Çalışma boyu bu uzunluktan 1 mm kısa olarak hesaplandı ve kaydedildi.

### 2.2.3. Blokların Hazırlanması

Periodontal ligamenti taklit edecek olan silikon bazlı ölçü maddesine akrilik rezin içerisinde yer sağlamak amacıyla köklerin üzerine tek kat alüminyum folyo sarıldı (Şekil 2.4.). Daha sonra kökler 1,5x1,5 cm ebatındaki plastik bloklara yerleştirilen akrilik rezin içerisine kökün uzun aksına paralel olacak şekilde gömüldü. Akrilik rezinin sertleşmesini takiben kökler çıkarıldı ve etraflarına sarılı olan alüminyum folyolar söküldü. Ardından silikon bazlı bir ölçü maddesi (Xantopren L Blue; Heraeus Kulzer, Hanau, Germany) akrilik rezin içindeki boşluğa periodontal ligamenti taklit etmek üzere yerleştirildi. Hemen ardından kökler akrilik rezinde daha önceden oluşturulan bu boşluğa yeniden konumlandırıldı (Şekil 2.5).



Şekil 2. 4. Alüminyum folyo ile sarılmış kök



Şekil 2. 5. Akrilik rezin model ve silikon ölçü maddesi içine yerleştirilen kök

## 2.2.4. Kontrol ve Deney Gruplarının Hazırlanması

### 2.2.4.1. Grup 1: Kontrol Grubu

Bu grubu oluşturan köklerde herhangi bir kök kanal preparasyon işlem yapılmadı ve kontrol grubu olarak ayrıldı.

Deney gruplarında kök kanal preparasyon işlemleri beş farklı döner alet sistemi kullanılarak gerçekleştirildi. Her bir grupta seçilen döner alet sistemi üretici firma talimatları doğrultusunda kullanıldı. Her eğe 5 kullanımdan sonra atıldı. Çoklu eğe sistemleri ile preparasyon yapılırken her eğe değişiminden sonra kök kanal sistemi 2 ml %2.5'lük sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonu (Werax; İzmir, Türkiye) ile yıkandı. Tek eğe sistemleri ile preparasyon yapılırken ise her 3 ileri-geri hareketten sonra eğe kanaldan çıkarılarak irrigasyon yapıldı. Her bir kökte toplam 10 ml sodyum hipoklorit ile irrigasyon yapıldı. Preparasyon işlemleri tamamlandıktan sonra kök

kanallarında 2 ml distile su ile yıkama yapılarak irrigasyon tamamlandı. Yıkama iğnesi olarak 30 gauge irrigasyon iğneleri (Cerkamed, Poland) kullanıldı. Irrigasyon sırasında iğnenin kanalda sıkışmadan mümkün olduğunca ilerletilmesi sağlandı. Dehidratasyonu engellemek amacıyla tüm kökler deney süresince distile su içinde muhafaza edildi. Tüm işlemler tek bir operatör tarafından gerçekleştirildi.

#### 2.2.4.2. Grup 2: ProTaper Universal Grubu

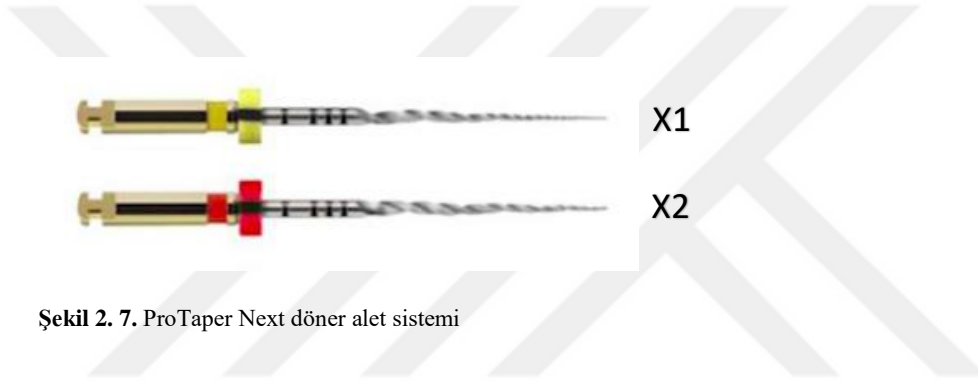
Bu grupta rotasyonel hareketle çalışan ProTaper Universal döner alet sistemi eğeleri (Şekil 2.6) endodontik motorun (X-Smart Plus; Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) 250 rpm hız ayarında ve her eğe için firma tarafından belirlenen tork değerlerinde fırçalama hareketi ile kullanıldı. İlk olarak SX eğesi 3.0 Ncm tork ayarında kullanılarak kökün koronal kısmı prepare edildi. Ardından üretici firma önerileri doğrultusunda sırasıyla S1 eğesi 3.0 Ncm, S2 eğesi ise 1.0 Ncm tork ayarında kullanılarak kökün 2/3 lük kısmı prepare edildi. Daha sonra sırasıyla 1.5 Ncm tork ayarında F1 (20/.07) eğesi ve 2.0 Ncm tork ayarında F2 (25/.08) eğesi çalışma boyunda kullanılarak preparasyon işlemi tamamlandı.



Şekil 2. 6. ProTaper Universal döner alet sistemi

### 2.2.4.3. Grup 3: ProTaper Next Grubu

Bu grupta rotasyonel hareketle çalışan ProTaper Next döner alet sistemi eğeleri (Şekil 2.7) üretici firmanın talimatlarına uygun olarak endodontik motorun (X-Smart Plus; Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) 250 rpm hız ve 2 Ncm tork ayarında fırçalama hareketi ile kullanıldı. İlk olarak SX eğesi 250 rpm hız ve 3.0 Ncm tork ayarında kullanılarak kökün koronal kısmı prepare edildi. Ardından X1 eğesi (17/.04) ve X2 eğesi (25/.06) sırasıyla çalışma boyunda kullanılarak kök kanal preparasyonu tamamlandı. Kullanılan eğede zorlanma hissedildiği noktada eğe kanaldan çıkarılarak temizlendi ve sodyum hipokloritle irrigasyon yapıldı.



Şekil 2. 7. ProTaper Next döner alet sistemi

### 2.2.4.4. Grup 4: Hyflex EDM Grubu

Bu grupta rotary hareketiyle çalışan Hyflex EDM döner alet sistemine ait Hyflex EDM OneFile eğesi (Şekil 2.8); üretici firmanın talimatlarına uygun olarak endodontik motorun (X-Smart Plus; Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) 500 rpm hız ve 2.5 Ncm tork ayarında ileri-geri hareket ile kullanıldı. Hyflex EDM OneFile (25/.08) tek eğe sistemi olup eğe çalışma boyuna ulaşıncaya kadar kök kanal preparasyonuna devam edildi. Eğe zorlanma hissedilen noktada kanaldan çıkarılarak temizlendi ve sodyum hipokloritle irrigasyon yapıldı. Çalışma boyuna ulaşıldığında preparasyon işlemi tamamlandı.



Şekil 2. 8. Hyflex EDM OneFile egesi

#### 2.2.4.5. Grup 5: WaveOne Grubu

Bu grupta resiprokal hareketle çalışan WaveOne döner alet sistemine ait WaveOne Primary egesi (Şekil 2.9); üretici firmanın talimatlarına uygun olarak endodontik motorun (X-Smart Plus, Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) bu eğenin kullanımını için tasarlanmış modu (Şekil 2.10) seçilerek gagalama hareketi ile kullanıldı. WaveOne Primary (25/.08) tek ege sistemi olup, çalışma boyuna ulaşıncaya kadar kök kanal preparasyonuna devam edildi. Her 3 ileri-geri hareket sonrası ege kanaldan çıkarılarak temizlendi ve sodyum hipokloritle irrigasyon yapıldı. Çalışma boyuna ulaşıldığında preparasyon işlemi sonlandırıldı.



Şekil 2. 9. WaveOne Primary egesi



Şekil 2. 10. Endodontik motorun WaveOne modu

#### 2.2.4.6. Grup 6: WaveOne Gold Grubu

Bu grupta resiprokal hareketle çalışan WaveOne Gold döner alet sistemine ait WaveOne Primary eğesi (Şekil 2.11); üretici firmanın talimatlarına uygun olarak endodontik motorun (X-Smart Plus, Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) bu eğenin kullanımı için tasarlanmış modu (Şekil 2.12) seçilerek gagalama hareketi ile kullanıldı. WaveOne Gold Primary (25/.07) tek eğe sistemi olup çalışma boyunca ulaşıncaya kadar kök kanal preparasyonu yapıldı. Her 3 ileri-geri hareket sonrası eğe kanaldan çıkarılarak temizlendi ve sodyum hipokloritle irrigasyon yapıldı. Çalışma boyunca ulaşıldığında preparasyon işlemi tamamlandı.



Şekil 2. 11. WaveOne Gold Primary eğesi





Şekil 2. 12. Endodontik motorun WaveOne Gold modu

### 2.3. Köklerden Kesit Alınması

Kök kanal preparasyonunun tamamlanmasının ardından her kökün apeksinden 3 mm, 6 mm ve 9 mm mesafede olacak şekilde elektronik kumpas yardımıyla ölçümler yapıldı. Dişlerin uzun eksenine dik olacak şekilde Micracut cihazında elmas kaplı disk ile (Exakt 300 CL; Norderstad, Germany) su soğutması altında kesitler alındı. Böylece her kökten 3 adet horizontal örnek kesit elde edilmiş oldu.

### 2.4. Alınan Kesitlerin Stereomikroskop Altında İncelenmesi

Tüm köklerden alınan kesitler x16 ve x25 büyütmede stereomikroskop (Zeiss Stemi, Carl Zeiss) altında incelendi. Stereomikroskopa bağlı bir dijital kamera (Olympus, Tokyo, Japan) ile tüm kesitlerin fotoğrafları alındı ve istatistiksel analiz için kaydedildi.

Kontrol ve deney gruplarına ait tüm kesitler birbirinden bağımsız iki endodonti uzmanı gözlemci tarafından incelendi. Farklı yorumlanan kesitler sonrasında tekrar

değerlendirilerek fikir birliğine varıldı. Kesitlerde kökün internal/eksternal yüzeyi ile ilişkide herhangi bir mikroçatlak veya defekte rastlanmadıysa “çatlak yok”, herhangi bir mikroçatlak veya defekte rastlandıysa “çatlak var” olarak değerlendirildi ve kaydedildi. Her bir grupta 45 adet olmak üzere toplamda 270 adet kesit incelendi.

## **2.5. Sonuçların İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi**

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için SPSS programı (Statistical Package for Social Sciences) Windows 17.0 sürümü kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen parametrelerin karşılaştırılmasında Ki-Kare testi ve Fischer’s Exact testi kullanılmıştır. Anlamlılık  $p < 0.05$  düzeyinde değerlendirilmiştir.

### 3. BULGULAR

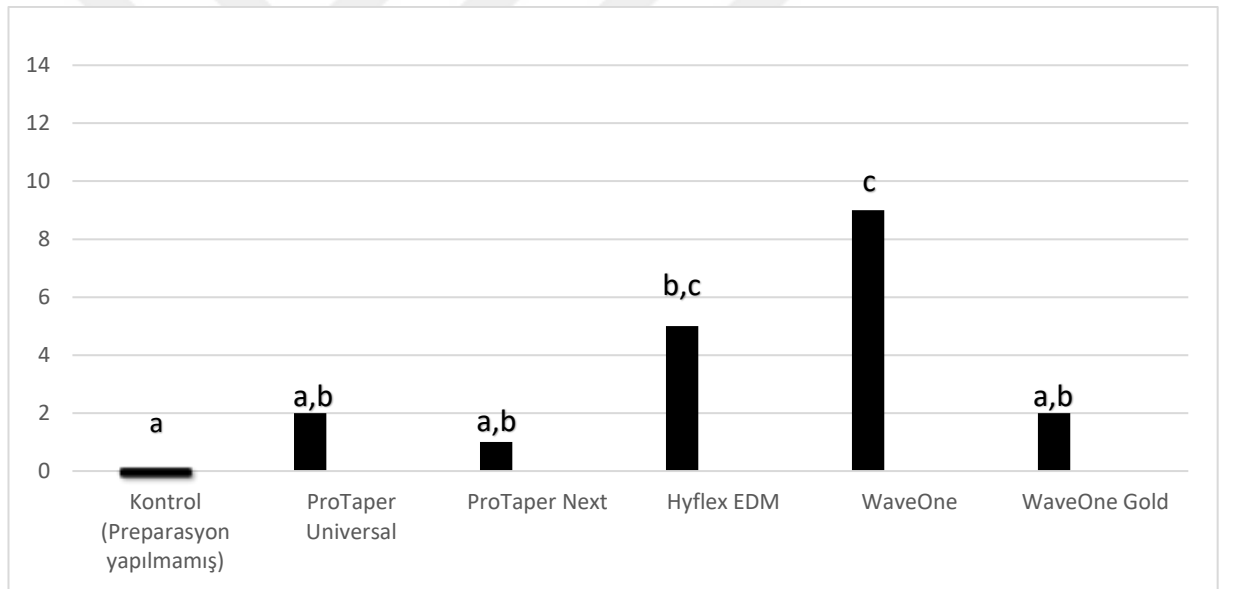
Çalışmamızda ProTaper Universal, ProTaper Next, Hyflex EDM, WaveOne, WaveOne Gold döner alet sistemleri kullanılarak preparasyon işlemleri tamamlanan gruplar ve herhangi bir preparasyon işlemi yapılmayan kontrol grubunda bulunan köklerin apeksinden 3, 6 ve 9 mm mesafede elde edilen örnek kesitler stereomikroskop altında incelenmiştir.

#### 3.1. Grupların Apekten 3 mm Mesafeden Alınan Kesitlerde Çatlak Oluşma Sayı ve Oranlarına Ait Bulgular

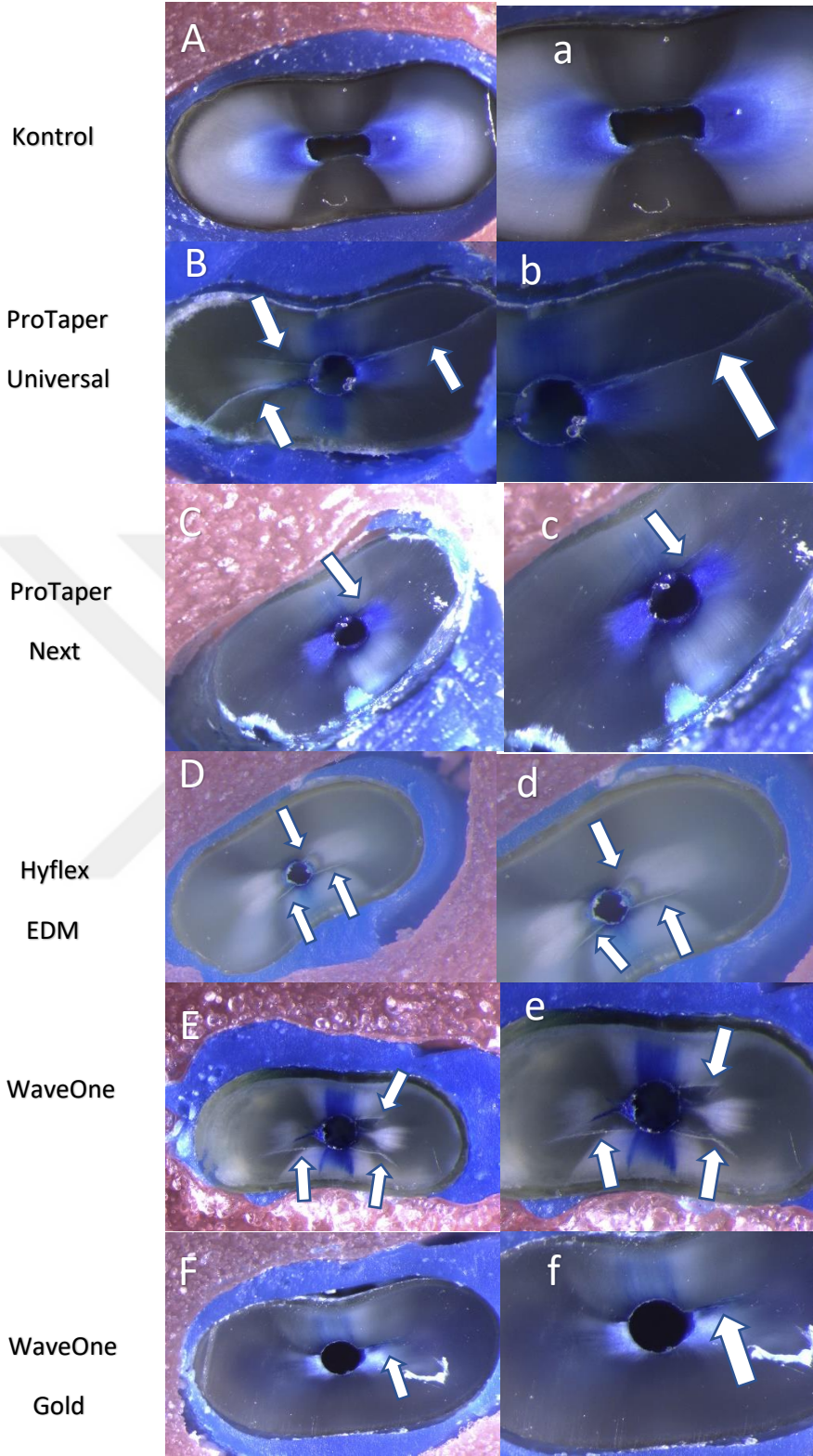
Apekten 3 mm mesafeden alınan kesitlerde grupların çatlak oluşumu görülen kesitlerin sayısı ve oranları Tablo 3.1 de belirtilmiştir. Kontrol ve deney gruplarından bu seviyede alınan kesitlere ait x16 ve x25 büyütmedeki stereomikroskop görüntüleri Şekil 3.1 de gösterilmiştir. Bu seviyede kontrol grubundan alınan kesitlerde çatlak oluşumuna rastlanmamıştır. ProTaper Universal grubunda örneklerin 2'sinde (%13,3), ProTaper Next grubunda örneklerin 1'inde (%6,7), Hyflex EDM grubunda örneklerin 5'inde (%33,3), WaveOne grubunda örneklerin 9'unda (%60), WaveOne Gold grubunda örneklerin 2'sinde (%13,3) çatlak meydana geldiği gözlenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda kontrol ve deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Hangi gruplar arasında fark olduğunu tespit etmek amacıyla Fischer's Exact testi kullanılmıştır. Bu sonuçlara göre; WaveOne ve Hyflex EDM gruplarında kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla oranda çatlak meydana geldiği saptanmıştır ( $p < 0.05$ ) (Grafik 3.1.). Ayrıca WaveOne grubunda ProTaper Universal, ProTaper Next ve WaveOne Gold gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla oranda çatlak meydana geldiği tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Ancak diğer gruplar arasında çatlak oluşumu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p > 0.05$ ). Ayrıca Hyflex EDM ve WaveOne grupları arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p > 0.05$ ).

**Tablo 3. 1.** Gruplarda apekten 3 mm mesafede çatlak gözlenen kesit sayısı ve oranları ( $\chi^2$ :21,950, p<0.05)

Deney Grupları	Kesit Sayısı (n)	Çatlak Gözlenen Kesit Sayısı (%)
Kontrol	15	0 (0)
ProTaper Universal	15	2 (13,3)
ProTaper Next	15	1 (6,7)
Hyflex EDM	15	5 (33,3)
WaveOne	15	9 (60)
WaveOne Gold	15	2 (13,3)



**Grafik 3. 1.** Gruplar arasında 3 mm seviyesinden alınan kesitlerde çatlak gözlenen kesit sayıları. Farklı harfle belirtilen gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.05).



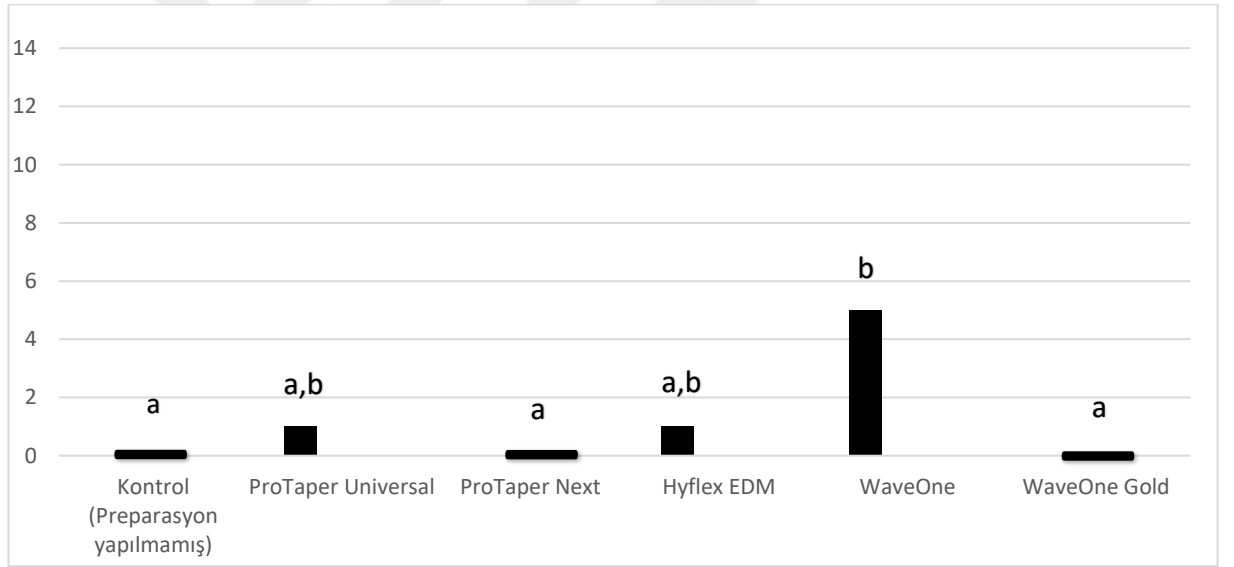
**Şekil 3. 1.** Apekten 3 mm mesafeden alınan aynı örneğe ait horizontal kesitlerden x16 (A, B, C, D, E, F) ve x25 (a, b, c, d, e, f) büyütmede alınan görüntüler. Kontrol grubunda (A ve a) çatlak veya defekt gözlenmedi. Örneklerde gözlenen çatlak ve defektler oklarla gösterildi.

### 3.2. Grupların Apekten 6 mm Mesafede Alınan Kesitlerde Çatlak Oluşma Sayı ve Oranlarına Ait Bulgular

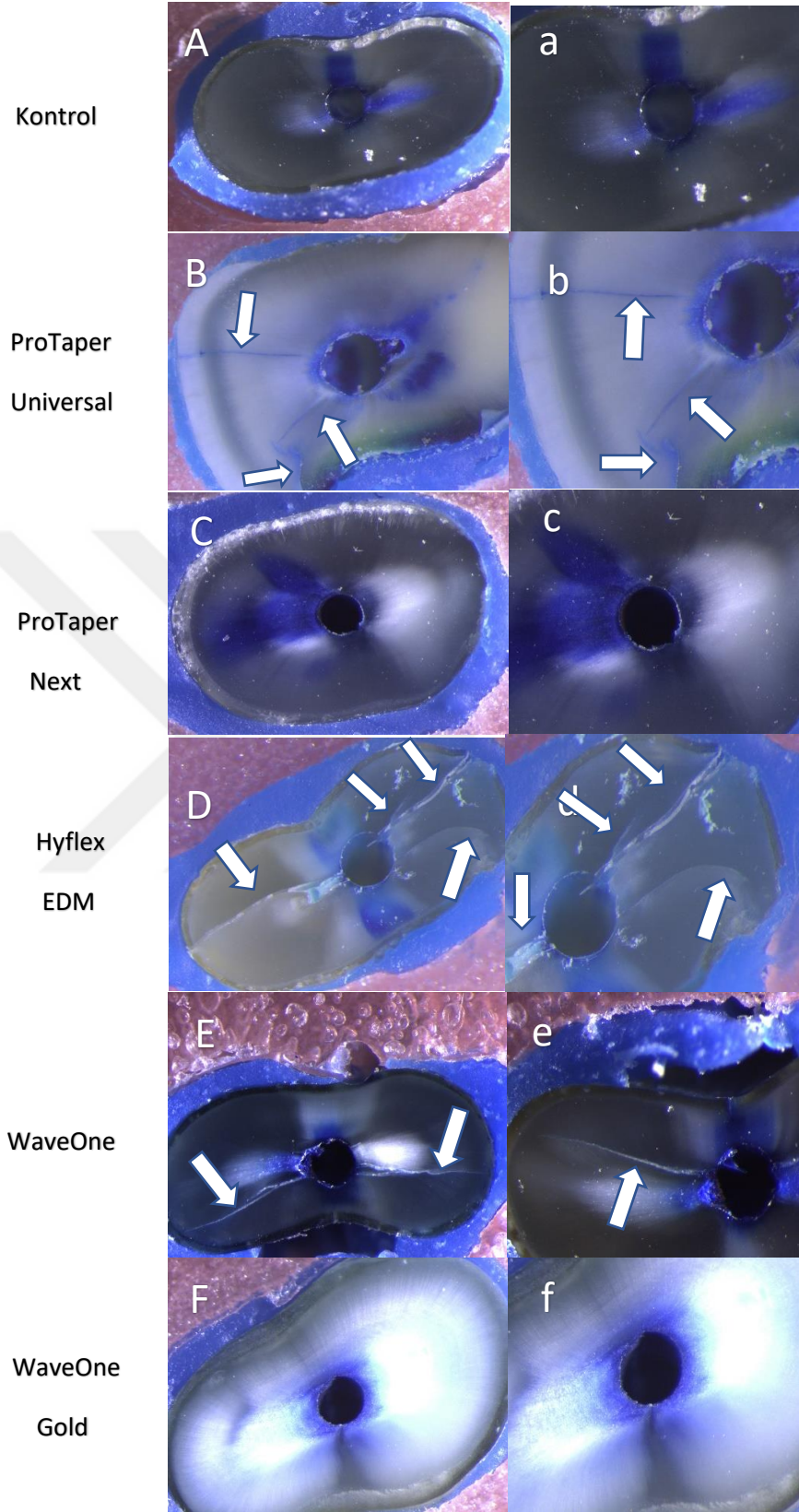
Apekten 6 mm mesafeden alınan kesitlerde grupların çatlak oluşumu görülen kesitlerin sayısı ve oranları Tablo 3.2 de gösterilmiştir. Kontrol ve deney gruplarından bu seviyede alınan kesitlere ait x16 ve x25 büyütmedeki stereomikroskop görüntüleri Şekil 3.2 de gösterilmiştir. Bu seviyede kontrol grubundan alınan kesitlerde çatlak oluşumuna rastlanmamıştır. ProTaper Universal ve Hyflex EDM gruplarında örneklerin 1'inde (%6,7), WaveOne grubunda ise örneklerin 5'inde (%33,3) çatlak meydana geldiği gözlenirken ProTaper Next ve WaveOne Gold gruplarında çatlak oluşumu izlenmemiştir. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda kontrol ve deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). Bu seviyede gruplar arasındaki farklılıkları tespit etmek amacıyla Fischer's Exact testi kullanılmıştır. Bu sonuçlara göre; WaveOne grubunda; kontrol grubu ile ProTaper Next ve Waveone Gold gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla oranda çatlak meydana geldiği saptanmıştır ( $p < 0.05$ ) (Grafik 3.2). Ancak WaveOne grubu hariç diğer gruplar arasında çatlak oluşumu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p > 0.05$ ).

**Tablo 3. 2.** Gruplarda apekten 6 mm mesafede çatlak gözlenen kesit sayısı ve oranları ( $\chi^2$ :17,504,  $p<0.05$ )

Deney Grupları	Kesit Sayısı (n)	Çatlak Gözlenen Kesit Sayısı (%)
Kontrol	15	0 (0)
ProTaper Universal	15	1 (6,7)
ProTaper Next	15	0 (0)
Hyflex EDM	15	1 (6,7)
WaveOne	15	5 (33,3)
WaveOne Gold	15	0 (0)



**Grafik 3. 2.** Gruplar arasında 6 mm seviyesinden alınan kesitlerde çatlak gözlenen kesit sayıları. Farklı harfle belirtilen gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ).



**Şekil 3. 2.** Apekten 6 mm mesafeden alınan aynı örneğe ait horizontal kesitlerden x16 (A, B, C, D, E, F) ve x25 (a, b, c, d, e, f) büyütmede alınan görüntüler. Kontrol grubu (A ve a), ProTaper Next grubu (C ve c) ve WaveOne Gold (F ve f) grubunda çatlak veya defekt gözlenmedi. Örneklerde gözlenen çatlak ve defektler oklarla gösterildi.

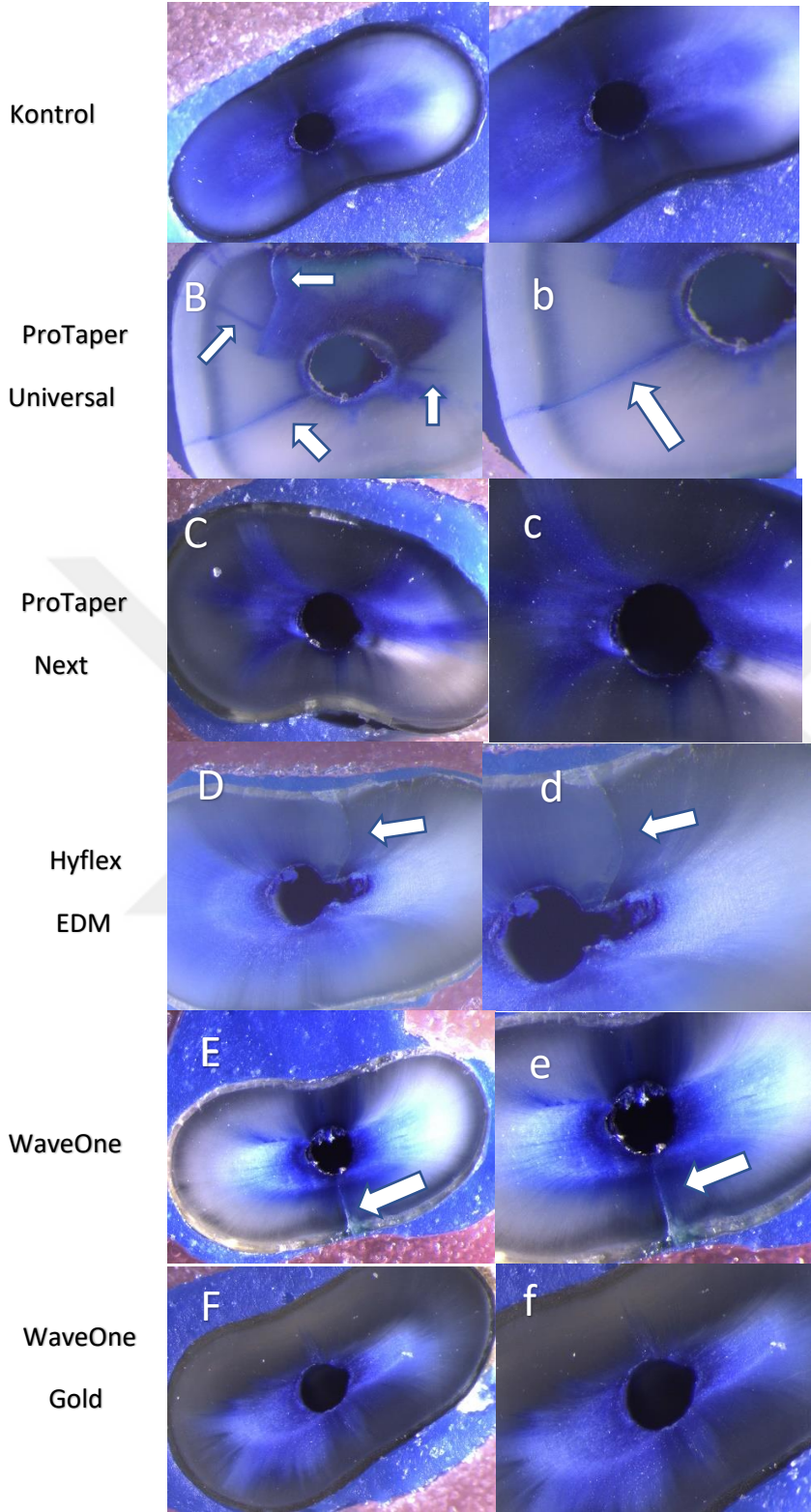


### 3.3. Grupların Apekten 9 mm Uzaklıkta Alınan Kesitlerde Çatlak Oluşma Sayı ve Oranlarına Ait Bulgular

Apekten 9 mm mesafeden alınan kesitlerde gruplarının çatlak oluşumu görülen kesitlerin sayısı ve oranları Tablo 3.3 te gösterilmiştir. Kontrol ve deney gruplarından bu seviyede alınan kesitlere ait x16 ve x25 büyütmedeki stereomikroskop görüntüleri Şekil 3.3 te gösterilmiştir. Bu seviyede kontrol grubundan alınan kesitlerde çatlak oluşumuna rastlanmamıştır. ProTaper Universal grubunda örneklerin 1'inde (%6,7), Hyflex EDM grubunda örneklerin 2'sinde (%13,3), WaveOne grubunda ise örneklerin 2'inde (%13,3) çatlak meydana geldiği gözlenirken; ProTaper Next ve WaveOne Gold gruplarında çatlak oluşumu izlenmemiştir. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda kontrol ve deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0.05$ ).

**Tablo 3. 3.** Gruplarda apekten 9 mm mesafede çatlak gözlenen kesit sayısı ve oranları ( $\chi^2:6,141$ ,  $p>0.05$ )

Deney Grupları	Kesit Sayısı (n)	Çatlak Gözlenen Kesit Sayısı (%)
Kontrol	15	0 (0)
ProTaper Universal	15	1 (6,7)
ProTaper Next	15	0 (0)
Hyflex EDM	15	2 (13,3)
WaveOne	15	2 (13,3)
WaveOne Gold	15	0 (0)



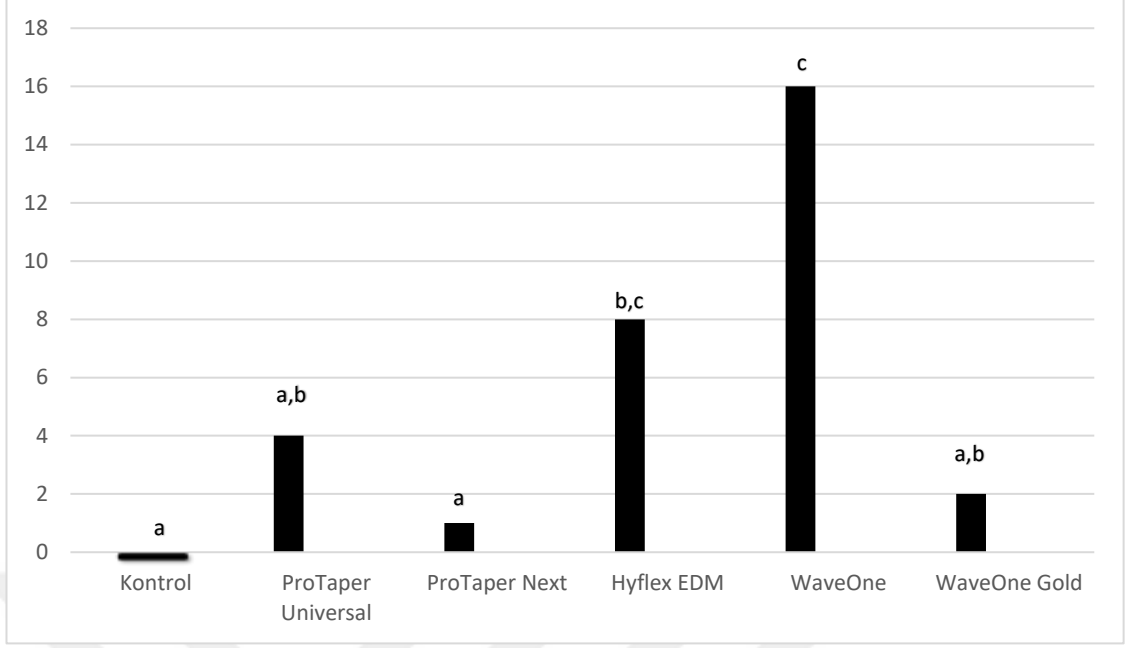
**Şekil 3. 3.** Apekten 9 mm mesafeden alından aynı örneğe ait horizontal kesitlerden x16 (A, B, C, D, E, F) ve x25 (a, b, c, d, e, f) büyütmede alınan görüntüler. Kontrol grubu (A ve a), ProTaper Next grubu (C ve c) ve WaveOne Gold (F ve f) grubunda çatlak veya defekt gözlenmedi. Örneklerde gözlenen çatlak ve defektler oklarla gösterildi.

### 3.4. Kontrol ve Deney Gruplarından Alınan Kesitlerde Toplam Çatlak Oluşma Sayı ve Oranlarına Ait Bulgular

Alınan tüm kesitler incelendiğinde hiçbir seviyede kontrol grubunda çatlak oluşumu gözlenmemiştir (Tablo 3.4.) ProTaper Universal grubunda kesitlerin 4'ünde (%8,8), ProTaper Next grubunda kesitlerin 1'inde (%2,2), Hyflex EDM grubunda kesitlerin 8'inde (%17,7), WaveOne grubunda kesitlerin 16'sında (%35,5), WaveOne Gold grubunda kesitlerin 2'sinde (%4,4) çatlak meydana geldiği gözlenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda kontrol ve deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Hangi gruplar arasında fark olduğunu tespit etmek amacıyla Fischer's Exact testi kullanılmıştır. Bu sonuçlara göre; Hyflex EDM ve WaveOne gruplarında kontrol grubuna oranla daha fazla çatlak oluştuğu görülmüştür. WaveOne grubunda ProTaper Universal, ProTaper Next ve WaveOne Gold gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla oranda çatlak oluştuğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ). Ayrıca Hyflex EDM grubunda ProTaper Next grubuna oranla daha fazla çatlak meydana geldiği saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). Ancak diğer gruplar arasında çatlak oluşumu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p > 0.05$ ). Elde edilen veriler Grafik 3.3 te gösterilmiştir.

**Tablo 3. 4.** Farklı gruplarda yapılan kök kanal preparasyonları sonrasında çatlak gözlenen toplam kesit sayısı ve oranları. Farklı harfle belirtilen gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0.05$ ).

Gruplar	Çatlak görülen kesit sayısı ve oranları (%)			Toplam
	3 mm	6 mm	9 mm	
Kontrol	0 <sup>a</sup> (0)	0 <sup>a</sup> (0)	0 (0)	0 <sup>a</sup> (0)
ProTaper Universal	2 <sup>a,b</sup> (13,3)	1 <sup>a,b</sup> (6,7)	1 (6,7)	4 <sup>a,b</sup> (8,8)
ProTaper Next	1 <sup>a,b</sup> (6,7)	0 <sup>a</sup> (0)	0 (0)	1 <sup>a</sup> (2,2)
Hyflex EDM	5 <sup>b,c</sup> (33,3)	1 <sup>a,b</sup> (0)	2 (13,3)	8 <sup>b,c</sup> (17,7)
WaveOne	9 <sup>c</sup> (60)	5 <sup>b</sup> (33,3)	2 (13,3)	16 <sup>c</sup> (35,5)
WaveOne Gold	2 <sup>a,b</sup> (13,3)	0 <sup>a</sup> (0)	0 (0)	2 <sup>a,b</sup> (4,4)
p değeri	0.0005	0.0036	0.2927	0.000013



**Grafik 3. 3.** Kontrol ve deney gruplarından alınan kesitlerde çatlak görülen toplam kesit sayısı. Farklı harfle belirtilen gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0.05$ ).

### 3.5. Gruplardan Alınan Kesitlerde Grup İçi Çatlak Oluşturma Sayı ve Oranlarına Ait Bulgular

Apekten 3, 6 ve 9 mm mesafeden alınan kesitlerde her bir grup kendi içerisinde değerlendirilmiş ve eğelerin çatlak oluşma oranları açısından seviyeler arasında farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda kontrol grubu, ProTaper Universal, ProTaper Next, Hyflex EDM ve WaveOne Gold gruplarında farklı seviyelerde çatlak oluşturma oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 3.5). Bununla birlikte WaveOne grubunda çatlak oranlarının istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). WaveOne grubunda hangi mesafeler arasında fark olduğunu tespit etmek amacıyla Fischer's Exact testi kullanılmıştır. Bu sonuçlara göre; 6 ve 9 mm mesafelere kıyasla en çok çatlakın 3 mm mesafede meydana geldiği saptanmış olup ( $p<0.05$ ), 6 mm ve 9 mm mesafeleri arasında çatlak oluşumu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0.05$ ).

**Tablo 3. 5.** Farklı gruplarda yapılan kök kanal preparasyonları sonrasında farklı seviyelerde çatlak gözlenen kesit sayı ve oranları. Aynı sütunda farklı harfle belirtilen gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0.05$ ).

	Kontrol	ProTaper Universal	ProTaper Next	Hyflex EDM	WaveOne	WaveOne Gold
3 mm	0	2 (13,3)	1 (6,7)	5 (33,3)	9 <sup>a</sup> (60)	2 (13,3)
6 mm	0	1 (6,7)	0 (0)	1 (6,7)	5 <sup>b</sup> (33,3)	0 (0)
9 mm	0	1 (6,7)	0 (0)	2 (13,3)	2 <sup>b</sup> (13,3)	0 (0)
p değeri		0.760		0.138	0.0276	



## 4.TARTIŞMA

Kemomekankik preparasyon işlemleri kök kanal duvarında mikroçatlak gibi bazı dentin defektleri meydana getirebilir (Tamse ve ark., 1999; Arslan ve ark., 2014; Çapar ve ark., 2014). Prematüre okluzal kontaklar, tekrarlayan çiğneme kuvvetleri, yapılan dental tedaviler bu mikroçatlakların ilerlemesine, hatta vertikal kök kırığı oluşumuna neden olabilir (Cohen ve ark., 2003; Pitts ve Natkin, 1983). Endodontik tedavinin en istenmeyen komplikasyonlarından biri olan vertikal kök kırıkları çoğunlukla tedavinin başarısızlığına ve dişin kaybına neden olur (Tsesis ve ark., 2010).

Kök kanal preparasyonu için geliştirilen nikel titanyum döner alet sistemleri; geleneksel el aletlerine kıyasla artmış esneklik ve kısalan çalışma zamanı gibi avantajlar sağlamaktadır (Bane ve ark., 2015). Ancak bu avantajlarının yanında kök kanal şekillendirme işlemlerinde nikel titanyum aletlerin kullanımının dentinde defekt oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir (Burklein ve ark., 2013; Liu ve ark., 2013; Bier ve ark., 2009). Kök kanalından uzaklaştırılan dentin miktarı ve kanal genişletme oranıyla kök dentininde defekt oluşma oranı arasında direkt bir ilişki mevcut olup, artan preparasyon miktarıyla birlikte vertikal kök kırığı oluşma riski de artmaktadır (Wilcox ve ark., 1997). Döner aletlerle yapılan kök kanal preparasyonu sonrasında dentinde defekt görülme sıklığının arttığı bildirilmiştir (Shemesh ve ark., 2009; Jamleh ve ark., 2015; Ceyhanlı ve ark., 2016; Arias ve ark., 2014). Son yıllarda daha önce piyasaya sürülen rotary hareketiyle çalışan sistemlere göre vidalanma etkisi ve alet kırılma riskini azalttığı iddiasıyla resiprokal hareketle çalışan tek ege sistemleri geliştirilmiştir. Nikel titanyum enstrümanlarla yapılan kök kanal preparasyonları sonucunda dentinde meydana gelen hasarlar konusunda halen fikir birliğine varılamamıştır. Bunun yanı sıra rotary ve resiprokal sistemlerle prepare edilmiş kök kanallarında defekt oluşumu hakkında yapılmış çalışmalarda da görüş birliği yoktur (Monga ve ark., 2015; De-Deus ve ark., 2014; Coelho ve ark., 2016).

Rotary hareketiyle çalışan ikinci jenerasyona ait ProTaper Universal ile resiprokal hareketle çalışan üçüncü jenerasyona ait WaveOne döner alet sistemleri bu

konuda yapılan pek çok çalışmada değerlendirilmiştir. Bunun yanında nispeten daha yeni sistemler olan beşinci jenerasyona ait ProTaper Next ve Hyflex EDM ile WaveOne döner alet sisteminden geliştirilen, ısıl işlem görerek üretilmiş WaveOne Gold döner alet sistemlerinin kök dentininde çatlak oluşumuna etkilerini değerlendirmek amacıyla çalışmamıza dahil edilmiştir.

Çalışmamızda rotary hareketiyle çalışan ProTaper Universal ile nispeten daha yeni sistemler olan ProTaper Next, Hyflex EDM döner alet sistemleri ile resiprokal hareketle çalışan WaveOne ve bu sistemden geliştirilen WaveOne Gold döner alet sistemleriyle yapılan kök kanal preparasyonları sonucunda dentinde meydana gelen dentin defektlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmamıza dahil edilecek olan dişlerin çekim esnasında travmaya maruz kalması durumunda dentin yapısında defektler meydana gelebileceği göz önünde bulundurularak periodontal harabiyet sebebiyle minimal travma ile çekilmiş çürüksüz ve restorasyonsuz dişler kullanıldı. Dişler deney gerçekleştirilene kadar dehidratasyona engel olmak amacıyla distile su içerisinde muhafaza edildi.

Standardizasyonu sağlamak amacıyla köklerde foramen apikalenin 10 numaralı K tipi eğe ile uyumlu ve apekten 9 mm yukarıda yapılan ölçümlerle kanal boyutlarının mümkün olduğunca birbirine yakın olmasına özen gösterildi.

Klinik koşullarda diş ile kemik arasında gelen kuvvetleri karşılamaya yardımcı olan periodontal ligament bulunmaktadır. Bu yapı stres emiliminde oldukça önemli olup doğru sonuçlar elde edilebilmesi için klinik koşulların taklit edilmesi büyük önem taşır. Bu nedenle çalışmamızda daha önce yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemlere benzer şekilde alveoler kemiği taklit etmek için akrilik rezin bloklar, periodontal ligamenti taklit etmek için de silikon ölçü materyali kullanıldı (Kansal ve ark., 2014; Arias ve ark., 2014; Ashraf ve ark., 2016).

Dentinde oluşan defektlerin incelenmesi için literatürde çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Matsushite-Tokugawa ve arkadaşları 2013 yılında yaptıkları bir çalışmada dentin defektlerini incelemek için noninvaziv bir yöntem olan infrared termografi cihazını kullanmışlar ancak cihazın tasarımı nedeniyle defektin kökte bulunduğu konuma göre sonuçların etkilenebileceğini bildirmişlerdir. Dentin yapısında oluşan defektleri incelemek için kullanılan bir diğer yöntem ise mikrobilgisayarlı tomografidir. Bu yöntem de noninvaziv olup diş bütünlüğü korunur. Örneklerden herhangi bir kesit alma işlemi uygulanmaksızın farklı kanal preparasyon yöntemleri uygulanmadan önce ve sonra kantitatif ölçümler yapılarak veriler karşılaştırılabilir (Siqueira ve ark., 2013; De-Deus ve ark., 2014). Bununla birlikte X ışınının dozu ve ışınlama zamanına bağlı olarak mikrobilgisayarlı tomografi yöntemlerinde ısı açığa çıkabilmektedir (Sprawls, 1995). Mikrobilgisayarlı tomografi kullanılarak yapılan görüntülemeler sonucunda meydana gelen sıcaklık artışının dehidratasyonu tetikleyerek özellikle kök kanal preparasyonu öncesi mikroçatlak olan dişlerin belirlenip örneklem dışı bırakılmadığı çalışmalarda sonucu etkileyebileceği düşünülmektedir (De-Deus ve ark., 2014; De-Deus ve ark., 2015).

Stereomikroskopla yapılan çalışmalarda kesit alma işleminin de dentini etkileyerek çatlak oluşturabileceği öne sürülmüştür (De-Deus ve ark., 2014). Ancak bizim çalışmamızda incelediğimiz kesitlerde preparasyon işlemi yapılmayan kontrol grubundan herhangi bir dentin defektine rastlanmamıştır. Geçmişte yapılan bazı çalışmalardan elde edilen veriler de bulgularımızla tutarlılık göstermektedir (Bürklein ve ark., 2013; Liu ve ark., 2013; Bier ve ark., 2009; Shemesh ve ark., 2009; Adorno ve ark., 2009; Yoldaş ve ark., 2012; Barreto ve ark., 2012, Ashwinkumar ve ark., 2013, Pedulla ve ark., 2016).

Çalışmamızda kullanılan rotary ve resiprokal hareketle çalışan döner alet sistemlerinin tamamı dentinde çatlak oluşumuna neden olmuştur. Tüm gruplarda en fazla çatlak apikale en yakın bölge olan 3 mm mesafeden alınan kesitlerde gözlenmiştir. Geçmişte yapılan bazı çalışmalarda nikel titanyum döner eğelerle gerçekleştirilen preparasyon işlemi esnasında stresin genellikle eğenin uç kısmında ve apikal bölgede yoğunlaştığı sonucuna ulaşılmıştır (Adorno ve ark., 2009; Blum ve ark.,



1999). Bu durumun çalışmamızda en fazla çatlak 3 mm mesafede oluşma nedenini açıkladığını düşünmekteyiz. Kök apeksinden 3 ve 6 mm mesafeden alınan kesitlerde tüm gruplar arasında en fazla çatlak WaveOne grubunda görülmüş olmakla birlikte 3 mm mesafeden alınan kesitlerde WaveOne grubu ile ProTaper Universal, ProTaper Next ve WaveOne Gold grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. 6 mm mesafeden alınan kesitlerde ise WaveOne grubu ProTaper Next ve WaveOne Gold gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla çatlak oluşturmuştur. 9 mm mesafeden alınan kesitlerde hem diğer seviyelere oranla daha az çatlak oluşumu gözlenmiş, hem de gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu durum; kök kanalının bu seviyesinde kanal aletlerinin apikal bölgeye oranla daha az stres oluşturmasından kaynaklanmış olabilir.

Kök kanalından uzaklaştırılan dentin miktarı arttıkça dentinde defekt oluşma olasılığı da artmaktadır (Wilcox ve ark., 1997). Kullanılan eğenin koniklik açısı da dentinde defekt oluşumunda önemli rol oynayabilir (Bier ve ark., 2009). Apikal uç kısmında WaveOne Primary eğesinin koniklik açısı .08 iken; ProTaper Next X2 eğesi .06, WaveOne Gold Primary eğesi ise .07 koniklik açısına sahiptir. Bu durum WaveOne grubunda daha fazla çatlak görülmesini açıklayabilir. Çatlak görülen toplam kesit sayısı incelendiğinde ise WaveOne grubunda ProTaper Universal, ProTaper Next ve WaveOne Gold gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla çatlak oluştuğu tespit edilmiştir. Kim ve arkadaşları 2010 yılında yaptıkları bir çalışmada eğe dizaynının apikalde artan sıkışma ve gerilme kuvvetleri üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. ProTaper Universal ve WaveOne üçgen veya modifiye üçgen enine kesit geometrisine sahipken ProTaper Next dikdörtgen bir enine kesit geometrisine sahiptir. ProTaper Next sisteminin farklı enine kesit geometrisi apikalde daha az çatlak oluşturmasının nedeni olabilir. Kullanılan eğenin koniklik açısı da dentinde çatlak oluşumunda etkili bir faktör olabilir (Bier ve ark., 2009). WaveOne Primary eğesi uç kısmından itibaren ilk 8 milimetrelik uzunlukta .08 apikal koniklik açısı gösterir. Ancak ProTaper Next X2 eğeleri apikalde .06 koniklik açısına sahiptir. WaveOne Primary File eğesinin sahip olduğu yüksek koniklik açıları özellikle apikal üçlü bölgesinde daha fazla dentin defektine neden olmuş olabilir. Priya ve arkadaşları 2014 yılında yaptıkları bir çalışmada tek eğe ile kanal preparasyonu sonucunda daha

fazla stres meydana geldiğini savunmuşlardır. Bu durum WaveOne grubunda ProTaper Universal ve ProTaper Next gruplarına oranla daha fazla çatlak oluşmasının nedeni olabilir (Priya ve ark., 2014). Aynı zamanda tek eğe ile preparasyonun tamamlandığı Hyflex EDM grubunda da ProTaper Universal ve ProTaper Next gruplarına oranla daha fazla çatlak oluşmuş, ancak fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ancak WaveOne Gold tek eğe sistemi olmasına rağmen WaveOne grubuna oranla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az dentin defekti oluşturmuştur. Bunun nedeni olarak WaveOne Gold'un özel bir ısıl işlem teknolojisiyle üretilmiş olması gösterilebilir. Ayrıca üretici firma eğenin oldukça esnek olduğunu ve kırılma direncinin arttığını iddia etmektedir.

Literatürde resiprokal hareketle çalışan tek eğe sistemlerinin rotary hareketle çalışan çoklu eğe sistemlerine kıyasla daha fazla çatlak oluşturduğunu savunan olduğu gibi (Priya ve ark., 2014), karşıt görüş bildirerek rotary sistemlerin resiprokal sistemlerden daha fazla çatlak oluşturduğunu öne süren çalışmalar da mevcuttur (Kansal ve ark., 2014; Liu ve ark., 2013). Yapılan diğer bazı çalışmalarda ise rotary ve resiprokal hareketle çalışan döner alet sistemleri arasında çatlak oluşumu bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Arias ve ark., 2014; Adorno ve ark., 2010; Helvacıoğlu-Yiğit ve ark., 2015). Dolayısıyla diğer faktörlerden bağımsız olarak tek başına hareket kinematiğinin dentinde defekt oluşumuna etkisi konusunda net bir görüş ortaya konamamıştır.

Eğelerin dizaynı şekillendirme esnasında kök dentinine gelen kuvvet miktarını etkileyebilir (Lam ve ark., 2005). Preparasyon esnasında kök dentini üzerinde gelen bu kuvvetler vertikal kök kırığı oluşma riskiyle de ilişkilidir (Kim ve ark., 2010) ProTaper Next grubunda daha az çatlak oluşumunun nedeni olarak eğenin dikdörtgen enine kesit dizaynında ağırlık merkezi ile rotasyonel hareket merkezinin çakışmaması nedeniyle salınım hareketi yapması gösterilebilir. Eğenin bu hareketiyle birlikte kanal duvarına sıkışmasının azaldığı, eğe ile dentin arasındaki tork kuvvetinin minimuma indiği iddia edilmiştir (Ruddle, 2001).

ProTaper Universal grubunda ise ProTaper Next grubuna oranla daha fazla çatlak oluşmuş olmakla birlikte gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. ProTaper Universal grubunda daha fazla çatlak oluşmasının nedeni olarak ProTaper Universal F2 eğesinin ProTaper Next X2 eğesine oranla daha yüksek koniklik açısına sahip olması gösterilebilir. ProTaper Universal döner alet sisteminden farklı olarak ProTaper Next döner alet sistemi M Wire teknolojisi kullanılarak üretilmiştir. Geçmişte yapılan bazı çalışmalar M-Wire ve CM Wire gibi ısıtılma işlem teknolojisiyle üretilen endodontik enstrümanların konvansiyonel NiTi aletlere oranla daha esnek olduğunu ortaya koymuştur (Pereira ve ark., 2012; Peters ve ark., 2014). Ayrıca ProTaper Next grubunda bulunan eğelerin merkezi olmayan dizaynı sonucu salınım hareketi yapması nedeniyle eğenin vidalanma etkisi ve sıkışmanın azalması, eğe ve dentin arasındaki temas alanı azaldığı için de torkun dentine iletiminin sınırlanması ile açıklanabilir (Yoldaş ve ark., 2012). Hyflex EDM grubunda da ProTaper Next grubuna oranla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla çatlak oluşmuştur. Aynı jenerasyona ait bu iki eğe sistemi arasında meydana gelen bu farklılığın nedeni olarak Hylex EDM OneFile eğesinin koniklik açısının (.08) ProTaper Next X2 eğesine (.06) oranla yüksek oluşu gösterilebilir. Bununla birlikte üretici firma talimatları gereği Hyflex EDM, ProTaper Next'e oranla daha yüksek hızda kullanılmaktadır. Ayrıca Hyflex EDM eğesinin üretim şeklinin farklı oluşu ve bu nedenle krater benzeri çöküntülere sahip farklı yüzey özelliğinin (Pirani ve ark., 2016) de buna sebep olabileceğini düşünmekteyiz.

WaveOne Gold grubunda WaveOne grubuna oranla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha az çatlak meydana geldiği görülmüş olup bunun nedeni WaveOne Primary eğesinin (.08) WaveOne Gold Primary eğesine (.07) oranla daha yüksek koniklik açısına sahip oluşu gösterilebilir. Ayrıca Prados-Privado ve arkadaşları tarafından 2019 yılında yapılan bir çalışmada WaveOne ve WaveOne Gold eğelerine torsiyonel stres testi uygulanmış, Gold ısıtılma işlem teknolojisiyle üretilen WaveOne Gold döner alet sisteminde daha düşük seviyede torsiyonel stres oluştuğu tespit edilmiştir. Bu durumun da WaveOne Gold grubunda daha az çatlak oluşumuna neden olduğu ileri sürülebilir.

WaveOne grubunda kesit mesafeleri karşılaştırıldığında en çok çatlağın apekten 3 mm mesafede meydana geldiği tespit edilmiştir. Diğer gruplarda ise yine en çok çatlak 3 mm mesafede meydana gelmiş olmakla birlikte mesafeler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Bürklein ve arkadaşları 2013 yılında mandibular keser dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada MTwo, ProTaper Universal, Reciproc ve WaveOne döner alet sistemleri ile kök kanal preparasyonlarını tamamlamışlar; ardından dentinde çatlak oluşumunu karşılaştırmak amacıyla örneklerin 3., 6. ve 9. milimetrelerinden aldıkları kesitleri stereomikroskop altında incelemişlerdir. Araştırmacılar apikal bölgede Reciproc ve WaveOne gruplarında daha fazla çatlak oluştuğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde apikal bölgede en fazla çatlak WaveOne grubunda tespit edilmiştir.

Çapar ve arkadaşları 2014 yılında mandibular premolar dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal, ProTaper Next ve Hyflex CM eğe sistemleri ile apikal çap #40 numara olacak şekilde şekillendirme yaparak örneklerin 2., 4., 6. ve 8. milimetrelerinden aldıkları kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından stereomikroskop altında incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlarda ProTaper Universal diğer iki gruba oranla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha fazla dentin defekti oluşturmuştur. ProTaper Next ve Hyflex CM grupları arasında ise fark bulunamamıştır. Bizim çalışmamızda ise ProTaper Universal eğe sistemi ProTaper Next eğe sistemine oranla daha fazla dentin defektine neden olmakla birlikte bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Çalışmamızda kullandığımız döner alet sistemi ise Hyflex CM'den geliştirilen Hyflex EDM OneFile tek eğe sistemidir. Çalışmamızda Hyflex EDM diğer iki gruba oranla daha fazla dentin defektine neden olsa da yalnızca ProTaper Next ile karşılaştırıldığında elde edilen sonuç istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar arasındaki farklılığa bizim çalışmamızda apikal çap #25 olacak şekilde preparasyon tamamlanırken, bu çalışmada daha geniş bir apikal preparasyon yapılması olabilir. Ayrıca Çapar ve arkadaşlarının çalışmasında bulunan Hyflex CM çoklu eğe sistemi iken, bizim çalışmamızda kullanılan Hyflex EDM OneFile'in tek eğe sistemi olması da bu farklılığa neden olmuş olabilir.

Çiçek ve arkadaşları 2014 yılında mandibular molarların mezial kökleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal, ProTaper Next, WaveOne ve K tipi el eğeleri ile kök kanal preparasyonunu takiben örneklerin kök ucundan 3, 6 ve 9 milimetre uzaklıkta olacak şekilde alınan kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından SEM (Scanning Electron Microscope) kullanarak incelemiştir. ProTaper Universal döner alet sistemi ile prepare edilen grupta bizim çalışmamızda olduğu gibi SX'ten F2 ye kadar olan eğeler kullanılırken; ProTaper Next döner alet sistemi ile prepare edilen kanallarda SX, X1 ve X2 eğeleri kullanılmıştır. Ayrıca WaveOne grubunda da yalnızca WaveOne Primary eğesi kullanılarak preparasyon tamamlanmıştır. Araştırmacılar gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadığını ileri sürerek bizim çalışmamızdan farklı sonuçlar bildirmişlerdir. Sonuçlar arasındaki bu farklılık kullanılan diş grubunun farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Bizim çalışmamızda mandibular keser dişler tercih edilmiştir. Ayrıca bu tip çalışmalarda kök kanalları prepare edilirken operatör tarafından uygulanan kuvvetin standardize edilmesi mümkün değildir. Bu durum bu tür çalışmaların sınırlamalarından biridir (Çapar ve ark., 2014) ve elde edilen bulgularda farklılıklara neden olabilir. Diğer yandan dişlerin elde edildiği hastaların yaşı da dentinde çatlak oluşumu üzerinde rol oynayarak sonuçları etkileyebilir (Ratcliff ve ark., 2001). Ayrıca dentinde oluşan çatlağı değerlendirme metodu da çalışmamızdan farklıdır. Bizim çalışmamızda stereomikroskop kullanılırken, bu çalışmada SEM kullanımı tercih edilmiştir. Araştırmacılar en fazla çatlağın apikal bölgede oluştuğunu saptamışlardır. Bu veri bizim çalışmamızla da uyumludur.

Priya ve arkadaşları 2014 yılında yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal, ProTaper Next, One Shape ve Reciproc eğe sistemlerini hem rotary hem de resiprokal hareket kinematiklerinde kullanarak kök kanallarını şekillendirmiş ve oluşan dentin defektlerini örneklerin 3.,6. ve 9. milimetrelerinden kesitler alarak stereomikroskop altında incelemiştir. Çalışma sonucunda ProTaper Next ile prepare edilmiş kanallarda ProTaper Universal ile prepare edilen kök kanallarına oranla hem rotary, hem de resiprokal harekette daha az dentin defekti oluştuğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda da ProTaper Universal grubunda ProTaper Next grubuna oranla daha fazla dentin defekti oluşmakla birlikte gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak

anlamli bir fark bulunmamıştır. Bu durum bizim çalışmamızda daha küçük boyutta eğeler ile kök kanal preparasyonunun tamamlanmış olmasından kaynaklanabilir. Araştırmacılar ayrıca resiprokal hareketle çalışan döner alet sistemlerinin rotary hareketiyle çalışan döner alet sistemlerine oranla dentinde daha fazla hasar meydana getirdiği sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler değerlendirildiğinde ise resiprokal hareketle çalışan WaveOne grubunda rotary hareketiyle çalışan ProTaper Universal ve ProTaper Next gruplarına oranla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla defekt oluştuğu görülmüştür. Ancak her ikisi de resiprokal hareketle çalışan WaveOne ve WaveOne Gold grupları kıyaslandığında; WaveOne grubunda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla defekt oluştuğu tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde ettiğimiz bu bulgular ışığında hareket kinematığının defekt oluşumuna etkisi hakkında kesin bir yargıya ulaşmak mümkün olmayıp çatlak oluşumunun yalnızca hareket tipinin değil; eğelerin enine kesit dizaynları, koniklik açıları, alaşımın yapısı gibi diğer birçok özelliğin rol oynadığı multifaktöryel bir durum olduğu söylenebilir.

Karataş ve arkadaşları 2015 yılında mandibular keser dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada Twisted File Adaptive, ProTaper Next, ProTaper Universal ve WaveOne döner alet sistemlerinin çatlak oluşturma oranlarını kıyaslamak amacıyla örneklerin 3, 6 ve 9. milimetrelerinden aldıkları kesitleri stereomikroskop altında incelemişlerdir. Bizim çalışmamızda olduğu gibi, ProTaper Universal grubunda SX'ten F2'ye kadar olan eğeler kullanılırken, ProTaper Next grubunda ise SX, X1 ve X2 eğeleri kullanılarak preparasyon tamamlanmıştır. Yine aynı şekilde WaveOne grubunda ise WaveOne Primary eğesi kullanılarak tek ege ile kök kanal şekillendirmesi tamamlanmıştır. Araştırmacılar bizim çalışmamıza benzer şekilde Çalışmanın sonucunda ProTaper Next grubunun eğelerinin apikal bölgede ProTaper Universal ve WaveOne gruplarına oranla daha az çatlak meydana getirdiğini bildirmişlerdir.

Üstün ve arkadaşları 2015 yılında mandibular keser dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal F2 eğesinin resiprokal hareketle kullanıldığı grup ile ProTaper Universal, ProTaper Next ve Reciproc döner alet sistemlerinin üretici firma talimatlarına uygun kullanılarak kök kanal preparasyonları tamamlanmış

örnekleri 3., 6. ve 9. mm seviyeden aldıkları kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından stereomikroskop altında incelemiştir. Elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bizim çalışmamızda da benzer olarak ProTaper Universal ve ProTaper Next grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Ashraf ve arkadaşları 2016 yılında mandibular premolar dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada ProTaper Universal, ProTaper Next ve Hyflex CM döner alet sistemleriyle preparasyonu tamamlanmış örneklerin 3., 6. ve 9. milimetrelerinden aldıkları kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından stereomikroskop kullanarak incelemiştir. Araştırmadan elde edilen verilere göre ProTaper Next grubunda ProTaper Universal grubuna oranla daha az çatlak oluşturmuş olup gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu sonuçlar çalışmamızla uyumludur.

Pedulla ve arkadaşları 2016 yılında mandibular keser dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada 6 adet tek ege sistemi ile kök kanallarını prepare etmiş; ardından örneklerin 3., 6. ve 9. milimetrelerinden aldıkları kesitleri dentinde çatlak oluşumu açısından stereomikroskop kullanarak incelemiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre çalışmamıza benzer şekilde WaveOne Gold ve Hyflex EDM grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ayrıca bu iki grubun WaveOne grubuna oranla daha az çatlak meydana getirdiği görülmüştür. Bu durum WaveOne Gold ve Hyflex EDM sistemlerinin tabii tutuldukları ısıl işlemler sonucunda esnekliklerinde artış olmasından kaynaklanmış olabilir (Karataş ve ark., 2016; Çapar ve ark., 2014). Bu çalışmada da benzer şekilde en fazla çatlak apikal bölgede meydana gelmiştir.

Das ve arkadaşları 2018 yılında mandibular premolar dişler üzerinde yaptıkları bir çalışmada One Shape, ProTaper Next ve Hyflex EDM döner alet sistemleri ile kök kanallarını prepare ettikten sonra örneklerin apeksinden 3., 6. ve 9. mm mesafede aldıkları kesitleri dentin defekti oluşma oranları açısından stereomikroskop kullanarak incelemiştir. Araştırmacılar ProTaper Next ve Hyflex EDM grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise

Hyflex EDM grubunda ProTaper Next grubuna oranla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla çatlak olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada bizim çalışmamızdan farklı olarak mandibular premolar dişler tercih edilmiştir. Ayrıca 10 numaralı K tipi eğe ile çalışma boyunun kontrolünün ardından 15 numaralı K tipi eğe ile rehber yol oluşturulmuş, Orrifice Shaper eğesi ile koronal genişletme yapıldıktan sonra Hyflex EDM OneFile eğesi ile kök kanal preparasyonuna geçilmiştir. Bu metodolojik farklılıkların sonuçlardaki uyumsuzluğun nedeni olabileceğini düşünmekteyiz.





## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Kontrol grubundan alınan kesitlerin hiçbirinde defekt ve çatlğa rastlanmamıştır. Kök apeksinden 3 mm mesafede Hyflex EDM ve WaveOne gruplarında kontrol grubuna oranla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla çatlak oluşmuştur. Bu seviyede en fazla çatlak WaveOne grubunda meydana gelmiştir. WaveOne grubunda çatlak oluşum oranı ProTaper Universal, ProTaper Next ve WaveOne Gold gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olup; diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamıştır.
2. Kök apeksinden 6 mm mesafede WaveOne grubu kontrol grubuna oranla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla çatlak oluşturmuştur. Bu seviyede en fazla çatlak WaveOne grubunda meydana gelmiştir. WaveOne grubunda çatlak oluşum oranı ProTaper Next ve WaveOne Gold gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derece daha fazla iken; diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.
3. Kök apeksinden 9 mm mesafede çatlak oluşum oranı açısından kontrol grubu dahil tüm gruplar karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir.
4. Grupların meydana getirdiği toplam çatlak sayı ve oranları incelendiğinde Hyflex EDM ve WaveOne gruplarının kontrol grubuna oranla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla çatlak oluşturduğu görülmüştür. WaveOne grubu; ProTaper Universal, ProTaper Next ve WaveOne Gold gruplarına oranla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla çatlak meydana getirmiştir. Hyflex EDM grubu ise ProTaper Next grubuna kıyasla daha fazla çatlak oluşturmuştur. Ancak diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamıştır.

5. Gruplar kendi içerisinde çatlak oluşum oranları açısından değerlendirildiğinde kesit seviyeleri arasında WaveOne grubu dışında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.
6. Çalışmamızda kullanılan hem rotary hem de resiprokal hareket kinematiğiyle çalışan döner alet sistemlerinin tümünde farklı derecelerde de olsa dentinde defekt oluşmuştur. Bunun yanı sıra deney gruplarının tamamında hareket kinematiğinden bağımsız olarak en fazla dentin defekti apeksten 3 mm mesafede gözlenmiştir.
7. Resiprokal hareketle çalışan WaveOne grubu ile rotary hareketiyle çalışan Hyflex EDM apeksten 3 ve 6 mm mesafelerden alınan kesitlerde en fazla çatlak gözlenen gruplar olup bu iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bunun yanı sıra rotary hareketiyle çalışan ProTaper Universal ve ProTaper Next grupları ile resiprokal hareketle çalışan WaveOne Gold grubu dentinde daha az defekt oluşumuna neden olmuş ve bu gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlenmiştir.
8. Bu çalışmanın sınırları dahilinde dentinde defekt oluşumu döner alet sistemlerinin hareket kinematiğinden çok NiTi eğelerin esnekliği, enine kesit geometrisi, koniklik açısı, ısıl işlem görmesi, üretim şekli gibi birden fazla faktöre bağlı olarak meydana gelebilir. Ayrıca seçilen dişlerin yaşı, ağız içi koşulların birebir taklit edilmesinin zorluğu, preparasyon esnasında operatör tarafından uygulanan kuvvetin standardize edilememesi gibi durumlar bu tür çalışmaların sınırlamaları olup; bu konuda karara varabilmek için hem in vitro hem de klinik ilave çalışmalara ihtiyaç vardır.

## KAYNAKLAR

- ADORNO CG, YOSHIOKA T, SUDA H (2009). The effect of root preparation technique and instrumentation length on the development of apical root cracks. *J Endod*, **35(3)**: 389–92.
- ADORNO CG, YOSHIOKA T, SUDA H (2010). The effect of working length and root canal preparation technique on crack development in the apical root canal wall. *Int Endod J*, **43(4)**: 321–7.
- 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)**: 522-5
- 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.
- ARIAS A, LEE YH, PETERS CI, GLUSKIN AH, PETERS OA (2014). Comparison of 2 canal preparation techniques in the induction of microcracks: a pilot study with cadaver mandibles. *J Endod*, **40(7)**: 982–5.
- ARSLAN H, KARATAŞ E, ÇAPAR İD, ÖZSU 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)**: 1681-3.
- ASHRAF F, SHANKARAPPA P, MISRA A, SAWHNEY A, SRIDEVI N, SINGH A (2016). A Stereomicroscopic Evaluation of Dentinal Cracks at Different Instrumentation Lengths by Using Different Rotary Files (ProTaper Universal, ProTaper Next, and HyFlex CM): An Ex Vivo Study. *Scientifica (Cairo)*, **2016**: 8379865.
- ASHWINKUMAR V, KRITHIKADATTA J, SURENDRAN S, VELMURUGAN N (2013). Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: an SEM study. *Int Endod J*, **47(7)**: 622-7.
- AYDIN B, KOSE T, ÇALIŞKAN MK (2009). Effectiveness of HERO 642 versus headström files for removing gutta-percha fillings in curved root canals: an ex vivo study. *Int Endod J*, **42(11)**: 1050-6.
- BAHIA MG, MARTINS RC, GONZALEZ BM, BUONO VT (2005). Physical and mechanical characterization and the influence of cyclic loading on the behaviour of nickel-titanium wires employed in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Int Endod J*, **38(11)**: 795-801.

- BANE K, FAYE B, SARR M, NIANG SO, NDIHAVE D, MACHTOU P (2015). Root canal shaping by single-file systems and rotary instruments: a laboratory study. *Iran Endod J*, **10(2)**: 135-9.
- BARRETO MS, MORAES RDO A, ROSA RA, MOREIRA CH, SO MV, BIER CA (2012). Vertical root fractures and dentin defects: effects of root canal preparation, filling, and mechanical cycling. *J Endod*, **38(8)**: 1135–9.
- BAYRAM HM, BAYRAM E, OCAK M, UYGUN AD, ÇELİK HH (2017). 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)**: 1166-9.
- BERGMANS L, VAN CLEYDENBREUGEL 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)**: 288-95.
- BIER CA, SHEMESH 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)**: 236-8.
- BLUM JY, MACHTOU P, MICALLEF JP (1999). Location of contact areas on rotary Profile instruments in relationship to the forces developed during mechanical preparation on extracted teeth. *Int Endod J*, **32(2)**:108–14.
- BLUM JY, MACHTOU P, RUDDLE C, MICALLEF JP (2003). Analysis of mechanical preparations in extracted teeth using ProTaper rotary instruments: value of the safety quotient. *J Endod*, **29(9)**: 567–575.
- 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)**: 102-6.
- BRYANT ST, DUMMER PM, PITONI C, BOURBA M, MOGHAL S (1999). Shaping ability of .04 and .06 taper ProFile rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. *Int Endod J* **32(3)**:155-64.
- BURKLEIN S, TSOTSIS P, SCHAFER E (2013). Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *J Endod*, **39(4)**: 501–4.
- CEYHANLIKT, ERDİLEKN, TATAR I, ÇELİK D (2016). Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: a micro-CT study. *Int Endod J*, **49(7)**: 684-9.
- 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)**: 1393-6.

- COHEN S, BLANCO L, BERMAN L (2003). Vertical root fractures: clinical and radiographic diagnosis. *J Am Dent Assoc*, **134(4)**: 434-41.
- CRAIG RG (1963). Physical properties of stainless steel endodontic files and reamers. *Oral Surg., Oral Med. & Oral Path.* **16(2)**: 206-17.
- CUJE J, BARGHOLZ C, HULSMANN M (2010). The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *Int Endod J*, **43(7)**: 545–54.
- ÇAPAR ID, ARSLAN H, AKÇAY M, UYSAL B (2014). Effects of ProTaper Universal, ProTaperNext, and HyFlexInstruments on Crack Formation in Dentin. *J Endod*, **40(9)**: 1482– 84.
- ÇİÇEK E, KOÇAK MM, SAĞLAM BC, KOÇAK S (2014). 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.
- DAGNA A, POGGIO C, BELTRAMI R, COLOMBO M, CHIESA M, BIANCHI S (2014). Cyclic fatigue resistance of OneShape, Reciproc, and WaveOne: An in vitro comparative study. *J Conserv Dent*, **17(3)**: 250-4.
- 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)**: 304-6.
- DANESHMAND A, KAHRIZI EF, ABEDI E, ABDOLHOSSEINI MM (2013). Influence of machining parameters on electro discharge machining of NiTi shape memory alloys. *Int J Electrochem Sci*, **8**: 3095-3104.
- DAS S, PRADHAN PK, LATA S, SİNHA SP (2018). Comparative evaluation of dentinal crack formation after root canal preparation using ProTaper Next, OneShape, and Hyflex EDM. *J Conserv Dent*, **21(2)**: 153-156.
- DE-DEUS G, ROTER J, REIS C, FIDEL S, VERSIANI MA, ALVES H, LOPES RT, PACIORNIK S (2014). Assessing accumulated hard-tissue debris using micro-computed tomography and free software for image processing and analysis. *J Endod* **40(2)**: 271–6.
- DE-DEUS G, SILVA EJ, MARINS J, NEVES ADE A, GONCALVES 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)**: 1447–50.
- 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)**: 1116–9.

- DE-DEUS G, CESAR DE AZEVEDO CARVALHAL J, BELLADONNA FG, SILVA EJNL, LOPES RT, MOREIRA FILHO 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)**: 1553-8.
- DE OLIVEIRA BP, CAMARA 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)**: 1143-7.
- DUERIG TW (2006): Some unresolved aspects of nitinol. *Med Sci Eng A*, **438-440**: 69-74.
- ELSAKA SE, ELNAGHY AM (2015). Cyclic fatigue resistance of OneShape and WaveOne instruments using different angles of curvature. *Dent Mater J* **34(3)**: 358–63.
- FUSS Z, LUSTIG J, KATZ A, TAMSE A (2001). An evaluation of endodontically treated vertical root fractured teeth: impact of operative procedures. *J Endod*, **27(1)**: 46-8.
- GAGLIARDI J, VERSIANI MA, DE SOUSA-NETO MD, PLAZAS-GARZON A, BASRANI B (2015). Evaluation of the shaping characteristics of protaper gold, protaper next and protaper universal in curved canals. *J Endod*, **41(10)**: 1718-24.
- GAO Y, SHOTTON V, WILKINSON K, PHILLIPS G, JOHNSON WB (2010). Effects of raw material and rotational speed on the cyclic fatigue of ProFile Vortex rotary instruments. *J Endod*, **36(7)**: 1205-9.
- GARG S, MAHAJAN P, THAMAN D, MONGA P (2015). Comparison of dentinal damage induced by different nickel-titanium rotary instruments during canal preparation: An in vitro study. *J Conserv Dent*, **18(4)**: 302-5.
- GLICKMAN GN, DUMSHA TC (1997). Problems in canal cleaning and shaping. In: Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE, Hovland EJ (eds). Problem solving in endodontics: prevention, identification, and management. 3th ed. St. Louise: Mosby yaynevi, s: 91-121.
- GLUSKIN AH, BROWN DC, BUCHANAN LS (2001). A reconstructed computerized tomographic comparison of ni-ti rotary gt files versus traditional instruments in canals shaped by novice operators. *Int Endod J*, **34(6)**: 476-84.
- GROSSMAN L (1976). Endodontics 1776-1976: A bicentennial history against the background of general dentistry. *J Am Dent Assoc*. **93(1)**: 78-87.

- GUTMANN JL, GAO Y (2012). Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel-titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. *Int Endod J*, **45(2)**: 113-28.
- HASHEM AA, GHONEIM AG, LUTFY RA, FODA MYI OMAR GA (2012). Geometric analysis of root canals prepared by four rotary NiTi shaping systems. *J Endod*, **38(7)**: 996-1000.
- HELVACIOĞLU-YİĞİT D, AYDEMİR S, YILMAZ A (2015). Evaluation of dentinal defect formation after root canal preparation with two reciprocating systems and hand instruments: an in vitro study. *Biotechnol Biotechnol Equip* **29(2)**: 368–73.
- HULSMANN M, PETERS OA, DUMMER PMH (2005). Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics*, **10**: 30-76.
- INGLE J (1985). *Endodontics*. Philadelphia: Lea & Febiger yayınevi, s.176-8.
- IQBAL MK, BANFIELD B, LAVORINI A, BACHSTEIN B (2007). A comparison of LightSpeed LS1 and LightSpeed LSX NiTi rotary instruments in apical transportation and length control in simulated root canals. *J Endod*, **33(3)**: 268-71.
- IQBAL MK, FLORATOS S, HSU YK, KARABUCAK B (2010): An in vitro comparison of profile gt and gtx nickel-titanium rotary instruments in apical transportation and length control in mandibular molar. *J Endod* **36(2)**: 302-4.
- JAMLEH A, KOMABAYASHI T, EBIHARA A (2015). Root surface strain during canal shaping and its influence on apical microcracks development: a preliminary investigation. *Int Endod J*, **48(12)**: 1103–11.
- KANSAL R, RAJPUT A, TALWAR S, ROONGTA R, VERMA M (2014). Assessment of dentinal damage during canal preparation using reciprocating and rotary files. *J Endod*, **40(9)**:1443–6.
- KAPALAS A, LAMBRIANIDIS T (2000). Factors associated with root canal ledging during instrumentation. *Endod Dent Traumatol* **16(5)**: 229-31.
- 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)**: 261-4.
- KARATAŞ E, ERSOY I, GÜNDÜZ HA, UYGUN AD, KOL E, ÇAKICI F (2016). Influence of instruments used in root canal preparation on amount of apically extruded debris. *Artif Organs*, **40(8)**: 774–7.
- KELL T, ARZARPAZHOOH A, PETERS OA, EL-MOWAFY O, TOMPSON B, BASRANİ B (2009). Torsional profiles of new and used 20/.06 gt series x and gt rotary endodontic instruments. *J Endod*, **35(9)**:1278-81.

- 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)**: 1195–9.
- KIM HCI, KWAK SW, CHEUNG GS, CHUNG SM, LEE W (2012). Cyclic fatigue and torsional resistance of two new nickel-titanium instruments used in reciprocation motion: Reciproc versus WaveOne. *J Endod*, **38(4)**: 541-4.
- KISHEN A, KUMAR GV, CHEN NN (2004). Stress-strain response in human dentine: rethinking fracture predilection in postcore restored teeth. *Dent Traumatol*, **20(2)**: 90-100.
- KOCH KA, BRAVE DG (2004). Real world endo sequence file. *Dent Clin North Am*, **48(1)**: 159-82
- LAM PP, PALAMARA JE, MESSER HH (2005). Fracture strength of tooth roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation. *J Endod*, **31(7)**: 529-32.
- LIN J, SHEN Y, HAAPASALO M (2013). A comparative study of bio film removal with hand, rotary nickel-titanium, and self-adjusting file instrumentation using a novel in vitro biofilm model, *J Endod*, **39(5)**: 658-63.
- LIU R, HOU BX, WESSELINK PR, WU MK, SHEMEH H (2013). The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod*, **39(8)**: 1054-6.
- MACHTOU P, RUDDLE CJ (2004). Advancements in the design of endodontic instruments for root canal preparation. *Alpha Omegan*. **97(4)**: 8-15.
- 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.
- METZGER Z, TEPEROVICH E, ZARY R, COHEN R, HOF R (2010). The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy - a new concept of endodontic files and its implementation. *J Endod*, **36(4)**: 679-90.
- 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.
- MOUNCE RE (2008). Rotary nickel titanium instrumentation revolutionized: twisted file. *Oral Health*, **5**: 6-9
- NAGY CD, BARTHA K, BERNATH M, VERDES E, SZABO J (1997). The effect of root canal morphology on canal shape following instrumentation using different techniques. *Int Endod J*. **30(2)**: 133-40.



- ONNINK PA, DAVIS RD, WAYMAN BE (1994). An in vitro comparison of incomplete root fractures associated with three obturation techniques. *J Endod*, **20(1)**: 32-7.
- OTSUKA K, REN X (2005): Physical metallurgy of Ti–Ni-based shape memory alloys. *Progr Mat Sci* **50(5)**: 511-678.
- ÖZYÜREK T (2016). Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold Nickel-Titanium Instruments. *J Endod*, **42(10)**:1536–9.
- PATINO PV, BIEDMA BM, LIEBANA CR, CANTATORE G, BAHILLO JG (2005). The influence of a manual glide path on the separation of niti rotary instruments. *J Endod* **31(2)**:114-6.
- PEDULLA E, GENOVESÌ F, RAPISARDA S, LA ROSA GR, GRANDE NM, PLOTINO G, ADORNO G (2016). Effects of 6 Single-File Systems on Dentinal Crack Formation. *J Endod*, **43(3)**: 456-61.
- PEREIRA ES, PEIXOTO IF, VIANA AC, OLIVERIA II, GONZALEZ BM, BUONO VT, BAHIA MG (2012). Physical and mechanical properties of a thermomechanically treated NiTi wire used in the manufacture of rotary endodontic instruments. *Int Endod J*, **45(5)**: 469-74.
- PETERS OA. (2004). Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod*, **30(8)**: 559–567.
- PETERS OA, PAQUÉ F (2011). Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *J Endod*, **37(1)**: 53-7.
- PETERS OA, MORGENTAL RD, SCHULZE KA, PAQUÉ F, KOPPER PM, VIERPELISSER FV (2014). Determining cutting efficiency of nickel-titanium coronal flaring instruments used in lateral action. **47(6)**: 505-13.
- PETTIETTE MT, METZGER Z, PHILLIPS C, TROPE M (1999). Endodontic complications of root canal therapy performed by dental students with stainless-steel K-files and nickel-titanium hand files. *J Endod*. **25(4)**: 230-34.
- PIRANI C, IACONO F, GENERALI L, SASSATELLI P, NUCCÌ C, LUSHVARGHI L, GANDOLFI MG, PRATI C (2016). HyFlex EDM: superficial features, metallurgical analysis and fatigue resistance of innovative electro discharge machined NiTi rotary instruments. *Int Endod J*, **49(5)**: 483-93.
- PITTS DL, NATKIN E (1983). Diagnosis and treatment of vertical root fractures. *J Endod*, **9(8)**: 338-46.
- PLOTINO G, GRANDE N, TESTARELLI L, GAMBARINI G (2012). Cyclic fatigue of Reciproc and Wave-One reciprocating instruments. *Int Endod J*, **45(7)**: 614–8.

- PRADOS-PRIVADO M, ROJO R, IVORRA C, PRADOS-FRUTOS JC (2019). Finite element analysis comparing WaveOne, WaveOne Gold, Reciproc and Reciproc Blue responses with bending and torsion tests. *J Mech Behav Biomed Mater*, **90**: 165-72.
- PRIYA NT, CHANDRASEKHAR V, ANITA S, TUMMALA M, RAJ TB, BADAMI V, KUMAR P, SOUJANYA E (2014). Dentinal microcracks after root canal preparation' a comparative evaluation with hand, rotary and reciprocating instrumentation. *J Clin Diagn Res*, **8(12)**: 70-2.
- RATCLIFF S, BECKER IM, QUINN L (2001). Type and incidence of cracks in posterior teeth. *J Prosthet Dent*, **86(2)**: 168-72.
- RUDDLE CJ (2001). The ProTaper endodontic system: geometries, features, and guidelines for use. *Dent Today*, **20(10)**: 60-7.
- RUDDLE C (2012). Canal preparation: single-file shaping technique. *Dent Today* **31(1)**: 124, 126-9.
- RUDDLE CJ, MACHTOU P, WEST JD (2013). The shaping movement: fifth-generation technology. *Dent Today*, **32(4)**: 94, 96-9.
- SANTOS LA, BAHÍA MG, DE LAS CASAS EB, BUONO VT (2013). Comparison of the mechanical behavior between controlled memory and superelastic nickel-titanium files via finite element analysis. *J Endod*, **39(11)**: 1444-7.
- SCHÄFER E, LAU R (1999). Comparison of cutting efficiency and instrumentation of curved canals with nickel-titanium and stainless-steel instruments. *J Endod*, **25(6)**: 427-430.
- SCHÄFER E, VLASSIS M (2004). Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: protaper versus race. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*. **37(4)**: 239-48.
- SHEMESH H, BIER CA, WU MK, TANOMARU-FILHO M, WESSELINK PR (2009). The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *Int Endod J*, **42(3)**: 208-13.
- SHEMESH H, ROELEVELD AC, WESSELINK PR, WU MK (2011). Damage to root dentin during retreatment procedures. *J Endod*, **37(1)**: 63-6.
- 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)**: 120-32.

- SIQUEIRA JF JR, ALVES FRF, VERSIANI MA, ROCAS IN, ALMEIDA BM, NEVES MA, SOUSA-NETO MD (2013). Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by Self-Adjusting File, Reciproc, and Twisted File systems. *J Endod*, **39(8)**:1044–50.
- SPRAWLS P. Physical Principles of Medical Imaging. Madison, WI: Aspen yayınevi, 1995.
- 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)**: 2102-7.
- TAMSE A, FUSS Z, LUSTIG J, KAPLAVI J (1999). An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *J Endod*, **25(7)**: 506-8.
- THEISEN W, SCHUERMAN A (2004). Electro discharge machining of nickel-titanium shape memory alloys. *Mater Sci Eng A*, **378(1-2)**: 200-4.
- THOMPSON SA, DUMMER PM (1997): Shaping ability of profile.04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *Int Endod J* **30(1)**: 8-15.
- THOMPSON SA, DUMMER PM (2000): Shaping ability of Hero 642 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 2. *Int Endod J* **33(3)**: 255-61.
- THOMPSON SA (2000). An overview of nickel titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J*, **33(4)**: 297-310.
- TSESIS I, ROSEN E, TAMSE A, TASCHIERI S, KFIR A (2010). Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth based on clinical and radiographic indices: a systematic review. *J Endod*, **36(9)**: 1455-8.
- ÜSTÜN Y, ASLAN T, SAĞSEN B, KESİM B (2015). The effects of different nickel-titanium instruments on dentinal microcrack formations during root canal preparation. *Eur J Dent*, **9(1)**: 41-6.
- VAUDT J, BITTER K, NEUMANN K, KIELBASSA AM (2009). Ex vivo study on root canal instrumentation of two rotary nickel- titanium systems in comparison to stainless steel hand instruments. *Int Endod J*, **42(1)**: 22–33.
- VIANA AC, CHAVES CRAVEIRO DE MELO M, GUIOMAR DE AZEVEDO BAHIA M, LOPES BUONO VT (2010). Relationship between flexibility and physical, chemical, and geometric characteristics of rotary nickel-titanium instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **110(4)**: 527-33.
- WALIA HM, BRANTLEY WA, GERSTEIN H (1988): An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod* **14(7)**: 346.

- WEALLEANS JA, KIRKPATRICK TC, RUTLEDGE RE (2011). The effects of dentin debris on the cyclic fatigue resistance of several nickel titanium rotary systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, **112(3)**: 390-5.
- WEINE FS, KELLY RF, LIO PJ (1975). The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod*. **1(8)**: 255-62.
- WILCOX LR, ROSKELLEY C, SUTTON T (1997). The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *J Endod*, **23(8)**: 533-4.
- WU MK, VAN DER SLUIS LW, WESSELINK PR (2004). Comparison of mandibular premolars and canines with respect to their resistance to vertical root fracture. *J Dent*, **32(4)**: 265-8.
- WYCOFF RC, BERZINS DW (2012). An in vitro comparison of torsional stress properties of three different rotary nickel-titanium files with a similar cross-sectional design. *J Endod*, **38(8)**: 1118-20.
- YARED G (2008). Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J*, **41(4)**: 339-44.
- YOLDAŞ O, YOLMAZ S, ATAKAN G, KÜDEN 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)**: 232-5
- ZHAO D, SHEN Y, PENG B, HAAPASALO M (2013). Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first molars with Hy- flex CM, Twisted Files, and K3 instruments. *J Endod*, **39(3)**: 385-8.
- ZUOLO 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)**: 619-22.

## ÖZET

### **Rotary ve Resiprokal Sistemlerle Prepare Edilmiş Kök Kanallarında Oluşan Dentin Defektlerinin Karşılaştırılması**

Bu çalışmanın amacı rotary döner alet sistemleri ile (ProTaper Universal, ProTaper Next, Hyflex EDM) resiprokal döner alet sistemleri (WaveOne and WaveOne Gold) kullanılarak kök kanal preparasyonunun tamamlanmasının ardından dentinde oluşan defektlerin değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasıdır.

Çalışmamızda 90 adet mandibular keser diş seçildi. 15 diş kontrol grubu olarak ayrıldı ve herhangi bir preparasyon işlemi yapılmadı. Kalan dişler her grupta 15 diş olacak şekilde rastgele 5 gruba ayrıldı. Kökler rotary hareketiyle çalışan ProTaper Universal, ProTaper Next ve Hyflex EDM ile resiprokal hareketle çalışan WaveOne ve WaveOne Gold döner alet sistemleri kullanılarak prepare edildi. Ardından kökün apeksinden 3, 6 ve 9 mm mesafede alınan horizontal kesitler stereomikroskop kullanılarak x16 ve x25 büyütme altında incelendi. Elde edilen veriler ki-kare ve Fischer's Exact testi kullanılarak analiz edildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p=.05$  olarak belirlendi.

Kontrol gurubunda defekt gözlenmedi. Kullanılan tüm döner alet sistemleri özellikle apikal 3 mm mesafede defekt oluşumuna neden oldu. WaveOne ve Hyflex EDM gruplarında kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla defekt oluşumu tespit edildi ( $p<0.05$ ). Ancak bu iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ( $p>0.05$ ). WaveOne grubu ProTaper Universal, ProTaper Next and WaveOne Gold gruplarına oranla daha fazla dentin defekti oluşturdu ( $p<0.05$ ). Hyflex EDM grubu ProTaper Next grubuna oranla daha fazla dentin defekti meydana getirdi ( $p<0.05$ ). Ancak diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ( $p>0.05$ ).

Bu in vitro çalışmada tüm döner alet sistemleri kök dentininde defekt oluşumuna neden oldu. Rotary hareketiyle çalışan Hyflex EDM ile resiprokal hareketle çalışan

WaveOne döner alet sistemleri dentinde daha fazla defekt oluşturdu. Bu çalışmanın sınırları dahilinde rotary ve resiprokal hareket kinematığıyla dentinde çatlak oluşumu arasında bir ilişki kurulamadı.

**Anahtar Kelimeler:** Mikroçatlak, dentin defekti, stereomikroskop, WaveOne, Hyflex EDM.



## SUMMARY

### **A Comparative Evaluation of Dentinal Defects After Root Canal Preparation With Different Rotary and Reciprocal instrumentation**

The purpose of this study was to evaluate the formation of dentinal defects after root canal preparation with ProTaper Universal, ProTaper Next, Hyflex EDM, WaveOne and WaveOne Gold files at mandibular incisor teeth.

Ninety human mandibular incisor teeth were selected; 15 teeth left unprepared and served as control, and the remaining teeth were randomly divided into 5 experimental groups (n=15 teeth per group). The root canals were instrumented by using the rotary ProTaper Universal, ProTaper Next, Hyflex EDM and the reciprocating WaveOne and WaveOne Gold instruments. Roots were sectioned at 3, 6 and 9 mm from the apex and evaluated with a stereomicroscope under x16 and x25 magnification for the presence of dentinal defects. Data were analyzed by using the chi-square and Fischer's Exact test. The significance level was set up at  $p=.05$ .

No defects were observed in the control group. All the systems tested caused dentinal defects, mainly in the apical section (3 mm). WaveOne and Hyflex EDM groups showed more dentinal defects than control group ( $p<0.05$ ); however no significant difference was found between them in defect formation ( $p>0.05$ ). WaveOne group caused significantly more dentinal defects than ProTaper Universal, ProTaper Next and WaveOne Gold groups ( $p<0.05$ ). Hyflex EDM produced significantly more defects than ProTaper Next group ( $p<0.05$ ). However, there were no significant differences in dentinal defect formation between other experimental groups ( $p>0.05$ ).

In this in vitro study, all of the instrumentation systems used in this study created defects in the root dentin. Hyflex EDM working in rotary motion and WaveOne working on reciprocating motion tended to cause more dentinal defects. Within

limitations of this study no causal relationship between instruments working in reciprocating motion compared with those working in continuous rotation.

**Key Words:** Microcrack, dentinal defect, stereomicroscope, WaveOne, Hyflex EDM.





# ÖZGEÇMİŞ

## 1-Bireysel Bilgiler

Adı :Ece  
Soyadı :ÖKTEN  
Doğum Yeri ve Tarihi :Antalya 03.12.1990  
Uyruđu :T.C.  
Medeni Durumu :Bekar  
İletişim Adresi ve Telefonu :Turgut Reis Cd. Tuncer Sk. Tuncer Apt. No:11/1  
Maltepe/ ÇANKAYA / 05438807212  
Elektronik Posta : dteceokten@gmail.com

## 2-Eğitim Bilgileri

2016-2019 :Ankara Üniversitesi Diş hekimliği Fakóltesi Endodonti  
Anabilim Dalı, ANKARA  
2008-2014 :Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesi, ANKARA  
2004-2008 :Dr. Rıdvan Ege – Binnaz Ege Anadolu Lisesi, ANKARA

## Yabancı Dil

İngilizce