

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DİŞ
HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**ÜÇ FARKLI NiTi KÖK KANAL ŞEKİLLENDİRME
SİSTEMİNİN KÖK KANALI ANATOMİSİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hazırlayan
Banu UYSAL**

**Danışman
Doç. Dr. Burak SAĞSEN**

Doktora Tezi

**Nisan 2014
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DIŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**ÜÇ FARKLI NİTİ KÖK KANAL ŞEKİLLENDİRME
SİSTEMİNİN KÖK KANALI ANATOMİSİ
ÜZERİNE ETKİSİNİN MİKRO-BİLGİSAYARLI
TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hazırlayan
Banu UYSAL**

**Danışman
Doç. Dr. Burak SAĞSEN**

Doktora Tezi

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından TDK-2013-4649 no'lu proje ile desteklenmiştir.**

**Nisan 2014
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: BANU UYSAL

İmza:



YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI

"Üç Farklı NiTi Kök Kanal Şekillendirme Sisteminin Kök Kanalı Anatomisi Üzerine Etkisinin Mikro-Bilgisayarlı Tomografi İle Değerlendirilmesi" adlı Yüksek Lisans / Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Banu UYSAL

Danışman

Doç. Dr. Burak SAĞSEN

Diş Hastalıkları ve Tedavisi ABD Başkanı

Doç. Dr. Yahya Orçun Zorba

Doç. Dr. Burak SAĞSEN danışmanlığında **Banu UYSAL** tarafından hazırlanan "**Üç Farklı NiTi Kök Kanal Şekillendirme Sisteminin Kök Kanalı Anatomisi Üzerine Etkisinin Mikro-Bilgisayarlı Tomografi İle Değerlendirilmesi**" adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Diş Tedavisi ve Hastalıkları Anabilim Dalında **Doktora** tezi olarak kabul edilmiştir.

09/04/2014

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Burak SAĞSEN (Erciyes Ün. Diş Hek. Fak. Diş Hastalıkları ve Tedavisi AD.)

Üye : Doç. Dr. Özgür ER (Erciyes Ün. Diş Hek. Fak. Diş Hastalıkları ve Tedavisi AD.)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ERTAŞ (İzmir Kâtip Çelebi Ün. Diş Hek. Fak. Endodonti AD.)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Salih DOĞAN (Erciyes Ün. Diş Hek. Fak. Pedodonti AD.)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Sinan TOPÇUOĞLU (Erciyes Ün. Diş Hek. Fak. Diş Hastalıkları ve Tedavisi AD.)

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulununtarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../

.....

Prof. Dr. Saim ÖZDAMAR

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı üyeleri sayın hocalarıma doktora hayatım boyunca gösterdikleri emek ve anlayıştan dolayı,

Tez danışmanım ve bölüm başkanım Doç. Dr. Burak Sağsen'etez çalışmam boyunca verdikleri destek ve yardımdan dolayı,

Bölüm hocalarımdan Doç Dr. Özgür Er'e tez çalışmama katkılarından ve doktora hayatım boyunca desteklerinden dolayı,

Doktora hayatım boyunca birlikte çalışmaktan keyif aldığım desteklerini esirgemeyen bölüm arkadaşlarıma,

Bu günlere gelmemde büyük emekleri desteklerini esirgemeyen sevgili annem ve babama,

Tez çalışmamın yapıldığı süre boyunca büyük sabır ve anlayış gösteren hep arkamda olduğunu hissettiğim sevgili eşim Tancan Uysal'a

Sonsuz teşekkürler...

Banu UYSAL

Kayseri, Nisan 2014

ÜÇ FARKLI NİTİ KÖK KANAL ŞEKİLLENDİRME SİSTEMİNİN KÖK KANALI ANATOMİSİ ÜZERİNE ETKİSİNİN MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Banu UYSAL

Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi, Nisan 2014

Danışman: Doç. Dr. Burak SAĞSEN

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, respirokasyon (Resipro; VDW, Münih, Almanya) ve rotasyon[(ProTaper; Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), (OneShape; Micro-Mega, Besancon Cedex, Fransa)] hareketi ile çalışan sistemlerin şekillendirme yeteneklerinin ve kanallarda transportasyon oluşturma potansiyelinin mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) ile karşılaştırılarak değerlendirilmesidir.

Bu amaçla yeni çekilmiş 60 adet mandibular birinci molar dişin mezial kanalları kullanıldı. Örnekler rastgele üç gruba ayrıldıktan sonra şekillendirme öncesi ve sonrası tüm örneklerin mikro-BT taraması yapıldı. Elde edilen görüntüler üzerinde alan ve hacim değişimleri, transportasyon ve merkezde kalma oranı üç boyutlu modelleme ile değerlendirildi. Elde edilen verilerin gruplar arası karşılaştırmasında tek yönlü varyans analizi ve çoklu karşılaştırmalar için Tukey HSD testi kullanıldı. $P < 0,05$ değeri istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak kullanıldı.

Elde edilen bulgulara göre farklı seviyelerdeki transportasyon değerleri ve farklı bölgelerdeki transportasyon miktarlarının gruplar arasındaki karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Farklı seviyelerdeki merkezde konumlanma oranları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir. Farklı seviyelerdeki alan değişimlerinin karşılaştırılmasında her üç ege sistemi için 3, 4, 5 ve 6 mm'de gruplar arasında sırasıyla $P=0,001$; $P < 0,001$; $P=0,001$ ve $P=0,015$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı fark meydana gelmiştir. Farklı seviyelerdeki hacim değişimlerinin her üç ege sistemi için 6 mm seviyesinde alınan kesitler hariç ($P=0.141$) diğer tüm seviyelerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği bulunmuştur. En büyük farklılık OneShape ve Recipro sistemleri arasında meydana gelmiştir.

Sonuç olarak, çalışmamızda kullandığımız sistemlerin hepsi kabul edilebilir düzeyde transportasyon oluşumuna sebep olmuştur. Sistemlerin hepsi merkezi konumlanmayı tam olarak gerçekleştirilmeyip bir miktar sapma göstermiştir. Bu durum transportasyon oluşumunda etkili olmaktadır. Kullanılan sistemlerin şekillendirme öncesi ve sonrası meydana gelen alan ve hacim değişikliklerinin istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikro-BT, Transportasyon, Resiprokasyon, Döner Aletler, Tek eğe

THE MICRO-CT EVALUATION OF THE EFFECTS OF THREE DIFFERENT NITI ROOT CANAL SHAPING SYSTEM ON ROOT CANAL ANATOMY

Banu UYSAL

Erciyes University, Graduate School of Health Sciences

Doctorate Thesis, April 2014

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Burak SAĞSEN

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the shaping abilities and canal transportation of three different rotary systems working with reciprocal (Resiproc; VDW, Munich, Germany) and rotation movement systems [(ProTaper; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), (OneShape; Micro-Mega, Besancon Cedex, France)], using micro computed tomography (Micro- CT).

Sixty mesial root canals of freshly extracted mandibular first molars were used for this aim. The samples were randomly divided into three groups and scanned before and after preparation with Micro-CT. Regional and volume changes, transportation and centering ratio were assessed by using 3D reconstructions on Micro-CT images. One-way analysis of variance and Tukey HSD tests were used for inter- group and multi-group comparisons of the obtained data, respectively. Statistical significance was set as $P<0.05$.

According to the results obtained, no statistically significant changes were detected in transportation values at different levels and at different areas, in inter-group comparison. In regards to centering ratio at different levels, no statistically significant changes were detected in inter-group comparison. Statistically significant changes occurred at 3, 4, 5 and 6 mm for all three instrumentation systems in the comparison of regional changes at different levels, in $P=0.001$; $P<0.001$; $P=0.001$ and $P=0.015$ significance levels, respectively. Volumetric changes showed statistically significant changes in all levels except 6 mm ($P=0.141$) for all three instrumentation systems. The major difference was observed between OneShape and Resiproc systems.

In conclusion, all systems used in the present study caused the formation of transportation in acceptable levels. All systems showed deviation due to not properly centering in canals. This condition is effective in the formation of transportation. All

systems were found to show statistically significant changes before and after instrumentation in regional and volumetric measurements.

Keywords: Micro- CT, Transportation, Reciprocation, Rotary Instruments, Single file

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
İÇ KAPAK	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI.....	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
GRAFİK LİSTES	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1.Kök Kanal Şekillendirme İşleminin Tarihçesi.	4
2.1.1. Kanal Aletlerinin Gelişimi.....	4
2.1.2. Motorla Çalışan Sistemlerin Gelişimi	5
2.1.3. Nikel Titanyum Döner Aletlerin Gelişimi.....	5
2.2. Tez Çalışmamızda Kullanılan NiTi Döner Eğe Sistemleri	8
2.2.1. ProTaper Sistem.....	8
2.2.2. Reciproc tek eğe sistemi.	11
2.2.3. OneShape	13
2.3. Kök Kanal Şekillendirme Yöntemleri.....	14
2.4.Kök Kanal Şekillendirme İşlemi Sırasında Ortaya Çıkabilecek Hatalar.....	17
2.5.Kök Kanal Eğiminin Prosedürel Hatalar Üzerindeki Rolü.	19
2.5.1. Kök Kanal Eğimini Belirlemek İçin Kullanılan Yöntemler	20
2.6. Kök Kanal Sistemini İnceleme Teknikler	21
2.6.1.Geleneksel Yöntemler	21
2.6.2. Üç Boyutlu Görüntüleme Teknikleri.....	22

2.6.3. Üç Boyutlu Modelleme	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM.	26
3.1. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi Mikro-BT Taramalarının Yapılması.26	
3.2. Örneklerin Şekillendirilmesi.	27
3.2.1. A Grubu: ProTaper Universal NiTi döner sistem.	27
3.2.2. B Grubu: Reciproc NiTi Resiprokasyon Sistemi..	28
3.2.3. C Grubu: Oneshape Tek Eğe Rotasyon Sistemi.....	30
3.3. Şekillendirme Sonrası Mikro-BT Taramalarının Yapılması.	30
3.4. İstatistiksel Yöntem	39
4. BULGULAR	40
4.1. Ölçümlerin Değerlendirilmesi	40
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	52
5.1. Şekillendirme Sistemlerinin Seçimi	53
5.2.Eğimli kök kanallarına sahip dişlerin seçilmesi	54
5.3.Şekillendirme Sonrası Kök Kanallarında Oluşan Değişikliklerin Değerlendirilmesi.	56
5.4.Sistemlerin Şekillendirme Etkinliklerinin Değerlendirilmesi.....	58
5.5. Sonuç ve Öneriler	62
6. KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.	Farklı seviyelerdeki transportasyon miktarlarının (mm) gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması.	41
Tablo 2.	Farklı bölgelerdeki transportasyon miktarlarının (mm), gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması	42
Tablo 3.	Farklı seviyelerdeki merkezde kalma oranlarının gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması.	44
Tablo 4.	Farklı bölgelerdeki merkezde kalma oranlarının gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması.....	45
Tablo 5.	Farklı seviyelerdeki alan değişimlerinin (mm^2) gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması ve takiben post hoc Tukey HSD karşılaştırmaları	47
Tablo 6.	Farklı bölgelerdeki alan değişimlerinin (mm^2) gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması ve takiben post hoc Tukey HSD karşılaştırmaları	48
Tablo 7.	Farklı seviyelerdeki hacim değişimlerinin (mm^3) gruplar arasındaki karşılaştırılması.....	50

GRAFİK LİSTESİ

- Grafik 1.** Ortalama transportasyon miktarlarının gruplar arasındaki dağılımı..... 42
- Grafik 2.** Merkezde kalma oranlarının gruplar arasındaki dağılımı 45
- Grafik 3.** Ortalama alan değişimlerinin gruplar arasındaki dağılımı..... 49
- Grafik 4.** Ortalama hacim değişimlerinin gruplar arasındaki dağılımı..... 51

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	CBCT ile kök kanal eğimlerinin belirlenmesi.....	26
Şekil 2.	Şeffaf akrilik resin bloklar içine gömülen örneklerin taranması.....	26
Şekil 3.	Çalışmada kullanılan SkyScan 1172 mikro-BT cihazı.....	27
Şekil 4.	Çalışmamızda kullanılan resiprokasyon sistemi enstrümanı kesiti ve anguldruva.....	28
Şekil 6.	Çalışmamızda kullanılan OneShape tek eğe rotasyon sistemi enstrümanı.....	29
Şekil 7.	Şekillendirme işlemi öncesi ve sonrası ham görüntü kesit örneği.....	31
Şekil 8.	Taraması sonrası elde edilen ham görüntülerin işlenmesi ve analiz için hazır hale getirilmesi.. enen görüntülerin boyutlarının üzenlenmesi.....	31
Şekil 10.	Eşik değeri (threshold) aralığının belirlenmesi.....	32
Şekil 11.	Bölgesel olarak tek kanalın seçilmesi.....	32
Şekil 12.İ	kili seçme (binary selection) işlemi.....	33
Şekil 13.	İki boyutlu olarak kök kanal alanının ölçülmesi.....	34
Şekil 14.	Üç boyutlu olarak kök kanal hacminin belirlenmesi.....	34
Şekil 15.	Üç boyutlu karşılaştırma.....	35
Şekil 16-a, b.	Transportasyon ölçümü.....	36
Şekil 17.	Görüntülerin 3 boyutlu hale getirilmesi.....	37

KISALTMA ve SİMGELER

3D	: Üç boyutlu
CT	: Bilgisayarlı tomografi
CBCT	: Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi
Mikro-BT	: Mikro bilgisayarlı tomografi
mm	: milimetre
mm ²	: milimetrekare
mm ³	: milimetreküp
NaOCl	: Sodyum hipoklorit
NiTi	: Nikel titanyum
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
m	: mikron

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi işlemleri endodontik tedavinin başarısını doğrudan etkileyen temel aşamalardır. Bu aşamaların başarılı olarak gerçekleştirilmesinde kök kanalındaki organik artıkların tamamen uzaklaştırılması, kök kanal boşluğunun dezenfeksiyonunun sağlanması ve şekillendirme işleminin, kanalın orjinal eğimi değişmeden apikalden koronale doğru gittikçe genişleyen konik formda yapılması önem taşımaktadır (1). Genişletme ve şekillendirme işlemlerinin özellikle dar ve eğri kanallarda ideal bir şekilde yapılması oldukça zordur. Paslanmaz çelik eğeler ile yapılan şekillendirme işlemi sırasında foramen apikalenin ya da kanalın orijinal konumundan başka bir konuma taşınması yani transportasyon, basamak oluşumu, apikal bölgede kum saati şeklinde kaviteasyon, kanalda alet kırılması, çalışma boyu kaybı, perforasyon, dirsek oluşumu gibi komplikasyonlarla karşılaşılabilenliği bildirilmiştir (2-4). Endodontik tedavinin başarısız olma nedenlerini inceleyen bir çalışmada başarısızlıkların %58'den fazlasının kök kanal sisteminin şekillendirme yetersizliğinden kaynaklı dolum aşamasında oluşan başarısızlık olduğu bildirilmiştir (5).

Yeterli genişlik ve istenilen formu verip, kanalın orjinal formunu bozmadan ideal kanal şeklini elde edebilmek için çok sayıda endodontik alet ve preparasyon teknikleri geliştirilmiştir (6-8).

Nikel-Titanyum (NiTi) döner eğelerin kullanılmaya başlaması ile şekillendirme kalitesi büyük ölçüde artmıştır. NiTi enstrümanlar alaşımının yüksek elastikiyet özelliğinden dolayı etkili bir şekilde kanalın orjinal formunu korumaktadırlar (9). Bu materyalin

sahip olduğu süperelastisite özelliği sayesinde redüksüyonlu anguldruvaya takılarak sabit bir hızda sürekli tam tur ile çalıştırılan döner alet sistemleri geliştirilmiştir. Değişken taper (sabit, artan, azalan), rake açısı (negatif, nötral veya pozitif), kesit geometrisi (üçgen, üçlü sarmal, asimetrik, S şekilli ve U-flüt dizaynı), uç konfigürasyonu (yuvarlak veya kesmeyen, kesen), bıçakların dizaynı (radyal alan olan-olmayanlar), helikal aç (kesici kenar ile eğenin uzun aksı arasındaki açı) ve pitch adımı (kesici yüzeyler arası mesafe) gibi özellikler kullanılarak çok sayıda döner alet sistemi üretilmiştir. Kanal aletinin yapısındaki bu değişiklikler aletin kesme etkinliği, torsiyonel dayanıklılık, bükülebilirlik gibi fiziksel ve mekanik özelliklerinde önemli farklılıklara neden olmuştur (10,11). Kök kanallarını şekillendirmek için kullanılan aletlerin kanalda çalışırken kök anatomisine uygun şekilde, üç boyutlu olarak bütün duvarlardan eşit miktarda madde kaldırması beklenmektedir. Bu sayede kanalda transportasyon oluşturulmamış, alet kanal merkezindeki konumunu korumuş olur. Kanal aletlerinin şekillendirme etkinlikleri değerlendirilirken şu parametreler incelenir:

Kök kanal eğimini koruyarak şekillendirmesi,

Kök kanal duvarlarından eşit oranda, yeterince madde kaldırması (12).

Preparasyon esnasında NiTi enstrümanların merkezde kalma konusundaki etkilerini değerlendirmek için birçok yöntem kullanılmıştır. Radyografik karşılaştırmalar (13), Bramante et al tarafından kullanılan çapraz kesitler tekniği (14), dişlerin uzunlamasına ikiye ayrılması (15), bilgisayarlı tomografi (BT) (16-18) ve mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT)(19,20) bu yöntemler arasındadır. Hem BT hem de mikro-BT, objelerin detaylı 3 boyutlu (3D) görüntülerini elde etmeye izin vermektedir ve endodontik değerlendirmelerde kullanılmaya elverişlidir; çünkü kök kanal duvarlarından kaldırılan dentin miktarını non-invaziv bir şekilde ölçebilmektedir (16). Mikro-BT, geleneksel BT'nin kompakt formudur; fakat daha yüksek çözünürlüğe sahiptir ve böylece prepare edilen kök kanallarındaki değişikliklerin daha kusursuz tespitine izin vermektedir (17). 3D modeller üzerinde çalışılmasına olanak sağlaması ve tarama sonrasında örneklerin diğer inceleme metodları ile incelenerek yöntemler arası karşılaştırma yapılabilmesi gibi avantajları nedeniyle mikro-BT sıklıkla tercih edilmektedir (21-23). Taramaların uzun sürmesi ve sonrasında da modelleme ve analiz aşamalarında teknolojik bilgi ve beceri gereksinimi olması, mikro-BT'nin rapor edilen dezavantajları arasında yer almasına

rağmen, günümüzde mikro-BT tekniğı araştırmalarda sıklıkla kullanılmakta olup, en güvenilir teknikler arasında sayılmaktadır (21).

Bu in-vitroçalışmanınamacı; alt birinci büyükazı dişlerinin meziyobukkal kanallarının şekillendirilmesinde kullanılan üç farklı NiTi döner eğe sisteminin [(Resiproc; VDW, Mönih, Almanya), ProTaper (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve OneShape; (Micro-Mega, Besancon Cedex, Fransa)] şekillendirme etkinliği ve transportasyon açısından mikro-BT kullanılarak karşılaştırılmal olarak incelenmesidir. Çalışmamızda ProTaper, Reciproc ve OneShape NiTi döner eğe sistemlerinin şekillendirme öncesi ve sonrası alan ve hacim değişikliği ve transportasyon açısından farklılıkları yoktur sıfır hipotezi test edilecektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Şekillendirme İşleminin Tarihçesi

2.1.1. Kanal Aletlerinin Gelişimi

Kök kanal preparasyonunun, o zamanki adıyla eğelemenin tarihçesi 19. yy başlarına kadar uzanmaktadır. 18. yy sonuna kadar, yani eğelemenin öncesinde endodontik preparasyon için ilkel el aletleri, ekskavatörler, demir koter aletleri ve çok ince ve esnek aletler kullanıldığı belirtilmiştir (24,25). Belizzi ve Cruse (25) ve Grossman (26)'a göre ilk olarak Arthur et al. 1852 yılında kök kanalını genişletmek için küçük eğeler kullanımını önermişlerdi. Daha sonra Gates-Glidden frezlerin ve K-tipi eğelerin kullanılmaya başlaması ile endodontik tedavilerde ilerlemeler meydana gelmiştir. Geleneksel paslanmaz çelik el aletleri üç farklı tipte kullanılmaya başlanmıştır. Bunlar reamer, K-tipi eğe ve Hedström eğesidir. Reamer'lar; düz kanallarda yuvarlak ve açılı bir preparasyon oluşturmalarına rağmen, eğri kanalların genişletilmesinde, özellikle de oval kesitli kanallarda transportasyona ve düzleşmeye neden olabilmektedirler (27). K-tipi eğeler ise ilk kez 1915 yılında, kare veya üçgen kesitli paslanmaz çelik telin bükülmesiyle veya torna-taşıma işlemiyle imal edilmişlerdir. Üçgen kesitli eğelerin, kare kesitli eğeler ile karşılaştırılınca daha esnek oldukları görülmektedir. Esneklik ve kesme yeteneklerinin iyi olması nedeniyle şekillendirme esnasında kanalda daha az transportasyon oluşturmaktadırlar (28,29). Eğri kök kanallarının preparasyonunda, daha küçük çekirdek çapına sahip olan esnek paslanmaz çelik aletlerin, geleneksel reamer ve K-tipi eğelere göre daha başarılı oldukları yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (30-32).

2.1.2. Motorla Çalışan Sistemlerin Gelişimi

Milas (33)'a göre 1889 yılında William H. Rollins kök kanal preparasyonunda kullanılmak üzere ilk 360° dönebilen endodontik anguldurmayı geliştirmiştir. Sonraki yıllarda da gelişmeler devam etmiş ve eğe hareketini rotasyonel ve vertikal hareketler ile sağlayan anguldurvalar piyasaya sürülmüştür. Bu anguldurvaların paslanmaz çelik eğelerle kullanılmalarından kaynaklı bazı sorunlar tesbit edilmiştir. Bu sorunlar debris iyi temizleyememeleri, eğri kanallarda kanala konik bir şekil vermeden düzleşme oluşturmaları, basamak oluşturma eğiliminde olmaları ve özellikle aletlerin vertikal hareketlerle kullanıldıklarında, apikalden debris çıkışında artış şeklinde gözlenmiştir (34).

Genel olarak, dar ve eğri kanalların paslanmaz çelik eğeler ile şekillendirilmesi, uzun zaman alması ve zorluğuna ilave olarak apikal genişletmede de sınırlamalar getirmektedir. Apikal genişletmenin küçük numaralı aletlerle yapılması gerekmektedir (31). Küçük eğeler bir miktar esneklik gösterirken 25 nolu eğeden büyük numaralı olanlar eğri bir kök kanalına yerleştirildikleri zaman eski duruma dönmek için apikal bölgede eğimin dışına orta kısımda eğimin içine doğru basınç uygulayarak istenmeyen genişletmelere, sapmalara neden olmaktadır (35). Bu dezavantajları en aza indirebilmek için, Canal finder (S.T.E Gröbenzell, Almanya) sistemin piyasaya sürülmesi ile ilk kısmi esnek hareketli sistem kullanılmaya başlanmıştır (36). Sonik ve ultrasonik sistemler de 1980'lerde ortaya çıkmışlardır. Ancak, işlem süresini uzatmaları ve dar ve eğri kanallarda el eğelerine göre daha çok açısal değişim oluşturmaları nedeniyle çok kısıtlı kullanım alanı bulmuşlardır (34).

2.1.3. Nikel Titanyum (NiTi) Döner Aletlerin Gelişimi

NiTi alaşım 1962 yılında William Buehler tarafından Naval Ordinance Laboratuvarlarında üretilmiştir. Alaşımı oluşturan maddelerin ve geliştiren laboratuvarın baş harfleri kısaltılarak "nitinol" olarak adlandırılmıştır ve %56 nikel ve %44 titanyum içermektedir (37). NiTi'nin endodontik eğelerin yapımında kullanılması ise ilk kez Walia et al. tarafından 1988 yılında gerçekleştirilmiştir (38). NiTi alaşımın üstün elastikiyet özelliğinden dolayı NiTi döner eğeler, kök kanal şekillendirmede orjinal kanal yolunu takip olanağı sağlamaktadır (39). Ayrıca, NiTi aletlerle yapılan preparasyonların uygulama sürelerinin en az %20 daha kısa olduğu öne sürülmüştür

(40). NiTi alaşımlar sıcaklığa ve mekanik gerilmelere bağlı olarak iki farklı kristal yapı sergilerler. Bunlar yüksek sıcaklık fazındaki “ostenit” ve düşük sıcaklık fazındaki “martensit” yapılarıdır. Sıcaklık, dönüşüm sıcaklığının altında olduğu sürece metal şeklini korur. NiTi faz değiştirme ve bu sırada verilen şekli koruma yeteneği şekil hafızası özelliğini oluşturur. Bu tür süperelastik alaşımlar belli bir deformasyona maruz kaldıktan sonra üzerlerindeki yük kaldırıldığında eski hallerine dönebilme yeteneği gösterirler. Bu durum NiTi alaşımların süperelastiklik özelliğinin sıradan metallerden yaklaşık on kat daha fazla olmasının bir göstergesidir. Paslanmaz çelik aletler ise aynı şekilde bir deformasyona maruz kaldıklarında, geri dönüşümsüz olarak şekil değiştirirler (41).

NiTi eğerlerde fiziksel özelliklerinin yanı sıra materyal özelliklerinin geliştirilmesiyle, M-Wire NiTi metali piyasaya sürülmüştür. M-Wire NiTi materyali, özel ısı işlemlerine tabi tutulan NiTi materyalinin özellikle esnekliğinin ve döngüsel kuvvetlere karşı direncinin artırılması amacı ile üretilmiştir (42). Yapılan bir çalışmada M-Wire telinden üretilen GT (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Oklahoma, ABD) ve Twisted File (SybronEndo Orange, California, ABD) döner ege sistemleri geleneksel NiTi telinden üretilen, RaCe(FKG Dentaire, Fonds, İsviçre), Mtwo(VDW, Münih, Almanya), ve ProTaper(Dentsply Maillefer, Ballaquies, İsviçre) döner sistemleri arasında fark gözlenmemiştir (43). Yapılan başka bir çalışmada da Ni-Ti alaşımdan üretilen Endosequens eğerlerden daha iyi olduğu gözlenmiştir (42). Johnson et al. (44), geleneksel telden üretilmiş döner alet sistemi ile M-wire NiTi telden üretilmiş aynı döner alet sistemini döngüsel yorgunluğa dayanıklılık açısından karşılaştırmış ve M-wire’in %390 daha fazla dayanıklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

Son yıllarda bu üstün özelliklerinden dolayı NiTi aletlere; öngörülebilir biçimde daha kolay ve daha güvenli kök kanal şekillendirme yapabildikleri, aşırı eğimli kanallarda bile daha az iyatrojenik hata oluşturdukları için ilgi artmıştır (45). Artan bu ilgi sonucunda birçok enstrumantasyon sistemi geliştirilip piyasaya sürülmüştür (46). Günümüzde kullanılan ve literatürde adı geçen NiTi ege sistemleri arasında RaCe (9), ProTaper (11), Reciproc (VDW, Münih, Almanya) (11), One shape (Micro-Mega, Besancon, Fransa) (11), Hero 642 (Micro-Mega, Besançon, Fransa) (14), ProFile (Dentsply Maillefer, Ballaquies, İsviçre) (15), M-Two (17), K3 (Analytic Endodontics,

Orange, California, ABD) (47), Twisted File (TF; Sybron Dental Specialties, Orange, California, ABD) (47) sayılabilir.

Farklı çapraz kesitlere sahip olan farklı uç dizaynlarının kesme etkinliğini değerlendiren çalışmalar, kesici olmayan uçların, kesici olanlara göre daha az transportasyon gösterdiğini ortaya koymuştur (48). Anlaşılacağı gibi kanal anatomisinin yanı sıra, enstrüman tasarımı da iyi bir kanal şekillendirme için potansiyel bir faktör olarak belirlenmiştir (49). Kanal şekillendirilmesini iyileştirmek için sürekli yeni tasarım ve enstrümantasyon yöntemlerinin arayışı devam etmektedir.

Bu arayış sonucu geliştirilen NiTi döner sistemler geçmişten günümüze 5 jenerasyon olarak gruplandırılmıştır (50):

1.Jenerasyon: Bu jenerasyonun ilk enstrümanı Dr.John Mcspadden tarafından piyasaya sürülen 0,02 konikliğe sahip ilk döner alettir. 1994 yılında Dr. Johnson 0,04 tkonikliğe sahip profile serisini tanıttı. Bu gruba dahil olan bir diğer sistem de LightSpeed eğelerdir. LightSpeed eğeler farklı bir dizayna sahiptir. Uzun ince kesici olmayan bir shaft ve kısa ön kesici bölgesi bulunmaktadır.

2.Jenerasyon: Bu jenerasyondaki sistemler arasında ProTaper, K3, Endosequence, Biorace sayılabilir.Birinci jenerasyon döner sistemler nötr yada hafif negatif kesme açısına sahipken ikinci jenerasyon döner sistemler pozitif kesme açısı, arttırılmış kesme etkinliğine sahiptirler.

3.Jenerasyon: Bu eğelerin belirleyici özelliği NiTi alaşımından kaynaklanmaktadır. Isıl işlem eğelerin yorulma dirençlerini etkileyen ve geçiş ısılarını ayarlayan en temel yaklaşımdır. 2007 yılında ilk kez M-wire teknolojisi tanıtılmıştır. Profile GT serisi(GTX; Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK), Profile Vortex, Vortex Blue(DentsplyTulsa) bu jenerasyondaki döner eğelerdir. 2007 yılından beri NiTi alaşımların mikro yapısını optimize etmek için çalışılmıştır. CM Wire ise 2010 yılında endodonti alanında kullanıma sunulan esneklik özelliği ön planda olan NiTi alaşımdır. CM NiTi eğeler özel bir termomekanik işlem kullanılarak üretilen aşırı esnek hafıza kontrolüne sahip eğelerdir. Diğer NiTi eğeler gibi şekil hafızaları yoktur.

4.Jenerasyon: SAF(ReDent-Nova,Raanana, Israel), Reciproc, WaveOne(Dentsply Tulsa Dental Specialties and DentsplyMallefer)bu gruptaki sistemlerdir. Bu jenerasyonda öne çıkan enstrümanın hareket şeklidir. Reciproc ve WaveOne sistemlerdeki bir yenilik

olarak resiprokasyon hareketi kullanılması 4. Jenerasyonun gelişimine yol açmıştır. Ayrıca bu eğe sistemleri tek eğe kullanımı prosedürüyle çalışmaktadır.

5.Jenerasyon: Bu gruptaki eğeler kütle ve dönme merkezi dengeli olacak şekilde tasarlanmıştır. Dengesiz tasarımlar rotasyonda eğenin aktif uzunluğu boyunca ilerleyen mekanik dalgalanma hareketi oluşumuna neden olmaktadır. ProTaper Next, Revo-S, One Shape 5. Jenerasyon sistemleridir.

2.2. Tez Çalışmamızda Kullanılan NiTi Döner Eğe Sistemleri

Tez çalışmamızda, kök kanal şekillendirmesinde resiprokasyon hareketini kullanan yakın zamanda piyasaya sürülmüş sistemler olan OneShape (Micro-Mega, Besancon, Fransa) tek eğe tam rotasyon sistemi, Reciproc (VDW GmbH, Munich, Almanya) tek eğe resiprokasyon sistemi ve endodonti kliniklerinde uzun süredir yaygın olarak kullanılan ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) döner sistem kullanıldı.Literatürde üzerinde en çok çalışma yapılan sistemlerden biri ProTaper döner sistemidir (11,51).

2.2.1. ProTaper Sistem

ProTaper sistem, Dr. Clifford Ruddle, Dr. John West ve Dr. Pierre Machtou tarafından tasarlanmış ve Dentsply firması tarafından piyasaya sürülmüş bir NiTi döner eğe sistemidir (52). 2000 yılında geleneksel Nitinolden üretilmiştir. Esas olarak crown-down tekniğiyle kullanılan üç şekillendirme enstrümanı (SX, S1, S2) ve apikal şeklin verilmesinde kullanılan üç bitirme enstrümanı (F1, F2, F3) olmak üzere 6 adet enstrümandan oluşan sisteme, 2006 yılında iki bitirme enstrümanı (F4, F5) eklenmiştir. 2006 yılında bu aletlerin çekirdek kesitleri ve uçları modifiye edilerek Universal döner alet sistemi adını almıştır. SX, S1, S2, F1 ve F2 kodlu aletlerin enine kesiti konveks üçgenken, diğer aletlerinki konkav üçgen şeklinde modifiye edilmiştir (53).

Universal sistemin, diğer döner NiTi sistemlerle karşılaştırıldığında gösterdiği farklılıklar, değişkenlik gösteren koniklik, farklı uç çapları, modifiye edilmiş rehber uç yapısı, farklı enine kesit tasarımı, değişken heliks açısı ve sarmal yapısı ve kısa eğe saplarıdır (54). Universal sistemin çapraz kesiti, keskin kesici kenarları olan, radial alanı bulunmayan modifiye bir K-tipi eğe görünümündedir (55). Bu yapı küçük numaralı eğeler için stabil bir kor yapısı ve gerekli esnekliği sağlar. İlk üç şekillendirici

eğe, prepare edilen kök kanalının özel bölümlerinde kontrollü bir kesme performansına izin veren, kesici kısımlarının tüm uzunluğu boyunca artan taper yapısıyla karakterizedir (56). Sistemin enstrümanlarının, her biri kesici bıçakları boyunca değişiklik gösteren yüzdelerde konikliğe ve değişken uç çaplarına sahiptir. Değişken koniklik, eğenin esnekliğini ve dolayısıyla kesme etkinliğini artırmaktadır ve ek olarak her eğenin kök kanalının belirli bir bölgesinde Şekillendirme yapmasına olanak verir (4). Değişken apa sahip uğlar, eğelerin stres birikimine sebep olmadan dentin kesimini gerçekleştirmelerini sağlar (52).

Yardımcı Şekillendirici eğe Sx 14 mm kesici kısma ve 0,19 mm çapında uç kısmına sahiptir. Sx'in tüm boyu 19 mm'dir. Tüm ProTaper eğeleri artan bir tapera sahiptir; ama Sx bunlar içindeki en fazla artan tapera sahiptir. D6, D7, D8 ve D9'da çapraz kesit çapı 0,50 mm, 0,70 mm, 0,90 mm ve 1,10 mm; taperları ise %11, %14,5, %17, %19 olarak sıralanır. D0'dan D9'a artış %3,5'dan %19'dır. Şekillendirici eğe S1 mor halkaya, S2 beyaz halkaya sahiptir ve S1 uç kısmının çapı 0,185 mm, S2 uç kısmı çapı 0,2 mm'dir. Sx kadar agresif olmasa da iki aletin de artan taper yapısı vardır. S1, D1'de %2, D14'te %11 tapera sahiptir. S2, D1'de %4, D14'te %11,5'ye sahiptir. S1 kanalın koronal kısmını genişletmek için; S2 ise kanalın orta kısmının genişletilmesi için tasarlanmıştır (56). Bitirici eğeler F1, F2, F3 sarı, kırmızı, mavi halkalarla belirlenmişlerdir. D0 çapları ise 0,20 mm, 0,25 mm, 0,30 mm olarak sıralanır. Bitirme eğelerinin hepsinde D0'dan D3'e sabit bir taper vardır. F1 %7, F2 %8, F3 %9 tapera sahiptir. Kesici kısmın kalanında azalan bir taper devam eder. Bu azalan taper eğeye artan esneklik verir ve gövde kısmında aşırı genişletme yapılmasının önüne geçer. Şekillendirme eğeleri de bitirme eğeleri de kesici olmayan uç tasarımına sahiptir (56). Bitirme eğeleri esas olarak kanalın apikal kısmını genişletmek için dizayn edilmiş olmakla birlikte, orta kısmı da genişletir (57).

ProTaper sistemiyle çalışırken dikkat edilecek kurallar vardır. Bu kurallarşu Şekilde sıralanabilir (58):

1. Kök kanalı içinde apikal kısma doğru ilerletilen kanal aletlerine basıncı uygulanmamalıdır.

2. Preparasyon işlemi esnasında kök kanalları içinde mutlaka yıkama solüsyonu bulunmalıdır. Aletler kök kanalı içine sokulmadan önce kayganlaştırıcı kullanılmalıdır.
3. Şekillendirme işleminin bitirildiği son kanal aletleri ile çalışma boyunca ulaşıldıktan hemen sonra, alet geri çekilerek kök kanalından çıkarılmalıdır.
4. Şekillendirme sırasında dönme hızının sabit ve 250-350 devir/dakika arasında olmasına özen gösterilmelidir.
5. Şekillendirme sırasında, kök kanalından çıkarılan aletler sık sık temizlenmeli, aşınma ve bükülme yönünden incelenmelidir.

ProTaper Universal döner enstrümanlar, devir ve tork kontrollü özel endodontik motor ile kullanılır. Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında, şekillendirme enstrümanları olan SX, S1 ve S2 fırçalama hareketiyle (enstrüman kanal içinde hafif direnç hissedilene kadar ilerletilerek ve daha sonra kanal dışına doğru fırça gibi çekilerek); bitirme enstrümanları olan F1, F2, F3, F4 ve F5 ise fırçalama hareketi yapılmadan içeri ve dışarı hareketle kullanılır. Tüm ProTaper Universal enstrümanların 250-350 (önerilen 300) rpm sabit hızda kullanılması önerilmektedir. Enstrümanların kullanıldığı tork değerleri SX için 3-4 N.cm; S1 için 2-3 N.cm; S2 için 1-1,5 N.cm; F1 için 1,5-2 N.cm; F2 için 2-3 N.cm; F3 için 2-3 N.cm; F4 için 2-3 N.cm; F5 için 2-3 N.cm'dir.

Kesici olmayan uca sahip ProTaper, Hero 642 Apical (Micro-Mega, Besançon, Fransa) ve FlexMaster (VDW, GmbH, Munich, Almanya) sistemlerin, CBCT kullanılarak karşılaştırıldığı bir çalışmada eğimli kök kanallarının preparasyonu esnasında üç sistemin de benzer sonuçlar gösterdikleri ve kesici olmayan uçlara rağmen transportasyon oluşturdukları gözlenmiştir (51). Yapılan bir mikro-BT çalışmasında ProTaper sisteminin dar kanallarda şekillendirme işlemi sırasında herhangi bir komplikasyon oluşturmadığı belirlenmiştir (55).

2.2.2. Reciproc Tek Eğe Sistemi

Reciproc, Dr. Ben Johnson, Dr. Sergio Kuttler, Dr. Pierre Machtou, Dr. Wilhelm Pertot, Dr. Julian Webber, Dr. John West, Dr. Ghassan Yared ve Dr. Clifford Ruddle isimli araştırmacılardan oluşan bir grup tarafından geliştirilmiş ve 2011 yılında VDW firması

tarafından piyasaya sürülmüş tek-kullanım ve tek-eğe konseptine sahip resiprokasyon sistemidir (59).

Reciproc sistem, üç enstrüman (R25, R40, R50), bir motor (VDW. Silver Reciproc Endomotor), 6:1 redüksiyonlu bir anguldruva (VDW.Silver Reciproc Angldruva, VDW, Munich, Almanya), enstrümanlarla uyumlu Reciproc kağıt konlar ve enstrümanlarla uyumlu Reciproc guta-perka konlardan oluşmaktadır. Kanalın genişliğine göre seçilen tek bir Reciproc eğesi ile kanalların preparasyonu yapılabilmektedir. Reciproc eğelerinin çapraz kesitleri “S” şeklinde olup, geleneksel NiTi’ye göre daha esnek ve çevresel yorgunluğa daha dayanıklı olan M-Wire NiTi’den yapılmıştır. Eğeler kesici gövde boyunca azalan açılanmalar göstermektedir (60,61).

R25 eğesinin uç kısmının çapı 0,25 mm, 3 mm.’lik uç kısmının açısı %8 (0,08 mm/mm) ve D16 bölgesinin çapı ise 1,05 mm;

R40 eğesinin uç kısmının çapı 0,40 mm, 3 mm.’lik uç kısmının açısı %6 (0,06 mm/mm) ve D16 bölgesinin çapı ise 1,10 mm;

R50 eğelerinin uç kısmının çapı 0,50 mm, 3 mm.’lik uç kısmının açısı ve %5 (0,05 mm/mm) ve D16 bölgesinin çapı ise 1,17 mm.dir (60,61).

Reciproc eğesi saniyede 10 tur resiprokasyon hareketi yapan (300 dev/dk’ya eşdeğer) tutucu kol ve şarj edilebilir motor ile çalıştırılmaktadır. Motor üzerinde her üç eğe için resiprokasyon hızı ve açısı programlanmıştır. Enstrümanların spiralleri (heliksleri, sarmalları) terstir (left-handed angulation of the blades, reversed design, reversed cutting blades, mirror design). Bu özellik, enstrümanlara saat dönüş yönünün tersi yönde dönüşte kesme özelliği sağlar. Saat dönüş yönünde ve saat dönüş yönünün tersi yönde dönme açısı değerleri farklıdır. Kesme yönü olan saat dönüş yönünün tersi yönde daha geniş açıyla (150°) dönerken, saat dönüş yönünde daha küçük açıyla (30°) döner. Saat dönüş yönünün tersi yöndeki dönme açısı, enstrümanın elastik limitinden daha küçük olacak şekilde dizayn edilmiştir. Eğe kesme yönünde rotasyon yaptığında kanal içinde ilerler ve dentin duvarıyla temas ederek dentini kaldırır. Eğe ters yönde rotasyon yaptığında (daha kısa rotasyon) aniden dentinden uzaklaşmaktadır. Saat yönü ve tersi rotasyonların sonucunda eğenin kanal içinde ilerlemesi gerçekleşir. Eğenin kanal içinde

ilerlemesi otomatik olarak gerçekleştiğinden sadece hafif bir baskıyla uygulanması yeterlidir. Bu hareket motor üzerindeki belirenmiş tork ayarı tarafından kontrol edilir. Bu tork eğenin bükülme özelliğini kullanarak belirlenmiştir (60). Kök kanal tedavisine başlamadan önce tedavi öncesi alınan periapikal filme bakılarak kanalın şekli ve genişliği kontrol edilir. Dar kanallarda R25 eğesi kullanılır. Eğer 20 numara el eğesi çalışma boyuna kadar ulaşmıyorsa kanalın preparasyonu için R25 eğesi seçilmelidir. Orta ve geniş kanallarda ise kanal içine pasif olarak yerleştirilen 30 numara el eğesi pasif olarak çalışma boyutuna ulaşmıyorsa 20 numara el eğesi çalışma boyuna pasif olarak ulaşırsa kanal orta genişlikte kabul edilir ve R40 eğesi seçilir. 30 numara el eğesi çalışma boyuna pasif olarak ulaşıyorsa kanal geniş kabul edilir ve R50 eğesi seçilir (60).

Resiprokasyon hareketinin, vidalama etkisini, enstrüman üzerindeki stresleri, sıkışma ve gerilmeden kaynaklanan döngüsel yorgunluk riskini azalttığı ve şekillendirme işlemi sırasında enstrümanın kanalın merkezinde kalmasını sağladığı düşünülmektedir (62-66,67).

Reciproc eğesinin kesme etkinliği ve respirokasyon hareketine bağlı merkezleme yeteneği, dar kanallarda güvenli bir şekillendirme sağlar. Reciproc eğesi kanal içerisine çalışma boyutunun 2/3'ünde yerleştirilerek kanaldan tamamen çıkarılmadan içeri, dışarı 'Gagalama Hareketi' (Pecking Motion) ile ilerletilir. İşlem sırasında çok hafif bir apikal baskı uygulanır. Eğenin içeri, dışarı hareket uzunluğu 3-4 mm.dir. Bu hareket 3 kere yapıldıktan sonra eğer eğenin kanal içinde ilerlemesi için daha fazla basınç gerekiyorsa veya dirençle karşılaşıyorsa eğe kanaldan çıkartılır, 10 numara el eğesi ile çalışma boyunun 2/3'ünün açıklığı kontrol edilir ve kanallar yıkanır. Ardından eğe kanala tekrar yerleştirilerek çalışma boyuna ulaşınca kadar şekillendirmeye devam edilir. Geniş kanallarda eğenin yan duvarlara temas ettirilerek çalışması gerekir.

Reciproc sisteminin avantajları (60):

Merkezleme yeteneği

Güvenilirliği

Çalışma süresinin kısa olması

Kullanım kolaylığı

Prosedüral hataların daha az olması

Çapraz enfeksiyonların önlenmesi

Üretici firma, Reciprosistem eğelerinin tek kullanımlık olduğu bir reciproc eğenin birden fazla enstrümanın görevini yaptığı için fazla döngüsel yorgunluğa maruz kaldığını belirtip, vakanın tamamlanmasından sonra atılması gerektiği konusunda tavsiyede bulunmaktadır. Bu nedenle bir vakanın tamamlanmasından sonra ege atılmalıdır. Reciproenstrümanlar piyasada önceden sterilize edilmiş blister paketler halinde bulunur. Enstrüman otoklavlanırsa, sapındaki renkli plastik bant deforme olur ve enstrüman angldruvaya tekrar yerleştirilemez. Bu özelliğin amacı, hem birden fazla vakada tekrarlayan kullanım nedeniyle oluşabilecek yorgunluktan dolayı oluşacak kırık riskini hem de hastalar arası çapraz kontaminasyon riskini ortadan kaldırmaya çalışmaktır.

2.2.3. OneShape

OneShape saat yönünde tam rotasyon hareketi ile çalışan tek ege sistemidir. OneShape eğenin uç kısmının çapı 25 ve 0,05 tapera sahiptir. Ayrıca çalışma parçası boyunca değişen kesit tasarımına sahiptir. OneShape ege geleneksel Nitinol 55 alaşımından üretilmiştir (68). Eğenin uç kısmında üç kesici kenara, simetrik kesite sahip bir tasarımı vardır. Orta üçlüde ise gittikçe değişerek üç kesici kenardan iki kesici kenara dönüşür. Koronal parça ise iki kesici kenara sahip S şekilli kesite sahiptir. Orta kısımda değişiklik gösteren adım uzunluğuna sahiptir.

Ege kesici olmayan uç tasarımına sahiptir. Firma tarafından tavsiye edilen hız 400 rpm, tork 4 N.cm'dir. Asimetrik tasarım sürekli rotasyon hareketinden kaynaklı vidalanma riskini azaltmak amacıyla kullanılmıştır.

OneShape için önerilen uygulama prosedürü;

1. Oneshape ege kanalda ön genişletme için yukarı yönlü çevresel egeleme hareketi yaparken kanal çalışma boyunun üçte ikisine kadar aşağı yönlü gagalama hareketi ile basınç uygulanmaksızın çalışmaktadır. Ege kanaldan uzaklaştırılınca sodyum hipoklorit (NaOCl) ile irrigasyon yapılmalı ve kanal açıklığı kontrol edilmelidir.
2. Ege kanal içinde sürekli rotasyon hareketi ile çalışma boyunda apikal 3 mm.ye kadar basınç uygulamadan içeri dışarı hareketler ile çalışılır. Eğenin üzerindeki debris

temizlenmeli, kanalın NaOCl ile irrigasyonu yapıldıktan sonra kanal açıklığı kontrol edilmelidir.

3. Daha önceki aşamalarda tavsiye edilen basınçsız içeri dışarı gagalama hareketi ile çalışma boyuna ulaşılmalıdır (68).

OneShape sistemin en önemli avantajlarından birisi ünite bağlı geleneksel endodontik başlıklar ve herhangi bir endodontik motor ile kullanılabilir. Özel bir endodontik motor ile kullanılma gerekliliği yoktur. Bir diğer avantajı da uygulama süresinin kısalığıdır. Orjinal kanal formunu ve kurvaturunu korumaktadır (68,69).

2.3. Kök Kanal Şekillendirme Yöntemleri

Kök kanal şekillendirme yöntemlerinin ilki, Ingle tarafından tanıtılan ve “Geleneksel Yöntem” olarak da bilinen “Apikal Stop Preparasyonu”dur. (58) Yöntemde hangi tipte kanal aletinin kullanılacağı belirtilmemiştir. Genişletmeye kök kanal duvarlarını değererek fizyolojik foramene ulaşan ilk aletle başlanır; fakat hangi alette bitirileceğine dair bir bilgi yoktur. Yöntemin kullanıldığı dönemde mevcut kanal aletlerinin yapısı nedeniyle, daha çok düz kök kanallarında uygulanma olanağı bulmuştur. Kanal şekillendirme işlemi için uzun yıllar sadece el eğesi tekniklerinin kullanılması sonucunda ortaya çıkan sorunların azaltılabilmesi için çok teknik geliştirilmiştir.

İlk olarak Clem(71)’in tanımladığı “Step-back” yöntemi de bu tekniklerden birisidir. Teknikte en dar yeri fizyolojik foramen apikalede olan apikalden koronale genişleyen bir kanal yapısı oluşturulması hedeflenmiştir. Genişletme işlemi apikalden koronale doğru yapılır. Bu yöntem kök kanal tedavisinde güvenli bir yöntem olarak kabul edilmiş ve kanal aletleriyle yapılan çalışmalarda standart bir yöntem olarak tavsiye edilmiştir (72-74).

“Crown-down”, “Step-down”, “Double-flared”, “Crown-down pressureless” gibi yöntemlerde ise ilk önce koronal üçlünün genişletme işlemi yapılır. Daha sonra yöntemin uygulanışına göre apikalden koronale yada koronalden apikale doğru genişletmeye devam edilir. Goerig et al.(75) tarafından geliştirilen koronalden apikale ulaşmayı amaçlayan “Step-down” yönteminde koronal bölgedeki anatomik farklılıklar azaltılarak kök ucuna kolayca ulaşma amaçlanmıştır.

Fava (76) mikroorganizmaların ve debrisin apikal bölgeden dışarı itilmesini önlemek için “Double-Flared Yöntemini” geliştirilmiştir. Bu yöntemde “Crown-down” ile koronal kısım rahatlatıldıktan sonra “Step-back” yöntemi kullanılarak yıkama ve doldurma işlemleri için uygun boşluk elde edilmektedir.

Abou-Rass, “Anticurvature Filing” yöntemini ise kök kanal duvarlarının ince olduğu yerlerde perforasyon ve stripping oluşumunu önlemek amacıyla geliştirmiştir (77).

1970 yılında Roane eğri kanallarda ucu yuvarlatılmış ve üçgen kesite sahip eğeler kullanarak, “Balanced-Force” yöntemini ileri sürmüştür. Yöntem saat yönünde hareketle ilerlemeyi ve kuvvet uygulamayı saat yönüne ters hareket ile kesmeyi ve kontrolü esas alan eğeleme şeklidir. Bu yöntemin amacı transportasyonu minimuma indirmektir (78).

Genel olarak NiTi eğeler “Tek boy tekniği”, “Crown-down” veya “Hibrit teknik” olmak üzere üç farklı kök kanal preparasyon tekniği ile kullanılabilir. NiTi döner eğeler ile birlikte bu tekniklerin kullanımı sırasında bazı hususlara dikkat edilmelidir. Bu hususlar:

- Kök kanal anatomisinin iyi bilinmesi gerekmektedir.
- Kanala düz bir girişin sağlanması gerekmektedir.
- Kök kanal boyu ince bir el eğesi ile belirlenmelidir.
- Döner eğe hız ve torkunun limitler dahilinde seçilmelidir.
- Kanal eğelerinin kullanımı sırasında basınçsız olarak çalışılmalıdır.
- Kuru kanalda çalışılmamalı, kanal içinde yeterli miktarda kayganlaştırıcı bulunmalıdır.
- Bozulma görülen eğeler kullanılmamalıdır.
- Kullanım süresi 5-7 saniye arasında olmalıdır.
- İşlem sonrasında eğeler temizlenmelidir (79).

Crown-down tekniği bu teknikler arasında en sık kullanılanıdır. NiTi döner eğeler bu teknik ile kullanıldığı zaman torsiyonel yükler minimize edilmekte ve aletin kırılma riski azaltılmaktadır (78).

Crown-down tekniği kullanıldığı zaman, irrigasyon solüsyonunun kanalın apikal üçlüsüne daha hızlı ve daha derin penetrasyonu mümkün olur. Irrigasyon solüsyonunun etkinliğinin artışı preparasyon işlemini kolaylaştırıp, komplikasyon riskini de azaltacaktır. Crown-down tekniğinde doku ve debris apikal olarak itilmekten çok

koronal olarak çekilmektedir (58).

Pitt ve Ford'un kitabında (80) Regan ve Gutmann crown-down preparasyonun klinik ve biyolojik yararlarını aşağıdaki şekilde sıralamışlardır:

- Pulpa taşının kolaylıkla uzaklaştırılması,
- Koronaldeki fazla dentin dokusunun kaldırılmasıyla aletlerin temasının artması,
- Aletlerin kanal içinde apikale hareketinin artması,
- Koronal üçlüde minimal diş temasına bağlı olarak çalışma boyu tespitinin kolaylaşması,
- İrrigasyon solüsyonlarının penetrasyonu için boşluğun artması ve böylece debrisin koronal olarak daha rahat çıkması,
- Koronal üçlüdeki pulpa dokusunun kolay kaldırılması,
- Kök eğimlerine ve kanal bileşimlerine düz giriş sağlanması,
- Kök kanal duvarına temasın azaltılmasıyla alet bozulmalarının ve kırılmalarının önlenmesi,
- Kanal engellerinin azalması,
- Kontamine ve enfekte dokunun kök kanal sisteminden hızla uzaklaştırılması,
- Debris hareketinin koronal yönde olmasıyla, debrisin apikal yönde itilmesinin en aza indirgenmesi,
- Debrisin apikalden çıkmasıyla oluşan postoperatif ağrının azalması,
- İrrigasyon solüsyonlarının penetrasyonunun artması sayesinde daha iyi doku çözünmesidir.

2.4. Kök Kanal Şekillendirme İşlemi Sırasında Ortaya Çıkabilecek Hatalar

Kök kanal şekillendirme işlemi sırasında karşılaşılabileceğimiz işlemsel hataların bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Perforasyon: Kanal içerisinde yapılan preparasyonlar esnasında pulpa boşluğu ve periodontal ligament arasında yapay bir açıklık oluşması iyatrojenik perforasyon olarak adlandırılır. Genellikle bir transportasyon ya da “basamak” oluştuktan sonra görülür (81). Endodontik tedavinin başarısız olmasına neden olan önemli faktörlerden birinin, iyatrojenik perforasyonlar olduğu bildirilmiştir (82, 83). İyatrojenik perforasyonlar buldukları yere göre sınıflandırılabilir (furkasyon perforasyonları, lateral perforasyonlar ve apikal perforasyonlar). Lateral kanal perforasyonları genellikle ciddi boyutta basamak oluşumları ve eğri köklerin "stripping"i ile ilişkilidir ve koronal ve orta üçlüdeki perforasyonları içerir. “Stripping”, kök içinde, özellikle ince duvara gelen taraf boyunca, gerekenden fazla eğeleme yapılması nedeniyle oluşan lateral perforasyon şekli “Strip perforasyon” olarak adlandırılmaktadır. Genellikle alt ve üst birinci molar dişlerinin mezial köklerinin iç duvarlarında meydana gelir (84).

Apekte kum saati oluşumu (zipping veya eliptikasyon): Normalde eğri olan bir kanalın özellikle apikal üçlüde düzleştirilmesiyle oluşan düzensiz geniş bir alandır. Nedenleri, eğri kanalın büyük çaplı ve sert aletlerle genişletilmesi, eğelere mümkün olduğunca kanalın orijinal şekline göre ön eğim verilmemesi ve eğri kanalda eğim verilmiş aletin rotasyon hareketi ile kullanılmasıdır (85). Eğer bir zip oluşumu söz konusuysa, kök kanalının en dar yeri fizyolojik foramen apikale olamayacaktır. Bu durumda bu bölgenin, standart güta-perkalar ile ya da ısıtılmış güta-perka yöntemleriyle tam olarak doldurulması imkânsız hale gelir. Prognoz kötüdür (86).

Dirsek: Eğri bir kanalda düz veya ön eğim verilmiş aletin rotasyon hareketi ile kullanılmasıyla, apikalde oluşan düzensiz geniş alanın (zipping) hemen koronalinde ortaya çıkan iyatrojenik defekti tanımlar. Zipping görülen vakalarda kanal dolgusu ancak dirsekte sonlandırılabilir (85,87)

Kanalın tıkanması: Dentin ve doku artıklarının apikal bölgeye doğru itilerek kütleli olarak kanalı tıkanması (88) veya şekillendirme sırasında kırılan alet nedeniyle apikal bitim noktasına ulaşımın engellenmesidir (84).

Basamak: Eğimli bir kök kanalının şekillendirilmesi sırasında önceden eğim verilmemiş ya da süper elastiklik özelliği olmayan bir kanal eğesinin ilerletilmesi zordur. Kanal eğelerinin çapları arttıkça esneklikleri azalacağından, gereğinden fazla bir

kuvvet uygulanırsa apikale ulaşmadan dentin duvarında basamak oluşacaktır. Böyle bir durumda eğelerin basamağın ötesine ilerlemesi zor olduğundan çalışma boyu kayıpları da gözlenebilir. Özellikle ince köklere sahip dişlerin eğimli kanallarında basamak oluşuktan sonra eğelerle aşırı kuvvet uygulanmaya devam edilirse perforasyon oluşturulabilir (89).

Kök Kırıkları ve Çatlaklar: Kanal şekillendirme işlemi sırasında ortaya çıkan ve dişin çekimiyle sonuçlanan ciddi bir komplikasyon da vertikal kök kırığıdır. Endodontik tedavi işlemleri direkt vertikal kırıklara neden olabileceği gibi ilerde vertikal kırık oluşumuna yol açacak çatlaklara da sebep olabilir (90,91). Bu tür problemlerden kök kanallarının aşırı genişletilmesinin ve doldurulması sırasında aşırı kondenzasyon basıncı uygulanması ile, yüksek konsantrasyonda NaOCl kullanımının, diş anatomisinin ve post yerleştirme işlemlerinin sorumlu olduğu belirtilmektedir (92-95).

Transportasyon: Amerikan Endodontistler Birliği'nin yayınladığı Endodontik Terimler Sözlüğü, transportasyonu; “Kanal preparasyonu sırasında eğelerin orijinal boyutsal şekillerini muhafaza etme yatkınlıklarına bağlı olarak, kanalın apikal yarısındaki kanal duvar yapısının dış taraftaki eğiminin uzaklaştırılması” olarak tanımlamaktadır (96). Buna ilaveten, transportasyon kanal bütünlüğünü bozmakta ve kırılma direncini azaltmaktadır. Bu da tedavi sonucunu etkileyebilmektedir (97). Bazı durumlarda ise isteğe bağlı olarak kanalın koronal kısmını düzleştirmek için oluşturulabilir. Kanal sisteminin kök içerisindeki hareketini tanımlamak için “internal transportasyon” terimi kullanılmaktadır. Kanalda aşırı preparasyon yapılarak apikal foramenin genişletilmesi ya da yerinin değiştirilmesi durumlarında ise “eksternal transportasyon” terimi kullanılmaktadır (98).

Kanal Transportasyonuna Sebep Olabilecek Durumlar:

- Yetersiz açılmış giriş kavitelemi, enstrümanların koronal kavite duvarlarına teması nedeniyle enstrümanların kontrolsüz kullanımı,
- Kök kanal enstrümanlarının alaşımı (paslanmaz çelik ya da NiTi),
- Enstrümanların tasarım özellikleri (enine kesit dizaynı, yiv sayısı ve eğiklik açısı),
- Sivri ve kesici uç yapısına sahip enstrümanların kullanılması,

- Aşırı derecede eğimli kök kanallarında 20 numaradan daha büyük esnek olmayan enstrümanların kullanılması,
- Kullanılan enstrümantasyon tekniği (aşırı kuvvet uygulanması ya da teknikte kullanılan hareket şekli respirokasyon hareketi, rotasyon hareketi gibi),
- Şekillendirme sırasında yetersiz irrigasyon yapılması, kanalın kuru olması,
- Operatöre bağımlı faktörler (tecrübe eksikliği, preperasyon basmaklarının atlanıp hızlı şekillendirme yapılması),
- Radyograflarla iki boyutta görülmeyen, özellikle bukkolingual yöndeki kanal eğimleri,
- Kanal eğim açısı ve eğim yarıçapı, (eğim derecesi arttıkça ve eğim yarıçapı azaldıkça) kanal transportasyon riskini arttırmaktadır (99-103).

2.5. Kök Kanal Eğiminin Prosedürel Hatalar Üzerindeki Rolü

Kök kanalları eğime sahip olmalarına rağmen, kök kanal şekillendirmesinde kullanılan aletler düz şekillidir. Bununla beraber, yukarıda bahsedilen prosedürel hatalar incelendiğinde, dikkat çeken esas nokta, kök kanalının eğiminin olduğu yerde kanal eğesinin eğeleme esnasında eğimin dışına doğru basınç uygulayarak transportasyon yapma eğiliminde olmasıdır (104). Ayrıca kök kanallarının sahip olduğu eğim açısı arttıkça enstrümantasyon sırasında kanala yerleştirilen kanal aleti üzerinde artan kuvvet birikimi olacağı ileri sürülmüştür (105).

2.5.1. Kök Kanal Eğimini Belirlemek İçin Kullanılan Yöntemler

Çeşitli araştırmacıların geliştirdiği başlıca yöntemler şu şekilde sıralanabilir:

- Schneider Yöntemi (106)
- Hankins ve El Deeb Yöntemi - Long Axis Tekniği (LAT)
- Weine Yöntemi
- Pruett et al.nın yöntemi

Literatürde en sık Schneider (106) tarafından tanımlanan yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemde, ilk olarak radyografik görüntü üzerinde, kök kanalının koronal üçlünün uzun aksına paralel olarak bir doğru çizilir. Hemen ardından, apikal foramenden ilk doğrunun, kanalın uzun aksını terk ettiği noktaya ikinci bir doğru çizilir ve bu iki doğru

arasında oluşan iç açı eğim açısı olarak tanımlanır. Schneider (106) eğrilik kriterlerine göre kök kanallarını, kolay, orta ve zor kanallar olmak üzere üç ayrı sınıfa ayırmıştır:

- 1) Kolay kanallar: Düz ya da 5° 'den az açuya sahip olan kanallar.
- 2) Orta zorluktaki kanallar: $10 - 25^{\circ}$ arası açuya sahip olan kanallar.
- 3) Zor kanallar: 25° 'den daha büyük açuya sahip olan kanallar.

Pruett et al. (107) ise yaptıkları çalışmada eğrilik derecesini belirlerken tek parametre kullanmanın uygun olmadığını, kök eğiminin belirlenmesinde eğrilik yarıçapının da önemli bir etken olduğunu belirtmişlerdir. Bu yöntemde kanalın koronal bölümüne ve apikal üçlüye paralel birer çizgi çizilir. Koronal bölümden çizilen çizgi üzerinde kanalın eğilmeye başladığı nokta, apikalden çizilen çizgi üzerinde ise kanal eğriliğinin bittiği nokta bulunur. Kanalın eğri kısmı, bu noktalardan çıkılan dikmelerin kesiştiği noktayı merkez alan daire ile gösterilir. Eğrilik açısı, dairenin bu noktaları arasında kalan yayı gören merkez açıdır. Dairenin yarıçapı ise eğrilik yarıçapıdır. Eğrilik yarıçapı eğriliğin şiddetini ifade eder. Yarıçap küçüldükçe kanal eğriliğinin şiddeti artmaktadır (107).

Fakat Burklein ve Schäfer (99)'a göre hem Schneider yöntemi hem de Pruet ve ark.nın yöntemi sadece 2 boyutlu ölçümler sunmaktadır. Son yıllarda üç boyutlu görüntüleme elemanlarından mikro-BT'nin endodontide kullanılmaya başlamasıyla birlikte, kök kanal sisteminin anatomisinin tüm detaylarına neredeyse ulaşılabilmiştir.

2.6. Kök Kanal Sistemini İnceleme Teknikleri

Geleneksel Yöntemler

1. Boyama ve seffaflaştırma
2. Kopya model oluşturma
3. Kesit alma
4. Radyografik teknikler
5. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Üç Boyutlu Görüntüleme Teknikleri

1. CT
2. Mikro-BT

2.6.1. Geleneksel Yöntemler

Kök kanal sisteminin incelenmesinde kullanılan geleneksel yöntemlerin bir kısmı örneklerde geri dönüşümsüz değişikliklere yol açmakta bir kısmı da sadece iki boyutlu görüntüler elde edilmesine izin vermektedirler (108).

Boyama ve şeffaflaştırma yöntemi hematoksilen ya da çini mürekkebi ile boyanan çekilmiş dişlerin asitle dekalsifiye edildikten sonra metil salisilat ile şeffaflaştırılması esasına dayalı bir yöntemdir. Yöntem görsel olarak başarılı görünse de, kök kanal sistemindeki değişimlerin ölçümü aşamasında bazı sınırlamaları mevcuttur (109).

Kesit alarak kök kanal sisteminin incelenmesi tekniğinde ise, köklerden disk veya taşlar yardımıyla dikey veya yatay yönde belirli aralıklarda alınan kesitlerin incelenip, değerlendirilmektedir. Alınan histolojik kesitler üzerinde uygun boyama tekniklerinin yardımıyla belirli büyütme altında çalışılabilmesine rağmen, kesitlerin alınması sırasında oluşan madde kaybı ve tekrarlanabilir ölçümlerin yapılamaması bu yöntemin dezavantajları olarak sayılabilmektedir (110).

Kök kanallarında yatay yönde meydana gelen değişiklikleri incelemek için bir metot geliştiren ilk araştırmacılar Bramante et al.(110,111) olmuştur. 1987’de tanıttıkları kapalı mufla sistemi, kök kanalı kesitlerinden şekillendirme işleminden önce ve sonra alınan görüntülerin karşılaştırılarak değerlendirilmesine olanak sağlamışlardır.

SEM, elde edilen görüntülerin bölgesel olarak detaylı incelenmesi esasına dayanır. Özellikle preparasyon sonrası kök kanal temizliğinin incelenmesinde uzun yıllardır kullanılmaktadır (112).

Radyografik yöntemler günümüzde kullanım sıklığı azalan inceleme tekniklerindedir. Kök kanal şekillendirmesinin öncesinde ve sonrasında kanal içine yerleştirilen ege veya radyopak maddeler ile alınan radyografların uygun dijital ortamda üst üste çakıştırılması ile elde edilen görüntü üzerinden ölçüm yapılması esasına dayanmaktadır. Görüntülerin bukkolingual ve meziodistal olarak alınması tercih edilir, alınan radyografik görüntülerde kanalın maksimum eğimi her zaman yakalanamayabilir (113). Sadece iki boyutlu görüntüler üzerinde çalışılması radyografik tekniklerin dezavantajları olarak sayılmaktadır (114).

2.6.2. Üç Boyutlu Görüntüleme Teknikleri

CT diş anatomisinin üç boyutlu rekonstrüksiyonu amacıyla 1990 yıllardan beri kullanılmaktadır. Endodontik görüntüleme amacıyla ilk kez Tachibana ve Matsumoto (1990) tarafından diş örneklerinin üç boyutlu olarak modellenmesinde kullanılmıştır (108). 1995 yılında Nielsen et al. üst birinci molarlarda yaptıkları çalışmaların da mikro-BT kullanmışlardır (115). 1996 yılında Gambill et al. iki farklı kök kanal şekillendirme tekniğini yüksek çözünürlüklü CT kullanarak karşılaştırmışlardır (116). 1999 yılında Rhodes et al. yaptıkları çalışma ile mikro-BT nin deneysel endodontide kullanımının uygunluğunu ve yeterliliğini kökün ve kök kanalının alan hesaplamasını yaparak ortaya koymuşlardır (117,118). Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen üç boyutlu modeller ile köklerin kesit görüntüleri üzerinde çalışılması mümkün hale gelmiştir (108).

Mikro-BT, tıbbi amaçlı olarak birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Oldukça geniş bir inceleme yelpazesine sahiptir. Sistemden elde edilen görüntüler ve veriler daha sonrasında istenirse ek olarak yapılabilen biyolojik, histolojik ve mekanik testler ile karşılaştırılabilmektedir (118).

Hem CT hem de mikro-BT, objelerin detaylı 3D görüntülerini elde etmeye izin vermektedir ve endodontik değerlendirmelerde kullanılmaya elverişlidir; çünkü kök kanal duvarlarından kaldırılan dentin miktarını non-invaziv bir şekilde ölçebilmektedir(119). Mikro-BT, geleneksel CT'nin kompakt formudur, fakat daha yüksek çözünürlüğe sahiptir ve böylece prepare edilen kök kanallarındaki değişikliklerin daha kusursuz tespitine izin vermektedir (120). BT, mikro-BT'ye göre düşük radyasyon dozuna sahiptir, fakat mikro-BT'ye göre daha düşük boyutsal çözünürlüğü bulunmaktadır. Bu da, görüntüleme sırasında verilerin geliştirilmesinde problemlere yol açmaktadır. Mikro-BT'nin geliştirilmesi ile vertikal çözünürlük kapasitesi 100-200 μm 'ye çıkmıştır (115,121). Nielsen et al. 1995 yılında mikro-BT kullanarak yaptıkları çalışmada 127 μm çözünürlük kullanmışlardır (115). Son yıllarda mikro-BT çözünürlüğü 81 μm 'den başlayıp 68 μm , 34 μm , 20 μm ve 16 μm 'ye kadar gelişmiştir (108,122-125). Şu anda 10 μm 'den daha ince kesitler elde etmek mümkündür (126,127).

BT'nin en önemli dezavantajı, mikro-BT'ye göre düşük çözünürlüğü ve incelenen

alanın 0,1 mm kadar küçük olabildiği durumlarda, enstrümantasyon tekniklerinin kanal şekli üzerindeki etkilerinin belirlenmesindeki zorluklardır (128).

Günümüzde mikro-BT'nin yeni kullanım alanlarından birisi de doku mühendisliğidir. Doku mühendisliğinde amaç laboratuvar ortamında oluşturulan dokuların insana transplantasyonudur. Doku mühendisliği teknikleri kullanılarak oluşan dokunun miktarı ve yerinin tayininin dokuya zarar vermeyen bir metod kullanılarak yapılması gerekmektedir. Bu amaçla doku mühendisliğinde kullanılan suni-biyolojik dokuların oluşturduğu yapı iskelelerinin 3 boyutlu olarak incelenmesinde ve aynı zamanda yıkıma uğrayan dokuların yerinin kesin tespitinde mikro-BT güvenle kullanılabilir (129,130)

Kısaca özetlersek mikro-BT tekniğinin avantajları:

- İnvaziv değildir (117),
- Sonuçlar tekrarlanabilir ve histolojik sonuçlarla karşılaştırılabilir (117),
- Kemik, diş sert dokuları, kalsifiye dokular ve kök kanal dolgu materyalleri gibi yakın ilgili objelerin ayrımının mikro-BT ile mümkün olduğu ileri sürülmektedir (108),
 - Dişin iç ve dış anatomisi eş zamanlı ya da ayrı ayrı olarak görüntülenebilmektedir (108),
 - Görüntülerin kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirilmesi yapılabilmektedir (108).

Mikro-BT endodonti alanında yapılan çalışmalarda araştırmacılar tarafından özellikle, kök kanallarının anatomik yapısı ve şekillendirilmesinin kök kanal anatomisi üzerindeki etkisi birçok çalışmada incelenmiştir (123,125,130-132). Mikro-BT yöntemi *in vitro* endodontik çalışmalarda sıklıkla tercih ediliyor olmasına rağmen, klinik uygulamaya henüz uygun değildir ve *in vivo* çalışmalara uygun mikro-BT'lerin geliştirilme çalışmalarına devam edilmektedir (118).

2.6.3. Üç Boyutlu Modelleme

Mikro-BT taraması sonrası elde edilen veriler uygun programların kullanılması ile üç boyutlu hale getirilebilmektedir. Bu aşamada yüzey modellemesi ve katı modelleme olmak üzere iki yol izlenmektedir. Yüzey modellemesinde, kesitleri oluşturan dış kenarlar her kesit için ayrı ayrı tespit edilir. Bilgisayara cismin kalınlıkları ve eksen eğimleri ile ilgili veriler aktarılır ve bu parametrelerin bilgisayar ortamında tekrar tanımlanması ile sanal cisim oluşur. Oluşturulan modeller tel kafes (wire-mesh) olarak adlandırılır. Katı modellemede ise cisimlerin farklı hacim değerlerinden oluşmuş olduğu kabul edilir. Kesitlerdeki yoğunluk farkına göre modeller elde edilir (133). Bilgisayar ortamında uygun programlarla üç boyutlu hale getirilen örnek üzerinde iki çeşit değerlendirme yapılabilir (133).

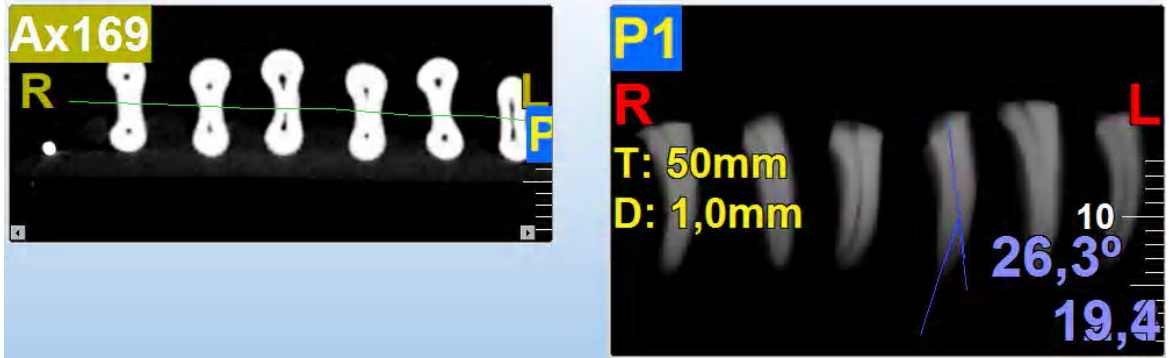
- Kalitatif değerlendirme: kök kanal sisteminin morfolojisi dışı meydana getiren dokuların makro ve mikro morfolojik değerlendirilmesidir.
- Kantitatif değerlendirme: kullanılan programın uygunluğu ve kullanıcının becerisi dahilinde kök kanal sistemi ya da sistem içerisinde herhangi bir bölgenin hacmi, yüzey alanı, kök kanal transportasyonunun yönü, oranı gibi farklı metodlar ile zor hesaplanan sayısal değerlere ulaşılabilmesidir.

Çalışmamızda bu literatür bilgileri ışığında, 3 farklı dönen NiTi ege sistemi alt çene birinci büyük azı dişlerinin mezial kökü üzerinde yapılan kök kanal şekillendirme etkinliğinin, transportasyon, şekillendirme öncesi ve sonrası kök kanal hacmi ve yüzey alanı değişiklikleri açısından mikro-BT kullanılarak kantitatif olarak incelenmesi planlanmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızda 250 adet yeni çekilmiş diş arasından seçilen apikal formasyonu tamamlanmış, kök rezorpsiyonu olmayan, kök kanalında herhangi bir tıkanıklık gözlenmeyen, Schneider yöntemine (106) göre kök kanal eğimi 25-35° olan alt 1. büyükazı dişi (n=30) kullanılmıştır. Dişlerin distal kökleri ve kronları su soğutması altında elmas fissür frezler kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Meziyal köklerin boyları ortalama 10 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Dişler çalışma süresi boyunca +4°C sıcaklıktaki serum fizyolojik içerisinde bekletildi.

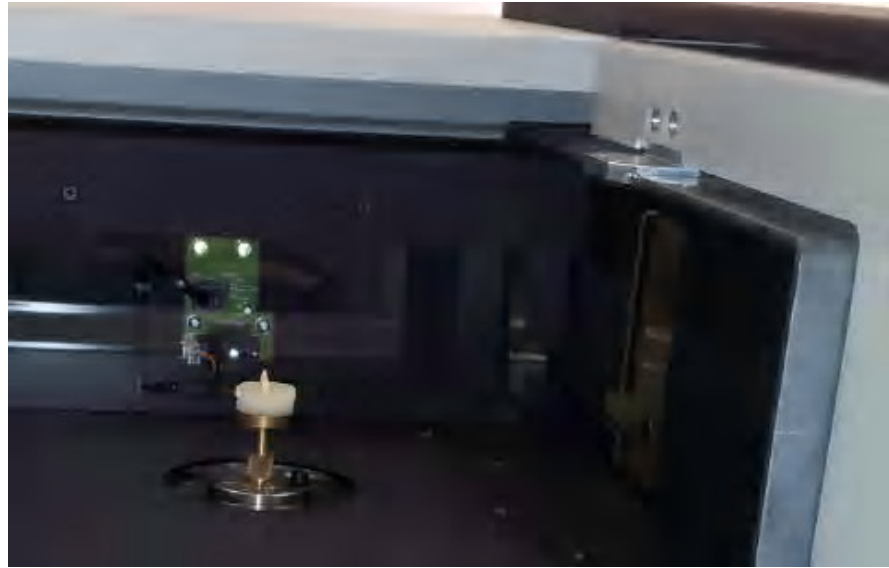
Kök kanallarında ve apikalde anatomik olarak herhangi bir değişikliğe sebebiyet vermemek için seçilen köklerden CBCT cihazı ile alınan görüntüler kullanılarak iki ayrı foramen ile sonlanan iki ayrı kanal olup olmadığı kontrol edildi. Uygun olmayan köklerin yerine yeni örnekler hazırlandı. CT görüntüleri üzerinde Schneider yöntemine göre kök kanal eğimleri belirlendi(Şekil 1). Kökler kanal eğimleri göz önünde bulundurularak her birinde 10 adet kök 20 adet kanal olan benzer 3 gruba ayrıldı.



Şekil 1. CBCT ile kök kanal eğimlerinin belirlenmesi

3.1.Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi Mikro-BTTaramalarının Yapılması

Kök kanallarının preparasyon öncesi ölçümlerinin yapılması amacıyla çalışmaya dahil edilen dişler, köklerin sadece koronal 1-2 mm'lik kısımları akriliğin içinde kalacak şekilde, daire şeklindeki şeffaf akrilik resin bloklar içine gömüldüler. Bu sabit sistem Mikro-BT'nin tutucu kısmına sabit bir şekilde oturacak; köklerden ikinci taramada da aynı konumda görüntü alınmasına olanak sağlayacak şekilde tasarlandı. Daha sonra akrilik bloklara gömülmüş olan örnekler, preparasyon öncesi kanal şekillerinin belirlenebilmesi için SkyScanmikro-BT(SkyScan 1172, X-ray microtomograph, Antwerp, Belgium) cihazı ile tarandılar (Şekil 2).



Şekil 2. Şeffaf akrilik resin bloklar içine gömülen örneklerin taranması

Teknik olarak taramalar SkyScan 1172 mikro-BT cihazı ile 13,6 μm izotropik çözünürlük ve 80 kV'da yapıldı (Şekil3). Taramalar 0,4 derece dönme açısı ve toplam 360 dikey dönme açısı ile gerçekleştirildi. Örnekler ortalama 70 dakika süreyle tarandı. Taramalar sonunda her örnek için 480 tane ham görüntü elde edilerek TIFF formatında kaydedildi.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan SkyScan 1172 mikro-BT cihazı

3.2.Örneklerin Şekillendirilmesi

İlk görüntüleri elde edilen örneklerin ISO 10 numaralı K-tipi eğeler (Dentsply Maillefer) kullanılarak kök kanalları ve apikal açıklıkları kontrol edildi. Çalışma boyutu saptanırken lastik rondel takılı 10 no'lu K tipi paslanmaz çelik eğe kök kanalı içerisinde apikal foramenden görününceye kadar ilerletildi ve kanal boyu ölçüldü. Lastik rondelin konumu, referans noktası olarak kabul edilen düzleştirilmiş kökün okluzal düzlemdeki yüzeyine göre ayarlandı. Rondel yardımıyla saptanan bu boydan 1 mm çıkarılarak çalışma boyu saptandı. Her grup farklı eğe sistemi ile üretici firma talimatlarına uygun olarak şekillendirildi. Kanalların şekillendirilmesi sırasında aletlerin kanal içerisinde kolayca ilerleyebilmesi için lubrikant ajan olarak RC-Prep (Premier Dental Products co. Premier Dental, Kanada) kullanıldı.

3.2.1. A Grubu: ProTaper Universal NiTi Döner Sistem

Bu gruptaki 20 adet mezial kök kanalı ProTaper Universal NiTi döner sistemin S1-F2 aralığındaki eğeleri (Şekil 4) ile şekillendirildi. SX eğesi dişler koronal bölgede değerlendirme yapılmayacak şekilde hazırlandığı için kullanılmamıştır. ProTaper NiTi

eğeler tork kontrollü endodontik motor (VDW.Silver Reciproc Endo Motor) ve 6:1 redüksiyonlu VDW. Silver Reciproc Anguldruva ile kullanıldı. Her iki örnek şekillendirmesi sonrasında yeni ege serisi kullanımına geçildi. Bütün eğerler için hız 250 rpm olarak belirlendi. Her eğerin tork değeri olarak aşağıdaki değerler ayarlandı:

- S1 300 g.cm (3 N.cm)
- S2 100 g.cm (1 N.cm)
- F1 150 g.cm (1.5 N.cm)
- F2 300g.cm.(3 N.cm)



Şekil 4. Çalışmada kullanılan ProTaper Universal NiTi döner aletler ve kesiti

Kanalın koronal 2/3'ü S1 eğerleri kullanılarak fırçalama hareketi ile şekillendirildi. S2 eğesi çalışma boyunca fırçalama hareketi ile kullanıldıktan sonra F1 ve F2 eğesi fırçalama yapmadan içeri dışarı hareket ile basınç uygulamadan kullanıldı. Kanal şekillendirme işlemi F2 eğesi ile bitirildi. Her ege kullanımından sonra 1,5 ml %5,25'lik NaOCl ile irrigasyon yapıldı. Şekillendirme işlemi bitince kanal içerisindeki debris ve NaOCl 10 ml distile su ile uzaklaştırıldı.

3.2.2. B Grubu: Reciproc NiTi Resiprokasyon Sistemi

Bu gruptaki 20 adet mezial kök kanalı Reciproc (VDW, Munich, Germany) NiTi resiprokasyon sistemi enstrümanı R25 ile şekillendirildi. Enstrüman, VDW.Silver Reciproc Endomotor' a bağlı 6:1 redüksiyonlu VDW.Silver Reciproc Anguldruva ile kullanıldı (Şekil5). Her örnek şekillendirilmesi için yeni ege kullanıldı. Şekillendirme için motorun hafızasında kayıtlı olan, önceden ayarlanmış hız, tork ve resiprokasyon

açıları değerlerine sahip resiprokasyon sistemi programı "RECIPROC ALL" kullanıldı.



Şekil 5. Çalışmamızda kullanılan resiprokasyon sistemi enstrümanı ve anguldruva

Şekillendirme işlemine başlarken alt çene büyükazı dişlerin anatomisinden dolayı dar kanallarda kullanılan R25 enstrüman seçildi. VDW.Silver Reciproc Anguldruva'ya takıldı. "RECIPROC ALL" motor ayarı seçildi. Eğe üzerindeki stoper çalışma boyunun 2/3'üne ayarlanarak sabitlendi, eğe kanal dışına tamamen çekilmeden, kanal içerisine doğru, 3-4 mm'yi aşmayan yavaş içeri-dışarı "Gagalama Hareketi" (Pecking Motion) ile ilerletildi. Üç içeri-dışarı hareketten sonra, ya da eğenin kanal içerisinde daha fazla ilerlemesi için daha fazla apikal basınç gerekli olduğunda, dirençle karşılaşıldığında, eğe kanaldan çıkartılarak üzerindeki debris temizlendi. Kanal %5,25'lik 1,5 ml NaOCl ile irrigate edildi ve ISO 10 nolu bir K-tipi eğe ile çalışma boyuna ilerlenerek kanalın tıkalı olup olmadığı kontrol edildi. Bu şekilde, R25 enstrüman çalışma boyunun 2/3'üne ulaşana kadar kullanıldı. Enstrüman kanaldan çıkartılarak kanal tekrar irrigate edildi. Kanalın koronal 2/3'ü şekillendirildikten sonra, şekillendirmeye R25 enstrüman çalışma boyuna ulaşana kadar aynı şekilde devam edildi. Çalışma boyuna ulaşır ulaşmaz, R25 enstrüman kanaldan çıkartılarak şekillendirme işlemi tamamlandı. Şekillendirme işlemi sonrası kanal içerisindeki debris NaOCl ve 10 ml distile su ile uzaklaştırıldı.

3.2.3. C Grubu: Oneshape Tek Eğe Rotasyon Sistemi

Bu gruptaki 20 adet mezial kök kanalı OneShape(Micro-Mega, Besanc,on Cedex, Fransa) tek eğe rotasyon sisteminin mevcut olan tek eğesi 25 numaralı eğe ile VDW.Silver Reciproc Endomotor'a bağlı 6:1 redüksiyonlu VDW.Silver Reciproc Anguldruva ile firma tarafından tavsiye edilen 400 rpm hız ve 400 g.cm (4 Ncm) tork ile kullanıldı(Şekil 6).



Şekil 6. Çalışmamızda kullanılan OneShape tek eğe rotasyon sistemi enstrümanı

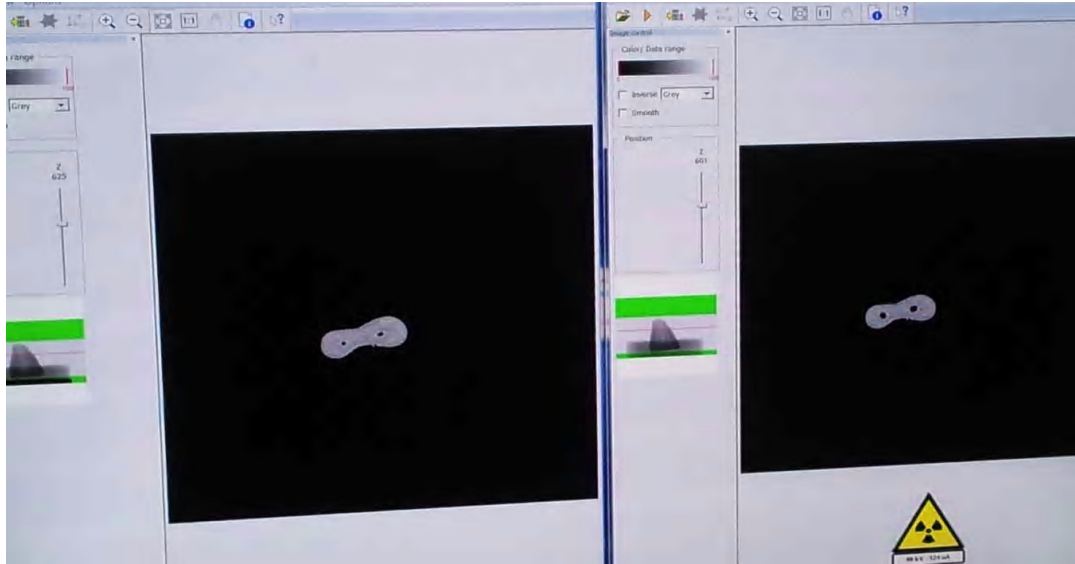
Eğe ile kanal çalışma boyunun 2/3 kadar aşağı yönlü içeri, dışarı (gagalama hareketi) hareket ile basınę uygulanmadan ilerlendi. Apikale doğru hafif de olsa bir direnę ile karŐılaŐıldıęı zaman eğe geri çekilip 1,5 ml % 5.25 lik NaOCl ile irrigasyon yapıldı, ve üzerindeki debrıs temizlendi. Bu Şekilde çalışma boyunda ilerlendi. Şekillendirme iŐleminini takiben; kanal içerisindeki debrıs ve NaOCl kalıntılarını 10 ml distile su ile uzaklaştırıldı.

3.3. Şekillendirme Sonrası Mikro-BTTaramalarının Yapılması

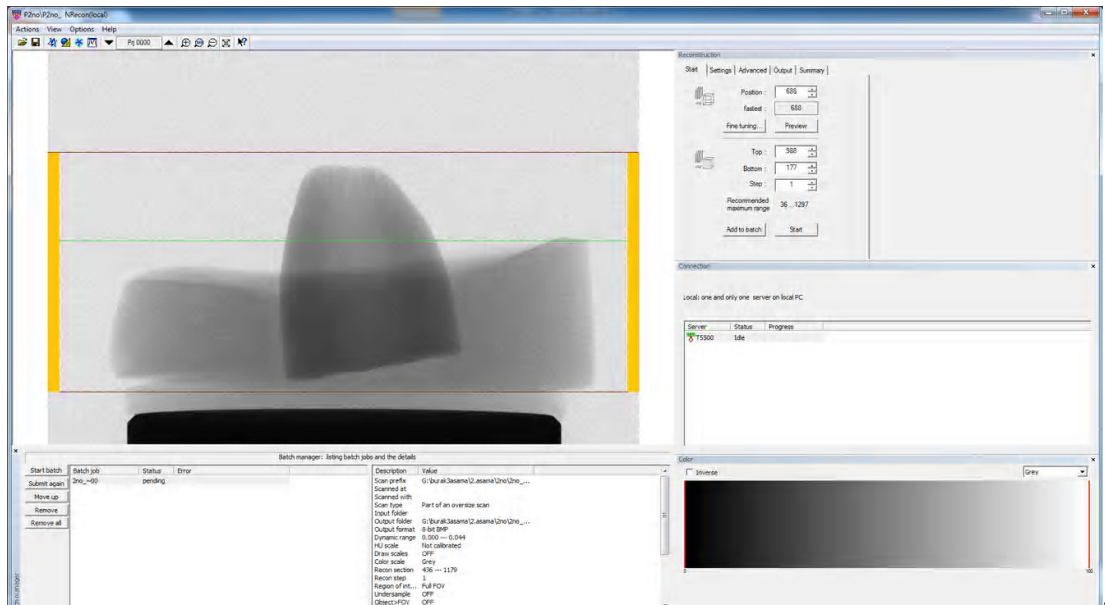
Akril rezin bloklar içine gömülmüş olan örnekler tarayıcının tutucu kısmına aynı pozisyonda tekrar yerleştirilerek Őekillendirilmif örneklerin tarama işlemi geręekleŐtirildi.Mikro-BT'nin tarama parametreleri aynı olacak Şekilde taramalar yapıldı. Görüntülemenin hangi diŐten yapıldığı bilgisayar ortamına kaydedildi(Şekil 7). Daha sonra apikal kısımda meydana gelen transportasyonun ve aletlerin merkezi konumlanma değerlerinin apikalden itibaren 7 mm'lik kesitler üzerinde değerlendirilmesi aŐamasına geçildi.

Mikro-BT taraması sonrası elde edilen ham görüntüler SkyScan NRecon (NRecon v.1.6.9, Bruker Micro-BT, Kontich, Belęika) programını kullanılarak görüntü kirlilikleri

ve radyolojik artefaktlar elimine edildi ve matematiksel analiz için hazır hale getirildi. (Şekil 8).

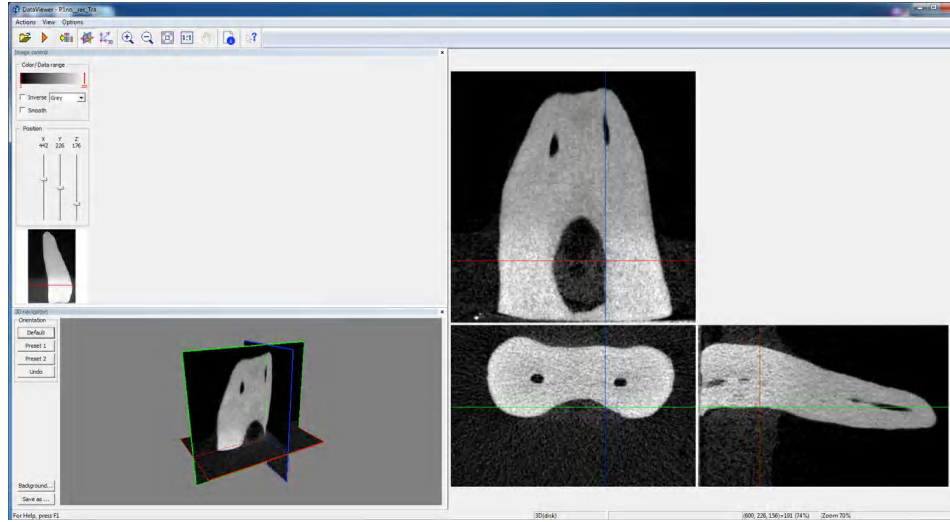


Şekil 7.Şekillendirme işlemi öncesi ve sonrası ham görüntü kesit örneği



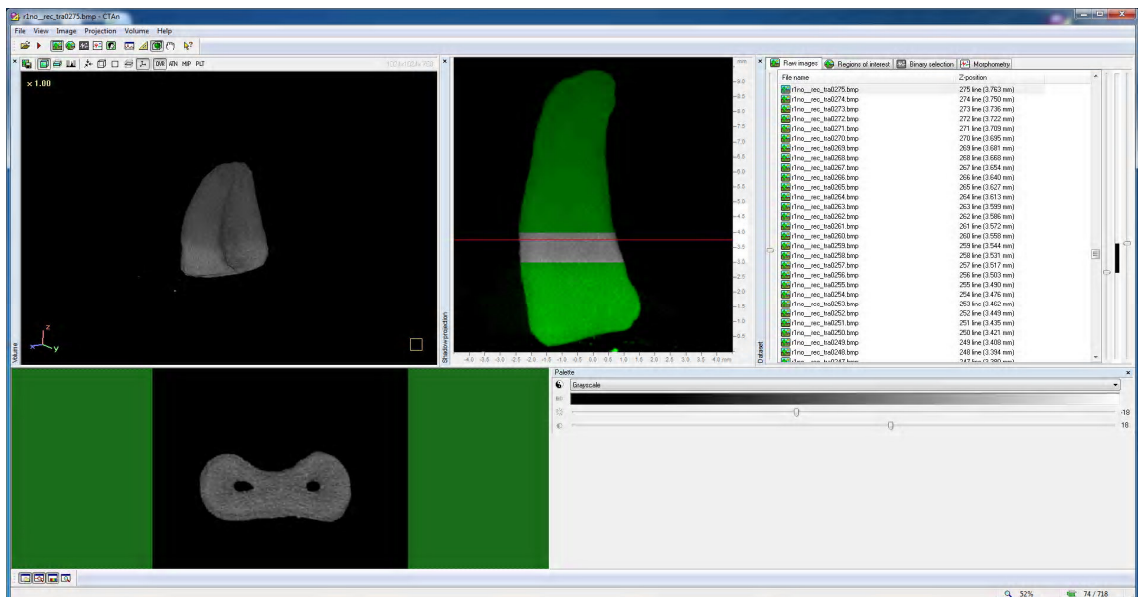
Şekil 8. Taraması sonrası elde edilen ham görüntülerin işlenmesi ve analiz için hazır hale getirilmesi

İşlenen radyolojik görüntüler Sky Scan Data Viewer 1.5.0. 64 bit (Bruker Micro CT, Skyscan, Contich, Belçika) programı kullanılarak uzayın her üç düzleminde yeniden konumlandırıldı ve radyolojik görüntü alanları dışındaki bölgeler uzaklaştırılarak boyutları matematiksel analizin daha hızlı yapılabilmesi için küçültüldü (Şekil 9).

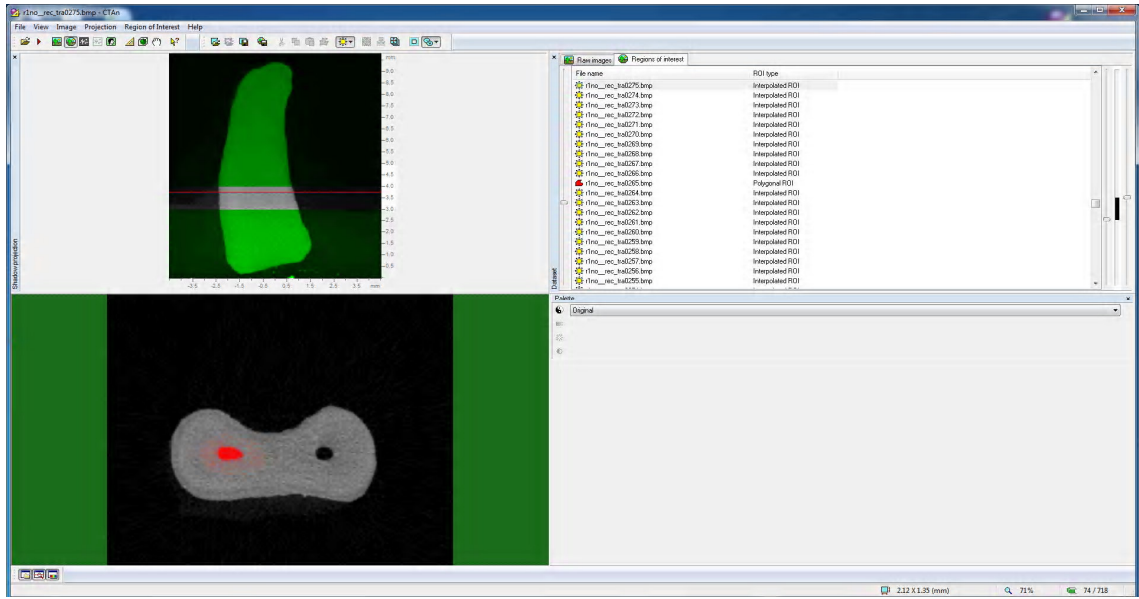


Şekil 9. İşlenen görüntülerin boyutlarının düzenlenmesi

Elde edilen yeni veri serisi CT An 1.13.5.1 (Bruker Micro CT, Skyscan, Contich, Belçika) programına yüklendi ve vertikal boyutta en alt ve en üst kesit seçildi. Kesitlerin tespitinde apikal 1. mm'den koronal 7. mm'ye kadar ölçüm aralığı belirlendi (Şekil 10).

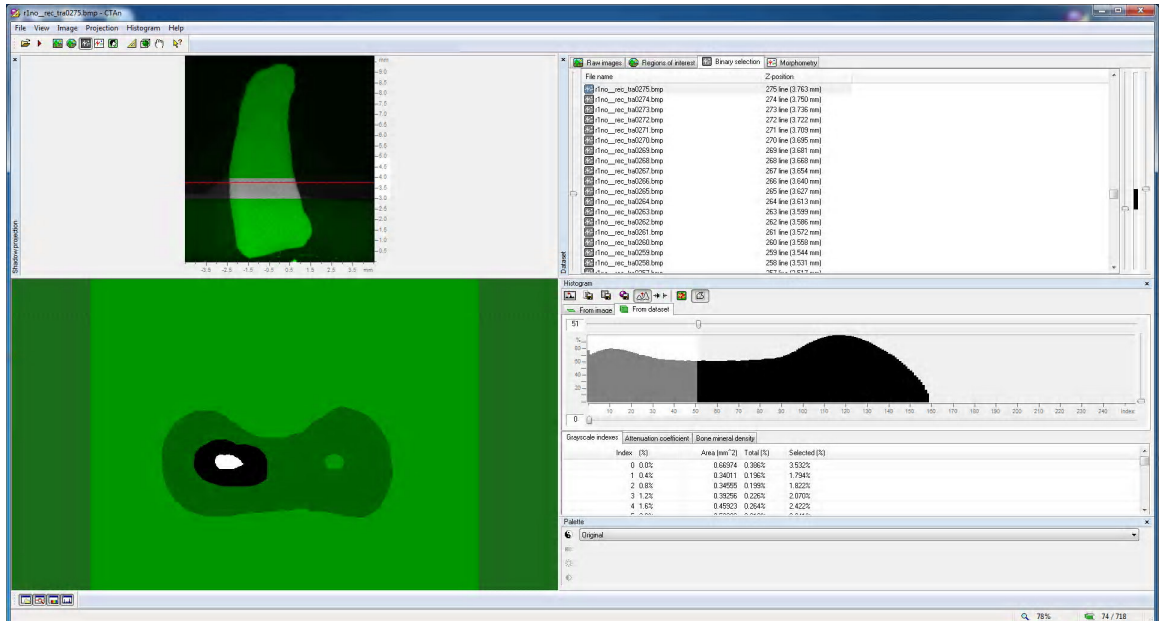


Şekil 10. Eşik değeri (threshold) aralığının belirlenmesi

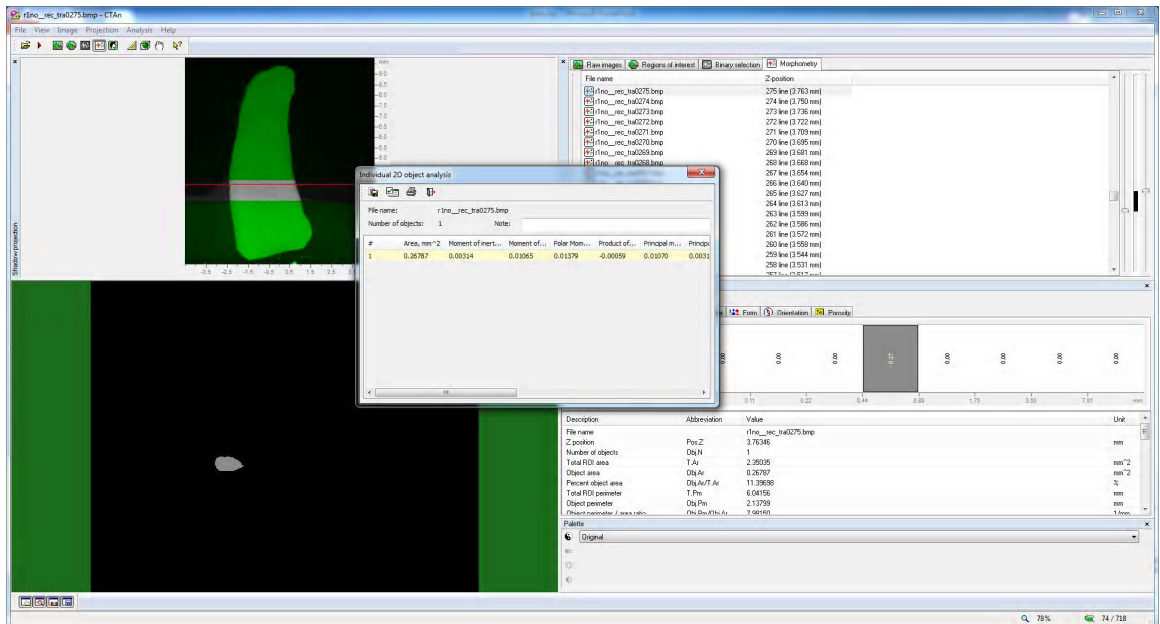


Şekil 11.Bölgesel olarak tek kanalın seçilmesi

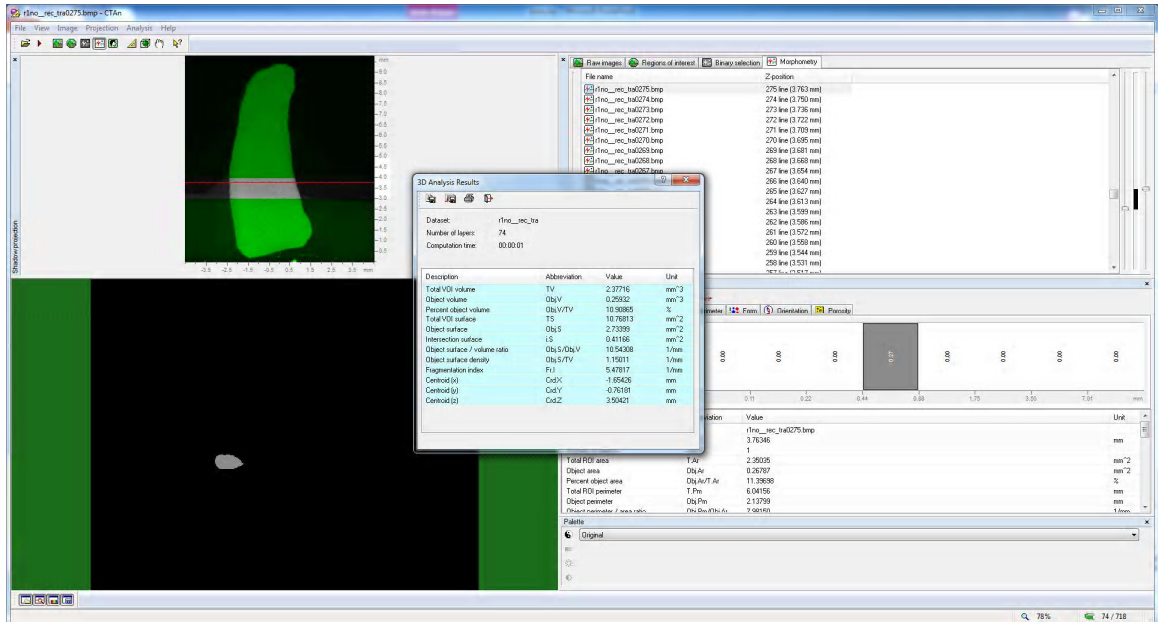
CTAn 1.13.5.1 (Bruker Micro CT, Skyscan, Contich, Belçika) programında bölgesel olarak ayrıştırma (region of interest) fonksiyonu kullanılarak bukkal ve lingual olarak iki kanal birbirinden ayrıldı (Şekil 11). Hem bukkal hemde lingual kanal için programdaki ikili seçme (binary selection) işlemine sayfasına geçilip seçilen kök kanal bölgesi beyaz renk ile belirlenecek şekilde çalışma aralığı (thereshold) tespit edildi (Şekil 12). Daha sonra morfometri sayfasına geçilerek ilk aşamada iki boyutlu olarak seçilen kesitte kök kanalının alanı belirlendi (Şekil 13), ikinci aşamada ise üç boyutlu olarak seçilen kesitlerde kök kanalının hacmi tespit edildi (Şekil 14).



Şekil 12. İkili seçme (binary selection) işlemi



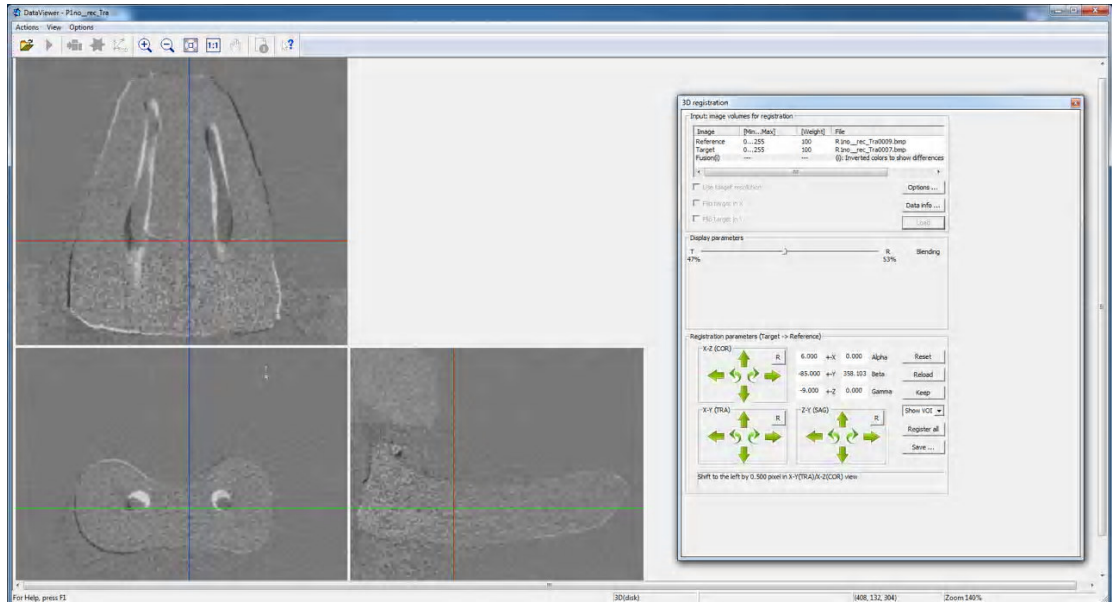
Şekil 13: İki boyutlu olarak kök kanal alanının ölçülmesi



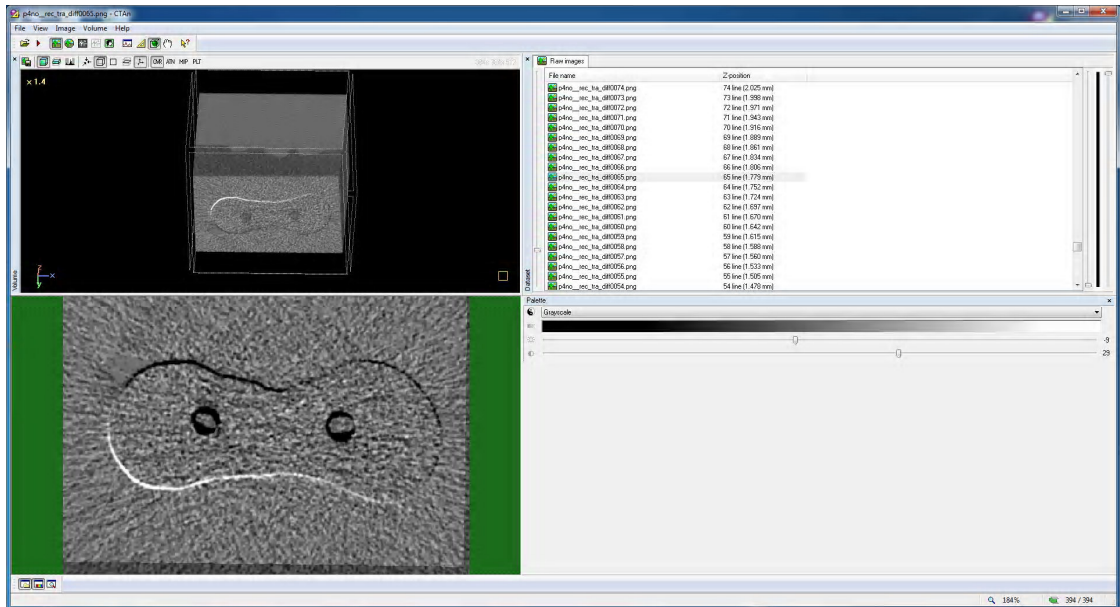
Şekil 14. Üç boyutlu olarak kök kanal hacminin belirlenmesi

Kök kanal şekillendirme işlemi sonrası meydana gelen transportasyonun ölçümünün yapılabilmesi için; şekillendirme öncesi ve sonrası elde edilen görüntülerin çakıştırılması gerekmektedir. Bu aşamada yeniden Sky Scan Data Viewer 1.5.0. 64 bit (Bruker Micro-BT, Belçika) programında işlem (actions) menüsünden 3D kayıt (registration) fonksiyonu seçilerek öncelikle şekillendirme işlemi öncesi daha sonra şekillendirme işlemi ve sonrası elde edilen iki veri serisi yüklendi ve birbiri üzerine kaynaştırma (füzyon) komutu ile iki veri aynı sayfada açıldı ve kayıt (registration) fonksiyonu kullanılarak iki veri her üç düzlemde dışın dış sınırları referans alınarak 3 boyutta çakıştırma işlemi uygulandı ve veri yeniden kaydedildi (Şekil 15).

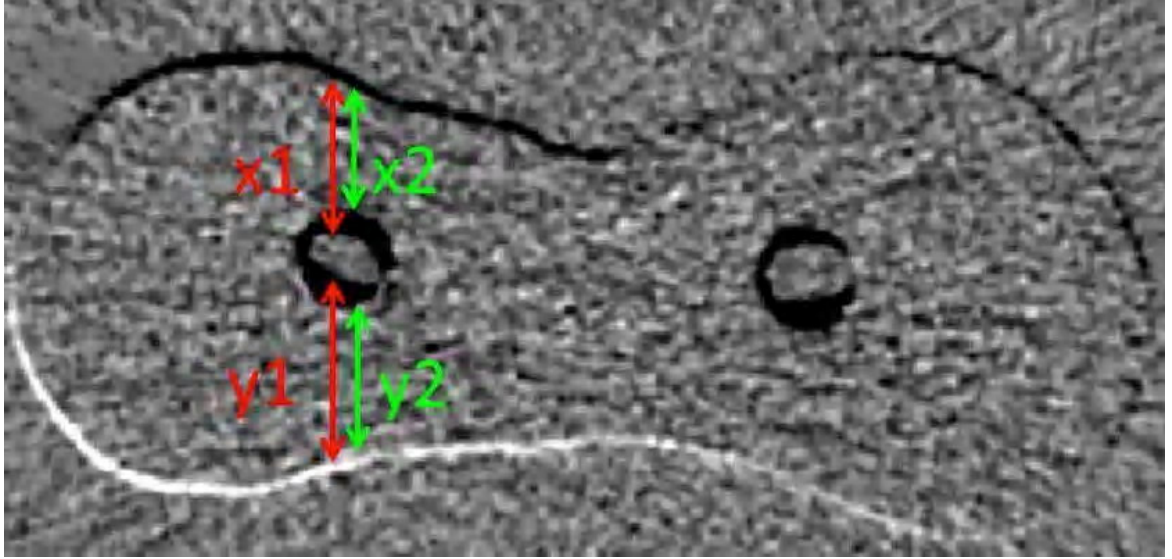
Kaydedilen veri yeniden CTAn 1.13.5.1 (Bruker Micro CT, Skyscan, Contich, Belgium) programında açıldı. CTAn programındaki ölçüm menüsünden transportasyon ile ilgili ölçümler standart noktalardan, aynı araştırmacı tarafından yapıldı (Şekil 16). Görüntüler daha sonra CTvox 2.6.0. (Bruker Micro CT, Skyscan, Contich, Belçika) programında 3 boyutlu hale getirildi. (Şekil 17).



Şekil 15. Üç boyutlu çakıştırma



Şekil 16-a. Transportasyon ölçümü



Şekil 16-b. Transportasyon ölçümü

Görüntüler üzerinde yapılan ölçümlerden elde ettiğimiz veriler ile transportasyon hesaplaması yapmak için kullandığımız formül(116):

$$\mathbf{I(x_1 - x_2) - (y_1 - y_2)I}$$

aynı verileri kullanarak merkezi konumlanmayı hesapladığımız formül(116):

$$(\mathbf{x_1 - x_2}) / (\mathbf{y_1 - y_2}) \text{ ya da } (\mathbf{y_1 - y_2}) / (\mathbf{x_1 - x_2})$$

Sonucun 1 bulunması mükemmel merkezi konumlanmayı göstermektedir



Şekil 17. Görüntülerin 3 boyutlu hale getirilmesi

3.4. İstatistiksel Yöntem

Tüm istatistiksel değerlendirmeler bilgisayar ortamında SPSS paket programında (Statistical Package for Social Sciences, SPSS for Windows 15.0.1, SPSS Inc, Chicago, ABD) gerçekleştirildi. Öncelikle verilerin dağılımının normal olup olmadığı, her grup için örnek sayısı 30'un altında yer aldığından Shapiro-Wilks analizi aracılığıyla sorgulandı. Normalite değerlendirilmesinde tüm sonuçlar $P>0,05$ olduğundan dolayı parametrik test uygulanmasına karar verildi.

Her gruba ait ilgili seviyelerdeki kanal transportasyon, merkezde kalma miktarları alansal ve hacimsel değişiklik verilerinin maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandı. Bu gruplara ait ortalama değerler tek yönlü varyans analizi (one-way ANOVA) ve çoklu karşılaştırmalar da post-hoc Tukey Gerçek Önemli Farklılık-Honestly Significant Difference (HSD) istatistik testleri kullanılarak karşılaştırıldı. İstatistiksel açıdan anlamlı bir farklılığın göstergesi olarak $P<0,05$ değeri kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Farklı seviyelerdeki transportasyon miktarlarının her üç ege sistemi için ortalama değerleri, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri içeren tanımlayıcı istatistikleri ve gruplar arasındaki karşılaştırma sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara göre farklı seviyelerdeki transportasyon değerleri arasında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($P>0,05$). Farklı bölgelerdeki transportasyon miktarlarının gruplar arasındaki karşılaştırılmasında da benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmemiştir (Tablo 2). Transportasyon miktarı ortalama değer olarak en düşük OneShape grubunun apikal üçlüsünde yer almaktadır (0.075 mm). Ortalama transportasyon miktarlarının gruplar arasındaki dağılımı Grafik 1’de gösterilmiştir. Ortalama transportasyon değerleri ProTaper, Reciproc ve OneShape için sırasıyla 0,104; 0,125 ve 0,112 mm olarak tespit edilmiştir.

Tablo 1. Farklı seviyelerdeki transportasyon miktarlarının (mm) gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması

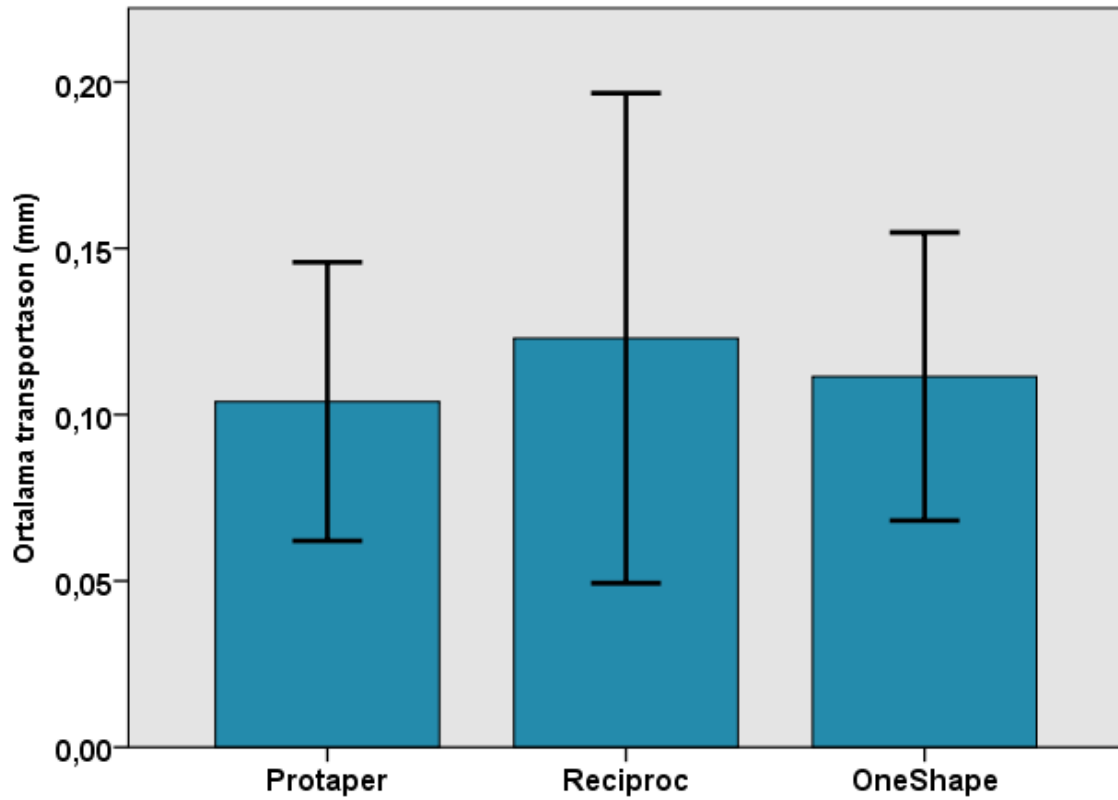
Kesitler	Gruplar	n	Ortalama (mm)	Std. Sap.	Minimum	Maksimum	P
1mm	ProTaper	20	0,134	0,165	0,001	0,685	0,076
	Reciproc	20	0,068	0,058	0,000	0,202	
	OneShape	20	0,067	0,051	0,005	0,159	
2mm	ProTaper	20	0,070	0,079	0,000	0,350	0,616
	Reciproc	20	0,074	0,077	0,000	0,312	
	OneShape	20	0,055	0,031	0,011	0,097	
3mm	ProTaper	20	0,060	0,052	0,001	0,200	0,501
	Reciproc	20	0,107	0,167	0,000	0,775	
	OneShape	20	0,102	0,168	0,013	0,794	
4mm	ProTaper	20	0,062	0,043	0,000	0,159	0,077
	Reciproc	20	0,102	0,080	0,013	0,321	
	OneShape	20	0,070	0,042	0,005	0,172	
5mm	ProTaper	20	0,154	0,098	0,030	0,460	0,360
	Reciproc	20	0,187	0,265	0,015	1,222	
	OneShape	20	0,108	0,100	0,000	0,359	
6mm	ProTaper	20	0,149	0,084	0,000	0,340	0,468
	Reciproc	20	0,181	0,111	0,012	0,377	
	OneShape	20	0,183	0,096	0,032	0,354	
7mm	ProTaper	20	0,099	0,088	0,000	0,307	0,101
	Reciproc	20	0,152	0,203	0,003	0,913	
	OneShape	20	0,194	0,094	0,001	0,317	

n: Örnek sayısı, Std. Sap: Standart sapma

Tablo 2. Farklı bölgelerdeki transportasyon miktarlarının (mm),gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması

Kesitler	Gruplar	n	Ortalama (mm)	Std. Sap.	Minimum	Maksimum	P
Apikal üçlü	ProTaper	20	0,088	0,067	0,011	0,257	0,779
	Reciproc	20	0,080	0,057	0,003	0,228	
	OneShape	20	0,075	0,055	0,015	0,290	
Orta üçlü	ProTaper	20	0,116	0,052	0,046	0,229	0,272
	Reciproc	20	0,155	0,108	0,044	0,514	
	OneShape	20	0,139	0,058	0,052	0,237	
Ortalama	ProTaper	20	0,104	0,042	0,042	0,182	0,547
	Reciproc	20	0,125	0,079	0,048	0,416	
	OneShape	20	0,112	0,043	0,038	0,215	

n: Örnek sayısı, Std. Sap: Standart sapma,



Grafik 1. Ortalama transportasyon miktarlarının gruplar arasındaki dağılımı

Farklı seviyelerdeki merkezde kalma oranlarının gruplar arasında karşılaştırılması Tablo 3'te gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara göre farklı seviyelerdeki merkezde kalma oranları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($P>0,05$). Ortalama merkezde kalma oranları arasında da benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 4). Farklı bölgelerdeki merkezde kalma oranları karşılaştırıldığında en düşük oranın OneShape grubunda orta üçlüde (%47 oranında) yer aldığı bulunmuştur. Merkezde kalma oranlarının gruplar arasındaki dağılımı Grafik 2'de gösterilmiştir. Ortalama merkezde kalma oranları ProTaper, Reciproc ve OneShape için sırasıyla %55, %54 ve %50'dir.

Tablo 3. Farklı seviyelerdeki merkezde kalma oranlarının gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması

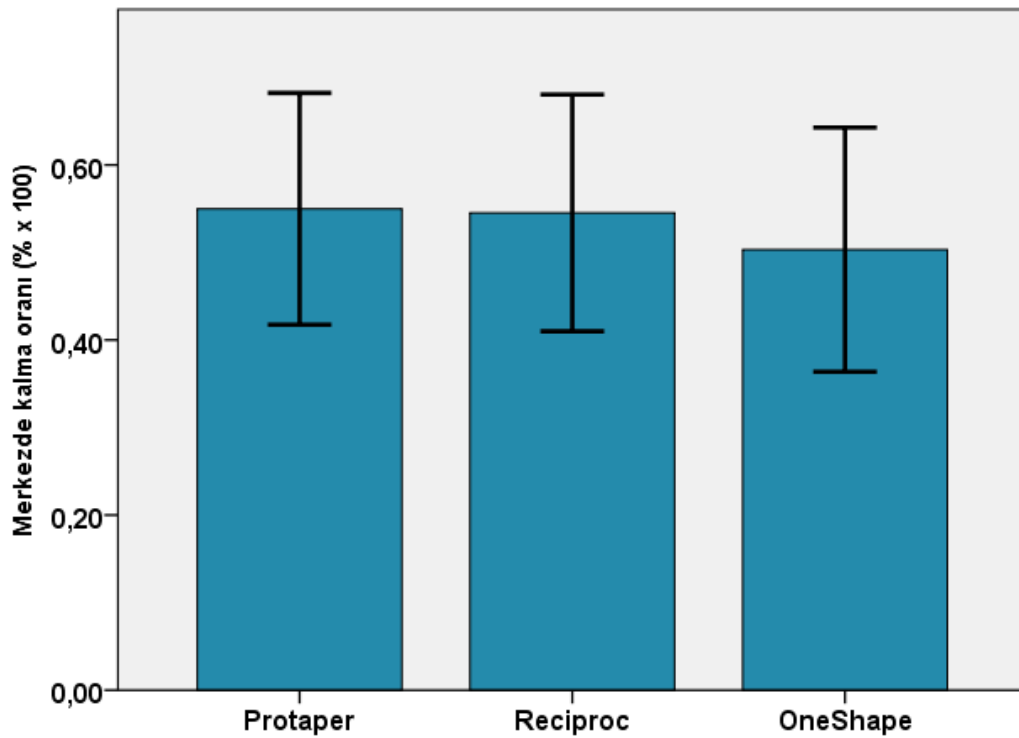
Kesitler	Gruplar	n	Ortalama	Std. Sap.	Minimum	Maksimum	P
1mm	ProTaper	20	0,401	0,286	0,028	0,985	0,728
	Reciproc	20	0,462	0,330	0,000	1,000	
	OneShape	20	0,469	0,267	0,092	0,896	
2mm	ProTaper	20	0,597	0,298	0,028	1,000	0,851
	Reciproc	20	0,629	0,265	0,032	1,000	
	OneShape	20	0,581	0,257	0,076	0,922	
3mm	ProTaper	20	0,681	0,220	0,174	0,995	0,456
	Reciproc	20	0,603	0,334	0,012	1,000	
	OneShape	20	0,582	0,227	0,182	0,917	
4mm	ProTaper	20	0,664	0,237	0,059	1,000	0,609
	Reciproc	20	0,595	0,254	0,030	0,953	
	OneShape	20	0,596	0,258	0,012	0,960	
5mm	ProTaper	20	0,447	0,225	0,000	0,868	0,569
	Reciproc	20	0,511	0,307	0,023	0,882	
	OneShape	20	0,535	0,274	0,016	1,000	
6mm	ProTaper	20	0,464	0,222	0,056	1,000	0,598
	Reciproc	20	0,434	0,297	0,011	0,934	
	OneShape	20	0,383	0,240	0,017	0,876	
7mm	ProTaper	20	0,595	0,290	0,000	1,000	0,071
	Reciproc	20	0,582	0,283	0,043	0,983	
	OneShape	20	0,378	0,304	0,018	0,994	

n: Örnek sayısı, Std. Sap: Standart sapma

Tablo 4.Farklı bölgelerdeki merkezde kalma oranlarının gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması

Kesitler	Gruplar	n	Ortalama	Std. Sap.	Minimum	Maksimum	P
Apikal üçlü	Reciproc	20	51%	31%	2%	88%	0,924
	ProTaper	20	56%	20%	17%	84%	
	Reciproc	20	56%	19%	25%	97%	
	OneShape	20	54%	12%	39%	91%	
Orta üçlü	ProTaper	20	54%	15%	27%	77%	0,392
	Reciproc	20	53%	17%	21%	81%	
	OneShape	20	47%	19%	16%	81%	
Ortalama	ProTaper	20	55%	13%	35%	75%	0,493
	Reciproc	20	54%	14%	20%	79%	
	OneShape	20	50%	14%	31%	86%	

n: Örnek sayısı, Std. Sap: Standart sapma



Grafik 2. Merkezde kalma oranlarının gruplar arasındaki dağılımı

Farklı seviyelerdeki alan değişimlerinin her üç eğe sistemi için ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerini içeren tanımlayıcı istatistik verileri ve gruplar arasındaki karşılaştırma sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur. Elde edilen bulgulara göre 3, 4, 5 ve 6 mm'de gruplar arasında sırasıyla $P=0,001$; $P<0,001$; $P=0,001$ ve $P=0,015$ değerinde istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir. Bu farklılıkların 3, 4 ve 6 mm'de Resiproc-OneShape grubu arasında, 5 mm'de ise ProTaper-OneShape grupları arasında olduğu belirlenmiştir. Farklı bölgelerdeki alan değişimleri karşılaştırıldığında (Tablo 6); apikal ($P=0,023$) ve orta ($P=0,004$) üçlüde gruplar arasında anlamlı fark görölmektedir. Alan değişimleri apikal üçlüde OneShape grubunda en az iken ($0,070 \text{ mm}^2 \pm 0,031 \text{ mm}^2$), orta üçlüde ise Resiproc grubunda en fazladır ($0,230 \text{ mm}^2 \pm 0,059 \text{ mm}^2$). Alan değişimlerinin gruplar arasındaki dağılımı Grafik 3'te gösterilmiştir. Alan değişimleri miktarı ProTaper, Reciproc ve OneShape için sırasıyla $0,050 \text{ mm}^2$; $0,048 \text{ mm}^2$ ve $0,048 \text{ mm}^2$ 'dir.

Tablo 5. Farklı seviyelerdeki alan değişimlerinin (mm^2) gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması ve takiben post hoc Tukey HSD karşılaştırmaları

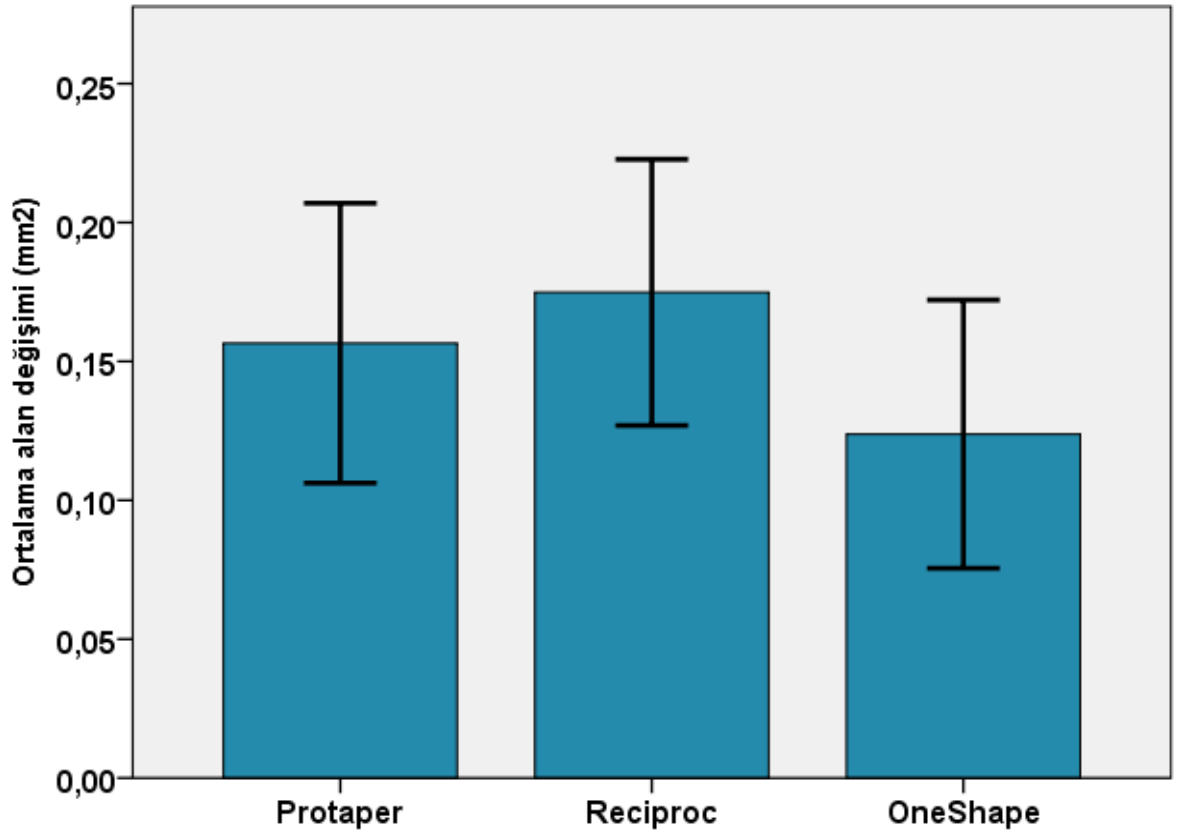
Kesitler	Gruplar	n	Ortalama (mm^2)	Std. Sap.	Minimum	Maksimum	P	ProTaper-Resiproc	Reciproc-OneShape	ProTaper-OneShape
1mm	ProTaper	20	0,044	0,029	0,003	0,102	0,197	0,216	0,325	0,966
	Reciproc	20	0,060	0,032	0,018	0,157				
	OneShape	20	0,046	0,029	0,000	0,110				
2mm	ProTaper	20	0,072	0,041	0,001	0,157	0,123	0,123	0,287	0,886
	Reciproc	20	0,099	0,048	0,009	0,226				
	OneShape	20	0,078	0,037	0,025	0,159				
3mm	ProTaper	20	0,115	0,048	0,020	0,179	0,001	0,118	0,001	0,125
	Reciproc	20	0,144	0,047	0,064	0,278				
	OneShape	20	0,087	0,041	0,017	0,158				
4mm	ProTaper	20	0,156	0,062	0,048	0,247	0,000	0,318	0,000	0,017
	Reciproc	20	0,183	0,062	0,074	0,330				
	OneShape	20	0,104	0,050	0,014	0,198				
5mm	ProTaper	20	0,207	0,066	0,103	0,319	0,001	0,660	0,660	0,012
	Reciproc	20	0,224	0,056	0,147	0,334				
	OneShape	20	0,148	0,065	0,013	0,299				
6mm	ProTaper	20	0,237	0,071	0,125	0,352	0,015	0,840	0,016	0,066
	Reciproc	20	0,251	0,077	0,137	0,449				
	OneShape	20	0,182	0,082	0,032	0,353				
7mm	ProTaper	20	0,264	0,078	0,112	0,408	0,209	0,998	0,286	0,263
	Reciproc	20	0,263	0,072	0,068	0,382				
	OneShape	20	0,222	0,104	0,039	0,406				

n: Örnek sayısı, Std. Sap: Standart sapma

Tablo 6. Farklı bölgelerdeki alan değişimlerinin (mm^2) gruplar arasındaki tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılması ve takiben post hoc Tukey HSD karşılaştırmaları

Kesitler	Gruplar	n	Ortalama (mm^2)	Std. Sap.	Minimum	Maksimum	P	ProTaper-Resiproc	Reciproc-OneShape	ProTaper-OneShape
Apikal üçlü	ProTaper	20	0,077	0,035	0,017	0,126	0,023	0,096	0,025	0,829
	Reciproc	20	0,101	0,041	0,030	0,220				
	OneShape	20	0,070	0,031	0,017	0,139				
Orta üçlü	ProTaper	20	0,216	0,065	0,110	0,315	0,004	0,759	0,004	0,029
	Reciproc	20	0,230	0,059	0,122	0,344				
	OneShape	20	0,164	0,065	0,025	0,289				
Ortalama	ProTaper	20	0,157	0,050	0,078	0,225	0,006	0,469	0,005	0,095
	Reciproc	20	0,175	0,048	0,099	0,291				
	OneShape	20	0,124	0,048	0,022	0,215				

n: Örnek sayısı, Std. Sap: Standart sapma



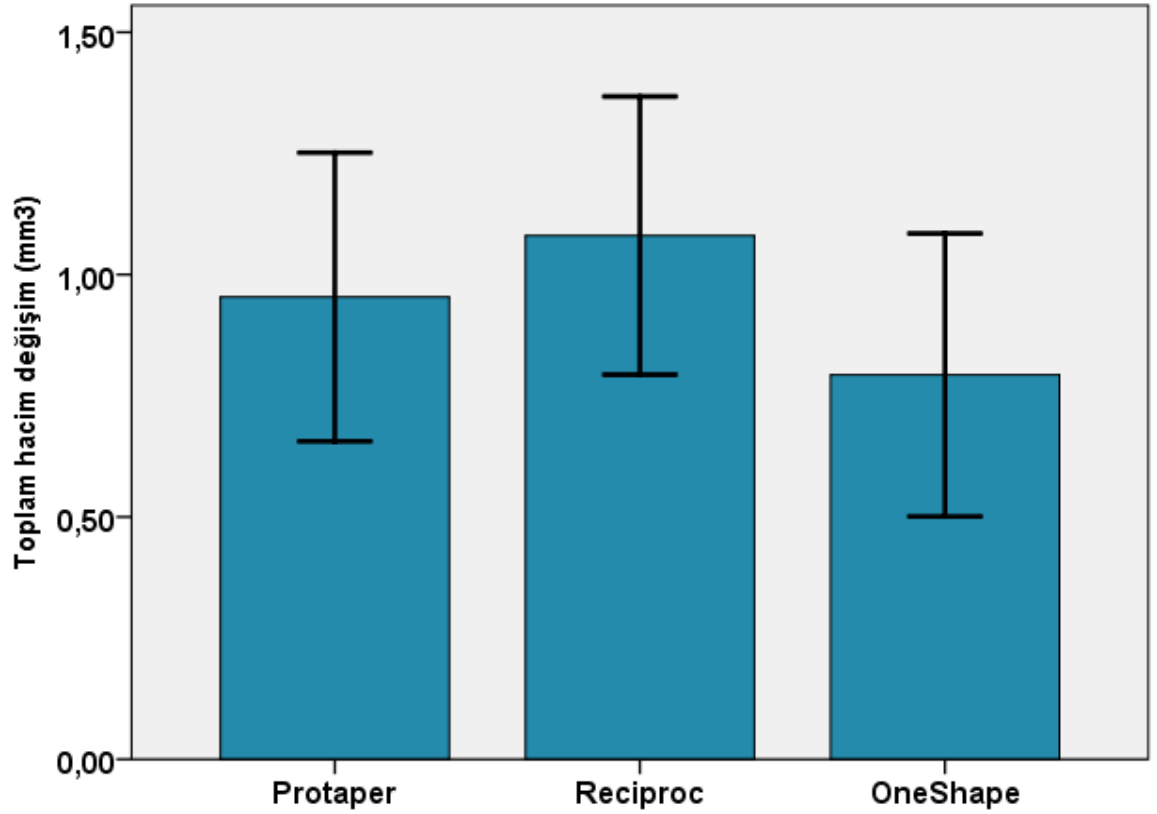
Grafik 3. Ortalama alan değişimlerinin gruplar arasındaki dağılımı

Farklı seviyelerdeki hacim değişimlerinin her üç eğe sistemi için ortalama değerleri, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri içeren tanımlayıcı istatistikleri ve gruplar arasındaki karşılaştırma sonuçları Tablo 7’de gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara göre 6 mm seviyesinde alınan kesitler hariç ($P=0,141$) diğer tüm seviyelerde istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmiştir. Bu anlamlı farklılıklar tüm kesitlerde Reciproc-OneShape grubu ile 2 mm seviyesinde ProTaper-Resiproc gruplarından kaynaklanmaktadır. Farklı bölgelerdeki hacim değişimleri karşılaştırıldığında orta üçlüde gruplar arasında anlamlı fark görülmektedir. Hacim değişimleri apikal üçlüde OneShape grubunda en az iken, ortalama üçlüde ise Resiproc grubunda en fazladır. Toplam hacim değişimlerinin gruplar arasındaki dağılımı Grafik 4’te gösterilmiştir. Toplam hacim değişimleri miktarı ProTaper, Reciproc ve OneShape için sırasıyla $0,954 \text{ mm}^3$, $1,081 \text{ mm}^3$ ve $0,793 \text{ mm}^3$ ’tür.

Tablo 7. Farklı seviyelerdeki hacim değişimlerinin (mm³) gruplar arasındaki karşılaştırılması

Kesitler	Gruplar	n	Ortalama (mm ³)	Std. Sap.	Minimum	Maksimum	P	ProTaper-Resiproc	Reciproc-OneShape	ProTaper-OneShape
1mm	ProTaper	20	0,073	0,031	0,010	0,139	0,009	0,842	0,010	0,044
	Reciproc	20	0,082	0,042	0,004	0,193				
	OneShape	20	0,101	0,183	0,005	0,865				
2mm	ProTaper	20	0,092	0,038	0,021	0,145	0,005	0,034	0,005	0,777
	Reciproc	20	0,125	0,044	0,042	0,254				
	OneShape	20	0,084	0,039	0,014	0,142				
3mm	ProTaper	20	0,133	0,055	0,036	0,216	0,000	0,086	0,000	0,044
	Reciproc	20	0,169	0,054	0,064	0,309				
	OneShape	20	0,092	0,047	0,017	0,196				
4mm	ProTaper	20	0,183	0,060	0,081	0,274	0,001	0,393	0,001	0,041
	Reciproc	20	0,209	0,059	0,121	0,337				
	OneShape	20	0,133	0,069	0,006	0,255				
5mm	ProTaper	20	0,225	0,072	0,094	0,366	0,009	0,842	0,010	0,044
	Reciproc	20	0,237	0,058	0,129	0,332				
	OneShape	20	0,173	0,069	0,040	0,341				
6mm	ProTaper	20	0,248	0,074	0,075	0,366	0,141	0,906	0,144	0,302
	Reciproc	20	0,259	0,068	0,087	0,363				
	OneShape	20	0,210	0,097	0,038	0,370				

n: Örnek sayısı, Std. Sap: Standart sapma



Grafik 4. Ortalama hacim değişimlerinin gruplar arasındaki dağılımı

Çalışmamızda test edilen “ProTaper, Reciproc ve OneShape NiTi döner eğe sistemlerinin şekillendirme etkinliği ve transportasyon şekillendirme öncesi alan hacim değişimi açısından farklılıkları yoktur” sıfır hipotezi elde edilen bulgular neticesinde red edilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Endodontik tedavinin en önemli aşamalarından biri olan kök kanal preparasyonu, kök kanalının mekanik ve kimyasal yolla temizlenmesi, şekillendirme işlemi ve kök kanal sisteminin dolgu için hazırlanması aşamalarını içerir. Kök kanal preparasyonunun amaçları: kök kanal şekillendirilmesi sırasında vital veya nekrotik enfekte pulpa dokusunu ve enfekte dentini tamamen uzaklaştırmak, böylece kök kanalındaki mikroorganizmaları mümkün olduğunca ortadan kaldırmak ve kullanılan kanal içi ilaç ve irrigasyon solüsyonlarının etkisini arttıracak uygun bir form verilerek dişin uzun yıllar fonksiyonunu sürdürmesi için kalan dentin yapısının korunmasıdır (1,48,134,135). Bu form kök kanalının orjinal şekline ve eğimine uygun en dar yeri apekte en geniş yeri kanal ağzında olan konik bir şekil olmalıdır (1). Başarılı bir endodontik tedavi için kök kanal preparasyonu, apikal yapının korunması ve periapikal dokuların sağlıklı bir şekilde devamlılığının sürdürülmesi açısından kritik önem taşımaktadır(136).

Kök kanal tedavisi sonrası karşılaşılan başarısızlıkların çoğu yetersiz ve uygun olmayan şekilde yapılmış kanal şekillendirme işlemlerinden kaynaklanmaktadır. Yetersiz ve uygun olmayan şekilde hazırlanmış basit anatomiye sahip bir kanalın doldurulması başarılı bir şekilde hazırlanmış kompleks kanalların doldurulmasından daha zordur (137).

Uygun olarak hazırlanmış kanal formu kök kanalının orjinal şekline ve eğimine uygun en dar yeri apekte en geniş yeri kanal ağzında olan konik bir şekil olmalıdır (1).

Eğri kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında kanalın orjinal eğiminin korunması ve özellikle apekte ve kök eğiminin iç kısmında kanal bütünlüğünü bozabilecek olan düzleşmenin önlenmesi gerekmektedir (77).

5.1. Şekillendirme Sistemlerinin Seçimi

Kanallardaki eğriliklerin mevcudiyeti durumunda kanalın anatomisinden kaynaklı olarak kök kanal tedavisi zorlaşmaktadır (31,77). Özellikle eğri kanallarda şekillendirme işlemi sırasında meydana gelen hataların (3,73,77) azaltılması amaçlanarak endodonti alanında her geçen gün farklı özelliklere sahip yeni sistemler geliştirilmektedir. Yapılan çalışmalarla, son dönemde geliştirilen NiTi dönen eğri sistemlerinin paslanmaz çelik el eğelerine göre üstün olup, kullanımlarında hata oranını en aza indirdiği (138), aşırı eğimli kanallarda bile kök kanal eğim devamlılığının başarılı bir şekilde korunabildiği rapor edilmiştir (7,12,139).

NiTi döner enstrümanlar, paslanmaz çelik enstrümanlarla karşılaştırıldığında süperelastisite ve şekil hafızasına sahip olmaları gibi pek çok üstünlüğe sahiptirler. NiTi döner enstrümanların şekillendirme işlemi sırasında eğimli kök kanallarına daha az lateral kuvvet uygulanmasını sağlayarak kanaldan sapma riskini azalttığı ve orjinal kanal şeklinin korunmasındaki etkinlikleri yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (101,140,141). NiTi enstrümanlarda kök kanal şekillendirme işlemi sırasında maruz kaldıkları stresler sebebi ile kırık meydana gelebilmektedir. Bu streslerin azaltılması ve kanalın orjinal form ve eğiminin korunması amacı ile, ProTaper enstrümanlar çoklu değişken konik yapıda tasarlanmıştır (101,142-147). Kanal eğiminin döngüsel yorgunluğa bağlı olarak oluşan enstrüman kırıklarında en önemli etken olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (19,101,140). NiTi enstrümanların resiprokasyon hareketi ile kullanılmasının, döngüsel yorgunluğu, döner hareketle kullanılan enstrümanlara göre azalttığı gösterilmiştir (145). NiTi döner sistemlerin bir dezavantajı da çapraz kontaminasyon riskidir. Enstrümanların tek sefer kullanımının önerilmesinin sebeplerinden birisi de bu durumu ortadan kaldırmaktır (147,143).

İlk olarak Yared (147) 2008 yılında ProTaper F2 enstrümanı çalışma boyunu belirledikten sonra enstrüman çalışma boyuna ulaşana kadar saat yönünde 144 tersi yönde 72 resiprokasyon hareketi ile kullanmıştır. Ardından De-Deus et al. ProTaper F2 enstrümanı tek eğe olarak kullanıp ProTaper döner sistem ile karşılaştıran çalışmalar yapmışlardır (144). Yared (147)'in çalışması ile hem tek eğe kullanımı hem de resiprokasyon hareketi ile kök kanal şekillendirmesi uygulamaya konmuştur ve son zamanlarda farklı firmalar tarafından resiprokal hareketle ve rotasyon hareketi ile çalışan tek eğe sistemleri piyasaya sürülmüştür. Tek eğe resiprokasyon hareketi kullanan Reciproc ve tek eğe rotasyon hareketi kullanan OneShape bu sistemlerdendir. Çalışmamızda da bu güncel kök kanal şekillendirme sistemleri incelenmiştir. Bu sistemler ve ProTaper döner sistem kullanılarak “Schneider” sınıflamasına göre aşırı eğimli kabul edilen 25-35 arasında eğime sahip, düz kanallara göre preparasyonu daha güç olan, alt 1. büyükazı dişinin mezial kökleri kullanılarak kanal şeklinde meydana gelen değişiklikler daha belirgin olarak izlenebilmiş ve kıyaslanabilmiştir.

Berutti et al.(148) şeffaf akrilik bloklarda ProTaper ve WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) şekillendirme sistemlerini kullanarak yaptıkları çalışmada ProTaper sisteminin kök kanalında daha fazla fazla düzleşme oluşturduğunu gözlemiştir. ElAyouti et al.(149) ProTaper sisteminin oval kanallardaki şekillendirme etkinliğini değerlendirmiş ve bu sistemi el aletlerinden daha iyi bulmuştur. Bürklein ve Schäfer (99) Reciproc sistemi Oneshape ve F360 tek eğe sistemi ile karşılaştırmışlar üç sisteminde orjinal kanal eğimini koruduğunu bulmuşlardır.

5.2. Eğimli Kök Kanallarına Sahip Dişlerin Seçilmesi

Farklı preparasyon yöntemlerinin ve kanal aletletlerinin şekillendirme sırasındaki etkinliği ve kök kanal formu üzerine etkileri genellikle çekilmiş insan dişlerinde(150-156) ve şeffaf akrilik bloklar (157) üzerinde incelenmektedir.

Şeffaf akrilik blok kullanılmasının kök kanal eğiminin sadece bir yönde oluşturulması, yapay bir ortamda çalışılması (158), preparasyon sırasında ortaya çıkan ısının akriliği yumuşatması, yumuşayan (38) akriliğin enstrümanlar üzerine yapışması, gates frezlerin kullanımı sırasında deforme olması(159), kanal boyu ve eğiminin standardizasyonunun güç olması(160) gibi dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca kök kanal şekillendirme çalışmalarında kullanılan materyalin mikrosertliği önem taşımaktadır (161). Dentinin

mikrosertliği bölgesel olarak ve dişten dişe farklılık göstermekle birlikte pulpaya yakın alanlarda 35 kg/mm^2 iken şeffaf akrilik blokların mikrosertliği $20\text{-}22 \text{ kg/mm}^2$ arasında değişmektedir. Dentin ve akriliğin mikrosertlikleri arasındaki bu farklılıktan dolayı akriliğe dentine uygulananın yarısı kadar kuvvet uygulanmasını gerektirmektedir (162). Bu durum da şeffaf akrilik blokların şekillendirme çalışmalarında kullanımının dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir başka dezavantajı da akril ve dentin talaşlarının boyutlarının da aynı olmamasıdır (161,162). Bu durum sonuç olarak debrisin uzaklaştırılmasını zorlaştırıp, kanalların tıkanma eğilimi ile şekillendirme prosedürünü olumsuz etkilemektedir. Her ne kadar gerçek dişler, kök kanal morfolojisi açısından birbirleriyle büyük farklılıklar gösterse de şekillendirme tekniklerinin incelenmesinde hala en iyi seçenek olarak gözükmektedirler (163). Akrilik blokların bu dezavantajları göz önüne alınarak, çalışmamızda *in vitro* güvenilirlik düzeyi klinik koşullara en yakın olan çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır. Kök kanal şekillendirme işlemleri sırasında klinisyenleri dar ve eğimli kanalların şekillendirilmesi zorlamaktadır. Wu et al. (164) dar ve eğimli kanallarının şekillendirilmesi ve doldurulmasından sonra kök kanal dolgusunun kalitesinin değerlendirilmesi ile ilgili yaptıkları çalışmalarında mandibular bykazy dişlerinin mezial köklerini kullanmışlardır. Bu çalışmada dar ve eğimli kanalların genişletilmesinin ve doldurulmasının zor olabileceği gösterilmiştir. Capar et al.(165) altı şekillendirme sisteminin kök kanallarında oluşturduğu transportasyon ve hacimsel ve alansal değerimlerini, CBCT kullanarak değerlendirdikleri çalışmalarında; alt 1. bykazy dişlerinin mezial köklerini kullanmışlardır. Loizides et al. (166) iki NiTi şekillendirme yönteminin kök kanal geometrisi üzerine etkilerini mikro-BT kullanarak değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında alt 1. bykazy dişlerin mezial köklerini kullanmışlardır. Köklerin mikro-BT cihazının işın kaynağına yakın konumlanabilmesi ve mesial kök üzerinde oluşabilecek sprepozisyonların önlenmesi için distal kökleri uzaklaştırmayı tercih etmişlerdir (166). Ceyhanliet al.(51)  şekillendirme sisteminin oluşturduğu apikal transportasyonu mikro-BT kullanarak değerlendirdikleri çalışmada distal kökleri uzaklaştırarak $25^{\circ}\text{-}35^{\circ}$ arasında eğime sahip alt 1. bykazy dişlerin mezial köklerini kullanmışlardır.

Bu çalışmada, diğer çalışmalara benzer olarak, farklı sistemlerin kanal şekillendirme etkinliklerini ve oluşturdukları transportasyonu değerlendirmede, Schneider (106)

sınıflamasına göre aşırı eğimli kabul edilen, 25°-35° arasında eğime sahip, düz kanallara göre preparasyonu daha güç olan, alt 1. büyükazı dişinin mezial köklerini kullanılması tercih edildi.

5.3. Şekillendirme Sonrası Kök Kanallarında Oluşan Değişikliklerin Değerlendirilmesi

Şekillendirme sonrası kök kanallarında meydana gelen değişikliklerin, şekillendirme öncesiyle karşılaştırılarak değerlendirilebilmesi için SEM, ışık mikroskobu, histolojik çalışmalar, stereomikroskopi çalışmaları, şeffaştırma, radyografik çalışmalar ve CT gibi birçok yöntem kullanılmaktadır (64,137,167-171).

Stereomikroskop ile elde edilen preparasyon öncesi ve sonrası fotoğrafların çakıştırılması (172)optik mikroskop görüntülerinin video kamerayla bilgisayara aktarılması (161), preparasyon öncesi ve sonrası fotoğrafların yansıtılarak çizilmesi, kök kanalları içine radyopak madde enjekte edilerek standart radyografların veya dijital görüntülerinin elde edilmesi(173), CT ve mikro-BT yöntemleri uygulanmaktadır. Calhoun ve Montgomery (111), Leseberg ve Montgomery (173) kök kanallarında preparasyon öncesi ve sonrası elde edilen enine kesit görüntülerinin, stereomikroskop ile incelendiği "Bramante" yönteminin bu tür çalışmalar için güvenilir olduğunu bildirmişlerdir. Coleman et al.(174) yaptıkları çalışmada kesme işleminden sonra separenin bıraktığı boşlukları klinik uygulama sırasında oluşan basamaklara benzetmiştir. Separenin etkisiyle klinik uygulamalarda basamağa benzer oluşumların meydana geldiğini belirtmişler, orta ve apikal bölgede kanal aletlerinin bu boşlukları geçerken zorlandığını bildirmişlerdir. Ayrıca bu teknikte en fazla üç ya da dört bölgeden enine kesit alınabilmekte, daha sık aralıklar ile enine kesitler alınması ise diş dokusundan fazla madde kaybına neden olabilmektedir.

Calhoun ve Montgomery (111) ve Backman et al.(175)yaptıkları çalışmalarda standart radyografileri kullanmışlardır. Bu çalışmalarda şekillendirme öncesinin ve sonrasının standart radyografilerle değerlendirilebileceği belirtilmiştir. Ancak bu yöntem; radyografilerin çekiminin ve banyonun standart şekilde yapılmasının sağlanamaması, ölçümlerde oluşabilecek hatalar gibi problemlere sebep olabilmektedir. Dijital radyografiler geleneksel radyografilerle kıyaslandığı zaman şekillendirme öncesi ve sonrası görüntülerin direkt olarak elde edilip bilgisayar ortamında saklanabilmesi gibi

bazı avantajlar sağlamıştır. Direkt dijital radyografilerde ölçümler bilgisayar ortamında yapılabilmektedir ve banyodan kaynaklanan standardizasyon problemi ortadan kalkmıştır. Ancak standart ve dijital radyografilerin iki boyutlu olup ve röntgen tüpünün açılmasında meydana gelen değişikliklerden kaynaklanan hataların ölçümleri olumsuz etkilemesi de meydana gelebilecek dezavantajlardandır (79). Ayrıca radyografik yöntemlerde örneklere zarar vermeden kesit görüntüleri elde etmek mümkün değildir.

Son yıllarda, kök kanal sisteminin 3D modellerinin çıkarılması ve bu modeller üzerinden kök kanalındaki değişimlerin incelenmesine olanak sağlayan mikro-BT'nin endodontik araştırmalarda uygulanmaya başlanması ile birlikte (23,124,132), bu alanda yapılan çalışmalar yeni bir boyut kazanmıştır. Görüntüleme yöntemlerine dayanan çalışmalarda geniş kullanım olanağı sağlayan mikro-BT, günümüzde başta endodonti olmak üzere diş hekimliğinde de birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Mikro-BT'lerle yapılan değerlendirmeler daha önceden kullanılan yöntemlere göre birçok avantaj taşımaktadır.

Üç boyutlu incelemelere ait ilk örnekler Berutti (176) Blaskovic-Subat et al.(177), Hirano ve Aoba (178) tarafından, seri kesitler üzerinden bilgisayar kullanılarak yapılmıştır. Ancak, bu çalışmalarda kesit kalınlığı 0,5-0,7 mm arasında olduğundan ayrıntıları incelemede yetersiz kaldığı bildirilmiştir.

Endodontide CT görüntüleme yöntemi ile değerlendirme yapılabileceği ilk kez Tachibana ve Matsumoto tarafından ileri sürülmüştür(179). Bununla birlikte o dönemlerde görüntüleme programlarının yetersiz oluşu ve yöntemin oldukça pahalı olması CT'nin endodontide klinik kullanımının sınırlı kalmasına neden olmuştur.

Son yıllarda mikro-BT çözünürlüğü; 81µm'den başlayıp, 10µm'den daha ince kesitler elde edebilecekhale gelmiştir (119,180,124). Ayrıca yöntemin hızlı olması, doğruluğunun yüksek olması, tekrarlanabilir olması ve kök kanallarının değerlendirilmesinde non invaziv bir yöntem olması daha önceden adı geçen tekniklere belirgin bir üstünlük sağlamaktadır (124,128).

Sonrasında geliştirilen mikro-BT yöntemi, dönen NiTi eğelerin değerlendirilmesinde son 10 yıldır sıklıkla kullanılmaktadır (22,49) ve gösterdiği gelişmeler sayesinde

günümüzde sert dokuların iç anatomilerinin incelenmesine farklı bir boyut kazandırmıştır (98,181).

1990'lı yıllarda yapılan düşük çözünürlüklü çalışmaların (115,182) aksine, günümüzde gelişmiş yazılımlar kullanılarak yüksek çözünürlüklü mikro-BT çalışmaları yapılmaktadır. İlk yapılan mikro-BT çalışmalarında 68µm çözünürlükte gerçekleştirilen taramaların 4,5-6 saat kadar sürdüğü düşünülürse, günümüzde gelinen noktanın değeri çok daha iyi anlaşılabilir (183). Çözünürlüğün yeterli olmaması ayrıntıların azalmasına, detayların gerçeğinden çok daha az keskin görünmesine neden olur (184). Örneğin kök kanalında 100 µm çözünürlükte olan bir görüntüde bu çözünürlükten daha dar olan kanallar görülmez ve görüntü kalitesinin yetersizliği sayısal değerlendirme aşamalarının tümünde yorumların daha dikkatli yapılmasını gerektirir(182).

Mikro-BT cihaz ve tekniklerindeki gelişmeler, yüksek çözünürlükte ve örnek harabiyeti yapmadan 3-boyutlu görüntüleme yapılmasına olanak tanır (183). Mikrotomografi tekniği ile şekillendirme öncesi ve sonrası kanalda meydana gelen transportasyon gibi anatomik değişimlerin yanısıra kanal hacmi ve yüzey alanı değişikliklerinin ölçümü de mümkündür.

Bu çalışmamızda da şekillendirme çalışmalarının değerlendirilmesi için gerekli hassasiyetteki ölçümleri yapabileceğimiz, yüksek çözünürlükte görüntüler elde etmemize olanak verdiği ve non invaziv bir yöntem olduğu için mikro-BT yöntemi tercih edildi. Taramalarımız 13,6µm izotropik çözünürlük ile gerçekleştirildi.

5.4. Sistemlerin Şekillendirme Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Şekillendirme işlemi kök kanal tedavisindeki en önemli adımlardan biridir (138). Şekillendirme aşaması irrigasyonun etkinliği ve kanal kanal dolgusu (140) dahil olmak üzere tüm takip eden işlemlerin başarısını belirlemede önemlidir. Endodontik başarısızlıkların nedenlerini inceleyen Mayo et al.(5) yaptıkları çalışmada, başarısızlıkların %58'den fazlasının, kök kanal sisteminin şekillendirme yetersizliğinden dolayı tam olarak doldurulamamasına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızda değerlendirme kriterlerinden biri olan merkezde kalma oranı (centering ratio), orjinal kanalın, şekillendirme işlemi sonrasında, merkezde kalıp kalmadığını belirlemektedir. Merkezde kalma değerinin 1 olması mükemmel merkezde kalmayı

göstermektedir. Çalışmamızda kullandığımız üç farklı sistem arasında istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir. Ancak, enstrümanların hepsi kanal merkezinden bir miktar sapma göstermiş ve merkezde kalma değerleri bakımından mükemmel sonucu verememiştir.

Transportasyon, şekillendirme ile kanalın seyrinin değişmesi; belirli bir yöne doğru kayması olarak ifade edilebilir. Transportasyon ve merkezi konumlanma birbirleriyle ilişkili parametrelerdir. Merkezi konumlanma ve transportasyon arasında bir ters orantı kurulabilir. Merkezde kalarak şekillendirme yapan aletler daha az transportasyon oluşturacaklardır.

Bürklein et al. (69) ProTaper ve WaveOne şekillendirme sistemlerini akrilik bloklar kullanarak karşılaştırdığı çalışmada respirokale hareket ile çalışan tek eğe sistemi olan Waveone'ın, ProTaper ile karşılaştırıldığı zaman kanal orijinal kanal eğiminde daha az değişikliğe yol açtığı ve merkezde kalma değerinin daha iyi olduğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda WaveOne ile benzer tek eğe sistemi olan Reciproc, ProTaper ile karşılaştırıldığı zaman anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bu farklılık Reciproc ve WaveOne enstrümanların kesit farklılıklarından WaveOne enstrümanın Reciproc'a göre daha az keskin 3 kesici kenara sahip konveks üçgen formunda olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Capar et al. (165) alt 1.büyükazı dişlerinin mezial kanallarında CBCT kullanarak yaptıkları çalışmada aralarında OneShape, Reciproc, ProTaper eğe sisteminin de bulunduğu 6 eğe sistemini hacim değişimi, transportasyon ve merkezleme oranı açısından değerlendirmişler, sistemler arasında transportasyon, merkezleme oranı açısından bizim bulgularımız ile benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Aynı çalışmada OneShape enstrümanın Reciproc enstrümana göre daha az dentin uzaklaştırdığı görülmüştür. Bu durum bizim bulgularımızla da uyumludur. Ayrıca Resiproc enstrümanın ProTaper oranla daha fazla dentin kaldırdığı ve alansal değişime yol açtığı görülmüştür. Oval kanallarda ProTaper ve Reciproc enstrümanların karşılaştırıldığı başka bir çalışmada ProTaper sistemin Reciproctan daha fazla dentin uzaklaştırdığı gözlenmiştir(185). Bu çelişkili bulgunun, farklı kök kanal anatomisi ile farklı boyutlardaki aletler ile çalışılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Stern et al. (152), ProTaper aletlerin kullanımının döner veya reciprocal hareketler ile benzer miktarda dentin uzaklaştırdığını göstermiştir. Bu nedenle, oluşan farklılıklar farklı kinematiklerden yani kullanılan hareketin şeklinden değil farklı enine kesit tasarımından kaynaklandığı düşünülebilir.

Bürklein et al. (69) yaptıkları çalışmada tek eğe sistemleri olan Reciproc, OneShape, F360 ve çoklu eğe sistemlerinden Mtwo sistemi şekillendirme yeteneği açısından karşılaştırmış ve bir farklılık bulamamışlardır. Bizde çalışmamızda bu çalışma ile uyumlu olarak tek eğe sistemi olan OneShape ve Reciproc ile çoklu eğe sistemlerinden ve literatürde en çok çalışma yapılmış sistem olan ProTaper sistemi transportasyon açısından karşılaştırdık ve tek eğe sistemi ve çoklu eğe sistemlerinin kullanımından kaynaklı anlamlı bir farklılık bulamadık.

Farklı kök kanal şekillendirme teknikleri ya da enstrüman sistemlerinin değerlendirilmeleri sırasında karşılaştırılan grupların benzer apikal preparasyon çaplarına sahip olması önemlidir (186). Çalışmamızda kullandığımız ProTaper F2 enstrüman Reciproc R25 ve OneShape enstrüman ile benzer apikal çapa eşittir, bununla beraber farklı koniklik, farklı enine kesit şekline sahiptir. Çalışma bulgularımız alansal ve hacimsel değişimler karşılaştırıldığında en az değişimin OneShape kullanılan grupta olduğunu görüyoruz. Sebebinin Reciproc ve ProTaper 0,08 konikliğe sahipken 0,05 konikliğe sahip olmasından kaynaklı olduğunu düşünüyoruz.

You et al. (125) ProTaper sistemi F2 bitim egesi olacak şekilde reciprokasyon ve devamlı dönme hareketi ile eğimli kök kanallarının şekillendirme yeteneklerini mikro-BT kullanarak karşılaştırdıkları çalışmalarında apikalden itibaren bizim çalışmamızdaki gibi milimetrik ölçümler yaparak karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda transportasyon bulgularımız Yuo et al. (125)'nin çalışması ile uyumlu bir şekilde reciprokasyon ve devamlı döner hareket arasında anlamlı bir farklılık olmadığı şeklindedir. Ancak kök kanalında meydana gelen hacim ve yüzey alanı değişimlerindeki bulgular You et al. (125)'nin çalışmasında anlamlı bir farklılık yok şeklinde iken; bizim çalışmamızda OneShape anlamlı bir şekilde daha az hacim ve yüzey alanı değişikliği oluşturmuştur. Bu durumu Yuo et al. (125)'nin çalışmasında kesit, koniklik, ve enstrüman tasarımı farklılığı olmadan sadece uygulanan hareketin farklı olup, bizim çalışmamızda farklı özelliklere sahip eğeler kullanılmasına bağlıyoruz.

Paqué et al. (187) alt 1. büyükazı dişlerini mezial kanallarını tek eğe ProTaper F2 resiprokasyon tekniği ile ve ProTaper döner sistem sistem ile şekillendirdiği ve 20µm çözünürlükte mikro-BT yöntemi ile transportasyon açısında değerlendirdikleri çalışmalarında elde ettikleri orta ve apikal üçlüde transportasyon bulguları açısından farklılık gözlenmemiştir. Bizim çalışmamızda da resiprokasyon ve rotasyon hareketi kıyaslandığı zaman bu çalışma ile uyumlu olarak ProTaper döner sistem ve tek eğe resiprokasyon sistemi olan Reciproc arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Wu et al.(188) 300 µm'yi aşan apikal transportasyonların obturasyon üzerinde negatif etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ölçülen transportasyon değerlerinin hiçbirini bu sınırı aşmamıştır.

Çalışmamızdaki eğe sistemlerinin hepsi bir kök kanallarında miktar transportasyon oluşumuna sebep olmuştur. Sistemlerin arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Çalışmamızda kullanılan OneShape enstrüman ağırlık ve/veya dönme merkezi dengelenecek şekilde tasarlanmıştır. Rotasyonda dengeleme tasarımına sahip olan enstrümanlar eğenin aktif uzunluğu boyunca yol alan mekanik bir hareket dalgası oluştururlar. Bu hareket eğe ile dentin arasındaki bağı daha da azaltma fonksiyonu görür(50). Aynı şekilde çalışmamızda kullandığımız ProTaper eğelerin giderek artan konikliğe sahip tasarımı da aynı etkiyi oluşturarak eğenin merkezde rotasyon hareketi yapmasını sağlamaktadır(50). Eğelerin bu özelliklerinin transportasyon ve merkezde kalmaları üzerinde etkili olduğu düşünölmektedir.

Uzaklaştırılan dentin miktarı yani hacimsel değişim açısından çalışmamızda kullandığımız iki tek eğe sistemi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğutespit edildi. Reciproc en fazla dentini uzaklaştırıp hacimsel değişim yaparken onu Protaper enstrüman takip etmekte ve en az dentini de Oneshape enstrüman kaldırmaktadır. Bu farklılık Reciproc enstrümanın reciprocal hareketten kaynaklı kanalda daha hızlı ilerleyip etkin kesme hareketi yapmasına ve S şeklindeki kesit tasarımından kaynaklı kesme etkinliğine bağlanabilir. OneShape enstrümanın en az değişime sebep olması da diğer enstrümanlardan farklı olarak 0,05 konikliğe sahip oluşuna ve tek eğe ile rotasyon hareketinin kullanılmasının tek eğe reciprocasyon hareketine göre daha az kesme etkinliği oluşturuyor olmasından kaynaklanabilir.

5.2. Sonuç ve Öneriler

Resiprokasyon ve rotasyon hareketi yapan 3 farklı NiTi kök kanal şekillendirme enstrüman sisteminin eğri kök kanallarında oluşturduğu transportasyon, merkezi konumlanma preparasyon öncesi ve sonrası yüzey alan, hacim miktarı üzerindeki etkilerini mikro-BT kullanarak incelediğimiz çalışmamızda şu sonuçlar elde edilmiştir:

1- Kök kanal preparasyonu sonrası komplikasyon meydana gelen kırılmaya yatkınlığın sebebi olarak gösterilen alan ve hacim değişiklikleri açısından yapılan değerlendirmede OneShape enstrümanın istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha az dentin uzaklaştırdığı görülmüştür. Ancak OneShape enstrümanın sadece 25 numara 0,05 konikliğe sahip tek enstrümanı olması sebebi her kanalda kullanılamamasından dolayı bu durumun bir avantaj olduğu savunulmamaktadır. Aynı konikliğe sahip enstrümanlarla karşılaştırılacağı yeni çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

2- Mikro-BT enstrümanların şekillendirme etkinliklerinin değerlendirilmesi, yüksek çözünürlükte kesit görüntülerinin elde edilip üç boyutlu modellerde diğer yöntemlere göre daha hassas ölçümler yapılması için etkili bir değerlendirme yöntemidir. Ancak pahalı bir yöntem olması gibi bir dezavantajı bulunmaktadır.

3- Kök kanal preparasyonunu takiben ölçülen transportasyon değerleri karşılaştırıldığı zaman üç sistem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi. Her üç ege grubu için ortalama transportasyon değerleri ProTaper, Reciproc ve OneShape için sırasıyla 0,104; 0,125 ve 0,112 mm olarak bulunmuştur. Bu değerler literatür bilgilerine göre kabul edilebilir sınırlar içerisinde olup sistemlerin güvenle kullanılabilceğidüşünülmektedir.

4- Preparasyon işlemi sırasında tüm enstrümanlar üretici firma tavsiyelerine uyularak kullanılmıştır. Çalışma sırasında enstrüman kırığı meydana gelmemiştir. Bu nedenle ProTaper, Reciproc, OneShape sistemlerinin enstrüman kırığı oluşumu açısından değerlendirildiğinde güvenli sistemler oldukları düşünülmektedir.

5- Çalışmamızda kullanılan tüm sistemlerin merkezi konumlanma değerleri açısından değerlendirildiğinde, aralarında istatistiksel farklılık tespit edilmemiş olmasına rağmen, bir miktar merkezden sapma oluşturdukları gözlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974, 18: 269-296.
2. Allison DA, Weber CR, Walton RE. The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation. *J Endod.* 1979; 5: 298-304.
3. Alodeh MH, Dummer PM. A comparison of the ability of K-files and Hedstrom files to shape simulated root canals in resin blocks. *Int Endod J.* 1989; 22: 226-235.
4. Ingle JJ, Bankland LK, Peters DL, Buchanan LS, Mullaney TP. Endodontic Cavity Preparation. "Endodontics" (Ed. Ingle J. I. ve Bankland L. K.). IV. Baskı, Williams ve Wilkins Inc, Baltimore, 1994: 166-169.
5. Mayo CV, Montgomery S, de Rio C. A computerized method for evaluating root canal morphology. *J Endod.* 1986; 12: 2-7.
6. al-Omari MA, Bryant S, Dummer PM. Comparison of two stainless steel files to shape simulated root canals. *Int Endod J.* 1997; 30: 35-45.
7. Schäfer E, Lohmann D. Efficiency of rotary nickel-titanium FlexMaster instruments compared with stainless steel hand K-Flexofile--Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. *Int Endod J.* 2002; 35: 505-513.
8. Hülsmann M, Schade M, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation with HERO 642 and Quantec SC rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J.* 2001; 34: 538-546.

9. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG Jr. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985; 11: 203-211.
10. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000; 33: 297-310.
11. Young GR, Parashos P, Messer HH. The principles of techniques for cleaning root canals. *Aust Dent J.* 2007; 52(1 Suppl): S52-63.
12. Versümer J, Hülsmann M, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation using Profile .04 and Lightspeed rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J.* 2002; 35: 37-46.
13. Sydney GB, Batista A, de Melo LL. The radiographic platform: a new method to evaluate root canal preparation in vitro. *J Endod.* 1991; 17: 570-572.
14. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod.* 1987; 13: 243-245.
15. Barthel CR, Gruber S, Roulet JF. A new method to assess the results of instrumentation techniques in the root canal. *J Endod.* 1999; 25: 535-538.
16. Hartmann MS, Barletta FB, Camargo Fontanella VR, Vanni JR. Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography. *J Endod.* 2007; 33: 962-965.
17. Sberna MT, Rizzo G, Zacchi E, Capparè P, Rubinacci A. A preliminary study of the use of peripheral quantitative computed tomography for investigating root canal anatomy. *Int Endod J.* 2009; 42: 66-75.
18. Bernardes RA, Rocha EA, Duarte MA, Vivian RR, de Moraes IG, Bramante AS, de Azevedo JR. Root canal area increase promoted by the EndoSequence and ProTaper systems: comparison by computed tomography. *J Endod.* 2010; 36: 1179-1182.
19. Peters OA, Peters CI, Schönenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J.* 2003; 36: 86-92.
20. Gao Y, Peters OA, Wu H, Zhou X. An application framework of three-dimensional reconstruction and measurement for endodontic research. *J Endod.* 2009; 35: 269-274.

21. Peters OA, Laib A, Göhring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod.* 2001; 27: 1-6.
22. Paqué F, Ganahl D, Peters OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod.* 2009; 35: 1056-1059.
23. Peters OA, Boessler C, Paqué F. Root canal preparation with a novel nickel-titanium instrument evaluated with micro-computed tomography: canal surface preparation over time. *J Endod.* 2010; 36: 1068-1072.
24. Lilley JD. Endodontic instrumentation before 1800. *J Br Endod Soc.* 1976; 9: 67-70.
25. Bellizzi R, Cruse WP. A historic review of endodontics, 1689-1963, part 3. *J Endod.* 1980; 6: 576-580.
26. Grossman LI. Pioneers in endodontics. *J Endod.* 1987; 13: 409-415.
27. Schäfer E. Root canal instruments for manual use: a review. *Endod Dent Traumatol.* 1997; 13: 51-64.
28. Hülsmann M, Schade M, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation with HERO 642 and Quantec SC rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J.* 2001; 34: 538-546.
29. Pitt Ford TR, Rhodes JS, Pitt Ford HE. *Endodontics, Problem-Solving in Clinical Practice*, Martin Dunitz, London, 2002.
30. al-Omari MA, Dummer PM, Newcombe RG. Comparison of six files to prepare simulated root canals. Part 1. *Int Endod J.* 1992; 25: 57-66.
31. Eldeeb ME, Boraas JC. The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals. *Int Endod J.* 1985; 18: 1-7.
32. Tepel J, Schäfer E. Endodontic hand instruments: cutting efficiency, instrumentation of curved canals, bending and torsional properties. *Endod Dent Traumatol.* 1997; 13: 201-210.
33. Milas VB. History. In: Cohen R, Burns R, eds. *Pathways of the Pulp*, 4th edn. St Louis, MO: C. V. Mosby, 1987: 619-634.
34. Walton RE, Torabinejad M. *Principles and Practice of Endodontics*, W. B. Saunders Comp, USA, 2002.

35. Haznedaroğlu F. Nikel-Titanyum Döner Aletlerle Kök Kanalı Şekillendirilmesi: Hero 642 Yöntemi. Malatya Dişhek Odası Derg1999; 17: 8-10.
36. Levy G. "Canal Finder" a new mechanized technic for endodontic procedures. Inf Dent. 1984 11; 66: 3493-3505.
37. Buehler WJ, Wiley RC, Gilfrich JV. Effect of low-temperature phase changes on mechanical properties of alloys near composition Tini. J App Phy1963; 34: 1475–1477.
38. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. J Endod. 1988; 14: 346-351.
39. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. Int Endod J. 2000; 33: 297-310.
40. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1984; 58: 589-599.
41. Stoeckel D, Yu W. Superelastic Ni-Ti Wire, J Int. 1991; 3: 45-50.
42. Gambarini G, Grande NM, Plotino G, Somma F, Garala M, De Luca M, Testarelli L. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel-titanium instruments produced by new manufacturing methods. J Endod. 2008; 34: 1003-1005.
43. Celik D, Taşdemir T, Er K. Comparative study of 6 rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation in severely curved root canals of extracted teeth. J Endod. 2013; 39: 278-282.
44. Johnson E, Lloyd A, Kuttler S, Namerow K. Comparison between a novel nickel-titanium alloy and 508 nitinol on the cyclic fatigue life of ProFile 25/. 04 rotary instruments. J Endod. 2008; 34: 1406-1409.
45. Schirrmeister JF, Strohl C, Altenburger MJ, Wrbas KT, Hellwig E. Shaping ability and safety of five different rotary nickel-titanium instruments compared with stainless steel hand instrumentation in simulated curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2006; 101: 807-813.
46. Bryant ST, Thompson SA, al-Omari MA, Dummer PM. Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 1. Int Endod J. 1998; 31: 275-281.
47. Zhao D, Shen Y, Peng B, Haapasalo M. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first molars

- with Hyflex CM, Twisted Files, and K3 instruments. *J Endod.* 2013; 39: 385-388.
48. Hulsmann M, Stryga F, Wong PD, Simon JHS. A comparison of the effect of modified and non-modified instrument tips on apical canal configuration. Part II. *J Endod.* 1988; 14: 224-228.
 49. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001; 34: 221-230.
 50. Haapasalo M, Shen Y. Evolution of nickel–titanium instruments: from past to future. *Endod Topics.* 2013; 29: 3-17.
 51. Ceyhanli KT, Erdilek N, Tatar İ, Çetintav B. Comparative micro-computed tomography evaluation of apical root canal transportation with the use of ProTaper, RaCe and Safesider systems in human teeth. *Aust Endod J.* 2013; 1-5.
 52. Peters OA, Peters CI. Cleaning and Shaping of the Root Canal System. In: Cohen S, Hargreaves KM, editors. *Cohen's Pathways of the Pulp.* 10. Ed. St. Louis: Mosby; 2011; 283-348.
 53. West J. Progressive taper technology: rationale and clinical technique for the new ProTaper universal system. *Dent Today.* 2006; 25: 64, 66-69.
 54. Clauder T, Baumann MA. ProTaper NT system. *Dent Clin North Am.* 2004; 48: 87-111.
 55. Cohen S, Hargreaves K. Eds. *Pathways of the Pulp.* 9th edition, Peters OA, Peters CI. Mosby Elsevier, St Luis. , 2006; 308-311.
 56. Ingle JJ, Himel VT, Hawrish CE, Glickmann GN, Serene T, et al. Endodontic Cavity Preparation. In: Ingle JJ, Bakland LK, editors. *Endodontics.* 5. Ed. Hamilton-London: BC Decker Inc; 2001; 405-570.
 57. Ruddle CJ. The ProTaper technique: endodontics made easier. *Dent Today.* 2001; 20: 58-64, 66-68.
 58. Küçükay ES, Küçükay I, Yılmaz B. *Kök Kanalı Şekillendirme Yöntemleri,* Promat, İstanbul, 2004; 15-25.
 59. Ruddle CJ. Canal preparation: single-file shaping technique. *Dent Today.* 2012; 31: 124, 126-129.
 60. Alves FR, Rôças IN, Almeida BM, Neves MA, Zoffoli J, Siqueira JF Jr. Quantitative molecular and culture analyses of bacterial elimination in oval-

- shaped root canals by a single-file instrumentation technique. *Int Endod J.* 2012; 45: 871-877.
61. Yared G. Canal preparation with only one reciprocating in-strument without prior hand filing: A new concept, 2011.
 62. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG Jr. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985; 11: 203-211.
 63. Southard DW, Oswald RJ, Natkin E. Instrumentation of curved molar root canals with the Roane technique. *J Endod.* 1987; 13: 479-489.
 64. Roane JB, Sabala C. Clockwise or counterclockwise. *J Endod.* 1984; 10: 349-353.
 65. De-Deus G, Brandão MC, Barino B, Di Giorgi K, Fidel RA, Luna AS. Assessment of apically extruded debris produced by the single-file ProTaper F2 technique under reciprocating movement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 110: 390-394.
 66. Varela-Patiño P, Ibañez-Párraga A, Rivas-Mundiña B, Cantatore G, Otero XL, Martin-Biedma B. Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod.* 2010; 36: 157-159.
 67. Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int Endod J.* 2012; 45: 449-461.
 68. Gernhardt CR. One Shape-a single file NiTi system for root canal instrumentation used in continuous rotation. *Endod Pract Today.* 2013; 7: 3.
 69. Bürklein S, Benten S, Schäfer E. Shaping ability of different single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J.* 2013; 46: 590-597.
 70. Kim HC, Hwang YJ, Jung DW, You SY, Kim HC, Lee W. Micro-computed tomography and scanning electron microscopy comparisons of two nickel-titanium rotary root canal instruments used with reciprocating motion. *Scanning.* 2013; 35: 112-118.
 71. Clem WH. Endodontics: the adolescent patient. *Dent Clin North Am.* 1969; 13: 482-493.

72. Hill RL, del Rio CE. A histological comparison of the canal wall planing ability of two new endodontic files. *J Endod.* 1983; 9: 517-522.
73. Walton RE. Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. *J Endod.* 1976; 2: 304-311.
74. Weine FS, Kelly RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod.* 1975; 1: 255-262.
75. Goerig AC, Michelich RJ, Schultz HH. Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. *J Endod.* 1982; 8: 550-554.
76. Fava LR. The double-flared technique: an alternative for biomechanical preparation. *J Endod.* 1983; 9: 76-80.
77. Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH. The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *J Am Dent Assoc.* 1980; 101: 792-794.
78. Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG Jr. The "balanced force" concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985; 11: 203-211.
79. Sydney GB, Batista A, de Melo LL. The radiographic platform: a new method to evaluate root canal preparation *in vitro*. *J Endod.* 1991; 17: 570-572.
80. Pitt Ford TR, ed. *Endodontics in Clinical Practice*. 5. baskı Londra: Elsevier Science; 2004, 77-91. West J. D. , Roane J. B. , Georig A. C. , 1994. Cleaning and Shaping the Root Canal System In: Cohen S, Burns RC. *Pathways of the Pulp*. 6 th. Ed. Mosby St. Louis Missouri, 179-218.
81. West JD, Roane JB, Georig AC. Cleaning and Shaping the Root Canal System. In: Cohen S, Burns RC. *Pathways of the Pulp*. 6 th. Ed. Mosby St. Louis Missouri, 1994; 179-218.
82. Seltzer S, Bender IB, Smith J, Freedman I, Nazimov H. Endodontic failures--an analysis based on clinical, roentgenographic, and histologic findings. II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1967; 23: 517-530.
83. Seltzer S, Sinai I, August D. Periodontal effects of root perforations before and during endodontic procedures. *J Dent Res.* 1970; 49: 332-339.
84. Gluskin AH, Peters CI, Wong RDM, Ruddle CJ. Retreatment of non-healing endodontic therapy and management of mishaps. In *The Ingle's Endodontics*, 6th Ed. Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner JC, Hamilton BC. Decker, 2008; 1088-1161.

85. Gutmann JL, Dumsha TC, Lovdahl PE, Hovland EJ. Problem Solving in Endodontics, Third Ed. , Mosby, St. Louis, 1997; 115-123.
86. Royal JR, Donnelly JC. A comparison of maintenance of canal curvature using balanced-force instrumentation with three different file types. J Endod. 1995; 21: 300-304.
87. Bishop K, Dummer PM. A comparison of stainless steel Flexofiles and nickel-titanium NiTiFlex files during the shaping of simulated canals. Int Endod J. 1997; 30: 25-34.
88. Buchanan LS. Working length and apical patency: the control factors. Endod Rep. 1987; Fall-Winter: 16-20.
89. Uysal R. Nikel-Titanyum ve paslanmaz çelik kanal aletlerinin eğri kök kök kanallarının preparasyonundaki etkinliklerinin bilgisayarlı dental radyografi yöntemi ile incelenmesi. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 1999.
90. Shemesh H, van Soest G, Wu MK, Wesselink PR. Diagnosis of vertical root fractures with optical coherence tomography. J Endod. 2008; 34: 739-742.
91. Wilcox LR1, Roskelley C, Sutton T. The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. J Endod. 1997; 23: 533-534.
92. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. Endod Topics. 2006; 13: 57-83.
93. Onnink PA, Davis RD, Wayman BE. An in vitro comparison of incomplete root fractures associated with three obturation techniques. J Endod. 1994; 20: 32-37.
94. Sim TP, Knowles JC, Ng YL, Shelton J, Gulabivala K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. Int Endod J. 2001; 34: 120-132.
95. Wu MK, van der Sluis LW, Wesselink PR. Comparison of mandibular premolars and canines with respect to their resistance to vertical root fracture. J Dent. 2004; 32: 265-268.
96. American Association of Endodontists. Glossary of Endodontic Terms, 7th ed. Chicago: AAE, 2003.
97. Schäfer E, Dammascke T. Development and sequelae of canal transportation. Endod Topics. 2009; 15: 75-90.

98. Peters OA, Peters CI, Schöenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J.* 2003; 36: 86-92.
99. Bürklein S, Schäfer E. Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. *Endod Topics.* 2013; 29: 110–124.
100. Saunders EM. Hand instrumentation in root canal preparation. *Endod Topics.* 2005; 10: 163-167.
101. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004; 30: 559-567.
102. Young GR, Parashos P, Messer HH. The principles of techniques for cleaning root canals. *Aust Dent J.* 2007; 52(1 Suppl): S52-63.
103. Jafarzadeh H, Abbott PV. Ledge formation: review of a great challenge in endodontics. *J Endod.* 2007; 33: 1155-1162.
104. Çalışkan MK. *Endodontide Tanı ve Tedaviler*, Nobel, İstanbul, 2006; 545-577.
105. Lim KC, Webber J. The effect of root canal preparation on the shape of the curved root canal. *Int Endod J.* 1985; 18: 233-239.
106. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971; 32: 271-275.
107. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997; 23: 77-85.
108. Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J.* 1999; 32: 165-170.
109. Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *Int Endod J.* 2003; 36: 54-63.
110. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod.* 1987; 13: 243-245.
111. Calhoun G, Montgomery S. The effects of four instrumentation techniques on root canal shape. *J Endod.* 1988; 14: 273-277.
112. Hülsmann M, Rummelin C, Schäfers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod.* 1997; 23: 301-306.

113. Fan B, Cheung GS, Fan M, Gutmann JL, Bian Z. C-shaped canal system in mandibular second molars: Part I--Anatomical features. *J Endod.* 2004; 30: 899-903.
114. Karabucak B, Gatan AJ, Hsiao C, Iqbal MK. A comparison of apical transportation and length control between EndoSequence and Guidance rotary instruments. *J Endod.* 2010; 36: 123-125.
115. Nielsen RB1, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod.* 1995; 21: 561-568.
116. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod.* 1996; 22: 369-375.
117. Kim I, Paik KS, Lee SP. Quantitative evaluation of the accuracy of micro-computed tomography in tooth measurement. *Clin Anat.* 2007; 20: 27-34.
118. Balto K, Müller R, Carrington DC, Dobeck J, Stashenko P. Quantification of periapical bone destruction in mice by micro-computed tomography. *J Dent Res.* 2000; 79: 35-40.
119. Hartmann MS, Barletta FB, Camargo Fontanella VR, Vanni JR. Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography. *J Endod.* 2007; 33: 962-965.
120. Sberna MT1, Rizzo G, Zacchi E, Capparè P, Rubinacci A. A preliminary study of the use of peripheral quantitative computed tomography for investigating root canal anatomy. *Int Endod J.* 2009; 42: 66-75.
121. Bjørndal L, Carlsen O, Thuesen G, Darvann T, Kreiborg S. External and internal macromorphology in 3D-reconstructed maxillary molars using computerized X-ray microtomography. *Int Endod J.* 1999; 32: 3-9.
122. Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2010; 36: 703-707.
123. Gekelman D, Ramamurthy R, Mirfarsi S, Paqué F, Peters OA. Rotary nickel-titanium GT and ProTaper files for root canal shaping by novice operators: a radiographic and micro-computed tomography evaluation. *J Endod.* 2009; 35: 1584-1588.

124. Paqué F, Peters OA. Micro-computed tomography evaluation of the preparation of long oval root canals in mandibular molars with the self-adjusting file. *J Endod.* 2011; 37: 517-521.
125. You SY, Kim HC, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee W. Shaping ability of reciprocating motion in curved root canals: a comparative study with micro-computed tomography. *J Endod.* 2011; 37: 1296-1300.
126. Bryant ST, Thompson SA, al-Omari MA, Dummer PM. Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 1. *Int Endod J.* 1998; 31: 275-281.
127. Buchman SR, Sherick DG, Goulet RW, Goldstein SA. Use of microcomputed tomography scanning as a new technique for the evaluation of membranous bone. *J Craniofac Surg.* 1998; 9: 48-54.
128. Özer SY. Comparison of root canal transportation induced by three rotary systems with noncutting tips using computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011; 111: 244-250.
129. Cowan CM, Shi YY, Aalami OO, Chou YF, Mari C, et al. Adipose-derived adult stromal cells heal critical-size mouse calvarial defects. *Nat Biotechnol.* 2004; 22: 560-567.
130. Hollister SJ, Lin CY, Saito E, Lin CY, Schek RD, et al. Engineering craniofacial scaffolds. *Orthod Craniofac Res.* 2005; 8: 162-73.
131. Siqueira JF Jr, Alves FR, Versiani MA, Rôças IN, Almeida BM, Neves MA, Sousa-Neto MD. Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by self-adjusting file, reciproc, and twisted file systems. *J Endod.* 2013; 39: 1044-1450.
132. Peters OA, Paqué F. Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2011; 37: 53-57.
133. Uzun Ö. Deneysel endodontide üç boyutlu rekonstrüksiyon çalışmaları. *Gazi Üniv Diş Hek Fak Derg.* 2007; 24 : 181-186.
134. American Association of Endodontists. Glossary. Contemporary terminology for endodontics. 7th ed. Chicago, IL, USA: AAE; 2003.
135. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* 2006; 39: 921-930.

136. Bystrom A, Happonen RP, Sjogren U, Sundqvist G. Healing of periapical lesions of pulpless teeth after endodontic treatment with controlled asepsis. *Endod Dent Traumatol.* 1987; 3: 58-63.
137. West JD, Roane JB, Goerig AC. Cleaning and shaping the root canal system. In: Cohen, S. , BurnsR. C. , eds. *Pathways of the Pulp.* 6th edn. St Louis : Mosby Inc. , 1994; 179–218.
138. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004; 30: 559-567.
139. Hülsmann M, Schade M, Schäfers F. A comparative study of root canal preparation with HERO 642 and Quantec SC rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J.* 2001; 34: 538-546.
140. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics.* 2005; 10: 30-76.
141. Coleman CL, Svec TA. Analysis of Ni-Ti versus stainless steel instrumentation in resin simulated canals. *J Endod.* 1997; 23: 232-235.
142. Yun HH, Kim SK. A comparison of the shaping abilities of 4 nickel-titanium rotary instruments in simulated root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003; 95: 228-233.
143. Azarpazhooh A, Fillery ED. Prion disease: the implications for dentistry. *J Endod.* 2008; 34: 1158-1166.
144. De-Deus G, Barino B, Zamolyi RQ, Souza E, Fonseca A Jr, Fidel S, Fidel RA. Suboptimal debridement quality produced by the single-file F2 ProTaper technique in oval-shaped canals. *J Endod.* 2010; 36: 1897-1900.
145. Varela-Patiño P, Ibañez-Párraga A, Rivas-Mundiña B, Cantatore G, Otero XL, Martin-Biedma B. Alternating versus continuous rotation: a comparative study of the effect on instrument life. *J Endod.* 2010; 36: 157-159.
146. De-Deus G, Brandão MC, Barino B, Di Giorgi K, Fidel RA, Luna AS. Assessment of apically extruded debris produced by the single-file ProTaper F2 technique under reciprocating movement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 110: 390-394.
147. Yared G. Canal preparation using only one Ni-Ti rotary instrument: preliminary observations. *Int Endod J.* 2008; 41: 339-344.

148. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Pasqualini D. Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *J Endod.* 2012; 38: 505-509.
149. Elayouti A, Dima E, Judenhofer MS, Löst C, Pichler BJ. Increased apical enlargement contributes to excessive dentin removal in curved root canals: a stepwise microcomputed tomography study. *J Endod.* 2011; 37: 1580-1584.
150. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Pasqualini D. Effect of canal length and curvature on working length alteration with WaveOne reciprocating files. *J Endod.* 2011; 37: 1687-1690.
151. Dietrich MA, Kirkpatrick TC, Yaccino JM. In vitro canal and isthmus debris removal of the self-adjusting file, K3, and WaveOne files in the mesial root of human mandibular molars. *J Endod.* 2012; 38: 1140-1144.
152. Stern S, Patel S, Foschi F, Sherriff M, Mannocci F. Changes in centring and shaping ability using three nickel–titanium instrumentation techniques analysed by micro-computed tomography (μ CT). *Int Endod J.* 2012; 45: 514-523.
153. Hilaly Eid GE, Wanees Amin SA. Changes in diameter, cross-sectional area, and extent of canal-wall touching on using 3 instrumentation techniques in long-oval canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011; 112: 688-695.
154. Cheron RA, Marshall SJ, Goodis HE, Peters OA. Nanomechanical properties of endodontically treated teeth. *J Endod.* 2011; 37: 1562-1565.
155. Huang X, Zhang J, Huang C, Wang Y, Pei D. Effect of intracanal dentine wettability on human dental pulp cell attachment. *Int Endod J.* 2012; 45: 346-353.
156. Hu X, Ling J, Gao Y. Effects of irrigation solutions on dentin wettability and roughness. *J Endod.* 2010; 36: 1064-1067.
157. Franco V, Fabiani C, Taschieri S, Malentacca A, Bortolin M, Del Fabbro M. Investigation on the shaping ability of nickel-titanium files when used with a reciprocating motion. *J Endod.* 2011; 37: 1398-1401.
158. Campos JM, del Rio C. Comparison of mechanical and standard hand instrumentation techniques in curved root canals. *J Endod.* 1990; 16: 230-234.

159. Baumgartner JC, Martin H, Sabala CL, Strittmatter EJ, Wildey WL, Quigley NC. Histomorphometric comparison of canals prepared by four techniques. *J Endod.* 1992; 18: 530-534.
160. Elliott LM, Curtis RV, Pitt Ford TR. Cutting pattern of nickel-titanium files using two preparation techniques. *Endod Dent Traumatol.* 1998; 14: 10-15.
161. Weine FS, Kelly RF, Bray KE. Effect of preparation with endodontic handpieces on original canal shape. *J Endod.* 1976; 2: 298-303.
162. Zmener O, Balbachan L. Effectiveness of nickel-titanium files for preparing curved root canals. *Endod Dent Traumatol.* 1995; 11: 121-123.
163. Hülsmann M, Herbst U, Schäfers F. Comparative study of root-canal preparation using Lightspeed and Quantec SC rotary NiTi instruments. *Int Endod J.* 2003; 36: 748-756.
164. Wu MK, Bud MG, Wesselink PR. The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009; 108: 946-951.
165. Capar ID, Ertas H, Ok E, Arslan H, Ertas ET. Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. *J Endod.* 2013; 1-5.
166. Loizides AL, Kakavetsos VD, Tzanetakis GN, Kontakiotis EG, Eliades G. A comparative study of the effects of two nickel-titanium preparation techniques on root canal geometry assessed by microcomputed tomography. *J Endod.* 2007; 33: 1455-1459.
167. Isom TL, Marshall JG, Baumgartner JC. Evaluation of root thickness in curved canals after flaring. *J Endod.* 1995; 21: 368-371.
168. Tang MP, Stock CJ. The effect of hand, sonic and ultrasonic instrumentation on the shape of curved root canals. *Int Endod J.* 1989; 22: 55-63.
169. Chan AW, Cheung GS. A comparison of stainless steel and nickel-titanium K-files in curved root canals. *Int Endod J.* 1996; 29: 370-375.
170. Abou-Rass M, Jastrab RJ. The use of rotary instruments as auxiliary aids to root canal preparation of molars. *J Endod.* 1982; 8: 78-82.
171. Martin G, Blasković-Subat V. Preparation of simulated root canals using the Macfile, Canal Master U and K-Flexofile. *Int Endod J.* 1997; 30: 160-166.

172. Shankar P, Parameswaran A, Lakshminarayanan L. Apical third instrumentation of curved canals with K-type and canal master instruments. *J Endod.* 1993; 19: 224-227.
173. Leseberg DA, Montgomery S. The effects of Canal Master, Flex-R, and K-Flex instrumentation on root canal configuration. *J Endod.* 1991; 17: 59-65.
174. Coleman CL, Svec TA, Rieger MR, Suchina JA, Wang MM, Glickman GN. Analysis of nickel-titanium versus stainless steel instrumentation by means of direct digital imaging. *J Endod.* 1996; 22: 603-607.
175. Backman CA, Oswald RJ, Pitts DL. A radiographic comparison of two root canal instrumentation techniques. *J Endod.* 1992; 18: 19-24.
176. Berutti E. Computerized analysis of the instrumentation of the root canal system. *J Endod.* 1993; 19: 236-238.
177. Blasković-Subat V, Smojver B, Marčić B, Sutalo J. A computerized method for the evaluation of root canal morphology. *Int Endod J.* 1995; 28: 290-296.
178. Hirano Y, Aoba T. Computer-assisted reconstruction of enamel fissures and carious lesions of human premolars. *J Dent Res.* 1995; 74: 1200-1205.
179. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endod Dent Traumatol.* 1990; 6: 16-20.
180. Paqué F, Barbakow F, Peters OA. Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J.* 2005; 38: 456-464.
181. Müller R, Rügsegger P. Micro-tomographic imaging for the nondestructive evaluation of trabecular bone architecture. *Stud Health Technol Inform.* 1997; 40: 61-79.
182. Dowker SE, Davis GR, Elliott JC. X-ray microtomography: nondestructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1997; 83: 510-516.
183. Peters OA, Laib A, Rügsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000; 79: 1405-1409.
184. Davis GR, Wong FS. X-ray microtomography of bones and teeth. *Physiol Meas.* 1996; 17: 121-146.

185. Versiani MA, Leoni GB, Steier L, De-Deus G, Tassani S, Pécora JD, de Sousa-Neto MD. Micro-computed tomography study of oval-shaped canals prepared with the self-adjusting file, Reciproc, WaveOne, and ProTaper universal systems. *J Endod.* 2013; 39: 1060-1066.
186. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Beullens M, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. *Int Endod J.* 2003; 36: 288-295.
187. Paqué F, Zehnder M, De-Deus G. Microtomography-based comparison of reciprocating single-file F2 ProTaper technique versus rotary full sequence. *J Endod.* 2011; 37: 1394-1397.
188. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod.* 2000; 26: 210-216.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Banu Uysal

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 8 Mayıs 1977, İzmir

Medeni Durumu: Evli

Tel: +90 5055719329

Fax: +90 232.3252535

email: banu.uysal@yahoo.com.tr

Yazışma Adresi: İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çiğli/İzmir

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	G.Ü Diş Hekimliği Fakültesi	1999
Lise	İnönü Lisesi, Ankara	1994

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2003-2005	Güneysınır Vali İhsan Dede Devlet Hastanesi	Diş Hekimi
2005-2010	Kayseri Nimet Bayraktar A.D.S.M	Diş Hekimi
2010-2011	Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi A.D	Doktora Öğrencisi
2011-halen	İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti A.D	Öğretim Görevlisi

YABANCI DİL

İngilizce, 62.5 (ÜDS, 2011)

YAYINLAR

- 1.) Uysal T, Yagci A, **Uysal B**, Akdogan G. Are nano-composites and nano-ionomers suitable for orthodontic bracket bonding? *Eur J Orthod.*, 2010;32(1):78-82.
- 2.) Uysal T, Baysal A, **Uysal B**, Aydinbelge M, Al-Qunaian Talal . Do fluoride and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate affect shear bond strength of orthodontic brackets bonded to a demineralized enamel surface? *Angle Orthod* 2011;81: 490-495.
- 3.) Yagci A, Uysal T, Akinci H, **Uysal B**. Effects of a New Desensitizing Paste Containing 8% Arginine and Calcium Carbonate on the Shear Bond Strengths of Orthodontic Brackets. *Korean J Orthod.*, 2011;41(2):121-126.
- 4.) Ertaş H, Arslan H, **Uysal B** , Gök T, Saygılı G. Evaluation of the Separation Length of ProTaper Universal Rotary Files. *J Res Pract Dent* 2013 DOI: 10.5171/2013.995092.
- 5.) Arslan H, Capar ID, Saygılı G, **Uysal B**, Gok T, Ertas H Efficacy of various irrigation protocols on the removal of triple antibiotic paste *Int Endod J*. Article first published online: 18 OCT 2013 DOI: 10.1111/iej.1219
- 6.) Ertas H, Ok E, **Uysal B**, Arslan H. Effects of Different Irrigating Solutions and Disinfection Methods on Push-out Bond Strengths of Fiber Posts. *Acta Odontol Scand* doi:10.3109/00016357.2014.906651
- 7.) Arslan H, Akçay M, Capar ID, Ertas H, Ok E, **Uysal B**. Efficacy of Needle Irrigation, EndoAktivator and Photon-Initiated Photoacoustic Streaming Technique on Removal of Double and Triple Antibiotic Pastes. *J. Endod.* Doi: 10.1016/j.joen.2014.02.013.
- 8.) Ertaş H, Küçükylmaz E, Ok E, **Uysal B**. Effect of Differentken Brands of Mineral Trioksit Aggregate on the Push-Out Bond Strength. *Eur J Dent*, in press 05.03.2014.