

T.C
EGE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKİ FARKLI GENİŞLETME SİSTEMİNİN OVAL KANALLARDAKİ
TEMİZLEME VE ŞEKİLLENDİRME ETKİNLİKLERİNİN
KIYASLANMASI: *İN-VİTRO ÇALIŞMA*

Doktora Tezi

Diş Hekimi

Burcu ŞEREFOĞLU

DANIŞMAN

Prof. Dr. Beyser PİŞKİN

İZMİR

2014

T.C
EGE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKİ FARKLI GENİŞLETME SİSTEMİNİN OVAL KANALLARDAKİ
TEMİZLEME VE ŞEKİLLENDİRME ETKİNLİKLERİNİN
KIYASLANMASI: *İN-VİTRO ÇALIŞMA*

Doktora Tezi

Diş Hekimi

Burcu ŞEREFOĞLU

DANIŞMAN

Prof. Dr. Beyser PİŞKİN

İZMİR

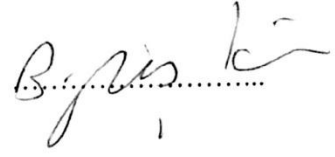
2014

DEĞERLENDİRME KURULU ÜYELERİ

(Adı Soyadı)

(İmza)

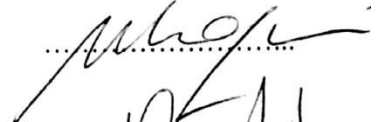
Başkan (Danışman) : Prof. Dr. Beyser PİŞKİN



Üye : Prof. Dr. M. Kemal ÇALIŞKAN



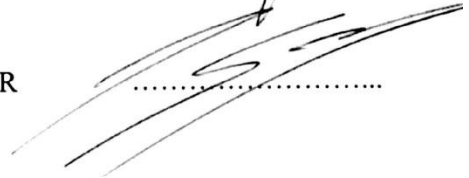
Üye : Prof. Dr. Pelin GÜNERİ



Üye : Prof. Dr. B. Oğuz AKTENER



Üye : Prof. Dr. Feridun ŞAKLAR



Doktora Tezinin Kabul Edildiği Tarih: ..17..09..2016.....

ÖNSÖZ

Doktora eğitimimi yaptığım 6 yıl boyunca tüm bilgi birikimini ve deneyimlerini paylaşarak bana yol gösterip destek olan tez danışmanım **Prof. Dr. Beyser PİŞKİN'** e,

Tez izleme komitemde yer alarak, çok değerli katkılarıyla tezimin planlanıp hazırlanmasında desteklerini esirgemeyen **Prof. Dr. M. Kemal ÇALIŞKAN'** a ve **Prof. Dr. Pelin GÜNERİ'** ye,

Doktora eğitimim süresince her konuda anlayış gösteren ve pozitif bir bakış açısına sahip olmam konusunda katkı sağlayan Anabilim Dalı Başkanımız **Prof. Dr. B. Oğuz AKTENER'** e,

Doktoraya başladığım ilk günden beri her konuda desteğini esirgemeyen Dekan Yardımcımız **Prof. Dr. Necdet ERDİLEK'** e

Lisans eğitimim sırasında asistanım olan ve doktora eğitimim süresince yakından tanıma fırsatı bulduğum, sevgisini ve yardımlarını benden hiç esirgemeyen **Doç. Dr. Ilgın AKÇAY'** a,

Tezimin Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji ve Araştırma Merkezinde gerçekleştirdiğim bölümündeki çalışmalarında yardımcı olan Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi öğretim üyesi **Doç. Dr. Güllü Kızıltaş**

ŞENDUR' a ve bildiği her şeyi paylaşarak analizlerimi yapabilmeme katkı sağlayan asistanı **Araş. Gör. Onur Şevket ASLAN'** a,

Tez çalışmamın istatistiksel analizlerini gerçekleştiren ve tüm bildiklerini benimle paylaşan **Dr. Nejat NİZAM'** a

Tez çalışmamdaki transportasyon hesaplamaları konusunda bilgi birikimiyle katkı sağlayan Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Öğretim Üyesi **Yrd. Doç. Dr. Gökhan UTLU'** ya

Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalında altı yıl boyunca birlikte çalıştığım, gülüp eğlendiğim **çalışma arkadaşlarıma**,

Desteklerini benden esirgemeyen **anneme, ablama** ve mutsuz olduğum her an bir gülümsemesiyle yüzümü güldüren hayatımın anlamı **biricik yeğenim Doruk'a**,

Diş hekimi olmama çok sevinen ancak ne yazık ki bugün doktora sevincimi yaşayamayan çok özlediğim **BABAM'** a,

Meslek seçimi yaptığım günden beri manevi desteğiyle her an yanımda olan, zorlu doktora eğitimim süresince mutluluğumu ve üzüntümü benimle paylaşan ve sonsuz sabır göstererek beni her konuda cesaretlendiren **Diş Hekimi Sayın Ali Rıza KAYA'** ya

TEŞEKKÜR EDERİM...

İzmir 2014

Burcu ŞEREFOĞLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	iv
TABLOLAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiii
GRAFİKLER DİZİNİ	xvii

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1. GENEL BİLGİLER	3
1.1. Kök Kanal Şekillendirmesini Etkileyen Faktörler	4
1.1.1. Kök Kanal Morfolojisi.....	4
1.1.2. Kök Kanallarının Eğrilik Dereceleri	6
1.1.2.1. Schneider Tekniği	7
1.1.2.2. Weine'ın Tekniği.....	8
1.1.2.3. Hankins ve ElDeeb Tekniği (Uzun Eksen Tekniği).....	8
1.1.2.4. Pruett ve Arkadaşlarının Tekniği	9
1.1.3. Kök Kanal Genişletme ve Şekillendirme Teknikleri.....	10
1.1.3.1. Geleneksel Yöntem (Standart Teknik)	11

1.1.3.2. Step-Back Yöntemi	11
1.1.3.3. Step-Down Yöntemi.....	13
1.1.3.4. Modifiye Step-Down' Yöntemi	14
1.1.4. Kök Kanal Tedavisinde Kullanılan Aletler	15
1.1.4.1. El aletleri	15
1.1.4.2. Döner Ni-Ti Aletler	17
1.1.4.3. Çalışmamızda Kullanılan Döner Alet Sistemleri	19
1.1.4.3.1. Protaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre).....	19
1.1.4.3.1.1. Şekillendirici Kanal Aletleri	21
1.1.4.3.1.1.1. Yardımcı şekillendirici kanal aleti SX	21
1.1.4.3.1.1.2. Şekillendirici Kanal Aleti S1	21
1.1.4.3.1.1.3. Şekillendirici Kanal Aleti S2.....	22
1.1.4.3.1.2. Bitirme kanal aletleri.....	22
1.1.4.3.1.2.1. Bitirme Kanal Aletleri F1	22
1.1.4.3.1.2.2. Bitirme Kanal Aletleri F2	22
1.1.4.3.1.2.3. Bitirme Kanal Aletleri F3	22
1.1.4.3.1.2.4. Bitirme Kanal Aletleri F4.....	23
1.1.4.3.1.2.5. Bitirme Kanal Aletleri F5	23
1.1.4.3.2. Self Adjusting File (SAF) Sistemi.....	23
1.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesini Değerlendiren Yöntemler.....	25
1.2.1. Üç Boyutlu Görüntüleme Teknikleri	27

1.2.1.1. Bilgisayarlı Tomografi	27
1.2.1.1.1. Tıpta Bilgisayarlı Tomografinin Kullanım Alanları ...	29
1.2.1.1.2. Diş Hekimliğinde Bilgisayarlı Tomografinin Kullanımı	29
1.2.1.1.3. Endodontide Bilgisayarlı Tomografi Kullanımı.....	30
1.2.1.2. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi.....	31
1.2.1.2.1. Çalışmamızda kullanılan Skyscan 1172 μ BT'nin Çalışma Mekanizması	33

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Örnek Seçimi ve Hazırlanması	41
2.2. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi μ BT Taramaları.....	44
2.2.1. Thermal Correction.....	48
2.2.2. Misalignment Compensation	48
2.2.3. Ring Artifact Reduction.....	48
2.2.4. Beam-Hardening Correction.....	48
2.3. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi.....	50
2.3.1. Kök Kanallarının Self-Adjusting File Sistemi ile Şekillendirilmesi	51
2.3.2. Kök Kanallarının Protaper Döner Ni - Ti Aletleri İle Şekillendirilmesi	53
2.4. Kök Kanal Şekillendirmesi Sonrası μ BT Taramaları.....	54

2.5. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Tarama Görüntülerinin Analizi	54
2.6. Üç Boyutlu Yeniden Modelleme.....	63
2.7. İstatistiksel Değerlendirme	67

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi Hacim, Yüzey Alanı ve Yapı Model İndeksi Değerlendirmeleri.....	68
3.2. Kök Kanal Şekillendirmesi Sonrasında Hacim, Yüzey Alanı ve SMI Değişimi	76
3.2.1. Hacim Bulguları.....	76
3.2.2. Yapı Model İndeksi (SMI) Bulguları	85
3.2.3. Yüzey Alanı Bulguları	92
3.2.4. Transportasyon Bulguları	99
3.2.5. Temas Edilmeyen Alan Bulguları	107
3.2.6. Çalışma Süresi Bulguları	111

4. BÖLÜM

TARTIŞMA

4.1. Örneklerin Seçiminin Değerlendirilmesi.....	117
4.2. Gereç ve Yöntemin Değerlendirilmesi.....	119
4.2.1. Şekillendirme Sistemlerinin Seçilmesinin Değerlendirilmesi	119

4.2.2. Kullanılan İrigasyon Solüsyonunun Değerlendirilmesi.....	120
4.2.3. Şekillendirme Etkinliğinin μ BT İle Değerlendirilmesinin İrdelenmesi	121
4.3. Bulguların Değerlendirilmesi	124
4.3.1. Hacim Bulgularının Değerlendirilmesi.....	124
4.3.2. Yapı Model İndeksi Bulgularının Değerlendirilmesi	130
4.3.3. Yüzey Alanı Bulgularının Değerlendirilmesi	133
4.3.4. Temas Edilmeyen Alan Bulgularının Değerlendirilmesi	138
4.3.5. Transportasyon Bulgularının Değerlendirilmesi	143
4.3.6. Çalışma Süresi Bulgularının Değerlendirilmesi	148
 5. BÖLÜM	
SONUÇLAR	152
 6. BÖLÜM	
ÖZET	154
ABSTRACT	156
 7. BÖLÜM	
KAYNAKLAR	157
ÖZGEÇMİŞ	180

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Distal Kanal Hacim Değerleri (mm ³)	69
Tablo 2. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Distal Kanal Yüzey Alanı Değerleri (mm ²)	69
Tablo 3. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Distal Kanal SMI Değerleri.....	70
Tablo 4. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Mezial Kanal Hacim Değerleri (mm ³)	73
Tablo 5. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Mezial Kanal Yüzey Alanı Değerleri (mm ²)	73
Tablo 6. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Mezial Kanal SMI Değerleri.....	74
Tablo 7. Distal Kanallardaki Hacim Değerlendirilmesinde grup - bölge ortalama fark ve p değeri.....	77
Tablo 8. Mezial Kanallardaki Hacim Değerlendirilmesinde grup - bölge ortalama fark ve p değeri.....	81
Tablo 9. SAF ve Protaper sistemleri transportasyon değerleri.....	100
Tablo 10. SAF ve Protaper ile Distal ve Mezial kanallarda temas edilemeyen alan %	107
Tablo 10. Gruplara ait kök eğim dereceleri ve çalışma süreleri.....	112
Tablo 11. Kök eğim derecesi ile çalışma süresi arasındaki korelasyon	113

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1. Schneider tekniğine göre kök kanal eğrilik derecesi ölçüm yöntemi	7
Şekil 2. Weine'in tekniğine göre kök kanal eğrilik derecesi ölçüm yöntemi	8
Şekil 3. Hankins ve ElDeeb Tekniğine göre kök kanal eğrilik derecesi ölçüm yöntemi	9
Şekil 4. Pruett ve ark.'nın tekniğine göre kök kanal eğrilik açısı ve yarıçapı	10
Şekil 5. SkyScan 1172 cihazının içyapısı	34
Şekil 6. SkyScan 1172 μ BT cihazının çalışma mekanizması	35
Şekil 7. Yeniden yapılandırma algoritması: kayan nokta matrisi	38
Şekil 8. Çekimden yapılandırılması tamamlanmış örneğin son kesitsel görüntüsüne kadar olan süreç	40
Şekil 9. Uyanık ve arkadaşlarının transportasyonu hesaplarken kullandıkları yöntem.....	147

RESİMLER DİZİNİ

Sayfa

Resim 1. Protaper Universal sistemi eğeleri.....	19
Resim 2. ProTaper eğelerinin konveks üçgen şeklindeki enine kesiti.....	20
Resim 3. ProTaper eğelerinin modifiye edilmiş rehber uç yapısı	20
Resim 4. SAF eğeleri ve alt çene küçük azı dişlerindeki radyogram görüntüleri	24
Resim 5. SAF sisteminin İrigasyon cihazı Vatea (Redent Nova) ve SAF eğesine bağlı slikon tüp	25
Resim 6. Bilgisayarlı Tomografi cihazı ve elde edilen kesit görüntüleri	28
Resim 7. Skyscan 1172 µBT Cihazı	33
Resim 8. µBT cihazında örneğin üzerine yerleştirildiği tutucular.....	36
Resim 9. Tutucunun yerleştirildiği örnek yatağı	36
Resim 10. Distal ve Mezial köklere ait gölge görüntüsü.....	37
Resim 11. Nrecon programı ile distal kök görüntüsünün yeniden yapılandırılması .	39
Resim 12. Çalışmamızda kullanılan distal ve mezial kökler.....	41
Resim 13. Kronları uzaklaştırılıp bifurkasyon bölgesinden kökleri ikiye ayrılan alt çene birinci büyük azı dişi.....	42
Resim 14. Distal köklerin tek mezial köklerin ise iki ayrı kanala sahip olduğu ve iki ayrı apikal foramenle sonlandığını gösteren radyogramlar.....	43
Resim 15. Köklerin okluzal yüzeylerinde oluşturulan çentikler	44
Resim 16. Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi Doku Ve Rejeneratif Mühendisliği Laboratuvarı.....	45

Resim 17. Distal kökün μ BT Taraması sonrası elde edilen gölge görüntüleri.....	46
Resim 18. Mezial kökün μ BT Taraması sonrası elde edilen gölge görüntüleri	47
Resim 19. Distal kök örneklerinden birinin (d5) şekillendirme öncesinde Nrecon programı ile elde edilen ait aksiyel kesit görüntüleri.....	49
Resim 20. Mezial kök örneklerinden birinin (m6) şekillendirme öncesinde Nrecon programı ile elde edilen ait aksiyel kesit görüntüleri	50
Resim 21. RDT3-NX Başlık ve NSK FC C873 Adaptör	52
Resim 22. X-Smart Endodontik Motor.....	52
Resim 23. Dataviewer yazılım programı ile koroner, aksiyal ve sagittal düzlemlerde distal köke ait şekillendirme öncesi ve sonrası görüntüleri	55
Resim 24. Dataviewer yazılım programında koroner aksiyal ve sagittal düzlemlerde distal köke ait şekillendirme öncesi ve sonrası görüntülerinin karşılaştırılması	56
Resim 25. Şekillendirme öncesinde distal kök örneklerinden birine (d5) ait trans-aksiyal kesit görüntüleri	56
Resim 26. Şekillendirme sonrasında distal kök örneklerinden birine (d5) ait trans-aksiyal kesit görüntüleri	57
Resim 27. Distal kök trans-aksiyal kesitlerinden birinin şekillendirme öncesi ve sonrasındaki görüntülerinin karşılaştırılması.....	57
Resim 28. Şekillendirme öncesinde mezial kök örneklerinden birine (m6) ait trans-aksiyal kesit görüntüleri	58

Resim 29. Şekillendirme sonrasında mezial kök örneklerinden birine (m6) ait trans-aksiyal kesit görüntüleri	58
Resim 30. Mezial kök trans-aksiyal kesitlerinden birinin şekillendirme öncesi ve sonrasındaki görüntülerinin karşılaştırılması.....	59
Resim 31. Apikal açıklığın tam olarak görüldüğü distal kök kesit görüntüsü	60
Resim 32. Apikal açıklığın tam olarak görüldüğü mezial köklerin kesit görüntüleri	61
Resim 33. CTAn programı ile yapılan 3D analiz örneği	62
Resim 34. Apikal, orta ve koroner bölgelerde birleşen mezial kök kanalları.....	63
Resim 35. Köklerin şekillendirme öncesi ve sonrası 3D görüntülerinin oluşturulması	64
Resim 36. SAF ile genişletilmiş bir distal kanalın 3D modelleme ile şekillendirme öncesi ve sonrası .stl görüntüsü	65
Resim 37. Protaper ile genişletilmiş bir distal kanalın 3D modelleme ile şekillendirme öncesi ve sonrası .stl görüntüsü	65
Resim 38. Protaper (sol) ve SAF (sağ) ile genişletilmiş mezial kanalların 3D modelleme ile şekillendirme öncesi ve sonrası .stl görüntüsü	66
Resim 39. Distal kök kanalının ayrıştırma sonrasında farklı açılardan görüntüsü	67
Resim 40. SAF grubunda % 29,81 - % 30,52 ve %39,66 oranında temas edilmeyen alana sahip distal kanal görüntüleri	108
Resim 41. Protaper grubunda % 42,53 - % 41,76 ve %35,79 oranında temas edilmeyen alana sahip distal kanal görüntüleri	108

Resim 42. SAF ve Prtotaper ile grubundaki temas edilmeyen alana sahip mezial kanal görüntüleri.....	110
Resim 43. SAF ve Prtotaper ile grubundaki temas edilmeyen alana sahip mezial kanal görüntüleri.....	110

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 1. Distal kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında hacim değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik.....	71
Grafik 2. Distal kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında SMI değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik.....	71
Grafik 3. Distal kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında yüzey alanı değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik	72
Grafik 4. Mezial kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında hacim değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik.....	75
Grafik 5. Mezial kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında SMI değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik.....	75
Grafik 6. Mezial kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında yüzey alanı değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik	76
Grafik 7. SAF ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması.....	78
Grafik 8. Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması.....	78
Grafik 9. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması	79

Grafik 10. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların orta üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması	80
Grafik 11. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların koroner üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması	80
Grafik 12. SAF ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması	82
Grafik 13. Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması	82
Grafik 14. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması	83
Grafik 15. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların orta üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması	84
Grafik 16. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların koroner üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması	84
Grafik 17. SAF ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması	86
Grafik 18. Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması	86
Grafik 19. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal üçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması	87
Grafik 20. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların orta üçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması	87

Grafik 21. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların koroner üçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması	88
Grafik 22. SAF ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması	89
Grafik 23. Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması.....	90
Grafik 24. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal üçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması	91
Grafik 25. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların orta üçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması	91
Grafik 26. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların koroner üçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması	92
Grafik 27. SAF ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması	93
Grafik 28. Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması.....	93
Grafik 29. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal üçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması	94
Grafik 30. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların orta üçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması.....	95
Grafik 31. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların koroner üçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması.....	95

Grafik 32. SAF ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması	96
Grafik 33. Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması	97
Grafik 34. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal üçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması	98
Grafik 35. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların orta üçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması	98
Grafik 36. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların koroner üçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması	99
Grafik 37. SAF ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması	100
Grafik 38. Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması	101
Grafik 39. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması	102
Grafik 40. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların orta üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması	102

Grafik 41. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların koroner üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması	103
Grafik 42. SAF ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması	104
Grafik 43. Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması	104
Grafik 44. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması	105
Grafik 45. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların orta üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması	106
Grafik 46. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların koronal üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması	106
Grafik 47. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanallarda aletlerin temas etmediği alanların yüzdelерinin karşılaştırılması	109
Grafik 48. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanallarda aletlerin temas etmediği alanların yüzdelерinin karşılaştırılması	111

GİRİŞ

Kök kanal tedavisinin temel amacı, pulpa dokusunun çıkarılması, kök kanallarının biyo - mekanik olarak temizlenip şekillendirilmesi ve ardından da kanalların üç boyutlu olarak sızdırmaz şekilde doldurulmasıdır. (1-3). Endodontik tedavinin en kritik aşamalarından biri olarak kabul edilen kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında, geçmiş yıllarda kullanılan el aletlerinin yerine, günümüzde teknolojinin de ilerlemesiyle birlikte farklı tasarım ve özelliklere sahip döner Ni-Ti sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır (4). Ancak modern endodontideki tüm bu gelişmelere rağmen, karmaşık kök kanal anatomileri sebebiyle yan kanalların ve istmusların yeterince temizlenememesi, ideal kök kanal şekillendirmesini zorlaştırarak tedavinin başarısını olumsuz yönde etkilemektedir (5-9).

Başarıyı arttırmak amacıyla ideal şekillendirme sisteminin belirlenebilmesi önem kazanmış ve geçmişten günümüze farklı dizayna sahip eğelerin temizleme ve şekillendirmedeki etkinlikleri, farklı değerlendirme yöntemleri ile araştırılmıştır (10-24). Kopya model oluşturma, taramalı elektron mikroskobu ile görüntüleme, mufla yöntemi ile dişlerden seri kesit alınması, radyolojik karşılaştırma yöntemleri gibi, bu yöntemlerin aksine, son yıllarda bilgisayarlı tomografi ve mikro bilgisayarlı tomografi gibi üç boyutlu (3D) görüntüleme yöntemleri ile yapılan değerlendirmeler ile gerçeğe en yakın veriler elde edilmeye başlanmıştır. Endodontide çok daha ince kesitler ile kök kanallarının incelenebilmesi, örneğe zarar vermeden tekrarlanabilir veriler elde edilmesi ve tarama sonrasında örneklerin diğer inceleme yöntemleri ile de incelenerek yöntemler arası karşılaştırma yapılabilmesine olanak sağlaması gibi avantajlarından dolayı mikro-bilgisayarlı tomografi yöntemi son yıllarda endodontide altın standart olarak kabul edilmektedir (25, 26).

Bu çalışmanın amacı, SAF ve Protaper döner Ni-Ti sistemlerinin alt çene birinci büyük azı dişlerinin köklerinde şekillendirme sonrasında kök kanal hacmi, yüzey alanı, yapı model indeksi değişiminin, temas edilmeyen yüzey alanının ve aletlerin transportasyon miktarı üzerine etkilerinin mikro-bilgisayarlı tomografi (μ BT) kullanarak incelenmesidir. Ayrıca her bir şekillendirme sisteminin kök kanal eğim derecesi ile şekillendirme süreleri arasında bir ilişki olup olmadığı araştırılacaktır.

1. GENEL BİLGİLER

Endodontik tedavinin birincil amacı, kök kanal sistemindeki mikroorganizmalar ile yan ürünlerinin, organik doku artıklarının ve debrisin, mekanik ve kimyasal olarak uzaklaştırılması sonrası, kanalların üç boyutlu olarak sızdırmaz şekilde doldurulmasıdır (1-3). Tedavinin başarısını etkileyen birçok faktör bulunmasına rağmen, kök kanallarının preparasyonu, karmaşık kök kanal anatomileri sebebiyle kanal tedavisinin en önemli aşamalarından biri olarak kabul edilmektedir. 1898 yılında “ Kanala ne doldurulduğu değil kanaldan ne çıkarıldığı önemlidir” sözü ile Eberly genişletmenin önemini vurgulamıştır. Aksesuar kanallar, transvers anastomoz yapılar, lateral kanallar, apikal deltanın durumu ve apikal foramenin pozisyonu gibi kanal anatomilerindeki çeşitli varyasyonlar, kök kanal şekillendirmesini önemli derecede etkiler ve istenilen ideal preparasyonun uygulanabilirliğini zorlaştırır (9). Enfekte dişlerden alınan histolojik kesitlerde bakterilerin pulpa dışında doku içeren yan kanallara, apikal dallanmalara, kanallar arasındaki istmuslara ve dentin tübüllerine de invaze olduğu görülmüştür (6-9)

Mekanik şekillendirmenin kök kanallarında bakteriyel azalmayı sağladığı çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (27-29). Byström ve Sundqvist (27) paslanmaz çelik eğeler kullanarak ve serum fizyolojikle yıkama yaparak mekanik şekillendirmenin kanal içindeki bakteri popülasyonunda ne kadar azalma meydana getirdiğini incelemişler ve bakteri sayısının 100 - 1000 kat azaldığını bildirmişlerdir. Orstavik ve arkadaşları (28) da benzer bir çalışmada serum fizyolojik kullanarak mekanik şekillendirme sonrası bakteriyel azalmada benzer

sonuçlar elde etmişlerdir. Dalton ve arkadaşları (29) ise paslanmaz çelik eğelerle döner Ni-Ti sistemlerini kullandıkları çalışmalarında, mekanik şekillendirme sonrası belirgin bir bakteriyel azalma gözlemlemişlerdir.

Günümüzde ideal bir kök kanal preparasyonu ile tüm kanal duvarlarından eşit miktarda madde kaldırılması ve özellikle eğri kanallarda kök kanal anatomisine sadık kalınarak, en dar yeri fizyolojik foramen apikalede olan ve koronere doğru gittikçe açılan huni şeklinde düzgün bir kanal formu elde etmek amaçlanmaktadır. Schilder' e (1) göre apikal foramenin fizyolojik şekli ve orijinal pozisyonu korunmalı, kök kanalının orijinal şekli ve eğimi muhafaza edilmelidir. Eğri kök kanallarının biyomekanik preparasyonu endodontik tedavide önemli bir konudur. Bu nedenle,

- Kök kanal morfolojisi
- Kanalların eğrilik derecesi
- Temizleme ve şekillendirme yöntemi
- Kullanılan kanal aletleri kök kanal preparasyonunda belirleyici faktörlerdir

1.1. Kök Kanal Şekillendirmesini Etkileyen Faktörler

1.1.1. Kök Kanal Morfolojisi

Başarılı bir endodontik tedavinin gerçekleştirilebilmesi için kök kanal morfolojisinin hekim tarafından iyi bilinmesi gerekmektedir.

Kök kanalları, kanal ağzında daha geniş olmak üzere, apikal foramene doğru gittikçe daralarak sonlanır. Kökün şekli, boyutu ve eğriliğinin derecesine bağlı olarak kök kanal şekillerinde farklılıklar gözlenmektedir. Tek köklü dişlerin büyük çoğunluğu tek kanal ve tek foramenle sonlanmaktadır. Daha az sıklıkla ana kanalın

bitiminde bir veya birkaç dala ayrılan apikal delta mevcuttur. Bununla birlikte çok köklü dişlerin kök kanalları daha karmaşık bir apikal anatomiye sahiptir. Gutmann (30) büyük azı dişlerinin furkasyon bölgesindeki aksesuar kanalları değerlendirdiği çalışmada, alt çene azı dişlerinde %29,40 oranında aksesuar kanal olduğunu saptamıştır. Vertucci (15) de, aksesuar kanalların alt çene azı dişlerinde % 61,60 ± 6.70 oranında mevcut olduğunu bildirmiştir. Çalışkan ve arkadaşları (16) ise alt çene birinci büyük azı dişlerinin mezial kanallarında % 25,42 oranında yan kanal, %50,85 oranında transvers anastomoz yapıların, distal kanallarında ise % 33,90 oranında yan kanal ve %22,03 oranında transvers anastomoz yapıların mevcut olduğunu saptamıştır. Gutierrez ve Aguayo (31), 140 adet dişin apeks bölgesini elektron mikroskobu ile inceledikleri çalışmalarında, foramenlerin hepsinin kökün yan kısmında yer aldığını belirtmişlerdir. Köklerdeki foramina sayısının 1 ile 16 arasında değiştiğini ve foraminalar ile kökün en uç noktası arasındaki mesafenin ise 0,20-3,80 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Kök kanalının horizontal kesitinin, kök ucuna yaklaştıkça yuvarlaklaştığı şeklinde genel bir görüş vardır. Bu görüş her zaman doğru değildir (1). Kök kanallarının morfolojileri ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında oval, yassı ya da dallanmalar gösteren çok çeşitli morfoloji tiplerine rastlanılmıştır (32-36). Bir kanal formuna oval diyebilmek için bukko-lingual çapın, meziodistal çaptan en fazla 2 kat büyük olması gerekmektedir. Eğer bu oran 2- 4 arasında ise kanal uzun oval kanal olarak adlandırılmaktadır.(32). Wu ve arkadaşları (33) 180 adet çekilmiş dişten kesitler almış ve aldıkları kesitlerde kök kanallarının bukko-lingual ve meziodistal çaplarını ölçmüşlerdir. Apikal 1 mm' de örneklerin % 25'inin uzun oval, % 75 inin ise daha yassı kanal morfolojilerine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca, üst çene molar dişin palatinal kökü hariç tüm diş gruplarında bukko-lingual çapın

meziodistal çaptan daha uzun olduğunu bildirmişlerdir. Apekten 5 mm uzakta ise %50 ila %92 arasında kanal formu yassı şekilde bulunmuştur. Bukko-lingual çapın, meziodistal çaptan en düşük oranla 4 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (33).

Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında, özellikle döner sistemler yuvarlak olmayan bu kanal şeklini yuvarlaklaştırmaya çalışırken kök zayıflatılabilir veya perforasyon oluşabilir (37).

1.1.2. Kök Kanallarının Eğrilik Dereceleri

Kök kanallarının eğim dereceleri biyomekanik şekillendirmeyi zorlaştıran faktörlerden bir diğeridir. Kök kanal morfolojisi ile ilgili yapılan araştırmalar, iki boyutlu radyografik görüntüleme teknikleri ile tespit edilenin aksine kök kanal şekillerinin nadiren düz formda olduklarını göstermektedir. Cunningham ve Senia (38) meziobukkal ve bukkolingual yönden aldıkları radyogramlarla inceledikleri alt büyük azı dişlerinin kök eğimlerinde meziobukkal kanalın eğiminin ortalama $28,7^{\circ}$, meziolingual kanalın eğiminin ise ortalama $27,2^{\circ}$ olduğunu bildirmişlerdir. Bukkolingual yönde yapılan incelemede ise meziobukkal kanalın ortalama 21° , meziolingual kanalın ise ortalama $19,7^{\circ}$ eğime sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Günday ve arkadaşları (39) alt büyük azılarla ilgili çalışmalarında meziobukkal ve meziolingual kök kanallarını hem vestibül hem de aproksimal yönden çektikleri radyogramlarla değerlendirmiş ve meziobukkal kanalın eğriliğini vestibül yönden ortalama $24,29^{\circ}$, meziolingual kanalın ise ortalama $23,23^{\circ}$, aproksimal yönden ise meziobukkal kanalın ortalama eğriliğini $19,25^{\circ}$, meziolingual kanalın ise ortalama $17,36^{\circ}$ olarak tespit etmişlerdir.

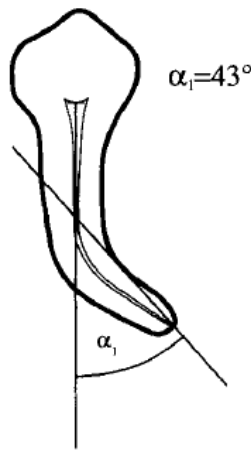
Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında tüm kanalların çeşitli yönlerde eğimlere sahip olduğu ve bu eğimlerin iki boyutlu radyografik tekniklerle gösterilemediği göz önünde bulundurulmalı ve özellikle apikal bölgedeki eğimler

fark edilerek düzleştirilmemelidir. Bu eğimlerin düzleştirilmesi apikal foramenin orijinal pozisyonunun yer değiştirmesi ve şeklinin değişmesi sonucu tedavinin başarısız olmasına neden olabilmektedir.

Kök kanal morfolojisinin özellikle eğri kanallarda şekillendirmeyi ve buna bağlı olarak da tedavinin başarısını etkileyecek öneme sahip olduğu bilindiğinden, eğriliklerin belirlenmesi birçok araştırmacının uğraşı olmuştur (40-42). 1971 yılında Schneider (40) periapikal radyogramlar ile dişlerin kanal eğriliğini ölçerek kök kanal eğrilik derecelerini belirleyen bir metot geliştirmiştir. Daha sonra ise 1982 yılında Weine (41), 1996 yılında Hankins ve ElDeeb (42) uzun eksen tekniğini (long axis technique) ortaya koymuştur. Pruett ve arkadaşları (43) ise 1997 yılında kök kanal eğriliğini ölçmek için 'eğrilik yarıçapı' nı tanımlamıştır.

1.1.2.1. Schneider Tekniği

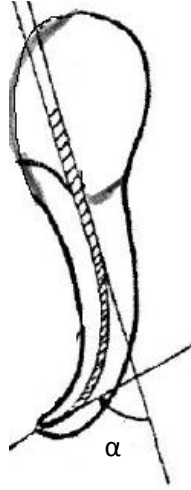
Koroner bölgede kök kanalının uzun aksına paralel bir doğru çizilir ve bu doğrunun kök uzun aksını terk ettiği nokta ile apikal foramen arasındaki doğrunun kesiştiği köşedeki açı (Şekil 1) kök eğriliğinin derecesini vermektedir (40).



Şekil 1. Schneider tekniğine göre kök kanal eğrilik derecesi ölçüm yöntemi

1.1.2.2. Weine'in Tekniği

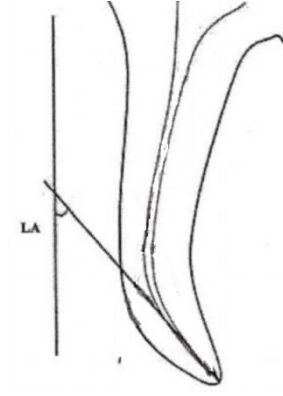
Kanal girişinden kök kanalını takip ederek çizilen doğru ile kök ucu ile eğimin bittiği nokta arasında ikinci bir doğru çizilir. Bu iki doğrunun keşiştiği köşedeki aı (şekil 2) eğriliğin derecesini vermektedir (41).



şekil 2. Weine'in tekniğine göre kök kanal eğrilik derecesi ölçüm yöntemi

1.1.2.3. Hankins ve ElDeeb Tekniği (Uzun Eksen Tekniği)

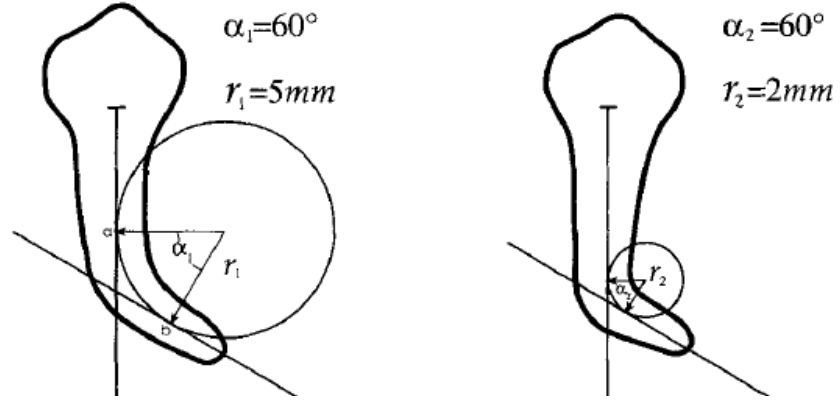
Dişin uzun aksına paralel çizilen doğru ile apikal 1/3' ten geçen doğru arasındaki açı (şekil 3) uzun eksen açısı olarak adlandırılmaktadır (42).



Şekil 3. Hankins ve ElDeeb Tekniğine göre kök kanal eğrilik derecesi ölçüm yöntemi

1.1.2.4. Pruett ve Arkadaşlarının Tekniği

Pruett ve arkadaşları eğrilik derecesinin yanı sıra eğrilik yarıçapının da kök eğiminin belirlenmesinde önem taşıdığını bildirmişlerdir (43). Bu yöntemde kanalın koroner bölümüne paralel bir çizgi çizilir ve üzerinde kanalın eğilmeye başladığı nokta belirlenir. Aynı şekilde apikal üçlüye paralel çizilen çizginin üzerinde ise kanal eğriliğinin bittiği nokta bulunur. Bu noktalardan çıkılan dikmelerin kesiştiği noktayı merkez alan daire kanalın eğri kısmını belirlemeyi sağlar. Dairenin yarıçapı eğrilik yarıçapını yani eğriliğin şiddetini ifade ederken, yarıçap büyüdükçe kanal eğriliğinin şiddeti azalmakta küçüldükçe ise eğriliğin şiddeti artmaktadır. Eğrilik açısı ise dairenin bu noktaları arasında kalan yayı gören merkez açısıdır (Şekil 4). Eğrilik açısı arttıkça preparasyon sırasında kök kanallarında dirsek oluşumu, apikal foramenin taşınması, perforasyonlar ve eğelerin kırılması gibi komplikasyonların oluşma ihtimali artar. Eğrilik açısı ve yarıçapı birbirini etkilememesine rağmen kök kanal yarıçapı azaldıkça ve eğrilik açısı arttıkça kök kanalının zorluk derecesi artar.



Şekil 4. Pruett ve ark.'nın tekniğine göre kök kanal eğrilik açısı ve yarıçapı

1.1.3. Kök Kanal Genişletme ve Şekillendirme Teknikleri

Geçmiş yıllarda kullanılan kök kanallarının genişletilmesi kavramından, kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi kavramına geçiş ile birlikte bir biri ardına kök kanalı şekillendirme yöntemleri tanımlanmıştır (44).

Elle uygulanan kök kanal preparasyonu tekniklerinde temel olarak farklı formlara sahip olan paslanmaz çelik ve nikel-titanyumdan (Ni-Ti) üretilmiş eğeler kullanılmaktadır. K-tipi, H-tipi ve Reamerlar gibi farklı formlara sahip olan bu eğelerin ortak özellikleri kesme etkisi olan çalışan kısım uzunluklarının 16 mm olması, çaplarının her mm'de 0.02 mm artması ve kesici kenarlarının her zaman eşit aralıklar ile yerleşmesidir. Bu çap artışını tanımlamak için “%2 koniklik (taper)” terimi kullanılmaktadır. Bu eğeler arasındaki temel farklılık ise, kesme kenarlarının kanal duvarları ile olan açılarıdır. Bu değerler Reamer için 20°, K-tipi ege için 40°, H-tipi ege için 60° olarak belirtilmiştir. El eğesi tekniklerinin endodontik tedavide uzun yıllar tek alternatif olarak uygulanması ile birlikte görülen sorunların azaltılabilmesi için farklı teknikler geliştirilmiştir.

1.1.3.1. Geleneksel Yöntem (Standart Teknik)

Kök kanalı şekillendirme yöntemlerinin ilki Ingle (45) tarafından tanıtılmış olup, “geleneksel yöntem” olarak adlandırılmaktadır. Çalışma uzunluğunun saptanmasının ardından, genişletme sırasında kullanılan tüm aletler ile çalışma boyunda eğeleme hareketi ile çalışılması esasına dayanan bir yöntemdir. Yöntemin uygulandığı yıllardaki kanal aletlerinin yapısı ve genişletme tekniği nedeniyle, düz kök kanal formları elde edilmesi ve yöntemin özellikle eğri kanallardaki olumsuz etkilerinden dolayı, konik kanal genişletme yöntemleri ortaya çıkmış ve geleneksel yöntem daha çok düz kök kanallarında kullanıma olanağı bulmuştur.

İlk kez 1956 yılında Seidler (46) kök kanallarının konik şekillendirilmesini önermiş ve 1970 li yılların ortasında artık konik kanal genişletme konvansiyonel yöntemin önüne geçmiştir (47). Günümüzde ise kök kanalı temizleme ve şekillendirme yöntemleri uygulamadaki farklılıklarından dolayı step-back ve step-down olarak iki ana başlık altında incelenmektedir (44).

1.1.3.2. Step-Back Yöntemleri

Kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi amacıyla, yaygın olarak ilk kullanılan yöntem olmuştur. İlk kez 1969 yılında Clem tarafından tanıtılan bir yöntem olmasına karşın, daha çok Weine (48) tarafından tanıtılan ve kendisinin ismiyle anılan bir yöntem olarak bilinir.

Step-back yöntemlerinde şekillendirme foramen apikaleden başlar ve koronere doğru devam eder. Yöntemin uygulanması sırasında öncelikle fizyolojik foramendeki apikal daralmada sıkışan kanal aleti ile çalışma uzunluğu saptanır ve bir numara büyük alet ile kanalların şekillendirilmesine başlanır. Çalışma uzunluğunu saptamada kullanılan ve apikal daralmanın olduğu yerde belirgin olarak sıkışan ilk alet **IAF**

(Initial apical file) **başlangıç eğesi** olarak adlandırılır. Bu aletten sonraki 3 boy büyük alete kadar, saptanan çalışma uzunluğunda şekillendirme yapılır. **IAF** den sonra apikal kısımda şekillendirme yapılan üçüncü kanal aletine ise **MAF** (Master Apical File) **apikal ana eğe** adı verilir. MAF'tan sonra kullanılan kanal aletlerinin numarası her sefer büyütüldüğünde, çalışma uzunluğu 1 mm kısaltılır. Step-back yöntemlerinin bazılarında MAF'tan sonra üç kanal aleti daha kullanılıp, şekillendirmeye Gates-glidden frezleriyle devam edilir.

Weine'in (48) tanımladığı yöntemde en önemli nokta fizyolojik foramen apikalenin orijinal şeklinin ve genişliğinin korunmasıdır. Şekillendirmenin sonunda en dar yeri fizyolojik foramen apikalede olan koronere doğru huni şeklinde açılım gösteren bir kanal formu elde edilmek istenir. Bu nedenle MAF'tan sonra kullanılan her büyük numaralı aletten sonra tekrar MAF'a dönülerek saptanan çalışma uzunluğunda şekillendirme yapılır ve bu işleme rekapitülasyon adı verilir.

Mullaney'in (49) modifiye ettiği yöntemde ise Wine'in tanımladığı step-back tekniğindeki tüm kurallar geçerlidir. İki yöntem arasındaki tek farklılık rekapitülasyon uygulamasındadır. Wine'in uyguladığı rekapitülasyona ek olarak Mullaney, IAF ile MAF arasında kullanılan her kanal aletinden sonra bir önceki kanal aletine geri dönülerek aynı şekilde çalışma uzunluğunda şekillendirme yapılmasını önermektedir. Son olarak Gates-glidden frezleriyle yapılan şekillendirmenin ardından ise MAF ile son şekillendirmenin yapılması gerekmektedir.

Geleneksel yönteme göre apikal bölgede genişletme sırasında daha az dentin kaldırılır böylece ince kök uçlarının zayıflaması önlenerek basamak oluşumu ve perforasyon ihtimali azalır. Konik genişletme yapıldığı için koroner kısım daha iyi temizlenir ve böylece yıkamanın etkinliği artar. Ayrıca konik biçimde şekillendirilen

kanalların lateral kompaksiyon ile doldurulmasının daha kolay ve güvenli şekilde tamamlanması sağlanır (46, 47).

1.1.3.3. Step-down Yöntemleri

Georig ve arkadaşları (50) tarafından 1982 yılında tanıtılan bu yöntemde şekillendirme koroner kısımdan başlar ve apikale doğru devam eder. Böylelikle ‘step back’ yönteminden farklı olarak, şekillendirme işlemine başlamadan önce çalışma uzunluğu hesaplanmadığından, kanalın koroner ve orta bölgelerinde bulunan enfekte dokuların ve mikroorganizmaların kanal aleti ile apikal kısma itilmelerinin büyük ölçüde engellenmesiyle (44) önemli bir avantaj sağlanmış olur. Yöntemin bir diğer avantajı ise koroner 1/3’lük bölgede oluşan rezervuar sayesinde yıkama solüsyonlarının burada birikerek, her kanal aletinin kullanımında orta 1/3’lük kısma taşınmasının sağlanmasıdır (44). Bunlara ek olarak, koroner 1/3’ lük kısımda oluşturulan genişlik kanal aletlerinin kanal duvarına temas eden yüzeylerinin daha az olmasını ve kök kanalı içerisinde daha rahat hareket etmesini sağlamaktadır. Yöntemde, şekillendirmeye başlanmadan önce endodontik kavite girişlerinin kanal aletlerinin hiçbir engelle takılmadan kök kanallarına girecek şekilde açılması özellikle vurgulanmaktadır.

Şekillendirmeye kök kanalının koroner kısmına uyan numarada Hedström eğe ile kanalın 2/3 koroner kısmından başlanır. Genellikle 35 numara Hedströme kadar yapılan şekillendirme yeterli kabul edilir. Daha sonra Gates-Glidden frezler ile şekillendirmeye devam edilirken apikal bölgeye basınç uygulamama konusunda dikkatli olunmalıdır. Böylelikle apikal 1/3 lük kısma girilmeden orta ve koroner kısımlarda şekillendirme tamamlanır. Çalışma uzunluğunun saptanmasının ardından ise sırasıyla 10, 15 ve 20 # numara kanal aletleri ile çalışma uzunluğunda

şekillendirme yapılır. Apikal bölgedeki şekillendirmenin ikinci aşamasında, apikal 1/3 ile orta 1/3'lük kısmın birleştiği noktadan itibaren 60 # numaralı kanal aleti ile şekillendirmeye başlanır ve her defasında alet numarası bir boy küçültülürken çalışma uzunluğu 0,5 mm uzatılarak fizyolojik foramen apikaleye doğru ilerlenir. Üçüncü aşamada ise birinci aşamada kullanılan 20 # numara kanal aleti ve iki boy büyük kanal aleti ile çalışma uzunluğundan 1mm kısa olacak şekilde rekapitülasyon yapılarak şekillendirme tamamlanır.

1.1.3.4. Modifiye Step-Down' Yöntemi

1997 yılında Stock ve arkadaşları (51) step-down yönteminin bir modifikasyonunu tanıtmıştır. Yöntemin uygulanışına göre:

Kök kanalının düz seyreden kısmında gerçek çalışma uzunluğu ölçülmeden önce yaklaşık olarak 11 mm çalışma uzunluğunda, sırasıyla 15, 20 ve 25 # numara H file ile şekillendirme yapılır. 1, 2 ve 3 # numara Gates-Glidden frezleri ile kök kanalı içerisindeki yaklaşık 9-10 mm'lik kısım basınç uygulamadan şekillendirilir. Çalışma uzunluğu hesaplanır. Çalışma uzunluğunda 15-20-25 # numaralı Hedström eğeleriyle apikal stopta şekillendirme yapılır ve 25 # numaralı eğe MAF eğesi olarak kabul edilir. Daha sonra 40 # numaralı kanal aletine kadar step back yöntemi uygulanır ve 25 # numaralı eğe ile rekapitülasyon yapılarak işlem tamamlanır.

Step-down yöntemleri ile konik bir kanal formu elde edilmesi avantaj sağlarken, özellikle dar kanallarda basamak oluşumu, kanalların blokajı ve perforasyon oluşma ihtimalinin artması en önemli dezavantajlarındandır. McCan ve arkadaşları (52) bu yöntemde başarısızlık oranının fazla olduğunu bildirmişlerdir.

1.1.4. Kök Kanal Tedavisinde Kullanılan Aletler

Mekanik eğelemenin tarihçesi ve ilkeleri 19. yy başlarına kadar uzanmakta olup endodontide kullanılan kanal aletlerinin gelişimi incelendiğinde, modern endodontinin oluşumuna katkıda bulunan yeniliklerin büyük çoğunluğunun XX. yüzyılın ikinci yarısından sonra gerçekleştiği görülecektir.

Endodontik aletler Uluslararası Dişhekimliği Federasyonu (FDI) ve Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu (ISO) tarafından günümüzdeki kullanım alanlarına göre dört grup altında toplanmaktadır (45).

1. Grup: El aletleri (K-tipi ve H-tipi eğeler, K-tipi reamerlar, R-tipi farekuyruğu eğeler, tirnerfler, pluggerlar ve spreaderlar)
2. Grup: Gövde ve operatif uç bölümlerinden oluşan motorla kullanılan aletler (lentülo, motorlu aletlere uyan kanal aletleri)
3. Grup: Motorlu özel aletlerle çalışan kanal aletleri (Gates-glidden ve Peeso frezleri, Döner Ni-Ti aletler (Quantec, Profile, Hero-642, Protaper ve diğerleri)
4. Grup: Kök kanal konları (Gütta-perka, Gümüş ve kağıt konlar)

1.1.4.1. El Aletleri

Başlangıçta karbon çeliğinden üretilmiş olan kanal aletleri (53) iyi bir kesme etkinliğine sahip olmalarına rağmen en fazla 150 °C ısıya dayanabilmeleri ve sterilizasyon işlemlerinde korozyona uğramalarından dolayı, yerini paslanmaz çelik (krom-nikel) aletlere bırakmıştır (54).

Paslanmaz çelik kanal aletleri ise karbon çeliğine üstünlük sağlamasına rağmen esnek olmamaları nedeniyle kök kanallarına tam uyum sağlayamazlar ve yapısal özelliklerinden dolayı kanallarda istenmeyen formların oluşmasına yol açabilirler. Özellikle eğri ve dar kanalların apikal bölümlerinin paslanmaz çelik aletlerle

genişletilmesi oldukça zor olmakla birlikte, çok da zaman almaktadır. Bu durumun etkin irrigasyon ve kanalın doldurulması için bir engel oluşturduğu düşünülerek (55) kanal aletlerinde yeni arayışlar başlamıştır. Nikel- titanyum (Ni-Ti)’ dan üretilen eğelerin keşfi ise endodonti tarihindeki en büyük gelişmelerden biri olarak kabul edilmektedir.

Ni-Ti ilk olarak donanmada kullanılmak üzere geliştirilmiş olup sonradan süperelastik bir materyal olduğunun keşfedilmesiyle birlikte ilk kez 1970’lerin başında ortodontide, ardından da 1988 yılında endodontik eğelerin yapımında kullanılmıştır (56).

1988 yılında ilk kez Walia ve arkadaşları (56) tarafından kullanılan endodontik eğelerdeki NiTi materyali yaklaşık %55 nikel (Ni) ile %45 titanyumdan (Ti) oluşur ve alaşımı oluşturan kısımlar ile üretildiği laboratuvar isminin kısaltması ile Nitinol olarak adlandırılmıştır. Elastiklik modülü yaklaşık 35 K.N/mm² olduğundan, Ni-Ti eğeler, dönme ve sıkışma streslerine karşı, paslanmaz elik eğelere göre 2-3 kat daha esnektir (57). Paslanmaz elik eğeler ile kıyaslandığında Ni-Ti eğelerde elastik deformasyon oranının %3’ten kalıcı hasar bırakmaksızın %7’ye kadar çıkabildiği bildirilmiştir (4). Kristal fiziği alanında uzman Dr. Wang, alaşımın şekil hafızası özelliğini atomik düzeydeki değişiklikler sonucu elde ettiğini bulmuştur. Çeşitli metal kompozisyonları için, yaklaşık -50  C ile + 166  C arasındaki geçiş ısısının altında metal martensite fazındadır. Bu aşamada metal istenildiği şekilde bükülebilir. Metal eski şeklini almaz; fakat metal ısıtıldığında diğer faza geçer ve hafıza özelliği kazanarak eski haline döner. Metal austenite fazındayken, atomları daha yoğun ve daha düzenli şekilde sıralanmıştır. Ni-Ti materyalinin kristal yapısının austenik ve martensitik fazlar arasında yer değiştirmesinden kaynaklanarak Ni-Ti eğeleri “pseudoelastiklik” veya “süper elastiklik” özelliğine sahiptir Stres ve ısı değişimleri

ile Ni-Ti özellikleri yani fazları değişir. Yüksek ısı ve basınç ile austenik faza geçen alaşım, etki ortadan kalktığında tekrar martensitik faza geri döner. Bu termoelastik transformasyondur ve eğerin elastik limitler içerisinde kaldığı sürece şekil hafızası ile orijinal formuna dönmesini sağlar (58). Bu nedenle, Ni-Ti alaşım, yüksek esnekliği ve kolayca şekil alabilme yeteneği nedeniyle torsiyonel ve döngüsel kırılmaya karşı yüksek direnç göstermektedir (58). Eğri ve dar kanallarda orijinal kanal formundan sapma, apikalde istenmeyen şekil değişiklikleri, uzun çalışma süresi gibi komplikasyonları azaltabilmek için geleneksel K-tipi eğelerin çapraz kesit ve uç tasarımlarında değişiklikler yapılmasına karşın istenilen sonuca ulaşılamamıştır. Ni-Ti el aletlerinin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte ise eğri kök kanallarında yaşanan sorunlar kısmen giderilebilmesine rağmen, aletlerin dentini kesme kapasitelerinin yetersizliği nedeniyle eskiden beri var olan uzun çalışma süresi kısaltılamadığından, döner Ni-Ti esaslı kanal aletlerinin geliştirilmesi ile çalışma süresinin kısaltılması gündeme gelmiştir. Özel redüksiyonlu angldruvaya takılarak, sabit bir devirde kullanılan bu aletlerle kök kanalında geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha kısa sürede ve istenmeyen şekil değişikliklerine yol açmadan şekillendirme yapılabileceği ileri sürülmüş ve Ni-Ti esaslı döner aletler ile kök kanallarının şekillendirme yöntemleri kullanıma sunulmuştur.

1.1.4.2. Döner Ni-Ti Aletler

Döner Ni- Ti aletler paslanmaz çelik aletlerle kök kanallarının genişletilmesi sırasında gözlenen komplikasyonları azaltırken, Ni-Ti el aletlerinin dentini kesme etkinliğindeki yetersizliğini giderir ve çalışma sürelerini kısaltarak büyük avantaj sağlar.

Farklı Ni-Ti döner alet sistemlerinin kendilerine özgü farklı kanal aleti dizaynları vardır. Bu aletler; kesim açısı, bıçak sayısı, uç dizaynı, konisite açısı ve kesit şekillerinde farklılıklar gösterirler. Bu farklılıklar, aletlerin esnekliklerini, kesme etkinliklerini ve burkulmaya karşı direnç gibi özelliklerini belirler (3).

Günümüzde kök kanal şekillendirilmesinde sıklıkla kullanılan Ni-Ti döner sistemler şunlardır:

- LightSpeed ve LightSpeed LSX(Discus Dental,Culver City,CA,USA)
- ProFile (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)
- GT (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)
- GT Series X (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA)
- Quantec (Analytic Endodontics, Orange, CA)
- HERO 642 ve Hero Shaper (MicroMega, Besançon, France)
- ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)
- K3 (Analytic Endodontics, Orange, CA)
- FlexMaster (VDW, Munich, Germany)
- RaCe ve Bio Race (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds,Switzerland)
- EndoSequence (Real World Endo; Brasseler USA)
- Twisted File (SybronEndo, Orange, CA)
- Mtwo (VDW, Munich, Germany).
- Safesiders (Essential Dental system, Hackensack, NJ, USA)
- Waveone (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)
- Resiproc (VDW, Münih, Almanya)
- SAF (Re-Dent-Nova, Ra'nana, İsrail)

1.1.4.3. Çalışmamızda Kullanılan Döner Alet Sistemleri

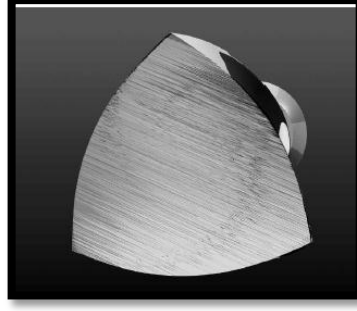
1.1.4.3.1. Protaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)

Günümüzde literatürde en çok araştırılan Ni-Ti döner eğe sistemi (Resim 1) olup, Dr. Cliff Ruddle, Dr. John West ve Dr. Pierre Machtou tarafından dizayn edilmiş ve Dentsply firması tarafından piyasaya sürülmüştür (59). Esas olarak crown-down tekniğiyle kullanılan, SX, S1, S2 olmak üzere üç adet şekillendirici ve F1, F2, F3, F4, F5 olmak üzere beş adet bitirme eğesinden oluşmaktadır.



Resim 1. Protaper Universal sistemi eğeleri

Keskin olmayan modifiye aktif uç yapısı, dış bükey üçgen çapraz-kesit tasarımı, değişkenlik gösteren konisite, farklı uç çapları, değişken heliks açısı ve sarmal yapısı ProTaper sistemini diğer döner NiTi sistemlerden ayıran özellikleridir (60) (Resim 2, 3).



Resim 2. ProTaper eğelerinin konveks üçgen şeklindeki enine kesiti

Sistemdeki aletlerin diğer bir özelliği olan modifiye edilmiş rehber uç yapısı şekillendirme sırasında aletin kanal içerisinde duvarlara saplanmadan güvenle ilerlemesini sağlar.



Resim 3. ProTaper eğelerinin modifiye edilmiş rehber uç yapısı

Aletlerin her birinin temel özelliği olan kesici bıçaklar boyunca görülen değişken konisite, esnekliği ve buna bağlı olarak dentin duvarı ile kesici bıçak yüzeyi arasındaki sürtünmeyi azaltarak kesme etkinliğini artırmakta ve ayrıca her eğenin kök kanalının belirli bir bölgesinde şekillendirme yapmasını sağlamaktadır (44, 59, 61). Değişken çaptaki uçlar ise eğelerin stres birikimine yol açmadan dentin kesimini gerçekleştirmelerine olanak sağlar (62).

1.1.4.3.1.1. Şekillendirici Kanal Aletleri

Şekillendirici aletlerin kesici kısımları boyunca konisite açısı apikalden koronere doğru gittikçe artar. Bu sayede şekillendirici kanal aletleri özellikle kanalın koroner 2/3'lük kısımlarının şekillendirilmesinde daha etkindir. Fırçalama hareketi ile kullanıldıklarında eğe ile kanal duvarları arasında yan boşluklar oluşması eğelerin kanal içerisinde pasif olarak daha derinlere ulaşmasına yardımcı olur.

1.1.4.3.1.1.1. Yardımcı şekillendirici kanal aleti (SX)

Uzun ve orta uzunluktaki kök kanallarının koroner kısımlarında şekillendirme işleminin başında, kısa kanallarda ise şekillendirme işleminde de kullanılır. Fırçalama hareketi ile kök kanallarının koroner bölgelerinde, diğer şekillendirme yöntemlerinde Gates Glidden frezler ile elde edilen koroner açıklığın sağlanmasında kullanılır. Sistemin diğer aletlerinden farklı olarak alet herhangi bir renk kodu içermediği gibi kesici bıçak uzunluğu 14 mm, tüm uzunluğu ise 19 mm'dir. Apikal uçta çapı 0,19 mm iken, D14 noktasında bu rakam 1,20 mm'dir. SX tüm Protaper Universal eğeleri içerisinde en fazla artan açıya sahiptir. Çapraz kesit çapının D6, D7, D8 ve D9'da sırasıyla 0,50 mm, 0,70 mm, 0,90 mm ve 1,10 mm, konisite açıları ise %11, %14,5, %17, %19 olduğu bilinir. D0'dan D9'a artış %3,5'dan %19'dur (60).

1.1.4.3.1.1.2. Şekillendirici Kanal Aleti S1

Kök kanalının koroner kısmının şekillendirilmesinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Renk kodu mor olup uç çapı 0,17 mm'dir. SX ile benzer şekilde D14 noktasında bu çap 1,190 mm'ye ulaşır. Konikliği D1'de %2'den, D14'te %11'e artış gösterir.

1.1.4.3.1.1.3. Şekillendirici Kanal Aleti S2

S2 kanalın orta üçlüsünü genişletmek ve şekillendirmek amacıyla üretilmiş olup renk kodu beyazdır. Apikal uç çapı 0,20 mm'dir ve D14 noktasına gelinceye dek diğer şekillendirici aletlerle benzer şekilde artış göstererek 1,185 mm'ye ulaşır. S2' nin konisitesi ise D1' de %4 iken, D14' te %11,5' a ulaşır.

1.1.4.3.1.2. Bitirme Kanal Aletleri

Bitirme aletleri olan F1, F2, F3, F4 ve F5 esas olarak kanalın apikal kısmını genişletmek için tasarlanmış olmakla birlikte, orta kısmı da genişletirler. Kök kanalının anatomisine göre, şekillendirici kanal aletlerinden sonra bitirici aletlerin sadece birisi kullanılarak da şekillendirme işlemi tamamlanabilir. Tüm aletler D0-D3 arasında sabit, 3. mm' den başlayarak koronere doğru D4-D14 arasında ise azalan konisiteye sahiptir. Azalan konisite, aletin esnekliğini artırır ve gövdesinin kalınlaşmasını engelleyerek kanalın koronerinde şekillendirme aletleriyle daha önceden verilen formun korunmasını sağlar (61, 63).

1.1.4.3.1.2.1. Bitirme Kanal Aletleri F1

Renk kodu sarı olup, uç çapı 0.20 mm'dir. Apikal uçta ilk 3 mm boyunca %7 sabit konisiteye sahiptir.

1.1.4.3.1.2.2. Bitirme Kanal Aletleri F2

Renk kodu kırmızı, apikal uç çapı ise 0,25 mm'dir. D0-D3 noktaları arasında % 8 sabit, kalan kısımda ise azalan konisiteye sahiptir.

1.1.4.3.1.2.3. Bitirme Kanal Aletleri F3

Renk kodu mavi, apikal uç çapı 0,30 mm'dir. D0 noktasından itibaren 3 mm boyunca %9 sabit konisiteye sahiptir.

1.1.4.3.1.2.4. Bitirme Kanal Aletleri F4:

Renk kodu siyah, apikal uç çapı 0,40 mm'dir. D0 noktasından itibaren 3 mm boyunca % 6 sabit konisiteye sahiptir.

1.1.4.3.1.2.5. Bitirme Kanal Aletleri F5:

Renk kodu sarı, apikal uç çapı 0,50 mm'dir. D0 noktasından itibaren 3 mm boyunca % 5 sabit konikliğe sahiptir.

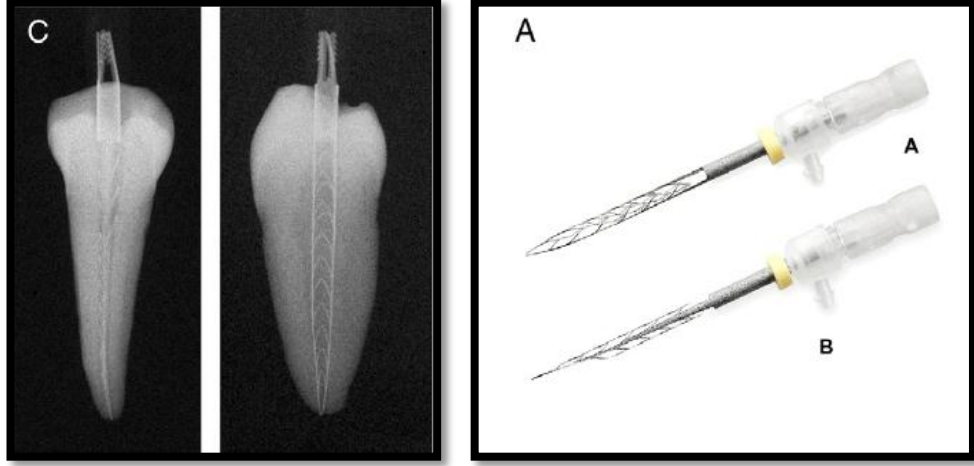
1.1.4.3.2. Self Adjusting File (SAF) Sistemi (Re-Dent-Nova, Ra'nana, Israil)

Geçmiş yıllardan beri endodonti pratiğinde kullanılmakta olan döner Ni-Ti kanal aletleri ile özellikle oval, yassı oval ve damla şekilli kök kanallarının şekillendirilmesinde, kanal aletlerinin % 40-80 oranında kök kanal duvarına temas etmediği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (64, 65).

Ni-Ti aletlerin doğasında olan bu sorunların üstesinden gelebilmek amacı ile Self Adjusting File (SAF) (Re-Dent-Nova, Ra'nana, Israil) adlı ege sistemi geliştirilmiştir (Resim 4) (66).

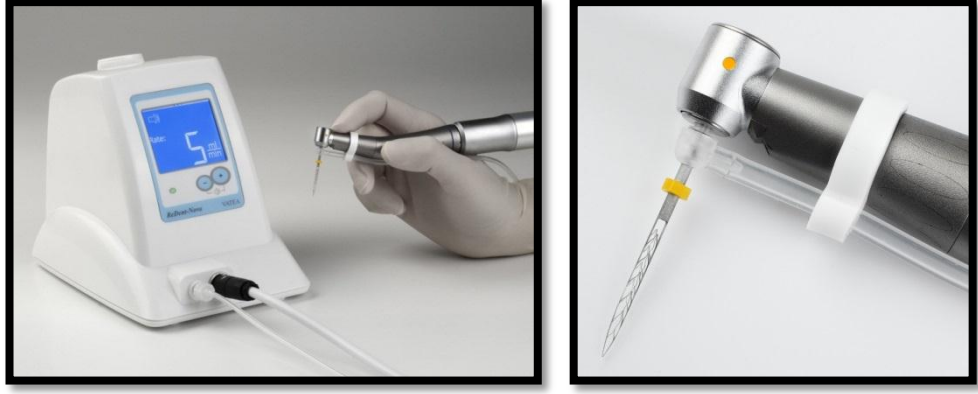
Self Adjusting File 120 µm kalınlığında, elastik Ni-Ti kafes yapısına sahip yeni geliştirilen ve farklı bir işleyiş düzenine sahip tek egeden oluşan bir sistemdir. Ni-Ti ege sistemlerinin aksine kor yapısı bulunmamakta ve içi boşluklu elastik kafes yapısı sayesinde kendi kesiti boyunca sıkışabilme özelliğine sahiptir. Sistem dikey olarak dakikada 5000 kez 0,4 mm'lik hafif bir vibrasyon yapar ve kök kanalında kademeli olarak genişleme elde edilir. Bu sayede ege'nin tüm ekseni boyunca hafif ve sürekli bir basınç uygulayarak kanalların orijinal kesitine uygun bir genişletme sağladığı bildirilmektedir (66).

1,5 ve 2 mm çapında olmak üzere iki farklı eğesi bulunmaktadır. Eğenin kanal içerisine uyum sağlayabilmesi amacı ile kanalların önceden apikal kısımda # 20 K el eğesine kadar genişletilerek hazırlanması gerekmektedir (67)



Resim 4. SAF eğeleri ve alt çene küçük azı dişlerindeki radyogram görüntüleri

Aletin içi boşluklu tasarımınnın bir diğer avantajı ise devamlı irigasyona olanak sağlayarak kanalların aynı anda hem üç boyutlu olarak şekillendirilmesini hem de dezenfeksiyonunu sağlamasıdır. Vatea (Redent Nova) adı verilen irigasyon sistemi solüsyon için rezervuar görevi gören 400 ml kapasiteli sıvı dağıtım haznesi ve tek kullanımlık silikon tüp ile endodontik anguldruvaya ve SAF eğesine bağlanarak kullanılır. Sistemde irigasyonun akış hızı; kontrol paneli aracılığı ile belirlenir ve panelde bulunan -/+ düğmeleri vasıtası ile akış hızı 1-10 ml/dk olarak ayarlanabilir (Resim 5). Ayrıca eğeleme sırasında sürekli irigasyon yaptığı için ortamda devamlı olarak taze solüsyon bulunur ve eğenin vibrasyona uğraması ile irigasyonun etkinliği artar (68).



Resim 5. SAF sisteminin İrigasyon cihazı Vatea (Redent Nova) ve SAF eğesine bağlı slikon t p

1.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesini Değerlendiren Yöntemler

Geçmiş yıllardan beri kök kanal morfolojilerinin değerlendirilmesinde ve Şekillendirme sonrası kanallarda meydana gelen değerliklikleri değerlendirmek amacıyla *in-vitro*  alıŝmalarda pek çok farklı teknik kullanılmıştır. Bu yöntemler, boyama Şeffaflaştırma (10), kopya model oluşturma (11), taramalı elektron mikroskobu (12), muflalama yöntemi ile dişlerden seri kesit alınması (13, 20) ve radyolojik karşılaştırma yöntemleridir (14).

Boyama ve Şeffaflaştırma yöntemi (10, 15, 16), örneklerin dekalsifikasyonu, dehidratasyonu ve Şeffaflaştırılması aşamalarından oluşmaktadır. Örneklerin  ini mürekkebi veya hematoksilin ile boyanmasının ardından dekalsifikasyon aşaması asit, Şeffaflaştırma işlemi ise metil salisilat kullanılarak gerçekleŝtirilir. Bu yöntem ile kök kanal morfolojisindeki yan ve yardımcı kanallar, istmuslar, apikal deltanın durumu ve apikal foramenin pozisyonu net bir Şekilde gözlenmesine rağmen kök kanal sistemindeki değerimlerin rasyonel ölümünde bazı sınırlamaları mevcuttur (10).

Kopya model oluşturma yönteminde pulpa dokusu çıkarıldıktan sonra basınç altında kanal içerisine silikon ölçü maddesi kanalın içerisine enjekte edilir. Bu sayede elde edilen modeller mikroskop altında incelenebilir (11, 17, 18).

Taramalı elektron mikroskobu kök kanal morfolojilerinin değerlendirilmesinde uzun yıllardır kullanılan bir yöntemdir. Örneklerden elde edilen görüntülerin bölgesel olarak detaylı incelenmesi ve özellikle preparasyon sonrası kök kanallarından predentinin tam anlamıyla uzaklaştırılıp uzaklaştırılmadığı veya kanallar arasında yer alan bir “isthmus” un yeterince temizlenip temizlenemediği bu yöntemle belirlenebilmektedir (69, 70).

1987 yılında Bramente ve arkadaşları (13) tarafından geliştirilen mufla sisteminde ise, şekillendirilecek olan diş önce akril içerisine sabitlenmekte ardından da yatay yönde ayrılabilen iki adet alçı parçasına gömülmektedir. Yatay yönde ayrılan kesitler, tekrar mufla sistemi içindeki yerlerine yerleştirildikten sonra şekillendirme tamamlanmaktadır. Ardından kök kanallarının şekillendirme işleminden önce ve sonra çekilen fotoğrafların bilgisayarda çakıştırılmasıyla kök kanal kesitlerinin başlangıç ve son durumları karşılaştırılabilmektedir. Ancak bu yöntemde de dişlerden seri kesit alınması sırasında oluşan madde kaybı ve mufla parçalarının bütünlüğünün tekrar oluşturulması konusunda problemler ortaya çıkmıştır. Ayrıca ölçümlerin tekrarlanabilir olmaması bu yöntemin dezavantajlarıdır.

Kök kanallarının morfolojileri ve şekillendirme sonrası kanalda meydana gelen değişimin değerlendirilmesinde kullanılan bir diğer yöntem de radyogramlar ile kanalların değerlendirilmesi yöntemidir (21, 23, 24, 71). Rutin olarak alınan periapikal radyogramlar, endodontik tedavi görmüş dişlerden alınan radyografların ve *in-vitro* alışmalarda kullanılan dişlerin hem mesio-bukkal hem de bukkolingual yönden alınan radyografları (22) zerinden kök kanallarının değerlendirilmesi

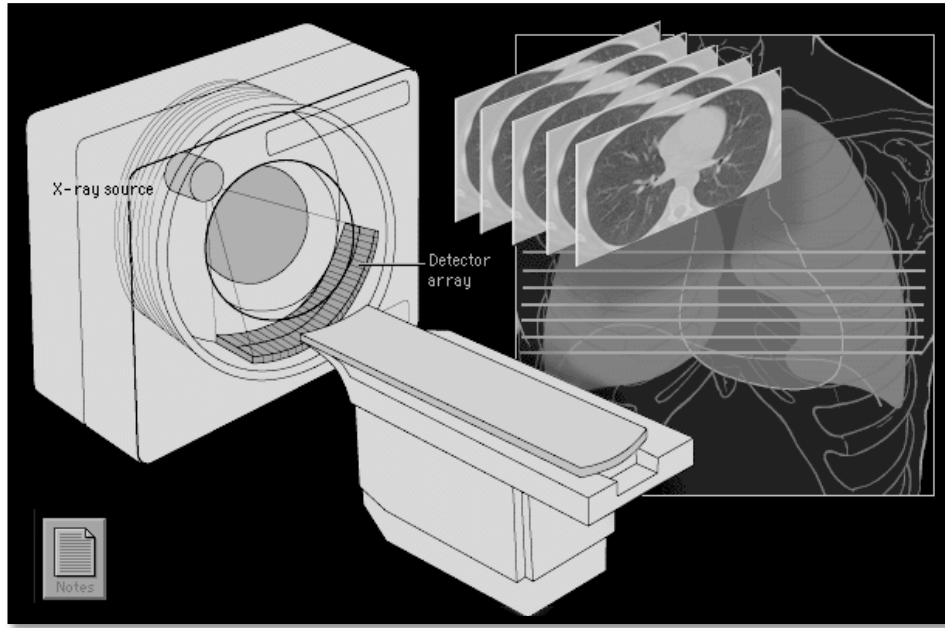
esasına dayanır. Şekillendirme öncesi ve sonrasında kanal içerisine radyopak madde veya eğe yerleştirilerek alınan radyogramlar bilgisayar ortamına aktarılarak görüntülerin üst üste çakıştırılması ile kök kanal anatomileri değerlendirilir. Son yıllarda geleneksel periapikal filmlerle alınan radyografların yerini dijital radyograflar almaya başlamasına rağmen elde edilen görüntülerin iki boyutlu olması veri kaybına yol açtığından radyografik yöntemler kullanılarak kök kanallarının incelenmesi yöntemi günümüzde kullanım sıklığını yitirmektedir.

Son yıllarda, yüksek çözünürlüklü tomografi ve mikro-bilgisayarlı tomografi gibi yeni teknikler de bu amaçla kullanılmaya başlanmıştır (64, 72, 73). Bu şekilde kök kanal hacmindeki ve yüzey alanındaki değişiklikler, temas edilmemiş kanal duvarları ve kanal transportasyonu incelenebilmektedir (74). Yeni tekniklerin en önemli avantajı, kök kanalındaki değişikliklerin üç boyutlu olarak değerlendirilebilmesine olanak sağlamalarıdır.

1.2.1. Üç Boyutlu Görüntüleme Teknikleri

1.2.1.1. Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi tıbbi radyolojide, kemik ve dokulara herhangi bir hasar vermeden, üç boyutlu görüntü elde edilmesine ve görüntü üzerinde ölçüm yapılabilmesine olanak sağlayan bir tekniktir (75-77). Dokunun değişik açılardan çok sayıda iki boyutlu X-ışını görüntülerini alarak dokunun içyapısını üç boyutlu olarak oluşturur (76) (Resim 6).



Resim 6. Bilgisayarlı Tomografi cihazı ve elde edilen kesit görüntüleri

Dijital bir görüntüde olduğu gibi bilgisayarlı tomografi görüntüleri de piksel adı verilen küçük resim elementlerinden oluşur (78). Kullanılan cihazın özelliklerine göre dokudan alınan kesitin kalınlığı ile piksel boyutu görüntünün çözünürlüğünü etkileyen faktörlerdir. Piksel boyutu küçüldükçe ve kesit kalınlığı azaldıkça dokudan elde edilen görüntü üzerinde daha fazla detay izlenebilir (78). Piksel ile kesit kalınlığı çarpılarak "voksel" adı verilen üç boyutlu görüntü birimine ulaşılır (75, 78). İncelenen dokunun X-ışınını soğurma özelliğine göre her vokselin X-ışını tutma değeri, fizikçi Godfrey Hounsfield tarafından Hounsfield Uniti (HU) olarak adlandırılmış olup - 1000 ile + 1000 arasında değişen gri skalada değerlendirilir (75, 76, 79). X ışınını daha fazla soğuran kemik ($HU = 80-100$) gibi yapılar görüntüde daha beyaz görünürken, daha az soğuran yumuşak dokular daha gri ve siyah görünürler. Aksiyel düzlemde alınan kesitler üst üste konarak yerleştirildikten sonra,

her örnek için farklı bir HU değeri aralığı belirlenmekte ve bu seçilen değeri doğrultusunda bilgisayar tüm görüntülerde o değerler içinde kalan pikselleri saptayıp bir araya getirerek birleştirmektedir. Birleştirilen pikseller tüm düzlemlerde üç boyutlu olarak yapılandırmaya tabi tutulur ve böylece incelenen doku veya nesnenin üç boyutlu görüntüsü oluşturulur (79, 80). Bilgisayar ortamında elde edilen bu görüntü daha sonra koroner ve sagittal düzlemlerde de incelenebilmektedir.

Günümüzde bilgisayarlı tomografi tıpta, diş hekimliğinde ve endüstride birçok alanda kullanılmaktadır.

1.2.1.1.1. Tıpta Bilgisayarlı Tomografinin Kullanım Alanları

- Özellikle kafa içi kanamalarında ilk başvuru olan yöntemdir.
- Toraks ve batin görüntülemelerde kullanım alanı çok geniştir. Bu bölgelerde kitle var ise sınırları ve çevre yayılımı görüntülenebilmektedir.
- BT anjiyografi ile damar içi darlıklar gösterilebilir.
- Orta kulak içi kemikçiklerin ve yumuşak dokuların incelemesi yapılır.
- Sinüslerin incelenmesinde ilk olarak tercih edilir.
- Omurgada hem kemiklerin hem de disk gibi yumuşak dokuların incelenmesini sağladığı için özellikle bel fıtıklarında önemli yeri vardır.
- Radyoterapi planlanması da BT ile yapılmaktadır.

1.2.1.1.2. Diş Hekimliğinde Bilgisayarlı Tomografinin Kullanımı

Diş hekimliğinde tedavi planlamasında büyük rolü bulunan radyolojik değerlendirmenin önemi gelişen teknoloji ile birlikte giderek artmaktadır. 1990'lı yılların başında iki boyutlu görüntü veren intraoral radyografiler ve panoramik radyografilerin anatomik oluşumlar veya patolojik değişikliklerin incelenmesinde

eksik kaldığı görülmüş ve dental tanıda çığır açan üç boyutlu görüntüleme yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır (78, 80).

Bilgisayarlı tomografinin diş hekimliğindeki kullanım alanları (77, 81),

- TME anatomi ve patolojilerinin saptanması,
- Maksillofasiyal travmaların, konjenital ve travmatik deformitelerin değerlendirilmesi,
- Çenelerde yayılma ve infiltrate olma özelliği gösteren kist ve tümörlerin tanısı,
- Preoperatif olarak lezyonların sınırlarının belirlenmesi,
- Kemik içi implant uygulamaları öncesinde mevcut kemiğe ait ölçümlerin yapılmasında kullanılmaktadır.

Son yıllarda daha ileri teknolojiye sahip konik ışınli bilgisayarlı tomografler (KIBT) diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır (82). KIBT yöntemi klinik kullanımlar için daha uygundur ve hem normal bilgisayarlı tomografiden daha kısa sürede (10-70sn) hem de %98 daha az radyasyon dozu kullanılarak istenilen dokulardan kesit alınabilmesine olanak vermektedir (83, 84). KIBT diş hekimliğinde özellikle maksillofasiyal bölge ve diş sert dokularının incelenmesinde 400µm' den 76 µm'ye kadar değişen çözünürlükler ile kullanılmaktadır (83, 85)

1.2.1.1.3. Endodontide Bilgisayarlı Tomografi Kullanımı

1990 yılında ilk kez Tachibana ve Maatsumoto (86) tomografinin endodontik çalışmalarda kullanılıp kullanılamayacağını araştırmışlardır. 1993 yılında Berutti (87) bilgisayarlı tomografi ile 1mm kesit kalınlığına sahip görüntüler elde etmiştir. Sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda Spoor ve arkadaşları (88), dişlerdeki mine kalınlığının ölçümünde, 1996 yılında ise Gambill ve arkadaşları (89), iki farklı kök

kanalı şekillendirme tekniğinin kıyaslanmasında bilgisayarlı tomografiyi kullanmışlardır.

KIBT' nin potansiyel endodontik uygulamaları; kök kanal morfolojisinin belirlenmesi, endodontik patolojinin teşhisi, endodontik orijinli olmayan patolojilerin belirlenmesi, kök kırıklarının ve travmanın değerlendirilmesi, eksternal ve internal kök rezorbsiyonunun analizi ve invaziv servikal rezorbsiyonu ve cerrahi öncesi planlamayı kapsar (90).

Endodontik çalışmalarda bilgisayarlı tomografi ve KIBT kullanımının en önemli dezavantajı ise, cihaz rezolüsyon ve odaklanmasının diş gibi küçük yüzeyler için yetersiz kalmasıdır. Dişlerden elde edilen kesit görüntülerinin en fazla 0,6 mm kalınlığına kadar netliğini koruyabildiği ve bu kalınlığın 2 boyutlu çalışmalar için yeterli gibi görünmesine rağmen, özellikle üç boyutlu yapılandırmada yetersiz kaldığı Scarfe ve arkadaşları (91) tarafından bildirilmiştir.

Günümüzde bilgisayarlı tomografi ile benzer çalışma mekanizmasına sahip ancak daha ince kesit görüntülerinin elde edilmesine olanak sağlayan mikro bilgisayarlı tomografi cihazları da piyasada mevcuttur ve medikal amaçlı olarak birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır (25, 92, 93).

1.2.1.2. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (μ BT)

μ BT x-ışınlarını kullanarak kesitsel görüntüler alan ve bu görüntüleri birleştirerek nesnelerin üç boyutlu görüntülerini bilgisayarlı tomografiye benzer bir mekanizma ile elde eden bir yöntemdir.

μ BT sistemlerinde, mikrofokal X-ışını kaynakları ile yüksek çözünürlüklü detektörler kullanılır ve çözünürlük voksel (hacim elemanı) ile ifade edilir. μ BT, uzaysal çözünürlük ile 1×10^{-6} mm³ voksel boyutuna denk gelen 10 μ m' den daha

küçük bir uzaysal çözünürlüğe ulaşmaya izin vermektedir. Tipik olarak, geleneksel tıbbi BT tarayıcıların uzaysal çözünürlüğü sadece 1–2 mm’ dir ki; bu 1–10 mm³ voksel boyutuna denk gelir. Konvansiyonel bilgisayarlı tomografi tarayıcılara benzer olarak, tanımlanacak olan objede bozulma olmadığından tekrarlanan analizler mümkündür.

Kaya, kemik, seramik, metal, yumuşak doku gibi oldukça geniş bir örnek inceleme yelpazesine sahiptir. Ayrıca yöntemin non-invaziv olması ve elde edilen verilerin biyolojik, histolojik ve mekanik testler ile elde edilen bulgularla karşılaştırılabilir olması önemli bir avantaj olarak görülür (94).

Medikal alanda ilk kez 1997 yılında Dovker ve arkadaşları (92) μ BT cihazını kullanarak kemik örneklerinin üç boyutlu modellerini oluşturmuşlardır. Dişhekimliği alanında ise ilk kez 1999 yılında örnek dişlerden kesit almak için μ BT kullanan Rhodes ve arkadaşları (25) özellikle endodonti çalışmaları için heyecan verici bir alet olarak tanımlamıştır. Dowker ve arkadaşları (92) ileride 5 μ m’lik kesit kalınlığında görüntüler elde edilmesini ulaşılabilir bir hedef olarak tanımlamış, buna karşın 2000 yılında Peters ve arkadaşları (95) yaptıkları çalışmalarında 34 μ m’lik kesit kalınlığının kök kanal morfolojisindeki değişikliklerin değerlendirilmesinde yeterli olabileceğini bildirmişlerdir.

Diş hekimliği literatüründe, μ BT tekniği kullanılarak kök kanal şekillendirme tekniklerinin değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur (25, 64, 72, 96-103). μ BT ‘nin endodontide kullanım alanları içerisinde ise;

- Mine ve dentin kalınlık ölçümü, oluşmuş çürüğün yeri, miktarı ve pulpaya yakınlığının incelenmesi (104-106)
- Kanal anatomisinin ve kök kanal şekillendirmesinin incelenmesi (107)

- Pulpa odası morfolojisini ve pulpa boynuzlarının pulpa odası ile ilişkisi ve hacimsel değerlendirmeleri (107)
- C kanalların incelenmesi (108)
- Oval kanalların incelenmesi (101, 109)
- Apikal anatominin değerlendirilmesi (110)
- Şekillendirme sonrası kök kanalında meydana gelen değişimlerin incelemesi (97, 111) sayılabilir.

Son zamanlarda, μ BT endodontik araştırmalarda gelecek vaat eden bir yöntem ve altın standart (25, 26) olarak kabul edilmesine rağmen, klinik uygulamaya henüz uygun değildir ve *in-vivo* çalışmalara uygun μ BT' lerin geliştirilme çalışmalarına devam edilmektedir (94).

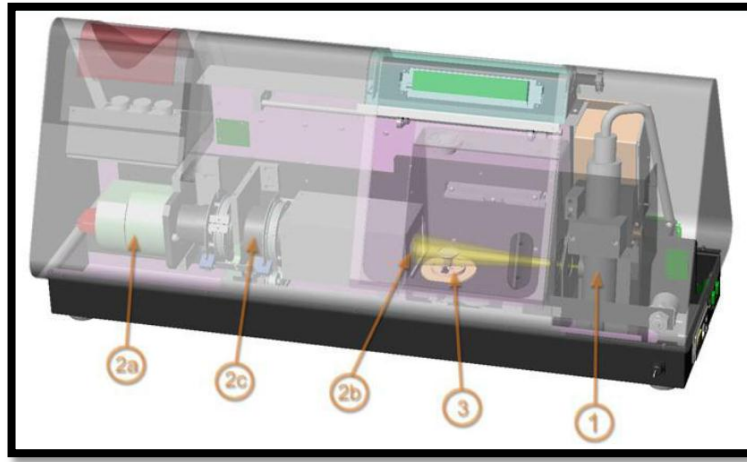
1.2.1.2.1. Çalışmamızda Kullanılan Skyscan 1172 μ BT'nin Çalışma Mekanizması

“SkyScan 1172” masa üstü kompakt bir μ BT sistemidir (Resim 7).



Resim 7. Skyscan 1172 μ BT Cihazı

Bu sistem; bir x-ışını kaynağı, röntgen tarayıcıya görüntü iletimini sağlayan röntgen kamerası, röntgen tarayıcı (CCD sensör) ile görüntüsünü alacağımız örneğin ve x-ışını kaynağının konumlandırılmasını sağlayan ilgili elektronik devrelerden oluşur (Şekil 5).



Şekil 5. SkyScan 1172 cihazının içyapısı

1-Röntgen kaynağı

2a-Röntgen tarayıcı (CCD sensör)

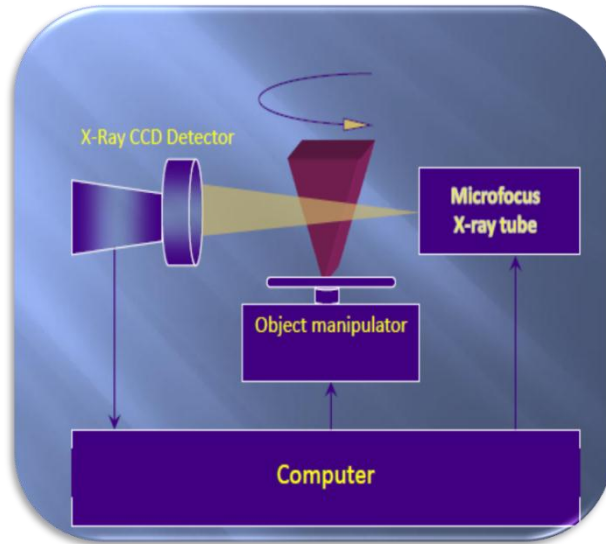
2b-İnce toz parlayıcı ekran

2c-Makro lens

3-Görüntüsünü alacağımız örneğin ve x-ışını kaynağının konumlandırılmasını sağlayan elektronik devre

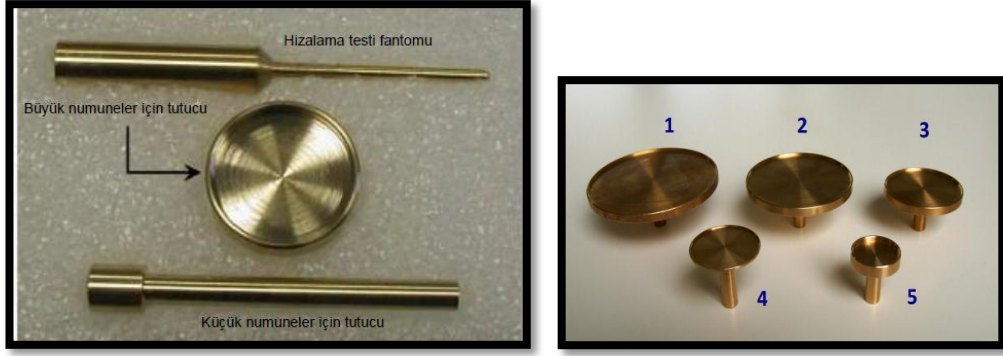
SkyScan 1172 μ BT cihazının 8 μ m mikro odaklı X-ray kaynağı 20-80kV ve 0-100 mikroamperde (μ A), 5 μ m odak noktalı X-ray kaynağı ise, 20-100 kV ve 0-250 μ A akımla çalışmaktadır. Sistemde yüksek performanslı 10 megapiksel ve ekonomik

performanslı 1,3 mpiksel olmak üzere iki X-ray kamera seçeneği mevcuttur. Tarayıcının röntgen kamerası 1280 x 1024 piksel CCD sensör üzerinde yer almaktadır. Bu sensörden elde edilen 2 boyutlu veriler görüntü akışını sağlamak için bağlı olduğu bilgisayara iletilir. Sistemin tarayabileceği maksimum örnek boyutu, 10 Mp kamera kullanıldığında 68 mm, 1,3 Mp kamera kullanıldığında ise 37 mm'dir. Piksel boyutu 0,9 μm ila 35 μm arasında sürekli değişkendir.



Şekil 6. SkyScan 1172 μBT cihazının çalışma mekanizması

Bilgisayarlı tomografinin çalışma mekanizmasında örnek sabit pozisyonda iken x-ray kaynağı örneğin etrafında dönmektedir. Mikro bilgisayarlı tomografide ise, örnek tutucusuna sabitlenen örnek kendi eksenini etrafında 180^0 veya 360^0 dönerken, x-ray kaynağı sabit konumdadır (112) (Şekil 6) (Resim 8, 9).

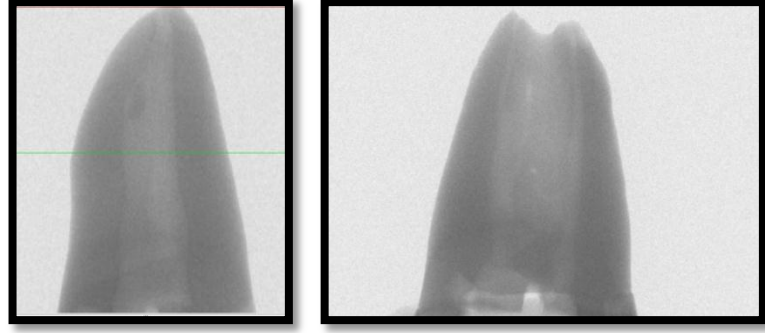


Resim 8. µBT cihazında örneğin üzerine yerleştirildiği tutucular



Resim 9. Tutucunun yerleştirildiği örnek yatağı

Örnek 180^0 veya 360^0 lik bu dönüşü, tarama sırasında belirlenen dönme adımının derecesine bağlı olacak şekilde tamamlar. Her bir dönme derecesinde, gönderilen X-ışını demetlerinden oluşan bir gölge görüntüsü veya geçiş görüntüsü çekilir (Resim 10).



Resim 10. Distal ve mezial köklere ait gölge görüntüsü

Tarama sonrasındaki veri dizisi, bir dizi X-ray gölge görüntüsünden oluşur. Sistem tüm bu görüntüleri bilgisayara 16 bit TIFF dosyaları olarak kaydeder. Bir çekim sonrasında kaydedilen görüntü sayısı seçilen dönme adımına ve seçilen toplam dönüşe bağlı olarak farklılık gösterir. 180^0 lik tarama için $0,9^0$ dönme adımı belirlendiğini varsayarsak, $180 / 0,9 = 200$ görüntü ve ilave olarak birkaç ek görüntü kaydedilecektir. Dönme adımı küçüldükçe elde edilen görüntünün miktarı ve kalitesi de artmaktadır.

Tüm gölge görüntülerinin elde edilmesi tamamlandığında, program önceden örnek numarası ve ismi ile belirlediğimiz dosya adı ile tarama sırasında kullanılan ayarları bir “prefix.log” dosyası olarak kaydeder. Bu dosya bir sonraki seferde her örnek için uyguladığımız tüm tarama ayarları hakkında gerekli olan tüm bilgileri içerir.

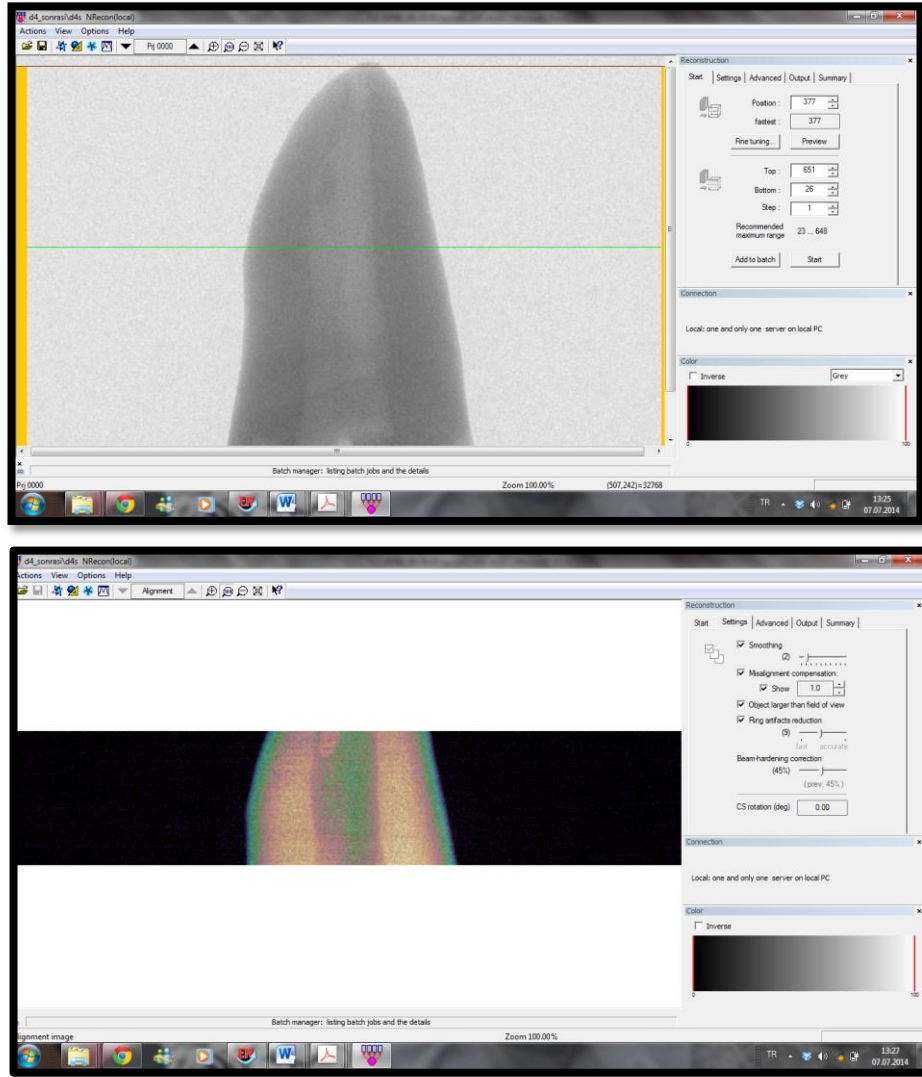
Tarama işlemi tamamlandığında bu gölge görüntüleri kullanılarak yeniden yapılandırma aşamasına geçilir. Yeniden yapılandırma programı NRecon®, 16 bit TIFF formatında kaydedilen gölge görüntülerini, örneğin tamamının kesitsel olarak yeniden yapılandırılmasında kullanır. Yeniden yapılandırma algoritması kullanılarak ham veri kesiti geliştirilir. Bu ham veriler görüntü değil, yapılandırması yapılan

örneğin ilgili kesitindeki X-ışınının absorpsiyon değerlerinden oluşan bir kayan nokta matrisidir (Şekil 7). Matrisin boyutunu bir kesitteki piksel sayısı (n) oluşturur

	1	2	3		n-2	n-1	n
1	0.022	0.024	0.013	...	0.910	0.990	0.950
2	0.023	0.026	0.012	...	0.870	0.900	0.890
3	0.028	0.027	0.019	...	0.800	0.810	0.780
4	0.026	0.210	0.020	...	0.820	0.830	0.840
...	...	...	...	...	...	...	...
n-5	0.030	0.031	0.034	...	0.710	0.720	0.740
n-4	0.031	0.034	0.390	...	0.700	0.730	0.760
n-3	0.034	0.035	0.042	...	0.730	0.790	0.780
n-2	0.036	0.036	0.041	...	0.740	0.780	0.770
n-1	0.040	0.037	0.040	...	0.750	0.770	0.720

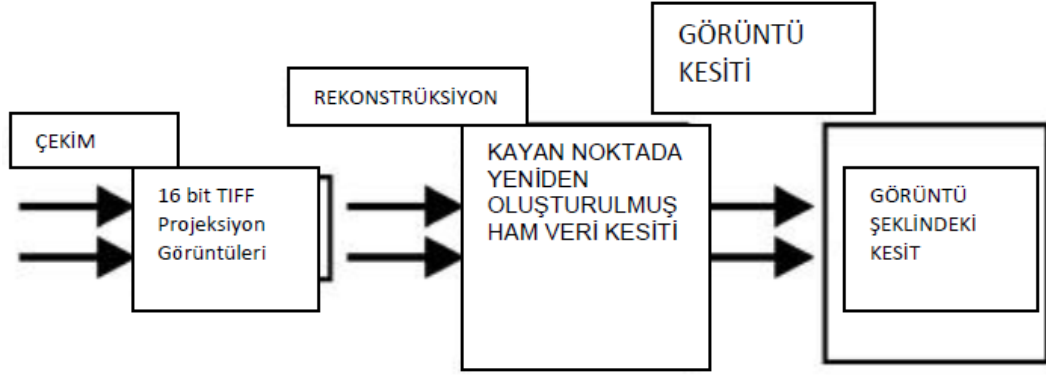
Şekil 7. Yeniden yapılandırma algoritması: kayan nokta matrisi

Ham veri kesitinin yapılandırmasından sonra, kayan nokta matrisinden elde edilen verilerin gri ölçekli görüntüye dönüştürülmesi ve bir görüntü oluşturulması gerekir. Minimum ve maksimum değerler seçilir. Normal bir görüntüde bu değerlerin arasındaki tüm değerler açık tonla gösterilirken, minimumun altına düşen tüm değerler beyaz, maksimumu aşan tüm değerler siyah olarak gösterilecektir. Yapılandırılması tamamlanan örneğin tüm özelliklerini ve yoğunluğunu temsil eden nihai görüntü şeklindeki kesit 1024x1024 piksel olarak TIFF, BMP veya JPEG formatında kaydedebilir (Resim 11).



Resim 11. Nrecon programı ile distal kök görüntüsünün yeniden yapılandırılması

Aşağıdaki şekilde kesit verilerini oluşturmak için gerçekleştirilen tüm adımlar gösterilmektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Çekimden yapılandırılması tamamlanmış örneğin son kesit görüntüsüne kadar olan süreç

Yapılandırma sonrasında oluşan bütün veri seti üç boyutlu görüntüleme programlardan herhangi biri tarafından açılabilir. 2D/3D görüntü işleme, analiz ve gerçekçi 3D görüntüleme için gerekli olan yazılım programı üretici firma tarafından sağlanır. İstenilen çözünürlükte elde edilen görüntüler üzerinde üç boyutlu modelleme yazılımları sayesinde kesitlerin her biri için Hounsfield Uniti değerlerine göre segmentasyon yapılabilir. Böylece elde edilen görüntüler üzerinde hesaplamalar da gerçekleştirilebilir.

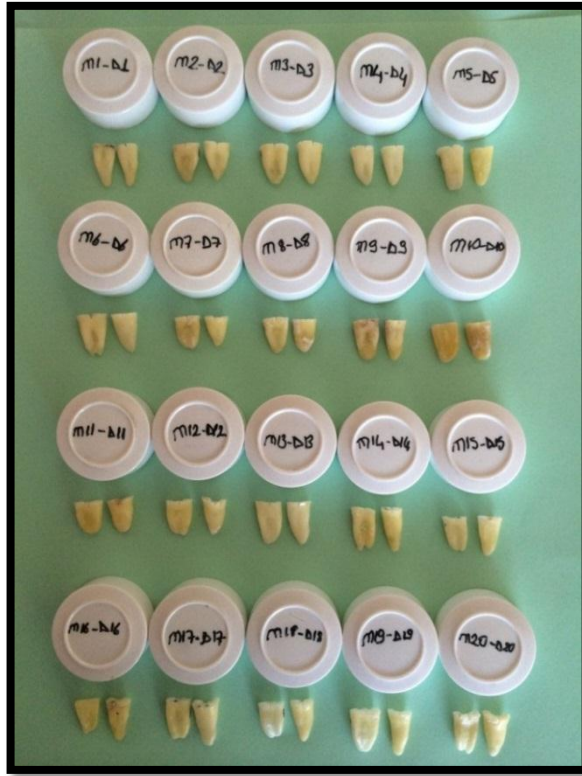
Doktora çalışmamızda SAF ve Protaper döner Ni-Ti sistemlerinin alt çene birinci büyük azı dişlerinin köklerinde şekillendirme sonrasında meydana getirdikleri kök kanal hacmi, yüzey alanı, yapı model indeksi değişiminin, temas edilmeyen yüzey alanının ve aletlerin transportasyon miktarı üzerine etkilerinin μ BT kullanarak incelenmesi planlanmıştır. Ayrıca her bir şekillendirme sistemin kök kanal eğim derecesi ile şekillendirme süreleri arasında bir ilişki olup olmadığı araştırılacaktır.

BÖLÜM II

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Örnek Seçimi ve Hazırlanması

Çalışmamızda, alt çene birinci büyük azı dişlerine ait, hem mezial hem de distal kök kanallarının, farklı tasarım özelliklerine sahip ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaiques, Switzerland) ve Self-Adjusting File (SAF) sistemleri ile şekillendirilmesi ve şekillendirme etkinliklerinin μ BT kullanılarak karşılaştırmalı olarak incelenmesi planlandı. Bu amaçla, protetik veya periodontal nedenlerle çekilmiş, kök rezorpsiyonu bulunmayan ve apikal bütünlüğü bozulmamış, 20 adet alt çene birinci büyük azı dişi çalışmamıza dahil edildi (Resim 12).



Resim 12. Çalışmamızda kullanılan distal ve mezial kökler

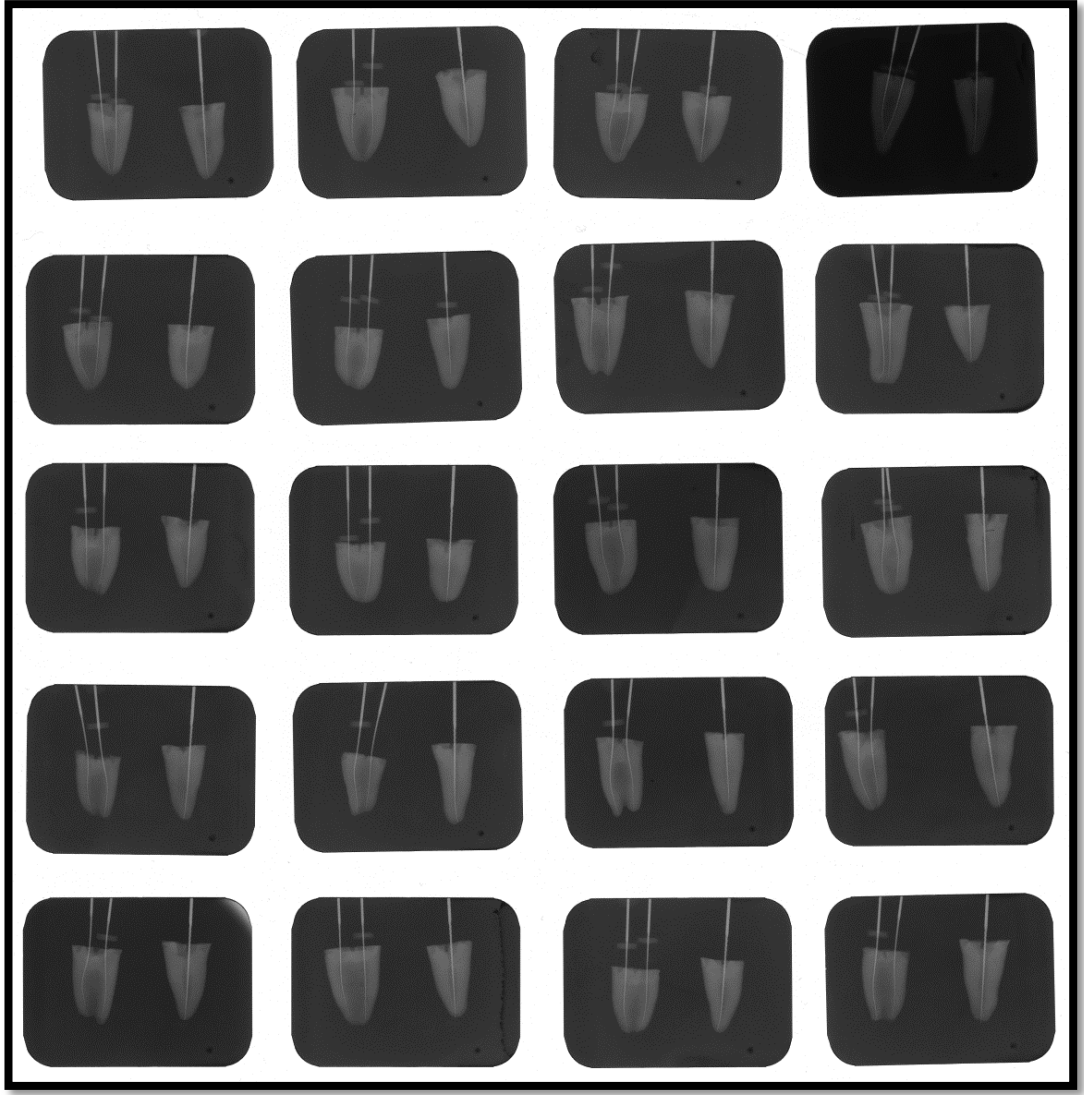
Dişlerin seçimi sırasında Autocad 2013 programında yapılan ölçümler ile mezial köklerin kanal eğimlerinin Pruett ve arkadaşlarının (43) kullandığı yöntemle göre 25-35 ° arasında olmasına özen gösterildi. Dişlerin üzerindeki sert ve yumuşak doku artıkları periodontal küretler ve ultrasonik temizleyiciler yardımıyla uzaklaştırıldıktan sonra kökler kullanılıncaya kadar % 0,1'lik timol solüsyonu içerisinde oda sıcaklığında saklandı.

Dişlerin krun kısımlarının, elmas fissür frezler ile su soğutması altında mine-sement sınırı hizasından kesilip uzaklaştırılmasının ardından, kökler alev uçlu frezler ile bifurkasyo noktalarından mezial ve distal olmak üzere ikiye ayrıldı (Resim 13).



Resim 13. Kronları uzaklaştırılıp bifurkasyon bölgesinden kökleri ikiye ayrılan alt çene birinci büyük azı dişi

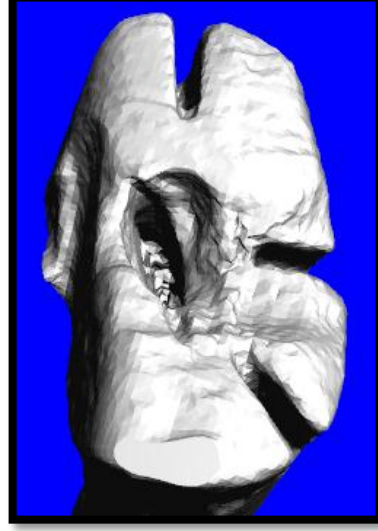
Mezial köklerdeki kanallara yerleştirilen ISO 08 no'lu K- tipi eğeler (Mani inc, Tochigi-Ken, Japonya) ile alınan radyogramlarla, mezial köklerin iki ayrı apikal foramenle sonlandığı ve iki ayrı kanala sahip olduğu teyit edildi. Radyograflar Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı kliniğinde bulunan Image X System Xgenus röntgen cihazı (Götzen S.r.l-21057 Olgiate Olona VA, İtalya) ve 2 numaralı E hızında periapikal filmler (primax RDX-58E- Soft) kullanılarak çekildi (Resim 14).



Resim 14. Distal köklerin tek mezial köklerin ise iki ayrı kanala sahip olduğu ve iki ayrı apikal foramenle sonlandığını gösteren radyogramlar

Kök kanallarının μ BT ile taranması aşamasına geçilmeden önce, köklerin bukkal ve lingual yüzeylerini belirtmek ve preparasyon öncesi ile sonrası tarama görüntülerinin karşılaştırılmasına olanak sağlamak amacıyla, tüm örneklerin bukkal ve lingual yüzeyleri arasında kalan okluzal yüzeylerinde farklı düzlemlerde olacak şekilde fissür frezler yardımı ile 3 adet çentik oluşturuldu (Resim 15). Ardından 20

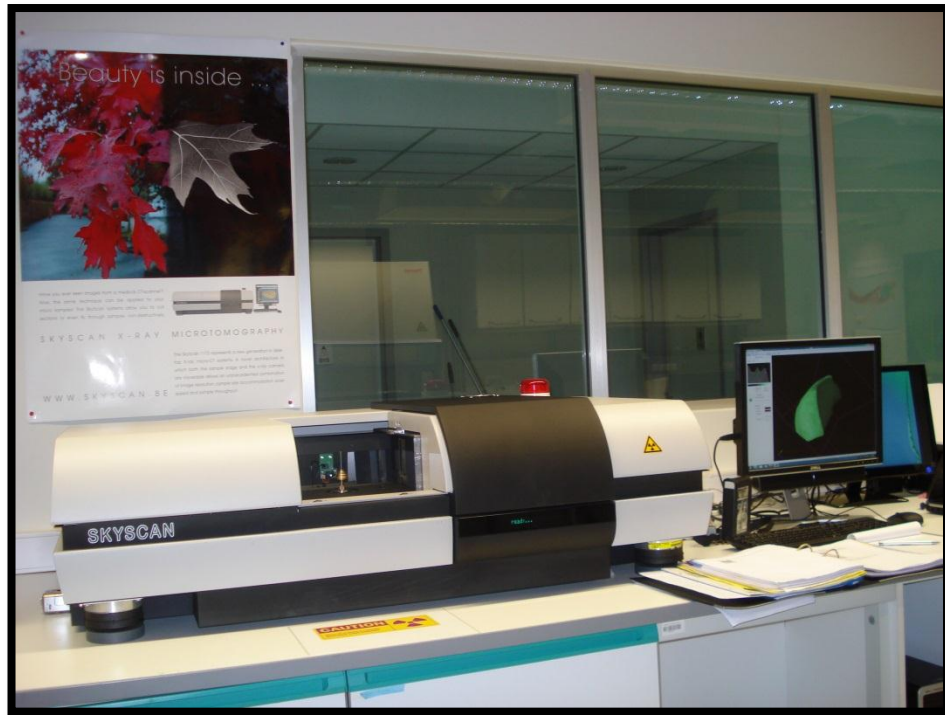
adet alt çene birinci büyük azı dişine ait, 20 adet mezial ve 20 adet distal kökün μ BT cihazı ile taranması aşamasına geçildi.



Resim 15. Köklerin okluzal yüzeylerinde oluşturulan çentikler

2.2. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi μ BT Taramaları

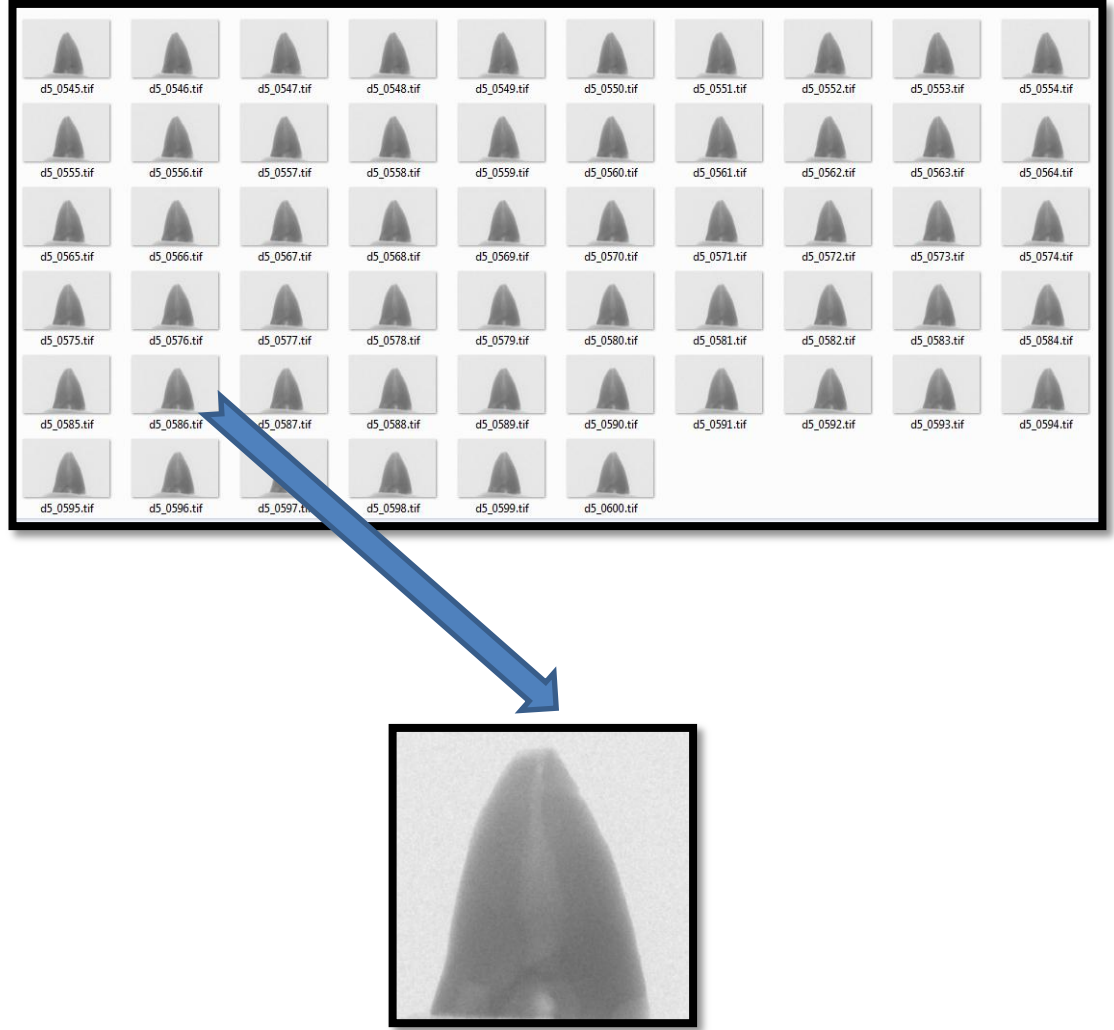
Kök kanallarının preparasyon öncesi ve sonrası μ BT taramaları “Sabancı Vakfı, Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde (SUNUM Laboratuvarı) bulunan SkyScan 1172® (Aartselaar, Belçika) μ BT cihazı ile gerçekleştirildi (Resim 16).



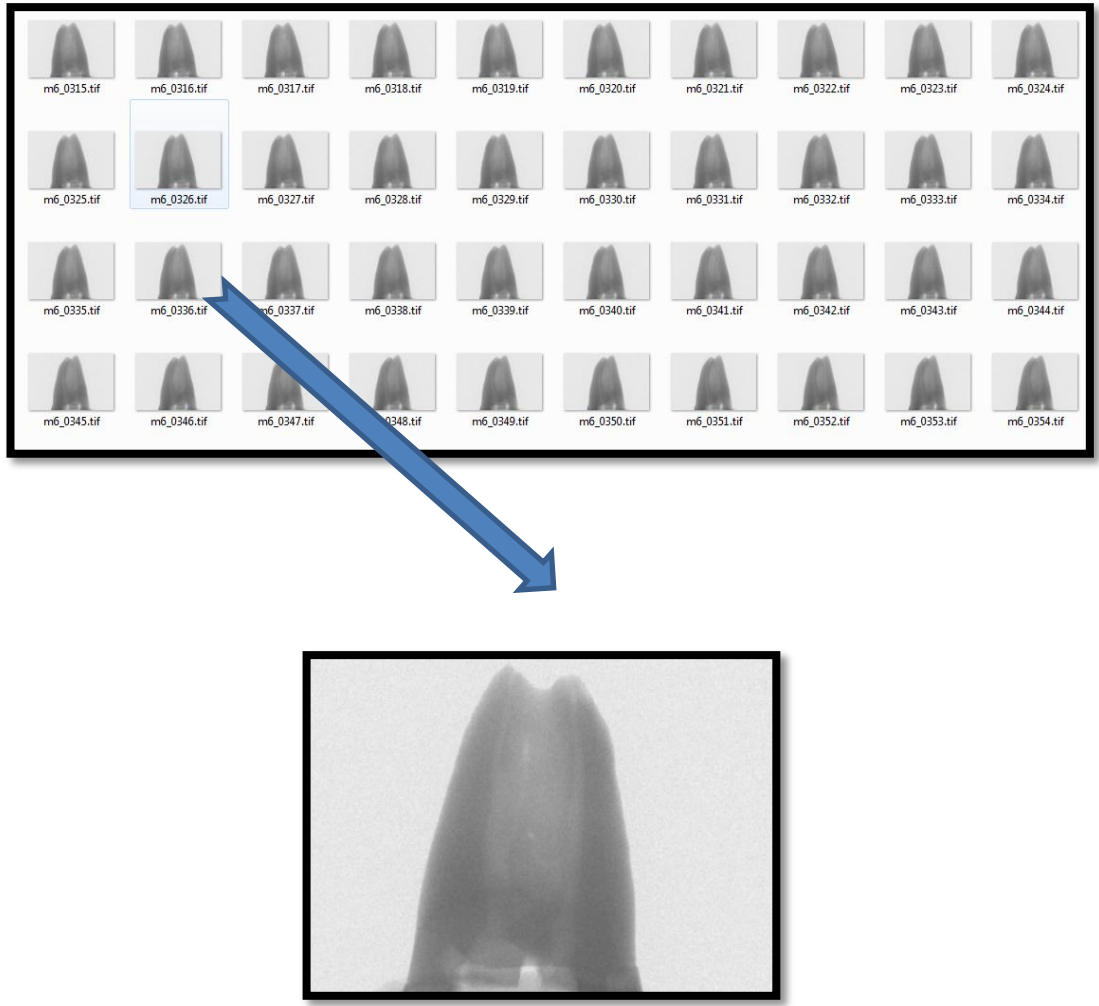
Resim 16. Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi Doku Ve Rejeneratif Mühendisliği Laboratuvarı

Kök kanallarının şekillendirilmesinden önce, örneklerin tümünün taraması 21 μm izotropik çözünürlük 85 kV' ve 118 uA de, 0, 6° dönme adımı ve 360° dikey dönme açısı ile gerçekleştirildi. Tarama parametreleri belirlendikten sonra, her bir

kök 27 dakika ortalama tarama süresi ile tarandı. Taramalar sonunda her bir kök için elde edilen 600 adet gölge görüntüsü, kök adı ve numarası ile adlandırılan klasöre TIFF formatında kaydedildi (Resim 17, 18).



Resim 17. Distal kökün μ BT Taraması sonrası elde edilen gölge görüntüleri



Resim 18. Mezial kökün μ BT Taraması sonrası elde edilen gölge görüntüleri

Tarama sonrası TIFF formatında kaydedilen gölge görüntüleri NRecon® (SkyScan 1074®; Kontich, Belçika) yazılım programı kullanılarak yeniden yapılandırıldı. Nrecon ile görüntülerin yeniden yapılandırılması aşamasında fiziki ortamdan kaynaklanan artefaktları azalmak için görüntüler üzerinde aşağıda tanımlanan bazı düzenlemeler yapıldı.

2.2.1. Thermal Correction

Tarama sırasında mikro bilgisayarlı tomografi cihazının içerisinde meydana gelen sıcaklık artışından dolayı, görüntüler üzerinde meydana gelen kaymaların düzeltilmesi “thermal correction” olarak adlandırılır.

2.2.2. Misalignment Compensation

Tarama süresince, örneğin 360^0 döndürülerek görüntülenmesi sırasında, her bir 180^0 de gerçekleştirilen tarama görüntüleri bir araya getirilirken meydana gelen görüntü kaymalarının düzeltilmesi “Misalignment compensation” olarak tanımlanır.

2.2.3. Ring Artifact Reduction

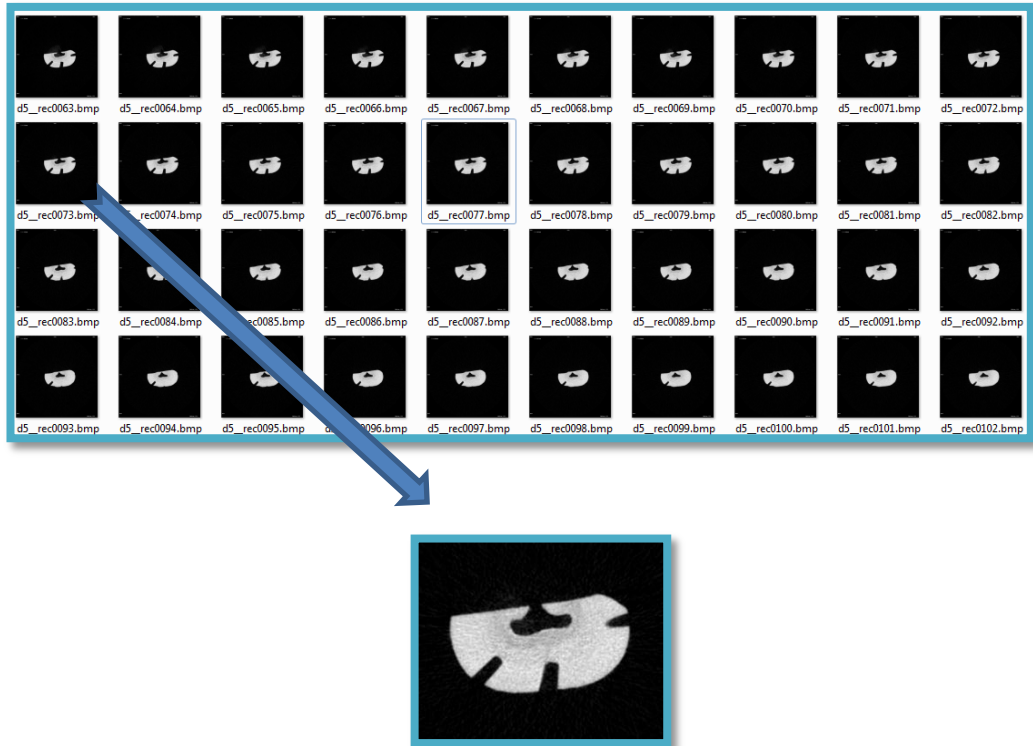
Bir objenin görüntüsünün elde edilebilmesi için X ışını huzmesinin objenin tüm noktalarını içerecek şekilde olması ve detektörlerin bu ışınları karşılayacak şekilde yerleştirilmiş olması gerekmektedir. Detektör kalibrasyonunun yetersiz olması da ring artefaktına (ic ice geçmiş halka görüntü) neden olur. Bu artefaktın azaltılarak düzenlenmesi “ring artifact reduction” olarak tanımlanır.

2.2.4. Beam-Hardening Correction

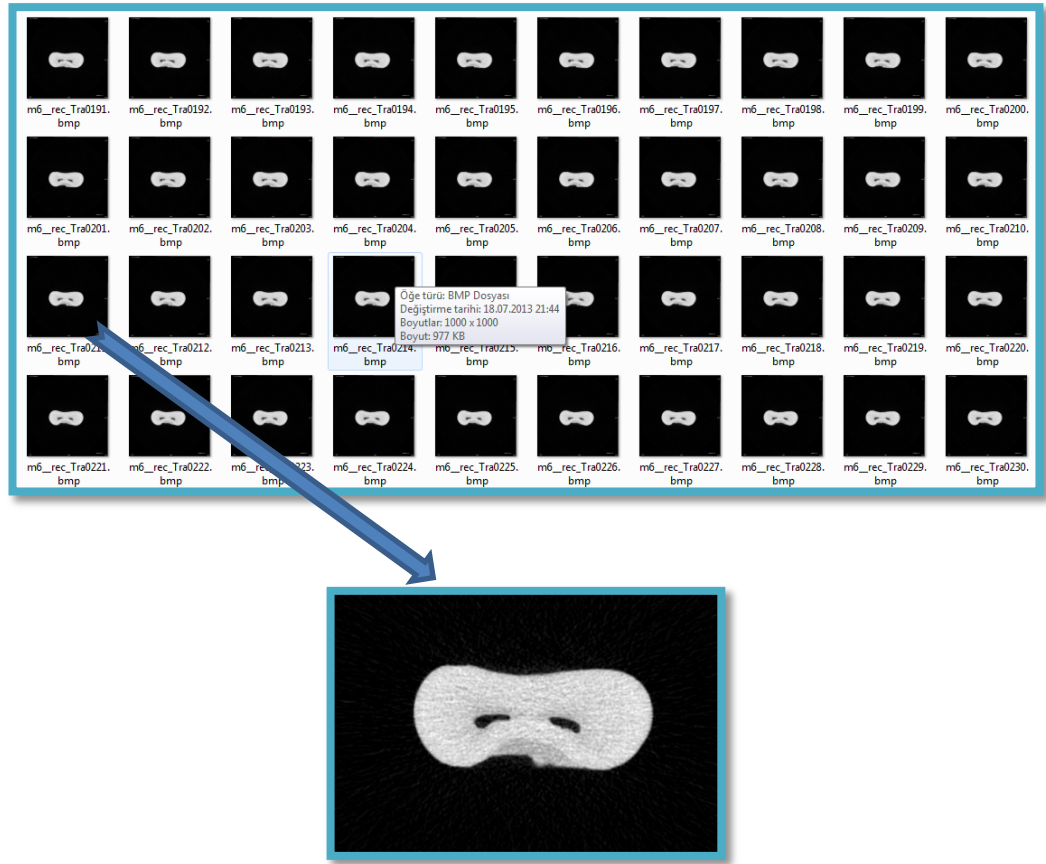
$\mu\text{BT}'$ de X ışını hem yüksek hem de düşük enerjili olmak üzere polikromatik bir yapıya sahiptir. Kemik gibi yüksek yoğunluklu örneklerin taranması sırasında yüksek enerjili X ışınları daha az absorbe olurken, düşük enerjili X ışınları daha çabuk absorbe olur. Bu durumda detektöre ulaşan X ışınlarının ortalama enerji seviyeleri, dokuyu geçerken absorpsiyonla birlikte artacağından tüpten çıkıştaki enerji seviyelerine kıyasla artmış olacaktır, yani ışın demeti sertleşecektir. Işın demetinin sertleşmesi, yoğun dokular arasındaki daha az yoğunluktaki dokuların

voksel değerlerinin olduğundan daha düşük hesaplanmasına, dolayısıyla kesit görüntülerinin yüzeyinde parlamalara sebep olur. Bu parlamaların düzeltilmesi “beam-hardening correction” olarak adlandırılır.

Çalışmamızda elde edilen görüntülerin thermal correction, misalignment compensation, ring artifact reduction ve beam-hardening correction standardizasyonu için uygun değerler belirlendi ve her bir örneğin şekillendirme sonrası yeniden yapılandırılması sırasında aynı değerleri kullanmak amacıyla bir protokol dosyasına kaydedildi. Böylece yeniden yapılandırma sonrası her bir kök için aksiyel düzlemde elde edilen 625 adet kesit görüntü daha sonra yapılacak analizler ve üç boyutlu modellemede kullanılmak üzere BMP formatında kök adı ve numarası ile kaydedildi (Resim 19, 20).



Resim 19. Distal kök örneklerinden birinin (d5) şekillendirme öncesinde Nrecon programı ile elde edilen ait aksiyel kesit görüntüleri



Resim 20. Mezial kök örneklerinden birinin (m6) şekillendirme öncesinde Nrecon programı ile elde edilen ait aksiyel kesit görüntüleri

Köklerin mekanik şekillendirme öncesi μ BT ile taramalarının ardından, kanalların genişletilmesi aşamasına geçildi.

2.3. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Başlangıç μ BT taramalarının ardından, 20 adet distal kök Protaper ve SAF sistemleri ile şekillendirilmek üzere iki, mezial kök kanalları ise, her bir kökün bir kanalında SAF diğer kanalında Protaper ile genişletme yapılacak şekilde iki ayrı deney grubuna ayrıldı. Böylece SAF ve Protaper sistemlerinin her biri ile 10 adet

distal, 10 adet meziobukkal ve 10 adet meziolingual kök kanalı şekillendirilecek şekilde deney grupları oluşturuldu.

Grup 1: Self-adjusting file (Redent,Anova)

Grup 2: Protaper universal (Dentsply)

SAF sisteminin eğesinin çalışmamızda kullanılacak Protaper Universal döner sisteminden farklı bir dizayna sahip olması ve SAF eğelerinin genişletme sonrası meydana getirdiği apikal çap konusunda net bir bilgi olmaması nedeniyle, önceki çalışmalardaki gibi 4 dakikalık genişletmenin ardından meydana gelen apikal çapın ölçümü için ön çalışma yapıldı. Bu amaçla ilk sıkışan aletin 15 olduğu 3 adet distal ve 10 numara olduğu 3 adet mezial kök kanalı SAF sisteminin eğesi ile 4 dakika süreyle devamlı yıkama altında şekillendirildi. Ardından distal ve mezial kök kanallarının apikal çapları .02 taperlı K-tipi el eğeleri ile kontrol edilerek ölçüldü. Distal kök kanallarının apikal çapının # 40, mezial kanalların apikal çapının ise # 30 numaralı alete denk geldiği görüldü. Apikal çapın her iki deney grubunda standardizasyonu için Protaper döner eğeleri ile şekillendirilecek distal kanallarda F4, mezial kanallarda ise F3 ile şekillendirmenin tamamlanmasına karar verildi.

Kök kanalları içerisine yerleştirilen ISO 08 nolu K tipi eğenin ucu apikal açıklıkta iken kök boyları tüm kanallar için ayrı ayrı ölçüldü ve çalışma boyları ölçülen bu boydan 1 mm kısa olacak şekilde kaydedildi.

2.3.1. Kök Kanallarının Self-Adjusting File Sistemi ile Şekillendirilmesi

Çalışma boyunun belirlenmesinin ardından üretici firmanın talimatı doğrultusunda sırasıyla #10, #15 ve #20 numaralı K tipi el eğeleri ile ön genişletme yapıldı. Her aletten sonra 1ml %2,5'lik NaOCl ile kanallar yıkandı. Ön genişletmenin tamamlanmasının ardından sisteme ait 1,5 mm çaplı SAF eğesi RDT3-

NX başlık X-Smart Endodontik motora NSK FC C873 adaptör yardımı ile bağlanarak kullanıldı (Resim 21, 22).



Resim 21. RDT3-NX Başlık ve NSK FC C873 Adaptör



Resim 22. X-Smart Endodontik Motor

SAF eğesi ile 5000 rpm hızda ve 2 ml/dk devamlı yıkama altında üretici firma talimatlarına uyularak kök kanalları 4 dk süre ile şekillendirildi.

Distal köklerde 4 dakika içerisinde çalışma boyuna ulaşıp bu boyda şekillendirme yapılabilirken, kök eğimine sahip mezial köklerin bir kısmında 4 dakikalık sürenin sonunda çalışma boyuna ulaşamadığı için devamlı yıkama altında

genişletme işlemine devam edildi. SAF eğesi ile rahat bir şekilde çalışma boyuna ulaşılabılınen ana kadar geçen süre, Vatea cihazı ekranından okunarak her örnek için kaydedildi ve daha sonra bilgisayarda Excel programına aktarıldı.

2.3.2. Kök Kanallarının Protaper Döner Ni-Ti Aletleri ile şekillendirilmesi

Deney grupları arasında standardizasyonu sağlamak amacıyla kanalların #20 numaralı K tipi el eğesine dek genişletilmesinin ardından öncelikle SX ile koroner şekillendirme yapıldı. Koroner şekillendirmenin ardından mezial kanallar çalışma boyunda sırasıyla S1, S2, F1, F2, F3 ile distal kanallar ise S1, S2, F1, F2, F3, F4 ile genişletildi. Bütün ProTaper eğeleri üretici firma talimatlarına uyularak X-Smart Endodontik motor (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) yardımıyla 300 devir/dakika hızda kullanıldılar. Aletler için uygulanan tork değerleri ise,

- S1 için tork değeri (T) = 3.0 Ncm
- S2 için tork değeri (T) = 1,2 Ncm
- F1 için tork değeri (T) = 1,2 Ncm
- F2 için tork değeri (T) = 1,6 Ncm
- F3 için tork değeri (T) = 2,4 Ncm
- F4 için tork değeri (T) = 2,4 Ncm şeklindedir

şekillendirme işlemi sırasında, her bir aletten sonra kanallar 1,5 ml %2,5'lik NaOCl ile yıkandı. Döner aletler iki kanalda kullanıldıktan sonra yenisiyle

değiştirildi ve bu değişim sırasında eşit sayıdaki mezio-bukkal ve mezio-lingual kanalda hiç kullanılmamış alet ile şekillendirme yapıldı.

Tüm genişletme işlemi sırasında geçen süre, yıkama işlemleri için geçen süreler de dahil edilerek her kanal için, bir süre ölçer yardımıyla kaydedildi ve daha sonra bilgisayarda Excel programına aktarıldı. K tipi eğeler ile yapılan ön genişletmeler her iki grupta da gerçekleştirildiği için bu esnada geçen süreler ölçümlere yansıtılmadı.

Şekillendirme işlemi tamamlanan tüm örnekler preparasyon sonrası taramaları gerçekleştirilinceye kadar serum fizyolojik içinde bekletildi.

2.4. Kök Kanal Şekillendirmesi Sonrası μ BT Taramaları

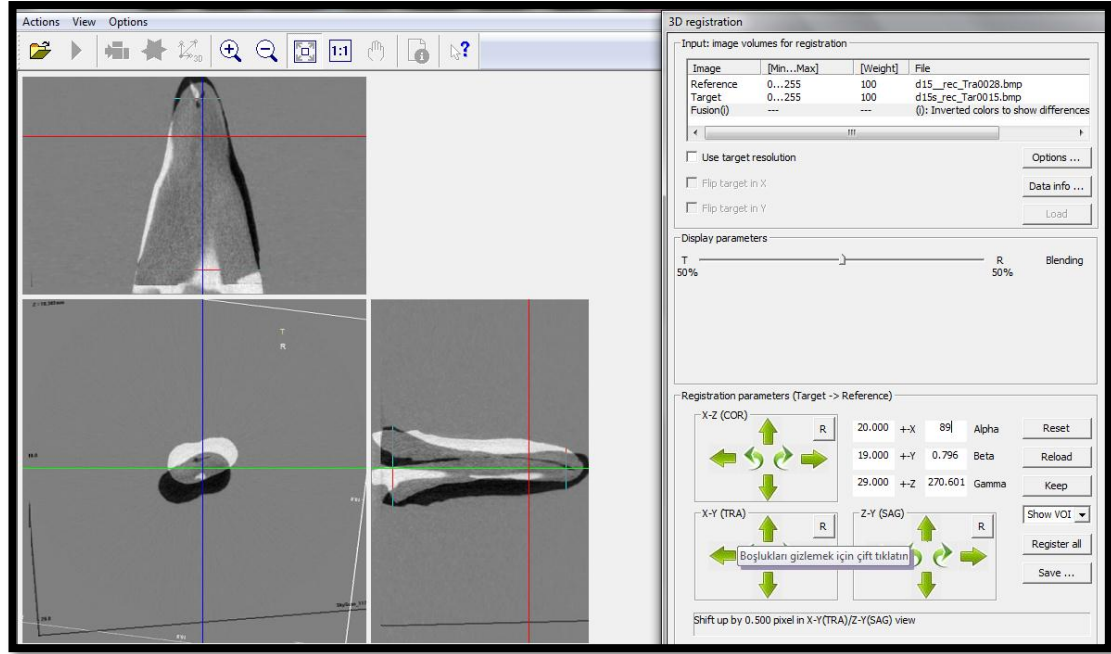
Şekillendirme sonrası tarama görüntülerini elde etmek için örnekler tarayıcının tutucu kısmına yerleştirildi ve başlangıçtaki tarama parametreleri aynı olacak şekilde veriler elde edildi. Ardından NRecon yazılım programı kullanılarak yeniden yapılandırılan aksiyel düzleme ait kesit görüntüleri .BMP formatında kaydedildi.

2.5. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Tarama Görüntülerinin Analizi

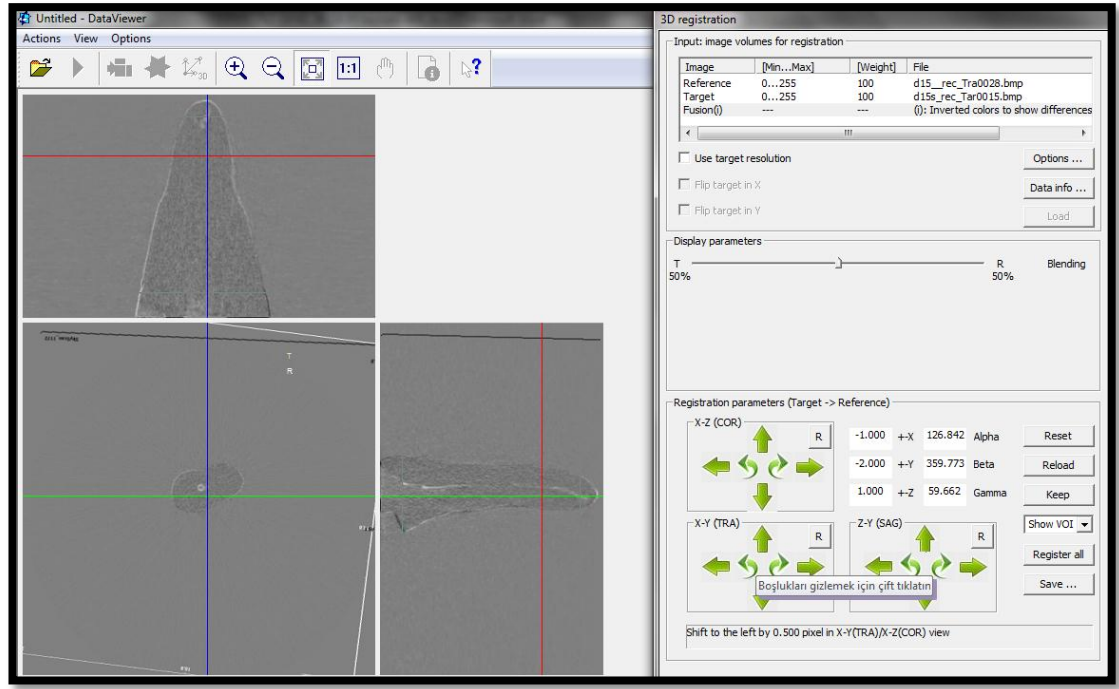
Kök kanal preparasyonlarının analizi amacıyla, şekillendirme öncesine ait yapılandırılmış görüntülerin, Dataviewer yazılım programı yardımıyla trans-aksiyal görüntü verileri oluşturuldu ve her örnek için ayrı ayrı kaydedildi.

Kanalların şekillendirme öncesi ve sonrası kesit görüntülerinin analizler ve 3 boyutlu modelleme sırasında tam olarak üst üste çakışmasına olanak sağlamak amacıyla, Dataviewer yazılım programında koronal, aksiyal ve sagittal düzlemlerde

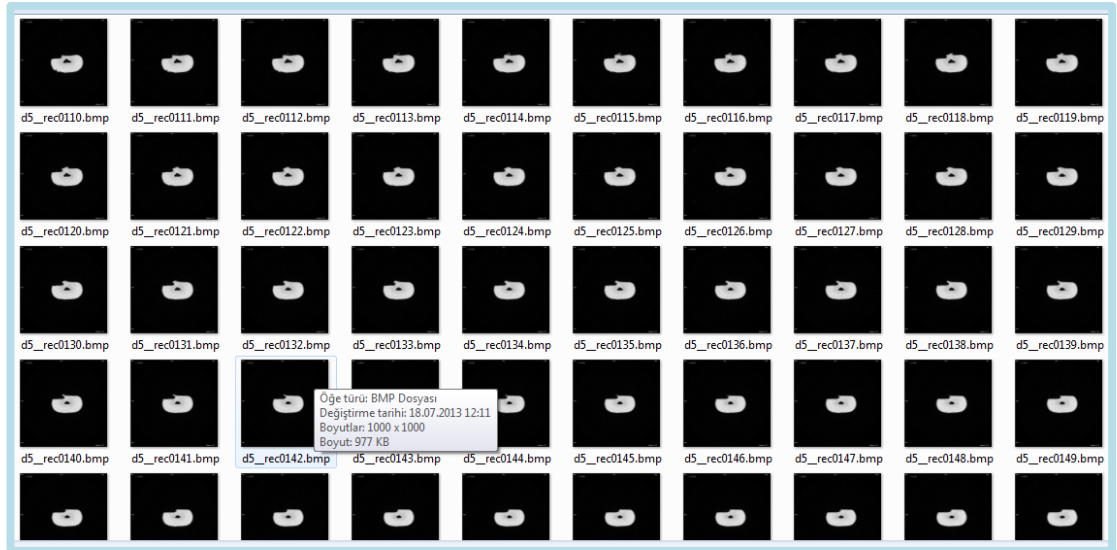
görüntüler karşılaştırıldı (Resim 23, 24). Bu şekilde elde edilen yeni görüntüler ayrı bir dosyada kaydedildi ve trans-axial kesit görüntüleri oluşturuldu (Resim 25-30).



Resim 23. Dataviewer yazılım programında koroner, aksiyal ve sagittal düzlemlerde distal köke ait şekillendirme öncesi ve sonrası görüntüleri



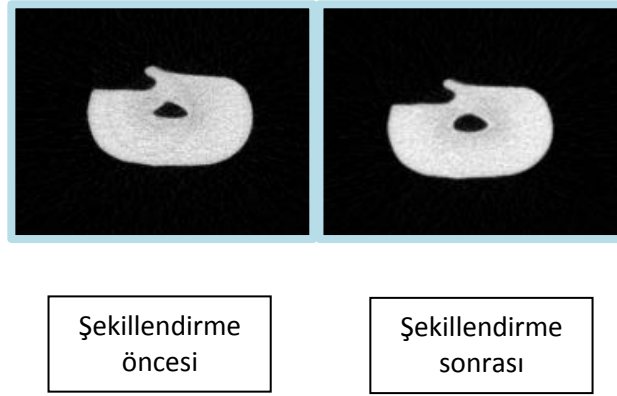
Resim 24. Dataviewer yazılım programında koronal, aksiyal ve sagittal düzlemlerde distal köke ait şekillendirme öncesi ve sonrası görüntülerinin çakıştırılması



Resim 25. Şekillendirme öncesinde distal kök örneklerinden birine (d5) ait trans-aksiyal kesit görüntüleri



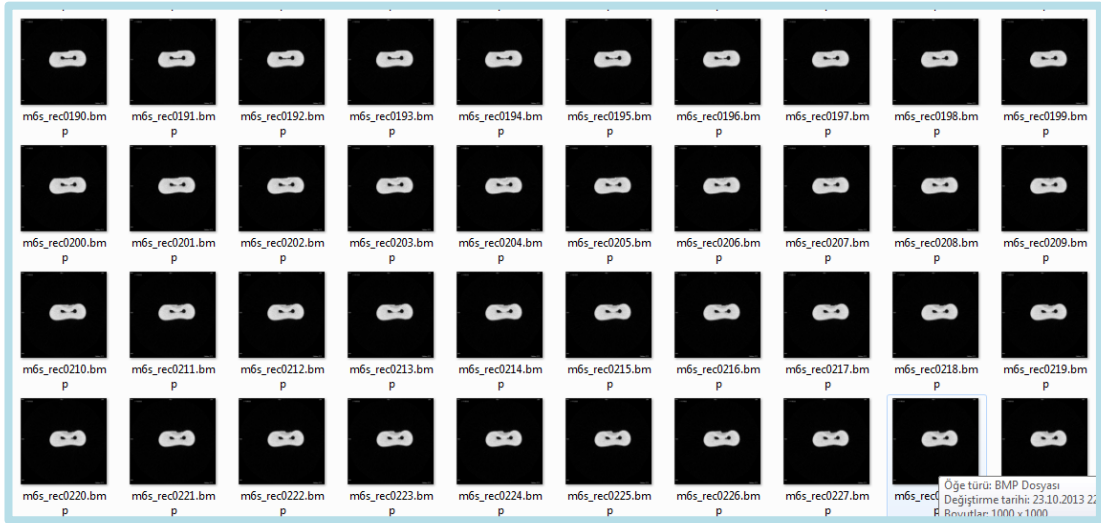
Resim 26. Şekillendirme sonrasında distal kök örneklerinden birine (d5) ait trans-aksiyal kesit görüntüleri



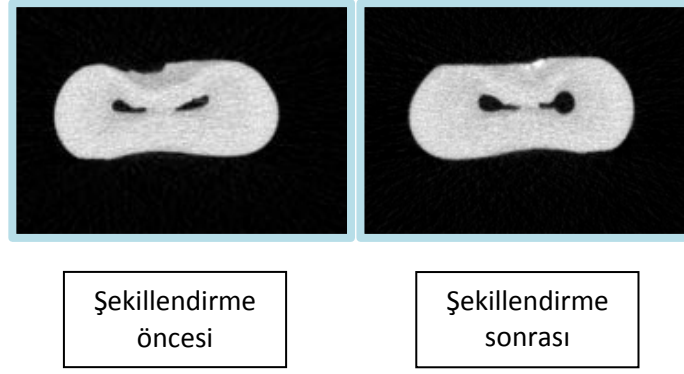
Resim 27. Distal kök trans-aksiyal kesitlerinden birinin şekillendirme öncesi ve sonrasındaki görüntülerinin karşılaştırılması



Resim 28. Şekillendirme öncesinde mezial kök örneklerinden birine (m6) ait trans-aksiyal kesit görüntüleri



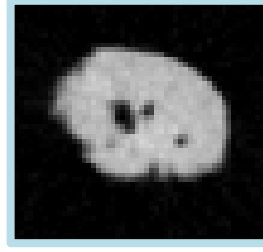
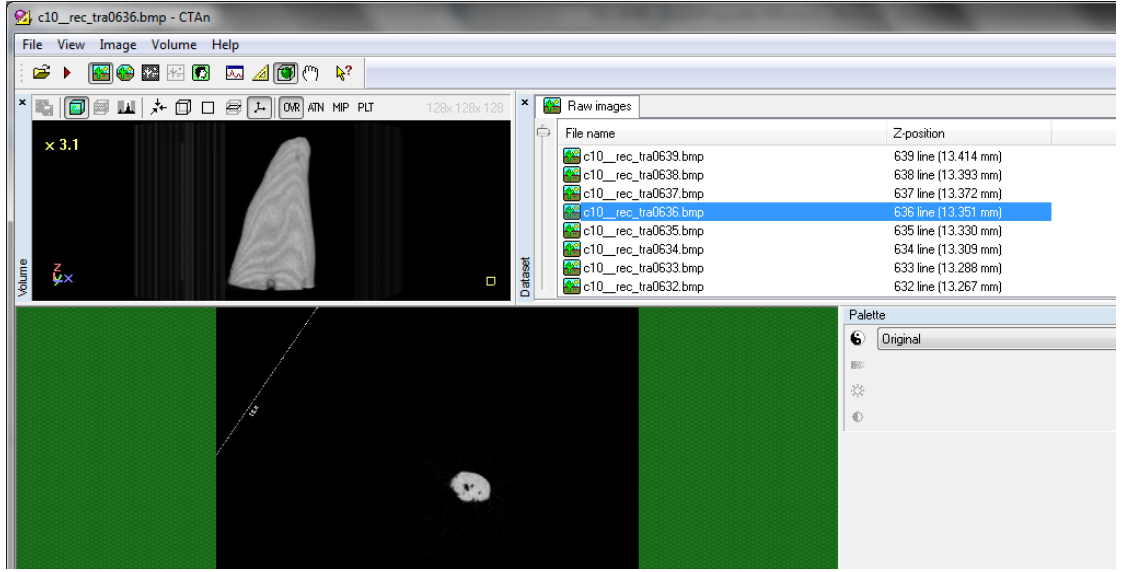
Resim 29. Şekillendirme sonrasında mezial kök örneklerinden birine (m6) ait trans-aksiyal kesit görüntüleri



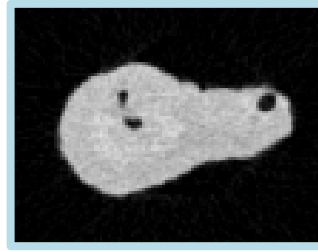
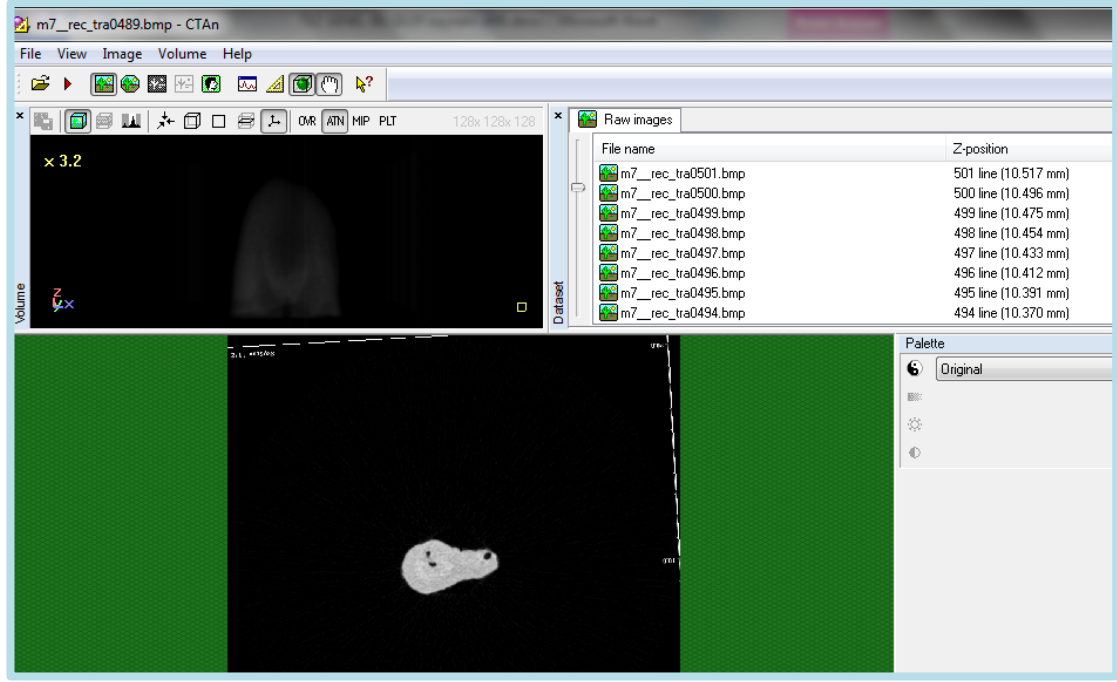
Resim 30. Mezial kök trans-aksiyal kesitlerinden birinin şekillendirme öncesi ve sonrasındaki görüntülerinin karşılaştırılması

Kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası hacim ve yüzey alanı değişiklikleri ile yapı model indeksi (Structure Model Index) değerindeki değişimlerin değerlendirilmesinde, CTAn (Skyscan, Belçika) yazılım programı kullanıldı.

Trans-aksiyal kesit görüntülerini içeren BMP formatındaki veri dosyaları, her örnek için şekillendirme öncesi ve sonrası ayrı ayrı olmak üzere CTAn yazılım programında açıldı. Apikal açıklığın tam olarak görüldüğü kesit görüntüsü belirlendi (Resim 31, 32). Bu seviyeden itibaren koronere doğru 3'er mm'lik aralıklarla apikal, orta ve koroner üçlülerin referans aralıkları her örnek için ayrı ayrı belirlenerek kaydedildi. Analizi yapılmak istenen bölgenin belirlenmesinin ardından beyaz-gri skalada eşik değer aralıkları belirlendi ve tüm görüntü kesitlerine uygulanarak 3D ve 2D analizler gerçekleştirildi.



Resim 31. Apikal açıklığın tam olarak görüldüğü distal kök kesit görüntüsü



Resim 32. Apikal açıklığın tam olarak görüldüğü mezial köklerin kesit görüntüsü

Her bir kök kanalı için referans aralıkları doğrultusunda hacim, yüzey alanı ve yapı model indeksini değerlendirmek için CTAn programında 3D ve 2D tüm analizler apikal, orta ve koroner bölgeler için şekillendirme öncesi ve sonrası için ayrı ayrı gerçekleştirildi. Böylece her kanal için 6 adet analiz yapıldı (Resim 33).

Pano		Yazı Tipi		CT Analyser, Version: 1.13.		
A1						
	A	B	C	D	E	F
13	Upper vertical position,,	1.3288E+004,um				
14	Pixel size,,	2.0992E+001,um				
15	Lower grey threshold,,	0				
16	Upper grey threshold,,	105				
17						
18	Total VOI volume,TV,	4.0195E+009,um^3				
19	Object volume,Obj.V,	3.4501E+008,um^3				
20	Percent object volume,Obj.V/TV,	8.5834E+000,%				
21	Total VOI surface,TS,	1.7198E+007,um^2				
22	Object surface,Obj.S,	5.9872E+006,um^2				
23	Intersection surface,I.S,	2.4258E+005,um^2				
24	Object surface / volume ratio,Obj.S/Obj.V,	1.7354E-002,1/um				
25	Object surface density,Obj.S/TV,	1.4895E-003,1/um				
26	Fragmentation index,Fr.I,	7.3876E-003,1/um				
27	Centroid (x),Crd.X,	9.0103E+002,um				
28	Centroid (y),Crd.Y,	8.1818E+002,um				
29	Centroid (z),Crd.Z,	1.1664E+004,um				
30	Structure model index,SMI,	2.6402E+000				
31	Structure thickness,St.Th,	2.4990E+002,um				
32	Structure linear density,St.Li.Dn,	3.4347E-004,1/um				
33	Structure separation,St.Sp,	5.0638E+002,um				
34	Degree of anisotropy,DA,	1.8051E+000 (4.4603E-001),				
35	Eigenvalue 1	3.5615E-001				

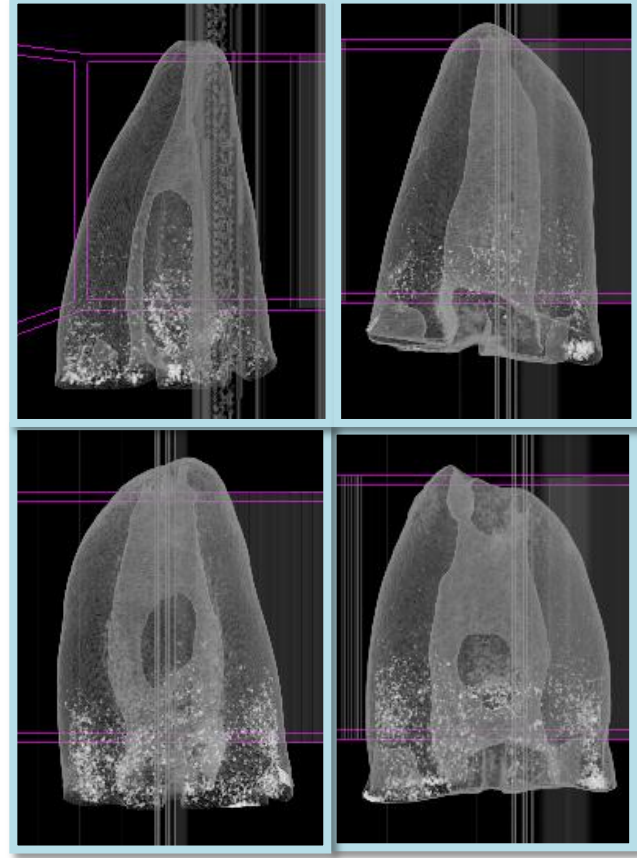
Resim 33. CTAn programı ile yapılan 3D analiz örneği

Ayrıca 3D analizler ile elde edilen x, y ve z koordinat değerleri ile transportasyon yani vektörel yer değiştirme aşağıdaki formüle göre hesaplandı. Bu hesaplama tüm kök kanalları için apikal, orta ve koroner bölgeler için ayrı ayrı hesaplandı.

Centroid (x),Crd.X,	9.0103E+002,um
Centroid (y),Crd.Y,	8.1818E+002,um
Centroid (z),Crd.Z,	1.1664E+004,um

$$\sqrt{(X_s - X_0)^2 + (Y_s - Y_0)^2 + (Z_s - Z_0)^2}$$

Analizlerin yapılması sırasında, 4 mezial kökün meziobukkal ve meziolingual kanalların apikal, orta veya koroner üçlü de birleştiği gözlemlendi. Bu nedenle 4 örnek CTAn programında gerçekleştirilen analizlere dahil edilmedi (Resim 34). Tüm kök kanalları için toplamda 312 adet analiz gerçekleştirildi.

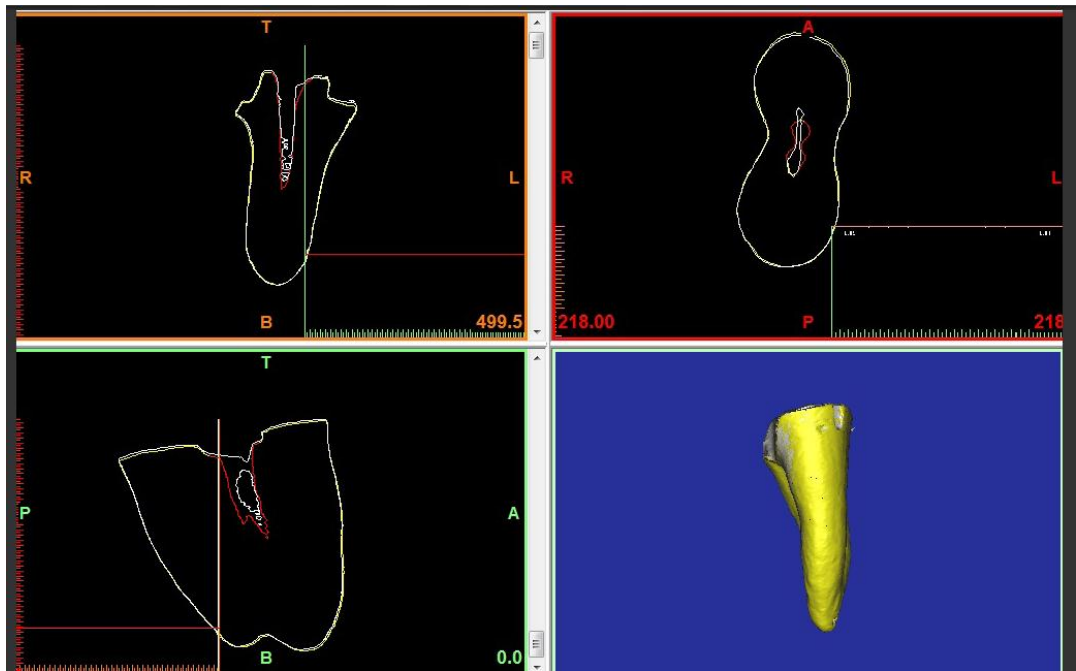


Resim 34. Apikal, orta ve koroner bölgelerde birleşen mezial kök kanalları

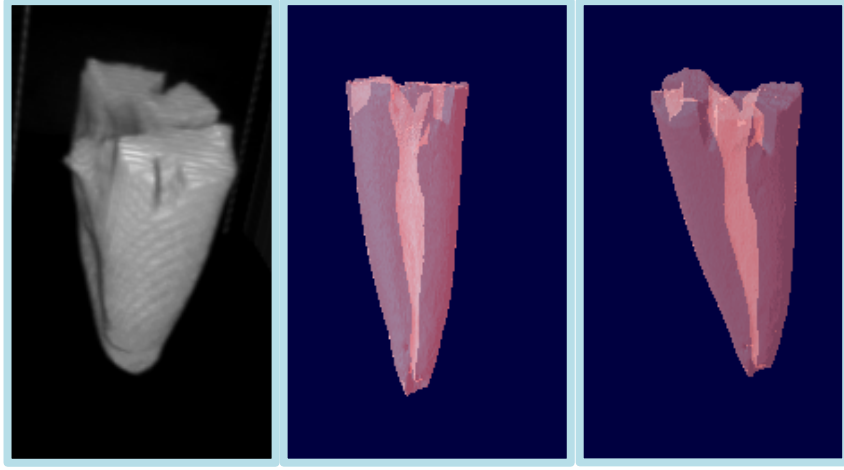
2.6. Üç Boyutlu Yeniden Modelleme

Şekillendirme öncesi ve sonrasında elde edilen 2D kesit görüntüleri üç boyutlu modellemeye olanak veren Mimics 14.1. (Materialise, Leuven, Belçika) yazılım programı kullanılarak üç boyutlu hale getirildi.

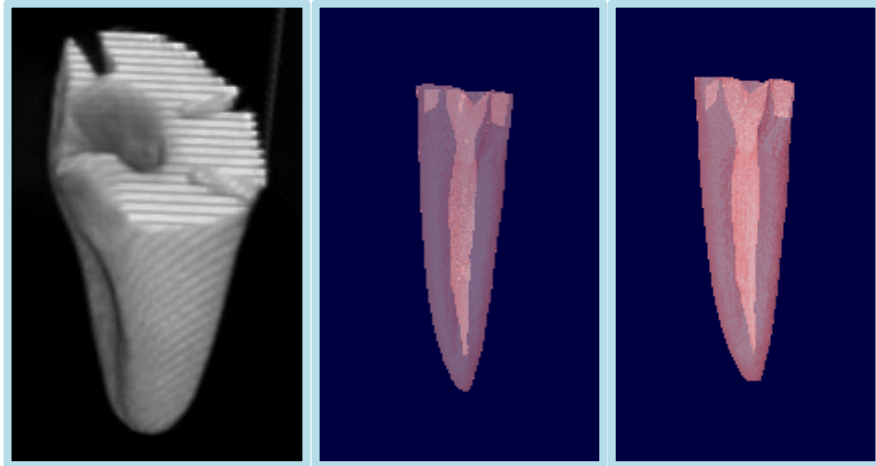
3D modelleme sırasında öncelikle μ BT cihazı ile elde edilen 2D tüm kesit görüntüleri Mimics 14.1 programına aktarıldı. Diş için Hounsfield Unit eşik değeri aralığı belirlenerek maskeler oluşturuldu. Böylece tüm kesit görüntüleri birleştirilerek köklerin 3D modelleri oluşturuldu (Resim 29). Ardından tüm köklerin 3D modelleri .stl formatına dönüştürüldü. Bu işlem mezial ve distal tüm köklerin şekillendirme öncesi ve sonrası kesit görüntüleri için tekrarlandı (Resim 35-38).



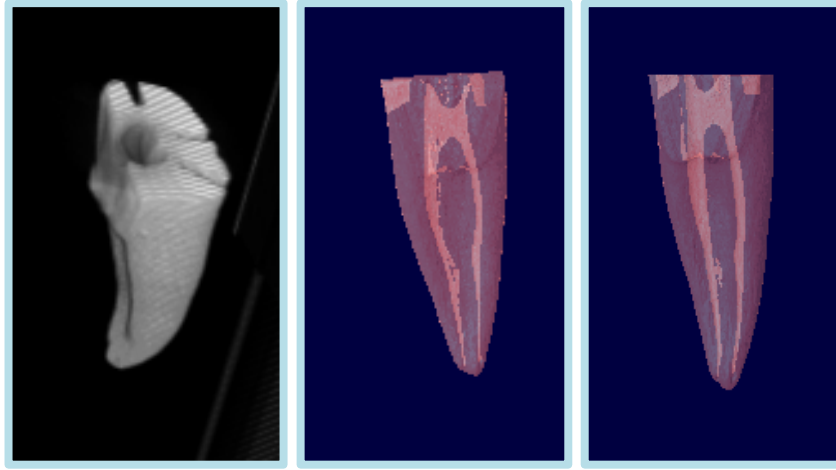
Resim 35. Köklerin şekillendirme öncesi ve sonrası 3D görüntülerinin oluşturulması



Resim 36. SAF ile genişletilmiş bir distal kanalın 3D modelleme ile şekillendirme öncesi ve sonrası .stl görüntüsü

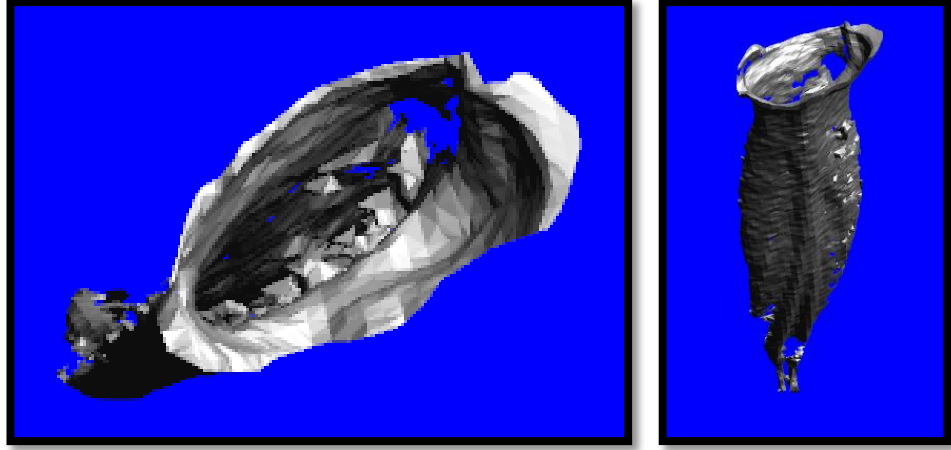


Resim 37. Protaper ile genişletilmiş bir distal kanalın 3D modelleme ile şekillendirme öncesi ve sonrası .stl görüntüsü



Resim 38. Protaper (sol) ve SAF (sağ) ile genişletilmiş mezial kanalların 3D modelleme ile şekillendirme öncesi ve sonrası .stl görüntüsü

Mezial ve distal köklerin 3D modellerinin oluşturulmasının ardından, .Stl formatındaki görüntülerden kök kanallarının segmentasyonu sırasında standardizasyonu sağlamak amacı ile köklerin dış sınırında referans noktaları belirlendi. Ardından görüntülerin aksiyel, sagittal ve koroner düzlemlerde pozisyonları kontrol edilerek şekillendirme öncesi ve sonrasına ait 3D modeller üst üste çakıştırıldı. Çakıştırma işleminden sonra ‘boolean’ yani ‘ayırıştırma metodu’ ile kök kanalları dişin dış yüzeyinden ayırıştırıldı (Resim 39). Bu sayede kök kanallarında bağımsız ölçüm yapılarak eğeleme sırasında şekillendirilen ve şekillendirilemeyen alanlar % olarak hesaplandı.



Resim 39. Distal kök kanalının ayrıştırma sonrasında farklı açılardan görüntüsü

2.7. İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin istatistiksel analizi Graphpad prism version 6.00 c for Windows (GraphPad Software, LA Jolla California, ABD) paket programı kullanılarak gerçekleştirildi. Sürekli değişkenlerin dağılımının normale yakın olup olmadığı Shapiro-Wilk testi kullanılarak belirlendi. Çalışmadaki veriler normal dağılım gösterdiğinden parametrik testlerden faydalandı. **Kök kanal preparasyonu sonrasında hacim, yüzey alanı, yapı model indeksi değişimi ile transportasyon miktarı apikal, orta ve koroner bölgeler arasında karşılaştırılmasında tek yönlü ANOVA (ordinary one-way ANOVA) testi kullanılırken, ikili kıyaslamalarda ise Tukey (Tukey's multipl comparison test) testi kullanıldı. Tüm parametrelerin ve temas edilmeyen yüzey alanının deney grupları arası kıyaslamalarında Student's t-testi uygulandı.**

Ayrıca kök kanallarının SAF ve Protaper sistemleri ile şekillendirilmesi sırasındaki çalışma süreleri ile kök eğrilik dereceleri arasındaki ilişki korelasyon analizi ile incelendi. Tüm analizlerde $p < 0,05$ istatistik anlamlılık seviyesi belirlendi.

BÖLÜM III

BULGULAR

Çalışmamızda, kök kanallarının SAF ve Protaper sistemleri kullanılarak genişletilmesi sonrasında, aletlerin şekillendirme ve temizleme etkinliklerinin değerlendirilmesi Skyscan 1172 μ BT cihazı kullanılarak gerçekleştirildi. **Şekillendirme öncesi ve sonrasında hacim, yüzey alanı, yapı model indeksi değişimi ile transportasyon miktarı** CTAn analiz programı kullanılarak **apikal, orta ve koroner** bölgelerde ayrı ayrı hesaplandı. **Temas edilmeyen yüzey alanı** ise **tüm kanal boyunda** Mimics 14.1. (Materialise, Leuven, Belçika) üç boyutlu yazılım programı kullanılarak yüzdesel olarak saptandı. İncelenen tüm parametrelerde şekillendirme sonrasında meydana gelen değişim üzerinden aletlerin temizleme ve şekillendirme etkinlikleri değerlendirildi.

3.1. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi Hacim, Yüzey Alanı ve Yapı Model İndeksi Değerlendirmeleri

Çalışmamızda kullanılan distal kök kanallarının şekillendirme öncesi, sonrası ve meydana gelen değişimlerine ait hacim, yüzey alanı ve SMI değerleri Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3' de, mezial köklerinki ise Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6 da özetlenmektedir. Apikal, orta ve koroner bölgelerdeki hacim, yüzey alanı ve SMI verilerinin şekillendirme öncesinde gruplar arasında benzer olduğu, t testi ile gösterildi ($p<0.05$) (Grafik 1- 6).

	APİKAL 1/3 (Ort ± SD)			ORTA 1/3 (Ort ± SD)			KORONER 1/3 (Ort ± SD)		
	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim
SAF (n=10)	0,6432 ± 0,2940	0,7552 ± 0,0903	0,1120 ± 0,0153	1,615 ± 0,3163	1,874 ± 0,3298	0,2590 ± 0,0658	2,293 ± 0,3315	2,680 ± 0,3394	0,3870 ± 0,0859
Protaper (n=10)	0,7802 ± 0,3432	0,9094 ± 0,0776	0,1292 ± 0,0577	1,852 ± 0,2133	2,236 ± 0,2068	0,3842 ± 0,1570	2,848 ± 0,2753	3,448 ± 0,3498	0,5998 ± 0,1212

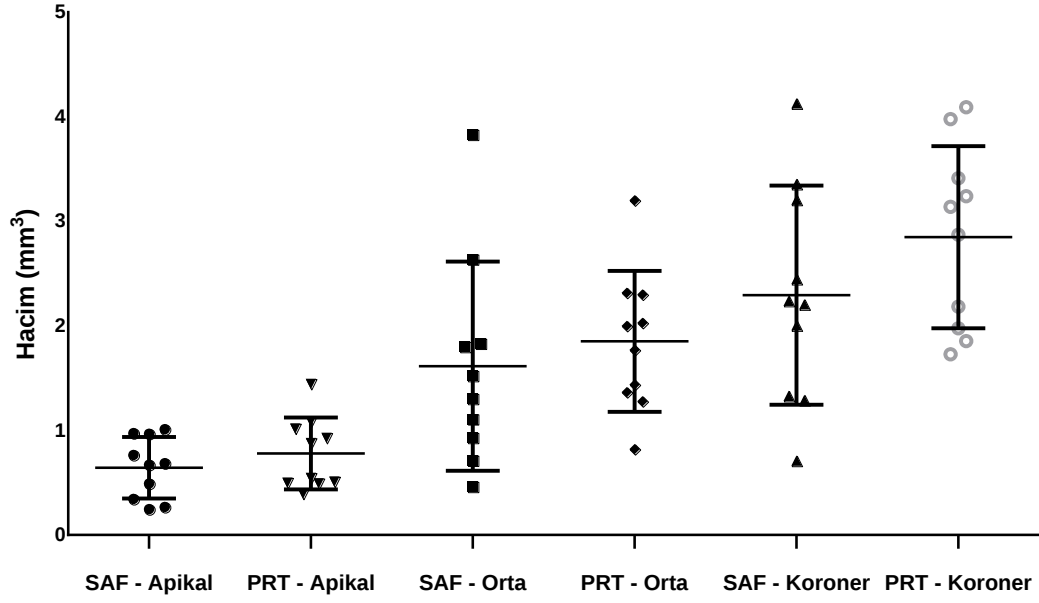
Tablo 1. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Distal Kanal Hacim Değerleri (mm³)

	APİKAL 1/3 (Ort ± SD)			ORTA 1/3 (Ort ± SD)			KORONER 1/3 (Ort ± SD)		
	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim
SAF (n=10)	7,285 ± 0,7345	7,413 ± 0,5649	0,1278 ± 0,2805	13,55 ± 1,993	12,02 ± 1,476	-1,534 ± 0,8264	16,41 ± 1,597	14,91 ± 1,168	-1,496 ± 0,7900
Protaper (n=10)	7,766 ± 0,7768	8,303 ± 0,5684	0,5360 ± 0,4248	15,05 ± 1,572	14,04 ± 1,413	-1,018 ± 0,4567	19,12 ± 2,035	17,77 ± 1,686	-1,342 ± 0,7721

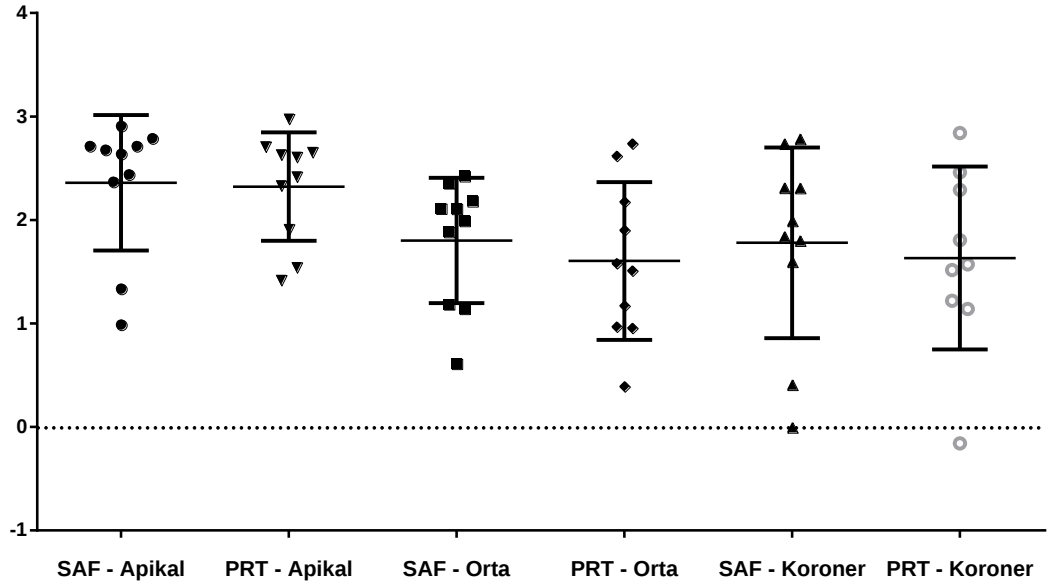
Tablo 2. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Distal Kanal Yüzey Alanı Değerleri (mm²)

	APIKAL 1/3 (Ort $\pm$ SD)			ORTA 1/3 (Ort $\pm$ SD)			KORONER 1/3 (Ort $\pm$ SD)		
	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim
SAF (n=10)	2,359 $\pm$ 0,2069	2,766 $\pm$ 0,08810	0,4069 $\pm$ 0,1948	1,802 $\pm$ 0,1915	2,332 $\pm$ 0,1133	0,5304 $\pm$ 0,2395	1,780 $\pm$ 0,2912	2,436 $\pm$ 0,1206	0,6559 $\pm$ 0,2538
Protaper (n=10)	2,322 $\pm$ 0,1656	2,796 $\pm$ 0,07103	0,4738 $\pm$ 0,1377	1,604 $\pm$ 0,2408	2,367 $\pm$ 0,1479	0,7630 $\pm$ 0,1846	1,367 $\pm$ 0,3740	2,409 $\pm$ 0,1274	1,042 $\pm$ 0,3392

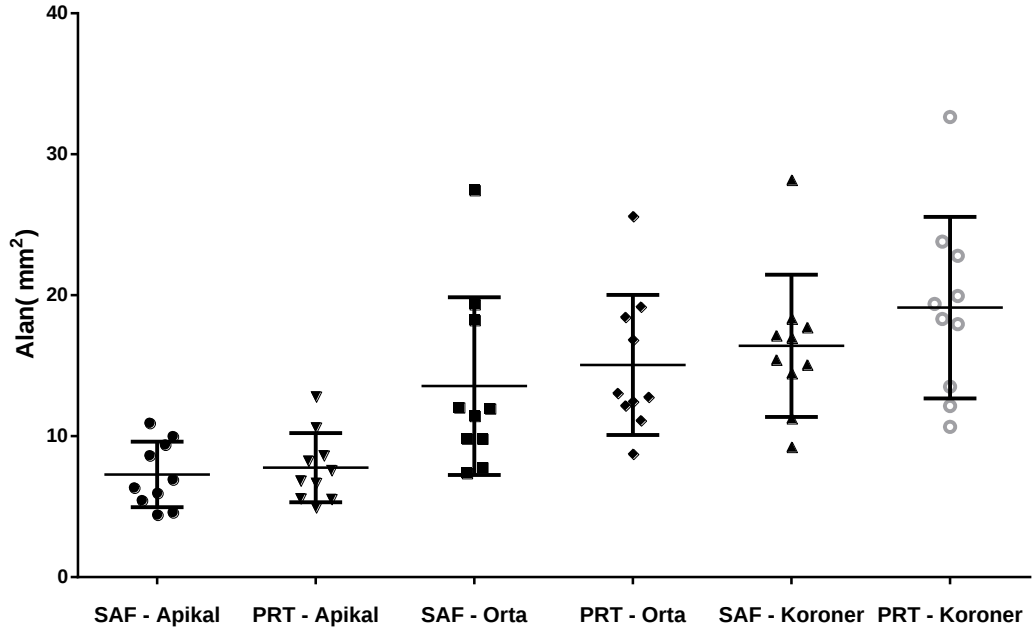
Tablo 3. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Distal Kanal SMI Değerleri



Grafik 1. Distal kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında hacim değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik



Grafik 2. Distal kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında SMI değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik



Grafik 3. Distal kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında yüzey alanı değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik

	APİKAL 1/3 (Ort ± SD)			ORTA 1/3 (Ort ± SD)			KORONER 1/3 (Ort ± SD)		
	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim
SAF (n=15)	0,2172 ± 0,0253	0,3225 ± 0,0184	0,1054± 0,0149	0,4272 ± 0,0546	0,6055 ± 0,0436	0,1783 ± 0,0241	0,7124 ± 0,07845	1,023 ± 0,08653	0,3101 ± 0,02566
Protaper (n=15)	0,2515 ± 0,0325	0,4847 ± 0,0383	0,2332 ± 0,0224	0,4502 ± 0,0584	1,076 ± 0,0594	0,6260 ± 0,0439	0,8318 ± 0,08797	1,837 ± 0,08416	1,005 ± 0,06897

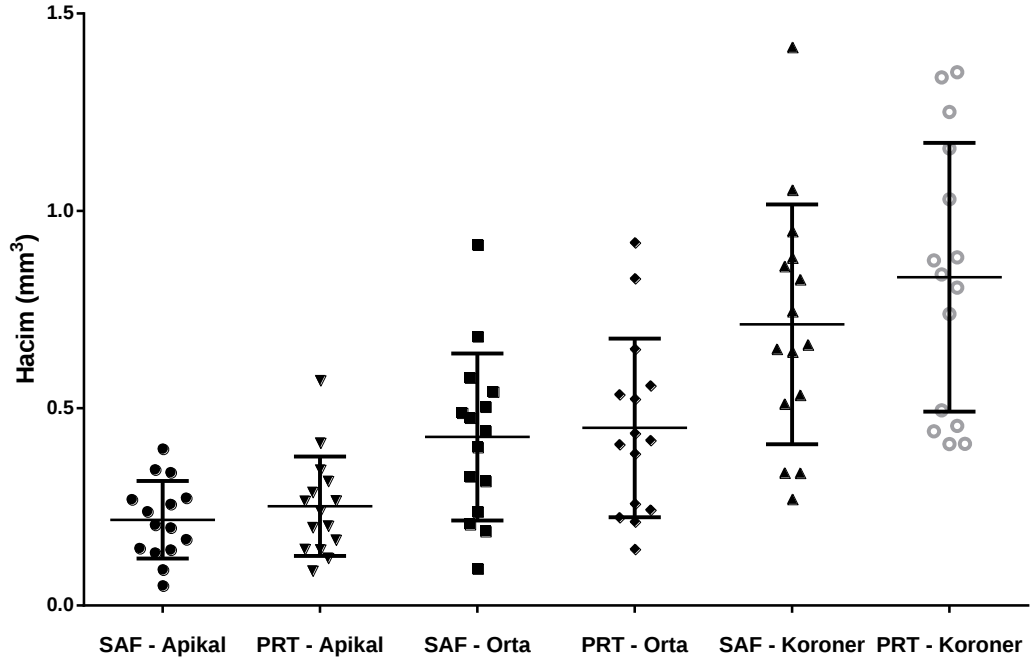
Tablo 4. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Mezial Kanal Hacim Değerleri (mm³)

	APİKAL 1/3 (Ort ± SD)			ORTA 1/3 (Ort ± SD)			KORONER 1/3 (Ort ± SD)		
	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim
SAF (n=15)	3,677 ± 0,2780	4,486 ± 0,1776	0,8086 ± 0,1453	5,482 ± 0,5219	6,352 ± 0,3962	0,8702 ± 0,2019	7,552 ± 0,7736	8,527 ± 0,7211	0,9747 ± 0,1459
Protaper (n=15)	4,395 ± 0,3741	5,656 ± 0,3442	1,261 ± 0,2053	6,467 ± 0,8434	8,881 ± 0,7267	2,414 ± 0,3256	8,873 ± 0,8261	11,33 ± 0,5128	2,455 ± 0,5601

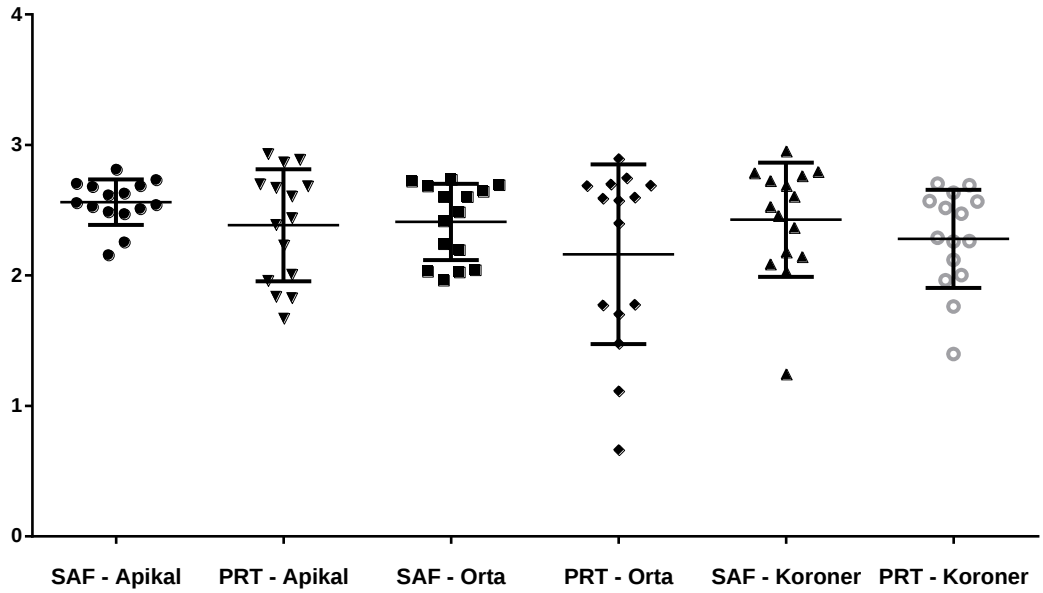
Tablo 5. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Mezial Kanal Yüzey Alanı Değerleri (mm²)

	APİKAL 1/3 (Ort ± SD)			ORTA 1/3 (Ort ± SD)			KORONER 1/3 (Ort ± SD)		
	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim	Şekillendirme öncesi	Şekillendirme sonrası	Değişim
SAF (n=15)	2,561 ± 0,0449	2,873 ± 0,05604	0,3122 ± 0,06226	2,410 ± 0,0754	2,632 ± 0,0519	0,2218± 0,0506	2,427 ± 0,1128	2,765 ± 0,07512	0,3382 ± 0,0586
Protaper (n=15)	2,385 ± 0,1108	3,002 ± 0,09521	0,6175 ± 0,09862	2,162 ± 0,1778	2,795 ± 0,0900	0,6330 ± 0,1611	2,281 ± 0,0971	2,913 ± 0,07886	0,6476 ± 0,1066

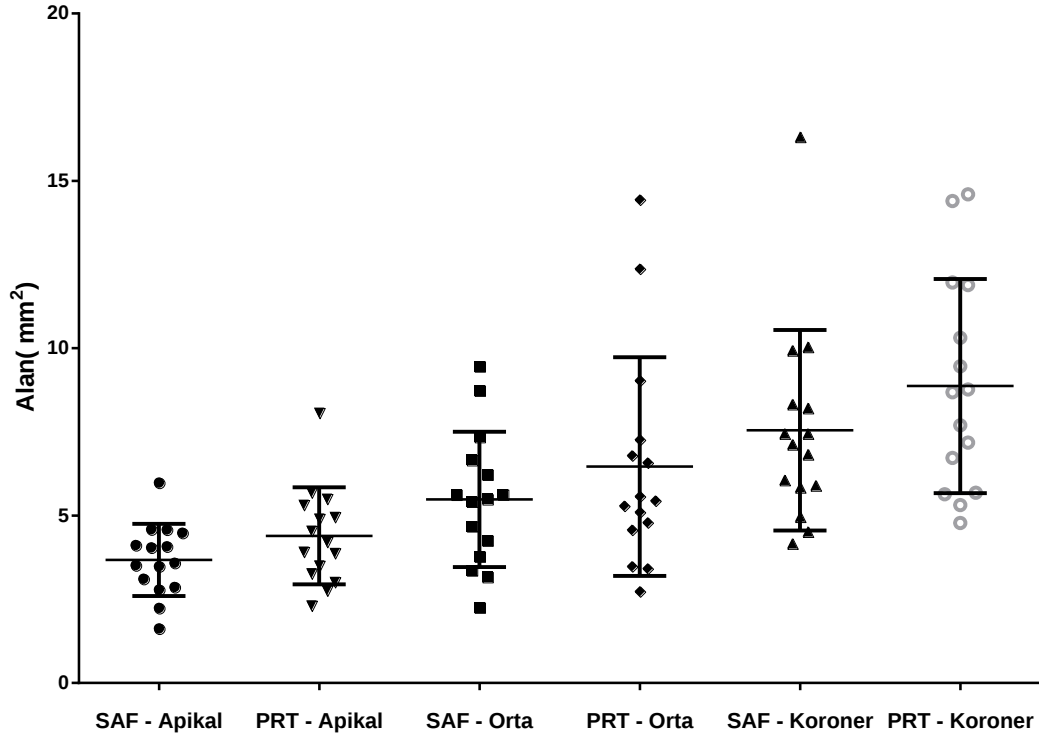
Tablo 6. Kök Kanal Şekillendirmesi Öncesi ve Sonrası Mezial Kanal SMI Değerleri



Grafik 4. Mezial kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında hacim değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik



Grafik 5. Mezial kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında SMI değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik



Grafik 6. Mezialal kök kanallarında şekillendirme öncesinde gruplar arasında yüzey alanı değerleri açısından istatistiksel fark olmadığını gösteren grafik

3.2. Kök Kanal Şekillendirmesi Sonrasında Hacim, Yüzey Alanı ve

SMI Değişimi

3.2.1. Hacim Bulguları

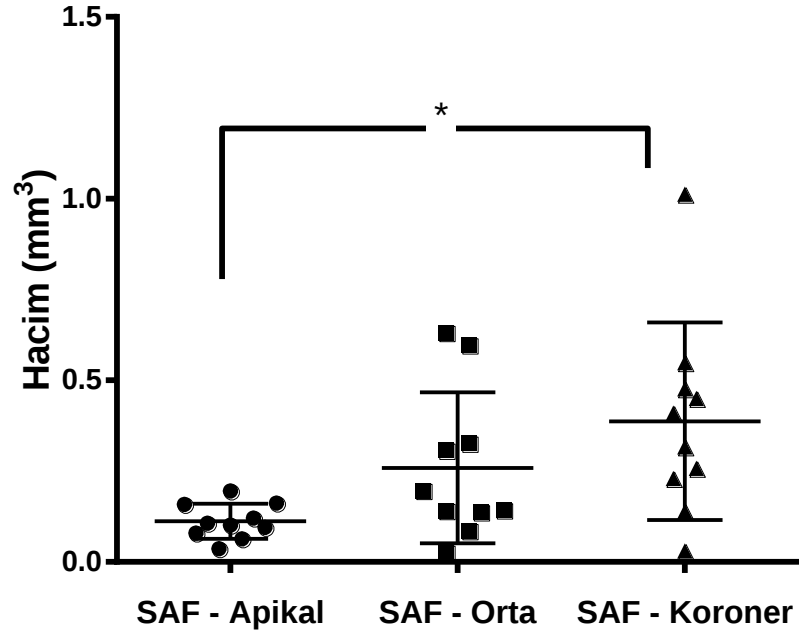
Kök kanallarının SAF ve Protaper sistemleri ile şekillendirilmesi sonrasında kanalın apikal, orta ve koroner bölgelerinde kanal hacminde meydana gelen değişimin değerlendirilmesinde Tek Yönlü ANOVA testi kullanıldı. İstatistiksel olarak anlamlı fark bulunan durumlarda ise bu farkın hangi bölgeler arasında olduğunu görmek için Holm-Sidak's ikili karşılaştırma testi kullanıldı.

Distal kök kanallarının SAF ile şekillendirilmesi sonrasında kanalın apikal, orta ve koroner üçlülere arasında hacim değişim miktarında anlamlı bir fark saptandı ($p=0,0171$). İkili karşılaştırma testine bakıldığında ise, apikal ile orta üçlü arasında

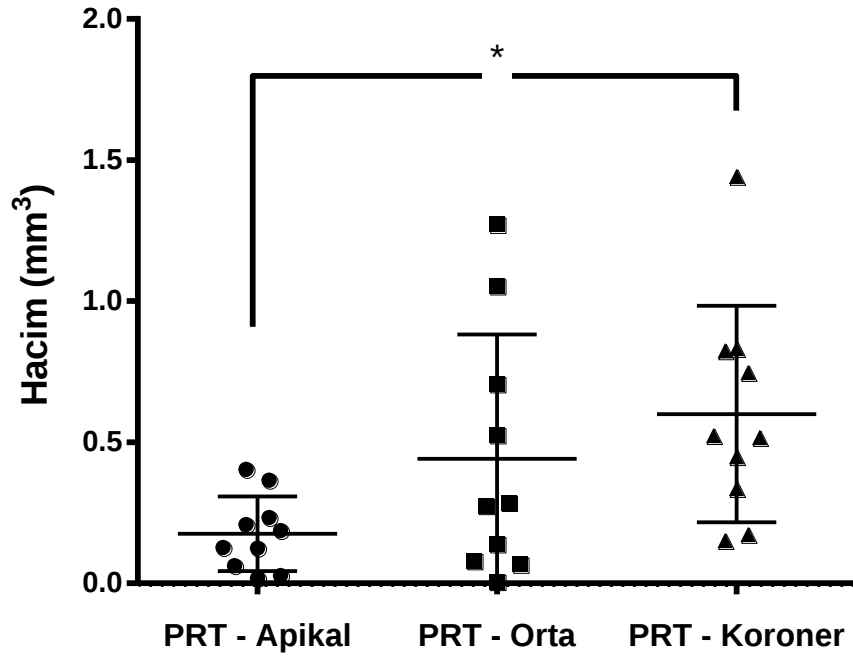
ve orta üçlü ile koroner üçlü arasında bir fark olmadığı; ancak apikal üçlü ile koroner üçlü arasındaki hacim değişiminin istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı olduğu görüldü ($p= 0,0141$) (Tablo 7) (Grafik 7). Benzer şekilde Protaper sistemi ile şekillendirilen distal kanallarda da apikal ve koroner üçlüler arasında hacimde meydana gelen artış istatistiksel olarak anlamlı iken, diğer bölgeler arasında istatistiksel olarak fark bulunmadı ($p= 0,0284$) (Tablo 7) (Grafik 8).

Bölge- Bölge	SAF Grubu		Protaper Grubu	
	Ort. Farklılık	P Değeri	Ort. Farklılık	P Değeri
Apikal -- Orta	0,1470	0,2100	0,2550	0,2642
Apikal -- Koroner	0,2750	0,0141*	0,4706	0,0284*
Orta – Koroner	0,1280	0,2100	0,2156	0,2642

Tablo 7. Distal kanallardaki hacim değişimlerinin değerlendirilmesinde grup - bölge ortalama fark ve p değeri

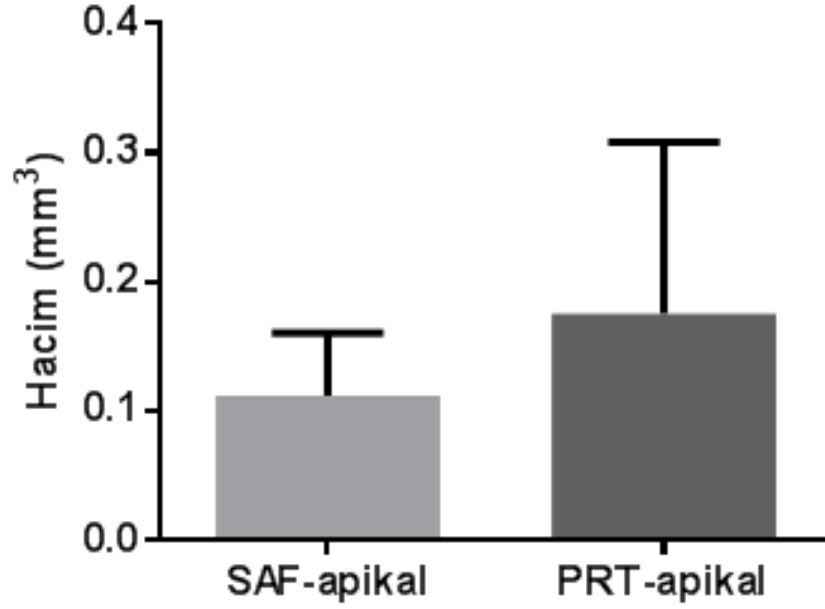


Grafik 7. SAF ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki hacim değışimlerinin karşılaştırılması (*p=0,0141)

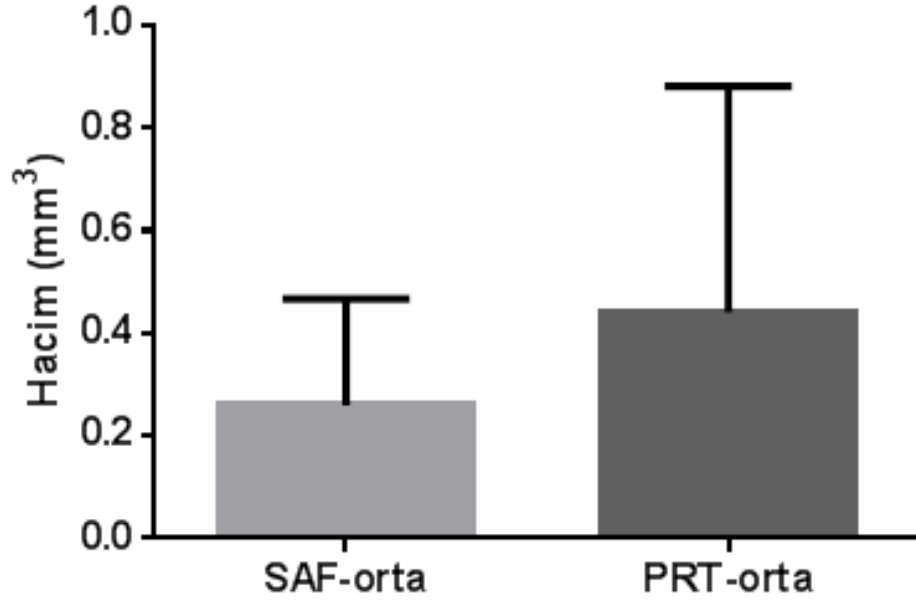


Grafik 8. Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki hacim değışimlerinin karşılaştırılması (*p=0,0284)

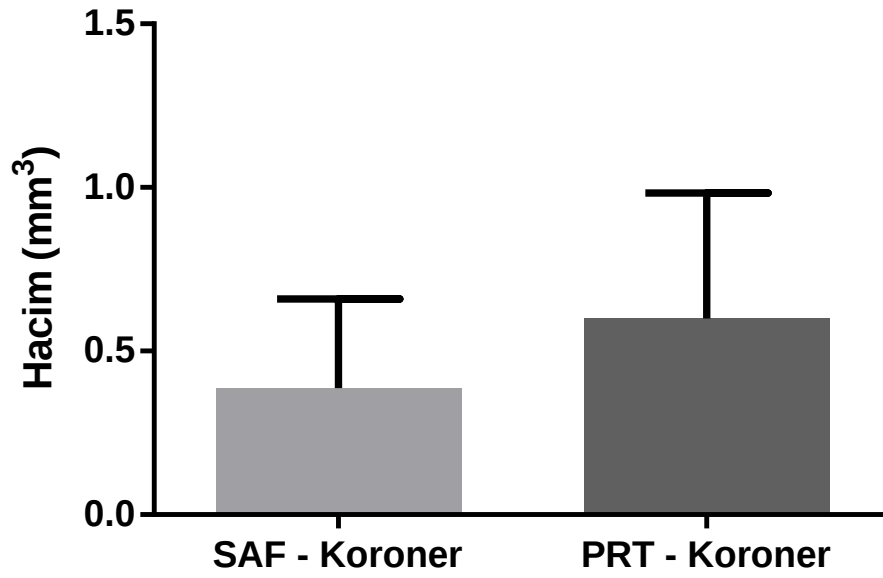
SAF ve Protaper sistemi ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner bölgelerinde hacimde meydana gelen artış deney grupları arasında birbirleriyle kıyaslandığında ise istatistiksel olarak bir fark bulunmadı (Grafik 9-11).



Grafik 9. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal uçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması (p= 0,1683).



Grafik 10. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların orta uçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması (p= 0, 2516)



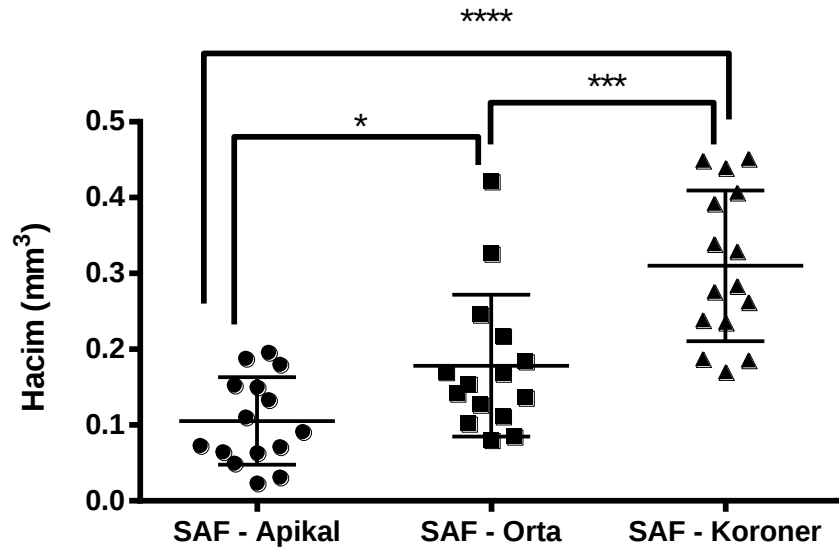
Grafik 11. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların koroner uçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması (p= 0,1695)

Mezial kanalların SAF ve Protaper sistemleri ile şekillendirilmesi sonrasında grubun kendi içinde apikal, orta ve koroner bölgeler arasında kanal hacminde meydana gelen değişim tek yönlü ANOVA ile değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($p < 0,0001$). Bu farklılığın hangi bölgeler arasında olduğunu görmek için yapılan ikili karşılaştırma testine ait bulgular Tablo 8 de özetlenmektedir.

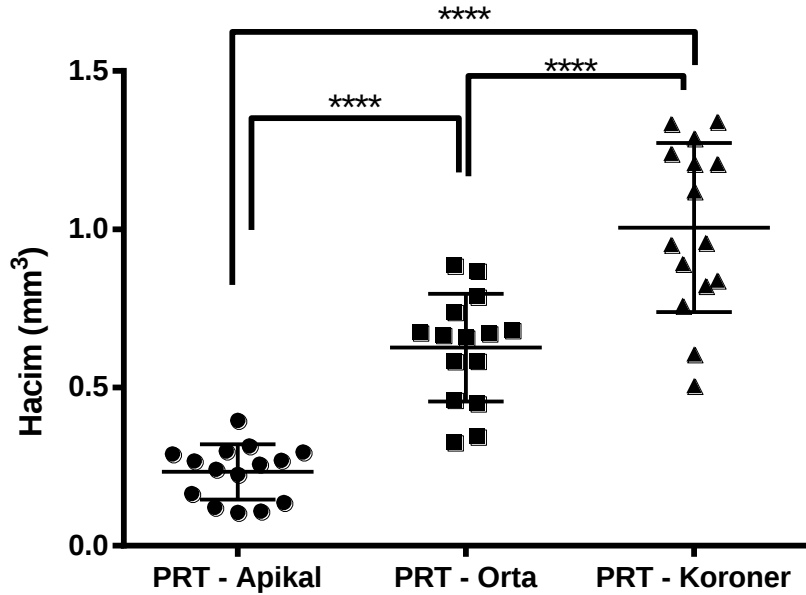
SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kök kanalların hacim değişimi her iki grupta da, apikal ile orta, apikal ile koroner ve orta ile koroner üçlüler arasında istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulundu (Grafik 12-13).

Bölge- Bölge	SAF Grubu		Protaper Grubu	
	Ort. Farklılık	P Değeri	Ort. Farklılık	P Değeri
Apikal -- Orta	0,07	0,0244 *	0,39	< 0,0001 ****
Apikal -- Koroner	0,20	< 0,0001 ***	0,77	< 0,0001 ****
Orta – Koroner	0,13	0,0003 ****	0,77	< 0,0001 ****

Tablo 8. Mezial kanallardaki hacim değişimlerinin değerlendirilmesinde grup - bölge ortalama fark ve p değerleri

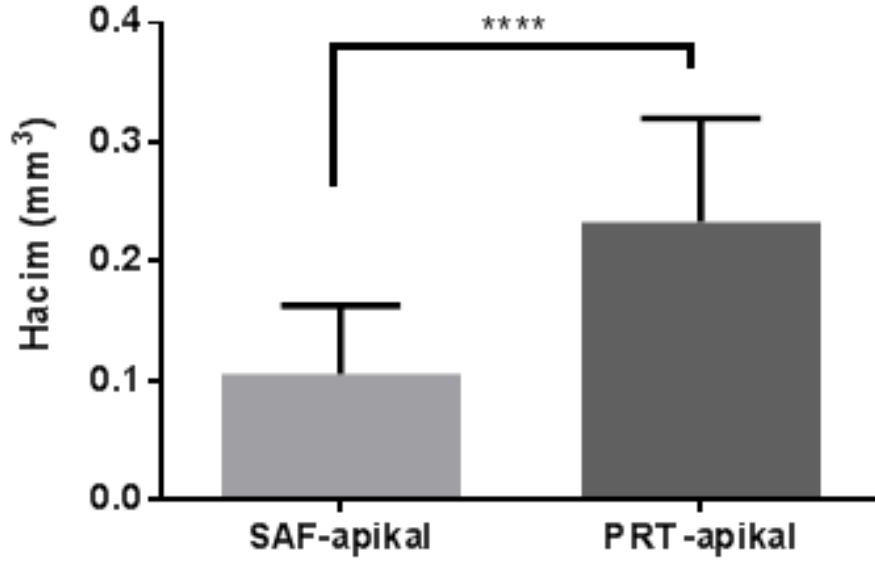


Grafik 12. SAF ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması (*p= 0,0244, ***p= 0,0003, ****p < 0,0001)

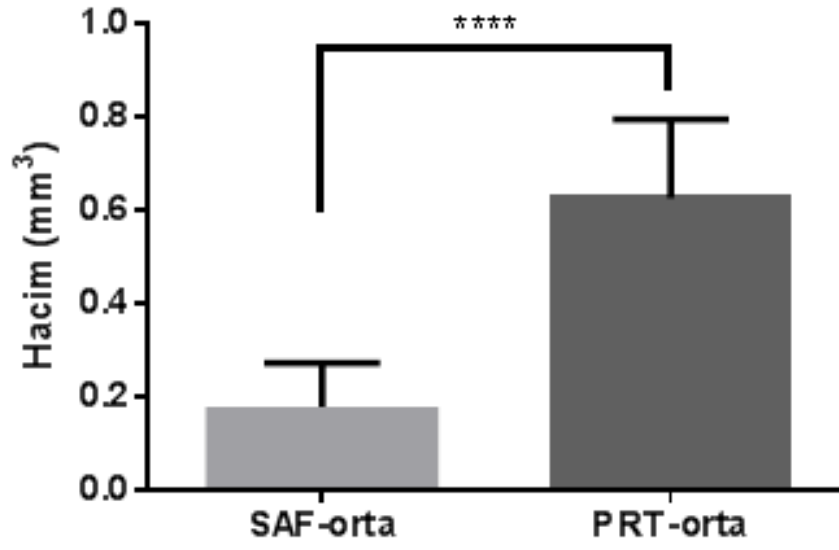


Grafik 13. Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması (****p < 0,0001)

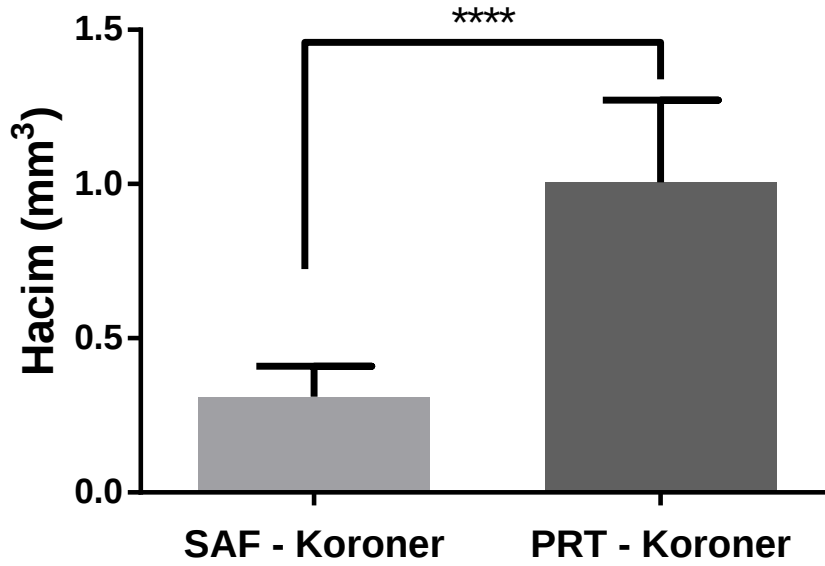
SAF ve Protaper sistemi ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner bölgelerindeki hacim değişimi deney grupları arasında birbirleriyle kıyaslandığında ise kanalın tüm uçlülerinde Protaper sisteminin istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla hacim artışı yarattığı saptandı (Grafik 14-16).



Grafik 14. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal uçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması (****p < 0,0001)



Grafik 15. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların orta üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması (****p < 0,0001)

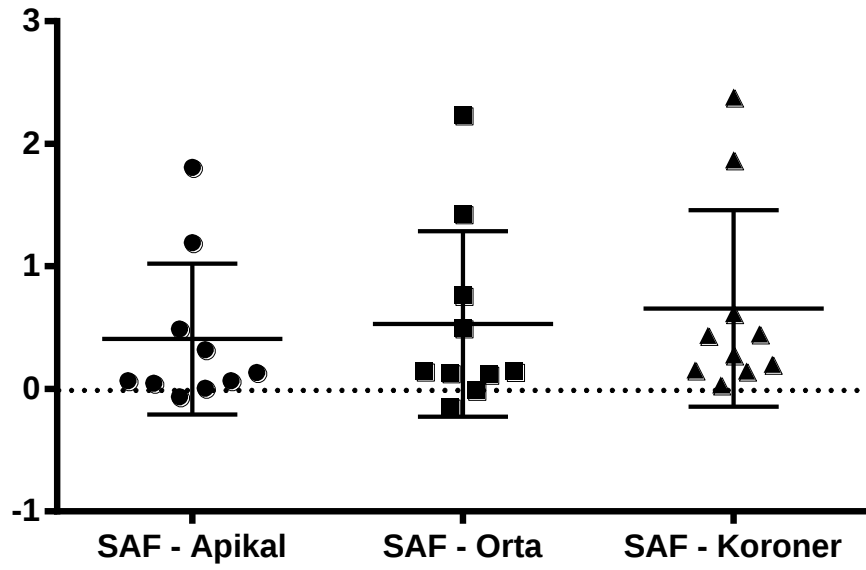


Grafik 16. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların koroner üçlülerindeki hacim değişimlerinin karşılaştırılması (****p < 0,0001)

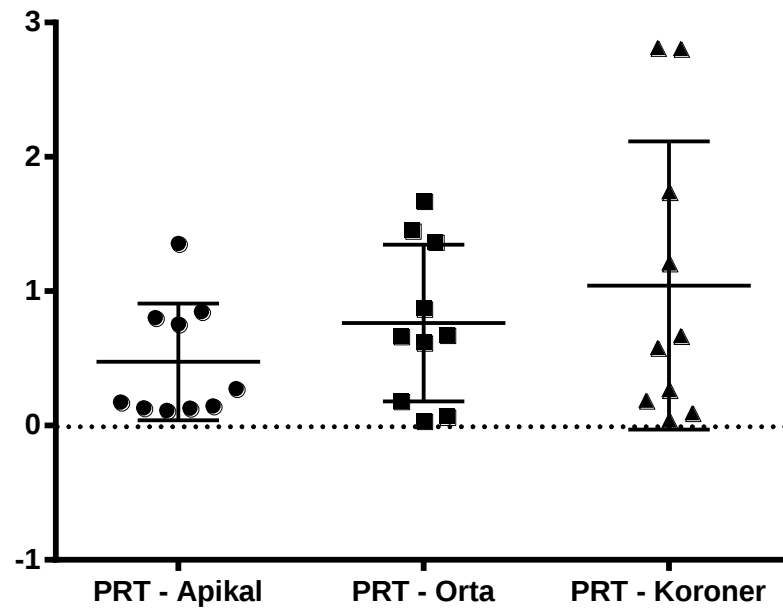
3.2.2. Yapı Model İndeksi (SMI) Bulguları

Kök kanallarının aksiyel kesit görüntülerinin değerlendirilmesinde yapı model indeksi kullanılmaktadır (64, 97). Bu indeks 1-4 arasında değer almakta olup 1 değeri alan kanalların düzleme paralel olduğunu, 4 değeri alan kanalların ise mükemmel derecede yuvarlak kesite sahip olduğunu gösterir. Çalışmamızda SMI değerlerinde görülen artış miktarının değerlendirilmesi ile kanal yapısının orijinal şeklinin korunup korunmadığı değerlendirildi.

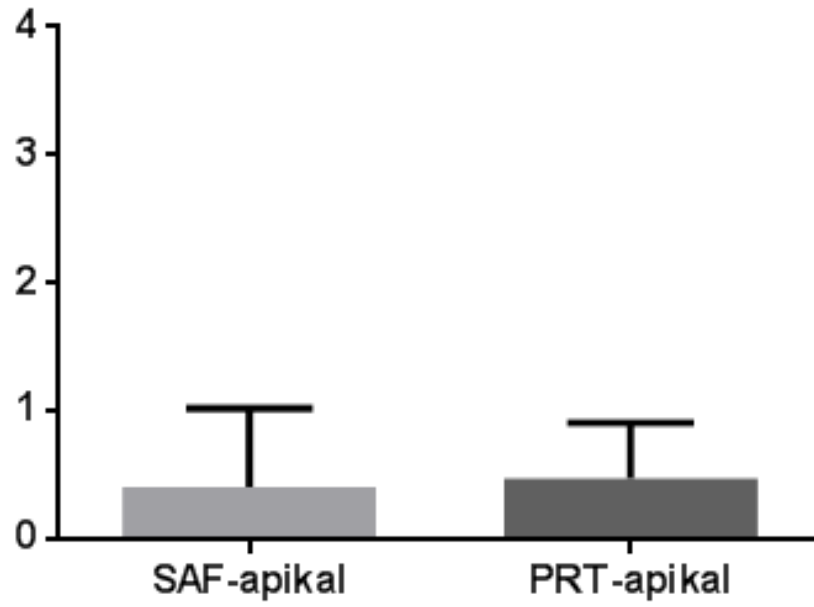
Şekillendirme sonrası, SAF ve Protaper sistemlerinin distal kanalların apikal, orta ve koroner bölgelerinde yapı model indeksi değişimi değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak bir fark saptanmadı (Grafik17, 18) (SAF: $p = 0,7299$, PRT: $p = 0,2541$). Deney gruplarının apikal, orta ve koroner bölgelerinde yapı model indeksinde meydana gelen değişim birbirleriyle kıyaslandığında da istatistiksel olarak bir fark bulunmadı (Grafik 19-21). Yani distal kök kanallarında her iki genişletme sistemi için de SMI değerlerinde örneklerin büyük çoğunluğunda görülen küçük artışlar, kök kanal yapısının orijinale sadık kalınarak şekillendirildiğini gösterdi.



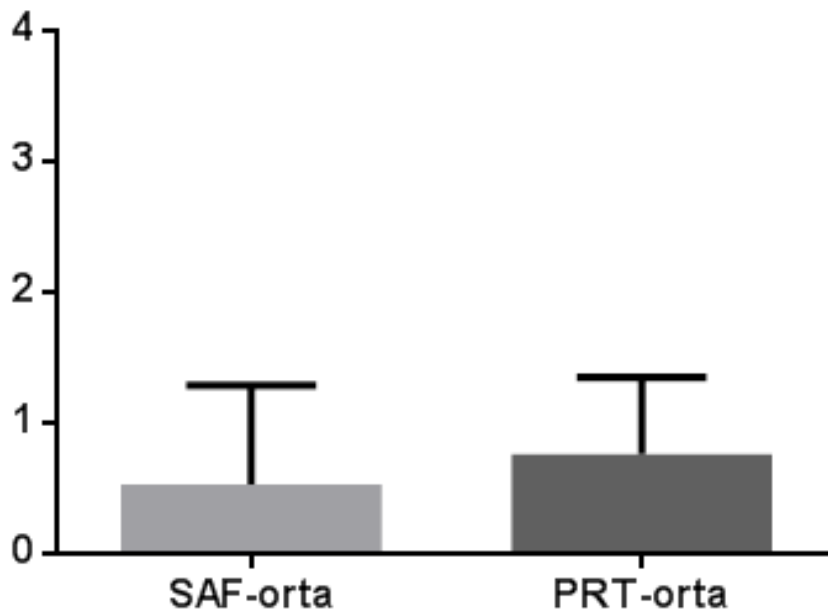
Grafik 17. SAF ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki SMI değışimlerinin karşılaştırılması ($p = 0,7299$)



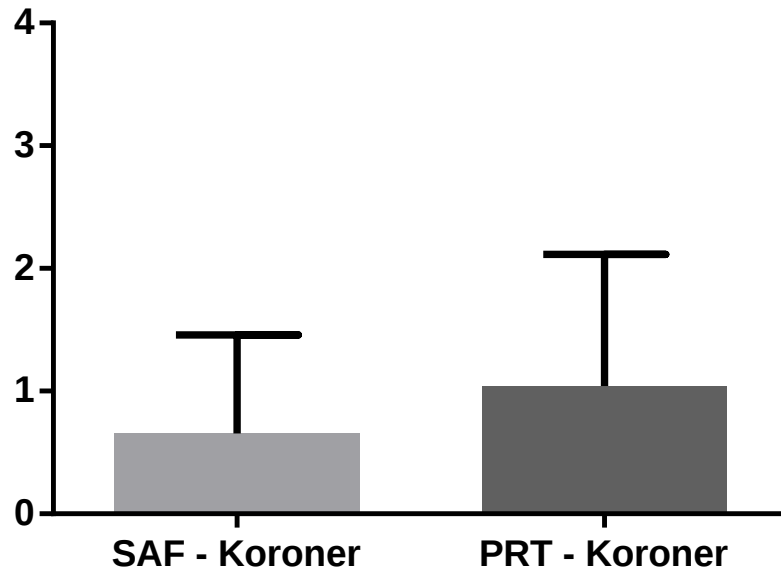
Grafik 18. Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki SMI değışimlerinin karşılaştırılması ($p = 0,2541$)



Grafik 19. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal uçlularındaki SMI değışimlerinin karşılaştırılması ($p= 0,7822$)

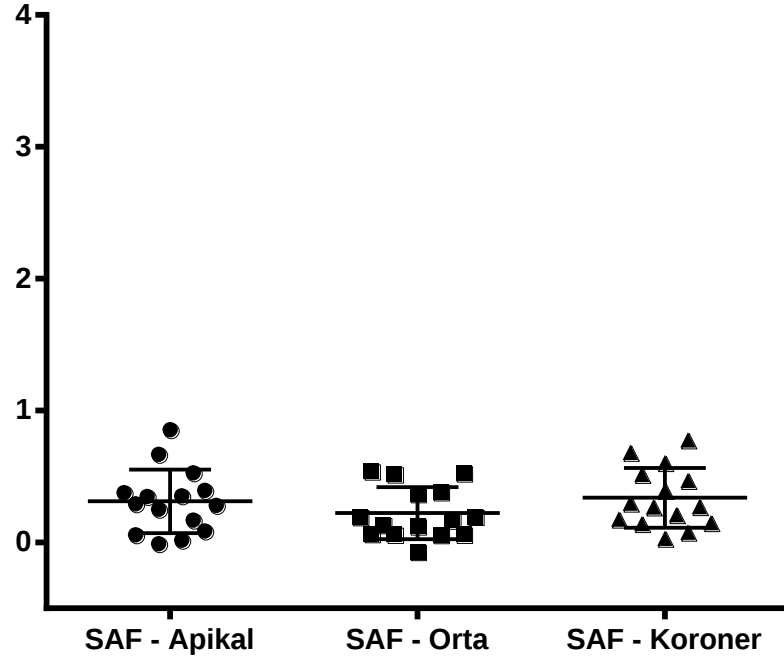


Grafik 20. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların orta uçlularındaki SMI değışimlerinin karşılaştırılması ($p= 0,4516$)

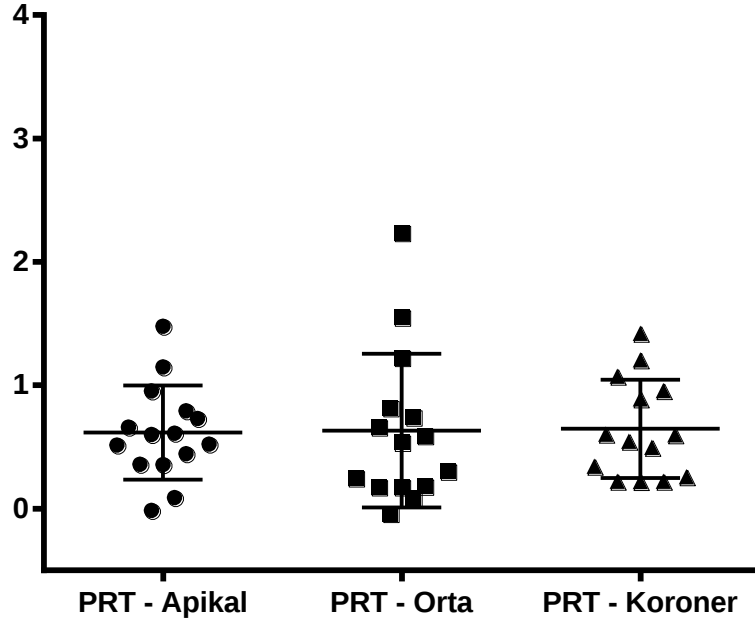


Grafik 21. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların koroner uçlularındaki SMI değişimlerinin karşılaştırılması ($p=0,3738$)

Mezial kanalların SAF ve Protaper sistemleri ile şekillendirme sonrası yapı model indeksi değişimi, grup içinde apikal, orta ve koroner bölgeler arasında tek yönlü ANOVA testi ile değerlendirildi. Hem SAF hem de Protaper sistemlerinin şekillendirme sonrası tüm bölgelerde yapı model indeksinde değişim meydana getirdiği, ancak bu değişimin istatistiksel olarak anlamsız olduğu saptandı (Grafik 22, 23).

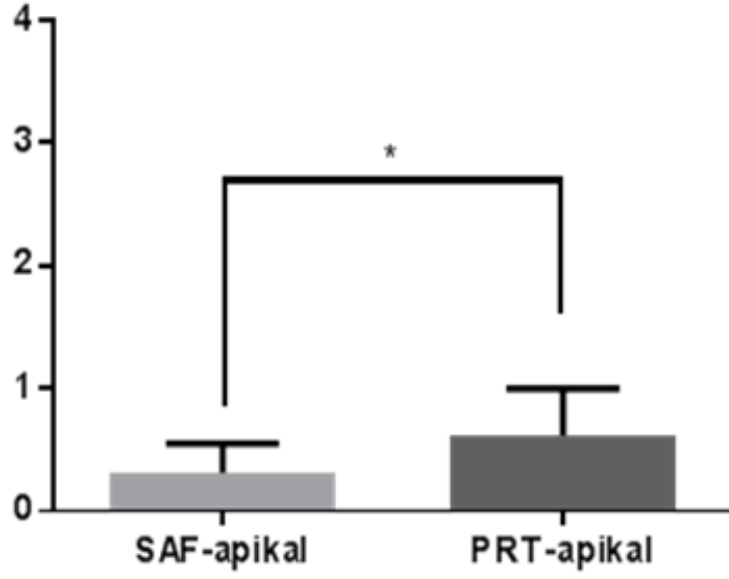


Grafik 22. SAF ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki SMI değışimlerinin karşılaştırılması ($p=0,3313$)

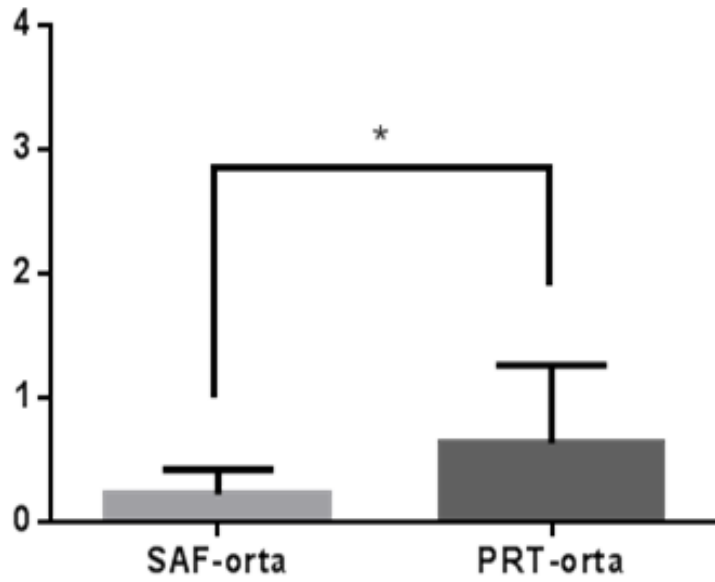


Grafik 23. Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması ($p=0,9861$)

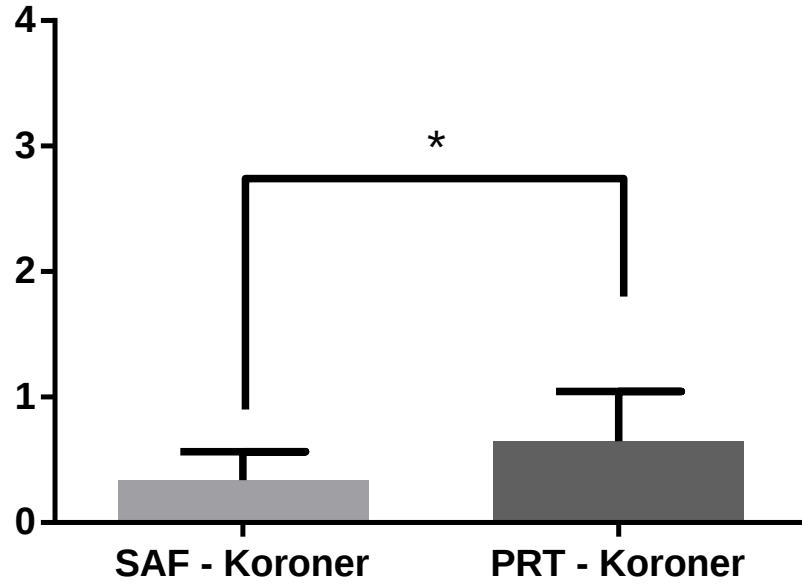
SAF ve Protaper sistemleri ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner bölgelerinde yapı model indeksinde meydana gelen değişim deney grupları arasında t testi ile değerlendirildi. SAF ile şekillendirilen mezial kanalların, Protaper ile şekillendirilen kanallara kıyasla apikal, orta ve koroner bölgelerde yapı model indeksinde daha az değişime neden olduğu ve bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü (Grafik 24-26) ($p=0,0141$, $p=0,0215$, $p=0,0153$).



Grafik 24. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal uçlülerindeki SMI değışimlerinin karşılaştırılması (*p= 0,0141)



Grafik 25. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların orta uçlülerindeki SMI değışimlerinin karşılaştırılması (*p=0,0215)

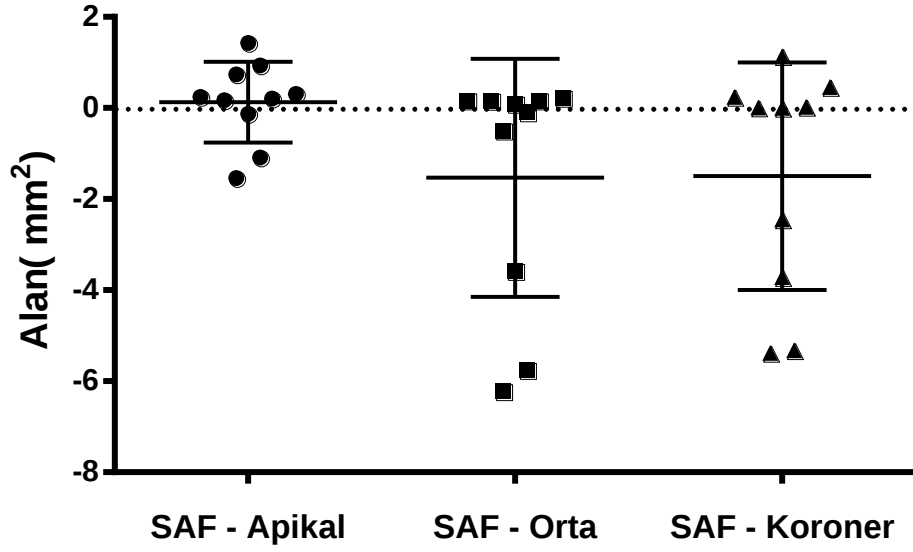


Grafik 26. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların koroner uçlülerindeki SMI değişimlerinin karşılaştırılması (*p=0,0153)

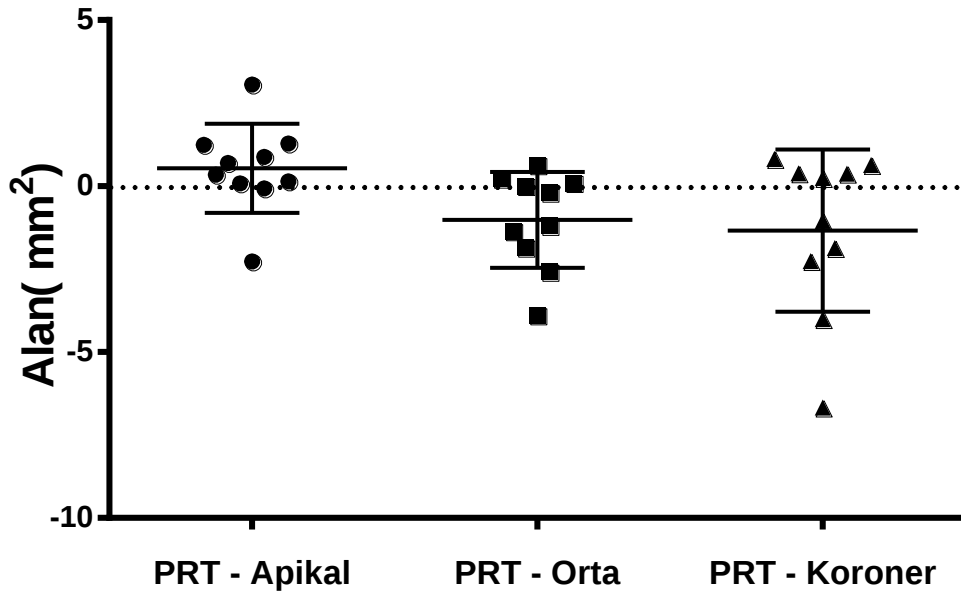
3.2.3. Yüzey Alanı Bulguları

Distal ve mezial kök kanallarının SAF ve Protaper ile şekillendirilmesi sonrasında kanalın apikal, orta ve koroner bölgelerinde yüzey alanında meydana gelen değişimin değerlendirilmesinde tek yönlü ANOVA testi gruplar arasında birbirleriyle kıyaslanmasında ise t testi kullanıldı.

Distal kök kanallarının SAF ve Protaper sistemleri ile şekillendirilmesi sonrası, kanalların özellikle orta ve koroner uçlülerinde şekillendirme öncesine göre yüzey alanında bir azalma görüldü. Ancak her iki deney grubunda da kanalın apikal, orta ve koroner bölgelerindeki değişimin istatistiksel olarak anlamsız olduğu saptandı (Grafik 27, 28).

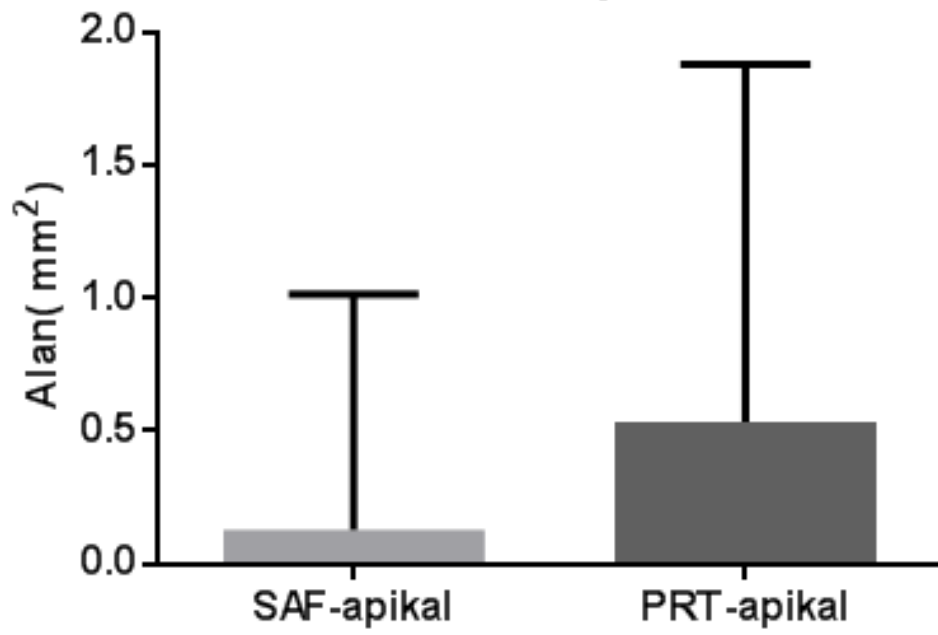


Grafik 27. SAF ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması (p=0,1620)

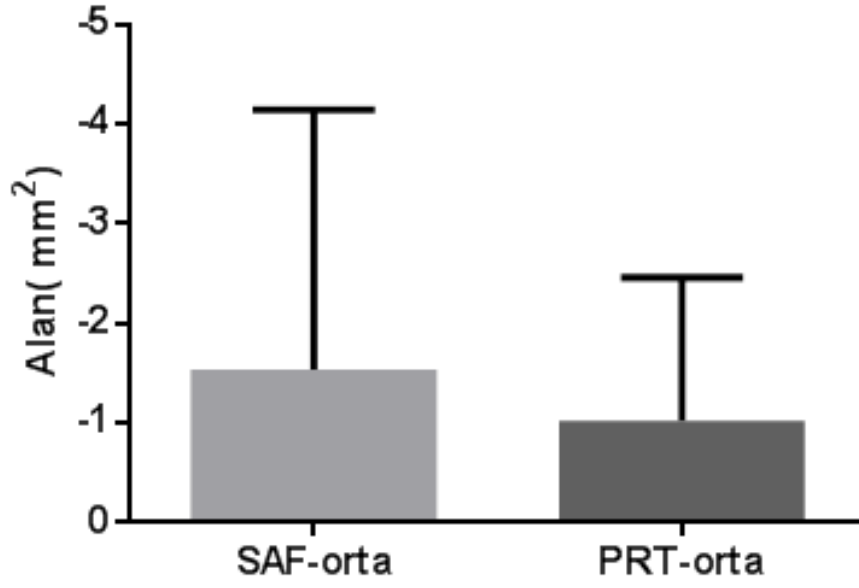


Grafik 28. Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması (p=0,0630)

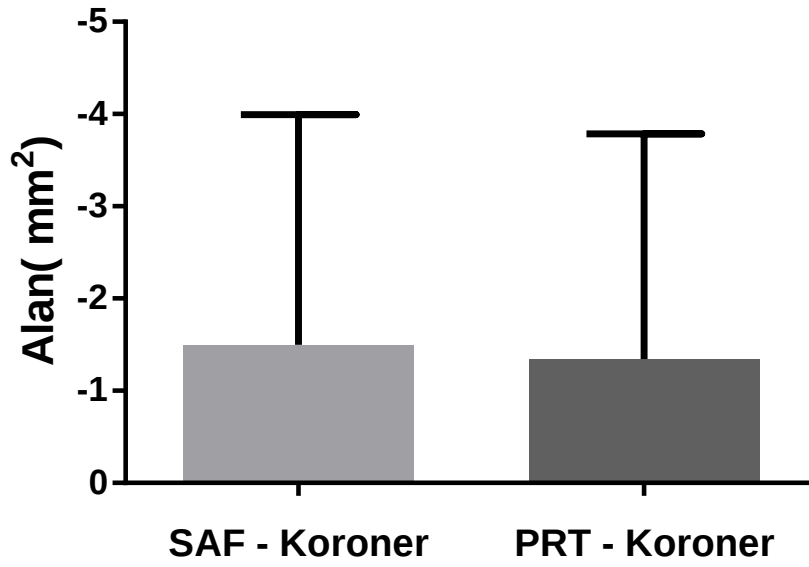
SAF ve Protaper sistemlerinin şekillendirme sonrası meydana getirdiği yüzey alanı değişimi birbirleriyle karşılaştırıldığında, distal kanalların apikal, orta ve koroner uçlularında sistemlerin benzer etki gösterdiği ve yüzey alanı değişiminin istatistiksel olarak anlamsız olduğu görüldü (Grafik 29-31).



Grafik 29. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal uçlularındaki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması (p=0,4330)

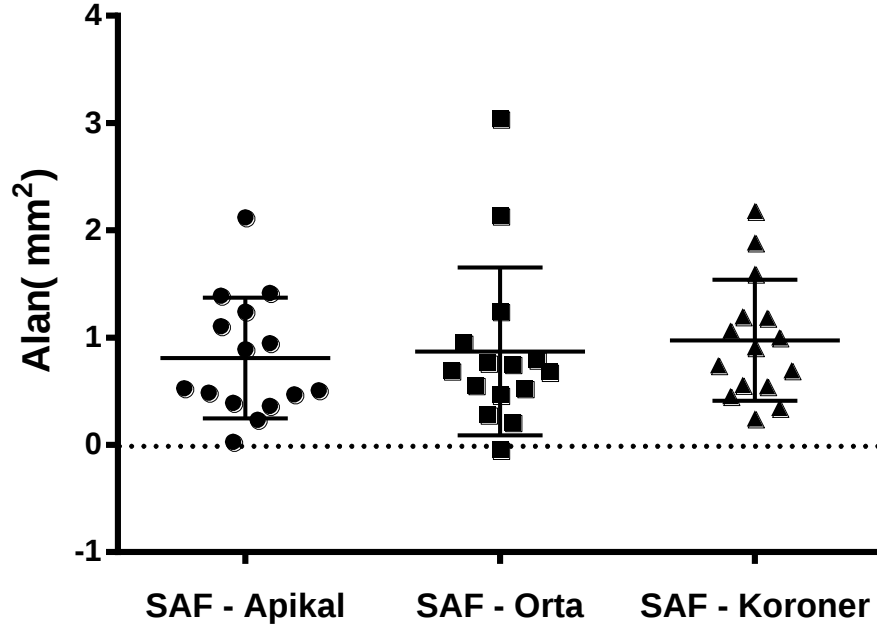


Grafik 30. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların orta uçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması (p=0,5910)

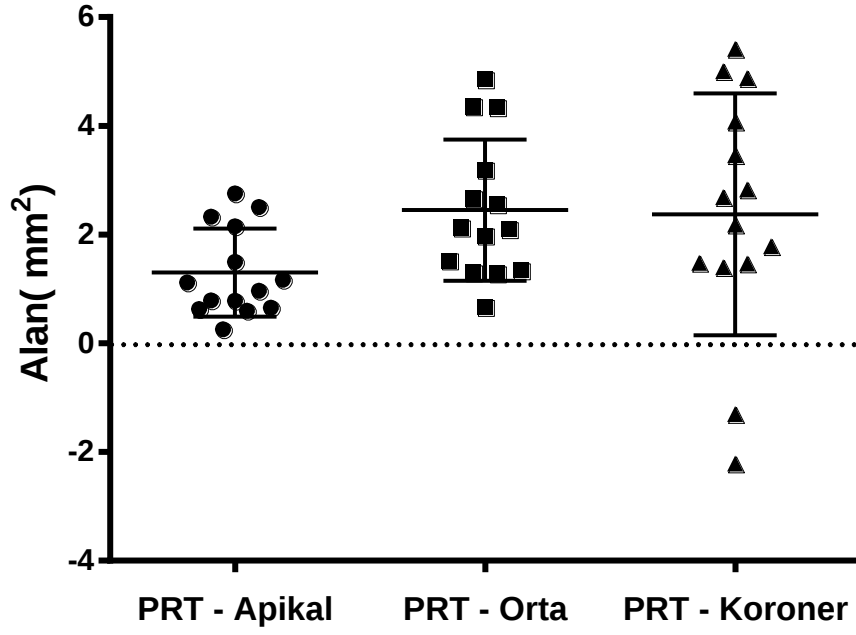


Grafik 31. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların koroner uçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması (p=0,8905)

Mezial kanalların SAF ve Protaper ile şekillendirilmesi sonrasında kanalların apikal, orta ve koroner uçluları arasında yüzey alanı değişim miktarında bir fark olmadığı saptandı (Grafik 32,33).

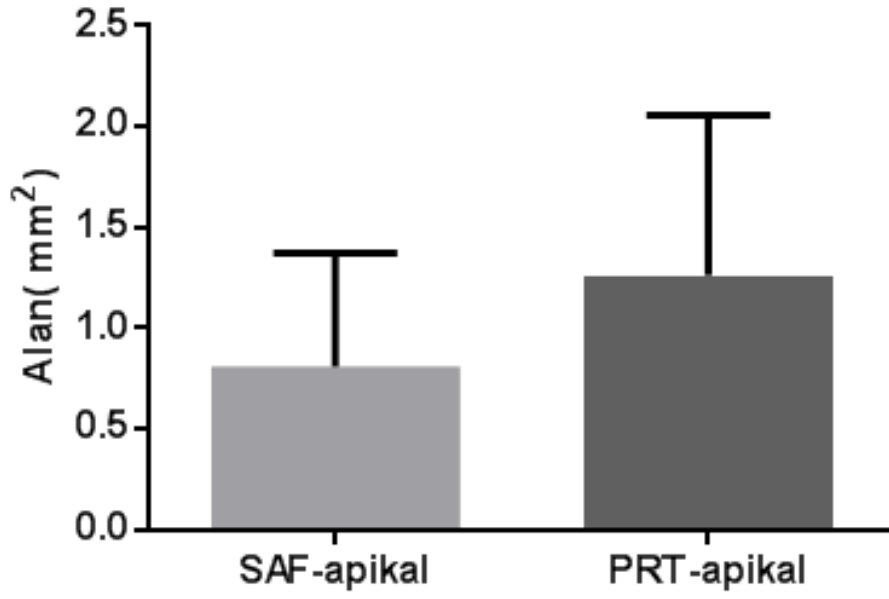


Grafik 32. SAF ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması (p=0,7767)

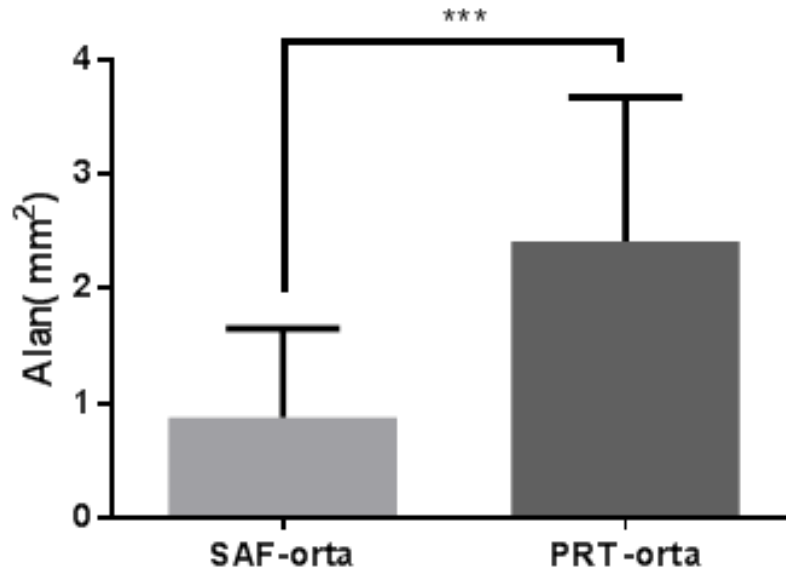


Grafik 33. Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması ($p=0,0614$)

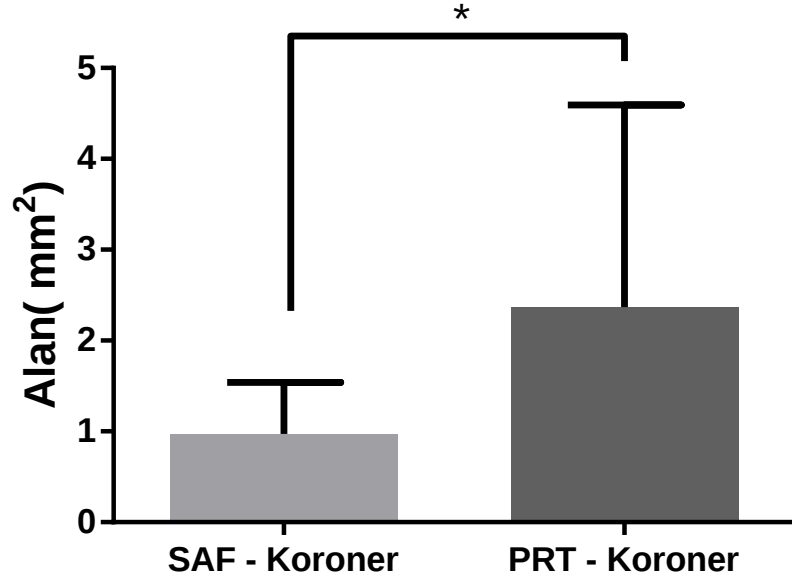
Mezial kanallarda şekillendirme sonrası SAF ile meydana gelen yüzey alanı değişimi Protaper sistemi ile karşılaştırıldığında, apikal uçlülerde bir fark olmadığı saptandı. Orta ve koroner uçlülerde ise SAF ile meydana gelen yüzey alanındaki artışın Protaper sistemine kıyasla daha az olduğu ve bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü (Grafik 34-36).



Grafik 34. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal uçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması (p=0,0828)



Grafik 35. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların orta uçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması (**p=0,0004)



Grafik 36. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların koroner üçlülerindeki yüzey alanı değişimlerinin karşılaştırılması (*p=0,0162)

3.2.4. Transportasyon Bulguları

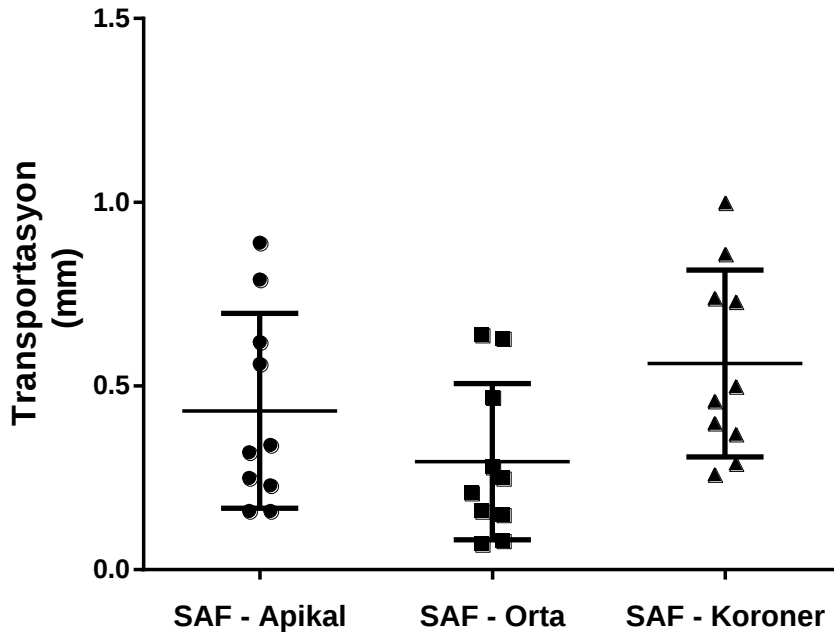
Şekillendirme sonrası, apikal, orta ve koroner bölgelerde meydana gelen transportasyon miktarı CTAn analiz programı ile elde edilen x,y,z koordinat değerleri üzerinden hesaplandı. Şekillendirme öncesine göre, kanalların apikal, orta ve koroner bölgelerinde hem SAF hem de Protaper sistemlerinin meydana getirdiği transportasyon miktarı tek yönlü ANOVA testi ile değerlendirildi. Gruplar arasında bölgelerin birbirleriyle kıyaslanmasında ise t testi kullanıldı.

Gruplara ait ortalama transportasyon değerleri ve standart sapma değerleri tablo 9’da özetlenmektedir.

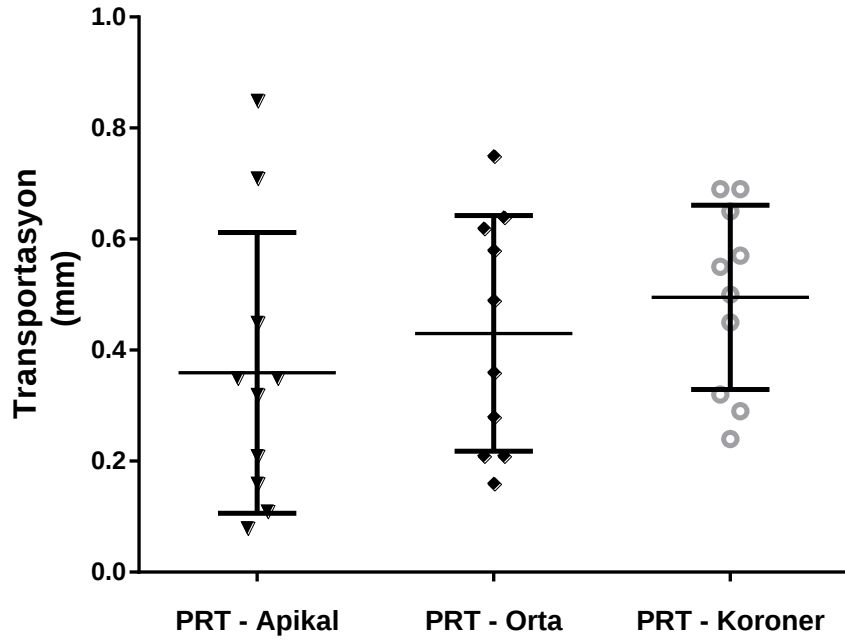
	N	Gruplar	Apikal 1/3	Orta 1/3	Koroner 1/3
SAF	10	Distal	0,43 ± 0,26	0,29 ± 0,21	0,56 ± 0,25
	15	Mezial	0,44 ± 0,18	0,42 ± 0,14	0,53 ± 0,25
Protaper	10	Distal	0,35 ± 0,25	0,43 ± 0,21	0,49 ± 0,16
	15	Mezial	0,48 ± 0,18	0,57 ± 0,34	0,60 ± 0,36

Tablo 9. SAF ve Protaper sistemleri transportasyon değerleri (mm)

SAF sitemi ile şekillendirilen distal kanallarda apikal, orta ve koroner üçlüler arasında meydana gelen transportasyon miktarı istatistiksel olarak anlamsız bulundu (Grafik 37). Benzer şekilde distal kök kanallarının Protaper ile şekillendirilmesi sonrasında kanalların apikal, orta ve koroner bölgeleri arasındaki transportasyon miktarında da fark saptanmadı (Grafik 38).

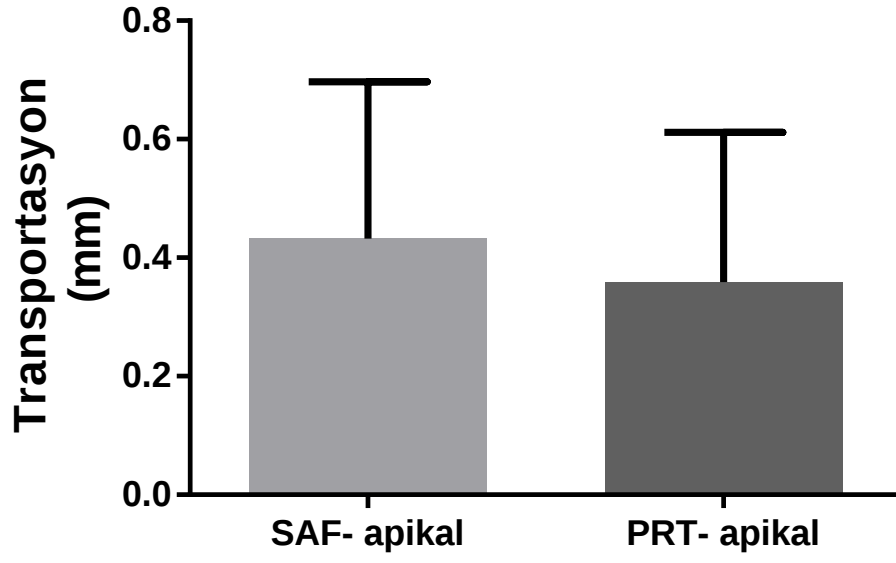


Grafik 37. SAF ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması (p=0,0685)

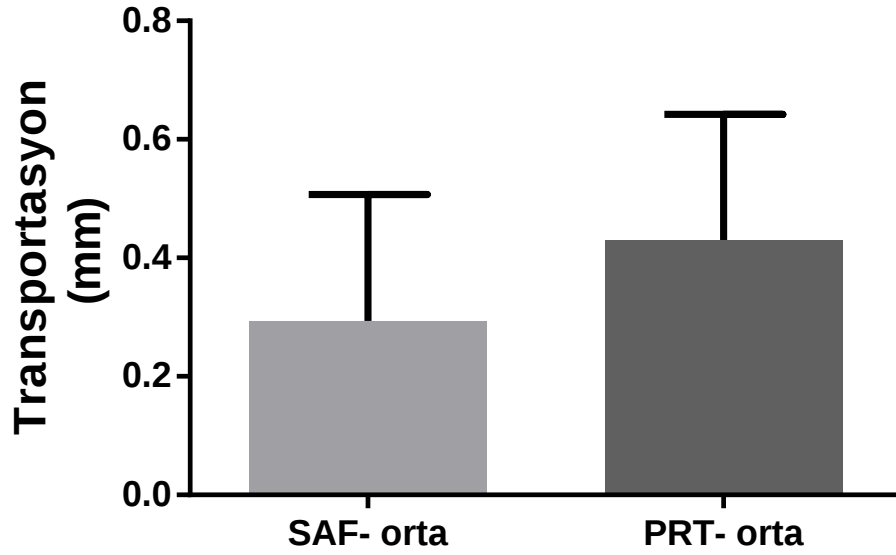


Grafik 38. Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması ($p=0,3756$)

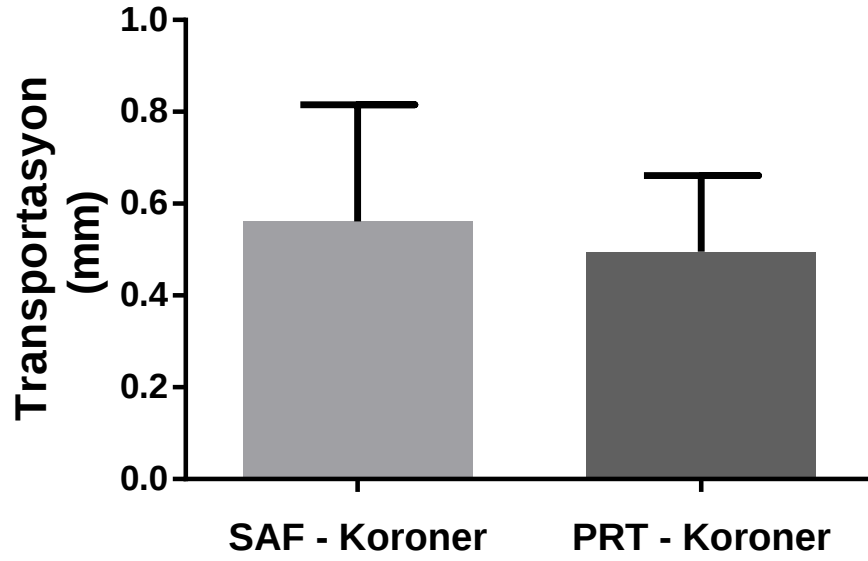
Ayrıca SAF ve Protaper sistemleri ile şekillendirilen distal kanalların apikal, orta ve koroner bölgelerinde meydana gelen transportasyon miktarı deney grupları arasında birbirleriyle kıyaslandığında da istatistiksel olarak fark bulunamadı (Grafik 39-41).



Grafik 39. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların apikal uçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması ($p=0,5366$)

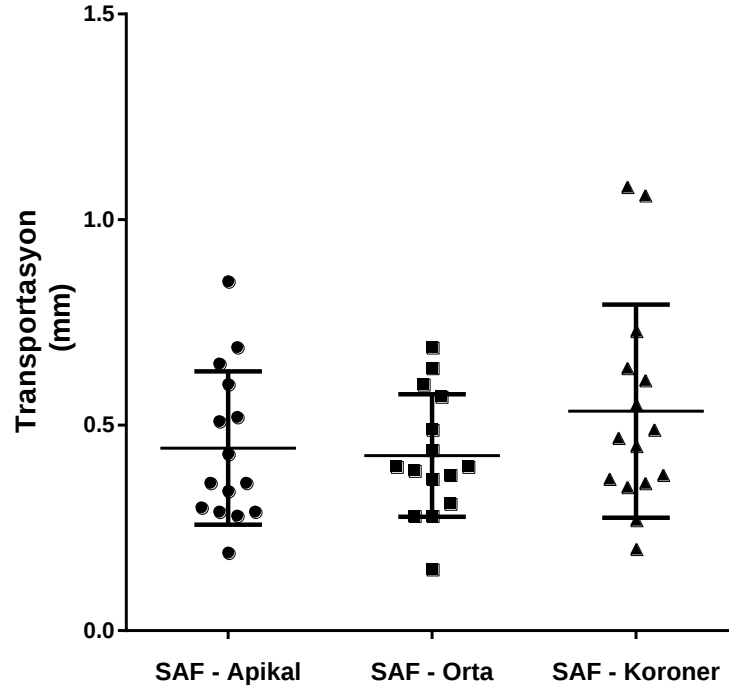


Grafik 40. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların orta uçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması ($p=0,1696$)

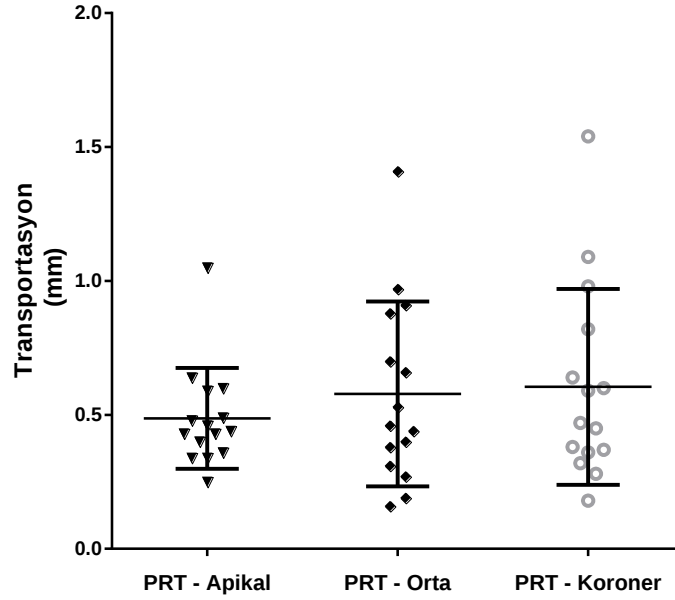


Grafik 41. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanalların koroner uçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması ($p=0,5011$)

Mezial Kanallarda şekillendirme sonrasında meydana gelen transportasyon miktarları tablo 9’ da özetlenmektedir (Grafik42, 43). Elde edilen bu veriler tek yönlü ANOVA testi ile değerlendirildiğinde, her iki deney grubunda da grup içinde apikal, orta ve koroner bölgeler arasında meydana gelen transportasyon miktarı istatistiksel olarak anlamsız bulundu.

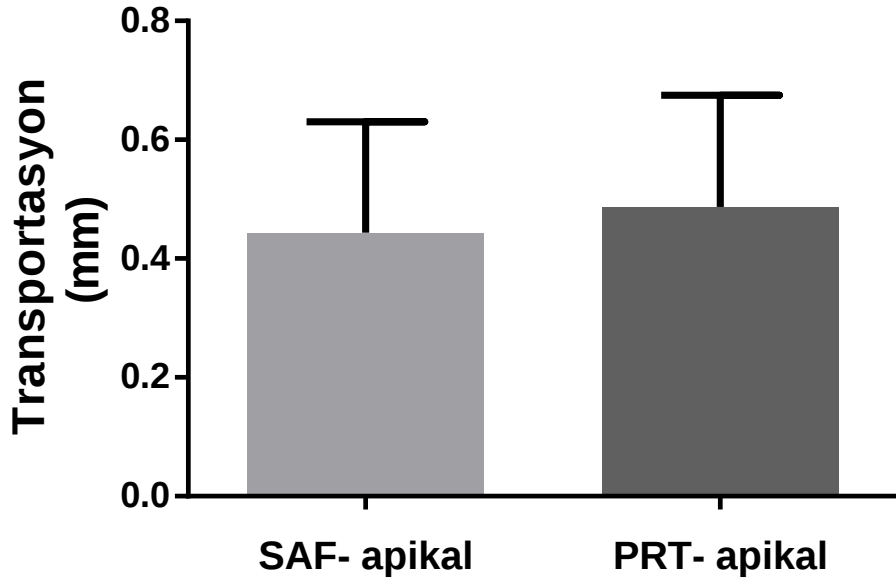


Grafik 42. SAF ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması ($p=0,3072$)

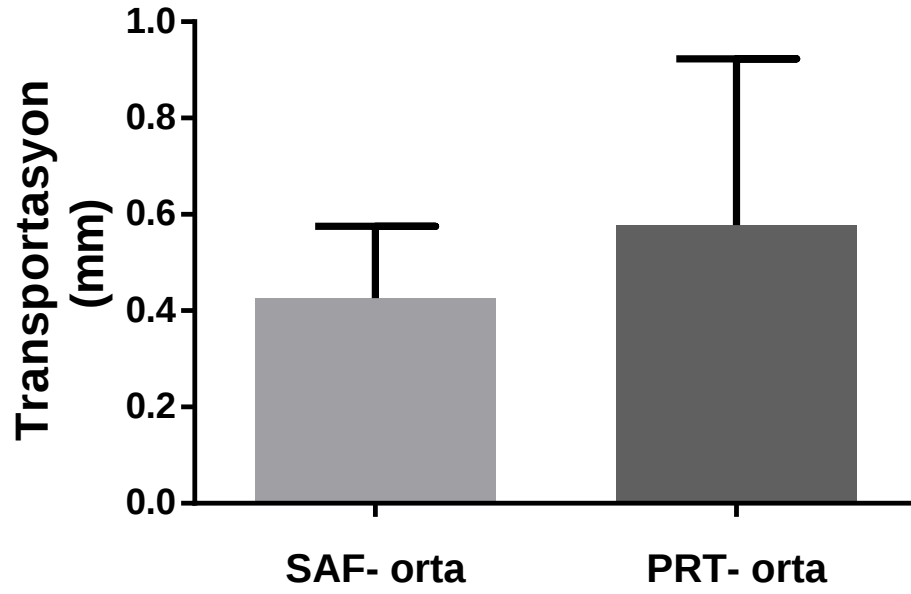


Grafik 43. Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner uçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması ($p=0,5547$)

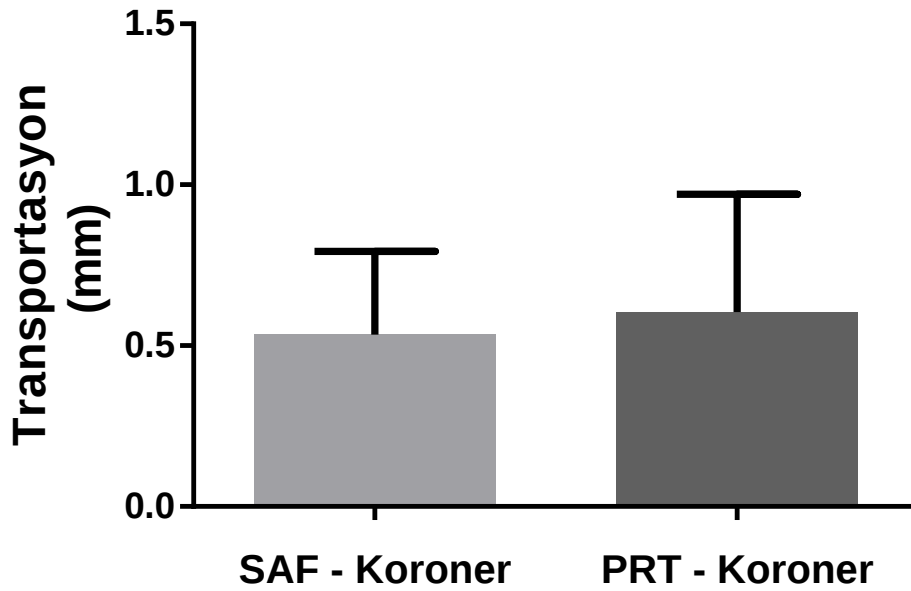
Mezial kanalların apikal, orta ve koroner bölgelerinde şekillendirme sonrasında meydana gelen transportasyon miktarının gruplar arasında istatistiksel olarak anlamsız olduğu ise t testi analizi ile gösterildi (Grafik 44-46).



Grafik 44. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların apikal uçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması ($p=0,5380$)



Grafik 45. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların orta üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması ($p=0,1285$)



Grafik 46. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanalların koronal üçlülerinde meydana gelen transportasyon miktarının karşılaştırılması ($p=0,5464$)

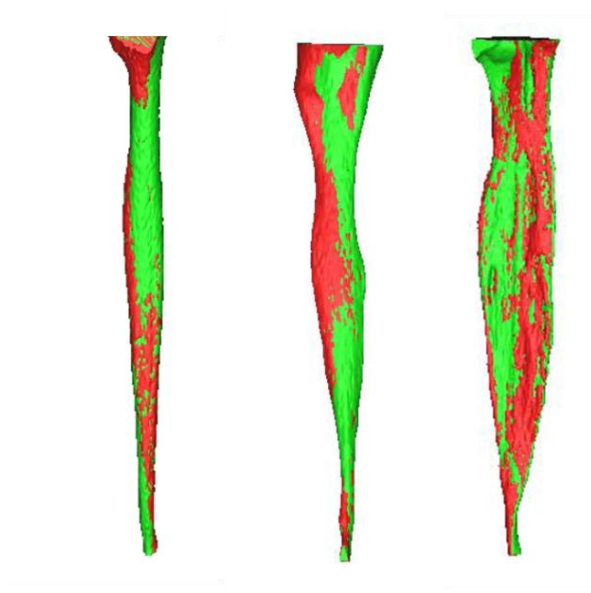
3.2.5. Temas Edilmeyen Alan Bulguları

Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında kanal aletlerinin tüm kanal duvarlarına temas etmesi ve yüzeydeki enfekte dentini uzaklaştırması tedavinin başarısını önemli derecede etkilemektedir. Bu nedenle kanalların şekillendirilmesi sırasında kullandığımız SAF ve Protaper sistemlerinin kanal duvarlarının ne kadarına temas edip ne kadarına etmediğini distal ve mezial kanallar için ayrı ayrı hesapladık. Deney gruplarına ait temas edilmeyen alan %' leri tablo 10' da özetlenmektedir.

	Distal (n= 10)	Mezial (n=15)
SAF	27,51 ± 10,53	27,83 ± 8,62
Protaper	27,59 ± 6,40	19,64 ± 7,52

Tablo 10. Şekillendirme sonrasında SAF ve Protaper ile Distal ve Mezial kanallarda temas edilemeyen alan %

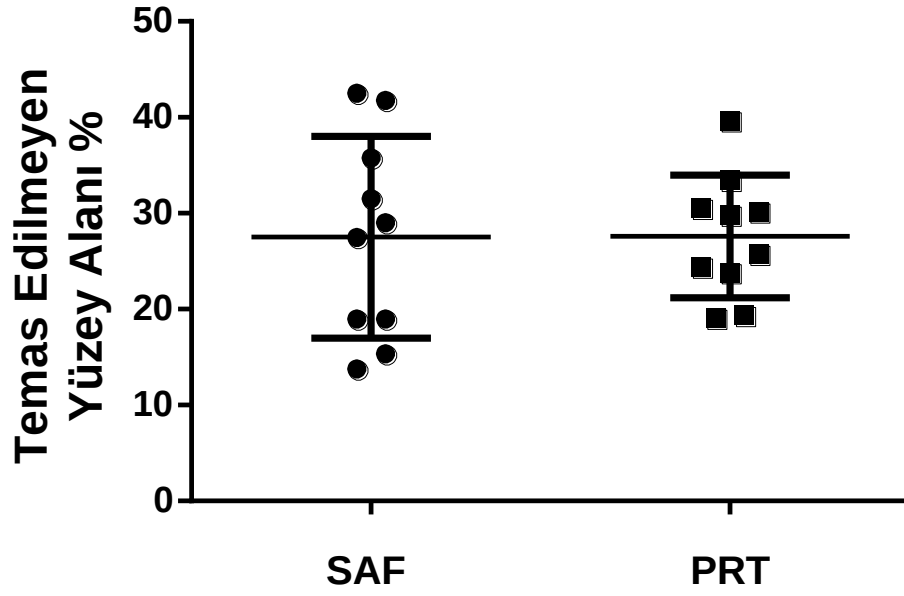
Elde ettiğimiz bu veriler doğrultusunda distal kanallarda Protaper sisteminin en fazla % 42,53 oranında, SAF sisteminin ise en fazla % 39,66 oranında kanal duvarına temas etmediğini görüldü (Resim 40, 41). Ancak her iki sistemin temas etmediği kanal duvarı alanı değerlendirildiğinde sistemler arasında istatistiksel olarak bir fark saptanmadı (Grafik 47).



Resim 40. Protaper grubunda % 29,81 - % 30,52 ve %39,66 oranında temas edilmeyen alana sahip distal kanal görüntüleri



Resim 41. SAF grubunda %35,79, % 42,53 - % 41,76 ve oranında temas edilmeyen alana sahip distal kanal görüntüleri

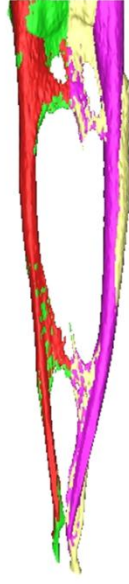


Grafik 47. SAF ve Protaper ile şekillendirilen distal kanallarda aletlerin temas etmediği alanların yüzdelерinin karşılaştırılması ($p=0,9842$)

Mezial kanallarda ise SAF sisteminin en fazla % 44, 04 oranında kanal duvarına temas etmediği, Protaper sisteminin ise % 34,08 oranında yüzeye temas etmediği görüldü (Resim 42, 43). Mezial kanallarda şekillendirme sırasında SAF sisteminin Protaper sisteminden daha fazla alana temas etmediği ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptandı. (Grafik 48).

Protaper

% 26,13

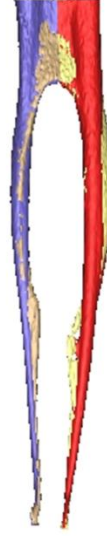


SAF

% 36,41

Protaper

% 18,46



SAF

% 22,94

Resim 42. SAF ve Prtotaper ile grubundaki temas edilmeyen alana sahip mezial kanal görüntüleri

Protaper

% 16,34



SAF

% 36,41

SAF

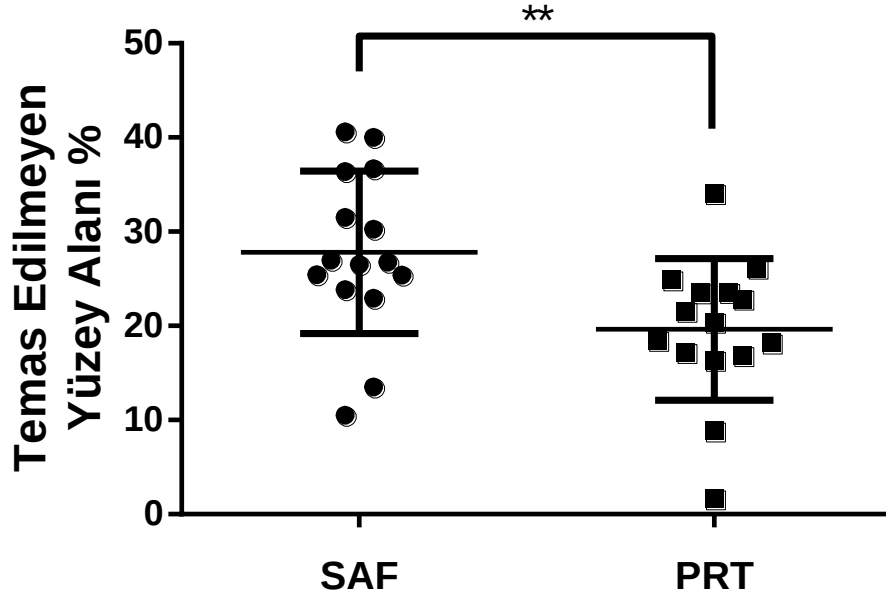
% 26,77



Protaper

% 34,08

Resim 43. SAF ve Prtotaper ile grubundaki temas edilmeyen alana sahip mezial kanal görüntüleri



Grafik 48. SAF ve Protaper ile şekillendirilen mezial kanallarda aletlerin temas etmediği alanların yüzdelerinin karşılaştırılması (**p=0,0098)

3.2.6. Çalışma Süresi Bulguları

Çalışmamızda kullandığımız dişleri Pruett ve arkadaşlarına göre 25° - 35° arasında yani orta derecede eğime sahip alt çene birinci büyük azı dişlerinden seçtik. Mezial kanalların şekillendirilmesi sırasında SAF sistemi ile devamlı irigasyon altında çalışma boyuna ulaşıncaya kadar geçen süreyi, Protaper sistemi ile şekillendirilen kanallarda ise şekillendirme sırasında geçen süreleri irigasyon ve alet değişimi sırasında geçen süreleri ekleyerek çalışma sürelerini kaydettik.

Köklerin eğim dereceleri ile çalışma sürelerine ait bulgular Tablo11' de özetlenmektedir.

	<i>SAF Grubu</i>	<i>Protaper Grubu</i>
Kök Eğim Dereceleri	Çalışma Süreleri	Çalışma Süreleri
35	7	11
35	8	12
33	7	10
33	6	11,5
31	7	9
31	4	9,5
30	4	8,5
30	7	8
29	4	8
28	4	7
28	4	8
27	4	7
25	4	7
25	4	7
25	4	7
	Ortalama: 5,2	Ortalama: 8,56

Tablo 11. Gruplara ait kök eğim dereceleri ve çalışma süreleri dk

Autocad 2013 programı ile ölçtüğümüz köklerin eğim dereceleri ile çalışma süreleri arasında bir ilişki olup olmadığı korelasyon analizi ile değerlendirildi. Elde edilen veriler doğrultusunda hem SAF hem de Protaper ile şekillendirilen kanallarda orta derecede eğime sahip mezial köklerde, kökün eğim derecesi arttıkça çalışma sürelerinin arttığı yani eğim derecesi ile çalışma süresi arasında pozitif yönde bir korelasyon olduğu görüldü (Tablo 12).

DERECE		Çalışma Süresi SAF	Çalışma Süresi Protaper
	r	0,792	0,9098
	p	0,0004***	< 0,0001****

Tablo 12. Kök eğim derecesi ile çalışma süresi arasındaki korelasyon

BÖLÜM IV

TARTIŞMA

Kök kanal tedavisi, kanal içerisindeki canlı ya da nekrotik dokunun kanal aletleri ve irigasyon solüsyonları ile uzaklaştırılması, ardından da kanalların üç boyutlu olarak sızdırmaz şekilde doldurulması aşamalarından oluşur. (1-3). Hem irigasyon sırasında solüsyonun apikal bölgeye daha rahat ulaşması hem de kanal dolgusunun yapılışını kolaylaştıracak ideal kanal boşluğunun hazırlanmasının gerekliliği ile geçmiş yıllarda kullanılan kök kanallarının genişletilmesi kavramı yerini kök kanallarının şekillendirilmesine bırakmıştır (44). Literatürde kanal tedavisinin başarısının değerlendirildiği çalışmalar (113-115) olduğu gibi kemo-mekanik temizliğin tedavinin başarısına etkisini değerlendiren çalışmalar da mevcuttur (27-29, 116-119). Kanalin anatomisi (64, 120, 121), kökün eğim derecesi (122-125), dişin fizyolojik yaşı (126) ve şekillendirmede kullanılan kanal aletinin dizaynı ve özellikleri (127, 128) şekillendirmenin etkinliğinde önemli rol oynamaktadır.

Şekillendirme öncesinde kanalın karmaşık anatomisi, yan ve yardımcı kanallar, isthmuslar ve apikal foramenin pozisyonu gibi faktörler de endodontik tedavinin başarısını etkilemektedir (120). Dummer ve arkadaşları (129) yaptıkları çalışmada her diş kökünün benzer anatomiye göstermediklerini bildirmişlerdir.

Seltzer (130) kök kanalına dik olarak uzanan kanalları yan (lateral) kanallar, daha çok apikal bölgede lokalize olup ana kanalın dallanması sonucu oluşan kanalları ise yardımcı kanal olarak tanımlamış ve bu kanalların pulpa ile periodontal dokular

arasındaki bağlantıyı sağladığını belirtmiştir. Yapılan pek çok çalışmada (131-134) yan kanalların ve yardımcı foraminaların özellikle büyük azı dişlerinde sıklıkla görüldüğü bildirilmiştir. Genç dişlerde sayıca fazla bulunan bu kanallar ilerleyen yaşlarda dentin yapımı sonucunda sayıca azalma ve tıkanma eğilimi gösterirler.

Tek bir kökte bulunan iki ayrı kanal varlığında kanallar arasında pulpa ve benzeri doku içeren kurdele şeklindeki bağlantılara istmus denilmektedir (135). Özellikle alt birinci büyük azı dişlerinin kurdele şeklindeki distal kanalları ile üst ikinci küçük azı dişlerinde ve füzyon nedeniyle parsiyel olarak kaynaşmış köklere sahip alt çene büyük azı dişlerinin mezial köklerinde sıklıkla görülür (136).

Pineda ve Kuttler (137) kök kanallarının koroner bölgede daha geniş iken apikal foramene doğru gittikçe daraldığını bildirirken, Weine (138) apikal daralmanın apeksin 1mm koronerinde yer aldığını bildirmiştir.

Gutierrez ve Aguayo (31) elektron mikroskobu ile köklerin apekslerini inceledikleri çalışmalarında, apikal foramenlerin tamamının köklerin yan yüzeyinde ve apeksten 0,20 ile 3,80 mm uzakta bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bir kökteki foramina sayısını da 1 ile 16 arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Burch ve Hulen (139) de alt çene büyük azı dişlerinin distal köklerinde foramenlerin % 98,9 oranında kökün yan yüzeyinde olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Green (140) de alt ve üst çene büyük azı dişlerinin köklerini stereomikroskop altında incelemiş ve apikal foremenin % 50 oranında kökün yan kısmında sonlandığını gözlemlemişlerdir.

Kökün şekli, boyutu ve eğrilik derecesine göre kök kanal şeklinin değiştiği Walton ve Torabinejad tarafından bildirilmiştir (37). Kök kanal tedavisi sırasında düz ve geniş kanallar rahat şekillendirilirken, dar ve eğimli kanallar da ise Ni-Ti döner eğeler transportasyon, apikal bölgede basamak oluşumu ve apikal alanda debrisin tam anlamı ile uzaklaştırılamamasına neden olmaktadır (5, 64, 141-143). Wu ve

arkadaşları (141) alt çene büyük azı dişlerinin mezial kök kanallarını kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında dar ve eğimli yapıya sahip bu kanalların şekillendirmelerinin ve doldurmalarının geniş kanallara göre daha zor olabileceğini radyogramlarla göstermişlerdir. Peters ve arkadaşları (142) ile Javaheri ve Javaheri (143) kanalın apikal bölgesinin pek çok eğe sistemine ait ince eğeler ile sorunsuz şekillendirilebilmesine rağmen, daha kalın numaralı aletlerle apikal bölgede kurvatürün dış kısmından daha fazla dentin kaldırılmasına bağlı olarak transportasyon meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bizde çalışmamızda aletlerin şekillendirme etkinliklerini ve meydana gelen transportasyonu değerlendirmek için alt çene büyük azı dişlerine ait eğimli mezial kanalları şekillendirme zorlukları nedeniyle kullanmayı tercih ettik.

Kök kanal eğimlerinin ölçümü, literatürde Schneider (40), Weine (41), Hankins ve El Deeb (42) ile Pruett ve arkadaşları (43) tarafından farklı yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kök kanal eğiminin ölçümünde, diğer yöntemlere kıyasla en sık kullanılan Schineder yöntemidir (40). Ancak 1997 yılında Pruett ve arkadaşları (43) kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında kullanılan eğelerin kırılma dayanımı (cyclig fatigue) değerlerini kurvatür yarıçapı 2mm olan kanallarda 5mm olan kanallarla kıyaslandığında daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu nedenle de kökün eğim derecesi dışında kanal kurvatür yarıçapının da kanalın zorluk derecesi üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, kurvatür yarıçapının küçük olduğu kanallarda ani eğimlerin gözlemlendiğini ve kanal aletlerinin bu eğimleri dönmesinin zorlaşması dolayısıyla aletin kanaldan sapma ihtimalinin arttığını Nagendrababu ve arkadaşları (144) tarafından da bildirilmiştir.

Çalışmamızda, Pruett ve arkadaşlarının yöntemine göre kök eğimleri ve kurvatür yarıçapları Autocad 2013 programı kullanılarak ölçüldü ve kanal eğimleri

25⁰ ile 35⁰ arasında ve kurvatür yarıçapı 8-10 mm arasında olan kanallar araştırmamıza dahil edildi.

Kök kanallarının şekli ve hacmi yaşla birlikte değişiklik göstermektedir. Gençlerde daha geniş pulpa odası ve kök kanalları görülürken dişin kronolojik yaşlanması sonucu kanaldaki sinir, kan damarı ve hücre sayısı azalırken fibröz doku ve mineral içeriğinde ise artış olur (145). Ayrıca derin çürükler, abrazyon ve atrizyon gibi nedenlerle (146) meydana gelen patolojik yaşlanma sonucu sekonder dentin depolanması ile birlikte pulpa boynuzlan kısalır, pulpa odası ve kök kanalları daralır (147).

4.1. Örneklerin Seçiminin Değerlendirilmesi

Döner Ni-Ti aletlerin şekillendirme etkinliğini değerlendirilmesinde, bu güne kadar farklı diş grupları (101, 109, 148-162) ve yapay kanallar (128, 158, 163-170) üzerinde *in-vitro* çalışmalar yapılmıştır. Yapay kanallarda kanalın şekli, çapı, eğim derecesi ve kanal boyu standardize edilebilirken, kök kanallarının karmaşık anatomilerini, dentinin sertliğini ve klinik koşulları taklit edemezler. Bu nedenle, Paque ve arkadaşları (101) ve yine Paque ve Peters (109) yaptıkları çalışmada alt çene büyük azı dişlerinin distal köklerini kullanırken, Veltri ve arkadaşları (155, 156), Hülsmann ve arkadaşları (154), Garip ve Gençoğlu (153) ile Guelzow ve arkadaşları (151) alt çene büyük azı dişlerinin mezial kök kanallarını kullanmışlardır. Çelik ve arkadaşları (158, 159) üst çene birinci büyük azı dişinin mezial kanallarında, You ve arkadaşları ise (157) üst çene büyük azı dişlerinin meziobukkal ve distobukkal kök kanallarında, Burklein ve arkadaşları (152) ise hem üst çene hem de alt çene büyük azı dişlerinin eğimli kök kanallarında çalışmıştır. Bunun dışında Paranjpe ve arkadaşları (148) üst çene küçük azı dişlerinde, Ribeiro ve arkadaşları

(149), Versiani ve arkadaşları (160) ile Barbizam ve arkadaşları (161) alt çene kesici dişlerde farklı aletlerin şekillendirme etkinliğini değerlendirmişlerdir. Solomonov ve arkadaşları (162) C şekilli alt ve üst çene büyük azı dişlerini kullanırken, Metzger ve arkadaşları (150) ise aynı hastaya ait çift taraflı alt çene büyük azı dişlerinin hem mezial hem de distal köklerini, alt çene küçük azı, kesici ve köpek dişlerini kullanarak kök kanallarını şekillendirmişlerdir.

Çalışmamızda kullandığımız SAF sisteminin üretici firması, SAF eğesinin özellikle asimetrik düzensizliklere sahip oval, yassı oval ve damla şeklinde kök kesitlerine sahip ve aynı kökte iki kanal arasında bulunma ihtimali yüksek olan istmusların varlığında, içi boşluklu dizaynı sayesinde sıkışarak tüm kanal duvarlarına temas ettiğini ve böylece daha etkin bir şekillendirme sağladığını ileri sürmektedir (66). Bu güne kadar literatürde SAF eğesi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda alt çene kesici (149, 150, 160, 171, 172) ve köpek dişleri (65, 150, 173), alt çene büyük azı dişlerinin mezial (150, 174, 175) ve distal kökleri (109), üst çene küçük azı dişleri (148, 171, 172) ve üst çene büyük azı dişleri (162) kullanılmıştır. Klinikte yaygın olarak kanal tedavisine ihtiyaç duyulan alt çene birinci büyük azı dişlerinin distal kökleri oval, mezial kökleri ise damla şeklinde kök kanallarına sahip olduğu ve kanallar arsında istmuslar bulunduğu için çalışmamızda bu dişleri kullanmayı uygun bulduk.

Tüm dişler kök rezorpsiyonu bulunmayan, apikal bütünlüğü sağlam olan, kök kanalında herhangi bir tıkanıklık olmayan ve mezial köklerinin eğimi Pruett ve arkadaşlarının (43) yöntemine göre 25^0 - 35^0 arasında olan protetik ve periodontal nedenlerle çekilmiş alt çene birinci büyük azı dişleri arasından seçildi.

4.2. Gereç ve Yöntemin Değerlendirilmesi

4.2.1. Şekillendirme Sistemlerinin Seçilmesinin Değerlendirilmesi

Kök kanal şekillendirilmesinde kullanılan aletlerinin temizleme ve şekillendirme etkinliğinin değerlendirilmesiyle (1, 74, 109, 148, 149, 152, 161, 168, 176, 177), tedavinin başarısı arttırılmaya çalışılmakta ve ideal bir şekillendirme sistemi aranmaktadır. Bu amaçla farklı dizayna sahip şekillendirme sistemlerinin üretimi son yıllarda artarak devam etmektedir. Yapılan çalışmalarda da özellikle eğimli kanallarda Ni-Ti döner ege sistemlerinin kanalın orijinal eğimine sadık kalarak kök kanallarını şekillendirdiği bildirilmektedir (154, 178, 179). Aguiar ve Camara (180) el ile kullanılan Protaper, döner Protaper sistemi ve Race sistemlerini kullanarak yaptıkları çalışmalarında apikal bölgede meydana gelen sapmayı değerlendirmişlerdir. Döner Protaper egesi ile şekillendirilen örneklerin % 75'inde apikal bölgede sapma meydana gelmediğini bildirmişlerdir. Sonntag ve arkadaşları tarafından yapılan bir diğer çalışmada (181) ise Protaper ve Mtwo sistemlerinin alt çene azı dişlerinde transportasyona ve çalışma boyu kaybına neden olmadıkları görülmüştür. Aydın ve arkadaşları (182) da Protaper ve Hero Shaper sistemlerini kullanarak yaptıkları çalışmalarında Protaper sisteminin % 97, 4 oranında bakteriyel azalma sağladığını rapor etmişlerdir. Oval kanallarda Protaper sisteminin şekillendirme etkinliğini değerlendiren El-Ayouti ve arkadaşları (183) sistemi el aletlerine göre daha başarılı bulmuşlardır.

Ribeiro ve arkadaşları (149) SAF sistemi ve döner Ni-Ti eğeleri ile şekillendirme sonrasında oval kanallardaki debris miktarını değerlendirmişler ve SAF sisteminin örneklerin büyük çoğunluğunda debrisini tümüyle uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde De-Deus ve arkadaşları da (65) Protaper sistemi ile SAF sisteminin etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında SAF sistemi ile

şekillendirilen oval kanallarda daha az rezidüel pulpa dokusu kaldığını gözlemlemişlerdir. Paque ve Peters (109) SAF sistemiyle şekillendirdikleri alt çene büyük azı dişlerinin distal kök kanallarında meydana gelen hacim, yüzey alanı değişimini ve transportasyon miktarını incelemişler ve önceki çalışmalara göre SAF sistemiyle kanal genişletmenin daha etkili ve güvenilir olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Bu literatür bilgileri ışığında bizde çalışmamızda geleneksel Ni-Ti döner eğe sistemlerinden farklı dizayna sahip olan SAF tek eğe sistemi ile endodonti pratiğinde yaygın olarak kullanılmakta olan Protaper döner Ni-Ti eğe sisteminin şekillendirme ve temizleme etkinliğini değerlendirmeyi amaçladık.

4.2.2. Kullanılan İrigasyon Solüsyonunun Değerlendirilmesi

Kök kanal tedavisinde özellikle kanal anatomisinin karmaşık yapısında yer alan yan ve yardımcı kanallar ile istmusların şekillendirme sırasında mekanik olarak temizlenmesi mümkün olmadığından irigasyon aşaması da kanal tedavisinin olmazsa olmaz aşamalarından biridir. Endodonti pratiğinde yaygın olarak kullanılan NaOCl'in hangi konsantrasyonunun klinik uygulamalarda daha etkin olduğu günümüzde hala tartışmalı bir konudur. Literatürde % 0,5 - % 5,25 arasında değişen farklı konsantrasyonlarda NaOCl kullanımı bildirilmektedir (184, 185). Günümüzde NaOCl'nin hangi konsantrasyonunun klinik uygulamalarda daha etkin olduğuna dair ortak bir görüş bulunmamaktadır. Spratt ve arkadaşları (186) yaptıkları *in-vitro* bir çalışmada kanal tedavisinde dirençli bakterilerin oluşturduğu biyofilm tabakalarına %2,25'lik NaOCl'nin genel olarak en etkin solüsyon olduğunu belirtmişlerdir. Son yıllarda yapılan çalışmaların pek çoğunda NaOCl solüsyonunun %2,5 ve %2,25'lik konsantrasyonları kullanılmıştır (101, 171, 183). Biz de çalışmamızda %2,5'luk

NaOCl solüsyonunu irigasyon sırasında kullanarak kök kanal irigasyonunu gerçekleştirdik.

4.2.3. Şekillendirme Etkinliğinin μ BT ile Değerlendirilmesinin İrdelenmesi

Geçmiş yıllardan beri kök kanal sisteminin morfolojik yapısını ve kanal tedavisinde şekillendirmenin etkinliğini değerlendirmek için boyama-şeffaflaştırma, kopya model oluşturma, taramalı elektron mikroskobu ile görüntüleme, mufla yöntemi ile dişlerden seri kesit alınması, radyolojik karşılaştırma yöntemleri ile bilgisayarlı tomografi ve mikro- bilgisayarlı tomografi gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır (10-24).

Boyama ile şeffaflaştırma yöntemi ile kök yapısı transparan hale getirilerek kök pulpası ile yan kanalların, istmusların ve apikal foramenin ilişkisi direkt veya mikroskop altında incelenebilir (10, 15, 16). Ancak dişlerin şeffaflaştırılması için geçen sürenin uzun olması nedeniyle yöntemin pratik olmayışı ve bu yöntemle şekillendirme öncesi ve sonrasına ait kök kanal anatomisini bir arada inceleme olanağının bulunmaması yöntemin en önemli dezavantajlarıdır (10, 187).

Kopya model oluşturma esasına dayanan silikon ölçü maddesi veya gütta-perka yardımıyla model hazırlama yönteminde ise materyalin dar kök kanallarına uygulanması sırasında zorluklar yaşandığı ve silikon ölçü maddesi içerisinde kalan boşluklar nedeniyle kanal morfolojisinin detaylı bir kopyasının oluşturulamaması sebebiyle yöntem son yıllarda pek kullanılmamaktadır (11).

Taramalı elektron mikroskobu da kök kanal morfolojilerinin değerlendirilmesinde uzun yıllardır kullanılan bir yöntemdir (12). Örneklerden elde edilen görüntülerin bölgesel olarak detaylı incelenmesine olanak sağlamasına

rağmen, şekillendirme öncesine ait veriler dar kanal anatomileri nedeniyle yetersiz kalmaktadır.

Dişlerden seri kesit alınması Bramante ve arkadaşları (13) tarafından muflalama yöntemi olarak önerilmiş, daha sonra ise McCann ve arkadaşları (20) tarafından geliştirilmiştir. Kök kanallarının şekillendirme öncesi ve sonrasında, özel olarak hazırlanmış mufla içerisinde akriliğe gömülen dişten diskler yardımı ile alınan enine kesitlerin daha sonra mikroskop altında çekilen fotoğraflarının incelenmesi esasına dayanan bir yöntemdir. Yöntem için özel bir düzeneğe ihtiyaç duyulması, enine kesitler alınması sırasında kök kanalında değişikliklere sebep olma ihtimali ve örnekler üzerinde geri dönüşü olmayan değişimlere sebep olması nedeniyle çok tercih edilen bir yöntem değildir.

Konvansiyonel ve dijital radyograflar ile kök kanallarında şekillendirme öncesi ve sonrasında meydana gelen değişimin değerlendirilebileceği çalışmalarda gösterilmiştir (21, 23, 24, 71). Konvansiyonel radyogramlarda röntgen tüpünün öncesi ve sonrası görüntülerde açılandırılmasında ve filmlerin banyosu sırasında standardizasyonun sağlanamaması ve radyogramların saklanması güçlükler yaşanmaktadır. Ayrıca periapikal radyogramların tarayıcı ile taranarak bilgisayar ortamına aktarılması sırasında görüntü kalitesinde meydana gelebilecek bozulmalar nedeniyle ölçümlerde hatalar olabilmektedir. Dijital radyogramlarda ise banyo aşaması ortadan kalkmasına rağmen konun açılandırılması sırasında yaşanabilecek hatalar ortadan kaldırılamamıştır. Ayrıca hem konvansiyonel hem de dijital radyografi ile elde edilen görüntülerin iki boyutlu olması radyografik yöntemle kök kanallarında şekillendirme sonrasında meydana gelen değişimin değerlendirilmesinde yetersiz kalmaktadır.

Her bir yöntemin sağladığı avantajlar ve dezavantajlar incelendiğimizde üç boyutlu olmayan tüm değerlendirme yöntemlerinin verilerde kayıp yaratması nedeniyle çalışmamızda 3 boyutlu bir görüntüleme ile kök kanallarında meydana gelen değişiklikleri değerlendirmeyi uygun bulduk.

Bilgisayarlı tomografi ve mikro bilgisayarlı tomografi kök kanallarında meydana gelen değişimin üç boyutlu olarak incelenebilmesine olanak sağlayan diğer yöntemlerdir (25, 64, 72, 95, 97-103, 107, 111).

Endodontide bilgisayarlı tomografiyi kullanan ilk araştırmacılar Tachibana ve Matsumoto'nun (86) ardından, 1993 yılında Berutti (87), 1995 yılında Blaskovic-Subat ve arkadaşları (188), 1997 yılında ise Lyroutdia ve arkadaşları (189) tarafından üç boyutlu incelemeler seri kesitler üzerinden bilgisayar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların hepsinde de 0,5-0,7 mm kesit kalınlığının kök kanalındaki ayrıntıların incelenmesinde yetersiz kalışı ve o döneme göre yöntemin çok pahalı olması gibi sebeplerle bilgisayarlı tomografi ile kök kanallarının görüntülenmesi yaygınlaşmamıştır.

Günümüzde bilgisayarlı tomografiye göre daha ince kesit görüntülerinin elde edilmesine olanak sağlayan mikro bilgisayarlı tomografi cihazları ile aksiyel kesit görüntüleri bir araya getirilerek 3 boyutlu modellemeler üzerinden kök kanal sisteminin morfolojisi ve şekillendirme sonrasında kanallarda meydana gelen değişimi değerlendirmede yaygın olarak kullanılmakta olan bir yöntemdir (25, 100, 101, 103, 109, 150, 190). Geçmiş çalışmalarda kullanılan mikro bilgisayarlı tomografilerin (92, 93) kesit kalınlığı ile kıyaslandığında günümüzde donanım ve yazılımlarda yapılan değişikliklerle çözünürlük 68 μm (101), 34 μm (99, 100), 20 μm (109) ye kadar arttırılmış olup günümüzde 10 μm ' den ince kesit kalınlıklarında görüntüler elde edilmektedir (191). Bu özellikleri dolayısıyla mikro bilgisayarlı

tomografi dişlerde yapısal değişikliğe sebep olmadan kesit alınabilmesi ve çok ince kesitler ile üç boyutlu incelemeye olanak tanınması nedeniyle diğer geleneksel yöntemler karşısında önemli bir üstünlük sağladığı için endodontide altın standart olarak kabul görmektedir (25, 26).

Biz de literatürde yer alan tüm bu yöntemleri incelediğimizde, iki farklı şekillendirme sistemini kullanarak şekillendirme sonrası kök kanallarında meydana gelen hacim ve yüzey alanı değişimi ile transportasyon miktarını değerlendirmeyi amaçladığımız çalışmamızda Skyscan 1172 μ BT cihazını kullanmayı tercih ettik.

4.3. Bulguların Değerlendirilmesi

4.3.1. Hacim Bulgularının Değerlendirilmesi

Kök kanallarının şekillendirilmesi sonrasında kanal duvarlarından kaldırılan dentin miktarına göre kanal hacmi ve yüzey alanı miktarında bir değişim meydana geldiği bilinmektedir (64, 97, 100, 109, 190) . Biz de çalışmamızda şekillendirme öncesindeki hacim ve yüzey alanı değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmayan 20 adet alt çene büyük azı dişinin distal ve mezial kanallarında SAF ve Protaper döner Ni-Ti eğeleri ile şekillendirme sonrasında meydana gelen değişimi apikal, orta ve koroner olmak üzere üç ayrı bölgede değerlendirdik. Elde ettiğimiz veriler doğrultusunda, distal kanallarda her iki deney grubunda da apikal üçlü ile koroner üçlü de meydana gelen hacim değişimi istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı bulundu.

Mezial kanallarda ise her iki deney grubunda da apikal ile orta, apikal ile koroner ve orta ile koroner üçlülerde meydana gelen hacim artışı anlamlı derecede farklı bulundu.

SAF ve Protaper sistemi ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner bölgelerindeki hacim değişimi deney grupları arasında birbirleriyle kıyaslandığında ise kanalın tüm uçülerinde Protaper sisteminin istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla hacim artışı yarattığı saptandı.

Literatüre baktığımızda, çalışmaların bir kısmında tüm kanal boyunca (64, 103, 109, 192-194) bir kısmında, bizim çalışmamızla benzer şekilde apikal, orta ve koroner bölgelerde (160, 195) ayrı ayrı, diğer çalışmalarda ise hem tüm kanal boyunca hem de apikal bölgede (190) veya yalnızca apikal bölgede (100) kök kanal hacminde ve yüzey alanında şekillendirme sonrasında meydana gelen değişim değerlendirilmiştir.

Bergmans ve arkadaşları 2003 yılında yaptıkları çalışmalarında (195) çalışmamızla benzer şekilde K3 ve Protaper döner aletlerini kullanarak 10 adet alt çene birinci büyük azı dişinin mezial kök kanallarının hacminde meydana gelen değişimi apikal, orta ve koroner bölgelerde μ BT ile değerlendirmişlerdir. Protaper döner Ni-Ti aletleri ile hacimde meydana gelen ortalama değişim koroner bölgede $0,44 \pm 0,26 \text{ mm}^3$, orta üçlüde $0,22 \pm 0,14 \text{ mm}^3$ ve apikalden ise $0,03 \pm 0,03 \text{ mm}^3$ olarak bulunmuş ve bölgeler arasında bu hacimsel değişimde istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Biz de kullandığımız mezial kanallarda bu değişimi; koroner de $1,005 \pm 0,06897 \text{ mm}^3$, orta üçlüde $0,6260 \pm 0,0439 \text{ mm}^3$ ve apikal üçlü de ise $0,2332 \pm 0,0224 \text{ mm}^3$ olarak bulduk. Protaper ile şekillendirme sonrasında distal kanallarda meydana gelen hacimsel değişimi incelediğimizde ise koroner bölgede $0,5998 \pm 0,1212 \text{ mm}^3$, orta üçlüde $0,3842 \pm 0,1570 \text{ mm}^3$ ve apikal üçlüde ise $0,1292 \pm 0,0577 \text{ mm}^3$ olarak tespit ettik. Ayrıca söz konusu çalışmanın aksine, mezial kanallarda tüm bölgelerde meydana gelen hacimsel değişimin, distal kanallarda ise yalnızca apikal üçlü ile koroner üçlü arasındaki değişimin istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı

olduğunu gözlemledik. Çalışmamız ile kıyaslandığında Bergmans ve arkadaşlarının çalışmalarında (195) hacim değişim miktarları tüm bölgelerde daha az bulunmuştur. Bu farklılığın kök kanallarının şekillendirmesinde kullanılan son bitirme eğesinin farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Protaper döner Ni-Ti eğe sisteminde standart bir açılanma yerine %3,5 ile %19 arasında değişken açılanmaya sahip olması nedeniyle, kanal duvarlarından kaldırılan dentin miktarı koronere doğru giderek artmaktadır. Bu çalışmada F2 eğesi ile tamamlanan şekillendirmeye nazaran çalışmamızda hem apikal şekillendirmenin belirli bir çapa kadar yapılması, hem de SAF eğeleriyle ulaşılan apikal genişlik ile standardizasyonu sağlamak adına mezial kök kanallarımızın şekillendirmesini F3 numaralı alet ile sonlandırmayı uygun bulduk. F2 numaralı bitirme eğesinin apikal çapı 25, açılanması ise .08 iken, F3 eğesinde apikal çap 30 numaralı alete denk gelmektedir ve açılanması .09'dur. Bu bilgiler göz önüne alındığında çalışmamızda tüm bölgelerden daha fazla miktarda dentin kaldırılması ile hacimsel değişimin daha fazla olması, alet dizaynındaki farklılık ile açıklanabilmekte ve çalışmamızın bulguları Bergmans ve arkadaşlarının bulguları ile paralellik göstermektedir.

Paque ve arkadaşları 2009 yılında (100) FlexMaster, GT, Lightspeed, ProFile ve ProTaper döner aletlerini kullanarak üst çene büyük azı dişinin meziobukkal, distobukkal ve palatinal kanallarda apikal 4 mm de meydana gelen hacimsel değişimi μ BT ile değerlendirmişler ve Protaper döner aletlerinin mezial kanallarda $0.31 \pm 0.35 \text{ mm}^3$ dentin uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz $0,1292 \pm 0,0577 \text{ mm}^3$ hacimsel değişimi bu çalışmanın verileri ile kıyasladığımızda, çalışmamızda daha az dentin uzaklaştırıldığını görmekteyiz. Verilerin farklı olmasında, farklı morfolojiye sahip eğimli alt çene büyük azı dişlerini kullanmış olmamız ile Paque ve arkadaşlarının çalışmalarında şekillendirme öncesindeki hacim

değerleri ve kanal şekilleri farklı olan meziobukkal, distobukkal ve palatinal kanallarda meydana gelen hacimsel değişimi bir arada değerlendirmiş olmalarının niceliksel olarak ortalama hacim değişimini etkilediğini düşünmekteyiz.

Mahran ve AboEl-Fotouh 2008 yılında alt çene büyük azı dişlerinin mezial kök kanallarında (196) Protaper, HeroShaper ve Gates-glidden frezler ile birlikte kullanılan Flex- R el eğelerinin kanal duvarlarından uzaklaştırdıkları dentin hacmini bilgisayarlı tomografi ile değerlendirmiş ve tüm kanal boyunda yaptıkları ölçümde Protaper döner Ni-Ti aletlerinin kanallardan ortalama $1,6 \pm 0,5 \text{ mm}^3$ dentin uzaklaştırdığını bildirmişlerdir. Yang ve arkadaşları (197) 2011 yılında Mtwo ve Protaper döner eğelerinin kök kanal hacmi üzerindeki etkinliklerini 10 adet alt çene büyük azı dişinin mezial kanallarında μBT cihazı ile değerlendirmişlerdir. Çalışmanın bulgularına göre Protaper döner Ni-Ti aletleri ile şekillendirme sonrasında kök kanallarında $1.94 \pm 0.64 \text{ mm}^3$ hacimsel değişim meydana geldiği bildirilmiştir. Çalışmamızda, Mahran ve AboEl-Fotouh' un (196) ve Yang ve arkadaşlarının (197) bulgularıyla benzer şekilde mezial kanallarda kanal boyunda meydana gelen toplam hacimsel değişim $1,8642 \pm 0,12 \text{ mm}^3$ olarak bulundu. Elde ettiğimiz veriler doğrultusunda, üç çalışmada da Protaper döner Ni-Ti eğeleri ile kök kanallarının şekillendirmesinin F3 numaralı alet ile tamamlanmış olması nedeniyle kanal duvarlarından kaldırılan dentin hacminin benzer olduğunu düşünmekteyiz. Peters ve arkadaşları (64) çalışmamızdan farklı olarak üst çene büyük azı dişinin meziobukkal, distobukkal ve palatinal kanallarını şekillendirmede Protaper kullanmıştır. Ancak çalışma bulgularına göre kanal hacminde meydana gelen değişim bizim bulgularımız ile paralellik göstermektedir. (Hacim değişimleri meziobukkal kanal: 1.56 ± 0.65 , disto-bukkal kanal: 1.74 ± 1.15 , palatinal kanal: 1.40 ± 1.11). Aynı çalışmada (64) şekillendirme öncesinde kök kanallarının sahip olduğu

hacim verilerini incelediğimizde, bizim görüşümüze benzer şekilde dar olan kanallardan kaldırılan dentin miktarının daha fazla olduğu görülmektedir.

Uyanık ve arkadaşları (192) Protaper ve Race sistemlerinin kök kanalından uzaklaştırdığı dentin miktarını bilgisayarlı tomografi tekniği ile değerlendirmişlerdir. Apikal sonlanmadan itibaren elde edilen 1 mm' lik kesitlerin yeniden yapılandırılması ile yapılan hacimsel ölçümlerde Protaper döner eğelerin alt çene birinci büyük azı dişlerinin mezial kök kanallarından $2,77 \pm 0,28 \text{ mm}^3$ dentin uzaklaştırdığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Stern ve arkadaşları (198) da 10 adet alt çene büyük azı dişinin mezial kanallarını Protaper döner Ni-Ti sistemi ile şekillendirmişler ve kanal hacmindeki değişimi μBT ile incelemiş ve şekillendirme sonrasında kanal hacminde $2,54 \pm 0,16 \text{ mm}^3$ değişim meydana geldiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda meydana gelen $1,8642 \pm 0,12 \text{ mm}^3$ lük değişim ile kıyaslandığında hem Uyanık ve arkadaşlarının hem de Stern ve arkadaşlarının çalışmasında meydana gelen hacimsel değişim daha fazla bulunmuştur. Ancak bu çalışmalarda bizim çalışmamızın aksine Schneider ve arkadaşlarının yöntemine göre $20^\circ - 30^\circ$ ve $20^\circ - 45^\circ$ arasındaki mezial kök kanalları dahil edilmiştir. Ayrıca Uyanık ve arkadaşları hacim verilerini bilgisayarlı tomografi ile elde edilen 14 adet yatay kesit görüntüsü üzerinden değerlendirmiştir. Schneider ve arkadaşlarının yönteminde yalnızca kök eğrilik derecesi dikkate alınırken, Pruett ve arkadaşlarının yöntemine göre sadece kök eğimi değil aynı zamanda kök eğrilik yarıçapının da kanalın zorluk derecesini belirlemede etkili olduğu gösterilmiştir. Çalışmamızda Pruett ve arkadaşlarının yöntemine göre hem kök kanal eğimleri hem de eğrilik yarıçapı ölçülmüştür. Bu çalışmalar ile verilerimiz arasındaki farklılığın, seçilen mezial köklerin eğrilik yarıçapının farklı olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Ayrıca Uyanık ve arkadaşlarının çalışmasında bilgisayarlı tomografi kullanılarak

elde edilmiş yalnızca 14 adet kesit görüntüsü üzerinden hacim hesaplamasının yapılmış olmasının verileri etkilemiş olabileceği görüşündeyiz.

Çalışmamız ile benzer şekilde Versiani ve arkadaşları 2011 yılında (160) oval kanala sahip 40 adet alt çene kesici dişte 1,5 mm çaplı SAF ve döner Ni-Ti eğeleri şekillendirme sonrasında kök kanal hacminde meydana getirdiği değişim μ BT ile apikal, orta ve koroner bölgelerde ayrı ayrı değerlendirmişlerdir. SAF ile şekillendirilen kanallarda koroner bölgede $1.44 \pm 0.49 \text{ mm}^3$ orta üçlüde $0.67 \pm 0.35 \text{ mm}^3$ ve apikal üçlüde ise $0.22 \pm 0.19 \text{ mm}^3$ hacimde artış meydana geldiğini bildirmişlerdir. Biz de SAF ile şekillendirilen distal kanalların hacminde meydana gelen değişimi koroner bölgede $0,3870 \pm 0,0859 \text{ mm}^3$ orta üçlüde $0,2590 \pm 0,0658 \text{ mm}^3$ apikal üçlüde ise $0,1120 \pm 0,0153 \text{ mm}^3$ olarak bulduk. Mezial kanallardaki değişimi ise koroner bölgede $0,3101 \pm 0,02566 \text{ mm}^3$, orta üçlüde $0,1783 \pm 0,0241 \text{ mm}^3$ ve apikal üçlüde ise $0,1054 \pm 0,0149 \text{ mm}^3$ olarak gözlemledik. Versiani ve arkadaşlarının gerçekleştirdikleri çalışma ile kıyasladığımızda çalışmamızda hacimde meydana gelen değişimin daha az olduğunu gözledik. İki çalışma arasındaki bu farklılığa seçilen dişlerin kanal morfolojileri arasındaki farkın sebep olabileceğini düşünmekteyiz. Çalışmamızda kullanılan alt çene büyük azı dişlerinin distal kanallarının şekillendirme öncesindeki hacminin kesici dişlerle kıyaslandığında daha geniş olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. SAF eğe sistemi içi boşluklu dizaynı sayesinde sıkıştır ve kanalın şeklini alarak kök kanal şekillendirmesini tamamlar. Çalışmamız ile kıyasladığımızda SAF sisteminin daha dar olan kesici dişlerde daha fazla kanal yüzeyine temas ederek yüzeyden daha fazla dentin kaldırmış olduğunu düşünmekteyiz. Mezial kanallarda ise hem kesici dişlere göre daha geniş kanallara sahip olması hem de kök eğimi nedeniyle kanalların

şekillendirilmesi zorlaşmakta ve bu nedenle aletin kanal yüzeyinden kaldırdığı madde miktarının azaldığını düşünmekteyiz.

Paque ve Peters'ın 2011 yılında yaptıkları bir diğer çalışmada (109) alt çene büyük azı dişlerinin distal kanallarını SAF ile şekillendirerek kanal hacminde meydana gelen değişimi μ BT ile değerlendirmiş ve ortalama hacimsel değişimi $4.84 \pm 1,73 \text{ mm}^3$ olarak rapor etmişlerdir. Çalışmamızda bulmuş olduğumuz distal kanallardaki hacimsel değişim $0,758 \pm 0,15 \text{ mm}^3$ olup Paque ve arkadaşlarının çalışmalarına göre oldukça düşüktür. Her iki çalışmada da alt çene büyük azı dişlerinin distal kök kanalları kullanılmış olmasına rağmen, Paque ve arkadaşları çalışmalarında apikal 6 mm' deki distobukkal çapın meziobukkal çapa oranı 2 ve üzerinde (ort: 3,8) olan kök kanallarını çalışmalarına dahil etmişlerdir. Çalışmamızda ise, klinik olarak meziodistal çapı bukkolingual çaptan küçük olan dişler seçtik. Çalışmalar arasındaki hacimsel değişimin farklı olması, örnek seçiminde farklılıklar olmasıyla açıklanabilir.

Çalışmamızda Protaper döner Ni-Ti sisteminin mezial kanallarda SAF sistemine göre kök kanallarından daha fazla dentin uzaklaştırdığı görüldü. Uzaklaştırılan dentin miktarının fazla olması enfekte dentinin uzaklaştırılmasında olumlu bir etki göstermekte iken, özellikle koroner bölgede diş zayıflatmakta, çatlak ve kırıkların oluşumunu arttırmaktadır (199-201). Buna ilaveten furkasyon bölgesi zayıf ve dar çaplı köklerde Protaper sisteminin yüksek açılım gösteren eğelerinin kullanımına dikkat edilmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

4.3.2. Yapı Model İndeksi Bulgularının Değerlendirilmesi

Kök kanallarının aksiyel kesit görüntülerinin değerlendirilmesinde yapı model indeksi kullanılmaktadır (64, 97). 1 - 4 arasında değer alan bu indekste 1 değeri alan

kanalların düzleme paralel olduğunu, 4 değeri alan kanalların ise mükemmel derecede yuvarlak kesite sahip olduğunu söylemek mümkündür. Çalışmamızda SMI değerlerinde meydana gelen değişimin değerlendirilmesi ile kök kanal şekillendirilmesi sonrasında kanal yapısının orijinal şeklinin korunup korunmadığı araştırıldı.

SAF ve Protaper sistemleriyle şekillendirilen distal kanallarda hem deney grupları arasında hem de her bir sistemin kök kanalının farklı bölgelerinde yaratmış olduğu SMI değişim miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi. Yani distal kök kanallarında her iki genişletme sistemi için de SMI değerlerinde örneklerin büyük çoğunluğunda görülen küçük artışlar, kök kanal yapısının orijinale sadık kalınarak şekillendirildiğini gösterdi.

SAF ile şekillendirmenin Protaper ile şekillendirmeye kıyasla mezial kanallarda apikal, orta ve koroner bölgelerde yapı model indeksinde daha az değişime neden olduğu ve bulguların istatistiksel olarak anlamlı derece farklı olduğu saptandı. Dolayısıyla SAF sisteminin kanalın şekline daha sadık kalarak kök kanallarını şekillendirdiği gözlemlendi.

Paque ve arkadaşları 2009 yılında (100) FlexMaster, GT, Lightspeed, ProFile ve ProTaper döner aletlerini kullanarak üst çene büyük azı dişlerinin tüm kanallarını şekillendirerek apikal 4 mm de SMI değerinde meydana gelen değişimi μ BT ile değerlendirmişlerdir. Protaper döner aletlerinin şekillendirme sonrasında SMI değerinde $0,31 \pm 0,25$ değişime neden olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda Protaper döner aletleri ile mezial kanallarda meydana gelen SMI değerindeki değişimi apikal bölgede $0,61 \pm 0,09$, orta üçlüde $0,63 \pm 0,16$ ve koronerde ise $0,64 \pm 0,10$ olarak gözlemledik. Distal kanallarda ise SMI değişimini sırasıyla apikalde $0,47 \pm 0,13$, orta üçlüde $0,7630 \pm 0,1846$ ve koroner üçlüde $1,04 \pm 0,33$ olarak bulduk.

Çalışmamızdan farklı olarak Paque ve arkadaşlarının farklı morfolojiye sahip üst çene büyük azı dişlerinin meziobukkal, distobukkal ve palatinal kanallarda meydana gelen SMI değişimini bir arada değerlendirmiş olmalarının niceliksel olarak ortalama SMI değişimini etkilediğini düşünmekteyiz.

Yang ve arkadaşları (197) 2011 yılında Mtwo ve Protaper döner eğelerinin kök kanal şekillendirmesi üzerindeki etkinliklerini 10 adet alt çene büyük azı dişinin mezial kanallarında μ BT cihazı ile değerlendirmişlerdir. Şekillendirme sonrası Protaper döner Ni-Ti aletlerinin meydana getirdiği SMI değerindeki değişimi tüm kanalda $0,44 \pm 0,10$ olarak bildirmişlerdir. Değerlendirmenin tüm kanalda yapılmış olması ve çalışmada kullanılan mezial kök kanallarının eğim derecesine ait veri belirtilmemiş olması nedeniyle bizim çalışmamızda kanalların şeklinde şekillendirme öncesine göre daha fazla değişim meydana geldiğini düşünmekteyiz.

Peters ve arkadaşları (194) SAF sisteminin üst çene büyük azı dişlerinin meziobukkal kanallarında SMI değerinde $0,85 \pm 0,31$, distobukkal kanallarda $0,19 \pm 0,18$ palatinal kanallarda ise $0,11 \pm 0,11$ birim değişim meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Peters ve arkadaşlarının (64) bir diğer çalışmasında da Protaper döner Ni-Ti aletlerinin üst çene büyük azı dişlerinin meziobukkal kanallarında $0,57 \pm 0,29$, distobukkal kanallarında $0,33 \pm 0,28$ palatinal kanalda ise $0,44 \pm 0,55$ birim SMI değerinde değişim meydana getirdiğini bildirmişlerdir.

Biz de çalışmamızda SAF sisteminin distal kanallarda apikal bölgede $0,40 \pm 0,19$, orta üçlüde $0,53 \pm 0,23$ koroner bölgede ise $0,65 \pm 0,25$ birim SMI değerinde değişim meydana getirdiğini bulduk. Mezial kanallarda ise bu değişimin apikalde $0,31 \pm 0,06$ orta üçlüde $0,22 \pm 0,05$ ve koronerde ise $0,33 \pm 0,05$ birim olduğunu gözlemledik. Peters ve arkadaşlarının 2003 ve 2011 yılında gerçekleştirdikleri

Çalışmalarda bizim çalışmamızla benzer şekilde Protaper sisteminin kanal şeklinde daha fazla değişim meydana getirdiğini rapor edilmiştir.

4.3.3. Yüzey Alanı Bulgularının Değerlendirilmesi

Kök kanal şekillendirmesinde dentin kanallarına penetre olan mikroorganizmaların (202) yaşamlarını sürdürmelerini önlemek için özellikle enfekte olan dişlerde kök yüzeyinden yeterli miktarda dentin dokusunun uzaklaştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla mekanik şekillendirmenin daha büyük apikal numaralarla sonlandırılması önerilmektedir (27, 29, 199). Yeterli miktarda dentin uzaklaştırılmaz ise tübüller içerisinde kalan bakteri varlığında inat enfeksiyonlar gelişebilmektedir (64). Kanalın orijinal şekline saędıķ kalınarak tüm duvarlardan eşit miktarda madde kaldırılması sırasında kanal hacminin belirli bir genişliğe ulaşması etkin bir irigasyon için de gerekmektedir (118, 203). Coldero ve arkadaşları (199) kök kanal şekillendirmesi sırasında gereğinden fazla dentin kaldırılmasının kökü zayıflattığını bildirmiştir. Zandbiglari ve arkadaşları da (200) benzer şekilde şekillendirme sırasında yüksek konisiteye sahip sistem GT döner Ni-Ti eğe sistemlerinin daha düşük konisiteye sahip Flex Master ve el eğelerine kıyasla, daha fazla dentin dokusu kaldırarak, dişte çatlak ve kırık oluşumunu arttırdığını bildirmiştir. Zamin ve arkadaşları (201) ise, koroner bölgede aşırı miktarda şekillendirme yapılmasının kökte oluşabilecek çatlak olasılığını arttırdığını bildirmişlerdir.

Kanal duvarlarından kaldırılan dentin hacminin yanı sıra, kök kanalında şekillendirme sonrasında meydana gelen yüzey alanı değişimi, transportasyon ve kanal tedavisi sırasında kanal aletlerinin temas etmediği alanın miktarı da önem taşımaktadır.

Çalışmamızda SAF ve Protaper ile şekillendirme sonrasında distal kanalların özellikle orta ve koroner bölgelerinde şekillendirme öncesine göre yüzey alanında bir azalma görüldü. Bu duruma, Protaper ve SAF sistemlerinin şekillendirme sırasında kanal yüzeyinde yer alan düzensiz yapıdaki girinti çıkıntıları uzaklaştırabilirken tüm duvarlardan yeterli düzeyde madde kaldıramamasının sebep olduğunu düşünmekteyiz. Kanal duvarlarındaki düzensizlikler uzaklaştırıldığında şekillendirme öncesine göre yüzey alanının azalması beklenebilecek bir bulgudur.

Distal kök kanallarının SAF ve Protaper ile şekillendirilmesi sonrasında hem grup içinde apikal, orta ve koroner bölgelerde hem de gruplar arasında benzer bölgelerde meydana gelen yüzey alanı değişiminin istatistiksel olarak anlamsız olduğu saptandı.

Mezial kanalların yüzey alanında ise şekillendirme sonrasında meydana gelen değişim incelendiğinde, SAF ve Protaper ile şekillendirilen kanallarda grup içinde apikal, orta ve koroner bölgeler arasında bir farklılık olmadığı gözlemlendi.

SAF ile şekillendirilen mezial kanalların apikal, orta ve koroner bölgelerinde meydana gelen yüzey alanı değişimi Protaper ile şekillendirilen kanallar ile kıyaslandığında ise apikal bölgeler arasında bir fark olmadığı gözlemlendi. Orta ve koroner üçlülerde ise SAF ile meydana gelen yüzey alanındaki artışın Protaper sistemine kıyasla daha az olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü.

Literatürde, kullandığımız eğe sistemlerinden özellikle SAF sisteminin kök kanallarının şekillendirme sonrasında yüzey alanında meydana getirdiği değişimi inceleyen çok az çalışma (109, 160, 204) mevcuttur.

Versiani ve arkadaşları 2011 yılında (160) alt çene kesici dişlerinde SAF ve döner Ni-Ti aletlerinin şekillendirme etkinliklerini μ BT ile değerlendirmişlerdir.

Araştırmacılar SAF ile şekillendirilen alt çene kesici dişlerin kök kanallarında yüzey alanında meydana gelen değişimi apikal bölgede $1,02 \pm 0,99 \text{ mm}^2$ olarak, orta üçlüde $1,51 \pm 1,26 \text{ mm}^2$ koroner bölgede ise $2,24 \pm 1,19 \text{ mm}^2$ olarak bildirmişlerdir.

Versiani ve arkadaşları farklı bir çalışmada (204) ise alt çene köpek dişlerinde SAF, Waveone, Resiproc ve Protaper aletlerinin şekillendirme etkinliklerini μ BT ile incelemişlerdir. SAF ile şekillendirilen alt çene köpek dişlerinin kök kanallarında apikal üçlüde $0,17 \pm 0,62 \text{ mm}^2$, orta üçlüde $0,41 \pm 2,06 \text{ mm}^2$ ve koroner bölgede ise $0,81 \pm 2,20 \text{ mm}^2$ yüzey alanında bir artış meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Paque ve Peters (109) alt çene büyük azı dişlerinin distal kanallarında SAF ile şekillendirme sonrasında meydana gelen değişimi μ BT ile değerlendirmişler ve distal kanallarda meydana gelen toplam yüzey alanı değişimini $3,34 \pm 1,73 \text{ mm}^2$ artış olarak rapor etmişlerdir.

Biz de çalışmamızda distal kanallarda yüzey alanında meydana gelen değişimi apikal bölgede $0,12 \pm 0,28 \text{ mm}^2$ artış, orta üçlüde $-1,53 \pm 0,82 \text{ mm}^2$ ve koroner bölgede ise $-1,4 \pm 0,79 \text{ mm}^2$ azalma olarak gözlemledik. Mezial kanallarda ise bu değişimi apikal bölgede $0,80 \pm 0,14 \text{ mm}^2$ orta üçlüde $0,87 \pm 0,20 \text{ mm}^2$ koroner bölgede ise $0,97 \pm 0,14 \text{ mm}^2$ artış olarak kaydettik.

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulguları literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırdığımızda, distal kanallarda özellikle orta ve koroner bölgelerde şekillendirme öncesine göre şekillendirme sonrasında yüzey alanında bir azalma olduğunu bildiren herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Versiani ve arkadaşları 2011 yılında (160) alt çene kesici kök kanalları, 2013 yılında (204) ise alt çene köpek dişleri kullanmışlardır. Apikal bölgede köpek dişlerinde meydana gelen yüzey alanı değişimi miktarı bulgularımız benzer olmasına rağmen araştırmacılar orta üçlü ve koroner bölgede yüzey alanında artış bulmuşlardır. Paque ve Peters (109) çalışmamız

ile benzer şekilde alt çene büyük azı dişlerinin distal kök kanallarını kullanmış, ancak distobukkal çapın meziobukkal çapa oranı ortalama: 3,8 olan kök kanallarını çalışmalarına dahil etmişlerdir. Elde ettiğimiz bulgular ile diğer çalışmalar arasındaki farklılığa aynı tip kök kanallarının kullanılmamış olmasının sebep olduğunu düşünmekteyiz. SAF sistemi farklı eğe dizaynı nedeniyle, kanal morfolojilerine göre kimi duvarlardan, özellikle dar kanallarda, belirgin düzeyde madde kaldırırken kimi kanal duvarlarda yalnızca yüzeyde bulunan girinti ve çıkıntıları törpüleyerek hacimde bir artış meydana getirirken, yüzey alanında azalmaya sebep olduğunu düşünmekteyiz.

Mezial kanallarda her ne kadar, farklı kök morfolojilerindeki, darlık ve eğrilik derecelerinde olmaları nedeniyle diğer çalışmalardan farklı rakamsal değerlerde saptadığımız yüzey alanındaki artış bulguları literatürdeki veriler (160, 204) ile paralellik göstermektedir.

Çalışmamızda değerlendirdiğimiz bir diğer şekillendirme sistemi olan Protaper döner Ni-Ti sistemi ile şekillendirme sonrasında kök kanallarının yüzey alanında meydana getirdiği değişimi inceleyen çalışmalar mevcuttur (64, 99, 157, 205, 206).

Bernardes ve arkadaşları (205) alt çene büyük azı dişlerinin mezial kanallarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, Endosequence ve Protaper döner Ni-Ti sistemlerinin kök kanal şekillendirmesindeki etkinliklerini bilgisayarlı tomografi kullanarak değerlendirmişlerdir. Protaper grubunda apikal bölgede $0,66 \pm 0,24$ mm, orta üçlüde $1,28 \pm 0,43$ mm ve koroner bölgede ise $1,68 \pm 0,36$ mm yüzey alanında değişim meydana geldiği bildirilmiştir.

Gekelman ve arkadaşları (99) 2009 yılında alt çene büyük azı dişlerinin mezial kök kanallarını GT ve Protaper sistemleri ile şekillendirmiş ve kök kanal boyunda yüzey alanında meydana gelen değişimi $5,11 \text{ mm}^2$ olarak rapor etmişlerdir.

You ve arkadaşları (157) 2011 yılında Protaper döner aletlerini devamlı rotasyon ve resiprokal hareket ile üst çene büyük azı dişlerinin meziobukkal ve distobukkal kanallarını şekillendirmede kullanmışlar ve kanallarda meydana gelen değişimi μ BT ile değerlendirmişlerdir. Protaper döner Ni-Ti aletleri ile devamlı rotasyon ile şekillendirilen kanallarda $4,32 \pm 3,57 \text{ mm}^2$ yüzey alanı değişimi olduğunu bildirmişlerdir.

Peters ve arkadaşları (64) üst çene büyük azı dişlerinin meziobukkal, distobukkal ve palatinal kanalları Protaper ile şekillendirmesi sonrasında kanalın yüzey alanında meydana gelen değişim meziobukkal kanalda $3,96 \pm 2,29 \text{ mm}^2$, distobukkal kanalda $4,96 \pm 4,14 \text{ mm}^2$ ve palatinal kanalda ise $2,77 \pm 3,41 \text{ mm}^2$ olarak rapor etmişlerdir.

Çalışmamızda alt çene büyük azı dişlerinin mezial kanallarında yüzey alanında meydana gelen değişim miktarının apikal bölgede $1,26 \pm 0,20 \text{ mm}^2$, orta üçlüde $2,41 \pm 0,32 \text{ mm}^2$ ve koroner üçlüde ise $2,45 \pm 0,56 \text{ mm}^2$ olduğunu saptadık. Protaper ile şekillendirilen distal kanallarda ise apikalde $0,53 \pm 0,42 \text{ mm}^2$, orta üçlüde $-1,01 \pm 0,45 \text{ mm}^2$ ve koroner bölgede ise $-1,34 \pm 0,77 \text{ mm}^2$ yüzey alanı değişimi görüldü.

Çalışmamızda elde ettiğimiz yüzey alanı değişim miktarları Bernardes ve arkadaşlarının çalışmasında elde edilen değişimden daha fazladır. Bizim çalışmamızda yapılan yüzey alanı ölçümleri μ BT kullanılarak elde edilen üç boyutlu kesit görüntülerinin 3D hesaplamaları ile elde edilmiş olup, Bernardes ve arkadaşlarının kullandığı yöntemde ise ölçümler elde edilen 14 kesit üzerinden ve 2 boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca apikal bölgeden itibaren kanalda yapılan ölçümler toplamda 7 mm lik kanal boyunda 0-3 mm, 3-5 mm ve 5-7 mm arasında gerçekleştirilmiştir. Yüzey alanında meydana gelen bu farklılık, çalışmalar arasında yöntemsel farklılıklar olmasıyla açıklanabilmektedir. Benzer şekilde distal kanallarda

yüzey alanında meydana gelen değişimin Grande ve arkadaşlarının (206) çalışmalarından farklı bulunmasında ise, hem kullanılan kök kanallarının farklı diş gruplarından seçilmiş olmasının, hem de değerlendirme yöntemi olarak modifiye Bramante tekniğini kullanılmış olmasının etkili olabileceğini düşünmekteyiz.

Öte yandan hem Gekelman ve arkadaşlarının (99) hem de You ve arkadaşlarının (157) çalışmaları ile kıyasladığımızda, her iki çalışmada da son şekillendirme F2 numaralı kanal aletinde tamamlandığı için rakamsal olarak verilerimiz arasında farklılık olmasına rağmen bulgularımız bu çalışmalar ile paralellik göstermektedir. Aynı şekilde çalışmamızdan farklı olarak üst çene büyük azı dişlerini kullanan Peters ve arkadaşlarının bulguları ile mezial kanal bulgularımızı kıyasladığımızda, benzer şekilde şekillendirme öncesinde dar olan kanallarda yüzey alanında daha fazla artış meydana geldiği bildirilmiştir.

Çalışmamızda distal kanalların orta ve koroner uçlülerinde yüzey alanındaki azalmayı ve sistemlerin etkinliklerini daha iyi değerlendirebilmek için ileriki çalışmalarda SAF sisteminin 2.0 mm uç çapına sahip egesi ve Protaper sisteminin ise F5 numaralı egesi ile tamamlanacak şekillendirme sonucu elde edilecek bulgularla yüzey alan değişiminin yeniden değerlendirilmesi gerektiği görüşündeyiz.

4.3.4. Temas Edilmeyen Alan Bulgularının Değerlendirilmesi

Şekillendirme esnasında kök kanallarından uzaklaştırılan dentin miktarına bağlı (dentin hacmi) olarak kanalın yüzey alanında bir artış veya azalış meydana gelmiş olmasına rağmen, şekillendirmenin klinik olarak asıl önemi kanal aletlerinin şekillendirme sırasında kanal duvarlarına ne kadar temas ettiği veya ne kadar etmediğidir. Geçmiş yıllarda Transmisyon Elektron Mikroskobu kullanılarak yapılan çalışmalarda bakterilerin dentin tübüllerine 300 µm' ye kadar penetre olabildikleri

gösterilmiştir (202). Bu nedenle enfekte dentinin kanal duvarlarından dışın dış çeperine doğru ne kadar uzaklaştırıldığı büyük önem taşımaktadır (27). Tüm bu bulgular, şekillendirilemeyen alan kavramının önemini vurgulamaktadır.

Bizim çalışmamızda da, kullandığımız kanal aletlerinin kanal duvarlarında temas etmediği dentin alanı, hem mezial kanallarda hem de distal kanallarda incelenen her iki eğe sistemi için de literatürdeki çalışmalarla benzer olması açısından çalışma boyunda değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda distal kanallarda Protaper sisteminin en fazla % 42,53 oranında (ort: % 27,51), SAF sisteminin ise en fazla % 39,66 oranında (ort: % 27,59) kanal duvarına temas etmediğini gördük. Distal kanallarda her iki sistemin temas etmediği kanal duvarı alanı değerlendirildiğinde sistemler arasında istatistiksel olarak bir farklılık görülmedi.

Mezial kanallarda ise SAF sisteminin en fazla % 44,04 oranında (ort: % 28,10) kanal duvarına temas etmediği, Protaper sisteminin ise en fazla % 34,08 oranında (ort: % 19,64) yüzeye temas etmediği görüldü. Her iki sistemin temas etmediği yüzey alanı değerlendirildiğinde mezial kanallarda SAF sisteminin Protaper sisteminden daha fazla alana değmediği t testi analizi ile istatistiksel olarak anlamlı bulundu.

Metzger ve arkadaşları (150) Protaper döner Ni-Ti eğeleri ile SAF sisteminin şekillendirme sonrasında temas etmediği kanal alanlarını SAF grubu için ortalama % 16,7, Protaper döner aletleri için ise % 60,2 olarak rapor etmişlerdir. Her iki deney grubundaki aletlerin temas etmediği alanların arasında bu kadar büyük farklılık olmasında en büyük etkenin çalışmada farklı kanal anatomisine sahip dişlerin bir arada değerlendirilmesinin etkili olduğunu düşünmekteyiz. Çalışma, 2 adet alt çene büyük azı dişinin mezial kökü ve distal kökü 6 adet küçük azı dişi, 8 adet kesici diş

ve 2 adet köpek dişi olmak üzere toplamda 20 adet kök kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu kadar farklı diş gruplarının şekillendirmelerinin benzer alet numarasına kadar yapılmasının ve de aletlerin temas etmediği alanın birlikte değerlendirilmiş olmasının çalışmanın bulgularını etkilemiş olduğu görüşündeyiz.

Paque ve arkadaşları (101) ise 48 adet alt çene büyük azı dişinin distal kanallarını Protaper ile şekillendirmiş ve aletlerin % 79,9 oranında kanal duvarlarına temas etmediğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamız ile bu çalışma arasında özellikle distal kanallarda şekillendirilemeyen alanlar arasında fark vardır. Paque ve arkadaşları özellikle meziobukkal çapı bukkolingual çapa oranı 3,88 - 3,93 arasında olan uzun oval kanallı dişleri çalışmalarına dahil ederken, çalışmamızda klinik olarak bukko-lingual çapı mezio distal çaptan daha büyük olan oval kanallı dişleri seçtik. Protaper Ni-Ti döner sistemindeki eğelerin kesitleri nedeniyle, aletler yuvarlak formda kanal şekillendirmesi yapmaktadır. Uzun oval kanallarda kanal eğelerinin numarası ne kadar büyütülürse büyütülsün özellikle bukkal ve lingual yüzeydeki kanal duvarlarına aletler temas etmeyeceği için Protaper sisteminin bu kanallarda daha yüksek oranda kanal duvarlarına temas etmemesi olası bir durumdur.

Paque ve Peters (109) 2011 yılında ise uzun oval kanala sahip alt çene büyük azı dişlerinin distal kanallarında SAF ile şekillendirme sonrasında ortalama $\pm 8,9$ oranında kanal duvarına aletlerin temas etmediğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda distal kanallarda SAF sisteminin % 27,59 oranında temas etmediği gözlenmiş olup bulgularımız Paque ve arkadaşlarının bulguları ile paralellik göstermektedir.

Yin ve arkadaşları (102) 2010 yılında C şekilli kanallara sahip alt çene büyük azı dişlerinde Protaper döner Ni-Ti eğeleri ve K tipi el eğeleri ile şekillendirme sonrasında, Protaper grubunda % 59,6 oranında kanal duvarlarına aletlerin temas

etmediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Solomonov ve arkadaşları (162) 2012 yılında Protaper ve SAF sistemlerini kullanarak şekillendirdikleri 16 adet alt çene büyük azı dişi ve 4 adet üst çene büyük azı dişine ait C şekilli kanallarda SAF sisteminin % 41 ± 14 , Protaper aletlerinin ise % 66 ± 6 oranında kanal duvarına temas etmediğini bildirmişlerdir. C şekilli kanalların karmaşık kanal anatomileri nedeniyle oval kanallara kıyasla temizlenmelerinin daha zor olduğu bilinmektedir (207). Dolayısıyla, bulgularımızı kıyasladığımızda aletlerin temas etmediği dentin duvarlarının yüzdesel oranının daha fazla olması muhtemeldir. Bununla birlikte, Solomonov ve arkadaşlarının da kullandığı SAF sistemi içi boşluklu dizaynı sayesinde kanal duvarlarına daha iyi adapte olarak daha az oranda temas edilmeyen alanın kalmasını sağlamıştır.

Paque ve arkadaşları (100) 2009 yılında üst çene büyük azı dişlerinin kanallarını 6 farklı sistemle şekillendirmişer ve μ BT ile elde edilen görüntülerin 3 boyutlu modellenmesi sonrasında eğelerin kanal duvarlarına temas etmediği alanı değerlendirmişlerdir. Tüm kanal boyunca Protaper sisteminin kanal duvarlarının yaklaşık olarak % 40'ına yakın kısmını şekillendirmediğini bildirmişlerdir. 2003 yılında Peters ve arkadaşlarının (64) yaptığı çalışmada da Protaper ile şekillendirilen üst çene büyük azı dişlerinde meziobukkal kanalda % $43,0 \pm 29,2$ distobukkal kanalda % $33,2 \pm 18,9$ palatinal kanalda ise % $49,0 \pm 29,0$ oranında eğelerin kanal duvarlarına temas etmediğini bildirmişlerdir. Bu çalışmalarda meziobukkal ve distobukkal kanalların şekillendirmeleri F2 kanal eğesinde tamamlanırken, palatinal kanallarda ise F3 numaralı bitirme eğesi ile şekillendirme tamamlanmıştır. Bizim çalışmamızda ise şekillendirme distal kanallarda F4 mezial kanallarda ise F3 numaralı bitirme eğelerinde tamamlanmıştır. Bu nedenle bizim çalışmamızda elde

ettiğimiz kanal aletlerinin temas etmediği kanal alanı oranının daha düşük bulunmuştur.

Paque ve arkadaşlarının (190) yaptığı bir diğer çalışmada ise alt çene büyük azı dişlerinin mezial kök kanallarında Protaper sistemini hem devamlı rotasyonla hem de yalnızca F2 numaralı Protaper bitirme eğesini resiprokal hareket ile kullanarak eğelerin şekillendirme sırasında temas etmediği alan incelenmiştir. Devamlı rotasyon ile F2 numaralı eğeye kadar şekillendirilen mezial kanallarda $\% 18,7 \pm 15,9$ oranında aletlerin kanal duvarlarında şekillendirme yapmadıkları rapor edilmiştir. Bizim çalışmamız da ise şekillendirme mezial kök kanallarında F3 numaralı alet ile tamamlanmış olmasına rağmen kanal aletlerinin temas etmediği alanın Paque ve arkadaşlarının çalışmaları ile benzer oranlarda olduğu gözlemlendi. İki çalışmada da benzer kök kanalları kullanılmış olmasına rağmen, örnek seçimi sırasında farklı kurvatür ölçüm yöntemleri kullanılmış olması nedeniyle kanalların zorluk derecesinde farklılıklar olabileceği düşüncesindeyiz.

Her ne kadar kök kanal preparasyonu sonrası gözlenen şekillendirilmemiş alanlar, kök kanalının mekanik dezenfeksiyonunun yetersizliğini gösteren bir bulgu olsa da kimyasal temizleme de en az mekanik temizlik kadar dezenfeksiyonun sağlanmasında önemli bir faktördür. Özellikle yan kanallar ve istmusların sıklıkla gözlemlendiği büyük azı dişlerinde irigasyonun etkinliğinin de artırılması gerekmektedir. Bu nedenle yalnızca temas edilmeyen yüzey alanını tek başına değerlendirerek aletin kök kanal şekillendirmesi sırasındaki etkinliği konusunda kesin bir yorum yapmak yerine kemo-mekanik temizliğin birlikte değerlendirildiği durumda elde edilecek bulguları değerlendirmenin daha doğru olacağı görüşündeyiz.

4.3.5. Transportasyon Bulgularının Değerlendirilmesi

Endodontik tedavinin başarısını etkileyen bir diğer faktör ise kök kanalının orijinal şekline sadık kalınarak şekillendirmenin tamamlanmasıdır. Şekillendirme sırasında kullanılan kanal aletinin dizaynına, genişletme tekniğine veya hekimin el hassasiyetine bağlı olarak hatalı eğeleme yapılması sonucunda apikal foramen yer değiştirmesi ya da kanal yolunun orijinal şeklinden sapma olması transportasyon (yer değiştirme) olarak adlandırılmaktadır. Transportasyon miktarının fazla olması durumunda apikalden basamak ve perforasyon meydana gelmesi kaçınılmaz olmaktadır (123).

Literatürde kök kanal transportasyonunun değerlendirilmesinde geçmiş yıllarda çoğunlukla çift dijital radyografi tekniği (208), dijital radyograf görüntülerinin karşılaştırılması (209) gibi iki boyutlu değerlendirmeye olanak sağlayan teknikler kullanılmaktaydı. Son yıllarda ise bilgisayarlı tomografi (73), konik ışın hüzmeli bilgisayarlı tomografi (210) ve mikro bilgisayarlı tomografi (64, 96, 109) gibi üç boyutlu değerlendirme teknikleri ile transportasyon değerlendirilmektedir.

Bu bilgiler doğrultusunda biz de çalışmamızda her iki ege sisteminin meydana getirmiş olduğu transportasyon miktarını vektörel olarak apikal, orta ve koroner bölgeler için ayrı ayrı hesapladık. 3D analizler ile elde edilen x, y ve z koordinat değerleri ile kullanılarak transportasyon aşağıdaki formüle göre hesaplandı. Böylece 3 boyutlu kök kanal sisteminin tüm bölgelerde şekillendirme öncesine göre ne kadar yer değiştirdiği vektörel olarak gerçeğe en yakın oranda hesaplanmıştır.

Centroid (x),Crd.X,9.0103E+002,um
Centroid (y),Crd.Y,8.1818E+002,um
Centroid (z),Crd.Z,1.1664E+004,um

$$\sqrt{(X_s - X_0)^2 + (Y_s - Y_0)^2}$$

Çalışmamızda hem SAF hem de Protaper döner Ni-Ti sistemleri ile şekillendirilen distal ve mezial kanallarda üç bölgenin herbirinde meydana gelen transportasyon miktarının birbirine göre farklı olmadığı görülürken, iki deney grubu arasında, benzer bölgelerde meydana gelen transportasyon incelendiğinde de sistemlerin meydana getirdiği transportasyonun birbirinden farklı olmadığı istatistiksel olarak gözlemlendi.

Çalışmamızın bulgularına göre SAF ile şekillendirilen distal kök kanallarının apikal bölgesinde $0,43 \pm 0,08$ mm, orta üçlüde $0,29 \pm 0,06$ mm ve koroner bölgede $0,56 \pm 0,08$ mm yer değiştirme meydana gelmiştir. Protaper ile şekillendirilen kanallarda ise bu değerler apikalde $0,35 \pm 0,07$, orta üçlüde $0,43 \pm 0,06$ ve koronerde $0,49 \pm 0,05$ olarak kaydedilmiştir.

Mezial kök kanallarında ise transportasyon değerleri SAF grubunda apikalde $0,44 \pm 0,04$ mm, orta üçlüde $0,42 \pm 0,03$ mm ve koronerde ise $0,53 \pm 0,06$ mm olarak tespit edilmiştir. Protaper grubunda ise transportasyon değerleri bölgelere göre sırasıyla $0,48 \pm 0,04$ mm, $0,57 \pm 0,08$ mm ve $0,60 \pm 0,09$ mm olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte eğimli olan mezial kök kanallarında Protaper ile şekillendirilen kanallarda tüm bölgelerde daha yüksek transportasyon değerleri elde edilmiştir.

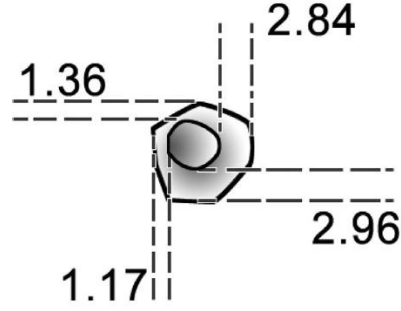
Gekelman ve arkadaşları (99) Protaper ve GT döner sistemleri ile şekillendirdikleri alt çene büyük azı dişlerinin mezial kanallarında koroner bölgede $0,20 \pm 0,10$ mm, orta üçlüde $0,16 \pm 0,07$ mm ve apikalde ise $0,19 \pm 0,11$ mm

transportasyon meydana geldiğini bildirmişlerdir. Paque ve arkadaşları (190) 20⁰ - 40⁰ eğime sahip alt çene büyük azı dişlerinin mezial kök kanallarında Protaper sistemini hem devamlı rotasyonla hem de yalnızca F2 numaralı Protaper bitirme eğesini resiprokal hareket ile kullanarak eğelerin meydana getirdiği transportasyonu değerlendirmişlerdir. Protaper döner Ni-Ti eğelerinin devamlı rotasyon ile kullanıldığı grupta meydana gelen transportasyonu koroner bölge için $106,9 \pm 79,9$ μm , orta üçlü için $72,4 \pm 56,1$ μm ve apikal bölge içi ise $51,6 \pm 33,4$ μm olarak rapor etmişlerdir. Peters ve arkadaşları (64) 2003 yılında Protaper ile şekillendirilen üst çene büyük azı dişlerinde meziobukkal kanalın apikalinde 0,15 mm orta üçlüde 0,2 mm koronerde ise 0,25 mm'ye yakın transportasyon meydana geldiği bildirilmiştir. Distobukkal kanalın apikal ve orta üçlüsünde 0,1 mm koronerinde ise 0,15 mm, palatinal kanalda ise 0,15 mm apikalde 0,12 mm orta üçlüde ve koronerde de 0,13 mm transportasyon meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Bulgularımızla kıyasladığımızda, transportasyon değerlerinin bu çalışmalarda daha düşük olduğu görüldü. Bu farklılık bizim çalışmamızdan farklı olarak son şekillendirmenin, F2 numaralı kanal eğesiyle tamamlanmasıyla açıklanabilmektedir. Eğelerin taper boyutlarının transportasyonda etki gösteren önemli bir faktör olduğu ve taperin azalması ile transportasyon arasında doğru bir orantı olduğu ortaya koyulmuştur (207). Bu bilgiler ışığında F2 ve F3 Protaper kanal eğelerinin hem apikal çapı hem de aletlerin koronere doğru göstermiş oldukları açılım değerlerinin farklı olması ve uzaklaştırılan dentin miktarının bizim çalışmamızda daha fazla olması sebebiyle transportasyonun daha fazla olması muhtemeldir.

Hartmann ve arkadaşları (73) 3 farklı şekillendirme sisteminin üst çene büyük azı dişlerinin meziobukkal kanallarında meydana getirdikleri transportasyon miktarını, apikal 3 mm de Adobe Photoshop programında görüntülerin karşılaştırılması

ile değerlendirilmiştir. Protaper döner Ni- Ti sisteminin apikal de 0.22 mm transportasyon meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Javaheri ve Javaheri (143) 25⁰ - 35⁰ kök eğimine sahip üst çene büyük azı dişlerinin meziobukkal kanallarında Hero 642, RaCe ve ProTaper sistemleri ile şekillendirmişler ve radyografik karşılaştırma tekniği ile Protaper eğelerinin meydana getirdiği transportasyon miktarını apekten 1 mm geride $0,27 \pm 0,03$ mm olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmalarda farklı morfolojiye sahip üst çene büyük azı dişlerinin meziobukkal kanallarının kullanılmış olması ve örnek seçimi sırasında kök kanal eğimlerinin dışında transportasyonu etkileyebilecek kök kurvatür yarıçaplarının dikkate alınmamasının transportasyon bulgularını etkilediğini düşünmekteyiz.

Uyanık ve arkadaşları (192) 2006 yılında, 20⁰-30⁰ kök eğimine sahip alt çene büyük azı dişlerinin mezial kök kanallarını Hero Shaper, ProTaper ve RaCe sistemleri ile şekillendirmişler ve Protaper döner Ni-Ti sistemi ile meydana gelen transportasyonu $0,7 \pm 0,67$ mm olarak rapor etmişlerdir. Bulgularımız arasındaki bu farklılık, çalışmalar arasında yöntemsel farklılıklar olmasıyla açıklanabilmektedir. Bizim çalışmamızda transportasyon ölçümlerimiz kök kanallarının şekillendirme öncesi ve sonrasında x, y ve z düzlemlerindeki konumlarının şekillendirme sonrasındaki değişim esas alınarak hesaplandı. Uyanık ve arkadaşları ise mezial, distal, bukkal ve lingual olmak üzere toplamda 4 yönde şekillendirme öncesine göre meydana gelen yer değiştirmeyi 14 adet kesit görüntüsü üzerinde 2D olarak hesaplamışlardır. Ardından büyük olan değerden küçük olan değerleri çıkararak Pisagor teoremine göre transportasyonun meziodistal veya bukkal-lingual olarak ne kadar ve hangi yönde meydana geldiğini hesaplayarak vektörel transportasyon değerini elde etmişlerdir (Şekil 9).



Şekil 9. Uyanık ve arkadaşlarının transportasyonu hesaplarken kullandıkları yöntem

Kunert ve arkadaşları (209) ProTaper F3 ve F4 eğelerini apikal transportasyon yönünden değerlendirdiklerinde, ProTaper sistemine yeni eklenen daha büyük çapa sahip F4 eğesinin bukkolingual yönde transportasyona yol açabildiğini ve özellikle kurvatürlü kanalların apikal uçlusu şekillendirilirken F4 eğesinin dikkatli kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda da distal kök kanallarında gözlemlediğimiz transportasyon değerleri eğimli olan mezial kök kanalları ile benzer değerlerde gözlendi. Bu duruma distal kök kanallarının şekillendirmesinin F4 eğesi ile tamamlanmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Burroughs ve arkadaşları (170) S şekilli yapay kanallarda SAF, Typhoon ve Vortex döner Ni-Ti aletlerinin x40 büyütmede şekillendirme öncesi ve sonrası fotoğraflarını kullanarak kanallarda meydana gelen transportasyon miktarını apikalden itibaren 1mm' lik aralıklarla (apikalden 7 mm ye kadar) değerlendirerek tüm seviyelerde en az transportasyonu SAF sisteminin yarattığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte özellikle mezial kanallarda elde edilen transportasyon değerlerimiz Protaper grubuna kıyasla daha düşük bulunmuştur. Ancak çalışmamızın aksine yapay kanallarda

transportasyonun değerlendirilmesinin klinik koşulları tam olarak yansıtmadığını düşünmekteyiz.

Paque ve Peters (109) 2011 yılında uzun oval kanala sahip alt çene büyük azı dişlerinin distal kanallarında SAF ile şekillendirme sonrasında koroner bölgede 106 ± 50 , orta üçlüde 64 ± 36 ve apikalden ise 81 ± 49 μm transportasyona yol açtığını bildirmişlerdir. Transportasyon hesaplamaları sırasında z eksenini boyunca kök kanal merkezinden sapma miktarı (transportasyon) kök kanal şekillendirmesi öncesi ve sonrası meydana gelen farktan yararlanarak hesaplanmıştır. Çalışmamızda her üç bölge için de elde edilen transportasyon değerleri daha yüksektir. Çalışmalar arasında transportasyonun hesaplanmasında yöntemsel farklılıklar olması, bulgularımız arasındaki bu farklılığı açıklayabilmektedir.

Literatüre baktığımızda çalışmamızda kullandığımız SAF eğe sisteminin kök kanal şekillendirilmesi sonrasında meydana gelen transportasyonun değerlendirilmesi üzerine etkisini inceleyen çok az çalışma mevcuttur (109, 170). Bu nedenle SAF sistemiyle elde ettiğimiz transportasyon bulgularını değerlendirebilmemiz için, yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

4.3.6. Çalışma Süresi Bulgularının Değerlendirilmesi

Kök kanal tedavisi sırasında geçen süre hem hastanın hem de hekimin konforu açısından önem taşımaktadır. Başarılı bir kök kanal tedavisi için en önemli aşama olan kök kanallarının kemo-mekanik olarak temizlenmesi, çalışma süresinin büyük çoğunluğunu kapsamaktadır. Geçmiş yıllarda el ile yapılan kök kanal şekillendirmesinin yerini döner Ni-Ti sistemlerinin almasıyla kanalların şekillendirilmesi için geçen sürelerin kısaldığı bildirilmiştir (211). Son dönemde geliştirilen döner Ni-Ti eğe sistemlerinin her biri farklı sayıda kanal aletinden

oluşmaktadır. Bu nedenle kanalların şekillendirilmesi sırasında geçen sürenin kullanılan şekillendirme sistemindeki alet sayısı ile orantılı olduğu ve döner aletlerin kendi içinde de çalışma süreleri açısından farkın meydana gelmesinde etkili olduğu bildirilmiştir (154). Gelişen teknoloji ile birlikte son dönemde hem etkili bir şekillendirme yapabilmek hem de bakteri kontaminasyonunu minimuma indirebilmek için tek kullanımlık tek ege sistemleri piyasaya sürülmektedir. Öte yandan kullanılan ege sayısının azalması ile birlikte irigasyon aşaması kısa tutulmakta ve karmaşık kanal anatomisinde yan kanal ve istmuslar yeteri kadar temizlenememektedir. Bu problemin üstesinden gelebilmek için kullanılan irigasyon solüsyonunun miktarı ve enerjisinin artırılmasının gerektiği vurgulanmaktadır (171).

Biz de çalışmamızda içi boşluklu dizaynı sayesinde devamlı irigasyona izin veren ve tek ege sisteminden oluşan SAF egesi ile Protaper döner Ni-Ti ege sisteminin kök kanallarındaki temizleme ve şekillendirme etkinliklerini araştırdık. 25° - 35° kök eğimine sahip alt çene büyük azı dişlerinin mezial kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında eğimin çalışma süresi üzerine etkisi olup olmadığını inceledik.

Literatürde SAF sisteminin kullanıldığı çalışmalarda genellikle şekillendirme süresi 4 dk olarak bildirilmiştir. Bu nedenle biz de başlangıçta çalışmamızda SAF sistemi ile kök kanallarını 4 dk da şekillendirmeyi uygun gördük. Distal köklerde 4 dakika içerisinde çalışma boyuna ulaşıp bu boyda şekillendirme yapılabilirken, kök eğimine sahip mezial köklerin bir kısmında 4 dakikalık sürenin sonunda çalışma boyuna ulaşmadığını gözlemledik. Bu kanallarda şekillendirmeye SAF egesi ile rahat bir şekilde çalışma boyuna ulaşıncaya kadar devam edildi ve bu sırada geçen süre Vatea cihazı ekranından okunarak her örnek için kaydedildi. Protaper döner Ni-Ti sistemi için ise aktif egeleme, alet değişimi sırasında geçen süre ve irigasyon

sırasında geçen sürenin toplamı bu gruptaki örnekler için çalışma süresi olarak kaydedildi.

Elde ettiğimiz veriler doğrultusunda Protaper döner Ni-Ti aletlerinin mezial kanalları ortalama $8,56 \pm 0,48$ dakikada (513 sn) SAF sisteminin ise $5,6 \pm 0,22$ dakikada (336 sn) kök kanallarını şekillendirdiğini gözlemledik. Ayrıca kök kanal eğimi arttıkça her iki sistemde de şekillendirme süresinin arttığını, yani kök kanal eğim derecesi ile çalışma süreleri arasında pozitif yönde bir korelasyon olduğunu gördük.

Pasqualini ve arkadaşları (211) Protaper döner Ni-Ti eğeleri ile Protaper el eğelerinin kök kanallarını şekillendirme sürelerini karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar döner aletler ile kök kanallarını şekillendirme süresinin el aletlerine kıyasla daha kısa sürede tamamlandığını bildirmiştir.

Guelzow ve arkadaşları (151) FlexMaster, System GT, HERO 642, K3, ProTaper ve Race döner Ni-Ti sistemlerini kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında Protaper sistemi ile 152.0 saniyede kök kanal şekillendirmesinin tamamlandığını bildirmişlerdir. Ancak çalışmada alet değişimi sırasında ve irigasyon sırasında geçen sürenin dikkate alınıp alınmadığı belirtilmemiştir.

Paque ve arkadaşları (212) alt çene büyük azı dişlerinin $20^0 - 40^0$ eğime sahip mezial kanallarını Race ve Protaper sistemleri ile son eğe F3 ve # 30.04 numaralı alet olacak şekilde şekillendirmişler ve aletlerin şekillendirme etkinliklerini farklı parametreler aracılığıyla değerlendirmişlerdir. Çalışmanın bulgularına göre Protaper sisteminin (7 alet) ortalama şekillendirme süresini 90,9 sn, Race sistemini (9 alet) ise 137,6 sn olarak rapor ederken iki aletin şekillendirme süreleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bildirmişlerdir. Ancak çalışmada hem alet değişimi sırasında geçen süre hem de irigasyon sırasında geçen süre dikkate

alınmamıştır. Bu çalışmalardan farklı olarak Ünal ve arkadaşları (213) 2009 yılında alt çene büyük azı dişlerinin mezial kök kanallarını Protaper ve Protaper Universal aletleriyle şekillendirmiş ve aktif şekillendirme, alet değişimi ve irigasyon sırasında geçen sürenin toplamını değerlendirmiş ve Protaper grubunda çalışma süresini 482 ± 75 sn olarak kaydetmişlerdir. Benzer şekilde Vahid ve arkadaşlarının (214) yaptığı çalışmada da ProTaper, ProFile, FlexMaster ve Mtwo döner Ni-Ti aletlerinin üst çene büyük azı dişlerinin meziobukkal kanallarında çalışma zamanı, çalışma boyu kaybı ve şekillendirme etkinlikleri şekillendirme öncesi ve sonrası radyogramlar üzerinden incelenmiş ve Protaper ile şekillendirilen kanallarda çalışma süresi 416.8 ± 75.52 sn olarak bildirilmiştir. Elde ettiğimiz 513 ± 28 sn lik şekillendirme süresi ile kıyasladığımızda bulgularımız Ünal ve arkadaşlarının bulgularıyla uyum içindedir. Bizim çalışmamıza nazaran Vahid ve arkadaşlarının elde etmiş oldukları daha kısa çalışma süresine ise, araştırmacıların yalnızca SX, F1, F2 ve F3 eğeleri kullanarak şekillendirmeyi tamamlamalarının sebep olduğunu düşünmekteyiz.

V BÖLÜM

SONUÇLAR

Çalışmamızda SAF ve Protaper olmak üzere iki farklı dizayna ve konsepte sahip olan döner Ni-Ti sistemleri kullanılarak kök kanal şekillendirmesi sonrasında meydana gelen hacim, yüzey alanı, meydana gelen transportasyon, eğelerin temas etmediği yüzey alanı miktarı ve şekillendirme zamanının kök eğim derecesi ile olan ilişkisi μ BT kullanılarak değerlendirildi. Elde ettiğimiz bulguları değerlendirdiğimizde;

1. Mikro Bilgisayarlı Tomografi yüksek çözünürlükte ve daha ince kesit görüntülerinin alınmasını sağlayarak çalışmamızda kullandığımız kök kanallarının üç boyutlu modellerini oluşturmamıza yardımcı oldu. Yöntemin maliyetinin yüksek olmasına ve uzun tarama ve 3D modelleme süresine ihtiyaç duymamıza rağmen μ BT gerçeğe en yakın verileri elde etmemizi sağladı.

2. Çalışmamızda kullandığımız Protaper döner Ni-Ti sisteminin özellikle daha dar olan mezial kanallarda tüm bölgelerde SAF sistemine göre kök kanallarından daha fazla miktarda dentin uzaklaştırdığı görüldü. Distal kanallarda ise kök kanallarından uzaklaştırılan dentin miktarı açısından deney grupları arasında bir fark saptanmadı.

3. Şekillendirme öncesine göre kanalın şeklinde meydana gelen değişimi değerlendirdiğimiz SMI değerinde, distal kanallarda Protaper ve SAF sistemleri arasında istatistiksel fark görülmedi. Mezial kanallarda ise apikal, orta ve koroner bölgelerin tümünde Protaper sisteminin SAF sistemine göre kanalın şeklini

şekillendirme öncesine göre daha fazla değiştirdiği ve bu değişimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptandı. SAF sisteminin mezial kanal anatomisine daha çok sadık kalarak şekillendirme yaptığı gözlemlendi.

4. Çalışmamızda oval kesit yapısına sahip distal kök kanallarında şekillendirme öncesine oranla, özellikle orta ve koroner bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte yüzey alanında bir azalma meydana geldiği görüldü. Mezial kanallarda ise orta ve koroner üçlülerde Protaper döner eğe sisteminin, SAF sistemine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüzey alanında artış yarattığı saptandı.

5. Eğelerin temas etmediği kanal duvarı alanını değerlendirdiğimizde, distal kanallarda SAF ve Protaper sistemleri arasında anlamlı bir fark saptanmazken, mezial kanallarda orta ve koroner bölgelerde daha fazla dentin uzaklaştıran Protaper sisteminin istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla kanal yüzeyine temas ettiği belirlendi.

6. SAF ve Protaper sisteminin kullanıldığı deney grupları arasında ve her bir sistemin kök kanalının farklı bölgelerinde yaratmış olduğu transportasyon miktarında hem distal hem de mezial kanallarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi.

7. Şekillendirme sırasında geçen sürenin hem kullanılan alet sayısı hem de kök kanal eğim derecesi ile doğru orantılı olarak arttığı gözlemlendi.

VI. BÖLÜM

ÖZET

İKİ FARKLI GENİŞLETME SİSTEMİNİN OVAL KANALLARDAKİ TEMİZLEME VE ŞEKİLLENDİRME ETKİNLİKLERİNİN KIYASLANMASI: *İN-VİTRO ÇALIŞMA*

Bu çalışmanın amacı mikro bilgisayarlı tomografi kullanarak, farklı dizayna sahip iki döner Ni-Ti sisteminin alt çene birinci büyük azı dişinin kök kanallarındaki temizleme ve şekillendirme etkinliğini hacim, yüzey alanı, temas edilmeyen alan, transportasyon ve çalışma zamanı açısından karşılaştırmaktır.

Çalışmada 20 adet çekilmiş alt çene birinci büyük azı dişi şekillendirme öncesin ve Protaper ve SAF ile şekillendirme sonrası μ BT cihazı ile tarandı. Çalışma süreleri, dijital bir kronometre ile irigasyon ve aletlerin değişim süreleri de dahil edilerek elde edildi. CTA'n yazılım programıyla hacim, yüzey alanı ve transportasyon miktarı ölçüldü. Elde edilen kesitler uygun yazılımlar yardımıyla üç boyutlu hale getirildi ve görüntüler üst üste karşılaştırılarak temas edilmeyen alan hesaplandı.

Çalışmanın sonucunda, Protaper sisteminin mezyal kanallarda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla dentin kaldırması nedeniyle bu kanallarda SAF sistemine göre daha az temas edilmeyen alan gözlemlendi. Yüzey alanı bakımından ise gruplar arasında distal kanallarda farklılık görülmezken, mezyal kanalların orta ve koroner uçlülerinde Protaper eğelerin yüzey alanını anlamlı derecede arttırdığı belirlendi. Hem SAF hem de Protaper sistemleri ile transportasyon meydana

gelmesine rağmen, gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmadı. Ayrıca çalışma zamanı ve köklerin eğim dereceleri arasında pozitif yönde korelasyon olduğu görüldü.

ABSTRACT

Comparison of the Cleaning and Shaping Efficacy of Two Different Systems for Preparing Oval-Shaped Root Canals: *In-Vitro* Study

The purpose of this study is to compare the cleaning and shaping efficiency of two Ni-Ti rotary systems, with different design, on root canals of mandibular first molars by means of comparing the change in volume, surface area, untouched root canal area, transportation and working time using micro computed tomography.

Twenty extracted human mandibular first molars were scanned, before and after shaping with Protaper and SAF using micro computed tomography. Working time was managed with digital cronometre including irrigation and file changing times. Volume, surface area and transportation were measured with CTAn Software. Sections obtained were transformed into 3D models using appropriate software and untouched areas were calculated on the images reconstructed.

In the result of this study, it is observed that ProTaper rotary system removed significantly more dentin in mesial root canals. Also the untouched area was lower than SAF system. There is no significant difference between the groups in distal roots according to the surface area change. However, Protaper system increased the surface area in the middle and coronal thirds of mesial root canals significantly. Although both rotary systems showed transportation in all thirds, the difference was not statistically significant between the groups. Also, a correlation between working time and the root canal curvature was observed.

KAYNAKLAR

1. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am. 1974; 18:269-96.
2. Bayırlı G. Endodontik Tedavi 1. İstanbul: İ.Ü Basımevi ve Film Merkezi;1998.
3. Hülsmann M, Peters OA, Dummers PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and mean. Endod Topics. 2005; 10:30-76.
4. Peters OA, Paque F. Current developments in rotary root canal instrument technology and clinical use: a review. Quintessence Int. 2010; 41:479-88.
5. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. J Endod. 2004; 30:559-67.
6. Armitage GC, Ryder MI, Wilcox SE. Cemental changes in teeth with heavily infected root canals. J Endod. 1983:127-30.
7. Peters LB, Wesselink PR, Buijs JF, van Winkelhoff AJ. Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. J Endod. 2001;27:76-81.
8. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. Int Endod J. 1998; 31:384-93.
9. Ando N, Hoshino E. Predominant obligate anaerobes invading the deep layers of root canal dentine. Int Endod J. 1990;23:20-7.
10. Venturi M, Prati C, Capelli G, et al. 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.
11. 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.

12. Mizrahi SJ, Tucker JW, Seltzer S. A scanning electron microscopic study of the efficacy of various endodontic instruments. *J Endod.* 1975;1:324-33.
13. Bramante CM, Berbert A, Borges RP. A methodology for evaluation of root canal instrumentation. *J Endod.* 1987;13:243-5.
14. Southard DW, Oswald RJ, Natkin E. Instrumentation of curved molar root canals with the Roane technique. *J Endod.* 1987;13:479-89.
15. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 1984; 58:589-99.
16. Çalışkan MK, Pehlivan Y, Sepetçioğlu F, Türkün M, Tuncer SŞ. Root canal morphology of human permanent teeth in a Turkish population. *J Endod.* 1995; 21:200-4.
17. Davis SR, Brayton SM, Goldman M. The morphology of prepared root canal: A study utilizing injectable silicone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1972; 34:642-8.
18. Wakabayashi H, Matsumoto K, Sbirasuka T, Funato A, Tsuzuki N. Scanning electron microscopic study of dentin walls of the pulp chamber by areplica technique *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1988; 66:236-42.
19. Gilles J, Reader A. An SEM investigation of the mesiolingual canal in human maxillary first and second molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1990; 70:638-43.
20. McCann JT, Keller DL, LaBounty GL. A modification of the muffle model system to study root canal morphology. *J Endod.* 1990; 16:114-5.
21. Weine FS, Healey HJ, Gerstein H, Evanston L. Canal configuration in mesiobuccal root of the maxillary first molar and its endodontic significance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1969; 28:419-25.

22. Hession RW. Endodontic morphology II. A radiographic analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1977; 44:610-20.
23. Calhoun G, Montgomery S. The effects of four instrumentation techniques on root canal shape. *J Endod.* 1988; 14:273-7.
24. Trope M, Elfenbein L, Tronstad L. Mandibular premolars with more than one root canal in different race groups. *J Endod.* 1986; 12:343-5.
25. Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, et al. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J.* 1999; 32:165-70.
26. Bjørndal L, Carlsen O, Thuesen G, et al. External and internal macromorphology in 3D-reconstructed maxillary molars using computerized X-ray microtomography. *Int Endod J.* 1999; 32: 3-9.
27. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res.* 1981; 89:321-8.
28. Ørstavik D, Kerekes K, Molven O. Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *Int Endod J.* 1991; 24:1-7.
29. Dalton BC, Ørstavik D, Phillips C, et al. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. *J Endod.* 1998;24:763-7.
30. Gutmann JL. Prevalence, location and patency of accessory canals in the furcation region of permanent molars. *J Periodontol.* 1978; 49:21-6.
31. Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1995;6:769-77.
32. Jou YT, Karabucak B, Levin J, Liu D. Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dent Clin North Am.* 2004; 48:323-35.

33. Wu MK, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2000; 89:739-43.
34. Mauger MJ, Schindler WG, Walker WA. An evaluation of canal morphology at different levels of root resections in mandibular incisors. *J Endod.* 1999;24:607-9.
35. Gani O, Visvisian C. Apical canal diameters in the first upper molar at various ages. *J Endod.* 1999;25:689-91.
36. Wu MK, Wesselink PR. A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J.* 2001;34:137-41.
37. Walton RE, Torabinejad M. Internal anatomy. *Principles and Practice of Endodontics.* TM, editors. Pennsylvania, W.B. Saunders Company.2002.
38. Cunningham CJ, Senia ES. A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *J Endod.* 1992; 18:294-300.
39. Günday M, Sazak H, Garip Y. A comparative study of thre different rootcanal curvature measurement techniques and measuring the canal. Access angle in curved canals. *J Endod.* 2005; 31:796-98.
40. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1971; 32:271-75.
41. Weine FS. The use of non-ISO-tapered instruments for canal flaring. *Compendium of continuing education in dentistry. Compend Contin Educ Dent.* 1996;17:651-6, 8-60, 62-3.
42. Hankins PJ, ElDeeb ME. An evaluation of the Canal Master, balanced force, and step-back techniques. *J Endod.* 1996; 22:123-30.
43. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL, Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997; 23:77-85.

44. Küçükay ES, Küçükay I, Yılmaz B. Kök Kanalı Şekillendirme Yöntemleri. İstanbul: Promat; 2004.
45. Ingle JI, Taintor JF. Endodontics. Lea & Febiger Philadelphia 1985.
46. Seidler B. Root canal fillings: an evaluation and method JADA. 1956; 53:567-76.
47. Ingle JI. A standardized endodontic technique using newly designed instruments and filling materials. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 1961; 14:83-91.
48. Weine FS, Kelly RF. The effect of preparation on original canal shape and on apical foramen shape J Endod. 1975;1:255-62.
49. Mullaney PT. Instrumentation of finely curved canals. Dent Clin North Am. 1979; 23:575-92.
50. Goerig AC. Instrumentations of root canals of molar using the step-down technique. J Endod. 1982; 8:550-4.
51. Stock CJR, Gulabivala K, Walker RT, Goodman JR. Endodontics. 2nd ed. London, UK: Mosby-Wolfe; 1997.
52. McCann JT, Keller DL, LaBounty GL. A remaining dentin/cementum thickness after hand and ultrasonic instrumentation J Endod. 1990; 16:109-13.
53. Cohen S, Hargreaves KM. Pathways of the Pulp. St. Louis: Mosby; 2011. p : 223-82.
54. 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.
55. ElDeeb ME, Boraas JC. The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals. Int Endod J. 1985; 18:1-7.

56. Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod.* 1988; 14:346-51.
57. Kazemi RB, Stenman E, Spangberg LS. A comparison of stainless steel and nickel-titanium H-type instruments of identical design: torsional and bending tests. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2000; 90:500-6.
58. Thompson SA. An overview of the nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000; 33:297-310.
59. Peters OA, Peters CI. Cleaning and shaping of the root canal system. In: Keiser K, editor. *Pathways of the Pulp.* 9th ed: Mosby: Elsevier; 2011. p. 283-348.
60. Clauser T, Baumann MA. ProTaper NT system. *Dent Clin North Am.* 2004; 48:87-111.
61. Ruddle CJ. The ProTaper technique. *Endod Topics* 2005; 10:187-90.
62. Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. *J Endod.* 2004 ;30:228-30.
63. Ruddle CJ. The ProTaper endodontic system: geometries, features, and guidelines for use. *Dent Today.* 2001; 20:60-7.
64. 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.
65. De-Deus G, Souza EM, Barino B, et al. The self-adjusting file optimizes debridement quality in oval-shaped root canals. *J Endod.* 2011; 37:701-5.
66. Metzger Z, Teperovich E, Zary R, et al. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy-- a new concept of endodontic files and its implementation. *J Endod.* 2010; 36:679-90.

67. Hof R, Perevalov V, Eltanani M, et al. The self-adjusting file (SAF). Part 2: mechanical analysis. *J Endod.* 2010; 36:691-6.
68. Metzger Z, Teperovich E, Cohen R, et al. The self-adjusting file (SAF). Part 3: removal of debris and smear layer- A scanning electron microscope study. *J Endod.* 2010; 36:697-702.
69. Hülsmann M, Rummelin C, Schafers F. Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: a comparative SEM investigation. *J Endod.* 1997; 23:301-6.
70. Röding T, Hülsmann M, Mühge M, Schafers F. Quality of preparation of oval distal root canals in mandibular molars using nickel-titanium instruments. *Int Endod J.* 2002;35:919-28.
71. Backman CA, Oswald RJ, Pitts DL. A radiographic comparison of two root canal instrumentation techniques. *J Endod.* 1992; 18:19-24.
72. Bergmans L, van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. A methodology for quantitative evaluation of root canal instrumentation using microcomputed tomography. *Int Endod J.* 2001; 34:390-98.
73. Hartmann MS, Barletta FB, Camargo Fontanella VR, Vanni JR. Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography. *J Endod.* 2007; 33:962-5.
74. Hülsmann M, Bluhm V. Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary NiTi instruments in root canal retreatment. *Int Endod J.* 2004; 37:468-76.
75. Ceydeli N. Radyolojik Görüntüleme Tekniği İzmir. 2000. p: 203-50
76. White SC, Pharoah MJ. *Oral Radiology: Principles and Interpretation*, St. Louis, Missouri. 5th ed: Mosby; 2004. p: 191-255 .

77. Tuncel E. Klinik Radyoloji. 2. Baskı. Bursa: Nobel & Güneş Yayınevi; 2002. p. 40-51.
78. Horarlı A, Akgül HM, Dağıstan S. Dişhekimliği Radyolojisi. Erzurum Eser Ofset Matbaacılık; 2006.
79. Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. Orthod Craniofac Res. 2003;6:31-6.
80. Karagöz D, Eroğul O. Tıbbi Görüntüleme Sistemleri. Ankara: Elma Teknik Basım Matbaacılık; 1998. p. 91-119.
81. Akdeniz BG. Modern görüntüleme yöntemleri. A. Ü. Dishek Fak. Derg. 2000; 27:105-11.
82. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, et al. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. Eur Radiol. 1998; 8:1858-64.
83. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. J Can Dent Assoc. 2006; 72:75-80.
84. Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. Dentomaxillofac Radiol. 2002; 31:126-30.
85. Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. Int Endod J. 2007; 40:818-30.
86. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. Endodontics & Dent Traumatol. 1990; 6:16-20.
87. Berutti E. Computerized analysis of the instrumentation of the root canal system. J Endod. 1993; 19:236-8.

88. Spoor CF, Zonneveld FW, Macho GA. Linear measurements of cortical bone and dental enamel by computed tomography: applications and problems. *Am J Phys Anthropol.* 1993; 91:469-84.
89. Gambill JM, Alder M, del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J Endod.* 1996; 22:369-75.
90. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, et al. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod.* 2007; 33:1121-32.
91. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics. *Int J Dent.* 2009.
92. 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.* 1997; 83:510-6.
93. Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, et al. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod.* 1995; 21:561-8.
94. Balto K, Muller R, Carrington DC, et al. Quantification of periapical bone destruction in mice by micro-computed tomography. *J Dent Res.* 2000; 79:35-40.
95. Peters OA, Laib A, Rueggegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000;79:1405-9.
96. Peters OA, Laib A, Gohring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod.* 200; 27:1-6.

97. Peters OA, Schonenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J*. 2001; 34:221-30.
98. Peru M, Peru C, Mannocci F, et al. Hand and nickel-titanium root canal instrumentation performed by dental students: a micro-computed tomographic study. *Eur J Dent Educ*. 2006; 10:52-9.
99. Gekelman D, Ramamurthy R, Mirfarsi S, et al. Rotary nickel-titanium GT and ProTaper files for root canal shaping by novice operators: a radiographic and micro-computed tomography evaluation. *J Endod*. 2009; 35:1584-8.
100. Paque F, Ganahl D, Peters OA. Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod*. 2009; 35:1056-9.
101. Paque 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; 36:703-7.
102. Yin X, Cheung GS, Zhang C, et al. Micro-computed tomographic comparison of nickel-titanium rotary versus traditional instruments in C-shaped root canal system. *J Endod*. 2010; 36:708-12.
103. Peters OA, Boessler C, Paque F. Root canal preparation with a novel nickel-titanium instrument evaluated with micro-computed tomography: canal surface preparation over time. *J Endod*. 2010; 36:1068-72.
104. Olejniczak AJ, Grine FE. Assessment of the accuracy of dental enamel thickness measurements using microfocal X-ray computed tomography. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*. 2006; 288:263-75.

105. Gaiser S, Deyhle H, Bunk O, et al. understanding nano-anatomy of healthy and carious human teeth: a prerequisite for nanodentistry. *Biointerphases*. 2011;7:1-4.
106. Schwass DR, Swain MV, Purton DG, Leichter JW. A system of calibrating microtomography for use in caries research. *Caries Res*. 2009; 43:314-21.
107. Min Y, Fan B, Cheung GS, et al. C-shaped canal system in mandibular second molars Part III: The morphology of the pulp chamber floor. *J Endod*. 2006; 32:1155-9.
108. Fan B, Yang J, Gutmann JL, Fan M. Root canal systems in mandibular first premolars with C-shaped root configurations. Part I: Microcomputed tomography mapping of the radicular groove and associated root canal cross-sections. *J Endod*. 2008; 34:1337-41.
109. Paque 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; 37:517-21.
110. Cheung GS, Yang J, Fan B. Morphometric study of the apical anatomy of C-shaped root canal systems in mandibular second molars. *Int Endod J*. 2007; 40(4):239-46.
111. Cheung LH, Cheung GS. Evaluation of a rotary instrumentation method for C-shaped canals with micro-computed tomography. *J Endod*. 2008; 34:1233-8.
112. Landis EN, Keane DT. X-ray microtomography. *Material characterization*. 2010;61:1305-16.
113. Harty FJ, Parkins BJ, Wengraf AM. Success rate in root canal therapy: a retrospective study of conventional cases. *Br Dent J*. 1970;20:65-70.

114. Hession RW. Long-term evaluation of endodontic treatment: anatomy, instrumentation, obturation—the endodontic practice triad. *Int Endod J.* 1981; 14:179-84.
115. Lin LM, Skribner JE, Gaengler P. Factors associated with endodontic treatment failures. *J Endod* 1992;18:625.
116. Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *J Endod.* 2007; 33:782-7.
117. Card SJ, Sigurdsson A, Orstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod.* 2002; 28(11):779-83.
118. Siqueira JF Jr, Roças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 2000;26:331-4.
119. Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod.* 2004; 30:110-2.
120. Erdoğan AŞ, Köseoğlu M. Kök kanal morfolojisinin belirlenmesi için kullanılan metodlar. *Atatürk Uni Diş Hek Fak Derg* 1998; 8:94-9.
121. Nagy CD, Bartha, K, Bernath, M, et al. The effect of root canal morphology on canal shape following instrumentation using different techniques. *Int Endod J.* 1997; 30:133-40.
122. Lim KC, Webber J. The effect of root canal preparation on the curved root canal. *Int Endod J.* 1985; 18:233-9.
123. Weine FS. *Endodontic Therapy*. 6th ed. Missouri: Mosby 2004.
124. Abou-Rass M, Frank A, Glick D. The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *J Am Dent Assoc.* 1980; 101:792.

125. Tang MPF, Stock CJR. An in vitro method for comparing the effects of different root canal preparation techniques on the shape of curved root canals. *Int Endod J.* 1989; 22:49-54.
126. Salentijn LM, Klyvert MH. Dental and oral tissues an introduction. 3rd ed. Maryland, USA: Williams & Wilkins; 1990.
127. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of ProFile.04 Taper Series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *Int Endod J.* 1997; 30:1-7.
128. Zmener O, Banegas G. Comparison of three instrumentation techniques in the preparation of simulated curved root canals. *Int Endod J.* 1996; 29:315-9.
129. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J.* 1984; 4:192-8.
130. Seltzer S. The root apex. *Endodontology Biologic Consideration in Endodontic Procedures* 2nd ed. Philadelphia, : Lea & Febiger; 1988.
131. Haznedaroğlu F, Ersev H, Odabaşı H, et al. Incidence of patent furcal accessory canals in permanent molars of a Turkish population. *Int Endod J.* 2003;8:515-19.
132. Lowman JV, Burke RS, Pelleu GB. Patent accessory canals: incidence in molar furcation region. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1973; 4:580-4.
133. Perlich MA, Reader A, Foreman DW. A scanning electron microscopic investigation of accessory foramina on the pulpal floor of human molars. *J Endod* 1981; 9:402-6.
134. Vertucci FJ, Anthony RL. A scanning electron microscopic investigation of accessory foramina in the furcation and pulp chamber floor of molar teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1986; 3:319-26.

135. Weller RN, Niemczyk SP, Kim S. Incidence and position of the canal isthmus. Part 1. Mesiobuccal root of the maxillary first molar. *J Endod.* 1995; 7:380-3.
136. Hsu Y, Kim S. The resected root surface. The issue of canal isthmuses. *Dent Clin North Am.* 1997; 3:529-40.
137. Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1972; 33:101-10.
138. Weine FS. Access cavity preparation and initiating treatment. *Endodontic Therapy* . 4th ed: St Louis, Mosby; 1996.
139. Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1997;34:262-8.
140. Green D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1960; 13:728-33.
141. 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; 108:946-51.
142. Peters OA, Peters CI, Schonenberger K, Barbakow F. ProTaper rotary root canal preparation: assessment of torque and force in relation to canal anatomy. *Int Endod J.* 2003; 36:93-9.
143. Javaheri HH, Javaheri GH. A comparison of three Ni-Ti rotary instruments in apical transportation. *J Endod.* 2007; 33:284-6.

144. Venkateshbabu N¹, Emmanuel S, Santosh GK, Kandaswamy D. Comparison of the canal centring ability of K3, Liberator and EZ Fill Safesiders by using spiral computed tomography. *Aust Endod J.* 2012; 38:55-9
145. Walker RT. Pulp space anatomy and access cavities. In:Pitt Ford TR ed, Harty's Endodontics in Clinical Practice. 4th ed. London: Wright; 1997.
146. Janik JM. Access cavity preparation. *Dent Clin North Am.* 1984; 4:809-18.
147. Grossman LI. Anatomy of pulp cavity. *Endodontic Practice.* Philadelphia: Lea & Febiger; 1974.
148. Paranjpe A, de Gregorio C, Gonzalez AM, et al. Efficacy of the self-adjusting file system on cleaning and shaping oval canals: a microbiological and microscopic evaluation. *J Endod.* 2012; 38:226-31.
149. de Melo Ribeiro MV, Silva-Sousa YT, Versiani MA, et al. Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file and rotary systems in the apical third of oval-shaped canals. *J Endod.* 2013; 39:398-401.
150. Metzger Z, Zary R, Cohen R, et al. The quality of root canal preparation and root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study. *J Endod.* 2010; 36:1569-73.
151. Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa AM. Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J.* 2005; 38:743-52.
152. Burklein S, Hiller C, Huda M, Schafer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of Mtwo versus coated and uncoated EasyShape instruments in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J.* 2011; 44:447-57.
153. Garip Y, Gençoğlu N. Comparison of curved canals preparations using profile, GT and Hero 642 rotary files. *J Oral Rehabil.* 2006; 33:131-6.

154. Hülsmann M, Schade M, Schafers F. A comparative study of root canal preparation with HERO 642 and Quantec SC rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J*. 2001; 34:538-46.
155. Veltri M, Mollo A, Pini PP, et al. In vitro comparison of shaping abilities of ProTaper and GT rotary files. *J Endod*. 2004; 30:163-6.
156. Veltri M, Mollo A, Mantovani L, Pini P, Balleri P, Grandini S. A comparative study of Endoflare-Hero Shaper and Mtwo NiTi instruments in the preparation of curved root canals. *Int Endod J*. 2005; 38:610-6.
157. You SY, Kim HC, Bae KS, et al. Shaping ability of reciprocating motion in curved root canals: a comparative study with micro-computed tomography. *J Endod*. 2011; 37:1296-300.
158. Çelik 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; 39:278-82.
159. Çelik D, Taşdemir T, Er K. Comparison of influence of different manufacturing methods on the cleaning efficiency of rotary nickel-titanium files. *Microscopy research and technique*. 2013; 76:231-6.
160. Versiani MA, Pecora JD, de Sousa-Neto MD. Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study. *J Endod*. 2011; 37:1002-7.
161. Barbizam JV, Fariniuk LF, Marchesan MA, et al. Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. *J Endod*. 2002; 28:365-6.

162. Solomonov M, Paque F, Fan B, et al. The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the self-adjusting file and ProTaper. *J Endod.* 2012; 38:209-14.
163. Madureira RG, Forner Navarro L, Llena MC, Costa M. Shaping ability of nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109:36-44.
164. Kum KY, Spangberg L, Cha BY et al. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *J Endod.* 2000; 26:719-23.
165. Hata G, Uemura M, Kato AS, et al. A comparison of shaping ability using ProFile, GT file, and Flex-R endodontic instruments in simulated canals. *J Endod.* 2002; 28:316-21.
166. Thompson SA, Dummer PM. Shaping ability of Lightspeed rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Part 1. *J Endod.* 1997; 23:698-702.
167. 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; 95:228-33.
168. Ayar LR, Love RM. Shaping ability of ProFile and K3 rotary Ni-Ti instruments when used in a variable tip sequence in simulated curved root canals. *Int Endod J.* 2004; 37:593-601.
169. Ersev H, Yilmaz B, Çiftcioglu E, Özkarsli SF. A comparison of the shaping effects of 5 nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010; 109:86-93.
170. Burroughs JR, Bergeron BE, Roberts MD, et al. Shaping ability of three nickel-titanium endodontic file systems in simulated S-shaped root canals. *J Endod.* 2012; 38:1618-21.

171. Alves FR, Almeida BM, Neves MA, et al. Disinfecting oval-shaped root canals: effectiveness of different supplementary approaches. *J Endod.* 2011; 37:496-501.
172. Siqueira JF Jr, Alves FR, Almeida BM, et al.. Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals. *J Endod.* 2010; 36:1860-5.
173. de Gregorio C, Arias A, Navarrete N, et al. Effect of apical size and taper on volume of irrigant delivered at working length with apical negative pressure at different root curvatures. *J Endod.* 2013; 39:119-24.
174. Yamamura B, Cox TC, Heddaya B, et al. Comparing canal transportation and centering ability of endosequence and vortex rotary files by using micro-computed tomography. *J Endod.* 2012; 38:1121-5.
175. Siqueira J, Alves RF, Versiani MA, et al. 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;39:1044-50.
176. Blum JY, Machtou P, Ruddle C, Micallef JP. Analysis of mechanical preparations in extracted teeth using ProTaper rotary instruments: value of the safety quotient. *J Endod.* 2003; 29:567-75.
177. Burklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schafer 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; 45:449-61.
178. Schafer 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; 35:505-13.

179. Versumer J, Hülsmann M, Schafer F. A comparative study of root canal preparation using Profile .04 and Lightspeed rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J.* 2002; 35:37-46.
180. Aguiar CM, Camara AC. Radiological evaluation of the morphological changes of root canals shaped with ProTaper for hand use and the ProTaper and RaCe rotary instruments. *Aust Endod J.* 2008; 34:115-9.
181. Sonntag D, Ott M, Kook K, Stachniss V. Root canal preparation with the NiTi systems K3, Mtwo and ProTaper. *Aust Endod J.* 2007; 33:73-81.
182. Aydin C, Tunca YM, Senses Z, et al. Bacterial reduction by extensive versus conservative root canal instrumentation in vitro. *Acta Odontol Scand.* 2007; 65:167-70.
183. Elayouti A, Chu AL, Kimionis I, et al. Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. *Int Endod J.* 2008; 41:1088-92.
184. Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endod Topics.* 2005;10:77-102.
185. Patil CR, Uppin V. Effect of endodontic irrigating solutions on the microhardness and roughness of root canal dentin: An in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2011; 22:22-7.
186. Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K. An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J.* 2001; 34:300-7.
187. Robertson D, Leeb IJ, McKee M, Brewer E. A clearing technique for the study of root canal systems. *J Endod.* 1980; 6:421-4.
188. Blaskovic-Subat V, Smojver B, Maricic B, Sutalo J. A computerized method for the evaluation of root canal morphology *Int Endod J.* 1995; 28:290-6.

189. Lyroudia K, Mikrogeorgis G, Nikopoulos N, et al. Computerized 3-D reconstruction of two "double teeth". *Endod Dent Traumatol.* 1997;13:218-22.
190. Paque F, Zehnder M, De-Deus G. Microtomography-based comparison of reciprocating single-file F2 ProTaper technique versus rotary full sequence. *J Endod.* 2011; 37:1394-7.
191. Jung M, Lommel D, Klimek J. The imaging of root canal obturation using Mikro-BT. *Int Endod J.* 2005; 38:617-26.
192. Uyanik Ö, Cehreli ZC, Ozgen Mocan B, Tasman Dagli F. Comparative evaluation of three nickel-titanium instrumentation systems in human teeth using computed tomography. *J Endod.* 2006; 32:668-71.
193. Hashem AA, Ghoneim AG, Lutfy RA, et al. Geometric analysis of root canals prepared by four rotary NiTi shaping systems. *J Endod.* 2012; 38:996-1000.
194. Peters OA, Paque F. Root canal preparation of maxillary molars with the Self-adjusting file: A micro-computed tomography study. *J Endod.* 2011; 37:53-7.
195. 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; 36:288-95.
196. Mahran AH, AboEl-Fotouh MM. Comparison of effects of protaper, heroshaper, and gates glidden burs on cervical dentin thickness and root canal volume by using multislice computed tomography. *J Endod.* 2008;34:1219-22.
197. Yang G, Yuan G, Yun X, Zhou X, Liu B, Wu H. Effects of two nickel-titanium instrument systems, mtwo versus protaper universal, on root canal geometry assessed by micro-computed tomography. *J Endod.* 2011; 37:1412-6.

198. 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; 45:514-23.
199. Coldero LG, McHugh S, MacKenzie D, Saunders WP. Reduction in intracanal bacteria during root canal preparation with and without apical enlargement. *Int Endod J*. 2002; 35:437-46.
200. Zandbiglari T, Davids H, Schafer E. Influence of instrument taper on the resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006; 101:126-31.
201. Zamin C, Silva-Sousa YT, Souza-Gabriel AE, et al. Fracture susceptibility of endodontically treated teeth. *Dent Traumatol*. 2012; 28:282-6.
202. Sen BH, Piskin B, Demirci T. Observation of bacteria and fungi in infected root canals and dentinal tubules by SEM. *Endod Dent Traumatol*. 1995; 11:6-9.
203. Shuping GB, Orstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *J Endod*. 2000; 26:751-5..
204. Versiani MA, Leoni GB, Steter L, et al. Micro-computed Tomography Study of Oval-shaped Canals Prepared with the Self-adjusting File, Reciproc, WaveOne, and ProTaper Universal Systems. *J Endod*. 2013; 39:1060-6.
205. Bernardes RA, Rocha EA, Duarte MA, et al. Root canal area increase promoted by the EndoSequence and ProTaper systems: comparison by computed tomography. *J Endod*. 2010; 36:1179-82.
206. Grande NM, Plotino G, Butti A, et al. Cross-sectional analysis of root canals prepared with NiTi rotary instruments and stainless steel reciprocating files. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007; 103:120-6.

207. Hubscher W, Barbakow F, Peters OA. Root-canal preparation with FlexMaster: canal shapes analysed by micro-computed tomography. *Int Endod J*. 2003; 36(11):740-7.
208. Iqbal MK, Banfield B, Lavorini A, Bachstein B. A comparison of LightSpeed LS1 and LightSpeed LSX NiTi rotary instruments in apical transportation and length control in simulated root canals. *J Endod*. 2007; 33(3):268-71.
209. Kunert GG, Camargo Fontanella VR, de Moura AA, Barletta FB. Analysis of apical root transportation associated with ProTaper Universal F3 and F4 instruments by using digital subtraction radiography. *J Endod*. 2010; 36:1052-5.
210. 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; 111:244-50.
211. Pasqualini D, Scotti N, Tamagnone L, et al. Hand-operated and rotary ProTaper instruments: a comparison of working time and number of rotations in simulated root canals. *J Endod*. 2008; 34:314-7.
212. Paque F, Musch U, Hülsmann M. Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *Int Endod J*. 2005; 38:8-16.
213. Ünal GC, Maden M, Savgat A, Onur OE. Comparative investigation of 2 rotary nickel-titanium instruments: protaper universal versus protaper. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 107:886-92.
214. Vahid A, Roohi N, Zayeri F. A comparative study of four rotary NiTi instruments in preserving canal curvature, preparation time and change of working length. *Aust Endod J*. 2009; 35:93-7.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Eskişehir’de doğdum. İlköğrenimimi Sabri Kolçak ilköğretim okulunda, orta öğrenimimi ise Mehmet Emin Yurdakul İlköğretim Okulunda tamamladım. Karşıyaka Atakent Anadolu Lisesindeki lise öğrenimi tamamladığım 2002 yılında, Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde Lisans eğitimi görmeye hak kazandım. 2008 yılında “Tek Seansta Kök Kanal Tedavisi” konulu tez ile Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinden mezun oldum ve aynı yıl Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Endodonti Anabilim Dalı’ nda doktora eğitimime başladım. 2010 yılından beri ise Araştırma Görevlisi olarak aynı kürsüde doktora eğitimime devam etmekteyim.