



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**MİNİMAL İNVAZİV VE KONVANSİYONEL ENDODONTİK
PREPARASYONUN ENSTRÜMANTE EDİLMİŞ YÜZEY ORANI
VE KÖK KANAL GEOMETRİSİNE ETKİSİ AÇISINDAN
KARŞILAŞTIRILMASI: MİKRO-BT ÇALIŞMASI**

Arş. Gör. Dt. Burçak GÜRİSOY EMEK

ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ

**Bu Tez Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon
Birimi tarafından TDH-2018-6872 proje numarası ile desteklenmiştir.**

2019 – ISPARTA

KABUL ve ONAY SAYFASI

Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na;
Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Başkanlığı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 13/05/2019

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ
Süleyman Demirel Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Isparta

Üye : Doç. Dr. Bulem ÜREYEN KAYA
Süleyman Demirel Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Isparta

Üye : Doç. Dr. Ali KELEŞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Samsun

ONAY: Bu uzmanlık tezi, Fakülte Yönetim Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Timuçin BAYKUL
Dekan

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

“Minimal İnvaziv ve Geleneksel Endodontik Preparasyonun Enstrümante Edilmiş Yüzey Oranı ve Kök Kanal Geometrisine Etkisi Açısından Karşılaştırılması: Mikro-BT Çalışması” adlı uzmanlık tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Arş. Gör. Dt. Burçak GÜRSOY EMEK

İmza

Danışman

Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ

İmza

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca, bilgi birikimi ve deneyimini esirgemeyen, akademik ve klinik GKRübelerini paylaşarak daha iyisi olmam için beni hep cesaretlendiren, beraber kısa zamanda büyük işler başardığımız danışman hocam Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ'ye,

Tezim ve uzmanlık eğitimim süresince değerli bilgilerini benden esirgemeyen, zorlu tez sürecimde moralimin düştüğü anlarda beni ayağa kaldıran, bana hep güvenen ve güçlü durmamı sağlayan tez jürimde bulunan Prof. Dr. Bulem ÜREYEN KAYA' ya,

Uzmanlık eğitimime akademik ve klinik anlamda katkı veren saygıdeğer hocalarım Doç. Dr. Gül ÇELİK ve Dr. Öğretim Üyesi Cevat Emre ERİK'e,

Tezimin verilerini elde etme aşamasında Samsun'da beraber çalıştığımız, ilgisi ve yardımseverliğiyle bana hep moral ve enerji veren, bilimi her şeyin önüne koyan, vizyonundan feyz aldığım, beraber çalışmış olmaktan gurur duyduğum tez jürimde bulunan Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Doç Dr. Ali KELEŞ'e,

Tez çalışmamın istatistiksel analizini yapan, yardımseverliklerini hiç unutmayacağım Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalında Dr. Öğretim Üyesi Cangül KESKİN'e ve Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Özgür KOŞKAN'a,

Birlikte çalışmış olmaktan gurur duyduğum, enerjisiyle her zaman motive eden, mesleki anlamda ve hayata dair çok şey öğreten akıl hocam, Volkan DİNÇ'e,

Zor anlarımda hep yanımda olan, verdikleri huzur ve mutlulukla tekrar güçlendiğim, beraber çok güzel anılarımızın olduğu Gülsen KİRAZ, Arife YARAN, Gözde DİNÇ ve Safa KURNAZ'a,

Zor zamanları beraber atlattığımız, beraberken çok eğlendiğimiz, hiçbir zaman yardımlarını ve ilgisini esirgemeyen, Isparta'daki en güzel anılarımın başkahramanı arkadaşım Güzin TÜLÜ'ye,

Enerjileri, eğlenceli kişilikleri ve sağlam arkadaşlıklarıyla her günümü daha da güzelleştiren Gülben GÜNEY ve Canan BAYRAKTAR'a,

Keşke daha önce tanışmışım dediğim, espri anlayışına, zekasına ve ince düşünceliliğine hayran olduğum, tez hazırlama sürecimin en büyük destekçilerinden biri olan Deniz KARAOSMANOĞLU'na,

Tezimin sıkıcı ve zor olan pratik aşamalarında gecelere kadar klinikte benimle kalarak yardımlarını esirgemeyen, enerjileriyle zamanın nasıl geçtiğini anlamadığım Muhammed DEMİRBAŞ ve Enes ŞENTÜRK'e,

Geç de olsa iyi ki tanışmışım dediğim, eğlenceli kişilikleriyle hep moral veren Mustafa POLAT ve Fırat İSKENDER'e,

Yardımsızlıkları ve iş bitiriciliklerine imrendiğim, beraber çalışmaktan mutlu olduğum Kübra BAYAZIT ve Nergiz BOLAT'a,

Geç tanışsak da hemen kaynaştığımız, kliniğe renk getiren çalışma arkadaşlarım Tuna YOLÜÇ, Sevgi ERKAN, Berke KÜÇÜK ve İsen GÜLEÇ'e,

Çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum endodonti anabilim dalında bulunan daha saymadığım asistan arkadaşlarım, hemşirelerimiz ve personellerimize,

Hayatım boyunca beni hep motive eden, desteklerini, sıcacık ilgilerini hiç eksik etmeyen, sevgi dolu bir ortamda yetişmemi sağlayan, bugünlere gelmemdeki asıl kahramanlar olan annem, adımları koyan ve hep bundan gurur duyduğunu söyleyen babam ve ablama,

Sevgi dolu yaklaşımları ile her zaman yanımda olan EMEK ailesine,

Tanıştığımız ilk günden beri hayatıma renk katan, hem en yakın arkadaşım hem hayat yoldaşım hem de akıl hocam olan, canım eşim Tolga EMEK'e,

Tüm kalbimle sonsuz saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	I
BEYAN.....	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	III
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. İnvaziv Endodontinin Yarattığı Sorunlar	3
2.2. Minimal İnvaziv Diş Hekimliği	3
2.3. Minimal İnvaziv Endodonti.....	4
2.4. Giriş Kavitesi Prensipleri	11
2.4.1. Geleneksel Giriş Kavitesi	11
2.4.2. Minimal İnvaziv Giriş Kavitesi	14
2.5. Minimal İnvaziv Kanal Preparasyonu.....	18
2.6. Dental Operasyon Mikroskobu	19
2.7. Kök Kanalını Genişletme Teknikleri ve Enstrümanlarını Değerlendiren Yöntemler	22
2.7.1. Seri Kesit Alma Yöntemi.....	24
2.7.2. İki Boyutlu Radyografi ve Fotoğraflama Yöntemleri.....	25
2.7.3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)	26
2.7.4. Bilgisayarlı Tomografi (BT).....	26
2.7.5. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT, μ BT)	27
2.8. Self-Adjusting File (SAF)	31
2.9. NiTi Alaşımının Özellikleri.....	43
2.10. HyFlex CM (Coltene-Whaledent, Allstetten, İsviçre).....	47
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	53
3.1. Ön Çalışma	53

3.2. Deneş Kurgusu.....	55
3.3. Dişlerin Seçilmesi ve Gruplandırılması	56
3.4. Kök Kanallarının Genişletilmesi Öncesi Mikro-BT Taraması.....	60
3.5. Dental Operasyon Mikroskobu (DOM) Altında Minimal İnvaziv ve Geleneksel Giriş Kavitesi Hazırlanması	60
3.6. Kanalların Apikal Açıklıklarının Sağlanması ve Ön Genişletme Yapılması	64
3.7. Kök Kanallarının Self Adjusting File (SAF) (ReDent- Nova, Ra'anana, İsrail) ile Preparasyonu	65
3.8. Kök Kanallarının HyFlex CM (Coltene-Whaledent, Allstetten, İsviçre) ile Genişletilmesi	66
3.9. Kök Kanallarının Genişletilmesi Sonrası Mikro-BT Taraması ve Ölçümleri.....	67
3.10. İstatistiksel Analiz	68
4. BULGULAR.....	70
4.1. Giriş Kavitesi Boyutlarına Ait Bulgular.....	70
4.2. Kök Kanal Hacim Değişimine Ait Bulgular	70
4.3. Yapı Model İndeksi (SMI) Değişimine Ait Bulgular.....	73
4.5. Enstrümanle Edilmeyen Yüzey Alanlarına Ait Bulgular	75
4.6. Merkezleme ve Transportasyon Değerlerine Ait Bulgular	81
4.7. Çalışma Zamanına Ait Bulgular.....	85
4.8. Kırılan ve Deforme Olan Alet Sayısına Ait Bulgular	86
5. TARTIŞMA	87
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	99
KAYNAKLAR	105
EKLER.....	125
ÖZGEÇMİŞ.....	128

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%:	Yüzde
< :	Küçüktür
≈ :	Yaklaşık
>:	Büyüktür
μ-BT:	Mikro bilgisayarlı tomografi
μm:	Mikrometre
AAE:	Amerikan Endodonti Birliği
A _f :	Ostenit ransformasyonu sonlanma sıcaklığı
Ark:	Arkadaşları
A _s :	Ostenit transformasyonu başlangıç sıcaklığı
B:	Bukkal
Bkz:	Bakınız
BT:	Bilgisayarlı tomografi
DB:	Distobukkal
DDC:	Orifice-directed dentin conservation access cavity
DOM:	Dental operasyon mikroskobu
EEC:	Extended access cavity
FEM:	Sonlu elemanlar analizi
GK:	Geleneksel kavite

HCM:	HyFlex CM
HEDM:	HyFlex EDM
KIBT:	Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi
MB:	Mezyobukkal kök kanalı
MB1:	Mezyobukkal kökteki birinci kanal
MB2:	Mezyobukkal kökteki ikinci kanal
MEC:	Modified endodontic cavity
M _f :	Martensit transformasyonu sonlanma sıcaklığı
MİK:	Minimal invaziv kavite
ml:	Mililitre
mm:	Milimetre
mm ² :	Milimetre kare
mm ³ :	Milimetre küp
M _s :	Martensit transformasyonu başlangıç sıcaklığı
NEC:	Ninja access cavity
Ni-Ti:	Nikel-Titanyum
P:	Palatinal
PDL:	ProDesign Logic
PDS:	ProDesign S
PF:	ProFile
PG:	ProGlider
PTG:	ProTaper Gold

PTN:	ProTaper Next
PTU:	ProTaper Universal
RC:	Reciproc
RCB:	Reciproc Blue
SAF:	Self Adjusting File
SE:	Stres kaynaklı
SEM:	Taramalı elektron mikroskobu
sn:	Saniye
SS:	Standart sapma
TF:	Twisted File
TREC:	Truss endodontic access cavity
TRU:	TRUShape
VB:	Vortex Blue
WO:	WaveOne
WOG:	WaveOne Gold

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Minimal invaziv endodontiyi inceleyen çalışmalar	6
Tablo 2. Cerrahisiz endodonti için önerilen büyütme oranları	20
Tablo 3. Kök kanal preparasyon etkinliği ve geometrisini değerlendiren birkaç mikro-BT çalışması.....	30
Tablo 4. SAF ile ilgili yapılmış çalışmalar	38
Tablo 5. HCM preparasyon etkinliğini inceleyen çalışmalar	50
Tablo 6. Çalışma gruplarının preparasyon sonrası ölçülen giriş kavitesi boyutları ortalama değerler (mm).....	70
Tablo 7. Çalışma gruplarının ortalama hacim değişikliklerine ait veriler	71
Tablo 8. Çalışma gruplarının preparasyon öncesi ve sonrası kök kanal hacim değerleri ve hacim değişikliklerine ait veriler.....	72
Tablo 9. Her bir kök kanal grubuna ait hacim değişikliği ortalama değerlerine ait veriler	72
Tablo 10. Çalışma gruplarının preparasyon öncesi ve sonrası SMI değişimine ait veriler	73
Tablo 11. Her bir kök kanalına ait çalışma gruplarının SMI değişimine ait veriler	74
Tablo 12. Her bir kök kanal grubuna ait SMI değişimine ait veriler	74
Tablo 13. Enstrümente edilmeyen yüzey alan oranlarına ait veriler.....	80
Tablo 14. Mezyodistal ve bukkolingual yöndeki ortalama transportasyon değerlerine ait veriler	83
Tablo 15. Mezyodistal ve bukkolingual yöndeki ortalama merkezleme oranları değerlerine ait veriler	84
Tablo 16. Her bir kök kanal grubundaki çalışma gruplarının çalışma zamanı ortalama değerlerine ait veriler (sn)	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Mikro-BT'nin şematik görüntüsü	28
Şekil 2. Self Adjusting File (SAF) eğesinin 0,2 mm çapa sahip oval bir kanala yerleştirildiğindeki şematize edilmiş hali.....	32
Şekil 3. Isı ile ostenit- martensit faz değişimleri.....	45



RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Kanal ağızlarına düz bir erişim. Kesikli kırmızı çizgiler diverjan kanal duvarlarını gösterilmektedir.	13
Resim 2. Üst birinci molar dişin okluzal yüzden görüntüsü	13
Resim 3. Geleneksel giriş kavitesi açılan üst birinci molar dişin DOM büyütmesi altında okluzal yüzden görüntüsü.	14
Resim 4. Minimal invaziv giriş kavitesi açılan üst birinci molar dişin okluzal yüzden görüntüsü.....	16
Resim 5. Periservikal dentin bölgesini gösteren periapikal radyografi örneği.	17
Resim 6. Üst birinci molar dişin mezyal kökünün preparasyon öncesi (beyaz) ve sonrası (mavi) iki boyutta üst üste çakıştırılan mikro-BT görüntüsü. Kırmızı halka içerisinde beyaz renk ile belirtilen alanlar preparasyon sonrası uzaklaştırılan dentin dokusunu göstermektedir. (a: dişin distal marjinine en kısa mesafeye çizilen doğru üzerinde meziodistal yöndeki uzaklaştırılan dentin miktarı. b: dişin mezyal marjinine en kısa mesafeye çizilen doğru üzerinde meziodistal yöndeki uzaklaştırılan dentin miktarı.) ..	23
Resim 7. SAF eğesinin farklı açılardan görünümü (A, B) (a: Solüsyon giriş bölmesi. b: RDT anguldruvası. c: VATEA solüsyon haznesinden gelen irrigasyon solüsyonunu SAF eğesine ileten polietilen boru.)	32
Resim 8. VATEA irrigasyon cihazı, RDT anguldruvası ve SAF egesi	34
Resim 9. Soldan sağa sırasıyla #08.25, #06.20, #06.25, #06.30, #06.35, #06.40 HCM döner aletler.....	47
Resim 10. 6 no'lu örneğin KIBT cihazının çekilmiş dişler için olan aparatında konumlandırılması	57
Resim 11. KIBT cihazında çekim değerlerinin belirlenmesi	57
Resim 12. Romexis yazılımı üzerinde ilgili dişlerin numaralarına göre sıralanması	58
Resim 13. Romexis yazılımı üzerinde 18 no'lu dişin farklı kesit görüntüleri.....	58
Resim 14. Kapaklı şeffaf plastik kaplarda %0,1 timol solüsyonu içerisinde saklanan örnekler	59
Resim 15. DOM cihazının dijital ekranı üzerinde ayar yapılması	61

Resim 16. Minimal invaziv giriş kavitesinin mezyodistal yöndeki boyutunun dijital kumpasla ölçülmesi.....	62
Resim 17. Minimal invaziv giriş kavitesinin DOM büyütmesi altında okluzal yüzden görüntüsü.....	62
Resim 18. Minimal invaziv giriş kavitesinin farklı açılardan DOM ile elde edilmiş görüntüleri. (A: MB1 ve MB2 kanalların görüntüsü. B: D kanal. C: P kanal.).....	63
Resim 19. Geleneksel giriş kavitesinin DOM büyütmesi altında okluzal yüzden görüntüsü	64
Resim 20. Kök kanalında ön genişletme için kullanılan aletler (A. X-Smart Plus endodontik motor, B. PathFile #1, #2, #3).....	65
Resim 21. HyFlex CM ile kök kanal preparasyonunda kullanılan aletler (A. X-Smart Plus endodontik motor, B. HyFlex CM eğeler)	67
Resim 22. Minimal invaziv kavite uygulanmış dişte SAF ile prepare edilen kök kanallarının mikro-BT görüntüsü. (Kırmızı alanlar enstrümante edilen yüzeyleri, yeşil alanlar enstrümante edilmeyen yüzeyleri göstermektedir.)	76
Resim 23. Geleneksel giriş kavitesi uygulanmış dişte SAF ile prepare edilen kök kanallarının mikro-BT görüntüsü. (Kırmızı alanlar enstrümante edilen yüzeyleri, yeşil alanlar enstrümante edilmeyen yüzeyleri göstermektedir.)	77
Resim 24. Minimal invaziv giriş kavitesi uygulanmış dişte HCM ile prepare edilen kök kanallarının mikro-BT görüntüsü. (Kırmızı alanlar enstrümante edilen yüzeyleri, yeşil alanlar enstrümante edilmeyen yüzeyleri göstermektedir.)	78
Resim 25. Geleneksel giriş kavitesi uygulanmış dişte HCM ile prepare edilen kök kanallarının mikro-BT görüntüsü. (Kırmızı alanlar enstrümante edilen yüzeyleri, yeşil alanlar enstrümante edilmeyen yüzeyleri göstermektedir.)	79
Resim 27. Deforme olan SAF örnekleri (a,b)	86
Resim 28. Fragmanları kopup ayrılan SAF örnekleri (A,B).....	86

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Minimal invaziv yaklaşım, uzun yıllardır diş hekimliğinin temel prensiplerden biridir. Bu yaklaşım endodonti alanına da yansımış olup endodontik tedavi görmüş dişlerin, madde kaybına bağlı olarak, işlem uygulanmamış dişlere göre daha fazla kırılma göstermesi sorununa çözüm bulma çalışmaları son yıllarda hız kazanmıştır.

Yeterli ve iyi açılmış bir giriş kavitesi, başarılı bir endodontik tedavinin temel gerekliliklerinden biridir. Bununla birlikte, bazı yazarlara göre, geleneksel endodontik giriş kavitesi preparasyonu esnasında diş yapısı zayıflatılarak kırılma direncini azaltan miktarda dentin yapısı uzaklaştırılmaktadır (Clark ve Khademi 2010, Tang, Wu ve ark. 2010). Bunun sonucu olarak, 2010 yılında Clark ve Khademi, diş dokusunun minimal düzeyde uzaklaştırılmasına odaklanan yeni bir endodontik giriş kavitesi modeli tanıtmıştır (Clark ve Khademi 2010). Minimal invaziv giriş kavitesi tekniği literatürde geniş bir şekilde tarif edilmiştir. Clark ve ark'na göre, dentin kaybını önlemenin en güvenli yolu, pulpa odasının etrafındaki pulpa tavanının bir kısmını (0,5-3 mm) bırakmaktır. Bu durum, tüberküllerin esnemesini azaltacak ve sonuç olarak dişin kırılma direncini arttıracaktır (Clark ve Khademi 2010). Bunun yanında, düşük konikliğe sahip bir kanal aleti ile yapılan minimal invaziv kök kanal preparasyonunun kırılma direncini arttırdığı kanıtlanmıştır (Zandbiglari, Davids ve ark. 2006).

Endodontik tedavi esnasında kanal ağzlarına düz bir erişim geleneksel giriş kavitesi prensiplerinden biridir. Bu yaklaşımla birlikte kanala ulaşırken oluşacak koronal çatışmaların önlendiği ve transportasyon gibi istenmeyen sonuçların önüne geçildiği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı üst birinci molar dişlerde, dental operasyon mikroskobu (DOM) altında minimal invaziv endodontik preparasyon (minimal invaziv giriş kavitesi ve SAF ile kök kanal preparasyonu) ve geleneksel endodontik preparasyonu (geleneksel giriş kavitesi ve HCM ile kök kanal preparasyonu) prepare edilmemiş yüzey oranları, kanal hacmi değişimi, merkezleme ve transportasyon değerleri açısından mikro bilgisayarlı tomografi yardımıyla karşılaştırmaktır.

Bu çalışmanın sonucunda minimal invaziv endodontik preparasyon tekniklerinin kanal geometrisine ve kanalın temizlenme derecesine etkilerini tespit etmek hedeflenmektedir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. İnvaziv Endodontinin Yarattığı Sorunlar

Endodontik tedavili dişler, fonksiyon sırasında vital dişlerden daha fazla kırılma riskine maruz kalmaktadır (Carter, Sorensen ve ark. 1983, Testori, Badino ve ark. 1993, Tamse, Fuss ve ark. 1999). İrrigasyon solüsyonlarının, medikamentlerin veya kök kanal dolgu malzemelerinin etkisinin yanı sıra, çürük veya giriş kavitesinin hazırlanmasının yarattığı yapısal bütünlüğün kaybı gibi dentinin mekanik özelliklerinde değişiklik yaratan çok sayıda faktör, bu başarısızlığa etkiye bulunur (Hood 1991, Sim, Knowles ve ark. 2001). Kök kanallarının preparasyonu esnasında kanal aleti dentine stres uygular ve mikro çatlaklara neden olabilir. Okluzal stresler nedeniyle çatlaklar uzun vadede çoğalabilir ve dişin çekimiyle sonuçlanan vertikal kök kırıklarına sebep olabilir (Bier, Shemesh ve ark. 2009, Yoldas, Yılmaz ve ark. 2012).

Uzaklaştırılan dentin miktarı ile çatlak oluşumu arasında doğrudan bir ilişki vardır. Kök kanalı genişledikçe, vertikal kök kırığı riski de artar. Yüksek konsantrasyonda sodyum hipoklorit, kanal içi post uygulamaları ve bazı kanal dolum tekniklerinin kullanılması da vertikal kök kırığı oluşumuna katkıda bulunabilir (Onnink, Davis ve ark. 1994, Sim, Knowles ve ark. 2001, Kishen, Kumar ve ark. 2004).

2.2. Minimal İnvaziv Diş Hekimliği

Minimal invaziv yaklaşım, geçmişten bu yana diş hekimliğinin temel prensiplerinden biridir. Diş dokusunu olabildiğince koruyarak diş gereğinden fazla prepare etmeden stabilizeyi sağlayan ve minimal invazivliği destekleyen çok sayıda preparasyon şekli geliştirilmiştir. Endodonti alanına bakacak olursak; özellikle kök kanal giriş kavitesi uygulamaları sırasında yapılan fazla madde kayıpları, dişin kırılma direncini düşürerek tamir edilemeyen vertikal kırıklara neden olmaktadır (Dastjerdi, Chaijan ve ark. 2015). Kök kanalını gereğinden fazla prepare etmek ise stresin özellikle yoğun olarak biriktiği bir bölge olan servikal dentindeki kalınlığı azaltmakta, dolayısıyla dişin kırılma direncini düşürerek ağızda kalma süresini kısaltmaktadır (Zogheib, Sfeir ve ark. 2018).

Kök kanal preparasyonu için geleneksel giriş kavitesi prensiplerinin uygulanması bazı otörlerce invaziv bir yaklaşım olarak kabul edilir (Clark ve Khademi 2010, Dastjerdi, Chaijan ve ark. 2015, Plotino, Grande ve ark. 2017). Çünkü dişin yapısını zayıflatarak

başarısızlığa uğratabilir. Gelişen büyütme sistemleri ve ileri genişletme teknikleri sayesinde günümüzde, orijinal diş dokusuna sadık kalıp mümkün olan en az miktarda doku kaldırmayı hedefleyen “minimal invaziv endodonti” kavramı ortaya çıkmıştır. Giriş kavitesinin açılmasında farklı minimal invaziv tasarım fikirleri ileri sürülmüştür. Bu tasarımların, dentini daha fazla koruduğu düşünülse de etkin temizlik ve ideal şekillendirme açısından tartışmalıdır (Moore, Verdelis ve ark. 2016, Niemi, Marchesan ve ark. 2016, Rover, Belladonna ve ark. 2017).

2.3. Minimal İnvaziv Endodonti

Endodontik tedavi sonrası dişin kırılma direncini artırmak, dolayısıyla ağızda kalma süresini uzatmak için minimal invaziv endodontik yaklaşım önem kazanmaktadır. Kök kanal tedavisinde dişin ağızda kalması sağlanarak hastanın doku bütünlüğü korunmaktadır. Dişin ağızda kalma süresini etkileyen en önemli faktörlerden biri dişteki doku kaybı miktarıdır. Endodontik giriş kavitesi uygulamaları sırasında dişten gereksiz madde kaldırılması ve kök kanalında aşırı genişletme yapılması vertikal kırıklara, sonucunda da dişlerin çekimine zemin hazırlamaktadır (Touré, Faye ve ark. 2011). Kök kanalını gereğinden fazla prepare etmek ise stresin özellikle yoğun olarak biriktiği bir bölge olan servikal dentindeki kalınlığı azaltmakta, dolayısıyla dişin kırılma direncini düşürerek ağızda kalma süresini kısaltmaktadır (Zogheib, Sfeir ve ark. 2018). Dolayısıyla endodontide minimal invaziv uygulamaların önemi bu noktada ortaya çıkmaktadır.

Kök kanal tedavisi, karmaşık ve zaman alıcı bir işlemdir. Kök kanal sistemine erişim, başarılı bir kök kanal tedavisinin en büyük zorluklarından biridir. Herhangi bir engele takılmadan kanallara rahat erişim sağlanması, aletlerin yerleştirilmesini kolaylaştırır, görüşü iyileştirir ve iyatrojenik hasarı sınırlar; dolayısıyla endodontik tedaviyi kolaylaştırır (Darcey, Taylor ve ark. 2015). Hiçbir insan yapımı malzeme veya teknik, kaybolan diş yapısını telafi edemez. Minimal invaziv giriş kavitesi prensiplerinin birincil amacı, endodontik olarak tedavi edilen dişin kırılma potansiyelinden kaçınmaktır (Clark ve Khademi 2010). Endodontik başarının anahtarı olan iyi açılmış bir giriş kavitesi, dişin ağızda uzun süreli tutulmasının anahtarı olarak da düşünülmelidir.

Minimal invaziv endodonti uygulamalarının gerçekleştirilebilmeleri için konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile görüntüleme, dental operasyon mikroskopları, yeni tasarlanmış endodontik frezler ve daha az tepe açılı nikel-titanyum döner alet sistemleri gibi teknolojik olanaklardan faydalanmak gereklidir (Krishan, Paqué ve ark. 2014). Gelişmiş büyütme ve ileri teknikler çağında, kök kanal tedavisi için geleneksel giriş kavitesi prensiplerinin uygulanması bazı otörlerce invaziv olarak kabul edilir (Clark ve Khademi 2010, Gluskin, Peters ve ark. 2014, Dastjerdi, Chaijan ve ark. 2015, Plotino, Grande ve ark. 2017). Son yıllarda yapılan bir çalışmada, minimal invaziv endodontik giriş kavitesinin, koronal dentinin korunmasını ve özellikle posterior dişlerin kırılmasına karşı direncin artmasını sağladığı bulunmuştur (Krishan, Paqué ve ark. 2014). Kök kanal aletinin tepe açısı arttıkça diş yapısında mikro çatlakların gelişerek olası kırıklara yol açtığı ve bu nedenle bildirilen fonksiyonel başarı oranlarında bir azalmaya neden olduğu belirtilmiştir (Sathorn, Palamara ve ark. 2005).

Bazı çalışmalarda minimal invaziv giriş kavitelerinin geleneksel giriş kaviteleriyle karşılaştırılmasında dişler kırma testine tabi tutulmuştur. Bunların birçoğunda minimal invaziv kavitenin geleneksel giriş kavitesine oranla anlamlı düzeyde daha yüksek kırılma dayanımına sahip olduğu bildirilmiştir (Krishan, Paqué ve ark. 2014, Plotino, Grande ve ark. 2017).

Tablo 1. Minimal invaziv endodontiyi inceleyen çalışmalar

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Alovisi, Pasqualini ve ark.2018	- <i>In vitro</i> - mikro-BT	- Mandibuler molarlarda MİK ve GK tasarımının kanal geometrisine ve gagalama (pecking) sayısına etkisi (ProGlider+ WOG)	- <u>Gagalama (pecking) sayısı:</u> PG: MİK> GK WOG: MİK> GK (P=0,02) - <u>Uzaklaştırılan diş dokusu (mm³):</u> GK> MİK, (P<0,05) - <u>Giriş kavitesi alanı (mm²):</u> GK> MİK, (P<0,05) - <u>Eğelerin mezyal kanala giriş açısı:</u> MİK> GK, (P<0,05) - <u>Merkezi sapma:</u> MİK> GK, (P<0,05) - <u>Ahacim & Δyüzey alanı:</u> MİK≈GK (P>0,05) - <u>Sonuç:</u> GK, özellikle apikalde olmak üzere kanal geometrisini daha iyi korumuştur.
Moore, Verdelis ve ark. 2016	- <i>In vitro</i> - mikro-BT - Instron (Kırma testi)	- Maksiller molarlarda MİK ve GK tasarımının kanal geometrisine ve dişin kırılma direncine etkisi (V-Taper2H)	- <u>Uzaklaştırılan dentin miktarı:</u> En yüksek→ MİK (distal kanal koronal ½) En düşük→ GK (palatal kanal apikal ½) (P > .05) - <u>Kırılma dayanımı:</u> MİK≈GK, (P>0,05) MİK&GK< intakt diş, (P<0,05) Sonuç: Enstrümantasyon etkinliği kavite tipinden etkilenmemiştir.
Neelakantan, Khan ve ark. 2018	- <i>In vitro</i> - mikro-BT - Histolojik kesit	- Mandibuler molarlarda DDC ve GK tasarımının pulpa odasının, mezyal kökteki kanalların ve istmusların debridmanına etkisi (EdgeEndo)	- <u>Pulpa odasındaki organik artıklar:</u> DDC> GK, (P<0,05) - <u>Mezyal kök kanallarındaki pulpa artıkları:</u> DDC≈GK, (P>0,05) - <u>İstmuslardaki organik doku ve debrisler:</u> DDC≈GK, (P>0,05)

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Niemi, Marchesan ve ark. 2016	- <i>İn vitro</i> - Fotoğraflama	- MİK ve GK tasarımının 1 kanallı mandibuler premolarlarda guta perka uzaklaştırılmasına etkisi (TrueShape, Vortex Blue)	- <u>Retreatment işlem süresi:</u> En yüksek → MİK+ TS, (P<0,05) - <u>Kalan kanal dolgusu miktarı:</u> En fazla → VB, (P<0,05) En fazla → MİK+ VB, (P<0,05)
Rover, Belladonna ve ark. 2017	- <i>İn vitro</i> - kırma testi - mikro-BT	- MİK ve GK tasarımının maksiller 1. molarlarda kanal tespiti, kanal geometrisi ve dişin kırılma direncine etkisi (DOM, ultrasonik, Reciproc)	1. aşama: vizüel inspeksiyon 2. aşama: DOM 3. aşama: DOM+ ultrasonik - <u>Kanal tespiti:</u> GK > MİK (1. ve 2. aşamada), (P<0,05) MİK ≈ GK, (3. aşama, (P>0,05) - <u>Enstrümante edilmeyen yüzey:</u> MİK ≈ GK, (P>0,05) - <u>Debris birikimi:</u> MİK ≈ GK, (P>0,05) - <u>Transportasyon:</u> MİK, palatal, 7mm (P<0,05) - <u>Merkezleme oranı:</u> GK, palatal, 5-7 mm (P<0,05) MİK, distal, 5 mm (P<0,05) - <u>Kırılma direnci:</u> MİK ≈ GK, (P>0,05) Sonuç: Enstrümantasyon etkinliği kavite tipinden etkilenmemiştir.
Zhang, Liu ve ark. 2019	- <i>İn vitro</i> - FEM	- MİK, MEC ve GK tasarımının maksiller 1. molarlarda kırılma direncine etkisi	Sonuç: Diş sert dokusunun korunması servikal bölgedeki stres yoğunluğunu önemli ölçüde azaltmış ve kırılma direncini arttırmıştır.

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Krishan, Paqué ve ark. 2014	- <i>In vitro</i> - mikro-BT - Kırma testi	- MİK ve GK tasarımının, maksiller keser, mandibuler 2. premolar ve 1. molarlarda kanal enstrümantasyon oranı ve kırılma direncine etkisi	- <u>Enstrümente edilmeyen yüzey:</u> En yüksek → GK, premolar En düşük → molar mezyal kök Molar distal kanallarda → MİK > GK, (P<0,05) (özellikle apikal üçlüde) - <u>Uzaklaştırılan dentin miktarı:</u> Total (apikalden okluzale) → MİK < GK, (P<0,05) Krona → MİK < GK, (P<0,05) - <u>Kırılma direnci:</u> Premolar ve molarlarda → MİK ≈ intakt diş, (P>0,05) GK < MİK, intakt diş, (P<0,05) Keserlerde → MİK ≈ GK ≈ intakt diş Sonuç: MİK, tüm diş gruplarında koronal dentin korumasını ve molar ve premolarlarda kırılma direncini arttırdı. Ancak molarların distal kanallarında enstrümantasyon etkinliğini tehlikeye atmıştır.
Zogheib, Sfeir ve ark. 2018	- <i>In vitro</i> - kırma testi	- Minimal tepe açılı kök kanal preparasyonunun maksiller premolarlardaki kırılma direncine etkisi	- <u>Kırılma direnci:</u> .04 ≈ .06, (P>0,05) - <u>Restore edilebilir kırık:</u> .04 > .06, (P<0,05)
Plotino, Grande ve ark. 2017	- <i>In vitro</i> - kırma testi	- NEC, MİK ve GK tasarımının, maksiller ve mandibuler premolar ve molarlarda kırılma direncine etkisi	- <u>Kırılma direnci:</u> MİK ≈ NEC ≈ intakt diş, (P>0,05) GK < MİK, NEC, intakt diş, (P<0,05) - <u>Kırık tipi:</u> İntakt diş → restore edilebilir kırık, (P<0,05) NEC, MİK, GK → restore edilemeyen kırık, (P<0,05)

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Sabeti, Kazem ve ark. 2018	- <i>ex vivo</i> - kırma testi	- Maksiller molarlarda (distal kanal) MİK ve GK tasarımının ve farklı tepe açılarıyla kanal preparasyonunun dişin kırılma direncine etkisi	- <u>Kırılma direnci:</u> En düşük → .08 En yüksek → .04 (P<0,05) .04 ≈ .06 > .08, (P<0,05) MİK ≈ GK, (P>0,05) MİK, GK < intakt diş, (P<0,05) Sonuç: Kök kanal konikliğinin artırılması, kırılma direncini olumsuz yönde etkileyebilir. Maksiller molarlarda kırılma direncini MİK, GK' e göre önemli ölçüde arttırmamıştır.
Özyürek, 2018	- <i>In vitro</i> - kırma testi	- Mandibuler 1. molarlarda MİK ve GK tasarımının ve farklı restorasyon materyallerinin kırılma direncine etkisi	- <u>Kırılma direnci:</u> MİK ≈ GK, (P>0,05) MİK, GK < intakt diş, (P<0,05) - <u>Kırık tipi:</u> Restore edilebilen → (MİK+ EverX Posterior), intakt diş, (P<0,05) Restore edilemeyen → (GK+ EverX Posterior), (GK+SDR), (P<0,05)
Jiang, Huang ve ark. 2018	- <i>In vitro</i> - FEM	- MİK, GK ve EEC tasarımının maksiller 1. molarlarda dişin biyomekanik cevabına etkisi	Sonuç: Okluzal yüzey üzerindeki en yüksek stres değerleri MİK, GK ve EEC arasında benzer çıkmıştır. MİK modeli, daha iyi kırılma direnci göstermiştir. Kavite hacmi arttıkça, servikal bölgedeki stresler daha da yoğunlaşmıştır. MİK servikal bölgedeki stres dağılımını azaltabilir.
Corsentino, 2018	- <i>In vitro</i> - kırma testi	-MİK, TREC ve GK tasarımının mandibuler molarlarda dişin biyomekanik cevabına etkisi	- <u>Kırılma direnci:</u> İntakt diş > MİK, TREC, GK, (P<0,05) 3 duvarlı → MİK ≈ TREC ≈ GK, (P>0,05) 2 duvarlı → (kavite tipinden bağımsız) en düşük kırılma direnci, (P<0,05)

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Marchesan, Lloyd ve ark. 2018	- <i>In vitro</i> - mikro-BT	- MİK ve GK tasarımının mandibuler molarların kurvatürlü kanallarındaki geometrisine etkisi	Sonuç: Mandibuler molarların kurvatürlü mezyal kanallarında primer kurvatür lokasyonu kavite tipine bakılmaksızın aynı yönde apikale yer değiştirmiştir. MİK grubunda tedavi süresi daha uzun çıkmıştır.
Granados 2017	- <i>In vitro</i> - KIBT	- MİK ve GK tasarımlarında KIBT kullanımının mandibuler ve maksiller molarlardaki preparasyon zamanına ve koronal doku kaybına etkisi	- <u>Koronal yüzey alanı:</u> MİK \approx (MİK+ KIBT), (P>0,05) GK > MİK, (MİK+ KIBT), (P<0,05) - <u>Çalışma zamanı:</u> MİK \approx (MİK+ KIBT) \approx GK, (P>0,05)
Saygili, Uysal ve ark. 2018	- <i>In vitro</i>	- PEC, MİK ve GK tasarımının maksiller 1. molarlarda MB2 kanal tespitine etkisi	- <u>MB2 tespiti:</u> MİK \approx GK, (P>0,05) MİK, GK > PEC, (P<0,05)
Chlup, Žižka ve ark. 2017	- <i>In vitro</i>	- MİK ve GK tasarımının maksiller ve mandibuler premolarlardaki kırılma direncine etkisi	- <u>Kırılma direnci:</u> MİK \approx GK, (P>0,05)
Ivanoff, Marchesan ve ark. 2017	- <i>In vitro</i>	- MİK ve GK tasarımının mandibuler premolarlardaki kırılma direncine etkisi	- <u>Kırılma direnci:</u> MİK \approx GK \approx intakt diş, (P>0,05) - <u>Kırık tipi:</u> Restore edilebilen \approx restore edilemeyen, (P>0,05)

2.4. Giriş Kavitesi Prensipleri

Endodontik giriş kavitesi hazırlığında temel hedef, düz ve engelsiz bir kanal yolu aracılığıyla aletlerin, irrigasyon solüsyonlarının ve medikamentlerin kanalın tüm duvarlarında temizleme ve şekillendirmesini dişte mümkün olan en az doku kaybıyla sağlamaktır (Peters ve Koka 2009). İyi bir endodontik tedavi için iyi tasarlanmış bir giriş kavitesi şarttır. Kanallara uygun bir erişim yoksa endodontik giriş kavitesi hazırlığını takip eden tüm adımların tehlikeye girebileceği belirtilmektedir (Christie ve Thompson 1994). Yeterli erişim sağlanamadığında, endodontik aletlerin oldukça karmaşık ve değişken anatomik yapıdaki kök kanal sisteminde doğru şekilde kullanılması zorlaşır. Giriş kavitesi hazırlama hedefleri; tüm çürükleri temizlemek, sağlam diş yapısını korumak, pulpa odası tavanını tamamen kaldırmak, vital veya nekrotik tüm koronal pulpa dokusunu çıkarmak, tüm kanal ağızlarını tespit etmek, kök kanalına düz bir erişim sağlamak ve koronal sızıntıyı en aza indirmek için kenar duvarları restore etmektir (Vertucci ve Haddix 2011).

Giriş kavitesi tasarımı yıllar boyunca değişikliklere uğramıştır. Önceleri pulpa odasının tamamını kaldırmak ve kanalları görebilmek adına giriş kavitelerini geniş açmak kabul görürken, dental operasyon mikroskoplarının ortaya çıkmasıyla hassasiyet artmış ve bu protokolün aşırı ve gereksiz olduğu sonucuna varılmıştır (Peters ve Koka 2009).

Bir giriş kavitesi hazırlığında, kök kanalının dezenfeksiyon ve şekillendirme amaçları için gerekli olan diş yapısından fazlası kaldırılmamalıdır (Peters ve Koka 2009). Kalan dentin yapısındaki 0,5-1 mm'lik bir fark bile, dişin kırılma direncinde anlamlı fark yaratmaktadır. Sorensen ve Engelman 1990 yılında yaptıkları çalışmada, 1 mm ferrulün kırılma direncini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir (Sorensen ve Engelman 1990). Bu nedenle, operatör giriş kavitesinin tasarımını görüş ve çalışma kolaylığına dayandırmamalı, ancak yalnızca gerekli olanı kaldırmaya odaklanmalıdır. Giriş kavitesi sınırları genişletilmesi gerekiyorsa, hassas bir şekilde yapılması gerekmektedir.

2.4.1. Geleneksel Giriş Kavitesi

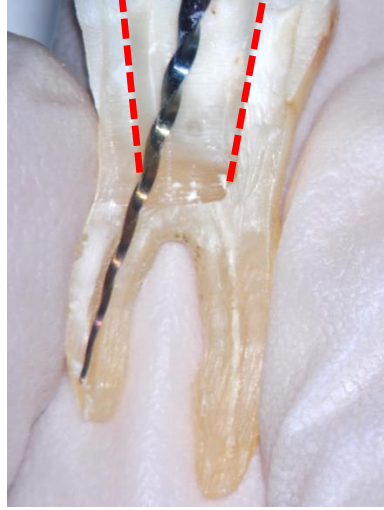
Düz bir giriş yolu terimi, krandan apekse düz veya konik, engelsiz bir yol sağlayan bir preparasyonu açıklar ve “geleneksel giriş kavitesi” tekniğinin temelini oluşturur.

Mannan'a göre kök kanalının apikal üçlüsünü prepare edebilmek için eğenin en az sapma ile apekse ulaşmasını sağlayan düz bir giriş yolu ön koşuldur (Mannan, Smallwood ve ark. 2001). Giriş kavitesi, seçilen MAF kanal eğesi, üzerine aşırı stres binmeden çalışma boyuna ulaşana kadar sürekli olarak ayarlanır. Kullanılan eğenin boyutu veya kanalın eğriliği arttıkça giriş kavitesi sınırlarının daha da genişletilmesi gerekmektedir (Peters ve Koka 2009).

Geleneksel giriş kavitesi açılırken aşamalar sırasıyla; okluzalden bir giriş sağlanması, pulpa odasının tespiti, pulpa odasının tavanının kaldırılması, eğenin giriş kavitesinin kenarları ile düzgün temas etmesinin ve düz bir kanal giriş yolunun sağlanmasıdır (Peters ve Koka 2009).

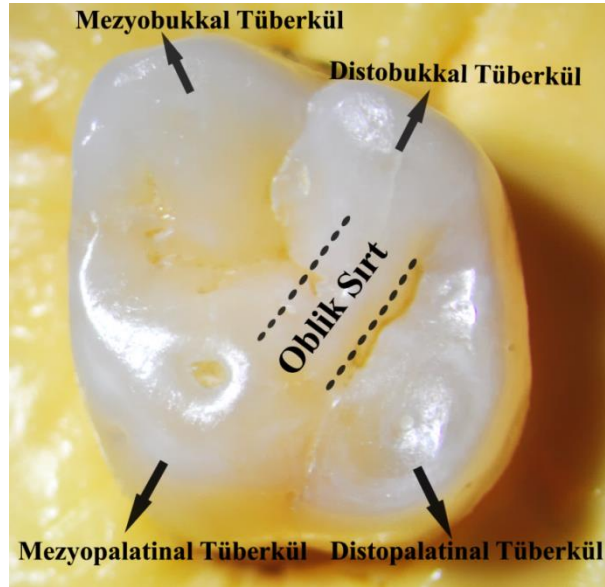
Geleneksel giriş kavitesi hazırlığında "korumak için genişletme" (*extension for prevention*) prensibi uygulanır. Bu prensip, apikal bölgeye veya kök kanalının eğiminin başladığı noktaya düz bir erişimi sağlamak için dentin uzantılarının kaldırılmasını içerir (Christie ve Thompson 1994). Korumak için genişletme kavramı, tedaviyi kolaylaştırır ve iyatrojenik hataları önler. Ancak, bu durum dişin biyomekanik bütünlüğünü tehlikeye atabilecek önemli yapısal dentin kaybıyla gerçekleşir (Patel ve Rhodes 2007).

Geleneksel giriş kavitesi, elmas silindir, fissür ve rond frezler yardımıyla pulpa odasının tavanını tamamen uzaklaştırarak ve paralel veya diverjan kanal duvarları oluşturarak hazırlanır. Geleneksel giriş kavitesine okluzal yüzeyden bakıldığında tüm kanal ağzlarının görülmesine izin verir (Vertucci ve Haddix 2011).



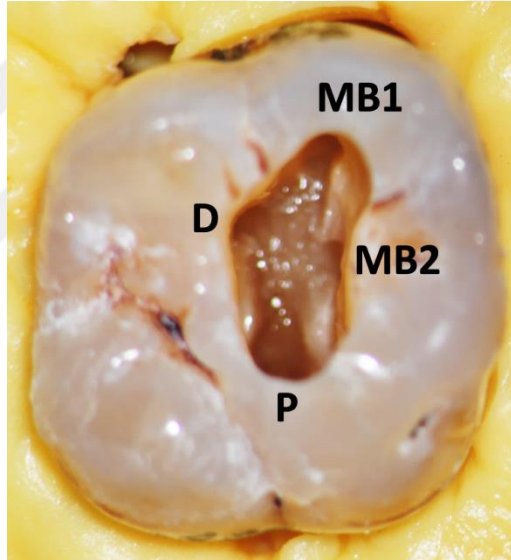
Resim 1. Kanal ağızlarına düz bir erişim. Kesikli kırmızı çizgiler diverjan kanal duvarlarını gösterilmektedir.

Maksiller birinci molar, iki major, iki minör fossa ve ek olarak mezyopalatinal tüberküle bulunan Carabelli tüberküleyle beraber üst çenedeki en büyük diştir. Oklüzal görünümünden, kabaca eşkenar dörtgen bir şekli vardır. Oblik sırt, distobukkal tüberkülden meziopalatinal tüberküle oklüzal yüzeyi ikiye böler (Peters ve Koka 2009).



Resim 2. Üst birinci molar dişin oklüzal yüzden görüntüsü

Okluzal streslere karşı dişe büyük destek olan oblik sırt, mümkün olduğunca giriş kavitesine dahil edilmeden korunmaya çalışılmalıdır (Vertucci ve Haddix, 2011). Maksiller molar dişlerde giriş kavitesi, genellikle oblik sırtın mezyalinde, mezyal fossada bırakılarak distopalatinal tüberküle taşmadan açılır. Giriş kavitesi, mezyobukkal ikiyi (MB2) bulmak için mezyobukkal birin (MB1) 2-3 mm palatinaline doğru uzanan bir dörtgen şeklinde olmalıdır. Üzerini genellikle bir dentin çıkıntısının örttüğü MB2 kanal ağzının tespiti sıklıkla zordur. MB2 kanal ağzı, pulpa tabanının 4 mm altına kadar inebilmektedir (Peters ve Koka, 2009). Giriş kavitesinin sınırları mezyal kenar sırt içerisine uzanmamalıdır (Wilcox, Walton ve ark. 1989). Distal sınır oblik sırtın mezyalinde kalmalı, oblik sırtı aşmamalıdır. Bukkal duvar dişin bukkal yüzeyine değil, MB1 ve distal kanal ağzlarından çizilen çizgiye paralel olmalıdır (Peters ve Koka, 2009).



Resim 3. Geleneksel giriş kavitesi açılan üst birinci molar dişin DOM büyümesi altında okluzal yüzden görüntüsü.

2.4.2. Minimal İnvaziv Giriş Kavitesi

Son zamanlarda endodontik giriş kavitelerinde, “konservatif”, “küçültülmüş”, “ninja” veya “minimal invaziv” adı verilen yeni kavite tasarımları, diş dokusunu en az seviyede uzaklaştırmak için gündeme gelmeye başlamıştır (Clark ve Khademi, 2010). Minimal invaziv giriş kaviteleri, endodontik tedavi görmüş dişlerin ağızda uzun süre

kalması ve işlevini sürdürmesinde geleneksel endodontik giriş kavitelere alternatif olarak kabul edilir (Clark ve Khademi, 2010).

Hiçbir restoratif materyal veya teknik, dişin strese maruz kalan bölgelerinde kaybolan dentinin mekanik özelliklerinin yerini alamadığından, dentin korumasına yönelik tedavi adımları, kanal tedavili dişleri güçlendirmek için birinci derecede önem taşır (Clark ve Khademi, 2010).

Minimal invaziv yaklaşımı mümkün kılan endodonti alanındaki bazı gelişmeler arasında ultra esnek kanal aletleri, görsel büyütme, üstün aydınlatma, gelişmiş irrigasyon sistemleri ve üç boyutlu görüntüleme teknolojisi [konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT)] bulunmaktadır (Bóveda ve Kishen, 2015).

Minimal invaziv giriş kavitesi tekniği, geleneksel giriş kavitesinin kanala düz bir giriş yolu sağlanması ve pulpa odasının tamamen uzaklaştırılması konseptinden farklı olarak, koronal diş yapısının korunmasının önemini vurgulamaktadır (Gluskin, Peters ve ark. 2014). Minimal invaziv giriş kavitesi, endodontistlerin tüm kanal ağzlarını bulmalarını, kök kanallarından pulpa artıklarını temizlemelerini ve mümkün olduğunca az diş yapısını kaldırırken iyatrojenik hatalardan kaçınmalarını sağlayan bir preparasyon şeklidir. Minimal invaziv giriş kavitesi, pulpa odası tavanının tüm koronal yönü etrafındaki bir kısmını korur. Bu yapı, dentin çatısı olarak bilinir (Clark ve Khademi, 2010).

Minimal giriş kavitesinde dentin korumanın uzun dönem dayanıklılık özellikleri şu anda açıkça belirtilmemiştir. Ancak çiğneme esnasında tüberküllerin esnemesini en aza indirerek bir yapısal destek sağladığı varsayılmaktadır (Bóveda ve Kishen, 2015).

Minimal invaziv kavite hazırlığında hedef, kökler ve kanallar arasında ortalanmış küçük bir boşluk yaratmaktır. Endodontik giriş kavitesi, kök kanal tedavisinin biyolojik hedeflerine ulaşırken, mümkün olduğu kadar küçük ve anatominin izin verdiği kadar geniş olmalıdır (Clark ve Khademi, 2010).



Resim 4. Minimal invaziv giriş kavitesi açılan üst birinci molar dişin okluzal yüzden görüntüsü.

Kalan diş yapısını zayıflatmadan başarılı bir şekilde kanalları lokalize etmek, dezenfekte etmek ve doldurmak için, giriş kavitesi preparasyonundan önce, dişin kök ve kanal sayısını, kurvatürleri ve kanalın anatomik konfigürasyonlarını görselleştirmeye yardımcı olan konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile bir ön teşhis yapılması gerekmektedir (Bóveda ve Kishen, 2015). Yüksek çözünürlüklü KIBT ile kök kanal sistemindeki varyasyon ve anomalilerin pulpa odasının konumu, büyüklüğü ve kalsifikasyonlarının; kök ve kanalların sayısı, konumu, genişliği ve eğriliğinin; her kanalın oval, yuvarlak veya kökün herhangi bir seviyesinde başka bir forma sahipse üç boyutlu şeklinin ve dişi çevreleyen kemiğin durumu gibi özelliklerin detaylı bir tanımı yapılabilmektedir (Carlos Bóveda, 2012).

Minimal invaziv giriş kavitesi, silindir ve fissür frez yerine daha çok küçük rond frezler kullanılarak, bir dental operasyon mikroskobu altında, kavite duvarları pulpal tabandan okluzal yüzeye konverjan olacak şekilde hazırlanır (Clark ve Khademi, 2010).

Minimal invaziv kavite prensibinde, krestal kemiğin 4 mm aşağısı ve yukarısında bulunan ve fonksiyonel kuvvetlerin dişlerdeki dağılımı için önemli olan periservikal dentini korumanın önemi vurgulanmaktadır (Clark ve Khademi, 2010). Kök dentininin biyomekanik savunmasını sürdürmek için periservikal dentinin mümkün olduğunca korunması gerekmektedir (Asundi ve Kishen, 2000).



Resim 5. Periservikal dentin bölgesini gösteren periapikal radyografi örneği.

Granados ve ark. minimal invaziv giriş kavitesinin tanımını “minimum açıklık ile endodontik giriş tekniği” olarak tanımlamıştır (Granados, 2017).

Saygılı ve ark.’nın (2018) çalışmasında minimal invaziv kavite hazırlanırken, oklüzal yüzeyin en derin noktasından rond frez yardımıyla pulpa odasına ulaşıldıktan sonra kavite sınırları bir fissür frez yardımıyla mezyodistal yönde 2 mm, bukkolingual yönde 3 mm olacak şekilde genişletilmiştir. Çelik rond frez, kavitenin iç duvarlarını düzeltmek için, eğik bir şekilde aksiyel duvarlara 45-50° açıyla kullanılmıştır (Saygılı, Uysal ve ark. 2018).

Jiang ve ark. minimal invaziv kavitenin sınırlarını, pulpa tabanının seviyesinde kanal ağızlarının merkezinden çizilen ve oklüzal yüzey üzerine uzanan tahmini bir çizgi ile belirlemişlerdir (Jiang, Huang ve ark. 2018).

Moore ve ark. ve Rover ve ark. üst molar dişlerdeki minimal endodontik giriş kavitesi hazırlığında, santral fossadan frezlerle pulpa odasına giriş yaptıktan sonra periservikal dentin ve pulpa tavanının bir kısmını korurken, kanal ağızlarına erişmek için gerektiği kadar genişletmişlerdir (Moore, Verdelis ve ark. 2016, Rover, Belladonna ve ark. 2017).

2.5. Minimal İnvaziv Kanal Preparasyonu

Kök kanal sisteminin yeterli kemomekanik dezenfeksiyonu, kanal tedavisinin başarısı için çok önemlidir. İrrigasyon solüsyonu, doku kalıntıları veya dentinle temas ettiğinde hızla etkisiz hale gelir. Yeterli kimyasal etkiyi sağlamak için solüsyonun kök kanal sisteminin çeşitli bölümlerinde değişimi, zorunludur. İrrigasyon solüsyonunun, en az #30.06 konikliğe sahip bir kök kanalında apikale yaklaşık 1 mm mesafeye yaklaşabildiği tespit edilmiştir (Carlos Bóveda, 2012). Kanalin apikal kısmına irrigasyon solüsyonunun ulaşması ve tüm kök kanalı boyunca yeterli irrigasyonu sağlamak için, en az #40.04 boyutunda bir preparasyonun gerekli olduğu belirtilmiştir (Brunson, Heilborn ve ark. 2010). Kurvatürlü kanallarda ise irrigasyon solüsyonunun apikal bölgeye ulaşabilmesi için en az #40.06 boyutunda bir apikal preparasyon önerilmektedir (De Gregorio, Arias ve ark. 2013).

Enjektörle yapılan irrigasyonun ilave irrigasyon aktivasyonu sistemleri ile tamamlanması, kök kanal debridmanının ve dezenfeksiyonunun etkinliğinin artırılmasına yardımcı olacaktır (Gu, Kim ve ark. 2009). Bununla birlikte, minimal invaziv kanal preparasyonu yapılan dişlerde, irrigasyon esnasında sınırlı solüsyon teması, kanülün kanala sıkışması ve sonik, ultrasonik, apikal negatif basınç irrigasyon aktivasyon sistemleri uygulanmasının zorlaşması gibi ek dezavantajlar oluşturabilir (Kishen, 2010).

Bununla birlikte, Marender ve ark. (2014), maksiller molarların kök kanallarının orijinal konikliğini araştıran mikro-BT çalışmasında, bukkal kök kanallarında yaklaşık %1,5 ve palatinal kök kanalında %6,2 koniklik derecesinin yeterli olduğunu göstermiştir (Marender, Zehnder ve ark. 2014). Bu durum özellikle vital yani enfekte olmamış kök kanallarının tedavisinde daha büyük konikliğe sahip aletlerin kullanımından kaynaklanan aşırı madde kaybının gerekliliği sorusunu gündeme getirmektedir (Bürklein ve Schäfer 2015).

Düşük konikliğe sahip bir kanal aleti ile tedavi edilmiş kök kanallarına sahip dişlerin kırılma direncinin arttığı kanıtlanmıştır (Zandbiglari, Davids ve ark. 2006). Kalan yapısal bütünlüğün, uygun koronal restorasyondan sonra dişin ağızda kalma süresi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Nagasiri ve Chitmongkolsuk 2005, Tang, Wu ve ark. 2010).

Kanal tedavili bir dişin kırılma direnci, kalan sağlam diş dokusu ile doğrudan ilişkilidir (Wilcox, Roskelley ve ark. 1997). %2 konikliğe sahip (ISO standartlarında) el eğeleri ile yapılan kök kanal preparasyonunun, döner aletlerle yapılana göre dişi daha az zayıflattığı düşünülmektedir (Bier, Shemesh ve ark. 2009). SAF, döner nikel titanyum aletlerle yapılan kök kanal preparasyonundan çok daha az dentin uzaklaştırarak diş dokusunun korunmasına izin verir. Ek olarak, SAF'ın kanal genişletmesi esnasında dentin üzerinde düşük stres yarattığı bilinmektedir (Kim, Sung ve ark. 2013).

2.6. Dental Operasyon Mikroskobu

Bir operasyon mikroskobunun çözünürlüğü 0,006 mm'nin üzerine çıkartmasına karşılık, insan gözünün çözünürlüğü yaklaşık 0,2 mm'dir. Yani insanlar 0,2 mm'den daha yakın olan iki noktayı birbirinden ayırt edememektedir. Endodonti alanında uygulanan işlemler çoğunlukla 0,2 mm'nin üzerinde çözünürlük gerektirmektedir. Bu tür durumlarda hekimler uygun büyütme sistemleri yoksa hastaya yaklaşarak bu sorunun önüne geçmeye çalışmaktadır. Bu da odaklanma sorununu beraberinde getirir. 10-12 cm'den düşük mesafede odaklanma ve görüntü netliği bozulmaktadır (Carr ve Murgel 2010).

Mikroskobun dental işlemlerde kullanımı, ilk defa 1907 yılında Bowles tarafından önerilmiştir (Bowles 1907). İlk olarak 1981'de Apotheker tarafından kullanıma kazandırılan dental operasyon mikroskobu, kullanım zorluğu ve büyütme kapasitesinin yetersizliği nedeniyle yaygın olarak kabul görememiştir (Uzun ve Yalpy , Apotheker ve Jako 1981). Garry Carr'ın 1992'de piyasaya sürdüğü endodontik işlemlerde kullanım kolaylığı sağlayan operasyon mikroskobu, 3,5x- 30x arasında 5 faklı bytmeye ve endodontistin oturarak işlem yapmasını sağlayan açılı drbne sahiptir (Carr 1992).

Mikroskobun temel bileşenleri; dürbünler, büyütme ve hassas odak ayarları yapılan mikroskop gövdesi ve bir işık kaynağıdır. Operasyon mikroskobunun duvara veya tavana monte edilebilen veya farklı nitlerde kullanılmak üzere tekerlekli bir kaidesi bulunan eşitleri bulunmaktadır (Setzer 2016).

Günümüzde kullanılan dental operasyon mikroskopları, birçok ayarının elektronik ortamda yapılabil-diği, büyütme kapasitesi oldukça gelişmiş cihazlardır. Bu

mikroskoplar 4x- 30x arasında büyütme sağlar (Setzer 2016). Çoğu endodontik işlem 10x ile 15x arasındaki büyütme yapılır (Carr ve Murgel 2010). Büyütme oranı, düşük büyütme (2x– 8x), orta büyütme (8x– 16x) ve yüksek büyütme (16x– 30x) olarak üçe ayrılabilir. Cerrahisiz endodonti için Setzer tarafından önerilen büyütme oranları aşağıdaki tabloda (Tablo 2) sunulmuştur (Setzer, 2016).

Tablo 2. Cerrahisiz endodonti için önerilen büyütme oranları

Düşük Büyütme (5x-8x)	Orta Büyütme (8x-16x)	Yüksek Büyütme (16x- 30x)
<ul style="list-style-type: none">• -• -	<ul style="list-style-type: none">• Kanallara erişim• Kanal ağzı tespiti• Kırık alet tespiti• Kanal dolumu	<ul style="list-style-type: none">• Kanal ağzı tespiti• Kırık alet tespiti• Kalsifiye kanal tespiti• Hassas anatomik detayların tanımlanması• Belgeleme

Diş hekimliğinde birçok farklı alanlarda kullanılan operasyon mikroskopları, iyi bir aydınlatma ve ayrıntılı bir görüş sağlayarak özellikle endodontistlerin işini kolaylaştırmaktadır (Carr ve Murgel 2010).

Endodontide geliştirilmiş görüş ve aydınlatma özellikleri;

- Kanal anatomisinin anlaşılması ve kanallara erişimde,
- Kronadaki çatlak ve vertikal kırıkların tespitinde,
- Oblitere kanal ağzlarının bulunmasında,
- Pulpa taşı gibi distrofik kalsifikasyonun anlaşılması ve uzaklaştırılmasında,
- Kanal dolum kalitesinin artırılması ve böylece etkili bir koronal tıkanmanın sağlanmasında,
- Perforasyon ve rezorpsiyonların tespiti ve onarımında,
- Alet kırıkları ve postların uzaklaştırılmasında

önem kazanmaktadır (de Carvalho ve Zuolo 2000, Daoudi 2001, Buhrely, Barrows ve ark. 2002, Gencoglu ve Helvacioğlu 2009, Kahler 2011).

Rampado ve ark'nın 2004'te yaptıkları bir çalışmada operasyon mikroskobu kullanımının, önceden mikroskop eğitimi almamış diş hekimliği öğrencilerinin açtığı endodontik giriş kavitesi kalitesini olumlu etkilediği gösterilmiştir (Rampado, Tjäderhane ve ark. 2004).

Büyütme kullanımının endodontik işlemlerin başarı oranını gerçekten arttırıp arttırmayacağı konusunda büyük tartışmalar olmuştur. Daha fazla büyütme ve aydınlatma yardımı ile ilave kanalların tespiti konusunda çok sayıda literatür yayınlanmıştır. Xu ve ark'nın 2008'de yaptıkları çalışmada, çok kanallı alt keserlerdeki kök kanallarının operasyon mikroskobu yardımıyla daha iyi şekillendirildiği ve doldurulduğu sonucuna varılmıştır (Xu, Liu ve ark. 2008).

Maksiller birinci molarlarda MB2 kanal varlığının vakaların %50-90 arasında olduğu belirtilmektedir (Hiebert, Abramovitch ve ark. 2017). Dental operasyon mikroskopları ultrasonik uçlarla kullanıldığında, MB2 gibi ekstra kanalları bulmak için en yararlı aletler olarak kabul edilir (de Carvalho ve Zuolo, 2000, Rajput, Memon ve ark. 2013).

İn vitro çalışmalarda MB2 kanallarının saptanma oranının, operasyon mikroskobu ile %52'den %90'a arttığı tespit edilmiştir (Lins, de Melo Silva ve ark. 2013). Görduysus ve ark. yüksek büyütme altında MB2 kanal tespit oranının anlamlı derecede arttığını göstermiştir (Görduysus ve ark. 2001). Burley ve ark'nın 2002'de yaptıkları çalışmada maksiller birinci molarlarda, çıplak gözle %17,2, operasyon mikroskobu altında %71,1 oranında MB2 varlığı tespit edilmiştir (Buhrey, Barrows ve ark. 2002). Stropko'nun yaptığı çalışmada, dental operasyon mikroskobu ile birinci molarlarda MB2 saptama insidansı %73,2'den %93'e yükselmiştir (Stropko 1999).

Basa ve Keçeci, maksiller birinci molar dişlerde yaptıkları bir çalışmada, dijital radyografi ile %43,1 oranında dört kanal; klinik inspeksiyon ile %69,7 oranında dört ve %13,8 oranında beş kanal; dental operasyon mikroskobu ile ise %67,9 oranında dört, %17,4 oranında beş ve %2,8 oranında altı kanal tespit etmişlerdir (Basa ve Keçeci, 2018).

Monea ve ark.'nın çalışmasında, dental operasyon mikroskobu ve kontrol gruplarının iyileşme dereceleri arasında anlamlı farklar bulunmuştur. 6. ayda dental operasyon mikroskobunun %94,8 oranına karşılık kontrol grubunun %87,5'i ve 18 ayda

%95,9'una karşılık %91,9'unda iyileşme kaydedilmiştir. 18. ayda, mikroskop grubundaki vakaların %89'u tamamen iyileşmiş olarak sınıflandırılmıştır (Monea, Hantoiu ve ark. 2015).

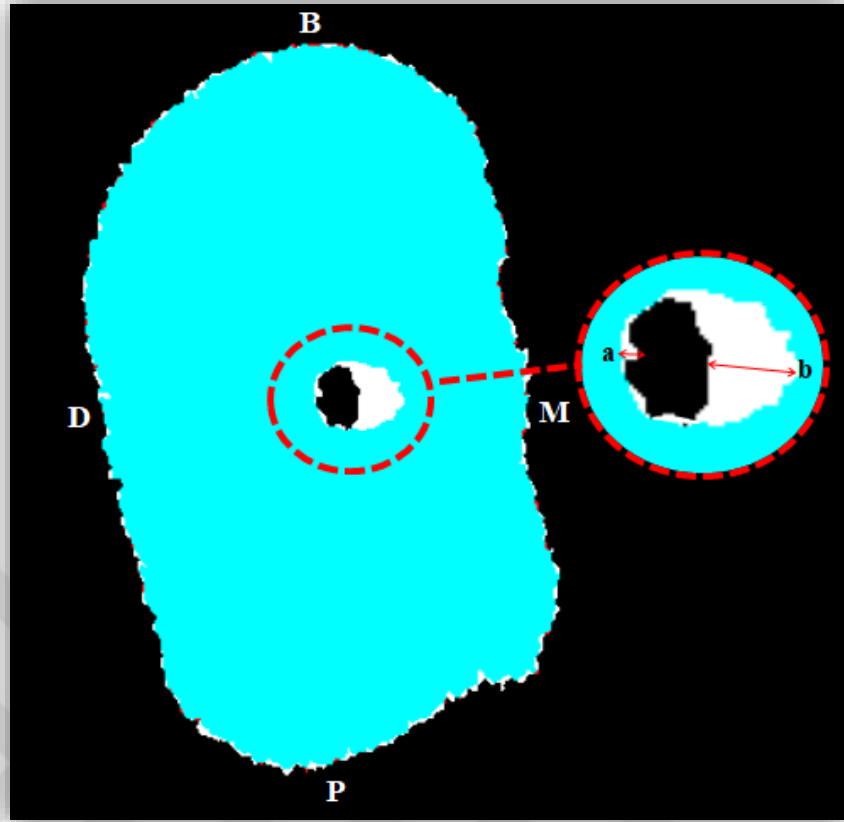
Suter ve ark.'nın 1998 ve 2005 çalışmalarında, operasyon mikroskobunun kullanılmasının, kırık aletleri çıkarmak için şart olduğu belirtilmiştir (Suter 1998, Suter, Lussi ve ark. 2005). Ward çalışmasında, kırık aletleri kurvatürlü kök kanallarından uzaklaştırmada dental operasyon mikroskobuyla beraber ultrasonik uç kullanımının etkili bir yöntem olduğu sonucuna varmıştır (Ward 2003).

2.7. Kök Kanalını Genişletme Teknikleri ve Enstrümanlarını Değerlendiren Yöntemler

Mekanik preparasyon, kök kanalının dolumunun kolaylaştırılması için uygun koniklik sağlanacak şekilde şekillendirilmesi olarak tanımlanmıştır. Aynı zamanda, kullanılan irrigasyon solüsyonları özellikle kökün apikal üçlüsünde belirli bir genişletme sağlanmadığında kimyasal dezenfeksiyon için yeterince etkili olmadığından dolayı kök kanallarının uygun şekilde prepare edilmesi daha da önem kazanmaktadır (Hülsmann, Peters ve ark. 2005). Bu durum, endodontistlerin kök kanal şekillendirilmesini değerlendiren çalışmalara olan ilgisinin artmasıyla sonuçlanmıştır.

Kök kanallarının şekillendirilmesinin değerlendirilmesinde incelenen kriterler; merkezleme oranı, transportasyon miktarı ve yönü, kaldırılan dentin miktarı, kanal eğiminde meydana gelen değişim, kök kanal boşluklarının hacim ve yüzey alanı ve dentin çatlağı oluşumudur (Güneşer, Arslan ve ark. 2017).

Merkezleme oranı, aletlerin kanalın şekillendirilmesi sırasında merkezde kalabilme yetenekleri olarak tarif edilmiştir (Glosson, Haller ve ark. 1995).



Resim 6. Üst birinci molar dişin mezyal kökünün preparasyon öncesi (beyaz) ve sonrası (mavi) iki boyutta üst üste çakıştırılan mikro-BT görüntüsü. Kırmızı halka içerisinde beyaz renk ile belirtilen alanlar preparasyon sonrası uzaklaştırılan dentin dokusunu göstermektedir. (a: dişin distal marjinine en kısa mesafeye çizilen doğru üzerinde meziodistal yöndeki uzaklaştırılan dentin miktarı. b: dişin mezyal marjinine en kısa mesafeye çizilen doğru üzerinde meziodistal yöndeki uzaklaştırılan dentin miktarı.)

Meziodistal yöndeki merkezleme oranı tespiti için (b/a) formülü kullanılmaktadır. a ve b mesafeleri birbirlerine yakın değerler olduğunda merkezleme oranı 1'e yaklaşır ve bu da kanal aletinin preparasyon esnasında merkezde kaldığını ifade eder. Meziodistal yöndeki transportasyon hesaplaması için $(b-a)$ formülü kullanılmaktadır. a ve b mesafeleri birbirlerine yakın değerler olduğunda transportasyon değeri 0'a yaklaşır ve bu da kanal aletinin preparasyon sonucunda transportasyon yaratmadığını gösterir (Gambill, Alder ve ark. 1996).

Transportasyon, kök kanalının şekillendirilmesi sonrası kanal yolunun başka bir yöne taşınması olarak tarif edilebilir. Merkezde kalarak şekillendirme yapan bir kanal

aleti daha az transportasyona yol açtığından dolayı merkezleme oranı ile transportasyon arasında yakın bir ilişki vardır (Güneşer, Arslan ve ark. 2017). Kanal preparasyonu öncesi ve sonrasında elde edilen görüntüler üst üste bindirilerek veya çeşitli analiz programları yardımıyla transportasyonun miktarı ve yönü belirlenebilmektedir (Saberri, Patel ve ark. 2017, Silva, Pacheco ve ark. 2017).

Kök kanalından gereksiz yere dentin uzaklaştırılması, uzun dönemde dişin vertikal kırığına sebep olabilmektedir (McCann, Keller ve ark. 1990). Bu yüzden kök kanalından uzaklaştırılan dentin miktarının kalitatif veya kantitatif değerlendirmesini yapmak için çalışmalar yapılmaktadır. Veltri ve ark. farklı nikel titanyum döner aletlerin enstrümantasyon etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, kanal genişletmesi öncesi ve sonrası alınan radyografları üst üste karşılaştırarak kök kanalının farklı bölgelerinde kaldırılan dentin miktarını hesaplamışlardır (Veltri, Mollo ve ark. 2004). Kökün koronal, orta ve apikal üçlülerinde prepare edilmemiş yüzeylerin alanı ve uzaklaştırılan dentin miktarı, kök kanal preparasyonu öncesi ve sonrası alınan mikro-BT görüntüleri ve bir analiz programı yardımı ile hesaplanabilmektedir (Yang, Shen ve ark. 2016).

Berutti ve ark.'nın 2012'de rezin bloklar üzerinde yaptıkları bir çalışmada, nikel titanyum döner aletlerle kök kanal genişletmesi öncesi ve sonrası alınan dijital fotoğraflar; bir bilgisayar programı yardımıyla üst üste karşılaştırılarak kök kanal eğiminde meydana gelen değişikliklerin ölçümü yapılmıştır (Berutti, Chiandussi ve ark. 2012).

Kök kanallarının yüzey alanı ve hacmi, şekillendirme öncesi ve sonrası kanal görüntüleri birbiri üstüne karşılaştırılarak "Marching Cubes" algoritması yardımıyla hesaplanmaktadır (Lorensen ve Cline 1987). Kök kanal hacmindeki ve yüzey alanındaki değişikliklerin görsel ve sayısal ölçümü, prepare edilmiş kanal verilerinden prepare edilmemiş kanal verileri çıkarılarak yapılmaktadır (Paqué, Balmer ve ark. 2010).

2.7.1. Seri Kesit Alma Yöntemi

"Bramante yöntemi" veya "kapalı mufla yöntemi" olarak da adlandırılan bu teknik, ilk olarak Bramante ve ark tarafından 1987 yılında, kök kanal şekillendirmesi

sonrası uzaklaştırılan dentin miktarının ve kanal transportasyonunun hesaplanması için, çekilmiş dişler akrilik rezine gömülüp horizontal kesitler alınarak kullanılmıştır (Bramante, Berbert ve ark. 1987).

Bu teknikte çekilmiş dişler akrilik rezine gömüldükten sonra bir mufla içinde etrafına beyaz alçı dökülür. Akrilik kalıp, istenildiği zaman bu alçıdan çıkarılabilmekte ve tekrar aynı konumunda yerleştirilebilmektedir. Bir separe aracılığıyla akrilik bloktan korondan apikale kesitler alınır. Kanal preparasyonundan önce bu kesitlerden fotoğraflar alınır. Kesitler mufla içerisinde aynı pozisyonunda yerleştirildikten sonra kök kanal preparasyonu yapılır ve kesitlerin tekrar fotoğrafı çekilir. Preparasyondan önce ve sonra çekilen fotoğraflar üst üste çakıştırılarak kök kanalındaki değişiklikler incelenir (Shen ve Cheung 2013).

Bu yöntem zamanla yerini örneklerin bütünlüğünün korunduğu, invaziv olmayan diğer görüntüleme yöntemlerine bırakmıştır.

2.7.2. İki Boyutlu Radyografi ve Fotoğraflama Yöntemleri

Radyografi yönteminde preparasyon öncesi ve sonrasında dişin bukkolingual yönde veya mezyodistal yönde çekilen periapikal filmleri üst üste bindirilerek, transportasyon, merkezleme oranı ve şekillendirme sonrası kalan ve uzaklaştırılan dentin miktarı hesaplaması çeşitli analiz programlarıyla yapılabilmektedir (Karabucak, Gatan ve ark. 2010).

Bir başka yöntem olarak, şeffaf akril blok veya şeffaflaştırılmış doğal dişlerin kanallarının preparasyonundan önce ve sonra dijital fotoğraf makinesi veya stereomikroskop aracılığıyla elde edilen görüntüler üst üste çakıştırılarak, kök kanalındaki değişiklikler, analiz programları yardımıyla bilgisayar ortamında hesaplanabilmektedir (Barthel, Gruber ve ark. 1999).

2.7.3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)

Kanalların anatomik konfigürasyonu, periapikal lezyonların tanısı, kökteki çatlak ve kırıkların ve rezorpsiyonların üç boyutlu görüntülenmesi amacıyla sıklıkla kullanılan konik ışınlı bilgisayarlı tomografinin (KIBT) endodontide yer alan bir başka kullanımı ise kök kanalının preparasyon öncesi ve sonrası in vitro değerlendirilmesidir (Bernardes, Rocha ve ark. 2010). Numuneye zarar vermeyen ve tekrarlanabilir bir teknik olan KIBT ile alınan yüksek çözünürlüklü görüntüler üzerinde kök yapısal değişiklikleri, transportasyon, merkezleme oranı ve kalan dentin miktarı gibi birçok özellik hesaplaması yapılabilmektedir (Marzouk ve Ghoneim 2013). Ancak çeşitli artefaktların görüntü alınması sırasında kök kanallarının net bir şekilde görüntülenmesini zorlaştırması yöntemin dezavantajıdır (Affairs 2012, Yeri 2015).

2.7.4. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Kanal aletlerinin kök kanal geometrisine etkisini her yönden inceleyebilme fırsatı sunan dişlerin üç boyutlu modellenmesi, ilk kez 1990 yılında Tachibana ve Matsumoto tarafından bilgisayarlı tomografi (BT) yardımıyla yapılmıştır (Tachibana ve Matsumoto 1990). Seri kesit alma ve radyografi ve fotoğraf çakıştırma yöntemlerine göre çok daha doğru sonuçlar veren bu tekniğin en büyük avantajlarından biri de numunelere zarar verilmemesi ve aynı numuneden tekrarlanabilir ölçümlerin yapılabilmesidir (Hartmann, Barletta ve ark. 2007).

Bu yöntemle kök kanal preparasyonu sonrası kanal hacmi değişiklikleri, kaldırılan dentin miktarı ve kanal transportasyonu gibi kök kanal geometrisi özellikleri incelenebilmektedir (Uyanik, Cehrelı ve ark. 2006). Ancak incelenen kesitler mikro-BT'dekine göre daha kalın olduğundan dolayı BT ile elde edilen görüntülerin çözünürlüğünün daha düşük olması tekniğin dezavantajıdır (Yeri 2015).

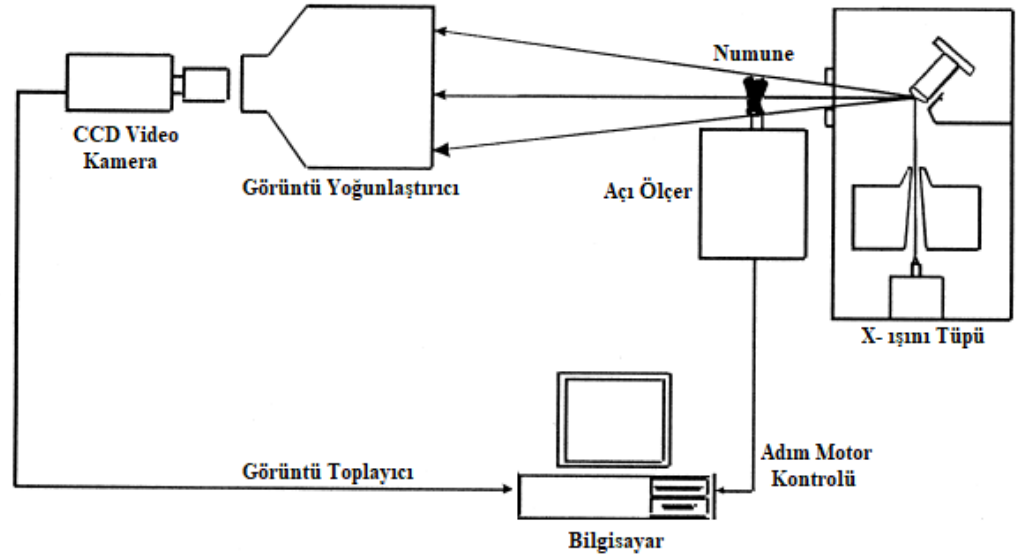
2.7.5. Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT, μ BT)

Geleneksel radyografide, iki boyutlu bir görüntü elde edilir. Örnek çok sayıda farklı yönlerden görüntülenirse, tomografik rekonstrüksiyonu yani üç boyutlu görüntüsünün elde edilmesi, bilgisayar algoritmaları yoluyla mümkündür (Yeri 2015).

Kesitin ince ve sayısının çok olması, örnekten daha fazla bilgi alınmasını sağlayarak görüntü çözünürlüğünün artmasını sağlamaktadır (Elliott ve Dover 1982). Bu yüzden örnekten alınan kesit kalınlığının ince olması için kesit kalınlığı mikrometre (μ m) cinsinden ifade edilen cihazlar üretilmiştir.

1980'lerin başında geliştirilen 5-50 μ m aralığında voksel üreten mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) sistemleri klinik bilgisayarlı tomografi tarayıcılarına göre bir milyon kat daha küçük hacimde voksellere sahiptir (Kuhn, Goldstein ve ark. 1990). Bu da mikro-BT'nin daha iyi uzaysal çözünürlüğe sahip olmasını sağlar (Swain ve Xue 2009).

Mikro-BT cihazı, x ışını tüpü, sabitlenen numuneyi belirli zaman aralıkları ile çeviren bilgisayar kontrollü bir motor, x ışınını yoğunlaştıran görüntü yoğunlaştırıcı, üzerine gelen yoğunlaşmış x ışınlarını görüntüye çeviren bir CCD (Charge-Coupled Devices) kamera, görüntü toplayıcısı ve bu aşamaların hepsini denetleyen bir bilgisayardan oluşmaktadır (Rhodes, Ford ve ark. 1999).



Şekil 1. Mikro-BT'nin şematik görüntüsü

Bilgisayarlı tomografide x- ışını kaynağı ve dedektör hasta etrafında döndürülürken, mikro-BT cihazında örnek, sabit bir x ışını kaynağı sistemi içinde kendi vertikal ekseni etrafında döndürülerek taramaktadır. Sabit x ışını kaynağı sayesinde titreşim azalmış olur ve çözünürlük artar (Dyck 1998).

Geleneksel in vitro yöntemler numunenin dilimlenmesi, boyanması ve şeffaflaştırılması gibi numunede tahrip edici, dönüşü olmayan değişiklikler meydana getirir (Grande, Plotino ve ark. 2012). Mikro-BT'nin kullanılmasıyla, kök kanal morfolojisi, numune tahrip edilmeden eksiksiz olarak incelenebilmiştir. Bir mikro-BT taramasında kesitler, istenilen düzlemde yeniden oluşturulup istenilen boyutta, kalitatif ve kantitatif açıdan değerlendirilebilecek görüntüler elde edilebilir (Versiani, Ordinola-Zapata ve ark. 2016). Ancak numunenin taranıp üç boyutlu model elde etmenin uzun zaman alması ve tekniğin pahalı olması, çalışmalardaki örnek sayısının az olmasına neden olan bir dezavantajdır (Yeri 2015). Ayrıca mikro-BT'nin, yüksek radyasyon dozundan dolayı in vivo çalışmalarda kullanılmaması ve kanaldaki debrisin ve smear tabakasının tespitinde yetersiz kalması diğer dezavantajlarıdır (Metzger, Solomonov ve ark. 2013).

Mikro-BT, birçok akademik alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Endodontide; kök kanal morfolojisinin analizinde, kanal preparasyonunun değerlendirilmesinde,

kontrast madde kullanılarak irigasyon sistemlerinin ulaşabildiği alanları belirlemede, debris birikimi tespitinde, kök kanal dolgusunun değerlendirilmesinde, sonlu elemanlar analizi oluşturulmasında, kemik yapısının görüntülenmesinde ve dişlerin mineral konsantrasyonlarının değerlendirilmesinde kullanılabilir (Yeri 2015).

Mikro-BT ile birlikte kök kanal preparasyonunun üç boyutlu değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Kanal çapı, transportasyon varlığı, merkezi sapma, enstrümanla edilen/ edilmeyen yüzey, preparasyon sonrası yüzey alan ve hacmindeki değişiklik, uzaklaştırılan dentin hacmi gibi birçok parametreyi incelemek mümkündür (Peters, Laib ve ark. 2001, Moore, Fitz-Walter ve ark. 2009). Yüzey değişikliklerinin mikro-BT ile görüntülenebilmesi için dentinin en az 40 µm kadar uzaklaştırılması gerekmektedir (Paqué ve Peters 2011). Kanal genişletme tekniğinin yarattığı transportasyon miktarı, mikro-BT taramasından elde edilen iki boyutlu görüntüler ile preparasyondan önceki ve sonraki dentin kalınlıkları karşılaştırılarak ölçülebilir (Gergi, Osta ve ark. 2015).

Son yıllarda yapılan, kök kanal preparasyon etkinliği ve geometrisini değerlendiren birkaç mikro-BT çalışması aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 3. Kök kanal preparasyon etkinliği ve geometrisini değerlendiren birkaç mikro-BT çalışması

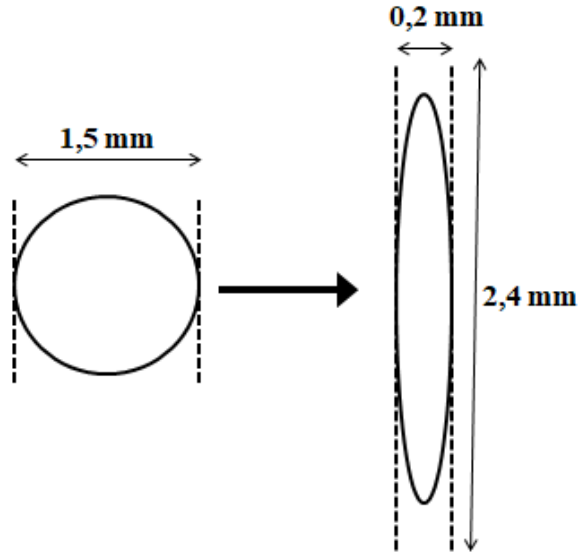
Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Amacı	İncelenen Esas Kriter
Zhao, Shen ve ark. 2013	- Maksiller 1. molarların MB kanallarında kullanılan HCM, Twisted File ve K3 sistemlerinin, koronal, orta ve apikal üçlüdeki etkinliklerini karşılaştırmak	- Enstrümente edilmemiş yüzeyler - Preparasyon sonrası kanal hacmindeki değişiklik - Transportasyon
Pinheiro, Alcalde ve ark. 2018	- Mandibuler 1. Molarların MB ve ML kanallarında, ProTaper Gold, ProDesign S (PDS), HCM, HyFlex EDM ve ProDesign Logic sistemlerinin kanal geometrisine etkilerini karşılaştırmak	- Transportasyon - Merkezi sapma - Preparasyon sonrası kanal hacmindeki değişiklik
Venino, Citterio ve ark. 2017	- Tek kanallı dişlerde ProTaper Next ve HyFlex EDM'nin, kanalın beş farklı seviyesindeki preparasyon etkinliklerini karşılaştırmak	- Hacim değişikliği - Yüzey alanı - Transportasyon - Merkezi sapma
Alovisi, Pasqualini ve ark. 2018	- ProGlider ve WOG ile kanal preparasyonu yapılan mandibuler molarlarda MİK ve GK tasarımının kanal geometrisine etkilerini karşılaştırmak	-Uzaklaştırılan diş dokusu -Giriş kavitesi yüzey alanı -Merkezi sapma - Preparasyon sonrası hacim ve yüzey alanı değişikliği
Moore, Verdalis ve ark. 2016	- V-Taper2H ile kanal preparasyonu yapılan maksiller molarlarda MİK ve GK tasarımının kanal geometrisine etkisini değerlendirmek	- Uzaklaştırılan dentin miktarı
van der Vyver, Paleker ve ark. 2019	- Ni-Ti, M-Wire ve Gold-Wire döner aletlerle ve farklı ön genişletme teknikleriyle maksiller molarlarda yapılan kök kanal preparasyonlarının kanal geometrisine etkisini değerlendirmek	- Apikal, orta ve koronal seviyelerdeki merkezleme oranı ve transportasyon değerleri

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Amacı	İncelenen Esas Kriter
Keleş ve Keskin 2018	- SAF, Reciproc ve Revo-S ile genişletilen Vertucci Tip 2 kanallarda apikal bölgenin incelenmesi	- Apikal foramenden 1,2 mm'deki major çap değeri ve şekli
Stringheta, Bueno ve ark. 2019	- Reciproc, PTN, WOG ve PDL sistemlerinin preparasyon etkinliklerinin birbirleri ile karşılaştırılması	- Uzaklaştırılan dentin miktarı - Kanal hacmindeki değişiklik - Enstrümanite edilmemiş yüzey alanları - Biriken debris miktarı - SMI (yapı model indeksi)
de Oliveira, Leoni ve ark. 2019	- PTN, RC, RCB ve TRU sistemlerinin kurvatürlü kök kanallarındaki preparasyon etkinliklerinin karşılaştırılması	- Kanal yüzey alanı ve çapı - Kanal hacmi - SMI - Transportasyon miktarı

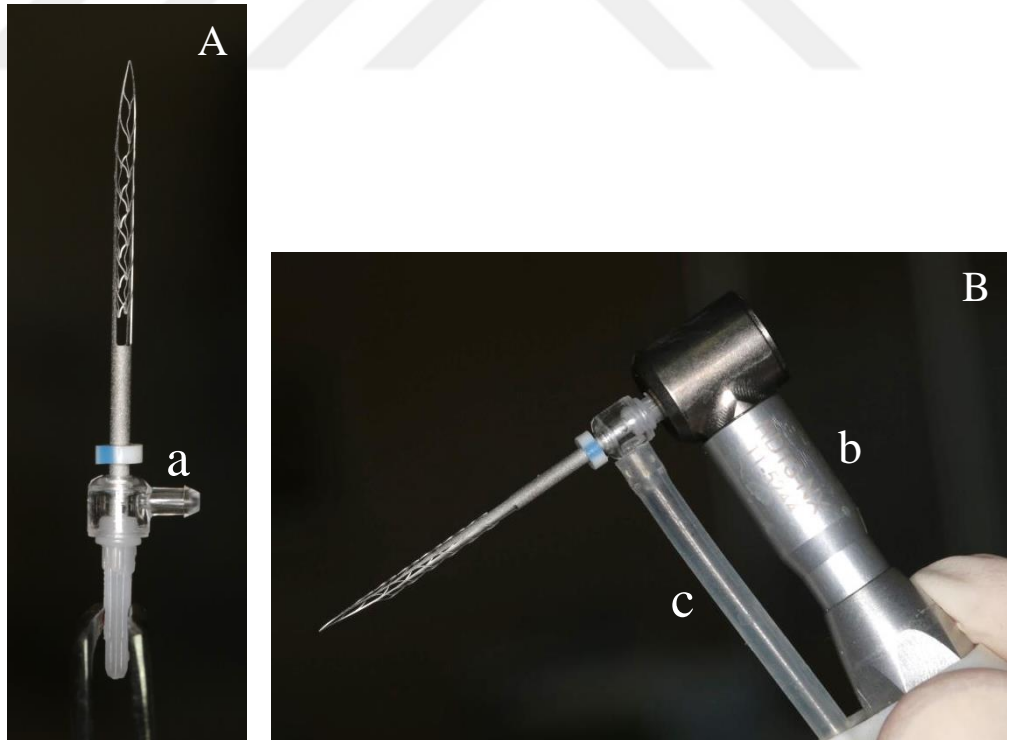
2.8. Self-Adjusting File (SAF)

Self Adjusting File (SAF) (ReDent-Nova, Ra'anana, İsrail) eğe sistemi minimal invaziv endodontik tedavi için tasarlanmış bir sistemdir. Sistem, RDT anguldruvası ve eğenin içinden sürekli bir solüsyon akışını sağlayan VATEA irigasyon pompasından oluşmaktadır (Metzger 2014).

SAF, metal bir kuru olmayan ilk eğe sistemidir. SAF, 120 µm kalınlığında, ucu sivri silindirik şeklinde ince çeperli bir nikel-titanyum kafesten oluşan, 1,5 veya 2,0 mm çapında, sıkıştırılabilir içi boş bir egedir (Metzger, Teperovich ve ark. 2010). 1,5 mm'lik SAF eğesi, önceden genişletilmiş veya #20 K eğesiyle ön genişletme yapılmış, 2,0 mm'lik SAF eğesi ise #30 K eğesiyle ön genişletme yapılmış bir kanala yerleştirilebilecek ölçüde kolayca sıkıştırılabilir (Hof, Perevalov ve ark. 2010). 1,5 mm boyutundaki SAF, 0,2 mm mezodistal genişliğe sahip yani önceden #20 K'ya kadar genişletilmiş bir oval kanala yerleştirildiğinde, mezodistal olarak sıkışmakta ve bukkolingual olarak 2,4 mm genişlemektedir.



Şekil 2. Self Adjusting File (SAF) eğesinin 0,2 mm çapa sahip oval bir kanala yerleştirildiğindeki şematize edilmiş hali



Resim 7. SAF eğesinin farklı açılardan görünümü (A, B) (a: Solüsyon giriş bölgesi. b: RDT anguldruvası. c: VATEA solüsyon haznesinden gelen irrigasyon solüsyonunu SAF eğesine ileten polietilen boru.)

Operatör, kanalın şeklini bilmeyip herhangi bir ayarlama yapmasa bile eğe, kanalın formunu alacaktır. Bu yüzden eğenin ismi “Self-Adjusting File” yani “kendini uyumlayan eğe” olarak tanıtılmıştır (Metzger 2014).

Eğe dar bir kök kanalına yerleştirilirken sıkıştırılmak üzere tasarlanmıştır. İşlem sırasında orijinal boyutlarını yeniden kazanmaya çalışır, böylece kanal duvarları üzerine sabit bir hassas basınç uygulanır (Metzger, Teperovich ve ark. 2010). SAF, üç boyutlu olarak sıkıştırılabilir yapısıyla, kesitini bir kök kanalının şekline uyarlayabilir. Eğe, kök kanal duvarlarında zımpara kağıdına benzer şekilde çalışır, çünkü kesici kenarları veya yivleri yoktur (Metzger 2011).

SAF’ın yüzeyi, ileri geri bileme hareketi ile dentin uzaklaştırılması için tasarlanmış şekilde hafif aşındırıcıdır. İşlem boyunca tek bir SAF eğesi kullanılır (Hof, Perevalov ve ark. 2010). SAF, operasyon sırasında irrigant basıncı oluşmamaktadır. Bunun nedeni, SAF eğesinin metal ağısı yapısının solüsyonun her zaman serbestçe kaçmasına izin vermesi ve kanal kesitinin %38’inden fazlasını sıvı ve debris uzaklaştırılması için serbest bırakmasıdır (Hof, Perevalov ve ark. 2010).

SAF, dakikada 3.000 ila 5.000 ileri geri titreşim yapan, 0,4 mm genlikli, RDT angulduvası ile çalıştırılır (Metzger, Teperovich ve ark. 2010). Bu özel başlık, çift fonksiyona sahiptir. Birincisi, mikromotorun rotasyonunu 0,4 mm genlikte ileri geri harekete dönüştürür. İkinci olarak da SAF kanal duvarlarına temas etmediğinde rotasyonuna izin veren ancak dentine teması sırasında rotasyonu sonlandıran bir kontrol mekanizmasına sahiptir. Eğenin rotasyonu, SAF eğesi kanal duvarlarından ayrıldığında, her gagalama darbesinin her bir çıkış kısmında gerçekleşir. Bu şekilde SAF eğesi, her seferinde farklı, rastgele bir pozisyonda kanal duvarlarının eşit işlem görmesini sağlayacaktır. Ayrıca bu rastgele dairesel pozisyon, eğenin asimetric sivri ucunun, kök kanalında bulunabilecek kurvatürleri atlmasına izin verir (Metzger 2014). SAF eğesi içi boşluklu yapısı sayesinde işlem boyunca sürekli irigasyona izin verir. Özel bir irigasyon cihazı olan VATEA (ReDent-Nova, Ra’anana, İsrail), 400 ml hacminde bir solüsyon haznesi içermektedir. Cihaz, polietilen ince bir boru ile egedeki solüsyon çıkış merkezine bağlanır ve önerilen hız 4 ml/dk olmakla beraber, tercih edilen solüsyonun dakikada 1-10 ml arasında düşük bir basınçta sürekli olarak akışını sağlayabilmektedir (Metzger, Teperovich ve ark. 2010).



Resim 8. VATEA irrigasyon cihazı, RDT anguldruvası ve SAF eğesi

SAF, çalışırken kanala yerleştirilir ve kanal çalışma boyuna ulaşana kadar ileri geri manuel hareketlerle hassas bir şekilde itilir. SAF ile en fazla dentin uzaklaştırılması ilk iki dakikada gerçekleşmektedir (Hof, Perevalov ve ark. 2010). Sürekli irrigasyon altında, her biri 2 dakikalık iki döngü şeklinde kanal başına toplam 4 dakika çalıştırılır. Bu şekilde şekillendirme tamamlandığında kök kanalından 60-75 μ m kalınlığında düzgün bir dentin tabakası uzaklaştırılır (Hof, Perevalov ve ark. 2010).

SAF kullanılırken orijinal kanal şekli korunur çünkü SAF kanal duvarını kesmez. Yumuşak fırçalama etkisi, minimum kök kanal genişletmesini ve kanalın orijinal şeklini korumasını sağlar (Kim, Sung ve ark. 2013). SAF eğesinin hafif aşındırıcı etkisi, dentin tabakasını devamlı solüsyon akışıyla koronale taşınan ince bir toza dönüştürerek uzaklaştırır. SAF, dentin çipleri üretmez ve bu nedenle bu çipleri istmuslara doldurma eğiliminde değildir. Paqué F ve ark.'nın çalışmasında, kanaldaki istmusun SAF tarafından

dentin çipleri ile tıkanmasının göz ardı edilebilir düzeyde olduğu belirtilmiştir. Çalışmada istmus hacminin, döner aletler ile genişletilen dişlerde %10,1'inin, SAF'la genişletilen dişlerde ise sadece %1,7'sinin, dentin çipleri ile tıkanıdığı gözlenmiştir (Paqué, Al-Jadaa ve ark. 2012).

Kurvatürlü kanallar maksiller molarlarda sık görülür. Peters OA ve ark.'nın (2004, 2011), Paqué F ve ark.'nın (2009) yaptığı mikro-BT çalışmalarında, nikel titanyum döner aletlerin kurvatürlü kanalları aşabilmesine rağmen, bu kanalları temizleme yeteneklerinin sınırlı olduğu gösterilmiştir (Peters 2004, Paqué, Ganahl ve ark. 2009, Peters ve Paqué 2011). Paqué F ve ark.'nın mikro-BT çalışmasında, maksiller molarların kurvatürlü kanallarının enstrümantasyonunun sınırlı etkinliği incelenmiştir. Enstrümante edilemeyen kanal duvarının yüzdesi, döner alet ve el aletleri ile prepare edilen dişlerde % 45-50, SAF ile prepare edilen dişlerde ise sadece % 23 oranında bulunmuştur (Paqué, Ganahl ve ark. 2009).

Endodontik tedavinin başarısı için, eksiksiz temizlik, yeterli dezenfeksiyon ve kök kanalının etkili şekilde tıkanması, kritik öneme sahiptir. Mevcut olan döner aletler kullanılarak oval ve kurvatürlü kanallarda elde edilebilen sonuçlar tatmin edici değildir (Peters, Peters ve ark. 2003, Bier, Shemesh ve ark. 2009, Shemesh, Bier ve ark. 2009, De-Deus, Barino ve ark. 2010, Siqueira Jr, Alves ve ark. 2010). Döner aletler, tüm kök kanallarını orijinal üç boyutlu formlarından bağımsız olarak dar ve yuvarlak kesitli düz kanallar gibi temizler ve şekillendirirler.

Üst molarların mezyobukkal köklerindeki kanallar gibi enine kesitlerde asimetrik, yassı veya damla şeklindeki kanalların tam anlamıyla enstrümantasyonu ve temizliği zordur. Bu tip kanallardaki yassılık veya asimetri genellikle bukkolingual yönde seyretmektedir. Periapikal radyografiler iki boyutlu olduğu için ve bukkolingual yönde görüntü alındığı için bu durumun klinik şartlarında anlaşılması güçtür (Wu, R'oris ve ark. 2000).

Döner aletler kök kanalını yuvarlak kesiti olan bir forma dönüştürür. El aletleri ve döner aletler, yassı kök kanallarının bukkal ve lingual alanlarını ve damla şeklindeki kanalların istmusa bakan alanlarını yeterince prepare edememektedir (Wu ve Wesselink 2001, Wu, Sluis ve ark. 2003). Hekim, bu yetersizliğin farkında olmayabilir, çünkü kök

kanal dolgusu iki boyutlu olan periapikal röntgende tatmin edici görünebilir. Bir döner alet, bir ana konun yerleştirilmesine izin verecek ölçüde genişletme yapabilirse, iyi bir radyografik izlenim verecektir. Bununla birlikte, bu değerlendirme kanalın üç boyutlu gerçek durumunu gizleyebilir. Peters ve ark. 2003'te yaptıkları mikro-BT çalışmasında, ProTaper'ın kurvatürlü kanala sahip maksiller molarlardaki preparasyon performansını incelemişlerdir. Prepare edilmemiş yüzey oranı, mezyal kanal duvarında %43, distal kanal duvarında %33, palatinal kanal duvarında %49 bulunmuştur. Röntgende tatmin edici bir görüntü sergileyen döner aletlerle preparasyonun üç boyutlu etkisi ortaya çıkmış olmuştur (Peters, Peters ve ark. 2003).

SAF teknolojisi minimal invaziv üç boyutlu endodonti konseptini mümkün kılmaktadır. Minimal invaziv endodontik yaklaşımın hedefi, kök dentini gereksiz yere uzaklaştırılmadan ve mikroçatlaklara neden olmadan, tüm kök kanalı boyunca eşit miktarda ince bir dentin tabakasının uzaklaştırılmasıyla kök kanalının etkili bir şekilde temizlenmesini sağlamaktır. SAF sistemi, kök kanal tedavisinin yeterli şekillendirme, dezenfeksiyon ve hermetik tıkama gibi tüm temel hedeflerine kök dentinine gereksiz yere zarar vermeden ulaşmayı amaçlar (Adorno, Yoshioka ve ark. 2011, Yoldas, Yılmaz ve ark. 2012, Hin, Wu ve ark. 2013, Liu, Kaiwar ve ark. 2013).

Geleneksel preparasyon prosedürleri, bir döner alet kullanarak kanalın istenen şekilde genişletilmesi ile irrigasyon solüsyonunun kanalın apikal kısmına ulaşmasını sağlamak ve bir ana kon ile obturasyonu kolaylaştırmayı içerir. Döner aletler, düz, dar ve yuvarlak kesitli kanallarda, kök dentinin iç tabakasının çoğunun, pulpa artığı veya bakteri biyofilmi ile birlikte çıkarılmasına izin verir.

Mikro-BT çalışmaları, oval ve kurvatürlü kanallarda döner alet kullanımının kök dentin iç yüzeyine tüm kanal çeperince temas etmediğini göstermiştir (Metzger, Teperovich ve ark. 2010, Paqué ve Peters 2011). Geleneksel endodontik yaklaşımda, kök kanallarının apikal kısmının bilinen çapı ve şeklinden dolayı, apeks yüzeyinin tamamını içermek için daha büyük bir kanal preparasyonu yapılması önerilmektedir (Hecker, Bartha ve ark. 2010). Bu yaklaşım da kanal dentininin gereksiz yere uzaklaştırılmasına ve kökün apikal dentininde mikroçatlakların oluşmasına yol açabilir (Adorno, Yoshioka ve ark. 2011). SAF sistemi, kanalın şekline kendini uyumlayabildiği için tüm kanalın çevresinden ince, homojen bir dentin tabakasını uzaklaştırır. Böylece minimal invaziv bir

yaklaşım ile büyük bir apikal preparasyon gerekliliği ortadan kalkmaktadır (Solomonov 2011, Metzger, Solomonov ve ark. 2013).

Döner nikel-titanyum aletlerin bir diğer problemi, kurvatürlü kök kanallarında apikal transportasyondur. Döner aletler, kesici olmayan uçlar, daha esnek alaşımlar ve farklı kesitsel tasarımlar gibi birçok gelişme kaydetmesine rağmen bu sorun hala devam etmektedir (Peters 2004). Transportasyonun sonucu olarak, kanal eğriliğinin iç tarafındaki apikal kısım, hiç temizlenmemiş ve debrisle dolu kalabilir ve basamak, hatta sonraki aşamalarda perforasyon gerçekleşebilir (Versiani, Pascon ve ark. 2008). Peters OA ve ark'nın in vitro çalışmasında, maksiller molarların SAF ile preparasyonunda minimal kanal transportasyonu gerçekleşmiştir (Peters ve Paqué 2011). Peters OA ve ark'nın çalışmasında ProTaper'ın, Hubscher W ve ark.'nın (2003) çalışmasında FlexMaster'ın maksiller molarlardaki kullanımında SAF sisteminden daha fazla transportasyon oluşturduğu belirlenmiştir (Hübscher, Barbakow ve ark. 2003, Peters, Peters ve ark. 2003). Hidalgo ve ark'nın 2017'de çekilmiş mandibuler molarlarda yaptıkları mikro-BT çalışmasında, SAF'la genişletilen kanallarda, el eğesi ve ProTaper Next sistemine göre daha az apikal transportasyon gözlenmiştir (Hidalgo, Silva ve ark. 2017).

Tablo 4. SAF ile ilgili yapılmış çalışmalar

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
De-Deus, Barino ve ark. 2010	<i>-İn vitro</i> - histolojik kesit	- PTU ve SAF'ın oval kanallardaki (mandibuler kanin) debridman etkinliği	- <u>Pulpa dokusu artığı:</u> PTU> SAF, ($P<.05$)
Ruckman, Whitten ve ark. 2013	<i>-İn vitro</i> - dijital periapikal film (Vitapex)	- Uzun oval kanallarda PF, el eğesi ve SAF'ın enstrümantasyon etkinliği	- <u>Enstrümante edilmiş alan:</u> Koronal 5-10 mm→ SAF> PF, ($P>.05$) SAF> el eğesi, ($P<.05$)
Paranjpe, de Gregorio ve ark. 2012	<i>-İn vitro</i> - mikrobiyoloji ve SEM	- Oval kanallarda PTU ve SAF'ın dezenfeksiyon etkinlikleri	- <u>CFU:</u> SAF> PTU, ($P<.05$) - <u>Debris ve smear:</u> SAF> PTU, ($P<.05$) Sonuç: SAF kullanımında apikal enstrümantasyonun kontrolü olmadığı için yeterli dezenfeksiyon sağlanamamıştır.
Peters ve Paqué 2011	<i>-İn vitro</i> - mikro-BT	- Maksiller molarlarda SAF ile preparasyonun kanal geometrisine etkisi	<u>Enstrümante edilmemiş alanlar:</u> MB→ %26, DB→ %22, P→ %25, ($P>.05$) <u>Transportasyon:</u> Apikal ve orta 1/3→ 31- 89 µm Sonuç: 4 dk SAF uygulamasıyla 2-2,87 mm ³ dentin uzaklaştırılmıştır. SAF minimal transportasyonla homojen ve çevresel bir preparasyon sağlamıştır.

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Versiani, Pécora ve ark. 2011	- <i>İn vitro</i> - mikro-BT	- Mandibuler keserlerde K3 ve SAF kullanımının kanal geometrisi üzerine etkisi	<u>Enstrümanite edilen yüzey:</u> Koronal 1/3→ SAF (%92)> K3 (%62), ($P<.05$) Orta ve apikal 1/3→ SAF≈K3, ($P>.05$) <u>Kanal hacmindeki değişim:</u> Koronal 1/3→ SAF (1,4mm ³)> K3(0,8 mm ³), ($P<.05$) Sonuç: SAF'la genişletilen kanalın apikal 1/3'ünün boyutu, #40.02 koniklikte döner alet ile yapılmış preparasyon boyutuna eşdeğer bulunmuştur. Oval kanallardaki koronal bölgenin etkin preparasyonu için SAF daha uygun bulunmuştur.
Siqueira Jr, Alves ve ark. 2010	- <i>İn vitro</i> - mikrobiyoloji	- Mandibuler keser ve maksiller ikinci premolarlarda BioRace ve SAF kullanımının kanal dezenfeksiyonu üzerine etkisi	- <u>Enstrümantasyondan sonra pozitif kültür sayısı</u> BioRace (%55)> SAF (%20), ($P<.05$) Sonuç: Uzun oval kanalların E. Faecalis eliminasyonunda SAF, BioRace'e göre daha üstün bulunmuş.
Ahmetoglu, Keleş ve ark. 2015	- <i>İn vitro</i> - mikro-BT	- Maksiller molarlarda Reciproc, Revo-S ve SAF'ın kök kanal geometrisine etkileri	Sonuç: Üç sistem de, tüm kanallarda benzer hacim değişikliği yaratmıştır.
Bayram ve ark. 2017)	- <i>İn vitro</i> - mikro-BT	- Mandibuler premolarlarda PT Gold, XP- endo shaper ve SAF kullanımının dentin çatlak oluşumuna etkileri	<u>Dentin çatlağı:</u> En fazla→ PTU, ($P<.05$) SAF, PTG ve XP yeni mikroçatlak oluşturmamıştır.

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Hin, Wu ve ark. 2013	-İn vitro - mikroskop	- Mandibuler premolarlarda el eğesi, Mtwo, PTU ve SAF kullanımının dentin çatlak oluşumuna etkileri	<u>Dentin çatlağı:</u> PTU→%35 Mtwo→%25 SAF→%10 El eğesi→%0 PTU, Mtwo> el eğesi, (P<.05) SAF> el eğesi, (P>.05)
Farmakis, Sotiropoulos ve ark. 2013	-İn vitro - mikroskop (50x)	- Molar dişlerde kullanılan SAF'ın deformasyon derecesi	Sonuç: Eğenin tam kırılması veya fragmanın kopup kanalda kalması durumları hiç gerçekleşmemiştir.
Kim, Sung ve ark. 2013	-İn vitro - FEM	- PF, PTU ve SAF kullanımının dentin duvarları üzerinde oluşturdukları stres	<u>Stres:</u> PTU-F1 (%98) ve PF-20.06 (%87), SAF'a (%10) göre 8-10x daha fazla stres oluşturmuş.
Metzger, Zary ve ark. 2010	-İn vitro - mikro-BT	- PTU ve SAF kullanımının enstrümantasyon ve obtürasyon etkinliklerinin değerlendirilmesi	<u>Enstrümente edilen yüzey:</u> PTU→%40 SAF→%83, (P<.05) <u>Obtürasyon oranı:</u> PTU→ %55 SAF→%83, (P<.05) Sonuç: SAF'ın enstrümantasyon etkinliği ve kullanımından sonraki obtürasyon kalitesi, PTU'ya göre daha iyi bulunmuştur.
Peters, Boessler ve ark. 2010	-İn vitro - mikro-BT	- Maksiller keserlerde SAF kullanımının kanal geometrisine ve zamana bağlı preparasyon derecesine etkisinin değerlendirilmesi	<u>İlk 2 dk'da hacim değişikliği:</u> 1,5 mm SAF→1,6 mm ³ 2.0 mm SAF→3,6 mm ³ - İlk 2 dk'lık SAF kullanımında kanal hacmindeki değişiklik, ikinci 2 dklık periyottakine göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. 1,5 ve 2.0 mm'lik SAF'larla enstrümente edilen alanların artışı ile kullanım zamanı arasında doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir.

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Hidalgo, Silva ve ark. 2017	- <i>In vitro</i> - mikro-BT	- Birinci molarlarda el eğesi, PTN ve SAF kullanımının kök kanal geometrisine etkisi	<u>Minör çap değişimi:</u> SAF< el eğesi, PTN, ($P<.05$) <u>Kanal hacmi değişimi:</u> SAF< el eğesi, PTN, ($P<.05$) <u>Yüzey alanı değişimi:</u> SAF< el eğesi, PTN, ($P<.05$) <u>Transportasyon:</u> En fazla → el eğesi (%14-29) En az → SAF (%5-7) <u>Lateral perforasyon:</u> SAF (%4)< PTN (%8)< el eğesi (%48), ($P<.05$)
Özer, Sadullah ve ark.	- <i>In vitro</i> - boyama ve ışık mikroskobu	- C şekilli kanallarda SAF'ın enstrümantasyon etkinliği	<u>Enstrümente edilen alan:</u> SAF=%66
Silva, Carvalho ve ark. 2019	- <i>In vitro</i> - mikro-BT	- Mandibuler molar mezyal kök istmuslarında bulunan debrisin PUI, EndoVac, EasyClean ve SAF kullanımıyla uzaklaştırılmasının değerlendirilmesi	Sonuç: Sistemler arasında anlamlı fark bulunamamıştır. Bütün irrigasyon protokollerinden sonra debrisin yoğunluğunda anlamlı bir düşüş olmuştur. Ancak hiçbir sistem istmuslardaki debrisi tam olarak uzaklaştıramamıştır.
Solomonov, Paqué ve ark. 2012	- <i>In vitro</i> - mikro-BT	- C şekilli kanala sahip molar dişlerde SAF ve PTU'nun enstrümantasyon etkinliğinin karşılaştırılması	<u>Enstrümente edilmeyen yüzey:</u> PTU (%66)> SAF (%41), ($P<.05$)
Dietrich, Kirkpatrick ve ark. 2012	- <i>In vitro</i> - fotoğraflama	- Mandibuler molar dişlerde kanallar arası istmuslardaki debrisin K3, WO ve SAF kullanımı ile uzaklaştırma etkinliklerinin değerlendirilmesi	Sonuç: İstmus temizliği açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. <u>İstmus debridmanı:</u> SAF ≈ K3 > WO ($P>.05$)

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Lin, Shen ve ark. 2013	- <i>In vitro</i> - SEM	- K tipi el eğesi, PF ve SAF'ın biyofilm uzaklaştırma etkinliklerinin karşılaştırılması	<u>Bakteri yoğunluğu:</u> K tipi el eğesi (%27), PF (%19)> SAF (%3) , ($P<.05$)
Çapar, Altunsoy ve ark. 2014	- <i>In vitro</i> - kırma testi	- Mandibuler premolar dişlerde SAF ve PTU kullanımının kırılma direnci üzerine etkileri	<u>Kırılma direnci:</u> PTU→242 N, SAF→ 271 N, ($P>.05$)
Topcu, Karatas ve ark. 2014	- <i>In vitro</i> - periapikal radyografi	- PTU, WaveOne, el eğesi, Reciproc ve SAF'ın, oval şekilli mandibuler santral kanallardaki debridman etkinliklerinin karşılaştırılması	<u>Debridman etkinlikleri:</u> En düşük→ el eğesi ve SAF, ($P<.05$) En yüksek→ WO, ($P<.05$) PTU> el eğesi, SAF, ($P<.05$)
Zuolo, De-Deus ve ark. 2017	- <i>In vitro</i> - mikro-BT	- TRUShape, SAF, BioRace ve Reciproc kullanımının dentin çatlağı oluşturma dereceleri	Sonuç: Hiçbir sistem yeni dentin çatlağı oluşturmamıştır.
Pawar, Pawar ve ark. 2014	- <i>In vitro</i> - kırma testi	- WaveOne, PTN ve SAF'ın mandibuler premolardaki kırılma direncine etkileri	Sonuç: SAF'la genişletilen dişlerin kırılma direnci PTN ve WO'a göre anlamlı derecede yüksek çıkmıştır.
Pawar, Barfiwala ve ark. 2016	- <i>In vitro</i> - kırma testi	- PTU, Revo-S, WaveOne, Reciproc ve SAF'ın mandibuler premolardaki kırılma direncine etkileri	Sonuç: SAF grubu, intakt diş yakın kırılma direncine sahip bulunmuştur. İntakt diş ve SAF grubu diğer gruplardakine göre anlamlı olarak daha fazla kırılma direnci göstermiştir.

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Shah, Wadekar ve ark. 2017	- <i>In vitro</i> - KIBT	- SAF ve PTU'nun oval kanallarda transportasyon yaratma ve merkezde kalma özelliklerinin karşılaştırılması	Sonuç: SAF özellikle koronal ve orta üçlüde, bukkolingual yönde, PTU'ya göre daha az transportasyon oluşturmuş ve daha iyi merkezde kalmıştır. Mezyodistal yönde iki sistem de birbirlerine yakın değerler göstermiştir.
Şerefoglu ve Pişkin 2017	- <i>In vitro</i> - mikro-BT	- Kurvatürlü mandibuler molarlarda PTU ve SAF kullanımının kök kanal geometrisine etkisi	Sonuç: Distal kanallarda iki sistem arasında fark bulunamamıştır. Mezyal kanallarda PTU, SAF'a göre daha fazla dentin uzaklaştırarak daha çok enstrümente edilen yüzey oluşturmuştur.
de Melo Ribeiro, Silva-Sousa ve ark. 2013	- <i>In vitro</i> - histolojik kesit - mikroskop	- SAF ve rotary eğelerin oval şekilli kanalların apikal üçlüsündeki enstrümantasyon etkinlikleri	<u>Enstrümente edilmemiş kanal yüzeyi oranı:</u> Rotary sistemler > SAF ($P < .05$) <u>Debris uzaklaştırılması:</u> SAF \approx %100 Rotary sistemler = %47
Akçay, Yiğit-Özer ve ark. 2011	- <i>In vitro</i> - SEM	- Kurvatürlü kanallarda (45°, 60°) SAF kullanımının süreye bağlı deformasyonunun incelenmesi (dörder dk'lık 7 periyot)	Sonuç: Yüzeydeki kafes örgünün kopması iki grupta da ikinci 4 dk'lık periyotta başlamıştır. Üçüncü dört dk'lık periyotta kopmalar tek taraflıyken, dördüncü periyottan sonra kopmalar çift taraflı olmaya başlamıştır. Egede tamamen kopma hiç gerçekleşmemiştir.

2.9. NiTi Alaşımının Özellikleri

Nikel-titanyum alaşımı, ilk olarak 1963'te Deniz Mühimmat Laboratuvarı'ndaki ABD uzay programı için geliştirilip genel adı "Nitinol" olarak verilmiştir (Auricchio, Taylor ve ark. 1997). Diş hekimliğinde ilk kez 1971 yılında Andreasen ve Hilleman tarafından düşük esneklik modülü, şekil hafızası etkisi ve esnekliği nedeniyle ortodontik

tel üretiminde kullanılmıştır (Andreasen ve Hilleman 1971). Endodontide ilk olarak 1975 yılında Civjan ve ark. endodontik aletlerin NiTi alaşımından imal edilmesini öne sürmüş ve üretime geçirmiştir (Civjan, Huget ve ark. 1975). Daha sonra 1988'de Walia, Brantley ve Gerstein ortodontik tel işlenerek yapılan ilk el tipi NiTi kanal aletlerini tanıtmıştır (Walia, Brantley ve ark. 1988). Daha sonra, NiTi cihazlarının üretimindeki 1958'de el aletleri için yayınlanan ISO standartlarına uymayan teknolojik gelişmeler, aktif kısmının konfigürasyonunda önemli değişikliklerle, heliks açısı ve kesim açısında değişikliklerle ve kanal aletlerinin kendi içerisinde değişken tepe açısıyla üretilmelerini sağlamıştır (Thompson 2000).

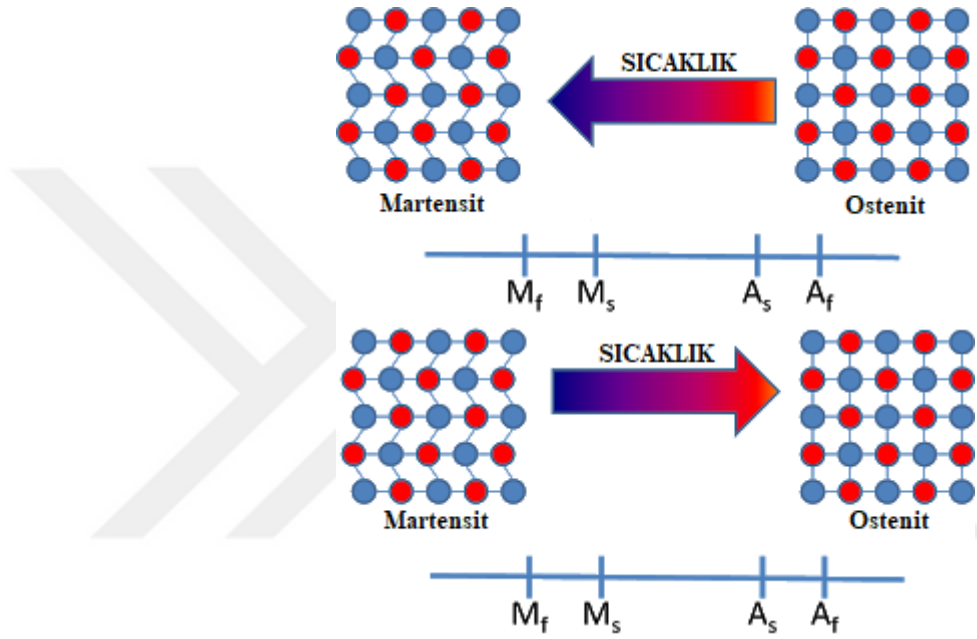
Uzun yıllar boyunca, bu aletler, enine kesit tasarımı, aktif parça boyunca kesici yüzeylerin düzenlenmesi ve radyal yüzeylerin varlığı veya yokluğu değiştirilerek üretilmiştir. Buradaki amaç, aletin kesme özelliklerini iyileştirmek ve özellikle kırılma riskini azaltmaktır (Gavini, Santos ve ark. 2018).

Günümüzde NiTi alaşımlarıyla üretilmiş, ısı işlem görmüş veya, hem süper elastik hem de şekil hafızalı özelliklere sahip, rotasyonel veya resiprokal hareketle çalışan, merkezi veya eksantrik hareket kullanan 160'tan fazla otomatik enstrümantasyon sistemi mevcuttur (Gavini, Santos ve ark. 2018).

Nikel titanyum alaşımlarının, neredeyse eşit oranlarda atom içermesi, şekil hafızası, süper elastiklik ve geri dönüşümlü kristalografik değişikliklerden kaynaklanan sönümleme (*damping*) özellikleri gibi ilginç özellikler taşıdığı bilinmektedir. Bileşimindeki %0,1'lik bir değişimin, alaşımın dönüşüm sıcaklığında 10°C'lik bir farka yol açması sonucunda mekanik özelliklerindeki değişim dikkat çekicidir (Habu 2009). NiTi alaşımları Ni₃Ti, NiTi ve NiTi₂ intermetalik bileşiklerini oluşturmaktadır.

Çoğu metal, belirli sınırlar dahilinde, meydana gelen deformasyonun uygulanan kuvvetle doğrudan orantılı olduğu elastik bir davranış sergilemektedir. Uygulanan kuvvet belirli bir limiti aşarsa malzemede plastik deformasyon adı verilen kalıcı deformasyona neden olmaktadır. Çoğu metal alaşımı elastik sınırlarının ötesine çıktığında kalıcı olarak deforme olabilmektedir. Bununla birlikte, nikel-titanyum alaşımları, herhangi bir kalıcı deformasyon göstermeden %8'e kadar esneme dayanımı gösterebilmektedir (Otsuka ve Wayman 1998, Thompson 2000).

NiTi alaşımlarının özellikleri katı faz değişimi yani martensitik transformasyonu ile ilişkilidir. Martensitik transformasyon, atomların kayma tipi bir mekanizma ile koordineli bir şekilde hareket ettiği ve matrisin kimyasal bileşiminde hiçbir değişiklik olmadan sadece materyalin makroskopik şeklinde oluşan değişiklikle yeni, daha kararlı bir kristal yapıya yeniden düzenlenmesidir. Bu da stresin uygulanması veya sıcaklığın düşürülmesi ile gerçekleşir. Bu dönüşüm, ostenit (ana faz) ve martensit arasında gerçekleşmektedir (Thompson 2000).



Şekil 3. Isı ile ostenit- martensit faz değişimleri

NiTi, normal metalurji kurallarına uymadığından dolayı “egzotik metal” olarak ifade edilir. Kök kanal tedavisinde kullanılan NiTi alaşımları, yaklaşık olarak %56 nikel ve %44 titanyum içermektedir (Walia, Brantley ve ark. 1988). Elde edilen kombinasyon, ana bileşenlerin 1:1 atomik bir oranıdır ve alaşım çeşitli kristalografik formlarda bulunabilir. NiTi alaşımları, metalin mekanik özelliklerini belirleyen ve göreceli oranlarını içeren 3 mikroyapısal faz (ostenit, martensit ve R- fazı) içermektedir (Powers, Messersmith ve ark. 2001).

Süper elastikiyet, NiTi alaşımlarının kanal aletlerinde kullanılmasının en önemli nedenlerinden biridir. Çünkü NiTi alaşımı üstün esnek yapısı sayesinde kanal aletlerinin kök kanallarının kompleks anatomisini takip etmelerine izin verir (Lyon 2001).

Paslanmaz çelik gibi diğer alaşımlar maksimum %1 gerilime kadar deformasyona uğramazken, süper elastik NiTi alaşımları %8 gerilime kadar tamamen geri dönebilir şekilde kendini koruyabilmektedir (Thompson 2000). Bu sıradışı özellik, strese bağlı martensit transformasyonunun bir sonucudur. Dışarıdan gelen stresler, NiTi'nin ostenitik kristal formunu, gerilimi arttırmadan daha fazla stres barındırabilen martensitik kristal yapıya dönüştürür (Yoneyama ve Kobayashi 2009).

Şekil hafızalı NiTi alaşım, martensit (monoklinik yapıda düşük sıcaklık fazı) ve ostenit (kübik kristal yapılı yüksek sıcaklık fazı veya ana faz) olarak adlandırılan iki farklı sıcaklığa bağlı kristal fazında bulunabilir (Thompson 2000). NiTi alaşımının süper elastikiyeti, ostenit ve martensit arasındaki geri dönüşümlü bir faz transformasyonu ile birlikte ortaya çıkar (McCormick, Liu ve ark. 1993). Martensit ısıtıldığında, ostenite dönüşmeye başlar. Bu işlemin başladığı sıcaklık, ostenit transformasyonu başlangıç sıcaklığı (A_s), işlemin tamamlandığı sıcaklığa, ostenit sonlanma sıcaklığı (A_f) adı verilir. Ostenit NiTi soğutulduğunda martensite dönüşmeye başlar. Bu işlemin başladığı sıcaklığa martensit transformasyonu başlangıç sıcaklığı (M_s), martensitin tamamen eski haline döndüğü sıcaklığa martensit transformasyonu sonlanma sıcaklığı (M_f) denir (Thompson 2000). NiTi'nin martensitik evresi, birçok benzersiz özelliklere sahiptir. Martensit fazındaki aletler kolayca deforme olabilir, ancak transformasyon sıcaklıklarının üstündeki sıcaklıklarda orijinal şekillerini geri kazanırlar (Zhou, Shen ve ark. 2012). Pratik uygulamalar esnasında NiTi, martensit, stres kaynaklı martensit (SE) ve ostenit şeklinde üç farklı formda olabilir. Materyal martensit formundayken yumuşak ve bükülebilirdir ve kolayca deforme olabilir. SE NiTi oldukça elastik, ostenit NiTi ise oldukça güçlü ve serttir (Otsuka ve Wayman 1998).

Çoğu geleneksel NiTi egesi için A_f sıcaklığı, oda sıcaklığında veya altındayken yeni kontrollü bellek alaşımı içeren aletlerin A_f 'ı yaklaşık 55° yani vücut sıcaklığının üzerindedir (Hou, Yahata ve ark. 2011). Sonuç olarak, geleneksel NiTi eğeleri klinik kullanım esnasında ostenit fazındayken, CM eğeleri martensit fazındadır (Otsuka ve Wayman 1998).

CM Wire alaşımının martensit transformasyonu için 37°C ve oda sıcaklığında gereken gerilim 128-251 MPa ile SE alaşımından (yaklaşık 1415 MPa) çok daha düşüktür. CM wire alaşımının kırılmadan önceki maksimum gerilimi (% 58,4-%84,7), SE

alaşımından (%16,7-%27,5) çok daha yüksektir. Bunların sonucu olarak, CM Wire aletler, geleneksel SE NiTi aletler ile karşılaştırıldığında daha üstün esneklik göstermektedir (Zhou, Shen ve ark. 2012).

2.10. HyFlex CM (Coltene-Whaledent, Allstetten, İsviçre)

HyFlex CM (HCM), 2011 yılında CM Wire alaşımından üretilen bir döner alet sistemidir. CM wire (DS Dental, Johnson City, TN), 2010 yılında piyasaya sürülen esnek özelliklere sahip bir NiTi alaşımıdır (Al-Sudani 2014). “Controlled memory” Ni-Ti aletler, enstrümanın hafızasını kontrol etmek için geleneksel NiTi cihazlarının şekil hafızasını yok ederek daha fazla esnekliğe yol açan özel bir termomekanik işlemle üretilir (Ninan ve Berzins 2013, Zhao, Shen ve ark. 2013). Kontrollü bellek üretim prosesi, ostenit dönüşüm sıcaklığını 37°C' nin üzerine çıkartarak NiTi döner aleti çalışma sırasında martensitik fazda bırakır. Martensitik faza geçiş, hafızası az olan veya hiç olmayan nikel titanyum karakteri ile sonuçlanır (Shen, Zhou ve ark. 2011). Böylece kullanım esnasında eğinin düzleşip orijinal formuna dönme eğilimi azaltılmış olur.



Resim 9. Soldan sağa sırasıyla #08.25, #06.20, #06.25, #06.30, #06.35, #06.40 HCM döner aletler

Piyasada bulunan NiTi döner aletlerin büyük çoğunluğunun ağırlıkça % 54,5-57 Ni'sine karşılık, HCM, ağırlık olarak daha düşük bir oranda nikel (%52 Ni) sergiler (Zinelis, Eliades ve ark. 2010). Alaşımın nikel oranı azaldıkça transformasyon sıcaklığı arttığından, CM alaşımı çalışma sıcaklığından daha yüksek bir ostenit faz bitiş sıcaklığına sahiptir. Klinik kullanım esnasında geleneksel nikel titanyum eğeler ostenitik formda iken, HCM döner alet sistemi eğelerin hiç hafızaya sahip olmamasını sağlayan martensitik fazında kalır (Rodrigues, Duarte ve ark. 2016). Bu nedenle, CM wire alaşım ile üretilmiş aletler bükülme hareketine karşı daha az dirençlidir, ön büküm vermesi kolaydır ve kurvatürlü kanallarda orijinal kök anatomisini korurlar (Testarelli, Plotino ve ark. 2011).

CM Wire alaşımından yapılan enstrümanların, aynı tasarıma sahip geleneksel NiTi alaşım ile yapılan enstrümanlara göre, yorulma direncine karşı %300 daha dayanıklı olduğu belirtilmektedir (Shen, Qian ve ark. 2011, Ninan ve Berzins 2013). HCM NiTi eğeleri sterilizasyondan sonra üretici firmanın talimatı doğrultusunda yaklaşık 134 °C'de sterilize edildiklerinde şekillerini yeniden kazanabilmekte ve yeniden kullanılabilir (Al-Sudani 2014).

Seago ve ark'nın yaptıkları bir çalışmada, HCM eğelerinin ilk kullanım ve sterilizasyonundan sonra kesme etkinliği üzerinde, iki kullanımı ve iki sterilizasyonundan sonra esnekliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Seago, Bergeron ve ark. 2015). Topçuoğlu ve ark'nın çalışmasında, HCM eğelerinin, çift kurvatürlü bir apikal kurvatüre sahip dişlerde One Shape ve ProTaper eğelerinden daha fazla döngüsel yorulma direnci gösterdiği tespit edilmiştir (Topçuoğlu ve ark. 2016).

HyFlex enstrümanı 3 kesici kenarı olan simetrik bir enine kesite sahiptir. Cheung GS ve ark. (2011) çalışmasında üçgen enine kesit tasarımı sahip aletlerin aynı çapa sahip kare enine kesit tasarımı olanlara göre daha yüksek döngüsel yorulma direncine sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır (Cheung, Zhang ve ark. 2011). Bunun nedeni, üçgen kesitli eğelerin, aynı çapa sahip kare kesitli eğelere kıyasla metal kütlelerinin azaltılmasıyla ilgilidir (Capar, Kaval ve ark. 2015).

Bu sistem çift oluklu kesit ve %4 açılı , %6 ve %8 standart tepe açısına sahiptir. Firma %4 açılı 15-60 arası, %6 açılı 20-40 arası, %8 açılı 25 numara eğeleri içeren setler

sunmaktadır. Dört oluklu kare bir kesite sahip olan #25.04 konikliğe sahip olan alet hariç, üç kesici kenarlı, simetrik bir kesit tasarımı ile karakterize edilir (Bürklein, Börjes ve ark. 2014). Üretici firma HCM döner alet sisteminin 500 rpm rotasyonel hızda ve 2,5 N/cm tork değerinde kullanımını önermiştir.



Tablo 5. HCM preparasyon etkinliğini inceleyen çalışmalar

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Bürklein, Börjes ve ark. 2014	- Radyografi	- Mtwo, Revo- S ve HCM sistemlerinin kurvatürlü kök kanallarında şekillendirme etkinliklerinin incelenmesi	Sonuç: 1- Mtwo ve HCM, orijinal kök kanal anatomisini Revo-S'e göre daha iyi korumuştur ($P<.05$). 2- Mtwo ve HCM, Revo-S'e göre daha hızlı preparasyon sağlarken daha az çalışma boyu kaybı yaratmıştır ($P<.05$).
Leski, Radwanski ve ark. 2015	- Fotoğraflama	- ProTaper Next ve HCM sistemlerinin kurvatürlü kök kanallarında şekillendirme etkinliklerinin incelenmesi	Sonuç: PTN, HCM'ye göre çalışma boyunda anlamlı derecede yüksek kayıp meydana getirmiştir ($P<.05$). HCM eğeleri, PTN'ye göre daha esnek bulunmuştur.
Kumar, Pattanshetty ve ark. 2013	- Spiral bilgisayarlı tomografi	- Mandibular premolarlarda el eğesi, Twisted File ve HCM sistemlerinin transportasyon ve merkezleme kabiliyetlerinin incelenmesi	Sonuç: K tipi el eğesi, TF ve HCM'ye göre anlamlı derecede daha fazla transportasyon meydana getirmiş ve daha az merkezde kalabilmiştir ($P<.05$). TF ≈ HCM
Marceliano-Alves, Sousa-Neto ve ark. 2015	- mikro-BT	- Mandibular molar mezyal kök kanallarında Reciproc, WaveOne, Twisted File ve HCM sistemlerinin şekillendirme etkinliklerinin karşılaştırılması.	Sonuç: TF ve HCM, Reciproc ve WO'ya göre anlamlı düzeyde daha az transportasyon oluşturmuş ($P<.05$).

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Shi ve Wagle 2017	- Fotoğraflama	- Final kök kanal preparasyonu HCM ile yapılan kurvatürlü kanallarda üç farklı ön genişletme sisteminin merkezleme oranlarının karşılaştırılması	- <u>Merkezleme oranı:</u> GPF \approx G-File > PatHCMile (P<.05).
Zhao, Shen ve ark. 2013	- mikro-BT	- TF, K3 ve HCM sistemlerinin maksiller birinci molarların mezyal kök kanal preparasyonu sonrası kök kanal geometrisine etkilerinin karşılaştırılması	- <u>Uzaklaştırılan dentin miktarı:</u> En fazla \rightarrow TF (P<.05). HCM \approx TF - <u>Enstrümante edilmemiş alanlar:</u> HCM \approx TF \approx K3 - <u>Apikal transportasyon:</u> HCM \approx TF TF < K3 (P<.05).
Pinheiro, Alcalde ve ark. 2018	- mikro-BT	- PTG, PDS, HCM, HEDM ve PDL sistemlerinin mandibular birinci molarların mezyal kök kanal preparasyonu sonrası kök kanal geometrisine etkilerinin karşılaştırılması	Sonuç: Tüm sistemler benzer apikal transportasyon ile sonuçlanmıştır. HCM ve PDL sistemlerinin koronal bölgedeki merkezleme kabiliyetleri daha iyi bulunmuştur.
Pérez, Alves ve ark. 2018	- mikro-BT	- HCM sisteminin dört boy apikal genişletme seviyelerindeki kök kanal preparasyon etkinlikleri ve uzaklaştırdıkları dentin miktarının ölçülmesi	Sonuç: Çalışma boyunca ilk sıkışan eğeden daha büyük olan 4 enstrümana kadar yapılan apikal preparasyon, enstrümante edilen yüzey alanında belirgin bir artışa neden olmuştur.

Yazarın Adı ve Çalışmanın Yılı	Çalışmanın Tipi	İncelenen Esas Kriter	Elde Edilen Sonuç
Plotino, Özyürek ve ark. 2019	- SEM	- HCM ile yapılan minimal invaziv bir kök kanal genişletme tekniğinin, mandibular molar dişlerde kök kanal temizliği üzerine etkisi olup olmadığını araştırmak	Sonuç: #25 apikal çaptaki kök kanal preparasyonu, #20 apikal çapa göre belirgin şekilde daha temiz kanal duvarları ile sonuçlanmıştır.
Simpsy, Sajjan ve ark. 2016	- KIBT	- Mandibular molar dişlerde PTU, WO ve HCM sistemlerinin kök kanal geometrisine etkisinin incelenmesi	<u>Transportasyon:</u> PTU > WO > HCM

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma için, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 16-01-2019 tarih ve 2019-8 sayılı etik kurul izni alınmıştır (Ek1, Bkz: Sf 125). Bu *in vitro* çalışmanın, preparasyon öncesi dişlerin anatomisini incelemek için yapılan konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile görüntülenmesi işlemi, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Oral Diagnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı'nda; dental operasyon mikroskobu altında (DOM) giriş kavitesi açılması ve kök kanal preparasyonu işlemleri Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın, dişlerin mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) ile rekonstrüksiyonu ve değer hesaplamaları işlemleri İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi mikro-BT laboratuvarında ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Hipotezler aşağıdaki gibi kurulmuştur.

✓ H₀: Minimal invaziv giriş kavitesi, geleneksel giriş kavitesine göre kök kanal preparasyonunu olumsuz yönde etkileyerek orijinal kök kanal anatomisini tehlikeye atmaz ve preparasyon esnasında geçen süreyi uzatmaz.

✓ H₁: SAF ile kök kanal preparasyonu, HyFlex CM ile kök kanal preparasyonuna göre daha etkin bir preparasyon gerçekleştirir ve orijinal kök kanal anatomisini korur.

3.1. Ön Çalışma

Ön çalışma için 20 adet yeni çekilmiş, çürüksüz maksiller birinci molar diş kullanıldı. Dental operasyon mikroskobu (DOM) altında, 10 adet geleneksel, 10 adet minimal invaziv olmak üzere giriş kaviteleri hazırlandı. 10 adet dişin santral fossasından elmas bir rond frez yardımıyla pulpa odasına giriş yapıldıktan sonra, düz bitişli elmas silindir frezle kavite duvarlarının iç kısımlarından duvarlar diverjan olacak şekilde bizotaj yapılarak hazırlandı. DOM altında görülebilen kanallar tespit edildikten sonra kavite sınırları daha fazla genişletilmeden bırakıldı. Minimal invaziv kavite olarak adlandırdığımız bu grubun kavite sınırlarının çapı kumpasla ölçüldü. Mezyodistal ve bukkolingual yönde 1,9-2,9 mm aralığında çıkan çap değerleri kaydedildi. 10 adet dişin

santral fossasından elmas bir rond frez yardımıyla pulpa odasına giriş yapıldıktan sonra, düz bitişli elmas silindir frezle, kanal ağızlarına düz bir erişim olacak ve okluzal bakışta bütün kanallar aynı anda görülebilecek şekilde kavite duvarları paralel olarak genişletildi. Geleneksel kavite olarak adlandırdığımız grubun kavite sınırlarının çapı kumpasla ölçüldü. Mezyodistal ve bukkolingual yönde 3,5-6 mm aralığında çıkan çap değerleri kaydedildi.



3.2. Deney Kurgusu



3.3. Dişlerin Seçilmesi ve Gruplandırılması

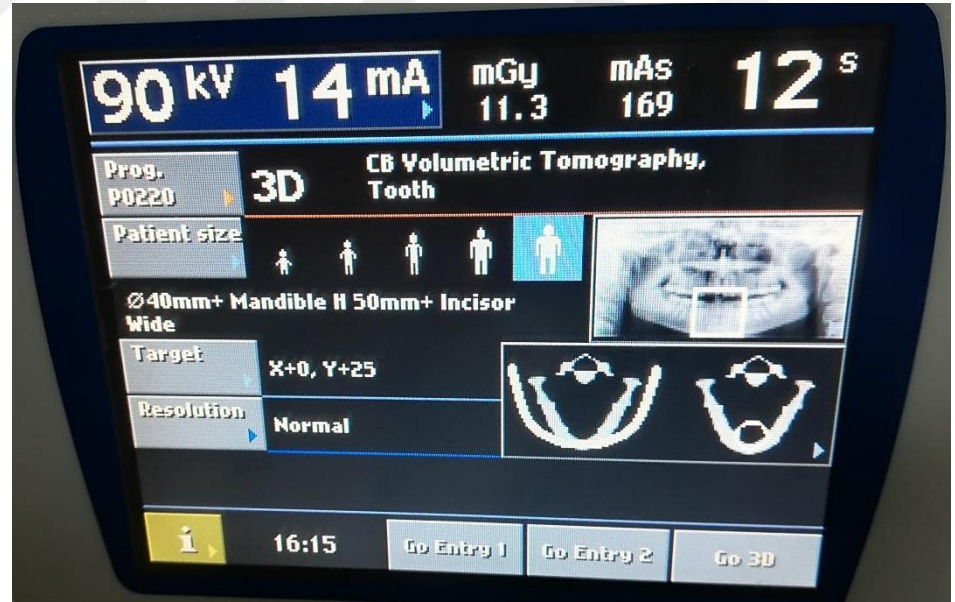
Çalışmamız için; Süleyman Demirel Üniversitesi Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi ve Isparta Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi kliniklerinden periodontal nedenlerle çekilmiş, 62 adet maksiller molar diş toplandı. Dişler üzerinde bulunan eklentiler ve diş taşları, ultrasonik uçlar ve küret yardımıyla temizlendi. Dişler, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntülemesi yapılırken sabit bir pozisyonda durması için, mine sement sınırı hizasından itibaren kökleri, şeffaf patoloji kapları içerisine silikon ölçü malzemesi yardımıyla (Zetaplus Soft, Zhermack, Badia Polesine, İtalya) gömüldü. İlgili her bir diş, 1'den 62'ye kadar rastgele numaralandırıldı.

Kök kanallarının anatomisini incelemek için, Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Oral Diagnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı'nda bulunan Planmeca ProMax 3D (Helsinki, Finlandiya) KIBT cihazı yardımıyla çekim yapıldı.

KIBT cihazının, yetişkin hasta ve normal çözünürlükte görüntüleme modu seçilerek çekim alanı mandibuler keser bölge olarak belirlendi. Cihazın seçilen modunun otomatik olarak ayarladığı 201 x 201 x 251 FOV, 200µm voksel boyutu, 90 kV, 14 mA, 12 saniye çekim süresi ve 774,7 mGy x cm² DAP değerleri altında her bir dişin ayrı ayrı çekimi gerçekleştirildi. Çekilen her dişin tomografik görüntüsü Planmeca Romexis Viewer 3.2.0.R (Helsinki, Finlandiya) programına, ilgili dişin numarası açıklamalar bölümüne not edilerek kaydedildi.



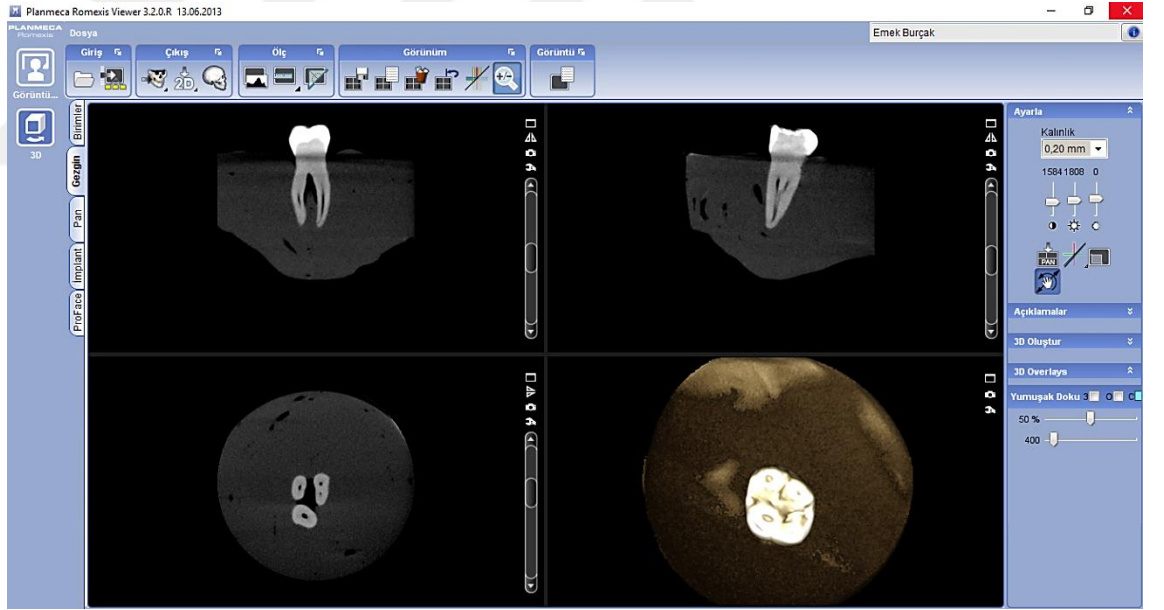
Resim 10. 6 no'lu örneğin KIBT cihazının çekilmiş dişler için olan aparatında konumlandırılması



Resim 11. KIBT cihazında çekim değerlerinin belirlenmesi

Çekim tarihi	Görüntü boyutu	Voksel Boyutu (µ...)	Seri Numarası	KV	mA	s	DAP(mGy*cm ²)	Açıklamalar	Önizleme
21.12.2018 15:44	201 x 201 x 251	200	TFMP10189	90	14	12.09	774.7	14	
21.12.2018 14:40	201 x 201 x 251	200	TFMP10189	90	14	12.107	774.7	13	
20.12.2018 13:52	201 x 201 x 251	200	TFMP10189	90	14	12.105	774.7	12	
21.12.2018 15:54	201 x 201 x 251	200	TFMP10189	90	14	12.088	774.7	11	

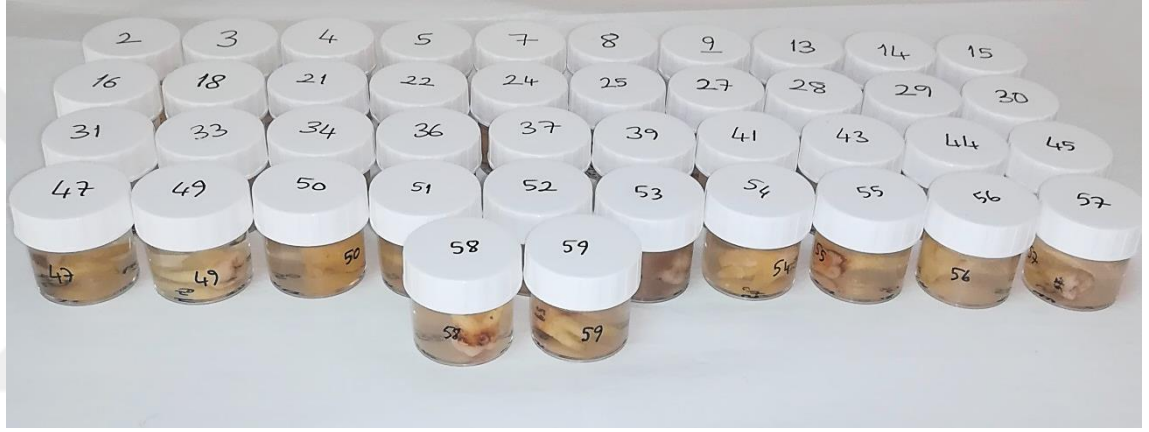
Resim 12. Romexis yazılımı üzerinde ilgili dişlerin numaralarına göre sıralanması



Resim 13. Romexis yazılımı üzerinde 18 no'lu dişin farklı kesit görüntüleri

Romexis yazılımı üzerinde mezyal kök kanalları incelendi ve Vertucci (1984) (Vertucci 1984) Tip 1, Tip 2, Tip 4 sınıflamasına giren dişler çalışmaya katıldı. Kırık veya çatlak hattı bulunan, giriş kavitesi sınırlarını etkileyecek çürük içeren, kök gelişimi

tamamlanmamış, internal ve/veya eksternal rezorpsiyon bulunduran, kalsifikasyon içeren dişler çalışma dışı bırakıldı. 62 diş arasından yukarıda belirtilen kriterleri taşıyan 40 adet diş seçildi. Mezyal kök kanal sınıflaması yapılan dişler, standardizasyonu sağlamak amacıyla her gruba eşit Vertucci kanal tipi düşecek şekilde rastgele 4 gruba ayrıldı. Dişler silikon kalıplarından çıkartılarak %0,1'lik timol solüsyonu ile dolu olan, her biri kendi numarasına sahip ağzı kapaklı şeffaf plastik kaplar içerisine aktarıldı. Sonrasında örnekler, giriş kavitesi ve kök kanal preparasyonundan önceki mikro-BT ölçümleri için İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'ndeki Mikro-BT laboratuvarına gönderildi.



Resim 14. Kapaklı şeffaf plastik kaplarda %0,1 timol solüsyonu içerisinde saklanan örnekler

Grup 1a: Minimal İnvaziv Giriş Kavitesi+ SAF ile Kök Kanal Preparasyonu (n=10)

Grup 1b: Minimal İnvaziv Giriş Kavitesi+ HCM ile Kök Kanal Preparasyonu (n=10)

Grup 2a: Geleneksel Giriş Kavitesi+ SAF ile Kök Kanal Preparasyonu (n=10)

Grup 2b: Geleneksel Giriş Kavitesi+ HCM ile Kök Kanal Preparasyonu (n=10)

3.4. Kök Kanallarının Genişletilmesi Öncesi Mikro-BT Taraması

Örnekler mikro-BT'nin tutucu kısmına her taramada aynı pozisyonda görüntü alınmasına olanak sağlayacak şekilde sabit olarak yerleştirildi. Daha sonra örnekler, giriş kavitesi açılması ve kök kanallarının şekillendirilmesi öncesi hacmini değerlendirilmek için İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'ndeki mikro-BT cihazı ile tarandı. Cihaz farklı yoğunluktaki objelere adapte olabilmek için, ayarlanabilir voltajı ve çeşitli filtreleri olan bir X-ışını kaynağına sahiptir. X-ışını tüpü, 13,7 µm'lik tarama kesit kalınlığı ile alüminyum ve bakır filtre kullanılarak, 100 kV voltaj ve 100 µA akım ile çalıştırıldı. Tarama, dikey eksen etrafında 180° dönme açısı ile 2200 ms'lik x ışınına maruz kalma süresi ve 1 çerçeve ortalamasının uygulanmasıyla gerçekleştirildi. Taramada Al+Cu filtreleme yapıldı. Her bir maksiller birinci büyük azı dişinin taranması yaklaşık 1 saat sürdü. Her bir örnekten ortalama 1680 kesit alındı.

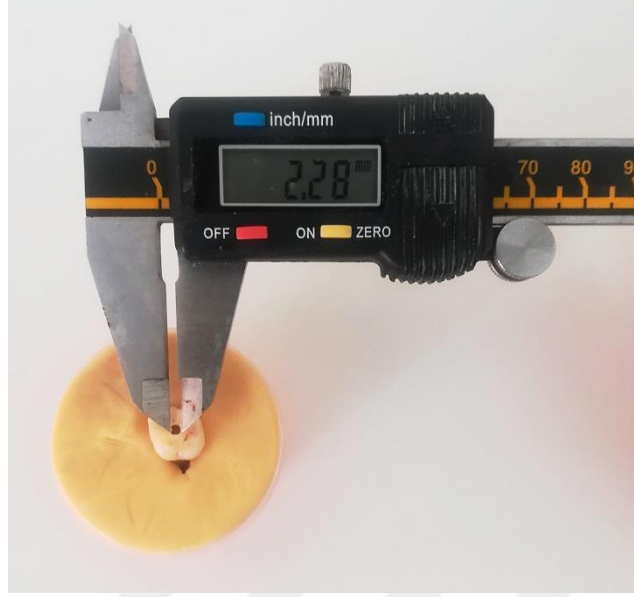
3.5. Dental Operasyon Mikroskobu (DOM) Altında Minimal İnvaziv ve Geleneksel Giriş Kavitesi Hazırlanması

Mikro-BT taramasından %0,1 timol çözültisi içeren kapaklı şeffaf plastik kaplar içerisinde gelen örnekler kurularak, preparasyon esnasındaki stabilizasyonu sağlamak için, KIBT çekimi sırasında kullanılan silikon kaplarına tekrardan yerleştirildi. Her bir diş kendi ilgili silikon kabı içerisinde sabitlenerek ergonomi, büyütme ve aydınlatma ayarları yapılan Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda bulunan Zeiss OPMI PROErgo (Zeiss Inc, Thornwood, NY, USA) marka dental operasyon mikroskobunun (DOM) çalışma alanına yerleştirildi.



Resim 15. DOM cihazının dijital ekranı üzerinde ayar yapılması

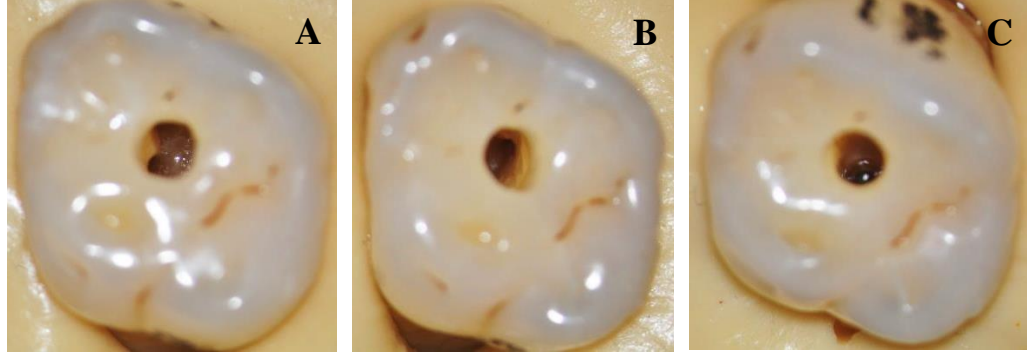
Minimal invaziv giriş kavitesi için, DOM'un 14x büyütme ayarında, %55 aydınlatma değerinde ve 244 mm görüntüleme mesafesinden, su soğutması altındaki 14 numaralı elmas rond frez yardımıyla dişin santral fossasının en derin noktasından dik bir açıyla pulpa odasına giriş yapıldı. Daha sonra 11 numaralı düz bitişli elmas silindirik frez su soğutması altında kullanılarak, duvarlar diverjan olacak şekilde kavite duvarlarının iç kısımlarına bizotaj (yaklaşık 45°) yapıldı. Pulpa odasındaki organik dokular ve kalsifikasyonlar ultrasonik uç yardımıyla uzaklaştırıldı. Su soğutması olmadan 7 numaralı tungsten rond frezle kanal ağzlarının üzerini örten dentin tabakası kaldırıldı. DOM altında görülebilen kanallar tespit edildikten sonra kavite sınırları daha fazla genişletilmeden bırakıldı. Minimal invaziv kavite olarak adlandırdığımız bu gruptaki her bir dişin kavite sınırlarının çapı dijital kumpas yardımıyla ölçüldü. Mezyodistal ve bukkopalatinal yönde, ön çalışmamızda belirlediğimiz değerler olan 1,9-2,9 mm çap aralığında değişen giriş kaviteleri oluşturuldu.



Resim 16. Minimal invaziv giriş kavitesinin mezyodistal yöndeki boyutunun dijital kumpasla ölçülmesi

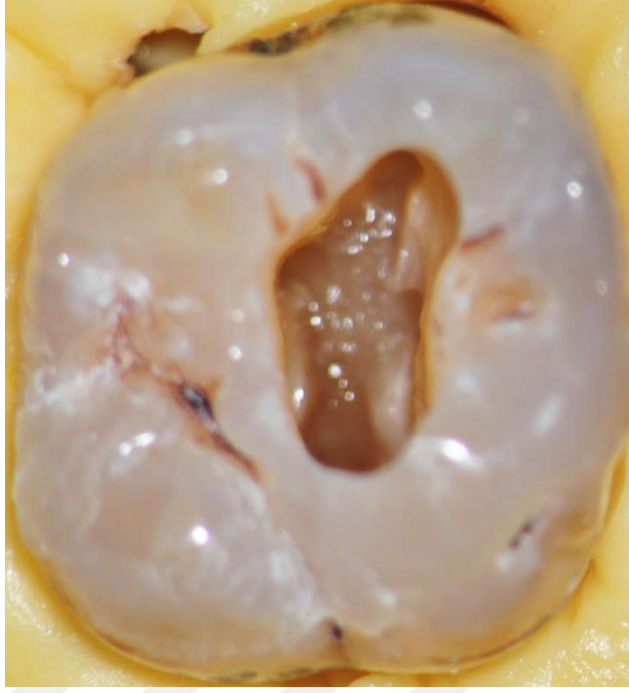


Resim 17. Minimal invaziv giriş kavitesinin DOM büyütmesi altında okluzal yüzden görüntüsü



Resim 18. Minimal invaziv giriş kavitesinin farklı açılardan DOM ile elde edilmiş görüntüleri. (A: MB1 ve MB2 kanallarının görüntüsü. B: D kanal. C: P kanal.)

Geleneksel giriş kavitesi için dişin santral fossasından DOM'un 14x büyütme ayarında, %55 aydınlatma değerinde ve 244 mm görüntüleme mesafesinden, su soğutması altındaki 14 numaralı elmas rond frez yardımıyla pulpa odasına giriş yapıldı. Daha sonra 11 numaralı düz bitişli elmas silindir frez su soğutması altında kullanılarak, kanal ağzlarına eğyle düz bir erişim olacak ve okluzalden bakışta bütün kanallar aynı anda görülebilecek ve kavite duvarları paralel veya konverjan olacak şekilde genişletildi (Peters ve Koka 2009). Pulpa odasındaki organik dokular ve kalsifikasyonlar ultrasonik uç yardımıyla uzaklaştırıldı. Su soğutması olmadan 7 numaralı tungsten rond frezle kanal ağzlarının üzerini örten dentin tabakası kaldırıldı. Geleneksel kavite olarak adlandırdığımız bu gruptaki her bir dişin kavite sınırlarının çapı dijital kumpas yardımıyla ölçüldü. Mezyodistal ve bukkopalatinal yönde, ön çalışmamızda belirlediğimiz değerler olan 3,5-6 mm çap aralığında değişen giriş kaviteleri oluşturuldu.

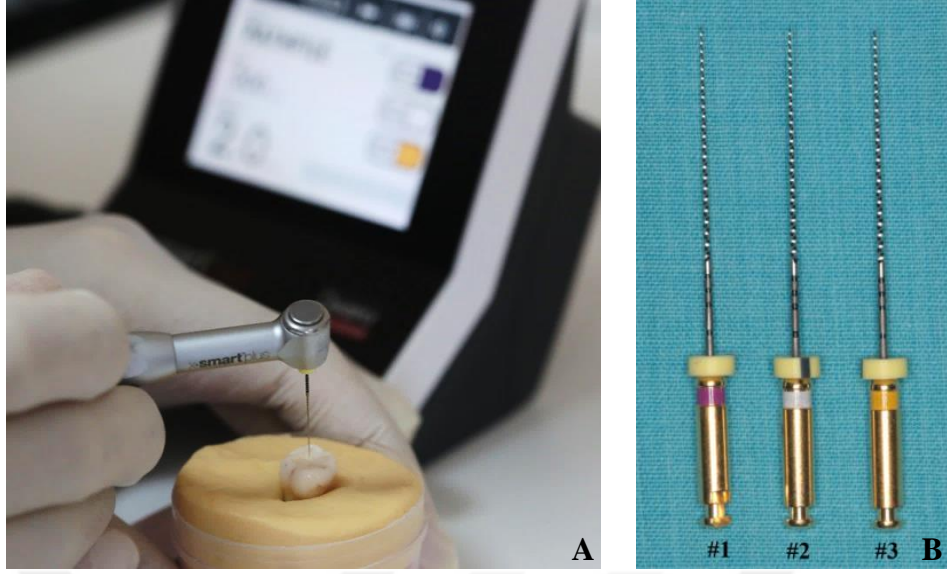


Resim 19. Geleneksel giriş kavitesinin DOM büyümesi altında okluzal yüzden görüntüsü

3.6. Kanalların Apikal Açıklıklarının Sağlanması ve Ön Genişletme

Yapılması

Giriş kavitesi preparasyonları tamamlanan dişlerin kanal yolu açıklıklarının kontrolü için bütün kanallara (MB1, MB2, DB, P) #08 K paslanmaz çelik el eğesi (Thomas, Fransa) ile giriş yapıldı. Kanal yolu açıklıkları doğrulanan dişlerdeki çalışma boyu tespiti için dişler silikon kaplarından çıkartıldı. 14x büyütme altındaki DOM yardımıyla #08 K eğenin (Thomas, Fransa) fizyolojik foramenden çıkış noktası tespit edildi ve bu mesafeden 0,5 mm çıkartıldı. Çalışma boyları kaydedilen dişlerin kanalları sırasıyla #08 K, #010 K el eğesi (Thomas, Fransa) ile genişletildi. Sonrasında kanal yolu açıklıkları sırasıyla PathFile (Dentsply Sirona, Ballaigues, Switzerland) #1 (13.02), #2 (16.02) ve #3 (19.02) numaralı döner eğe sistemi, X Smart Plus (Dentsply Sirona) endomotor yardımıyla, motorun PathFile genişletme modunda (300 rpm, 2 N/cm) kullanımı ile sağlandı. PathFile ile prepare edilen dişlerin ön genişletmesi, #15 K ve #20 K paslanmaz çelik el eğesi (Thomas, Fransa) kullanılarak tamamlandı.



Resim 20. Kök kanalında ön genişletme için kullanılan aletler (A. X-Smart Plus endodontik motor, B. PathFile #1, #2, #3)

3.7. Kök Kanallarının Self Adjusting File (SAF) (ReDent- Nova, Ra'anana, İsrail) ile Preparasyonu

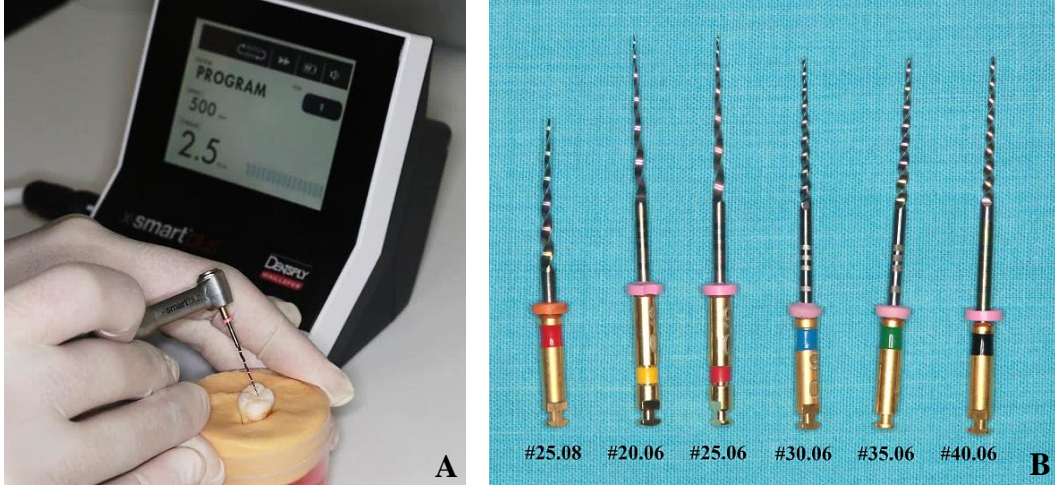
- **Grup 1a. Minimal İnvaziv Giriş Kavitesi (MİK) + SAF**
- **Grup 2a. Geleneksel Giriş Kavitesi (GK) + SAF**

#20 K'ya kadar ön genişletmesi tamamlanan SAF grubu dişlerde çalışma boyuna, 0,4 mm genlikte çalışan RDT3-NX (NSK, Tokyo, Japonya) başlığına çapı 1,5 mm olan SAF takılarak, üretici firmanın talimatları doğrultusunda 5000 rpm hızında, ileri geri nazik hareketlerle ulaşılmaya çalışıldı. Sistemin kendine ait irrigasyon cihazı ile (VATEA; ReDent- Nova, Ra'anana, İsrail) dakikada 4 ml %2,5 NaOCl ile irrigasyon yapılacak şekilde kanallar prepare edildi. Her bir kanalın çalışma boyuna ulaşmak için geçen süre ayrı ayrı kaydedildi. Daha sonra her bir kanal çalışma boyunda 4 dk boyunca SAF ile prepare edildi. Ağ kısmında kopmalar ve ayrılmalar olan SAF eğeleri ayrıldı ve yeni bir SAF ege ile preparasyon işlemine devam edildi. Çalışma sırasında gerçekleşen alet kırılmaları ve deformasyonlar kaydedildi. SAF ile preparasyon işlemleri, DOM altında tek bir operatör tarafından gerçekleştirildi.

3.8. Kök Kanallarının HyFlex CM (Coltene-Whaledent, Allstetten, İsviçre) ile Genişletilmesi

- **Grup 1b. Minimal İnvaziv Giriş Kavitesi (MİK) + HCM**
- **Grup 2b. Geleneksel Giriş Kavitesi (GK) + HCM**

#20 K'ya kadar ön genişletmesi tamamlanan HyFlex CM grubu dişler, MB1, MB2, D ve P kanallardaki apikal çap değerleri sırasıyla #30.06, #25.06, #30.06 ve #40.06 olacak şekilde crown down tekniği uygulanarak prepare edildi. X Smart Plus (Dentsply Sirona) endomotor yardımıyla, endomotorun "auto reverse" (otomatik geri dönme) fonksiyonu aktif hale getirilerek, üretici firmanın talimatları doğrultusunda 500 rpm hız ve 2,5 N/m tork ayarında sürekli rotasyon hareketiyle çalışıldı. MB1 kanallar, #25.08 HCM ile öncelikle koronal üçlü prepare edildikten sonra, çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde #30.06 ile, sonrasında çalışma boyunda #20.06, #25.06 ve #30.06 ile genişletilerek kanal preparasyonu tamamlandı. MB2 kanallar için öncelikle #25.08 HCM ile koronal üçlü prepare edildikten sonra, çalışma boyundan 2mm kısa olacak şekilde #25.06, çalışma boyunda #20.06 ve #25.06 eğeler ile genişletme yapılarak preparasyonu tamamlandı. D kanallar için öncelikle #25.08 HCM ile koronal üçlü prepare edildikten sonra, çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde #30.06 ile, daha sonra çalışma boyunda sırasıyla #20.06, #25.06, #30.06 eğeler ile genişletme yapıldı. P kanallar için, öncelikle #25.08 HCM ile koronal üçlü prepare edildikten sonra, çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde #30.06 ile, çalışma boyunda sırasıyla #20.06, #25.06, #30.06, #35.06, #40.06 eğeler ile genişletme yapıldı. Her üç gagalama (pecking) hareketinden sonra ve her eğe değişimi arası 2 ml %2,5'luk NaOCl ile irrigasyon yapıldı. Her eğe, sadece iki dişte kullanıldı. Çalışma sırasında gerçekleşen alet kırılmaları ve deformasyonlar kaydedildi. HCM ile preparasyon işlemleri, DOM altında tek bir operatör tarafından gerçekleştirildi.



Resim 21. HyFlex CM ile kök kanal preparasyonunda kullanılan aletler (A. X-Smart Plus endodontik motor, B. HyFlex CM eğeler)

3.9. Kök Kanallarının Genişletilmesi Sonrası Mikro-BT Taraması ve Ölçümleri

Örneklerin giriş kavitesi açılması ve kök kanallarının şekillendirilmesi sonrası mikro-BT taraması için İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'ndeki mikro-BT cihazı kullanıldı. Cihaz farklı yoğunluktaki objelere adapte olabilmek için, ayarlanabilir voltajı ve çeşitli filtreleri olan bir X-ışını kaynağına sahiptir. X-ışını tüpü, 13,7 μm 'lik tarama kesit kalınlığı ile alüminyum ve bakır filtre kullanılarak, 100 kV voltaj ve 100 μA akım ile çalıştırıldı. Tarama, dikey eksen etrafında 180° dönme açısı ile 2200 ms'lik x ışınına maruz kalma süresi ve 1 çerçeve ortalamasının uygulanmasıyla gerçekleştirildi. Taramada Al+Cu filtreleme yapıldı. Her bir maksiller birinci büyük azı dişinin taranması yaklaşık 1 saat sürdü. Her bir örnekten ortalama 1680 kesit alındı.

Elde edilen görüntüler, NRecon (v.1.6.4, Bruker-microCT) yazılımında %65 beam-hardening düzeltmesi, 3 smoothing ve 0-0,96 atenuasyon katsayısı değerleri ve gerekli ring artefakt düzeltmeleri ile yeniden yapılandırıldı (rekonstrüksiyon). Yapılandırılmış olan örnek görüntüleri DataViewer (v.1.5.1, Bruker-microCT) yazılımında üç boyutlu olarak karşılaştırıldı. Böylelikle hem preparasyon öncesi hem de

preparasyon sonrası elde edilen datasetler üç boyutlu ekseninde aynı düzlemlere sahip oldular. Ölçümlerin yapılabilmesi amacıyla CTAn (v.1.13, Bruker-microCT) yazılımına görüntüler aktarılarak kök kanalı hacmi ve yapı model indeksi 3 boyutlu olarak hem preparasyon öncesi hem de preparasyon sonrası datasetlerde her bir dişin her bir kökü için ayrı ayrı ölçüldü. Ayrıca, preparasyon esnasında temas edilemeyen ve prepare edilemeyen yüzey alanları da 3 boyutlu olarak her bir dişin her bir grubu için ayrı ayrı ölçüldü ve temas edilemeyen yüzey alanları yüzde olarak hesaplandı. Bu 3 boyutlu ölçümlerin dışında 2 boyutlu olarak kök kanalının preparasyon esnasındaki merkezi sapması ve apikal transportasyon miktarları hesaplandı. Aynı yazılım kullanılarak örneklerin 3D modelleri oluşturuldu. CTVol (v.2.2.3, Bruker-microCT) yazılımı ile daha önce elde edilen üç boyutlu modellerin görüntülemesi yapıp incelendi.

Görüntü rekonstrüksiyonu, bu yazılım ile artefaktların elimine edilerek matematiksel analiz için hazır hale getirilmesi ve verilerin elde edilmesi aşamaları, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda yapılmıştır.

3.10. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler; IBM SPSS (SPSS for Windows, version 23.0; IBM SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programı kullanılarak gerçekleştirildi.

Giriş kavitesi çaplarına ait verilerin ortalaması alınarak tablo haline getirildi.

Kök kanal hacim değişikliklerine ait veriler normal dağılıma uymadıklarından nonparametrik test olan Kruskal-Wallis H testi uygulandı. Post hoc testi olarak Bonferroni düzeltmeli Kruskal-Wallis H testi yapıldı.

Enstrümante edilmeyen yüzey oranlarına ait veriler için iki yönlü Anova ve Tukey testi kullanılarak tanımlayıcı istatistik değerleri elde edildi.

SMI için elde edilen verilerin analizinde faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniğinden yararlanılmıştır. Varyans analizi sonrasında faktör seviye ortalamaları arasındaki farklılıkların belirlenmesinde parametrik çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Tukey testi, Kruskal Wallis testi sonrasında köklerin RANK ortalamaları arasındaki farkların belirlenmesinde parametrik olmayan çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Bonferroni-Dunn testi kullanılmıştır.

Merkezeleme oranı ve transportasyon değerlerine ait verilerin normal dağılıma uygun olup olmadıklarını belirlemek için Shapiro-Wilk testi uygulandı. Verilerin tamamı normal dağılıma uygunluk göstermediğinden Kruskal-Wallis H ve Student-Newman-Keuls testleri uygulandı.

Çalışma süresine ait veriler Kolmogorov-Smirnov testine göre normal dağılıma uymadığı için nonparametrik test olan Kruskal-Wallis H testi uygulanarak tanımlayıcı istatistikler elde edildi.



4. BULGULAR

4.1. Giriş Kavitesi Boyutlarına Ait Bulgular

Minimal invaziv giriş kavitesi preparasyonundan sonra elde edilen ortalama çap değerleri mezyodistal yönde $2,62 \pm 0,23$ mm, bukkolingual yönde $2,60 \pm 0,19$ mm olarak kaydedilmiştir.

Geleneksel giriş kavitesi preparasyonundan sonra elde edilen ortalama çap değerleri mezyodistal yönde $3,89 \pm 0,43$ mm, bukkolingual yönde $4,64 \pm 0,45$ mm olarak ölçülmüştür.

Tablo 6. Çalışma gruplarının preparasyon sonrası ölçülen giriş kavitesi boyutları ortalama değerler (mm)

Kavite tipi	Yön	Kavite Boyutları Ortalama Değerler \pm SS (mm)	Minimum-Maksimum Değerler (mm)
Minimal	Mezyodistal	$2,62 \pm 0,23$	2,26-2,99
	Bukkolingual	$2,60 \pm 0,19$	2,15-2,86
Geleneksel	Mezyodistal	$3,89 \pm 0,43$	3,10-4,64
	Bukkolingual	$4,64 \pm 0,45$	3,86-5,45

4.2. Kök Kanal Hacim Değişimine Ait Bulgular

Minimal invaziv/geleneksel giriş kavitesi preparasyonu ve SAF/HCM ile yapılan kök kanal preparasyonundan önceki ve sonraki mikro-BT taraması sonucu elde edilen ortalama kök kanal hacim değerleri ve hacim değişikliklerine ait veriler Tablo 7, 8, 9'da gösterilmiştir. Tüm dişlerin her bir kök kanalına (MB, DB, P) ait çalışma grupları değerlendirildiğinde kavite ve kanal preparasyon tiplerinin, hacim değişiklikleri bakımından aralarında istatistiksel açıdan fark oluşturduğu görülmüştür ($P < 0,05$). Kavite ve kanal preparasyon tiplerinin birbirleri ile ikili karşılaştırılmasında, bütün köklerde

geleneksel kavite (GK) grubu minimal invaziv kavite (MİK) grubuna kıyasla daha fazla hacim değişikliği meydana getirirken, HyFlex CM (HCM) sistemi Self Adjusting File (SAF) sistemine göre daha fazla hacim değişikliği oluşturmuştur ($P<0,05$). Kökler arası karşılaştırmada, en fazla hacim artışı MB kök kanallarında gözlenmiştir ($P<0,05$).

Tablo 7. Çalışma gruplarının ortalama hacim değişikliklerine ait veriler

Kök	Çalışma Grupları	N	Ortalama Hacim Değişikliği (mm ³)	Standart Hata	Min-Maks
MB	MİK	20	2,181 ^y	0,274	0,850-4,300
	GK	20	3,117 ^x	0,289	1,160-6,010
	SAF	20	2,530 ^b	0,277	0,850-5,240
	HCM	20	2,914 ^a	0,335	1,160-6,010
	Toplam	40	2,695 ^A	0,208	2,271- 3,119
DB	MİK	20	1,301 ^y	0,125	0,640-2,210
	GK	20	1,769 ^x	0,149	0,730-3,00
	SAF	20	1,287 ^b	0,108	0,640-2,470
	HCM	20	1,904 ^a	0,164	0,760-3,000
	Toplam	40	1,572 ^B	0,093	1,383-1,761
P	MİK	20	0,854 ^y	0,159	0,270-2,420
	GK	20	1,524 ^x	0,246	0,340-3,580
	SAF	20	0,757 ^b	0,161	0,270-2,940
	HCM	20	1,813 ^a	0,235	0,340-3,580
	Toplam	40	1,259 ^B	0,136	0,982-1,537

*Her yöntemde, kökler arasındaki fark büyük harflerle ve her kökte yöntemler arası farklılık küçük harflerle belirtilmiştir.

Tablo 8. Çalışma gruplarının preparasyon öncesi ve sonrası kök kanal hacim değerleri ve hacim değişikliklerine ait veriler

Çalışma Grupları	Kök Kanalları	Preparasyon Öncesi Ortalama Hacim Değerleri (mm ³)	Preparasyon Sonrası Ortalama Hacim Değerleri (mm ³)	Hacim Değişiklikleri Ortalaması ± SS (mm ³)
MİK + SAF	MB	2,78	4,68	1,90 ± 1,04
	DB	1,52	2,60	1,08 ± 0,36
	P	4,80	5,23	0,43 ± 0,09
GK + SAF	MB	2,62	6,25	3,63 ± 1,65
	DB	1,39	2,80	1,41 ± 0,54
	P	4,29	5,17	0,88 ± 0,80
MİK + HCM	MB	1,87	5,05	3,18 ± 1,76
	DB	1,35	3,51	2,16 ± 1,07
	P	3,48	5,93	2,46 ± 1,73
GK + HCM	MB	2,24	6,50	4,26 ± 3,93
	DB	1,33	3,36	2,02 ± 0,72
	P	4,83	6,70	1,88 ± 1,19

SS, standart sapma.

Tablo 9. Her bir kök kanal grubuna ait hacim değişikliği ortalama değerlerine ait veriler

Kök Kanalları	Hacim Değişikliği Ortalama Değerler ± SS (mm ³)
MB	3,24 ± 2,43
DB	1,67 ± 0,82
P	1,41 ± 1,35

SS, standart sapma.

4.3. Yapı Model İndeksi (SMI) Değişimine Ait Bulgular

Minimal invaziv/geleneksel giriş kavitesi preparasyonu ve SAF/HCM ile yapılan kök kanal preparasyonundan önceki ve sonraki mikro-BT taraması sonucu elde edilen yapı model indeksi değişikliklerine ait veriler Tablo 8, 9, 10'da gösterilmiştir. Geleneksel giriş kavitesi uygulanan dişlerde SAF ile prepare edilen mezzyobukkal kanallar HCM ile prepare edilen mezzyobukkal kanallara göre daha fazla silindirik hale gelmiştir ($P<0,05$). Minimal invaziv kavite uygulanan dişlerin distobukkal kanalının preparasyonunda HCM kullanımı, SAF kullanımına göre kanalın şeklini daha fazla silindirikleştirmiştir ($P<0,05$). Distobukkal kanalı en fazla silindirik forma sokan, MİK+HCM grubu olmuştur ($P<0,05$). Tüm gruplar içerisinde P kök kanal grubunda anlamlı bir şekil değişimi gözlenmemiştir ($P>0,05$).

Tablo 10. Çalışma gruplarının preparasyon öncesi ve sonrası SMI değişimine ait veriler

Çalışma Grupları	Kök Kanalları	SMI Değişimi Ortalama Değerler \pm SS
MİK + SAF	MB	0,14 \pm 0,37
	DB	0,16 \pm 0,68
	P	0,53 \pm 0,81
GK + SAF	MB	1,02 \pm 0,87
	DB	0,28 \pm 0,99
	P	1,49 \pm 1,77
MİK + HCM	MB	0,47 \pm 0,81
	DB	2,31 \pm 1,01
	P	1,59 \pm 1,07
GK + HCM	MB	-0,03 \pm 1,11
	DB	0,02 \pm 1,00
	P	0,41 \pm 0,91

SS, standart sapma

Tablo 11. Her bir kök kanalına ait çalışma gruplarının SMI değişimine ait veriler

Kök Kanalları	Çalışma Grupları	SMI Değişimi Ortalama Değerler ± SS
MB	MİK + SAF	0,14 ± 0,37
	GK + SAF	1,02 ± 0,87
	MİK + HCM	0,47 ± 0,81
	GK + HCM	-0,03 ± 1,11
DB	MİK + SAF	0,16 ± 0,68
	GK + SAF	0,28 ± 0,99
	MİK + HCM	2,31 ± 1,01
	GK + HCM	0,02 ± 1,00
P	MİK + SAF	0,53 ± 0,81
	GK + SAF	1,49 ± 1,77
	MİK + HCM	1,59 ± 1,07
	GK + HCM	0,41 ± 0,91

SS, standart sapma

Tablo 12. Her bir kök kanal grubuna ait SMI değişimine ait veriler

Kök Kanalları	SMI Değişimi Ortalama Değerler ± SS
MB	0,40 ± 0,90
DB	0,69 ± 1,31
P	1,00 ± 1,28

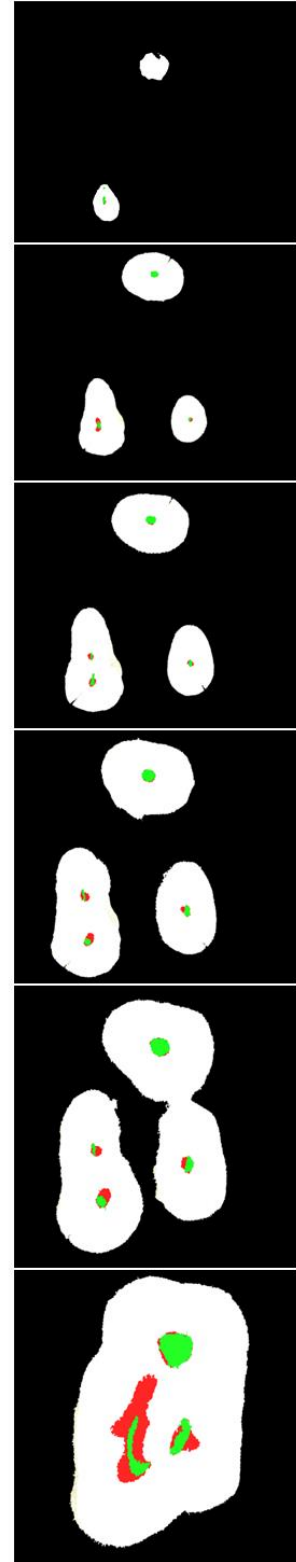
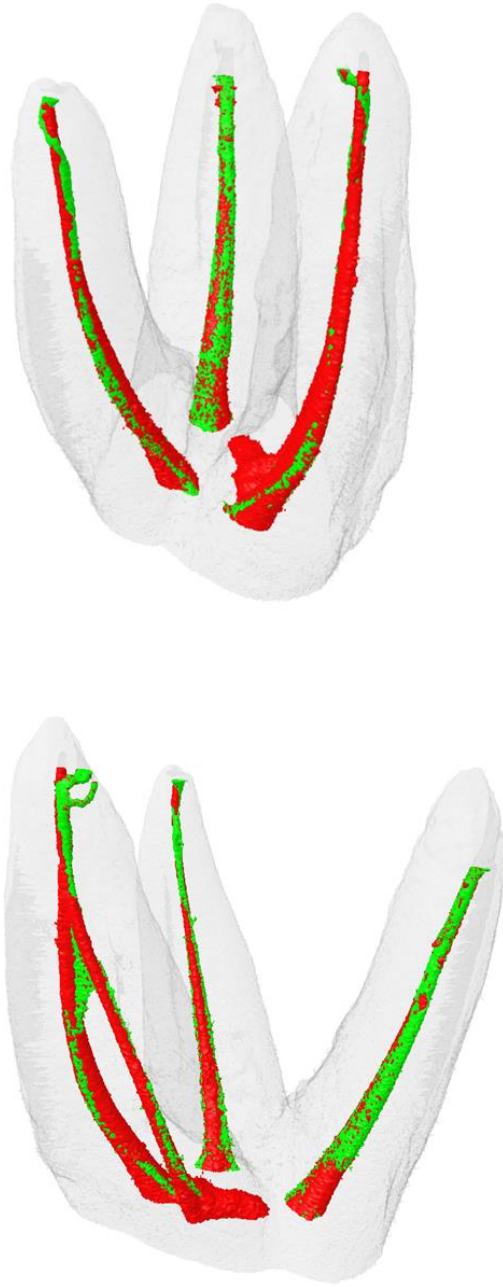
SS, standart sapma

4.5. Enstrümante Edilmeyen Yüzey Alanlarına Ait Bulgular

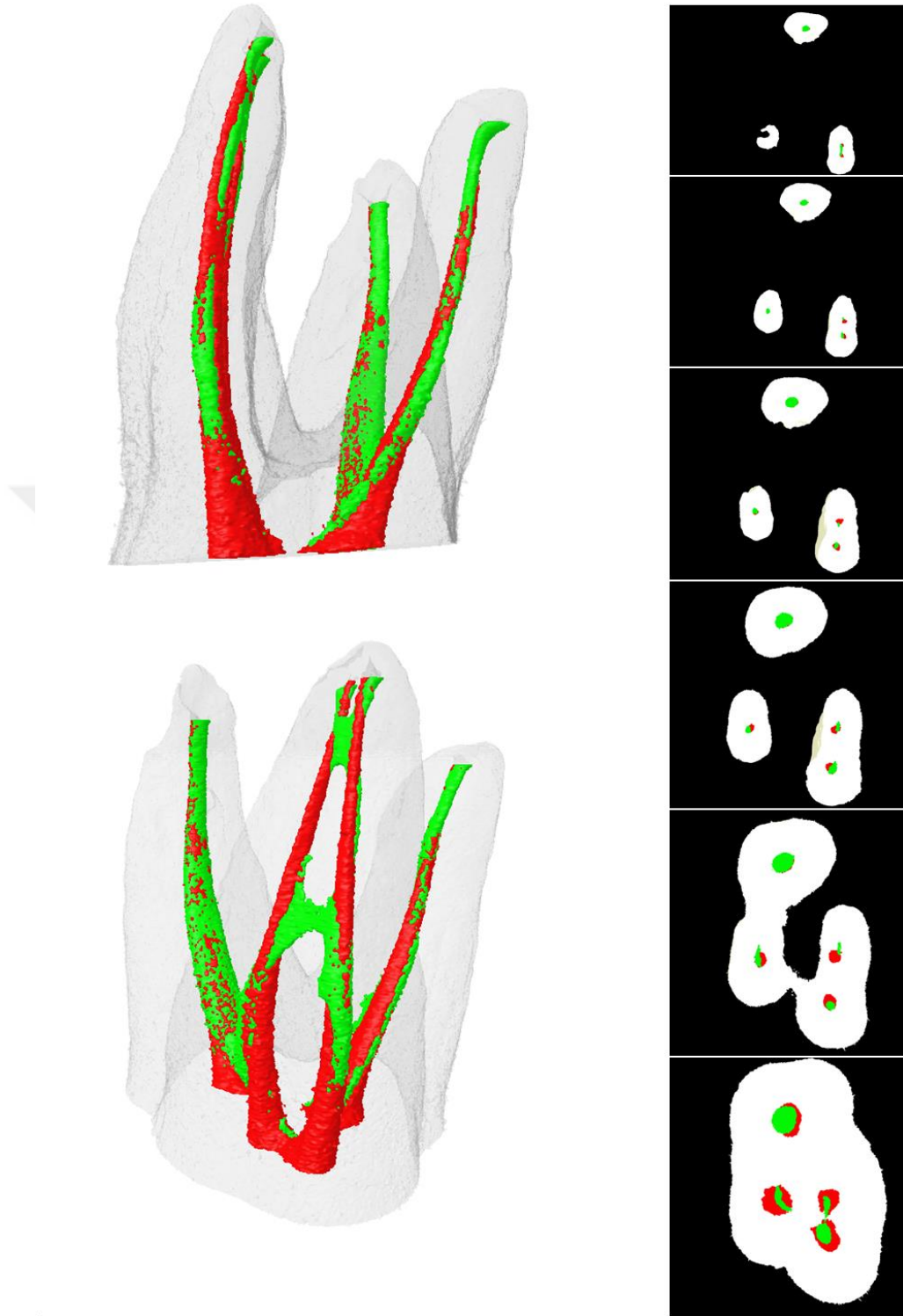
MİK/GK preparasyonu ve SAF/HCM ile yapılan kök kanal preparasyonundan önceki ve sonraki mikro-BT taraması sonucu elde edilen enstrümante edilmeyen yüzey alanlarına ait veriler Tablo 13'te gösterilmiştir. P kök kanallarındaki enstrümante edilmeyen alan oranı diğer kök kanallarına göre istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur ($P<0,05$).

Giriş kavitesi tiplerinin enstrümante edilmemiş alan oranları açısından karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$).

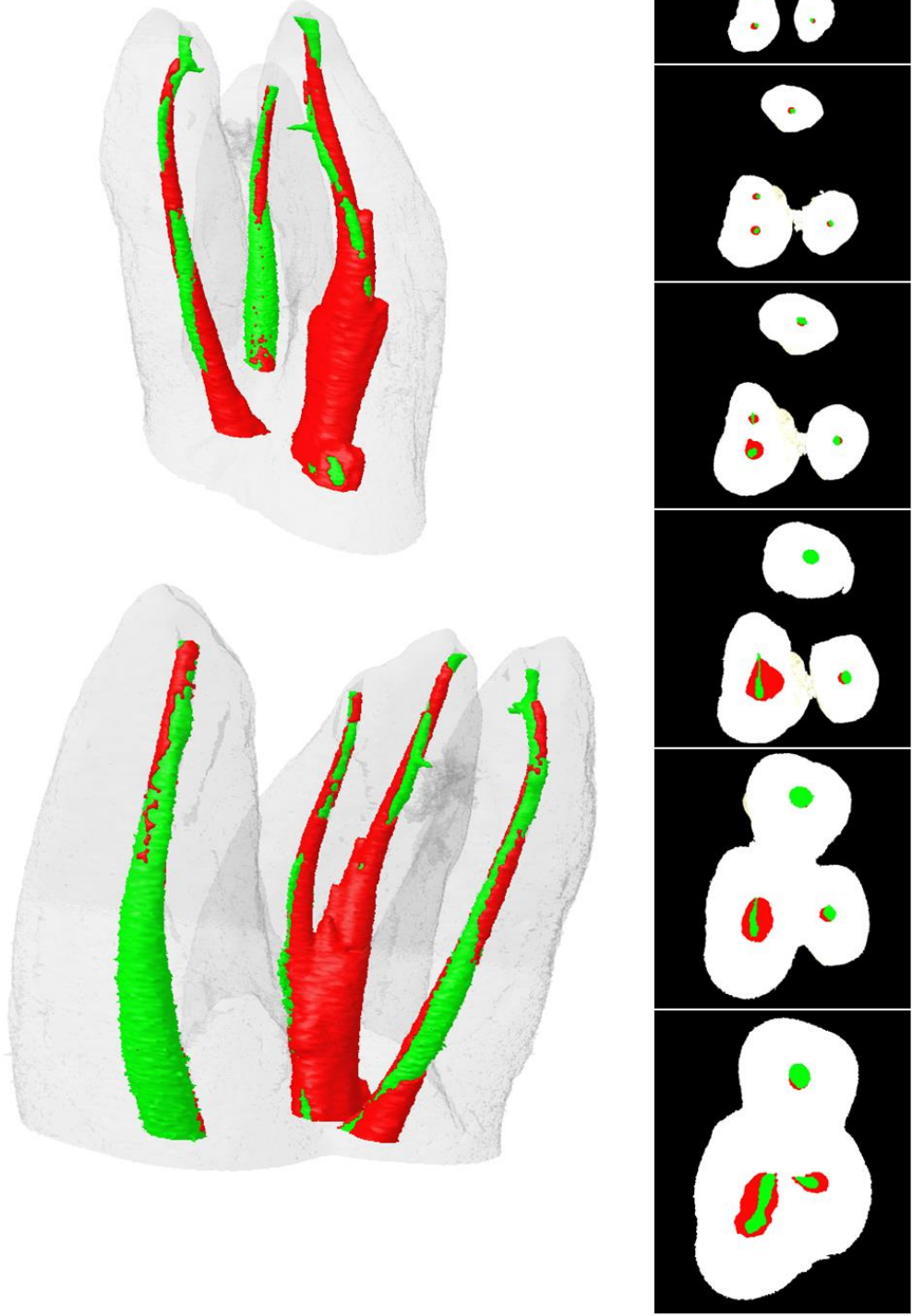
Giriş kavitesi tipi ne olursa olsun SAF uygulaması, HCM uygulamasına göre daha fazla enstrümante edilmemiş alan bırakmıştır ($P<0,05$).



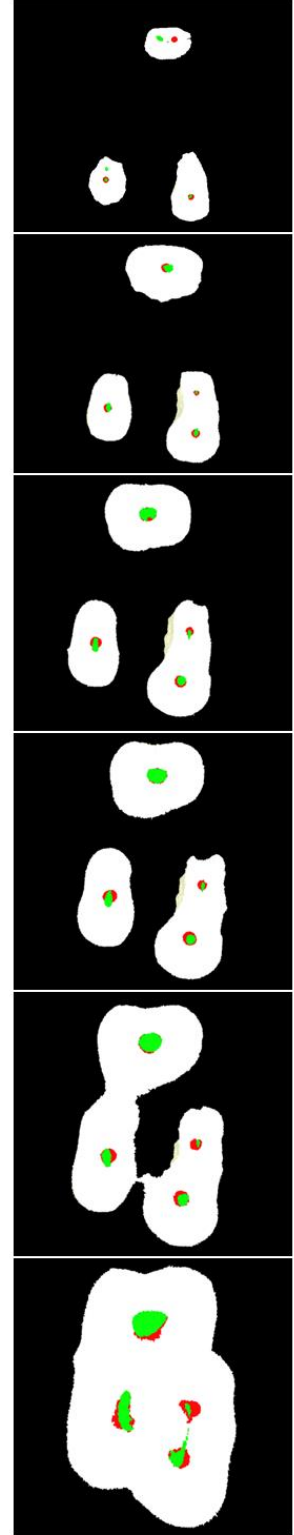
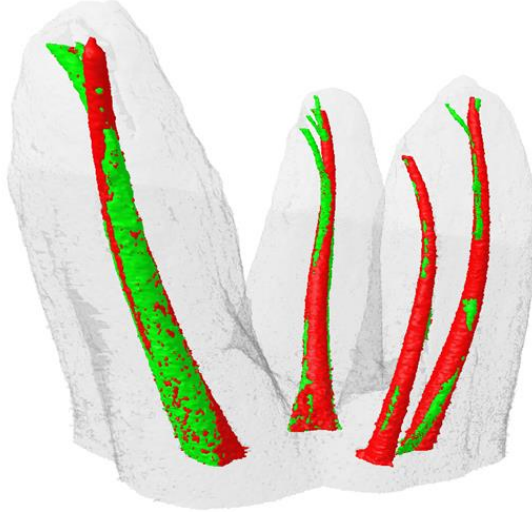
Resim 22. Minimal invaziv kavite uygulanmış dişte SAF ile prepare edilen kök kanallarının mikro-BT görüntüsü. (Kırmızı alanlar enstrümanle edilen yüzeyleri, yeşil alanlar enstrümanle edilmeyen yüzeyleri göstermektedir.)



Resim 23. Geleneksel giriş kavitesi uygulanmış dişte SAF ile prepare edilen kök kanallarının mikro-BT görüntüsü. (Kırmızı alanlar enstrümente edilen yüzeyleri, yeşil alanlar enstrümente edilmeyen yüzeyleri göstermektedir.)



Resim 24. Minimal invaziv giriş kavitesi uygulanmış dişte HCM ile prepare edilen kök kanallarının mikro-BT görüntüsü. (Kırmızı alanlar enstrümante edilen yüzeyleri, yeşil alanlar enstrümante edilmeyen yüzeyleri göstermektedir.)



Resim 25. Geleneksel giriş kavitesi uygulanmış dişte HCM ile prepare edilen kök kanallarının mikro-BT görüntüsü. (Kırmızı alanlar enstrümente edilen yüzeyleri, yeşil alanlar enstrümente edilmeyen yüzeyleri göstermektedir.)

Tablo 13. Enstrümanle edilmeyen yüzey alan oranlarına ait veriler

Kök	Çalışma Grupları	N	Enstrümanle Edilmeyen Yüzey Alan Oranı Ortalama Değerler (%)	Standart Hata	Min-Maks
MB	MİK	20	42,395 ^x	2,704	36,865-47,925
	GK	20	35,430 ^x	2,351	30,623-40,238
	SAF	20	42,981 ^a	2,446	37,979-47,983
	HCM	20	34,845 ^b	2,618	29,490-40,199
	Toplam	40	38,913 ^B	1,791	35,249-42,577
DB	MİK	20	39,811 ^x	3,006	33,662-45,960
	GK	20	36,921 ^x	2,614	31,575-42,266
	SAF	20	44,230 ^a	2,719	38,668-49,792
	HCM	20	32,502 ^b	2,911	26,549-38,456
	Toplam	40	38,366 ^B	1,992	34,292-42,440
P	MİK	20	49,146 ^x	4,341	40,268-58,024
	GK	20	50,440 ^x	3,773	42,722-58,157
	SAF	20	57,488 ^a	3,926	49,458-65,519
	HCM	20	42,098 ^b	4,203	33,502-50,694
	Toplam	40	49,793 ^A	2,876	43,911-55,675

SS, standart sapma

*Her yöntemde, kökler arasındaki fark büyük harflerle ve her kökte yöntemler arası farklılık küçük harflerle belirtilmiştir.

4.6. Merkezleme ve Transportasyon Değerlerine Ait Bulgular

Mezyodistal ve bukkolingual yöndeki ortalama transportasyon ve merkezleme oranlarına ait veriler Tablo 14 ve 15'te gösterilmiştir. Gruplar arası karşılaştırmada transportasyon ve merkezleme oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunan durumlar aşağıda belirtilmiştir ($P<0,05$).

Transportasyon:

Grup 1a (MİK+SAF);

- MB1, apikal 2 mmde mezyodistal yönde bukkolingual yöndekinden daha fazla transportasyon göstermiştir ($P<0,05$).
- P, apikal 2 mmde bukkolingual yönde mezyodistal yöndekinden daha fazla transportasyon göstermiştir ($P<0,05$).
- MB1, mezyodistal yönde, apikal 2 mmde 1 mmdekenden daha fazla transportasyon göstermiştir ($P<0,05$).

Grup 2a (GK+SAF);

- Apikal 2 mmde, mezyodistal yönde MB1 P kanaldan daha fazla transportasyon göstermiştir ($P<0,05$).
- MB1 ve D kanallar, apikal 2 mmde, mezyodistal yönde bukkolingual yöndekinden daha fazla transportasyon göstermiştir ($P<0,05$).

Grup 2b (GK+HCM);

- D, apikal 2 mmde mezyodistal yönde bukkolingual yöndekinden daha fazla transportasyon göstermiştir ($P<0,05$).

MİK uygulanan dişlerde;

- MB1 kök kanalında, apikal 1 mmde, HCM kullanımı SAF kullanımından mezyodistal yönde daha fazla transportasyon meydana getirmiştir ($P<0,05$).

- MB1 kök kanalında, apikal 2 mmde, HCM kullanımı SAF kullanımından mezyodistal ve bukkolingual yönde daha fazla transportasyon meydana getirmiştir ($P<0,05$).
- DB kök kanalında, apikal 1 ve 2 mmde, HCM kullanımı SAF kullanımından bukkolingual yönde daha fazla transportasyon meydana getirmiştir ($P<0,05$).
- P kök kanalında, apikal 1 mmde, HCM kullanımı SAF kullanımından mezyodistal yönde daha fazla transportasyon meydana getirmiştir ($P<0,05$).

GK uygulanan dişlerde;

- DB kök kanalında, apikal 1 mmde, HCM kullanımı SAF kullanımından bukkolingual yönde daha fazla transportasyon meydana getirmiştir ($P<0,05$).
- MB1 kök kanalında, apikal 2 mmde, SAF kullanımı HCM kullanımından mezyodistal yönde daha fazla transportasyon meydana getirmiştir ($P<0,05$).

Merkezeleme Oranı:

- Grup 1a MB1 kök kanallarında, mezyodistal yönde, apikal 1 mmde apikal 2 mmdekinden daha fazla merkezeleme oranı tespit edildi ($P<0,05$).
- Grup 2a DB kök kanallarında, apikal 2 mmde bukkolingual yönde mezyodistal yöndekinden daha fazla merkezeleme oranı tespit edildi ($P<0,05$).
- MİK uygulanan dişlerin P kök kanallarında, apikal 1 mmde, HCM kullanımı SAF kullanımından mezyodistal yönde daha fazla merkezeleme oranı meydana getirmiştir ($P<0,05$).
- GK uygulanan dişlerin DB kök kanallarında, apikal 2 mmde, HCM kullanımı SAF kullanımından mezyodistal yönde daha fazla merkezeleme oranı meydana getirmiştir ($P<0,05$).

Tablo 14. Mezyodistal ve bukkolingual yöndeki ortalama transportasyon değerlerine ait veriler

Çalışma Grupları	Kök Kanalları	Apikal Seviye	Mezyodistal Yöndeki Ortalama Transportasyon Değerleri \pm SS (mm)	Bukkolingual Yöndeki Ortalama Transportasyon Değerleri \pm SS (mm)
Grup 1a (MİK + SAF)	MB	1 mm	0,02 \pm 0,04 (0,02)	0,04 \pm 0,05 (0,02)
		2 mm	0,06 \pm 0,05 (0,06)	0,02 \pm 0,02 (0,01)
	DB	1 mm	0,05 \pm 0,05 (0,05)	0,02 \pm 0,03 (0,01)
		2 mm	0,08 \pm 0,06 (0,07)	0,05 \pm 0,09 (0,03)
	P	1 mm	0,01 \pm 0,01 (0,01)	0,03 \pm 0,04 (0,02)
		2 mm	0,02 \pm 0,05 (0,01)	0,05 \pm 0,07 (0,02)
Grup 2a (GK + SAF)	MB	1 mm	0,10 \pm 0,09 (0,07)	0,08 \pm 0,12 (0,02)
		2 mm	0,14 \pm 0,09 (0,12)	0,05 \pm 0,07 (0,02)
	DB	1 mm	0,07 \pm 0,06 (0,04)	0,03 \pm 0,03 (0,04)
		2 mm	0,11 \pm 0,07 (0,10)	0,02 \pm 0,01 (0,03)
	P	1 mm	0,02 \pm 0,03 (0,01)	0,03 \pm 0,03 (0,02)
		2 mm	0,02 \pm 0,02 (0,02)	0,03 \pm 0,03 (0,03)
Grup 1b (MİK + HCM)	MB	1 mm	0,05 \pm 0,04 (0,03)	0,06 \pm 0,05 (0,08)
		2 mm	0,06 \pm 0,05 (0,05)	0,05 \pm 0,04 (0,05)
	DB	1 mm	0,08 \pm 0,07 (0,06)	0,05 \pm 0,03 (0,04)
		2 mm	0,08 \pm 0,09 (0,04)	0,06 \pm 0,06 (0,04)
	P	1 mm	0,09 \pm 0,15 (0,02)	0,08 \pm 0,06 (0,08)
		2 mm	0,04 \pm 0,05 (0,03)	0,03 \pm 0,02 (0,03)
Grup 2b (GK + HCM)	MB	1 mm	0,05 \pm 0,03 (0,05)	0,04 \pm 0,04 (0,02)
		2 mm	0,06 \pm 0,05 (0,05)	0,05 \pm 0,05 (0,04)
	DB	1 mm	0,06 \pm 0,04 (0,06)	0,07 \pm 0,04 (0,06)
		2 mm	0,09 \pm 0,06 (0,09)	0,05 \pm 0,04 (0,05)
	P	1 mm	0,07 \pm 0,09 (0,03)	0,05 \pm 0,04 (0,04)
		2 mm	0,08 \pm 0,05 (0,09)	0,07 \pm 0,05 (0,06)

SS, standart sapma; Parantez içinde belirtilen değerler medyan (ortanca) değeri vermektedir.

Tablo 15. Mezyodistal ve bukkolingual yöndeki ortalama merkezleme oranları değerlerine ait veriler

Çalışma Grupları	Kök Kanalları	Apikal Seviye	Mezyodistal Yöndeki Ortalama Merkezleme Oranları \pm SS	Bukkolingual Yöndeki Ortalama Merkezleme Oranları \pm SS
Grup 1a (MİK + SAF)	MB	1 mm	0,50 \pm 0,43 (0,50)	0,38 \pm 0,38 (0,25)
		2 mm	0,27 \pm 0,33 (0,15)	0,57 \pm 0,41 (0,50)
	DB	1 mm	0,25 \pm 0,31 (0,15)	0,51 \pm 0,44 (0,42)
		2 mm	0,36 \pm 0,38 (0,21)	0,32 \pm 0,41 (0,10)
	P	1 mm	0,29 \pm 0,38 (0,10)	0,46 \pm 0,44 (0,32)
		2 mm	0,60 \pm 0,43 (0,70)	0,37 \pm 0,37 (0,28)
Grup 2a (GK + SAF)	MB	1 mm	0,34 \pm 0,40 (0,19)	0,28 \pm 0,36 (0,10)
		2 mm	0,14 \pm 0,10 (0,12)	0,45 \pm 0,31 (0,45)
	DB	1 mm	0,28 \pm 0,25 (0,25)	0,32 \pm 0,37 (0,14)
		2 mm	0,14 \pm 0,10 (0,12)	0,45 \pm 0,31 (0,45)
	P	1 mm	0,37 \pm 0,41 (0,10)	0,31 \pm 0,32 (0,22)
		2 mm	0,39 \pm 0,43 (0,18)	0,37 \pm 0,34 (0,27)
Grup 1b (MİK + HCM)	MB	1 mm	0,26 \pm 0,29 (0,23)	0,33 \pm 0,39 (0,25)
		2 mm	0,41 \pm 0,19 (0,42)	0,38 \pm 0,33 (0,33)
	DB	1 mm	0,49 \pm 0,34 (0,50)	0,37 \pm 0,25 (0,33)
		2 mm	0,55 \pm 0,33 (0,58)	0,41 \pm 0,33 (0,34)
	P	1 mm	0,49 \pm 0,38 (0,46)	0,47 \pm 0,33 (0,40)
		2 mm	0,43 \pm 0,40 (0,26)	0,52 \pm 0,35 (0,55)
Grup 2b (GK + HCM)	MB	1 mm	0,51 \pm 0,36 (0,58)	0,54 \pm 0,39 (0,45)
		2 mm	0,49 \pm 0,26 (0,52)	0,37 \pm 0,41 (0,16)
	DB	1 mm	0,46 \pm 0,27 (0,37)	0,33 \pm 0,23 (0,28)
		2 mm	0,46 \pm 0,29 (0,38)	0,44 \pm 0,35 (0,42)
	P	1 mm	0,26 \pm 0,21 (0,20)	0,44 \pm 0,36 (0,45)
		2 mm	0,36 \pm 0,33 (0,28)	0,37 \pm 0,31 (0,32)

SS, standart sapma;

*Parantez içinde belirtilen değerler medyan (ortanca) değeri vermektedir

4.7. Çalışma Zamanına Ait Bulgular

Her bir kök kanalı içerisinde giriş kavitesi hazırlığı ve kök kanalı ön genişletme işlemlerinden sonraki SAF ve HCM ile kök kanal preparasyon süreleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($P<0,05$).

SAF ile kanal preparasyonu tamamlanan gruptaki çalışma sürelerinin HCM ile genişletilen gruptakine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Minimal invaziv ve geleneksel giriş kavitesi grupları arasında çalışma süresi bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmemiştir ($P>0,05$).

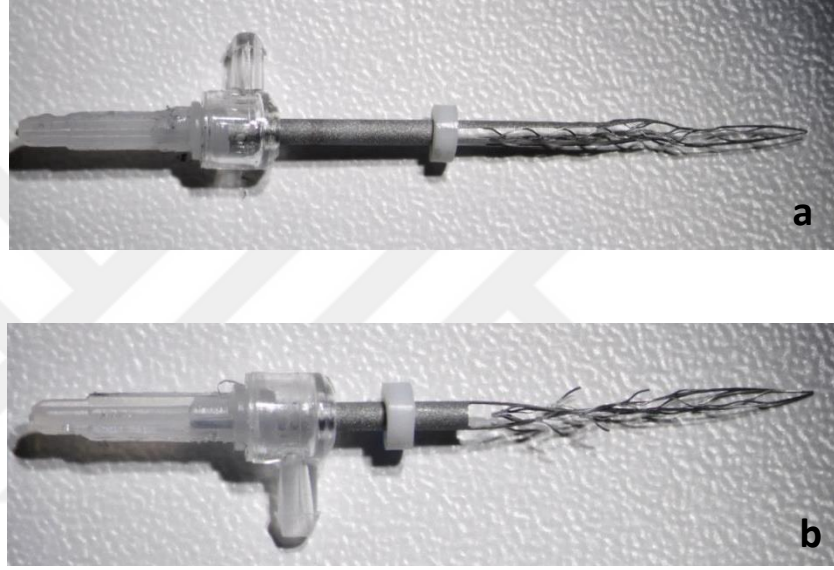
Tablo 16. Her bir kök kanal grubundaki çalışma gruplarının çalışma zamanı ortalama değerlerine ait veriler (sn)

Kök Kanalları	Çalışma Grupları	Çalışma Zamanı Ortalama Değerler \pm SS (sn)
MB1	MİK + SAF	205 \pm 199
	GK + SAF	269 \pm 251
	MİK + HCM	19 \pm 18
	GK + HCM	26 \pm 29
MB2	MİK + SAF	303 \pm 289
	GK + SAF	286 \pm 243
	MİK + HCM	39 \pm 24
	GK + HCM	46 \pm 38
DB	MİK + SAF	161 \pm 70
	GK + SAF	405 \pm 309
	MİK + HCM	46 \pm 20
	GK + HCM	52 \pm 13
P	MİK + SAF	95 \pm 50
	GK + SAF	156 \pm 187
	MİK + HCM	60 \pm 42
	GK + HCM	43 \pm 18

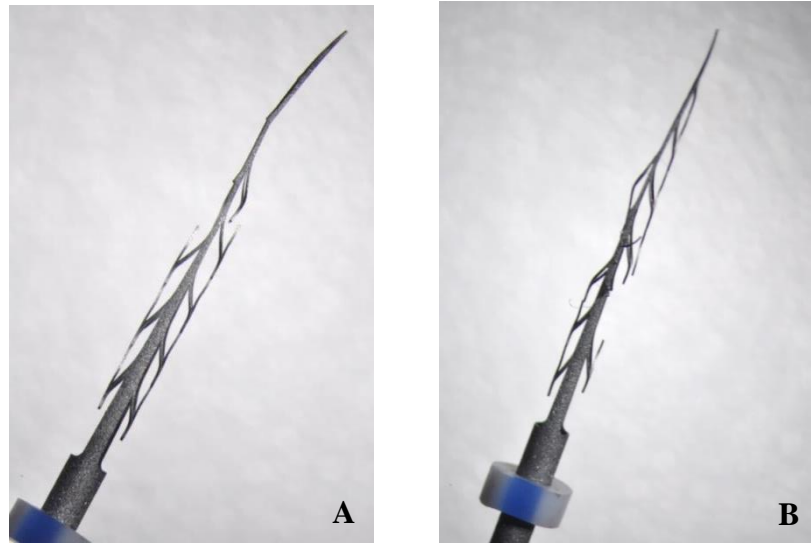
SS, standart sapma;

4.8. Kırılan ve Deforme Olan Alet Sayısına Ait Bulgular

HCM ile kök kanal preparasyonu tamamlanan gruplarda alet kırığı gerçekleşmemiştir. SAF ile kök kanal preparasyonu tamamlanan gruplarda 26 adet SAF eğesi kullanılmıştır. Kullanılan eğelerin hepsinde (%100) deformasyon gözlenirken, 7 tanesinde (%27) aynı zamanda fragman kopması da gerçekleşmiştir. Bunlardan 6 tanesi (%86) minimal giriş kavitesi uygulanmış dişlerde, 1 tanesi (%14) geleneksel giriş kavitesi uygulanmış dişlerde meydana gelmiştir.



Resim 26. Deforme olan SAF örnekleri (a,b)



Resim 27. Fragmanları kopup ayrılan SAF örnekleri (A,B)

5. TARTIŞMA

Hipotezlerin Kabulü veya Reddedilmesi: Minimal invaziv giriş kavitesi ile geleneksel giriş kavitesi grupları arasında transportasyon açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($P>0,05$). Ayrıca enstrümante edilmemiş alan oranı açısından giriş kavitesi tipi istatistiksel olarak anlamlı bir fark meydana getirmemiştir ($P>0,05$). Bu sebeple birinci hipotez kabul edilmiştir. SAF ile prepare edilen dişlerdeki enstrümante edilmemiş alan oranı, HCM ile prepare edilen dişlere göre istatistiksel olarak fazla bulunmuştur ($P>0,05$). Ayrıca SAF ile kök kanal preparasyonu esnasında geçen süre HCM'ye göre istatistiksel olarak fazla çıkmıştır ($P>0,05$). Bu sebeple ikinci hipotez reddedilmiştir.

Minimal invaziv endodontik yaklaşım, minimal invaziv bir giriş kavitesi ve kök kanal preparasyonunu normalden daha küçük bir apikal genişletmeyle sonlandırmayı içerir. Clark ve Khademi'den sonra, minimal invaziv endodonti kavramı tanıtılmaya ve çalışmalarla desteklenmeye başlanmıştır (Clark ve Khademi 2010). Minimal invaziv giriş kavitesi tekniği, Clark ve Khademi ilkelerinden yola çıkarak tasarlanmıştır (Clark ve Khademi 2010). Her bir dişe ait minimal invaziv giriş kavitesi sınırları belirlenirken, diştten KIBT tekniğiyle alınan görüntülerden yararlanılabilmektedir (Stashenko 1998). Bu minimal invaziv yaklaşımla, mümkün olduğunca fazla dentin yapısını koruyarak dişin kırılmasının önüne geçmek ve dişin ağızda uzun süre kalmasını sağlamak amaçlanmaktadır (Gluskin, Peters ve ark. 2014). Zadik ve ark. endodontik tedavisi yapılan maksiller molarlarda, mandibular molarlara kıyasla daha düşük kırık insidansı bildirmişlerdir (Zadik, Sandler ve ark. 2008). Bununla birlikte, ulaşılabilir kaynaklarda, maksiller molarlarda minimal invaziv endodontik preparasyon yöntemlerini karşılaştıran çalışma sayısı (Moore, Verdelis ve ark. 2016, Plotino, Grande ve ark. 2017, Rover, Belladonna ve ark. 2017, Jiang, Huang ve ark. 2018, Sabeti, Kazem ve ark. 2018, Zhang, Liu ve ark. 2019), mandibular molarlarda yapılanlarınkine göre daha azdır (Gluskin, Peters ve ark. 2014, Krishan, Paqué ve ark. 2014, Bóveda ve Kishen 2015, Al Amri, Al-Johany ve ark. 2016, Yuan, Niu ve ark. 2016, Plotino, Grande ve ark. 2017, Alovisi, Pasqualini ve ark. 2018, Neelakantan, Khan ve ark. 2018, Özyürek, Ülker ve ark. 2018). Bu yüzden çalışmamızda, minimal invaziv endodontik yaklaşımın maksiller birinci molar

dişlerdeki kök kanal geometrisine etkilerini inceleyerek elde ettiğimiz verileri literatüre kazandırmak amaçlanmıştır.

2017 yılında Plotino ve ark. minimal invaziv, ultra minimal invaziv ve geleneksel giriş kavitesi uygulamalarının dişlerdeki kırılma dayanımına etkisini incelemek için maksiller molar, mandibular premolar ve molar dişler kullanmışlardır (Plotino, Grande ve ark. 2017). 2018'de, Sabeti ve ark. maksiller molarların kırılma direncine ilişkin mevcut verilerin eksik olduğunu düşündüklerinden giriş kavitesi tipi ve genişletme sonrası oluşturulan kök kanal koniklik derecesinin kırılma direncine etkisine birinci ve ikinci maksiller molar dişlerde bakmışlardır (Sabeti, Kazem ve ark. 2018). Bu şekilde endodontik tedavi sonrası kırılma direncini hem giriş kavitesi preparasyonu hem de kanal şekillendirme konusundaki geleneksel ve minimal invaziv yaklaşımlarda değerlendirmeyi ve karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Moore ve ark. çalışmasında, minimal invaziv giriş kavitesinin, kök kanalındaki enstrümantasyon etkinliği ve kırılma direncine etkisine maksiller molar dişlerde incelemişlerdir. Çalışmada, mezyobukkal, distobukkal ve palatinal köklerin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerinin enstrümantasyon dereceleri mikro-BT yardımıyla incelenmiştir (Moore, Verdalis ve ark. 2016). Rover ve ark. mikro-BT çalışmasında, endodontik giriş kavitesi tipinin kanal tespit oranına, kök kanal enstrümantasyon derecesine ve kırılma direncine etkisini maksiller birinci molar dişlerde incelemişlerdir (Rover, Belladonna ve ark. 2017).

İnsan maksiller birinci molar dişi, ağız içerisindeki hacimce en büyük diş olmasının yanı sıra, en kompleks kök ve kanal anatomisine sahip diştir (Burns 1987). Diğer köklerden daha fazla olarak genellikle MB kökü üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Tek bir MB kanal bulunduğu genellikle bukkolingual yönde ovaldir. Mezyal kökte iki veya üç tane kanal bulunduğu bu kanallar daha yuvarlak formdadır. Maksiller molar dişlerdeki DB kanallar genellikle yuvarlak formdayken, bu dişler ayrıca geniş P kök kanallarına sahiptir (Verma ve Love 2011). Çalışmamızda maksiller birinci molar diş kullanmamızın nedeni, bu dişlerin üç köklü olması ve her kök kanalının farklı anatomik yapıya sahip olmasıdır. Farklı giriş kavitesi uygulamaları ve farklı kök kanal genişletme yöntemlerinin her bir kökü farklı kök kanal anatomisine sahip maksiller birinci molar dişler üzerindeki etkisine odaklanılmıştır. Çalışmamızın aydınlatacağı veriler sayesinde minimal invaziv endodontik preparasyonun, hacimce en büyük olan maksiller birinci

molar dişin kök kanallarının enstrümantasyon derecesi ve orijinal kök kanal anatomisinin tehlikeye girip girmeyeceğini öğrenmek amaçlanmıştır.

Farklı sistemlerin kök kanal preparasyon etkinliklerinin değerlendirilmesinde genellikle rezin bloklar veya çekilmiş insan dişleri kullanılmaktadır. Resin bloklar kullanıldığında kök kanal çapı, uzunluğu ve eğimi standardize edilmiş olmakta ve bu durum farklı kök kanal aletlerinin preparasyon yeteneklerinin doğrudan karşılaştırılmasını sağlamaktadır (Schäfer, Tepel ve ark. 1995). Ancak dentinin yüzey sertliği ve dokusundaki farklılıklar sebebiyle resin bloklar klinik koşulları temsil edemeyebilir (Bertrand, Lupi-Pégurier ve ark. 2001). Ayrıca, döner aletlerle preparasyon sırasında duvarlara sürtünme sonucu ısı üretilir. Isınan resin yüzeyinin erimesi sonucunda aletin kesici yüzeyleri bu rezinin içine gömülür ve alet zorlanarak kırık meydana gelebilir (Rhodes, Ford ve ark. 1999). Bu yüzden çalışmamızda klinik koşulları taklit edebilmesi açısından çekilmiş insan dişi kullanılması tercih edilmiştir.

Son dönemlerde yapılan farklı döner alet sistemlerinin preparasyon etkinliklerinin karşılaştırılması çalışmalarında, ısı işlem uygulanmış bir sistem olan HCM, sıkça karşımıza çıkmaktadır. Bürklein ve ark. Mtwo, Revo-S ve HCM sistemlerinin kurvatürlü kök kanallarındaki preparasyon etkinliklerini değerlendirmek için radyografi yöntemini kullanmışlar ve HCM'in, Mtwo sistemiyle benzer şekilde, orijinal kök kanal kurvatürünü Revo-S sistemine göre daha iyi koruduğunu tespit etmişlerdir (Bürklein, Börjes ve ark. 2014). Leski ve ark. kurvatürlü kök kanallarındaki preparasyon etkinliklerini karşılaştırmak için PTN ve HCM sistemlerini seçmişler ve iki sistemin de orijinal kök kanal kurvatürünü koruduğu bilgisine ulaşmışlardır (Leski, Radwanski ve ark. 2015). Marceliano- Alves ve ark (2015), Reciproc, WaveOne, Twisted File ve HCM sistemlerinin mandibular molarların mezyal köklerindeki kanal geometrisine etkilerini mikro-BT yöntemiyle incelemişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, TF ve HCM sistemlerinin WaveOne ve Reciproc'a göre orijinal kök kanal anatomisine daha fazla sadık kaldıklarını ve daha az transportasyon oluşturduklarını belirtmişlerdir (Marceliano-Alves, Sousa-Neto ve ark. 2015). 2013 yılında Zhao ve ark. TF, K3 ve HCM sistemlerinin maksiller birinci molarların mezyal köklerindeki kanal geometrisinde yarattığı değişiklikleri mikro-BT yöntemiyle karşılaştırmışlardır. TF ve HCM sistemlerinin kullanıldığı çalışma gruplarında, K3 çalışma grubuna göre daha az oranda transportasyon meydana geldiği bilgisine ulaşmışlardır (Zhao, Shen ve ark. 2013). Pinheiro ve ark.

mikro-BT çalışmasında PTG, PDS, PDL, HEDM ve HCM sistemlerinin mandibular birinci molar mezyal köklerinin kanal geometrisinde meydana getirdikleri değişiklikleri incelemişler ve PDL ve HCM sistemlerinin, diğer sistemlere göre, preparasyon esnasında özellikle koronal bölgede merkezde kaldıklarını tespit etmişlerdir (Pinheiro, Alcalde ve ark. 2018). Çalışmamızda da, yapılan önceki çalışmalara göre kök kanalının orijinal anatomisini koruyan, güncel bir döner alet sistemi olan ve bünyesinde %6 tepe açısına sahip eğe seti içeren HCM sisteminin kullanılmasının uygun olduğu düşünülmüştür. Bu sayede tüm kanal duvarından yüzeysel dentini eşit miktarda uzaklaştırarak minimal invaziv preparasyon sağlayan SAF sistemi ile standartlaştırılmış bir %6 konikliğe sahip HCM kök kanal aletinin preparasyon etkinliklerini karşılaştırmak amaçlanmıştır.

SAF eğesinin aşındırıcı yüzeyi dentine temas ettiğinde tüm kök kanalından çevresel olarak eşit seviyede dentin uzaklaştırır. Bu sayede kök kanalındaki aşırı dentin kaybının önüne geçmektedir (Metzger 2014). Piyasaya minimal invaziv bir kök kanal enstrümantasyon yöntemi olarak sürülen SAF'ın preparasyon etkinliğini inceleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ruckman ve ark. 2013 yılında uzun ve oval kanallarda yaptıkları bir çalışmada el eğesi, ProFile ve SAF sistemlerini birbirleriyle kıyaslamışlar ve SAF eğesinin enstrümantasyon etkinliğini diğerlerine göre üstün bulmuşlardır (Ruckman, Whitten ve ark. 2013). Peters ve ark. 2011'de yaptıkları mikro-BT çalışmasında maksiller molar kök kanallarını SAF ile enstrümente etmişler ve kök kanal geometrisindeki etkilerine bakmışlardır. Çalışmada, SAF kullanımının, minimal düzeyde kanal transportasyonuna sebep olduğu ve kanaldan çevresel olarak homojen bir şekilde dentin uzaklaştırdığı bildirilmiştir (Peters ve Paqué 2011). 2011'de Versiani ve ark. K3 ve SAF sistemlerinin oval forma sahip olan mandibular keser kök kanal geometrisinde yarattıkları değişiklikleri mikro-BT altında incelemişlerdir. Prepare edilen kanal yüzey alanı ve kök kanal hacmindeki artış bakımından SAF eğesini K3 sistemine göre üstün bulmuşlardır. Oval kök kanalında SAF eğesinin, bütün yüzeylere eşit derecede temas ettiği gözlenirken K3 sisteminin çok sayıda prepare edilmemiş alanlar bıraktığı tespit edilmiştir (Versiani, Pécora ve ark. 2011). Ahmetoğlu ve ark.'nın (2015), maksiller molar kök kanallarını Reciproc, Revo-S ve SAF ile enstrümente ettikleri ve meydana gelen kök kanal geometrisi değişikliklerini mikro-BT yardımıyla karşılaştırdıkları çalışmalarında üç sistemin de kök kanalından eşit derecede dentin uzaklaştırdığı bilgisine ulaşmışlardır (Ahmetoglu, Keles ve ark. 2015). Metzger ve ark.'nın (2010) PTU ve SAF sistemlerini

karşılaştırdıkları mikro-BT çalışmasında, SAF'ın enstrümantasyon ve obtürasyon etkinliği PTU'ya göre daha yüksek bulunmuştur (Metzger, Zary ve ark. 2010). Hidalgo ve ark. çalışmasında, birinci molar kök kanallarını el eğesi, PTN ve SAF sistemlerini kullanarak genişletmişler ve kanal hacmindeki ve yüzey alanındaki değişimi, transportasyon derecelerini ve lateral perforasyon varlığını mikro-BT yardımıyla karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda el eğesinin en yüksek, SAF'ın en düşük seviyede transportasyon oluşturduğu; minör çap, kanal yüzey alanı ve hacminde en az değişimi SAF'ın meydana getirdiği; SAF ile prepare edilen kanallarda el eğesi ve PTN sistemine göre daha az sayıda lateral perforasyon gözlemlendiği ve kanal preparasyonu esnasında SAF eğesinin özellikle el eğesine göre daha merkezde kaldığı bilgilerine ulaşılmıştır (Hidalgo, Silva ve ark. 2017). Shah ve ark 2017'de SAF ve PTU sistemlerini oval kanallarda kullanmışlar ve merkezleme yeteneklerini ve meydana gelen transportasyon derecelerini KIBT altında hesaplamışlardır. Çalışmalarında SAF'ın kanal preparasyonu esnasında daha merkezde konumlandığını ve daha az transportasyon oluşturduğunu gözlemlemişlerdir (Shah, Wadekar ve ark. 2017). Şerefoğlu ve ark. mikro-BT çalışmasında, PTU sistemlerinin kurvatürlü mandibular molarlardaki mezyal kök kanallarında SAF'a kıyasla daha fazla dentin uzaklaştırdığı ve daha az enstrümente edilmeyen yüzey bıraktığı bilgisine ulaşılmıştır (Şerefoğlu ve Pişkin 2017). Bizim çalışmamızda da, SAF ile ilgili daha önceden yapılan çalışmaların geneli doğrultusunda enstrümantasyon açısından etkin bulunan ve kök kanalından gereksiz yere dentin uzaklaştırmadığı için minimal invaziv bir yöntem olarak kabul gören SAF tercih edilmiştir.

Geçmişten günümüze, kök kanal genişletme sistemlerinin preparasyon etkinliklerinin değerlendirilmesinde çok sayıda yöntem kullanılmıştır. "Bramante tekniği" olarak da bilinen, muflaya sabitlenen dişlerden seri kesit alınarak fotoğraflanması ve bu fotoğrafların birbirleri ile karşılaştırılması yönteminde dişler geri dönüşümsüz şekilde zarar görmektedir (Shen ve Cheung 2013). Diğer preparasyon değerlendirme teknikleri olan iki boyutlu radyografi ve fotoğraflama yöntemlerinde de örnekler zarar görmemesine rağmen, veriler sadece iki boyutta değerlendirilebildiği için kısıtlı analiz imkanı sunulmaktadır (Barthel, Gruber ve ark. 1999). KIBT ile alınan yüksek çözünürlüğe sahip görüntüler üzerinde transportasyon, merkezleme oranı ve kalan dentin miktarı gibi birçok özellik hesaplaması numuneye zarar vermeden

yapılabilmektedir (Marzouk ve Ghoneim 2013). Ancak bu yöntemin dezavantajı da çeşitli artefaktların kök kanallarının net bir şekilde görüntülenmesini zorlaştırmasıdır (Affairs 2012, Yeri 2015). Mikro bilgisayarlı tomografinin diş hekimliğinde kullanıma kazandırılmasıyla, numune tahrip edilmeden kök kanal morfolojisini üç boyutlu olarak daha detaylı inceleme imkanı doğmuştur. Mikro-BT, özellikle son on yılda yapılan çalışmalarda, kök kanal genişletme tekniklerini incelemek için güvenilir bir yöntem olarak kabul görmektedir (Peters, Boessler ve ark. 2010). Teknik, üç boyutta da veriler sunar ve kök kanal tedavisi öncesi ve sonrası veriler karşılaştırılarak kök kanal preparasyonu üzerine detaylı analiz yapılabilmektedir. Bu nedenle, güncel çalışmalarda olduğu gibi, çalışmamızda da prepare edilemeyen yüzey alanlarını ölçmek ve kök kanal geometrisini incelemek amacıyla mikro-BT tekniği kullanılmıştır (Zhao, Shen ve ark. 2013, Moore, Verdalis ve ark. 2016, Versiani, Ordinola-Zapata ve ark. 2016, Venino, Citterio ve ark. 2017, Keles ve Keskin 2018, Pinheiro, Alcalde ve ark. 2018, de Oliveira, Leoni ve ark. 2019, Stringheta, Bueno ve ark. 2019, van der Vyver, Paleker ve ark. 2019).

Amerikan Endodonti Birliği (AAE) 2003'te transportasyonu, kök kanal preparasyonu esnasında aletlerin orijinal şekillerine geri dönme eğilimi nedeniyle kanal kurvatürünün dış tarafındaki kanal duvarına ait dentinin uzaklaştırılması olarak tarif etmiştir (Endodontists 2003). 0,15 mm'ye kadar olan transportasyon kabul edilebilir boyutta sayılırken (Peters 2004), 0,3 mm'nin üzerindeki transportasyon miktarının tedavinin prognozunu olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir (Lim ve Stock 1987). Wu ve ark 2000 yılında yaptıkları bir çalışmada, 0,3 mm'nin üzerindeki transportasyonun obturasyon kalitesini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir (Wu, Fan ve ark. 2000). McSpadden'ın 2007'de yaptığı araştırmaya göre, eğe daha fazla esnekliğe, asimetrik kesit tasarımına ve radyal alana sahip olduğunda daha az transportasyon gerçekleştirmektedir. Radyal alanlar, kanal aletinin preparasyon esnasında kanalın merkezinde kalmasına izin vermektedir. Kanal aletinde radyal alanlar yoksa, enstrümantasyon sırasında eğenin kesici kenarlarının tüm basıncı kanal duvarlarında yoğunlaştırmasına neden olur ve kurvatürü düzleştirme eğilindedir (McSpadden 2007). Schafer ve ark. tepe açısı arttıkça kanal aletinin esnekliği azaldığı için apikal transportasyon oluşturma eğiliminin arttığını bildirmişlerdir. Bu nedenle kurvatürlü kanallarda apikal bölgede %4'ten daha fazla konikliğe sahip NiTi kanal aletlerinin kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir (Schäfer, Dzepina ve ark. 2003).

Geleneksel endodontik giriş kavitesi tasarımında kanal ağızlarına doğrudan bir erişim, kanalların debridmanını tam olarak sağlamak ve alet kırığının önüne geçmek için önerilmektedir. Minimal invaziv giriş kavitesi tasarımında kanal ağızlarına düz hat erişiminin olmaması, irrigasyon kanülünün kanal ağzına yerleştirilmesini zorlayarak irrigasyon solüsyonunun kanalın apikal kısmına ulaşmasını tehlikeye sokabilir (Mannan, Smallwood ve ark. 2001). Bununla birlikte bazı araştırmacılar, kanal ağızlarına düz hat erişimini sağlamak amacıyla kavite sınırlarının genişletilmesi için sağlam diş yapısının yapısının gereksiz yere feda edildiğine ve bu durumun dişin kırılma direncini düşüreceğine inanmaktadır (Shahrbaf, Mirzakouchaki ve ark. 2007, Clark ve Khademi 2010). Bunun üzerine, endodontide geleneksel yöntemler son zamanlarda bazı eleştirilere yol açmış ve sağlam diş yapısını koruyucu yaklaşım üzerine çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda, bu çalışma endodontide minimal invaziv ve geleneksel yaklaşımın kök kanal geometrisine etkilerini karşılaştırarak minimal invaziv yöntemlerin geleneksel yöntemlere göre tercih edilebilir olup olmadığı konusu da tartışılacaktır.

Plotino ve ark.'nın 2017 yılında maksiller molar, mandibular premolar ve molarlarda yaptıkları, Krishan ve ark.'nın 2014 yılında maksiller keserler, mandibular premolar ve molarlarda yaptıkları çalışmalarda minimal invaziv giriş kavitesi uygulanan dişlerde geleneksel giriş kavitesi uygulananlara oranla daha yüksek kırılma dayanımına sahip olduğu bulgusunu elde etmişlerdir ($P<0,05$) (Krishan, Paqué ve ark. 2014, Plotino, Grande ve ark. 2017). Moore ve ark.'nın çalışmasında, maksiller molarlardaki minimal invaziv kaviteletin kök kanal enstrümantasyon oranını etkilemediği görülmüştür (Moore, Verdalis ve ark. 2016). Krishan ve ark. mandibular molarlarda minimal invaziv giriş kavitesi tasarımının kök kanal enstrümantasyonuna ve kırılma direncine etkisini incelemişlerdir. Minimal invaziv giriş kavitesi açılan çalışma grubundaki distal kanallarda enstrümantasyon edilmeyen alan geleneksel giriş kavitesi grubundakilere göre yüksek çıkmıştır ($P<0,05$). Bu sonuçlardan yola çıkarak minimal invaziv giriş kavitesinin oval formdaki kanalların enstrümantasyonunda kısıtlayıcı olabileceğini belirtmişlerdir (Krishan, Paqué ve ark. 2014).

Granados ve ark. minimal invaziv giriş kavitesini “minimum açıklık ile endodontik giriş tekniği” olarak tanımlamıştır (Granados 2017). Jiang ve ark. uyguladıkları minimal invaziv kavitenin sınırlarını tarif ederken, pulpa tabanının seviyesinde kanal ağızlarının merkezinden çizilen ve okluzale yüzeye uzanan tahmini bir

çizgi ile ifade etmişlerdir (Jiang, Huang ve ark. 2018). Moore ve ark. ve Rover ve ark. üst molar dişlerde minimal invaziv endodontik giriş kavitesi preparasyonunda, pulpa odasına frezlerle santral fossadan giriş yaptıktan sonra kanal ağızlarına erişmek için gerektiği kadar genişlettiklerini belirtmişlerdir (Moore, Verdelis ve ark. 2016, Rover, Belladonna ve ark. 2017). Saygılı ve ark.'nın üst birinci molar dişlerdeki endodontik kavite tipinin MB2 kanal tespitine etkisini değerlendirdikleri çalışmada, "PEAC" olarak tanımladıkları "Pointed Endodontic Access Cavity", "CEAC" olarak tanımladıkları "Conservative Endodontic Cavity" ve "TEAC" olarak tanımladıkları "Traditional Endodontic Cavity" formlarını birbirleriyle karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada ilk defa kullanılan "PEAC" tanımını tarif ederken okluzal yüzeyin en derin noktasından elmas rond frezle pulpa odasına düşüklerini, pulpa odasını çelik rond frezle düzenledikten sonra elmas fissür frezle mezyodistal yönde 2 mm, bukkolingual yönde 3 mm olacak şekilde kaviteyi genişlettiklerini ifade etmişlerdir. Çalışmada kullandıkları "CEAC" yani minimal invaziv endodontik kavite formunu tarif ederken kavite boyutu belirtmeden tersine konik hafif dörtgen şeklinde bir giriş kavitesi formu olarak ifade etmişlerdir (Saygılı, Uysal ve ark. 2018). Daha önceki minimal invaziv endodontik kavite çalışmalarından yola çıkarak, çalışmamızda kullandığımız minimal invaziv endodontik kavite formu, "kanal ağızlarına erişebilmek için DOM altında açılan minimum genişlik" formülü ile oluşturulmuştur. Bizim çalışmamızda ölçülen mezyodistal ve bukkolingual yöndeki ortalama minimal invaziv giriş kavitesi boyut değerleri (2,62-2,60 mm), Saygılı ve ark.'nın çalışmasında "PEAC" olarak tarif edilen kavite formuna uymaktadır. Ayrıca Saygılı ve ark.'nın bu çalışmasında (Saygılı, Uysal ve ark. 2018) PEAC uygulanan grupta MB2 tespitinin diğer kavite gruplarına göre daha az çıkmasına karşılık ($P<0,05$), bizim çalışmamızda KIBT ile tespiti yapılan bütün MB2 kanallara erişim sağlanmıştır. Rover ve ark.'nın geleneksel ve minimal invaziv giriş kaviteleri uygulanmış dişlerde MB2 kanal tespitinin DOM ve ultrasonik kullanıldığında benzer oranda olduğu sonucu (Rover, Belladonna ve ark. 2017), çalışmamızın sonucuyla paralellik göstermektedir.

Alovisi ve ark. (2018), mandibular molarlarda minimal invaziv kavite formunun geleneksel kavite formuna göre preparasyon sonrası kök kanalında hacim ve yüzey alanı değişikliği bakımından bir fark yaratmadığını tespit etmişlerdir (Alovisi, Pasqualini ve ark. 2018). Moore ve ark. maksiller molarlarda, Krishan ve ark. çeşitli diş gruplarında minimal invaziv endodontik kavite uygulamasının preparasyon sonrası kök kanalından

uzaklaştırılan dentin miktarı bakımından geleneksel giriş kavitesi uygulamasıyla karşılaştırılmasında, aralarında anlamlı bir fark olmadığını ifade etmişlerdir (Moore, Verdelis ve ark. 2016). Çalışmamızda, önceki çalışmaların sonuçlarından ayrı olarak, geleneksel giriş kavitesi uygulanmış dişlerin kök kanallarında meydana gelen hacim değişikliği, minimal invaziv giriş kavitesi uygulanan dişlerde meydana gelen kök kanal hacim değişikliğinden fazla olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Çalışmamızda, özellikle, geleneksel giriş kavitesi uygulanan dişlerde kök kanal preparasyonu SAF ile yapıldığında minimal invaziv giriş kavitesi uygulanan dişlerde SAF uygulamasına göre daha fazla madde kaybı meydana getirmiştir ($P<0,05$). Bu durum, tarafımızdan, minimal endodontik kavite uygulanmış dişlerde, okluzaldeki diş dokusunun engel olmasından dolayı kanal aletlerinin aşındırıcı yüzeylerinin kanal ağzına girene kadar yıpranması ve kesiciliğini yitirmesi nedeniyle daha az dentin uzaklaştırması şeklinde açıklanabilmektedir.

Hidalgo ve ark. mandibular birinci molarların kök kanal preparasyonunda el eğesi, PTN ve SAF sistemlerini kullanmışlar ve kök kanallarının yapı model indeksi değişimlerini incelemişlerdir. SMI, preparasyon sonrası üç boyutlu olarak silindirik yapıya dönüşümü göstermektedir. Çalışmanın sonucunda iki boyutlu olarak yorumladığımızda preparasyon sonrası kanalın apikal üçlünün şekli, PTN sisteminin SAF sistemine göre daha fazla ($P<0,05$) yuvarlak forma sokmasını, PTN eğesinin apikale doğru artan tepe açısıyla ilişkilendirmişlerdir (Hidalgo, Silva ve ark. 2017). Çalışmamızda SAF ile HCM sistemleri karşılaştırılmış olup, çalışmanın sonucunda kanalın silindirik şekli açısından sadece MB ve DB kök kanallarında anlamlı bir farklılık olduğu P kökte anlamlı bir değişim gerçekleşmediği tespit edilmiştir ($P>0,05$). Çalışmamızı iki boyutta yorumlarsak, geleneksel giriş kavitesi uygulanmış dişlerin MB kök kanalında kullanılan SAF sistemi, kök kanal preparasyonu sonucunda HCM sistemine göre daha fazla yuvarlak hale getirmiştir ($P<0,05$). Bu farklılık, SAF'ın yassı ve dar alanlara girip kanalın şeklini alarak tüm duvarları eşit şekilde prepare etmesine karşılık HCM sisteminin MB kök kanalının oval ve yassı formda olmasından dolayı oluklara girememesi ve kök kanalında yassı alanlar bırakması şeklinde açıklanabilmektedir. Minimal invaziv giriş kavitesi uygulanmış dişlerin DB kök kanal formunu en fazla silindirik hale getiren sistem ise, HCM olmuştur ($P<0,05$). Bu durum, genellikle yuvarlak formda olan DB kök kanalının rotasyon hareketiyle çalışan ve yuvarlak bir kesite sahip HCM ile preparasyonundan sonra kök kanalının iki boyuttaki

yuvarlaklığını daha fazla arttırması şeklinde yorumlanabilmektedir. Maksiller molarlardaki palatinal kökleri inceleyen az sayıdaki mikro-BT çalışması verilerini incelediğimizde palatinal kanallar yuvarlak; hacimleri ve alanları sırasıyla yaklaşık 7 mm³ ve 30 mm²'dir (Peters OA, Laib ve ark. 2000). Marceliano-Alves ve ark.'nın mikro-BT çalışmasında apikalden 1 mm mesafede majör ve minör çapları sırasıyla 0,51 mm ve 0,39 mm bulunmuştur (Marceliano-Alves, Alves ve ark. 2016). Belirtildiği gibi, palatinal kanal, genellikle yuvarlak formda ve oldukça geniş boyutta olduğundan dolayı, şekli preparasyondan en az etkilenen kanal olması beklenen bir durumdur.

Kanal duvarında enstrümante edilmeyen alanlar, inatçı enfeksiyon nedeni olup tedavi sonucunu tehlikeye atacak biyofilm tabakası barındırabilmektedir. Bizim çalışmamızda, enstrümante edilmemiş yüzey alanlarının ortalaması MB, DB ve P kök kanallarında sırasıyla %38, %39 ve %47 olarak bulunmuştur. Kanal aletiyle kanal duvarına en fazla temas edilemeyen alan P köklerde tespit edilmiştir (P<0,05). Bu sonuçlar içerisinde bütün kök kanallarında SAF, HCM'ye göre daha fazla enstrümante edilmeyen yüzey bırakmıştır (P<0,05). Çalışmamızda, enstrümante edilmeyen alan oranı kök kanal preparasyon yönteminden etkilenirken, giriş kavitesi tipinden etkilenmemiştir. Bu bulgular, enstrümante edilmeyen yüzey oranının endodontik giriş kavitesi tasarımından etkilenmediğini söyleyen Moore ve ark. (2016) tarafından elde edilen sonuçlara uygundur (Moore, Verdalis ve ark. 2016). Ancak SAF ile kök kanal preparasyonu, enstrümante edilen yüzey oranı bakımından, HCM ile kök kanal preparasyonuna göre daha düşük başarı göstermiştir (P<0,05). Daha önceki yapılan çalışmalarda, SAF ve rotary sistemler enstrümantasyon etkinliği bakımından birbirleriyle karşılaştırılmışlar ve genellikle SAF daha üstün bulunmuştur (De-Deus, Barino ve ark. 2010, Metzger, Zary ve ark. 2010, Versiani, Pécora ve ark. 2011, de Melo Ribeiro, Silva-Sousa ve ark. 2013, Ruckman, Whitten ve ark. 2013). Ancak SAF'ın enstrümantasyon etkinliği açısından diğer sistemlerden daha başarısız bulunduğu çalışmalar da vardır (Topcu, Karatas ve ark. 2014, Serefoglu ve Piskin 2017). Peters ve ark. (2011) çalışmasında, maksiller molarlarda SAF ile preparasyon yaparak enstrümante edilmeyen yüzey oranlarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda enstrümante edilmemiş yüzey oranları MB, DB ve P köklerde sırasıyla %26, %22 ve %25 olarak tespit edilmiştir (Peters ve Paqué 2011). Bu bizim çalışmamızda bulduğumuz değerlerden daha düşük bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Peters ve ark. (2011) çalışmalarında, çalışmamıza benzer

şekilde her bir diş için 1 adet SAF eğeyi üç kökün kanal preparasyonunda kullanmışlardır. SAF'ın preparasyon etkinliği üzerine önceki yapılan çalışmalarda her bir kök kanalı için 1 adet SAF eğesi kullanılmıştır. Ancak, farklı olarak bizim çalışmamızda MB2 kanallar da çalışmaya dahil edilerek prepare edildiği için her bir dişin dört kanalında kullanılan SAF'ın deformasyon derecesinin artacağından ve kesme veriminin azalacağından dolayı kök kanallarında daha fazla enstrümente edilmemiş alan bırakmış olabileceği kanaatindeyiz.

Hidalgo ve ark. (2017) çalışmasında, mandibular birinci molar kök kanallarını el eğesi, PTN ve SAF ile prepare ettiklerinde en az transportasyonu SAF grubunun meydana getirdiğini tespit etmişlerdir (Hidalgo, Silva ve ark. 2017). Peters ve ark. (2011), SAF'ı maksiller molarlarda kullanmışlar ve SAF'ın minimal transportasyonla kök kanal preparasyonunu tamamladığını belirtmişlerdir (Peters ve Paqué 2011). Shah ve ark. (2017), PTU ve SAF sistemlerinin oval kök kanallarında meydana getirdikleri transportasyon seviyesini karşılaştırmışlar ve SAF'ın özellikle meziodistal yönde daha az transportasyon gerçekleştirdiğini ifade etmişlerdir (Shah, Wadekar ve ark. 2017). SAF ve rotary sistemlerin karşılaştırıldığı önceki çalışma sonuçlarına benzer şekilde, çalışmamızda SAF ile kök kanal preparasyonu, HCM ile preparasyondan daha az apikal transportasyon oluşturmuştur. Ayrıca minimal invaziv endodontik kavite uygulanan gruplardaki apikal transportasyon seviyesi, geleneksel kavite uygulanmış gruplara göre daha düşük bulunmuştur ($P>0,05$). Mitra ve ark., PTU ve SAF sistemlerinin oval kanallarda kullanımında meydana getirdikleri transportasyon ve merkezleme oranlarını incelemişler ve aralarında anlamlı bir fark olmadığını tespit etmişlerdir ($P>0,05$) (Mitra, Sharma ve ark. 2017). Çalışmamızda, SAF'ın kullanımı HCM'nin kullanımına göre, önceki çalışmalarda olduğu gibi, daha az transportasyon oluşturmaya rağmen aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($P>0,05$).

Granados ve ark. (2018), molar dişlerde minimal invaziv ve geleneksel endodontik kavite tasarımı uygulamalarının çalışma zamanını etkilemediğini belirtmişlerdir (Granados 2017). Bizim çalışmamızın verileri bu sonucu destekler niteliktedir. Çalışmamızda SAF ile kök kanal preparasyonu, HCM ile kök kanal preparasyonuna göre daha uzun sürede gerçekleşmiştir ($P<0,05$).

Farmakis ve ark 2013'te çekilmiş molar dişlerde yaptıkları çalışmalarında, SAF'ın deformasyon derecesini mikroskop altında incelemişler ve kafes örgüde kopma veya

kırılma gerçekleşmediğini belirtmişlerdir (Farmakis, Sotiropoulos ve ark. 2013). Akçay ve ark. (2011), çalışmalarında kurvatürlü kök kanallarını SAF ile prepare etmişler ve kafes örgüde hiç kopma meydana gelmediğini belirtmişlerdir(Akçay, Yiğit-Özer ve ark. 2011). Çalışmamızda ise kafes örgünün kopup kök kanalında kalması, bu çalışmalardan farklı olarak, %27 oranında gerçekleşmiştir. Bu oranın büyük bir kısmının (%86) minimal invaziv kaviteelerde gerçekleşmiş olması, bize koronaldeki diş dokusu engelinin SAF egesini daha çabuk deforme ettiğini düşündürmektedir.

Pulpa dokusunun mekanik debridmanını sağlamak ve bakteriyel biyofilmi uzaklaştırmak için aletlerin kanal duvarlarıyla teması gerekmektedir (Haapasalo, Endal ve ark. 2005). Neelakantan ve ark. (2018) bunu incelemek için çalışmalarında, minimal invaziv kavite uygulanmış dişlerdeki pulpa dokusunun debridmanına ve istmuslardaki debris birikimine mandibular molarların mezyal kökünde histolojik kesit alarak bakmışlardır. Minimal invaziv kavite uygulamasında, geleneksel kavite uygulamasına göre pulpa odasında daha fazla organik artık kaldığı tespit edilmiştir ($P<0,05$). Buna karşılık mezyal kök kanallarındaki pulpa artığı ve istmuslarda organik doku ve debris birikimi bakımından iki giriş kavitesi yaklaşımı da benzer sonuç vermiştir. Endodontik giriş kavitesini olabildiğince küçük açmak ve düşük tepe açılı ve küçük apikal boyuta sahip kanal aletiyle preparasyon yapılması gibi minimal invaziv endodontik prosedürler, kök kanalının enfekte olmadığı vital pulpalı dişlerde prognozu önemli ölçüde etkilemeyebilir. Bununla birlikte, özellikle nekrotik pulpaya sahip dişlerde küçük apikal boyuttaki kanal preparasyonları, kök kanal dezenfeksiyonunu riske atabilir (Neelakantan, Khan ve ark. 2018).

Bu çalışma koşulları altında, minimal invaziv endodontik kaviteelerin maksiller molarlardaki enstrümante edilmiş alan oranı, transportasyon derecesi, merkezleme oranı ve çalışma zamanı açısından olumsuz bir sonuç meydana getirmediği bulgusu, bu konuda belirgin bir risk olmadığını göstermiştir. Endodontide minimal invaziv yaklaşımın klinik uygulamalardaki uzun dönem başarı oranlarına katkısı incelenmeli, dişin ağızda kalma süresi üzerindeki etkileri ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Önceki çalışmalarda, minimal invaziv kavitelerin, enstrümante edilmiş alan oranı, transportasyon derecesi, merkezleme oranı ve çalışma zamanı açısından olumsuz etki yaratabileceği ifade edilirken çalışmamızda belirgin bir risk saptanamamıştır. Ancak kalan sağlam doku miktarının kırılmaya etkisi ileri klinik çalışmalarla incelenebilir.

Bu çalışmanın sınırları dâhilinde elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

1. Geleneksel giriş kavitesi uygulanan dişlerin bütün kök kanallarında anlamlı düzeyde fazla hacim artışı olmuştur ($P<0,05$).
2. Üç farklı kök kanalı arası karşılaştırmada, en fazla hacim artışı sırasıyla MB, DB ve P kanallarda gözlenmiştir. MB'deki artış diğerlerinden anlamlı düzeyde fazla bulunmuştur ($P<0,05$).
3. HCM sistemi, kök kanalında SAF sistemine göre daha fazla hacim değişikliği meydana getirmiştir ($P<0,05$).
4. Geleneksel giriş kavitesi uygulanan dişlerde SAF ile prepare edilen mezyobukkal kanallar HCM ile prepare edilen mezyobukkal kanallara göre daha fazla silindirik hale gelmiştir.
5. Minimal invaziv kavite uygulanan dişlerin distobukkal kanalının preparasyonunda HCM kullanımı, SAF kullanımına göre kanalın şeklini iki boyutta daha fazla yuvarlaklaştırmıştır.
6. Distobukkal kanal formunu en fazla silindirik hale getiren preparasyon grubu MİK+HCM olmuştur.
7. Hiçbir çalışma grubunda, P kök kanalının formunda preparasyon sonrası anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir.
8. Giriş kavitesi tipi (GK veya MİK) ayırt etmeksizin, SAF ile prepare edilen kök kanallarında daha fazla enstrümante edilmemiş yüzey alanı tespit edilmiştir ($P<0,05$).
9. Giriş kavitesi tipi enstrümante edilmemiş yüzey alan oranını etkilememiştir ($P<0,05$).
10. En fazla enstrümante edilmemiş yüzey P kök kanalında tespit edilmiştir ($P<0,05$).

11. Transportasyon ve merkezleme oranlarının, giriş kavitesi ve kanal preparasyon tekniğinden etkilenmediği tespit edilmiştir ($P<0,05$).
12. SAF ile kanal preparasyonu tamamlanan gruplardaki çalışma sürelerinin HCM ile genişletilen gruplardakine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$).
13. Çalışmamızda SAF'ın kafes örgüsünün kopup kök kanalında kalmasının daha sık olarak minimal invaziv kavitelerde gerçekleşmiş olması, koronaldeki diş dokusu engelini SAF egesini daha çabuk deforme ettiğini düşündürmektedir.
14. Çalışma süresi bakımından minimal invaziv ve geleneksel giriş kavitesi grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($P<0,05$).
15. Çalışmamızın kısıtlamaları dahilinde, minimal invaziv giriş kavitesinin maksiller molarlardaki enstrümantasyon etkinliğini değiştirmediği bulgusu, bu konuda belirgin bir risk olmadığını göstermiştir ($P<0,05$).
16. Endodontide minimal invaziv yaklaşımın klinik uygulamalardaki uzun dönem başarı oranlarına katkısı incelenmeli, dişin ağızda kalma süresi üzerindeki etkileri ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır ($P<0,05$).

ÖZET

Minimal İnvaziv ve Geleneksel Endodontik Preparasyonun Enstrümente Edilmiş Yüzey Oranı ve Kök Kanal Geometrisine Etkisi Açısından Karşılaştırılması: Mikro-BT Çalışması

Amaç: Giriş kavitesi ve kök kanal preparasyonu esnasında dentinde meydana getirilen fazla madde kayıpları, diş yapısını zayıflatarak dişlerin kırılma direncini azaltır. Bunu önlemek amacıyla ileri sürülen minimal invaziv endodontik yaklaşım, kök kanal enstrümantasyonunun etkinliğini tehlikeye atması açısından tartışmalıdır. Bu çalışmada, Self Adjusting File (SAF) ve HyFlex CM (HCM) enstrümanlarını kullanarak minimal invaziv (MİK) ve geleneksel kavite (GK) ve/veya kök kanal preparasyon kombinasyonlarını karşılaştırmak amaçlanmıştır. Ayrıca, bu dört kombinasyonun, maksiller molar dişlerde hacim değişimi (HD), enstrümente edilmemiş yüzey alanı (EEA), transportasyon, merkezleme oranı (MO) ve kök kanal genişletme süresi (GS) açısından etkilerini karşılaştırmak hedeflenmiştir.

Yöntemler: 40 adet çekilmiş çürüksüz maksiller birinci molar diş her biri 10 örnek içeren 4 gruba ayrılmıştır. Gruplar MİK ve GK alt gruplarına (Grup 1a, 1b, 2a, 2b) ayrılmış ve kök kanalları SAF (Grup 1a, 2a) veya HCM (Grup 1b, 2b) ile enstrümente edilmiştir. Tüm diş kökleri, mikro-bilgisayarlı tomografi (μ BT) ile preparasyon öncesi ve sonrasında 13,7 μ m voksel boyutunda taranmıştır. Mikro-BT ile elde edilen görüntüler üzerinde kanal HD, EEA oranları, transportasyon değerleri ve MO hesaplanmıştır. Her dişin kök kanal preparasyonu esnasındaki GS kaydedilmiş, elde edilen veriler faktöriyel düzende varyans analizi ve Tukey testleri ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir ($P<0.05$).

Bulgular: GK açılmış dişlerin kök kanallarında, MİK açılmış dişlerin kök kanallarına göre daha fazla HD meydana gelirken, HCM sistemi SAF sistemine göre daha fazla HD meydana getirmiştir ($P<0,05$). Giriş kavitesi tipi EEA oranını etkilemez iken, SAF kullanıldığında daha fazla EEA oranı tespit edilmiştir ($P<0,05$). MİK açılmış dişlerde HCM sistemi SAF sistemine göre genellikle daha fazla transportasyon meydana getirmiştir ($P<0,05$). Giriş kavitesi tipi kök kanal preparasyonu esnasındaki GSYi etkilemez iken, SAF kullanımı ile kök kanal preparasyonu daha uzun sürede tamamlanmıştır ($P<0,05$). GK preparasyonundan sonra kanallardaki HDnin (0,34-6,01

mm³), MİK gruplarındaki kök kanallarına kıyasla daha fazla (0,33-5,06 mm³), HCM (0.34-6.01 mm³) sisteminde SAF sisteminden (0,33-5,24 mm³) daha fazla olduğu tespit edilmiştir (P <0.05). HD tüm köklerde 0.34-5.06 mm³ arasında tespit edilmiştir. HCM, maksimum ortalama HD'ni MB kökte gösterir iken (2.91 ± 0.33 mm³). SAF, (0.27 ± 0.16 mm³) minimum ortalama HD'ni P köklerde meydana getirmiştir. Giriş kavitesi tipi EEA oranını etkilemez iken kök kanal preparasyonunda SAF kullanımında daha fazla EEA oranı oluşturmuştur (P <0.05). EEA oranı %14,75-73,38 arasında ölçülmüştür. HCM'deki ortalama EEA değerleri (%26,55-50,69), SAF gruplarına göre (%37,98-65,52) anlamlı derecede düşük bulunmuştur (P<0,05). MİK'lerde, HCM kullanımı (0-0,30 mm), genellikle SAF'tan (0-0,33 mm) daha fazla transportasyon oluşturmuştur (P <0.05). Giriş kavitesi tipi çalışma süresini etkilemez iken, kök kanal preparasyonunda SAF kullanımı ile (156-303 sn) ile HCM'den (19-60 sn) çok daha uzun bir sürede tamamlanmıştır (P <0.05).

Sonuçlar: Maksiller birinci molar dişlerde minimal invaziv giriş kavitesi kök kanal enstrümantasyon etkinliğini azaltmamış, çalışma süresini de olumsuz etkilememiştir. Bununla birlikte SAF kullanımı kök kanalında HDM'ye göre daha fazla enstrümanite edilmemiş yüzey bırakırken çalışma süresini uzatmaktadır.

Anahtar Kelimeler: geleneksel giriş kavitesi, HyFlex, mikro-bilgisayarlı tomografi, minimal invaziv kavite, SAF

ABSTRACT

Comparison of Minimally Invasive vs Traditional Endodontic Preparation in Effect of Instrumented Surface Area vs Root Canal Geometry: a Micro-CT Study

Aim: In traditional endodontic treatment approach, excessive material loss of dentin due to access cavity vs root canal preparation may weaken the tooth structure vs decrease the fracture resistance of the teeth. On the other hand, the minimally invasive endodontic approach, which is proposed to prevent this, poses questionmarks to jeopardize the effectiveness of root canal instrumentation. The aim of this study was to compare the minimally invasive (MIC) vs traditional cavity (GK) and/or root canal preparation combinations using Self Adjusting File (SAF) vs HyFlex CM (HCM) instruments. The specific aims were to compare the effects of these four combinations in terms of volume change (VC), non-instrumented surface area (NIA), transportation, centering ratio (CR) vs root canal preparation time (PT) for each root of first maxillary molar teeth.

Methods: Forty extracted caries-free maxillary first molars were divided into 4 groups, each with 10 samples. The groups are assigned to MIC vs GK groups (Group 1a, 1b, 2a,2b) vs root canals were instrumented with SAF (Group 1a, 2a) or HCM (Group 1b, 2b). All roots of the teeth were scanned with micro-computed tomography (μ CT) imaging at a resolution of 13.7 μ m before vs after preparation. Canal VCs, NIA ratios, transportation values vs CR were calculated on micro-CT images. Preparation time of each root canal during root canal preparation was recorded. Obtained data were analyzed by analysis of variance vs Tukey tests in factorial order ($P < 0.05$).

Results: The root canals after GKs preparation ($0.34-6.01 \text{ mm}^3$), there was more VC compared to those of the root canals of MICs ($0.33-5.06 \text{ mm}^3$), whereas HCM ($0.34-6.01 \text{ mm}^3$) system produced more VC than SAF system ($0.33-5.24 \text{ mm}^3$) ($P < 0.05$). VCs ranged between $0.34-5.06 \text{ mm}^3$ in all roots. HCM showed the maximum mean VC in MB roots ($2.91 \pm 0.33 \text{ mm}^3$), whereas SAF created the minimum mean VC in P roots ($0.27 \pm 0.16 \text{ mm}^3$). The access cavity type did not effect the NIA ratio, but more NIA ratios were deGKted in SAF use ($P < 0.05$). NIA was measured between 14.75-73.38 % in all roots. Mean values of NIA in HCM (26.55-50.69%) were significantly less than those of SAF groups (37.98-65.52%). In MICs, the HCM use (0-0.30 mm) generally created more transportation than that of the SAF (0-0.33 mm) ($P < 0.05$). The access cavity type did not

effect the preparation time, but root canal preparation was completed in a longer time with SAF use (156-303 sec) than HCM (19-60 sec) ($P < 0.05$).

Conclusions: The minimally invasive access cavity in maxillary first molars does not jeopardize the success of root canal instrumentation ve does not affect working time. However, the use of SAF prolongs the preparation time ve leaves more non-instrumented surfaces in the root canal.

Keywords: HyFlex, micro-computed tomography, minimally invasive cavity, SAF, traditional access cavity



KAYNAKLAR

- 03.10, 2019, from <https://www.coltene.com/pim/DOC/BRO/docbro60014375-03-18-tr-hyflex-cm-edm-a4straindv1.pdf>. [03.10.2019].
- Adorno, C. G., T. Yoshioka ve H. Suda (2011). "Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths." *Journal of endodontics* **37**(4): 522-525.
- Affairs, A. D. A. C. o. S. (2012). "The use of cone-beam computed tomography in dentistry: an advisory statement from the American Dental Association Council on Scientific Affairs." *The Journal of the American Dental Association* **143**(8): 899-902.
- Ahmetoglu, F., A. Keles, N. Simsek, M. S. Ocak ve S. Yologlu (2015). "Comparative evaluation of root canal preparations of maxillary first molars with self-adjusting file, reciproc single file, ve revo-s rotary file: A micro-computed tomography study." *Scanning* **37**(3): 218-225.
- Akçay, I., S. Yiğit-Özer, Ö. Adigüzel ve S. Kaya (2011). "Deformation of the self-adjusting file on simulated curved root canals: a time-dependent study." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, ve Endodontology* **112**(5): e12-e17.
- Al-Sudani, D. (2014). "Topographic Analysis of HyFlex® Controlled Memory Nickel–Titanium Files." *Journal of international oral health: JIOH* **6**(6): 1.
- Al Amri, M. D., S. Al-Johany, H. Sherfudhin, B. Al Shammari, S. Al Mohefer, M. Al Saloum ve H. Al Qarni (2016). "Fracture resistance of endodontically treated mandibular first molars with conservative access cavity ve different restorative GKhniques: an in vitro study." *Australian Endodontic Journal* **42**(3): 124-131.
- Alovisi, M., D. Pasqualini, E. Musso, E. Bobbio, C. Giuliano, D. Mancino, N. Scotti ve E. Berutti (2018). "Influence of Contracted Endodontic Access on Root Canal Geometry: An In Vitro Study." *J Endod* **44**(4): 614-620.
- Andreasen, G. F. ve T. B. Hilleman (1971). "An evaluation of 55 cobalt substituted Nitinol wire for use in orthodontics." *The Journal of the American Dental Association* **82**(6): 1373-1375.
- Apotheker, H. ve G. J. Jako (1981). "A microscope for use in dentistry." *Microsurgery* **3**(1): 7-10.

- Asundi, A. ve A. Kishen (2000). "A strain gauge ve photoelastic analysis of in vivo strain ve in vitro stress distribution in human dental supporting structures." *Archives of oral biology* **45**(7): 543-550.
- Auricchio, F., R. L. Taylor ve J. Lubliner (1997). "Shape-memory alloys: macromodelling ve numerical simulations of the superelastic behavior." *Computer methods in applied mechanics ve engineering* **146**(3-4): 281-312.
- Barthel, C. R., S. Gruber ve J.-F. Roulet (1999). "A new method to assess the results of instrumentation GKhniques in the root canal." *Journal of endodontics* **25**(8): 535-538.
- Basa, Ş. E. ve A. D. Keçeci (2018). Üst Birinci Molar Dişlerin İlave Kanallarının Saptanmasında Klinik İnceleme, Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi, Dijital Radyografi ve Dental Operasyon Mikroskobu Tekniklerinin Karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Uzmanlık Tezi, Isparta, .
- Bayram, H. M., E. Bayram, M. Ocak, A. D. Uygun ve H. H. Celik (2017). "Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, ve XP-endo Shaper instruments on dentinal microcrack formation: a micro-computed tomographic study." *Journal of endodontics* **43**(7): 1166-1169.
- Bernardes, R. A., E. A. Rocha, M. A. H. Duarte, R. R. Vivan, I. G. de Moraes, A. S. Bramante ve J. R. de Azevedo (2010). "Root canal area increase promoted by the EndoSequence ve ProTaper systems: comparison by computed tomography." *Journal of Endodontics* **36**(7): 1179-1182.
- Bertrand, M. F., L. Lupi-Pégurier, E. Medioni, M. Muller ve M. Bolla (2001). "Curved molar root canal preparations using HERO 642 rotary nickel-titanium instruments." *International endodontic journal* **34**(8): 631-636.
- Berutti, E., G. Chiandussi, D. S. Paolino, N. Scotti, G. Cantatore, A. Castellucci ve D. Pasqualini (2012). "Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files ve ProTaper system: a comparative study." *Journal of endodontics* **38**(4): 505-509.
- Bier, C. A. S., H. Shemesh, M. Tanomaru-Filho, P. R. Wesselink ve M.-K. Wu (2009). "The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation." *Journal of Endodontics* **35**(2): 236-238.
- Bóveda, C. ve A. Kishen (2015). "Contracted endodontic cavities: the foundation for less invasive alternatives in the management of apical periodontitis." *Endodontic Topics* **33**(1): 169-186.

- Bowles, S. W. (1907). *A New Adaptation of the Microscope to Dentistry*, Philadelphia:: SS White Dental Manufacturing Company.
- Bramante, C. M., A. Berbert ve R. P. Borges (1987). "A methodology for evaluation of root canal instrumentation." *Journal of Endodontics* **13**(5): 243-245.
- Brunson, M., C. Heilborn, D. J. Johnson ve N. Cohenca (2010). "Effect of apical preparation size ve preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system." *Journal of endodontics* **36**(4): 721-724.
- Buhrley, L. J., M. J. Barrows, E. A. BeGole ve C. S. Wenckus (2002). "Effect of magnification on locating the MB2 canal in maxillary molars." *Journal of endodontics* **28**(4): 324-327.
- Burns, R. C. (1987). "Access openings ve tooth morphology." *Pathways of the pulp* (4th edn.) St. Louis, MO: The CV Mosby Co: 120-121.
- Bürklein, S., L. Börjes ve E. Schäfer (2014). "Comparison of preparation of curved root canals with H yflex CM ve R evo-S rotary nickel–titanium instruments." *International endodontic journal* **47**(5): 470-476.
- Bürklein, S. ve E. Schäfer (2015). "Minimally invasive endodontics." *Quintessence International* **46**(2).
- Capar, I. D., M. Altunsoy, H. Arslan, H. Ertas ve H. A. Aydinbelge (2014). "Fracture strength of roots instrumented with self-adjusting file ve the ProTaper rotary systems." *Journal of endodontics* **40**(4): 551-554.
- Capar, I. D., M. E. Kaval, H. Ertas ve B. H. Sen (2015). "Comparison of the cyclic fatigue resistance of 5 different rotary pathfinding instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, ve controlled memory wire." *Journal of endodontics* **41**(4): 535-538.
- Carlos Bóveda, Z. (2012). "Clinical impact of cone beam computed tomography in root canal treatment." *Endodontic Radiology*: 367-415.
- Carr, G. B. (1992). "Microscopes in endodontics." *Journal of the California Dental Association* **20**(11): 55-61.
- Carr, G. B. ve C. A. Murgel (2010). "The use of the operating microscope in endodontics." *Dental Clinics* **54**(2): 191-214.

Carter, J., S. Sorensen, R. Johnson, R. Teitelbaum ve M. Levine (1983). "Punch shear testing of extracted vital ve endodontically treated teeth." *Journal of biomechanics* **16**(10): 841-848.

Cheung, G., E. Zhang ve Y. Zheng (2011). "A numerical method for predicting the bending fatigue life of NiTi ve stainless steel root canal instruments." *International endodontic journal* **44**(4): 357-361.

Chlup, Z., R. Žižka, J. Kania ve M. Příbyl (2017). "Fracture behaviour of teeth with conventional ve mini-invasive access cavity designs." *Journal of the European Ceramic Society* **37**(14): 4423-4429.

Christie, W. ve G. Thompson (1994). "The importance of endodontic access in locating maxillary ve mandibular molar canals." *Journal (Canadian Dental Association)* **60**(6): 527-532, 535-526.

Civjan, S., E. F. Huget ve L. B. DeSimon (1975). "Potential applications of certain nickel-titanium (nitinol) alloys." *Journal of dental research* **54**(1): 89-96.

Clark, D. ve J. Khademi (2010). "Modern molar endodontic access ve directed dentin conservation." *Dental Clinics* **54**(2): 249-273.

Clark, D. ve J. A. Khademi (2010). "Case studies in modern molar endodontic access ve directed dentin conservation." *Dental Clinics* **54**(2): 275-289.

Daoudi, M. F. (2001). "Microscopic management of endodontic procedural errors: perforation repair." *Dental update* **28**(4): 176-180.

Darcey, J., C. Taylor, R. V. Roudsari, S. Jawad ve M. Hunter (2015). "Modern endodontic planning part 2: access ve strategy." *Dental update* **42**(8): 709-720.

De-Deus, G., B. Barino, R. Q. Zamolyi, E. Souza, A. F. Júnior, S. Fidel ve R. A. S. Fidel (2010). "Suboptimal debridement quality produced by the single-file F2 ProTaper GKhnique in oval-shaped canals." *Journal of endodontics* **36**(11): 1897-1900.

de Carvalho, M. C. C. ve M. L. Zuolo (2000). "Orifice locating with a microscope." *Journal of endodontics* **26**(9): 532-534.

De Gregorio, C., A. Arias, N. Navarrete, V. Del Rio, E. Oltra ve N. Cohenca (2013). "Effect of apical size ve taper on volume of irrigant delivered at working length with apical negative pressure at different root curvatures." *Journal of endodontics* **39**(1): 119-124.

de Melo Ribeiro, M. V., Y. T. Silva-Sousa, M. A. Versiani, A. Lamira, L. Steier, J. D. Pécora ve M. D. de Sousa-Neto (2013). "Comparison of the cleaning efficacy of self-adjusting file ve rotary systems in the apical third of oval-shaped canals." *Journal of Endodontics* **39**(3): 398-401.

de Oliveira, D. J. F., G. B. Leoni, R. da Silva Goulart, M. D. de Sousa-Neto, Y. T. C. S. Sousa ve R. G. Silva (2019). "Changes in Geometry ve Transportation of Root Canals with Severe Curvature Prepared by Different Heat-treated Nickel-titanium Instruments: A Micro-computed Tomographic Study." *Journal of endodontics*.

Dietrich, M. A., T. C. Kirkpatrick ve J. M. Yaccino (2012). "In vitro canal ve isthmus debris removal of the self-adjusting file, K3, ve WaveOne files in the mesial root of human mandibular molars." *Journal of endodontics* **38**(8): 1140-1144.

Dyck, V. (1998). "Desktop X-ray microscopy ve microtomography." *Journal of Microscopy* **191**(2): 151-158.

Elliott, J. ve S. Dover (1982). "X-ray microtomography." *Journal of microscopy* **126**(2): 211-213.

Endodontists, A. (2003). *Glossary of Endodontic Terms*, Chicago: American Association of Endodontists.

Farmakis, E., G. Sotiropoulos, N. Pantazis ve K. Kozyrakis (2013). "The permanent deformation of the self-adjusting files when used in canals of extracted teeth." *International endodontic journal* **46**(9): 863-869.

Gambill, J. M., M. Alder ve E. Carlos (1996). "Comparison of nickel-titanium ve stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography." *Journal of Endodontics* **22**(7): 369-375.

Gavini, G., M. d. Santos, C. L. Caldeira, M. E. d. L. Machado, L. G. Freire, E. F. Iglecias, O. A. Peters ve G. T. d. M. Candeiro (2018). "Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art." *Brazilian oral research* **32**.

Gencoglu, N. ve D. Helvacioğlu (2009). "Comparison of the different GKhniques to remove fractured endodontic instruments from root canal systems." *European journal of dentistry* **3**(2): 90.

Gergi, R., N. Osta, G. Bourbouze, C. Zgheib, R. Arbab-Chirani ve A. Naaman (2015). "Effects of three nickel titanium instrument systems on root canal geometry assessed by micro-computed tomography." *International endodontic journal* **48**(2): 162-170.

Glosson, C. R., R. H. Haller, S. B. Dove ve E. Carlos (1995). "A comparison of root canal preparations using Ni-Ti hand, Ni-Ti engine-driven, ve K-Flex endodontic instruments." *Journal of endodontics* **21**(3): 146-151.

Gluskin, A. H., C. I. Peters ve O. A. Peters (2014). "Minimally invasive endodontics: challenging prevailing paradigms." *British dental journal* **216**(6): 347.

Görduysus, M. Ö., M. Görduysus ve S. Friedman (2001). "Operating microscope improves negotiation of second mesiobuccal canals in maxillary molars." *Journal of endodontics* **27**(11): 683-686.

Granados, J. M. (2017). "Conservative Endodontic Access–Cone Beam Computed Tomography (CBCT)-Guided Preparation ve its Impact on Endodontic Referrals."

Grande, N. M., G. Plotino, G. Gambarini, L. Testarelli, F. D'Ambrosio, R. Pecci ve R. Bedini (2012). "Present ve future in the use of micro-CT scanner 3D analysis for the study of dental ve root canal morphology." *Annali dell'Istituto superiore di sanita* **48**: 26-34.

Gu, L.-s., J. R. Kim, J. Ling, K. K. Choi, D. H. Pashley ve F. R. Tay (2009). "Review of contemporary irrigant agitation GKhniques ve devices." *Journal of endodontics* **35**(6): 791-804.

Güneşer, M. B., D. Arslan, A. N. Dinçer (2017). "Kök Kanallarının Şekillendirilmesinin Değerlendirilmesinde Kullanılan Araştırma Yöntemleri." *Türkiye Klinikleri Journal of Endodontics-Special Topics* **3**(1): 24-30.

Haapasalo, M., U. Endal, H. Zandi ve J. M. Coil (2005). "Eradication of endodontic infection by instrumentation ve irrigation solutions." *Endodontic topics* **10**(1): 77-102.

Habu, T. (2009). *Shape memory alloys for biomedical applications*. Cambridge, Elsevier.

Hartmann, M. S. M., F. B. Barletta, V. R. C. Fontanella ve J. R. Vanni (2007). "Canal transportation after root canal instrumentation: a comparative study with computed tomography." *Journal of endodontics* **33**(8): 962-965.

Hecker, H., T. Bartha, C. Löst ve R. Weiger (2010). "Determining the apical preparation size in premolars: part III." *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, ve endodontology* **110**(1): 118-124.

Hidalgo, L. R. d. C., L. A. B. d. Silva, G. B. Leoni, J. F. Mazzi-Chaves, E. E. d. S. Carvalho, A. Consolaro ve M. D. Sousa-Neto (2017). "Mechanical Preparation Showed Superior Shaping Ability than Manual GKhnique in Primary Molars-A Micro-Computed Tomography Study." *Brazilian dental journal* **28**(4): 453-460.

Hiebert, B. M., K. Abramovitch, D. Rice ve M. Torabinejad (2017). "Prevalence of second mesiobuccal canals in maxillary first molars deGKted using cone-beam computed tomography, direct occlusal access, ve coronal plane grinding." *Journal of endodontics* **43**(10): 1711-1715.

Hin, E. S., M.-K. Wu, P. R. Wesselink ve H. Shemesh (2013). "Effects of self-adjusting file, Mtwo, ve ProTaper on the root canal wall." *Journal of endodontics* **39**(2): 262-264.

Hof, R., V. Perevalov, M. Eltanani, R. Zary ve Z. Metzger (2010). "The self-adjusting file (SAF). Part 2: mechanical analysis." *Journal of endodontics* **36**(4): 691-696.

Hood, J. (1991). "Biomechanics of the intact, prepared ve restored tooth: Some clinical implications." *International Dental Journal* **41**(1): 25-32.

Hou, X., Y. Yahata, Y. Hayashi, A. Ebihara, T. Hanawa ve H. Suda (2011). "Phase transformation behaviour ve bending property of twisted nickel–titanium endodontic instruments." *International endodontic journal* **44**(3): 253-258.

Hübscher, W., F. Barbakow ve O. A. Peters (2003). "Root-canal preparation with FlexMaster: canal shapes analysed by micro-computed tomography." *International Endodontic Journal* **36**(11): 740-747.

Hülsmann, M., O. A. Peters ve P. M. Dummer (2005). "Mechanical preparation of root canals: shaping goals, GKhniques ve means." *Endodontic topics* **10**(1): 30-76.

Ivanoff, C. S., M. A. Marchesan, B. Andonov, T. L. Hottel, Y. Dandarov, S. Mandova ve H. Iftikhar (2017). "Fracture resistance of mandibular premolars with contracted or traditional endodontic access cavities ve class II temporary composite restorations." *Endodontic Practice Today* **11**(1).

Jiang, Q., Y. Huang, X. Tu, Z. Li, Y. He ve X. Yang (2018). "Biomechanical Properties of First Maxillary Molars with Different Endodontic Cavities: A Finite Element Analysis." *Journal of endodontics* **44**(8): 1283-1288.

Kahler, B. (2011). "Microsurgical endodontic retreatment of a maxillary molar with a separated file: a case report." *Australian dental journal* **56**(1): 76-81.

Karabucak, B., A. J. Gatan, C. Hsiao ve M. K. Iqbal (2010). "A comparison of apical transportation ve length control between EndoSequence ve Guidance rotary instruments." *Journal of endodontics* **36**(1): 123-125.

Keles, A. ve C. Keskin (2018). "Quantitative Analysis of Root Canal System ve Apical Part with Vertucci Type II Configuration Following Preparation with Three Different

Preparation Systems: A Micro-computed Tomography Study." *Current Medical Imaging* **14**: 1.

Kim, H.-C., S. Y. Sung, J.-H. Ha, M. Solomonov, J.-M. Lee, C.-J. Lee ve B.-M. Kim (2013). "Stress generation during self-adjusting file movement: minimally invasive instrumentation." *Journal of endodontics* **39**(12): 1572-1575.

Kishen, A. (2010). "Advanced therapeutic options for endodontic biofilms." *Endodontic Topics* **22**(1): 99-123.

Kishen, A., G. V. Kumar ve N. N. Chen (2004). "Stress–strain response in human dentine: rethinking fracture predilection in postcore restored teeth." *Dental Traumatology* **20**(2): 90-100.

Krishan, R., F. Paqué, A. Ossareh, A. Kishen, T. Dao ve S. Friedman (2014). "Impacts of conservative endodontic cavity on root canal instrumentation efficacy ve resistance to fracture assessed in incisors, premolars, ve molars." *Journal of endodontics* **40**(8): 1160-1166.

Kuhn, J., S. Goldstein, L. Feldkamp, R. Goulet ve G. Jesion (1990). "Evaluation of a microcomputed tomography system to study trabecular bone structure." *Journal of Orthopaedic Research* **8**(6): 833-842.

Kumar, B. S., S. Pattanshetty, M. Prasad, S. Soni, K. S. Pattanshetty ve S. Prasad (2013). "An in-vitro Evaluation of canal transportation ve centering ability of two rotary Nickel Titanium systems (Twisted Files ve Hyflex files) with conventional stainless Steel hand K-flexofiles by using Spiral Computed Tomography." *Journal of international oral health: JIOH* **5**(5): 108.

Leski, M., M. Radwanski ve H. Pawlicka (2015). "Comparison of the shaping ability of Hyflex® CM™ files with Protaper Next® in simulated I-curved canals." *Dent Med Probl* **52**: 54-61.

Lim, S. ve C. Stock (1987). "The risk of perforation in the curved canal: anticurvature filing compared with the stepback GKhnique." *International Endodontic Journal* **20**(1): 33-39.

Lin, J., Y. Shen ve M. Haapasalo (2013). "A comparative study of biofilm removal with hand, rotary nickel-titanium, ve self-adjusting file instrumentation using a novel in vitro biofilm model." *Journal of endodontics* **39**(5): 658-663.

Lins, C. C. d. S. A., E. M. V. de Melo Silva, G. A. de Lima, S. E. A. C. de Menezes ve R. M. C. Travassos (2013). "Operating microscope in endodontics: A systematic review." *Open Journal of Stomatology* **3**(09): 1.

Liu, R., A. Kaiwar, H. Shemesh, P. R. Wesselink, B. Hou ve M.-K. Wu (2013). "Incidence of apical root cracks ve apical dentinal detachments after canal preparation with hand ve rotary files at different instrumentation lengths." *Journal of endodontics* **39**(1): 129-132.

Loresen, W. E. ve H. E. Cline (1987). Marching cubes: A high resolution 3D surface construction algorithm. *ACM siggraph computer graphics*, ACM.

Lyon, K. F. (2001). "Endodontic instruments for root canal therapy." *Clinical GKhniques in small animal practice* **16**(3): 139-150.

Mannan, G., E. Smallwood ve K. Gulabivala (2001). "Effect of access cavity location ve design on degree ve distribution of instrumented root canal surface in maxillary anterior teeth." *International endodontic journal* **34**(3): 176-183.

Marceliano-Alves M., Alves F. R. F., Mendes D. M., Provenzano J. C. (2016). " Micro-Computed Tomography Analysis of the Root Canal Morphology of Palatal Roots of Maxillary First Molars." *Journal of endodontics* :1-4.

Marceliano-Alves, M., M. Sousa-Neto, S. Fidel, L. Steier, J. Robinson, J. Pécora ve M. Versiani (2015). "Shaping ability of single-file reciprocating ve heat-treated multife rotary systems: a micro-CT study." *International endodontic journal* **48**(12): 1129-1136.

Marchesan, M. A., A. Lloyd, D. J. Clement, J. D. McFarland ve S. Friedman (2018). "Impacts of Contracted Endodontic Cavities on Primary Root Canal Curvature Parameters in Mandibular Molars." *Journal of endodontics* **44**(10): 1558-1562.

Marendering, M., M. Zehnder ve F. Paqué (2014). "on the functional taper of root canals in maxillary molars: r5." *International Endodontic Journal* **47**(1): 51-52.

Marzouk, A. M. ve A. G. Ghoneim (2013). "Computed tomographic evaluation of canal shape instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium systems." *Journal of endodontics* **39**(7): 906-909.

McCann, J. T., D. L. Keller ve G. L. LaBounty (1990). "Remaining dentin/cementum thickness after hand or ultrasonic instrumentation." *Journal of endodontics* **16**(3): 109-113.

McCormick, P., Y. Liu ve S. Miyazaki (1993). "Intrinsic thermal-mechanical behaviour associated with the stress-induced martensitic transformation in NiTi." *Materials Science ve Engineering: A* **167**(1-2): 51-56.

McSpadden, J. T. (2007). "Mastering endodontic instrumentation." Chattanooga, TN: Cloudland Institute: 51-52.

Metzger, Z. (2011). "From files to SAF: 3D endodontic treatment is possible at last." *Alpha Omegan* **104**(1-2): 36-44.

Metzger, Z. (2014). "The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update." *Journal of conservative dentistry: JCD* **17**(5): 401.

Metzger, Z., M. Solomonov ve A. Kfir (2013). "The role of mechanical instrumentation in the cleaning of root canals." *Endodontic Topics* **29**(1): 87-109.

Metzger, Z., E. Teperovich, R. Zary, R. Cohen ve R. Hof (2010). "The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy—a new concept of endodontic files ve its implementation." *Journal of Endodontics* **36**(4): 679-690.

Metzger, Z., R. Zary, R. Cohen, E. Teperovich ve F. Paqué (2010). "The quality of root canal preparation ve root canal obturation in canals treated with rotary versus self-adjusting files: a three-dimensional micro-computed tomographic study." *Journal of Endodontics* **36**(9): 1569-1573.

Mitra, G., V. Sharma, J. Sachdeva, M. Singla, K. Taneja ve A. Bhatnagar (2017). "To evaluate ve compare canal transportation, canal-centering ability, ve vertical root fracture resistance of teeth prepared with three different rotary file systems: An in vitro study." *Endontology* **29**(1): 53.

Monea, M., T. Hantoiu, A. Stoica, D. Sita ve A. Sitaru (2015). "The impact of operating microscope on the outcome of endodontic treatment performed by postgraduate students." *European Scientific Journal, ESJ* **11**(27).

Moore, B., K. Verdelis, A. Kishen, T. Dao ve S. Friedman (2016). "Impacts of contracted endodontic cavities on instrumentation efficacy ve biomechanical responses in maxillary molars." *Journal of endodontics* **42**(12): 1779-1783.

Moore, J., P. Fitz-Walter ve P. Parashos (2009). "A micro-computed tomographic evaluation of apical root canal preparation using three instrumentation GKhniques." *International Endodontic Journal* **42**(12): 1057-1064.

Nagasiri, R. ve S. Chitmongkolsuk (2005). "Long-term survival of endodontically treated molars without crown coverage: a retrospective cohort study." *The Journal of prosthetic dentistry* **93**(2): 164-170.

Neelakantan, P., K. Khan, G. P. H. Ng, C. Y. Yip, C. Zhang ve G. S. P. Cheung (2018). "Does the Orifice-directed Dentin Conservation Access Design Debride Pulp Chamber ve Mesial Root Canal Systems of Mandibular Molars Similar to a Traditional Access Design?" *Journal of endodontics* **44**(2): 274-279.

Niemi, T. K., M. A. Marchesan, A. Lloyd ve R. J. Seltzer (2016). "Effect of instrument design ve access outlines on the removal of root canal obturation materials in oval-shaped canals." *Journal of endodontics* **42**(10): 1550-1554.

Ninan, E. ve D. W. Berzins (2013). "Torsion ve bending properties of shape memory ve superelastic nickel-titanium rotary instruments." *Journal of endodontics* **39**(1): 101-104.

Onnink, P. A., R. D. Davis ve B. E. Wayman (1994). "An in vitro comparison of incomplete root fractures associated with three obturation GKhniques." *Journal of Endodontics* **20**(1): 32-37.

Otsuka, K. ve C. Wayman (1998). "Shape Memory Materials, Cambridge Uni." Press, New York.

ÖZER, S. Y., K. Sadullah, Ö. ADIGÜZEL, A. G. İ. UYSAL ve A. G. M. KOPARAL "Self-adjusting file sisteminin C-şekilli kanallar üzerindeki genişletme etkinliğinin değerlendirilmesi." *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* **2012**(1): 20-25.

Özyürek, T., Ö. Ülker, E. Ö. Demiryürek ve F. Yılmaz (2018). "The effects of endodontic access cavity preparation design on the fracture strength of Endodontically treated teeth: traditional versus conservative preparation." *Journal of endodontics* **44**(5): 800-805.

Paqué, F., A. Al-Jadaa ve A. Kfir (2012). "Hard-tissue debris accumulation created by conventional rotary versus self-adjusting file instrumentation in mesial root canal systems of mandibular molars." *International endodontic journal* **45**(5): 413-418.

Paqué, F., M. Balmer, T. Attin ve O. A. Peters (2010). "Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study." *Journal of Endodontics* **36**(4): 703-707.

Paqué, F., D. Ganahl ve O. A. Peters (2009). "Effects of root canal preparation on apical geometry assessed by micro-computed tomography." *Journal of Endodontics* **35**(7): 1056-1059.

- Paqué, F. ve O. A. Peters (2011). "Micro-computed tomography evaluation of the preparation of long oval root canals in mandibular molars with the self-adjusting file." *Journal of endodontics* **37**(4): 517-521.
- Paranjpe, A., C. de Gregorio, A. M. Gonzalez, A. Gomez, D. S. Herzog, A. A. Piña ve N. Cohenca (2012). "Efficacy of the self-adjusting file system on cleaning ve shaping oval canals: a microbiological ve microscopic evaluation." *Journal of Endodontics* **38**(2): 226-231.
- Patel, S. ve J. Rhodes (2007). "A practical guide to endodontic access cavity preparation in molar teeth." *British dental journal* **203**(3): 133.
- Pawar, A. M., D. Barfiwala, M. Pawar, Z. Metzger, A. Kfir ve N. Jain (2016). "Assessment of the fracture resistance of teeth instrumented using 2 rotary ve 2 reciprocating files versus the Self-Adjusting File (SAF): An ex vivo comparative study on mandibular premolars." *Journal of conservative dentistry: JCD* **19**(2): 138.
- Pawar, A. M., S. M. Pawar, M. G. Pawar ve S. R. Kokate (2014). "Fracture resistance of teeth instrumented by the Self-Adjusting File, ProTaper NEXT ve WaveOne." *Journal of Pierre Fauchard Academy (India Section)* **28**(3): 83-87.
- Pérez, A., F. Alves, M. Marceliano-Alves, J. Provenzano, L. Gonçalves, A. Neves ve J. Siqueira Jr (2018). "Effects of increased apical enlargement on the amount of unprepared areas ve coronal dentine removal: a micro-computed tomography study." *International endodontic journal* **51**(6): 684-690.
- Peters, O. A. (2004). "Current challenges ve concepts in the preparation of root canal systems: a review." *Journal of endodontics* **30**(8): 559-567.
- Peters, O. A., C. Boessler ve F. Paqué (2010). "Root canal preparation with a novel nickel-titanium instrument evaluated with micro-computed tomography: canal surface preparation over time." *Journal of endodontics* **36**(6): 1068-1072.
- Peters, O. A. ve R. S. Koka (2009). Preparation of coronal ve radicular spaces. *Ingle's Endodontics*. L. B. J. J. Ingle, ve C. Baumgartner. Hamilton, Ontario, BC Decker: 877-991.
- Peters OA, Laib A, Rueggsegger P, Barbakow F (2000). "Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography." *J Dent Res*;79:1405–9.

Peters, O. A., A. Laib, T. N. Göhring ve F. Barbakow (2001). "Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography." *Journal of Endodontics* **27**(1): 1-6.

Peters, O. A. ve F. Paqué (2011). "Root canal preparation of maxillary molars with the self-adjusting file: a micro-computed tomography study." *Journal of Endodontics* **37**(1): 53-57.

Peters, O. A., C. I. Peters, K. Schonenberger ve F. Barbakow (2003). "ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT."

Pinheiro, S., M. Alcalde, N. Vivacqua-Gomes, C. M. Bramante, R. R. Vivan, M. A. Duarte ve B. Vasconcelos (2018). "Evaluation of apical transportation ve centring ability of five thermally treated NiTi rotary systems." *International endodontic journal* **51**(6): 705-713.

Plotino, G., N. M. Grande, A. Isufi, P. Ioppolo, E. Pedullà, R. Bedini, G. Gambarini ve L. Testarelli (2017). "Fracture strength of endodontically treated teeth with different access cavity designs." *Journal of endodontics* **43**(6): 995-1000.

Plotino, G., T. Özyürek, N. Grande ve M. Gündoğar (2019). "Influence of size ve taper of basic root canal preparation on root canal cleanliness: a scanning electron microscopy study." *International endodontic journal* **52**(3): 343-351.

Powers, J., M. Messersmith, W. Brantley ve T. Eliades (2001). "Orthodontic materials: scientific ve clinical aspects."

Rajput, F., R. A. Memon, F. A. Kalhor ve N. Kumar (2013). "Validity of Dental Operating Microscope on Identification of MB2 Canal in Maxillary Molars." *JPDA* **22**(01): 23.

Rampado, M. E., L. Tjäderhane, S. Friedman ve S. J. Hamstra (2004). "The benefit of the operating microscope for access cavity preparation by undergraduate students." *Journal of endodontics* **30**(12): 863-867.

Rezaei Dastjerdi, M., K. Amirian Chaijan ve S. Tavanafar (2015). "Fracture resistance of upper central incisors restored with different posts ve cores." *Restorative dentistry & endodontics* **40**(3): 229-235.

Rhodes, J., T. P. Ford, J. Lynch, P. Liepins ve R. Curtis (1999). "Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology." *International Endodontic Journal* **32**(3): 165-170.

- Rodrigues, C. T., M. A. H. Duarte, M. M. de Almeida, F. B. de Andrade ve N. Bernardineli (2016). "Efficacy of CM-Wire, M-Wire, ve Nickel-Titanium Instruments for Removing Filling Material from Curved Root Canals: A Micro-Computed Tomography Study." *Journal of endodontics* **42**(11): 1651-1655.
- Rover, G., F. G. Belladonna, E. A. Bortoluzzi, G. De-Deus, E. J. N. L. Silva ve C. S. Teixeira (2017). "Influence of access cavity design on root canal deGKtion, instrumentation efficacy, ve fracture resistance assessed in maxillary molars." *Journal of endodontics* **43**(10): 1657-1662.
- Ruckman, J. E., B. Whitten, C. M. Sedgley ve T. Svec (2013). "comparison of the Self-adjusting File with Rotary ve Hand Instrumentation in Long-oval-shaped Root Canals." *Journal of endodontics* **39**(1): 92-95.
- Saberi, N., S. Patel ve F. Mannocci (2017). "Comparison of centring ability ve transportation between four nickel titanium instrumentation GKhniques by micro-computed tomography." *International endodontic journal* **50**(6): 595-603.
- Sabeti, M., M. Kazem, O. Dianat, N. Bahrololumi, A. Beglou, K. Rahimipour ve F. Dehnavi (2018). "Impact of Access Cavity Design ve Root Canal Taper on Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth: An Ex Vivo Investigation." *Journal of endodontics* **44**(9): 1402-1406.
- Sathorn, C., J. E. Palamara, D. Palamara ve H. H. Messer (2005). "Effect of root canal size ve external root surface morphology on fracture susceptibility ve pattern: a finite element analysis." *Journal of Endodontics* **31**(4): 288-292.
- Saygili, G., B. Uysal, B. Omar, E. T. Ertas ve H. Ertas (2018). "Evaluation of relationship between endodontic access cavity types ve secondary mesiobuccal canal deGKtion." *BMC oral health* **18**(1): 121.
- Schäfer, E., A. Dzepina ve G. Danesh (2003). "Bending properties of rotary nickel-titanium instruments." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, ve Endodontology* **96**(6): 757-763.
- Schäfer, E., J. Tepel ve W. Hoppe (1995). "Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion Part 2. instrumentation of curved canals." *Journal of endodontics* **21**(10): 493-497.
- Seago, S. T., B. E. Bergeron, T. C. Kirkpatrick, M. D. Roberts, H. W. Roberts, V. T. Himel ve K. A. Sabey (2015). "Effect of repeated simulated clinical use ve sterilization

on the cutting efficiency ve flexibility of Hyflex CM nickel-titanium rotary files." *Journal of endodontics* **41**(5): 725-728.

Serefoglu, B. ve B. Piskin (2017). "Micro computed tomography evaluation of the Self-adjusting file ve ProTaper Universal system on curved mandibular molars." *Dental materials journal*: 2016-2255.

Setzer, F. C. (2016). "The dental operating microscope in endodontics." *AAE Colleagues for Excellence* **2**: 1–8.

Shah, D. Y., S. I. Wadekar, A. M. Dadpe, G. R. Jadhav, L. J. Choudhary ve D. D. Kalra (2017). "Canal transportation ve centering ability of protaper ve self-adjusting file system in long oval canals: An ex-vivo cone-beam computed tomography analysis." *Journal of conservative dentistry: JCD* **20**(2): 105.

Shahrbaf, S., B. Mirzakouchaki, S. Oskoui ve M. Kahnamoui (2007). "The effect of marginal ridge thickness on the fracture resistance of endodontically-treated, composite restored maxillary premolars." *Operative dentistry* **32**(3): 285-290.

Shemesh, H., C. Bier, M. K. Wu, M. Tanomaru-Filho ve P. Wesselink (2009). "The effects of canal preparation ve filling on the incidence of dentinal defects." *International endodontic journal* **42**(3): 208-213.

Shen, Y. ve G. S. Cheung (2013). "Methods ve models to study nickel–titanium instruments." *Endodontic topics* **29**(1): 18-41.

Shen, Y., W. Qian, H. Abtin, Y. Gao ve M. Haapasalo (2011). "Fatigue testing of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments." *Journal of endodontics* **37**(7): 997-1001.

Shen, Y., H.-m. Zhou, Y.-f. Zheng, L. Campbell, B. Peng ve M. Haapasalo (2011). "Metallurgical characterization of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments." *Journal of endodontics* **37**(11): 1566-1571.

Shi, L. ve S. Wagle (2017). "Comparing the Centering Ability of Different Pathfinding Systems ve Their Effect on Final Instrumentation by Hyflex CM." *Journal of endodontics* **43**(11): 1868-1871.

Silva, E., P. Pacheco, F. Pires, F. Belladonna ve G. De-Deus (2017). "Microcomputed tomographic evaluation of canal transportation ve centring ability of ProTaper Next ve Twisted File Adaptive systems." *International endodontic journal* **50**(7): 694-699.

Silva, E. J. N. L., C. R. Carvalho, F. G. Belladonna, M. C. Prado, R. T. Lopes, G. De-Deus ve E. J. L. Moreira (2019). "Micro-CT evaluation of different final irrigation protocols on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root of mandibular molars." *Clinical oral investigations* **23**(2): 681-687.

Sim, T., J. Knowles, Y. L. Ng, J. Shelton ve K. Gulabivala (2001). "Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine ve tooth surface strain." *International Endodontic Journal* **34**(2): 120-132.

Simpsy, G. S., G. S. Sajjan, P. Mudunuri, J. Chittem, N. N. Prasanthi ve P. Balaga (2016). "Shaping ability of reciprocating motion of WaveOne ve HyFlex in moderate to severe curved canals: A comparative study with cone beam computed tomography." *Journal of conservative dentistry: JCD* **19**(6): 578.

Siqueira Jr, J. F., F. R. Alves, B. M. Almeida, J. C. M. de Oliveira ve I. N. Rôças (2010). "Ability of chemomechanical preparation with either rotary instruments or self-adjusting file to disinfect oval-shaped root canals." *Journal of endodontics* **36**(11): 1860-1865.

Solomonov, M. (2011). "Eight months of clinical experience with the Self-Adjusting File system." *Journal of endodontics* **37**(6): 881-887.

Solomonov, M., F. Paqué, B. Fan, Y. Eilat ve L. H. Berman (2012). "The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the self-adjusting file ve ProTaper." *Journal of endodontics* **38**(2): 209-214.

Sorensen, J. A. ve M. J. Engelman (1990). "Ferrule design ve fracture resistance of endodontically treated teeth." *The Journal of prosthetic dentistry* **63**(5): 529-536.

Stashenko, P. (1998). "Etiology ve pathogenesis of pulpitis ve apical periodontitis." *Essential endodontology*. Oxford: Blackwell Science: 42-67.

Stringheta, C., C. Bueno, A. Kato, L. Freire, E. Iglecias, M. Santos ve R. Pelegrine (2019). "Micro-computed tomographic evaluation of the shaping ability of four instrumentation systems in curved root canals." *International endodontic journal*.

Stropko, J. J. (1999). "Canal morphology of maxillary molars: clinical observations of canal configurations." *Journal of endodontics* **25**(6): 446-450.

Suter, B. (1998). "A new method for retrieving silver points ve separated instruments from root canals." *Journal of endodontics* **24**(6): 446-448.

Suter, B., A. Lussi ve P. Sequeira (2005). "Probability of removing fractured instruments from root canals." *International Endodontic Journal* **38**(2): 112-123.

- Swain, M. V. ve J. Xue (2009). "State of the art of micro-CT applications in dental research." *International journal of oral science* **1**(4): 177.
- Tachibana, H. ve K. Matsumoto (1990). "Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics." *Dental Traumatology* **6**(1): 16-20.
- Tamse, A., Z. Fuss, J. Lustig ve J. Kaplavi (1999). "An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth." *Journal of endodontics* **25**(7): 506-508.
- Tang, W., Y. Wu ve R. J. Smales (2010). "Identifying ve reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth." *Journal of endodontics* **36**(4): 609-617.
- Testarelli, L., G. Plotino, D. Al-Sudani, V. Vincenzi, A. Giansiracusa, N. M. Grande ve G. Gambarini (2011). "Bending properties of a new nickel-titanium alloy with a lower percent by weight of nickel." *Journal of endodontics* **37**(9): 1293-1295.
- Testori, T., M. Badino ve M. Castagnola (1993). "Vertical root fractures in endodontically treated teeth: a clinical survey of 36 cases." *Journal of Endodontics* **19**(2): 87-90.
- Thompson, S. (2000). "An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry." *International endodontic journal* **33**(4): 297-310.
- Topcu, K. M., E. Karatas, D. Ozsu ve I. Ersoy (2014). "Efficiency of the Self Adjusting File, WaveOne, Reciproc, ProTaper ve hand files in root canal debridement." *European journal of dentistry* **8**(3): 326.
- Topçuoğlu, H. S., G. Topçuoğlu, A. Akti ve S. Düzgün (2016). "In vitro comparison of cyclic fatigue resistance of ProTaper Next, HyFlex CM, OneShape, ve ProTaper Universal instruments in a canal with a double curvature." *Journal of endodontics* **42**(6): 969-971.
- Touré, B., B. Faye, A. W. Kane, C. M. Lo, B. Niang ve Y. Boucher (2011). "Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: a prospective study." *Journal of endodontics* **37**(11): 1512-1515.
- Uyanik, M. O., Z. C. Cehreli, B. O. Mocan ve F. T. Dagli (2006). "Comparative evaluation of three nickel-titanium instrumentation systems in human teeth using computed tomography." *Journal of endodontics* **32**(7): 668-671.
- Uzun, Ö. ve F. Yalpi "Endodontide büyütme ve aydınlatma." *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* **29**(1): 51-61.
- van der Vyver, P. J., F. Paleker, M. Vorster ve A. Francois (2019). "Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, ve Gold Wire: A Micro–computed Tomographic

Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, ve WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars." *Journal of endodontics* **45**(1): 62-67.

Veltri, M., A. Mollo, P. P. Pini, L. F. Ghelli ve P. Balleri (2004). "In vitro comparison of shaping abilities of ProTaper ve GT rotary files." *Journal of Endodontics* **30**(3): 163-166.

Venino, P. M., C. L. Citterio, A. Pellegatta, M. Ciccarelli ve M. Maddalone (2017). "A Micro-computed Tomography Evaluation of the Shaping Ability of Two Nickel-titanium Instruments, HyFlex EDM ve ProTaper Next." *Journal of endodontics* **43**(4): 628-632.

Verma, P. ve R. Love (2011). "A Micro CT study of the mesiobuccal root canal morphology of the maxillary first molar tooth." *International endodontic journal* **44**(3): 210-217.

Versiani, M. A., R. Ordinola-Zapata, A. Keleş, H. Alcin, C. M. Bramante, J. D. Pécora ve M. D. Sousa-Neto (2016). "Middle mesial canals in mandibular first molars: a micro-CT study in different populations." *Archives of oral biology* **61**: 130-137.

Versiani, M. A., E. Á. Pascon, C. J. A. de Sousa, M. A. G. Borges ve M. D. Sousa-Neto (2008). "Influence of shaft design on the shaping ability of 3 nickel-titanium rotary systems by means of spiral computerized tomography." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, ve Endodontology* **105**(6): 807-813.

Versiani, M. A., J. D. Pécora ve M. D. de Sousa-Neto (2011). "Flat-oval root canal preparation with self-adjusting file instrument: a micro-computed tomography study." *Journal of endodontics* **37**(7): 1002-1007.

Vertucci, F. ve J. Haddix (2011). "Chapter 7. Tooth morphology ve access cavity preparation." Hargreaves KM, Cohen S. *Cohen's pathways of the pulp*. 10th ed. St. Louis: Mosby: 136-222.

Vertucci, F. ve J. Haddix (2011). *Tooth morphology ve access cavity preparation* In Cohen S, Hargreaves KM: *Pathways of the pulp*, St Louis: The CV Mosby Co.

Vertucci, F. J. (1984). "Root canal anatomy of the human permanent teeth." *Oral surgery, oral medicine, oral pathology* **58**(5): 589-599.

Walia, H., W. A. Brantley ve H. Gerstein (1988). "An initial investigation of the bending ve torsional properties of Nitinol root canal files." *Journal of endodontics* **14**(7): 346-351.

Ward, J. R. (2003). "The use of an ultrasonic GKhnikue to remove a fractured rotary nickel-titanium instrument from the apical third of a curved root canal." *Australian Endodontic Journal* **29**(1): 25-30.

- Wilcox, L., R. Walton ve W. Case (1989). "Molar access: shape ve outline according to orifice locations." *Journal of endodontics* **15**(7): 315-318.
- Wilcox, L. R., C. Roskelley ve T. Sutton (1997). "The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture." *Journal of Endodontics* **23**(8): 533-534.
- Wu, M.-K., B. Fan ve P. R. Wesselink (2000). "Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings." *Journal of Endodontics* **26**(4): 210-216.
- Wu, M.-K., A. R'oris, D. Barkis ve P. R. Wesselink (2000). "Prevalence ve extent of long oval canals in the apical third." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, ve Endodontology* **89**(6): 739-743.
- Wu, M., L. Sluis ve P. Wesselink (2003). "The capability of two hand instrumentation GKhniques to remove the inner layer of dentine in oval canals." *International endodontic journal* **36**(3): 218-224.
- Wu, M. K. ve P. Wesselink (2001). "A primary observation on the preparation ve obturation of oval canals." *International Endodontic Journal* **34**(2): 137-141.
- Xu, Q., H. Liu, J. Ling ve D. Luo (2008). "Clinical management of mandibular incisors with multiple root canals using dental operating microscope." *Hua xi kou qiang yi xue za zhi= Huaxi kouqiang yixue zazhi= West China journal of stomatology* **26**(5): 522-525.
- Yang, Y., Y. Shen, J. Ma, Y. Cao ve M. Haapasalo (2016). "a Micro-computed Tomographic Assessment of the Influence of Operator's Experience on the Quality of Waveone Instrumentation." *Journal of endodontics* **42**(8): 1258-1262.
- Yeri, E. A. (2015). "Mikro Bilgisayarlı Tomografi ve Endodontik Araştırmalardaki Yeri." *Turkiye Klinikleri J Endod-Special Topics* **1**(3): 32-39.
- Yoldas, O., S. Yilmaz, G. Atakan, C. Kuden ve Z. Kasan (2012). "Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments ve the self-adjusting file." *Journal of endodontics* **38**(2): 232-235.
- Yoneyama, T. ve C. Kobayashi (2009). *Endodontic instruments for root canal treatment using Ti-Ni shape memory alloys. Shape memory alloys for biomedical applications, Elsevier*: 297-305.
- Yuan, K., C. Niu, Q. Xie, W. Jiang, L. Gao, Z. Huang ve R. Ma (2016). "Comparative evaluation of the impact of minimally invasive preparation vs. conventional straight-line

preparation on tooth biomechanics: a finite element analysis." *European journal of oral sciences* **124**(6): 591-596.

Zadik, Y., V. Sandler, R. Bechor ve R. Salehrabi (2008). "Analysis of factors related to extraction of endodontically treated teeth." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, ve Endodontology* **106**(5): e31-e35.

Zandbiglari, T., H. Davids ve E. Schäfer (2006). "Influence of instrument taper on the resistance to fracture of endodontically treated roots." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, ve Endodontology* **101**(1): 126-131.

Zhang, Y., Y. Liu, Y. She, Y. Liang, F. Xu ve C. Fang (2019). "The Effect of Endodontic Access Cavities on Fracture Resistance of First Maxillary Molar Using the Extended Finite Element Method." *Journal of endodontics* **45**(3): 316-321.

Zhao, D., Y. Shen, B. Peng ve M. Haapasalo (2013). "Micro-computed tomography evaluation of the preparation of mesiobuccal root canals in maxillary first molars with Hyflex CM, Twisted Files, ve K3 instruments." *Journal of endodontics* **39**(3): 385-388.

Zhou, H.-m., Y. Shen, W. Zheng, L. Li, Y.-f. Zheng ve M. Haapasalo (2012). "Mechanical properties of controlled memory ve superelastic nickel-titanium wires used in the manufacture of rotary endodontic instruments." *Journal of endodontics* **38**(11): 1535-1540.

Zinelis, S., T. Eliades ve G. Eliades (2010). "A metallurgical characterization of ten endodontic Ni-Ti instruments: assessing the clinical relevance of shape memory ve superelastic properties of Ni-Ti endodontic instruments." *International endodontic journal* **43**(2): 125-134.

Zogheib, C., G. Sfeir, G. Plotino, G. De Deus, M. Daou ve I. Khalil (2018). "Impact of minimal root canal taper on the fracture resistance of endodontically treated bicuspid." *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry* **8**(2): 179.

Zuolo, M. L., G. De-Deus, F. G. Belladonna, E. J. N. L. da Silva, R. T. Lopes, E. M. Souza, M. A. Versiani ve A. A. Zaia (2017). "Micro-computed Tomography Assessment of Dentinal Micro-cracks after Root Canal Preparation with TRUShape ve Self-adjusting File Systems." *Journal of endodontics* **43**(4): 619-622.

EKLER

EK 1. Etik Kurul Kararı



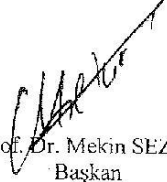
T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı

Sayı : 72867572.050.01.04- 12755
Konu : Etik Kurul Kararı

22-01-2019

Sayın Prof. Dr. A. Diljin KEÇECİ
Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı

Sorumlu araştırmacı olduğunuz "Minimal İnvaziv ve Konvansiyonel Endodontik Preparasyonun Enstrümanle Edilmiş Yüzey Oranı ve Kök Kanal Geometrisine Etkisi Açısından Karşılaştırılması: Mikro-CT Çalışması" isimli çalışmanızın kurulumuz tarafından uygun görüldüğüne ilişkin 16/01/2019 tarih ve 8 sayılı Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Kararı yazımız ekinde gönderilmiştir.
Bilgilerinizi rica ederim.


Prof. Dr. Mekin SEZİK
Başkan

Eki : Etik Kurulu Kararı (2 Sayfa)

S.D.Ü. Tıp Fakültesi Dekanlığı Doğu Kampüsü 32260 - İSPARTA
Tel : 0 (246) 2113704 Faks : 0 (246) 2371165
e-posta : tipetik@sdu.edu.tr İnternet Adresi : www.tip.sdu.edu.tr

Bilgi için : İ.Frem YETİŞEN
Bilgisayar İşletmeni
Tel : 0 (246) 2113704

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

Araştırmanın Açık Adı	Minimal İnvaziv ve Konvansiyonel Endodontik Preparasyonun Enstrümente Edilmiş Yüzey Oranı ve Kök Kanal Geometrisine Etkisi Açısından Karşılaştırılması: Mikro-CT Çalışması. (16.01.2019 tarih ve 8 sayılı karar)
Araştırmanın Protokol Kodu	

ETİK KURULU BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı - (2012-KAEK-38)			
	AÇIK ADRESİ	S.D.Ü. Doğu Kampüsü Tıp Fakültesi Dekanlığı Binası – ISPARTA			
	TELEFON	246.2113704			
	FAKS	246.2371165			
	E-POSTA	tipetik@sdu.edu.tr			
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Endodonti			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı			
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI				
	DESTEKLEYİCİ	Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi			
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)	Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ			
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1 : <input type="checkbox"/>	FAZ 2 : <input type="checkbox"/>	FAZ 3 : <input type="checkbox"/>	FAZ 4 : <input type="checkbox"/>
		Gözetimsel ilaç çalışması	<input type="checkbox"/>		
		Tıbbi cihaz klinik araştırması	<input type="checkbox"/>		
In vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları		<input type="checkbox"/>			
İlaç dışı klinik araştırma		<input type="checkbox"/>			
	Diğer ise belirtiniz : Deneysel				
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	
DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili	
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	08.10.2018	01.001	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı		Açıklama		
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>			
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input checked="" type="checkbox"/>	S.D.Ü/B.A.P Birimine Müracaat Edilecek		
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>			
	İLAN	<input type="checkbox"/>			
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>			
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>			
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>			
DİĞER	<input checked="" type="checkbox"/>	Anabilim Dalı Akademik Kurul Kararı			


Prof. Dr. Mekin SEZİK
Etik Kurul Başkanı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

Araştırmanın Açık Adı		Minimal İnvaziv ve Konvansiyonel Endodontik Preparasyonun Enstrümanite Edilmiş Yüzey Oranı ve Kök Kanal Geometrisine Etkisi Açısından Karşılaştırılması: Mikro-CT Çalışması						
Araştırmanın Protokol Kodu		Karar No: 8						
KARAR BİLGİLERİ		Tarih: 16.01.2019						
Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.								
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU								
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI		İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu						
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:		Prof. Dr. Mekin SEZİK						
Unvanı/Adı/Soyadı:	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişkisi		Katılım *	İmza
Prof. Dr. Mekin SEZİK	Kadın Hast. ve Doğum	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Mustafa TÜZ	Kulak Burun, Boğaz Hast.	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Buket ARIDOĞAN	Tıbbi Mikrobiyoloji	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	GÖREVLİ
Prof. Dr. Ahmet Nesimi KİŞİOĞLU	Halk Sağlığı	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Mehmet Fahrettin ÖNDER	Hukuk	SDÜ Hukuk Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Derya YILDIRIM	Ağız Diş ve Çene Radyolojisi	SDÜ Diş Hek. Fak.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Halil AŞCI	Farmakoloji	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğretim Üyesi Derya CEYHAN	Pedodonti	SDÜ Diş Hek. Fak.	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğretim Üyesi Abdullah Meriç ÜNAL	Ortopedi ve Travmatoloji	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	GÖREVLİ
Dr. Öğretim Üyesi Mehtap SAVRAN	Farmakoloji	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Dr. Öğretim Üyesi Giray KOLCU	Aile Hekimliği	SDÜ Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Uzman Dr. Ümmü Gül YILDIZ	Kadın Hast. Ve Doğum	Özel Isparta Hastanesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	GÖREVLİ
Uzman Dr. Tuğba GÜRSOY KOCA	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	Isparta Şehir Hastanesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	GÖREVLİ
Öğr. Gör. Dr. Mehmet Erhan ŞAHİN	Biyomedikal ve Cihaz Teknoloji	ISUBÜ Teknik Bil. M.Y.O.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Osman PARÇAOĞLU	Sivil Üye	Esnaf	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	

* : Toplantıda Bulunma

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

AD / SOYAD : Burçak GÜRSOY EMEK

ADRES : Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, ISPARTA

E-POSTA : brckgrsy987@gmail.com

UYRUK : T.C.

DOĞUM TARİHİ VE YERİ: 26.03.1991 / YALOVA

CİNSİYET : Kadın

Eğitim ve Öğretim

LİSE : Adem Tolunay Anadolu Lisesi/ ANTALYA (2004-2008)

ÜNİVERSİTE : Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi/ İZMİR (2009-2014)

UZMANLIK : Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, ISPARTA (2015-2019)

YABANCI DİL : İngilizce