

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

FARKLI UZUNLUKLARDA POST BOŞLUĞU
HAZIRLANMASINDAN SONRA KÖK DENTİNİNDEKİ
ÇATLAKLARIN VE DİŞLERİN KIRILMA DİRENCİNİN
BELİRLENMESİ: BİR MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
ÇALIŞMASI

Hazırlayan

Dt. İbrahim ŞENER

Danışman

Doç. Dr. Hüseyin Sinan TOPÇUOĞLU

Uzmanlık Tezi

HAZİRAN 2019

KAYSERİ

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

FARKLI UZUNLUKLARDA POST BOŞLUĞU
HAZIRLANMASINDAN SONRA KÖK DENTİNİNDEKİ
ÇATLAKLARIN VE DİŞLERİN KIRILMA DİRENCİNİN
BELİRLENMESİ: BİR MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
ÇALIŞMASI

Hazırlayan

Dt. İbrahim ŞENER

Danışman

Doç. Dr. Hüseyin Sinan TOPÇUOĞLU

Uzmanlık Tezi

HAZİRAN 2019

KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

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

Adı-Soyadı: İbrahim ŞENER

İmza:

YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI

“Farklı Uzunluklarda Post Boşluğu Hazırlanmasından Sonra Kök Dentinindeki Çatlakların ve Dişlerin Kırılma Direncinin Belirlenmesi: Bir Mikro Bilgisayarlı Tomografi Çalışması”adlı Uzmanlık Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Dt. İbrahim ŞENER



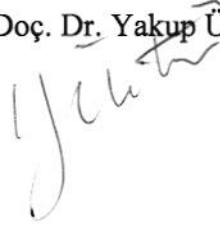
Danışman

Doç. Dr. Hüseyin Sinan TOPÇUOĞLU



Endodonti Anabilim Dalı Başkanı

Doç. Dr. Yakup ÜSTÜN



Tez Danışmanı

Dt. İbrahim ŞENER

Danışman

Doç. Dr. Hüseyin Sinan TOPÇUOĞLU

Doç. Dr. Hüseyin Sinan TOPÇUOĞLU danışmanlığında **İbrahim ŞENER** tarafından hazırlanan “**Farklı Uzunluklarda Post Boşluğu Hazırlanmasından Sonra Kök Dentinindeki Çatlakların ve Dişlerin Kırılma Direncinin Belirlenmesi: Bir Mikro Bilgisayarlı Tomografi Çalışması**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi **Endodonti** Anabilim Dalı'nda **Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

26./06/2019

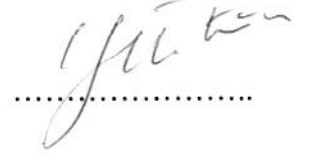
JÜRİ

İmza

Danışman : Doç. Dr. Hüseyin Sinan TOPÇUOĞLU
(Erciyes Üniversitesi Diş Hek. Fak. Endodonti A.D.)



Üye :Doç. Dr. Yakup ÜSTÜN
(Erciyes Üniversitesi Diş Hek. Fak. Endodonti A.D.)



Üye : Doç. Dr. Ertuğrul KARATAŞ
(Atatürk Üniversitesi Diş Hek. Fak. Endodonti A.D.)



ONAY

Bu tezin kabulü Fakülte Anabilim Dalının 27.06.2019 tarih ve 2019/21 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Endodonti Anabilim Dalı Başkanı

Doç. Dr. Yakup ÜSTÜN



TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca her konuda yardımına koşan, mesleki gelişimimde büyük pay sahibi olan tez danışmanım Doç. Dr. Hüseyin Sinan TOPÇUOĞLU'na;

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren anabilim dalımız öğretim üyeleri Prof. Dr. Burak SAĞSEN, Doç. Dr. Yakup ÜSTÜN ve Doç. Dr. Tuğrul ASLAN'a;

Yoğun temposu arasında vakit ayırıp tez sunumuma gelen Doç. Dr. Ertuğrul KARATAŞ'a;

Bizi her zaman güler yüzüyle karşılayan ve zor zamanlarımda desteğini hiç esirgemeyen öğretim üyesi Doç. Dr. Sezer DEMİRBUĞA'ya;

Tez sürecimde başıma gelen aksilikleri bıkmadan, usanmadan dinleyen, uzakta olsalar da beni arayıp manevi desteklerini asla esirgemeyen, her zaman yanımda olduklarını hissettiren sevgili dostlarım Uzm. Dt. Rezan SUNGUR GÜZEL'e, Uzm. Fzt. Rabia Tuğçe ERGİN'e ve Ecz. İlyas YARBA'ya;

Bu süreçte beraber çalıştığım, aynı kliniği paylaştığımız Endodonti ve Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'ndaki tüm asistan arkadaşlarıma ve klinik personeline,

Hayatımın her evresinde yanımda olan ve bugünlere gelmemi sağlayan anneme ve babama,

Varlığıyla bana güç ve umut veren sevgili kardeşime;

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

İbrahim ŞENER

Kayseri, Haziran 2019

**FARKLI UZUNLUKLARDA POST BOŞLUĞU HAZIRLANMASINDAN
SONRA KÖK DENTİNİNDEKİ ÇATLAKLARIN VE DİŞLERİN KIRILMA
DİRENCİNİN BELİRLENMESİ: BİR MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFI
ÇALIŞMASI**

Dt. İbrahim ŞENER

Erciyes Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti Anabilim Dalı

Uzmanlık Tezi, Haziran 2019

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin Sinan TOPÇUOĞLU

ÖZET

Literatürde, son yıllarda üretilmiş Ni-Ti döner eğelerinin kök kanal duvarında çatlak oluşturma etkisini inceleyen birçok çalışma mevcuttur. Fakat bilindiği kadarıyla, post yuvası hazırlanması sırasında kullanılan drillerin kök kanal duvarında çatlak oluşturma etkisini inceleyen bir çalışma mevcut değildir. Bu çalışmanın amacı, farklı uzunluklarda post boşluğu hazırlanmasının kök dentininde çatlak oluşturma sıklığının mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) kullanılarak tespit edilmesi ve dişlerin vertikal kırılma testinden elde edilecek verilerin ileriye dönük olarak değerlendirilmesidir.

Çalışma kapsamında 105 adet tek ve düz köklü çekilmiş insan mandibular küçük azı dişi kullanılmıştır. Dişler rasgele beş gruba (negatif kontrol, pozitif kontrol 1/2, pozitif kontrol 2/3, deney grubu 2/3 ve deney grubu 1/2) ayrılmıştır (n=21). Deney gruplarındaki dişler kanal şekillendirmesinden önce ve sonra mikro-BT ile taranmıştır, bunu takiben güta perka ve rezin içerikli kanal patı kullanılarak doldurulmuştur. Deney ve pozitif kontrol gruplarındaki dişlere farklı boyutlarda (kanal boyunun 2/3 ve 1/2'si) post boşluğu hazırlanmıştır. Dişler mikro-BT ile tekrar taranmıştır. Daha sonra postlar simante edilip üst restorasyonlar yapılmıştır. Vertikal kırılma testi, universal bir test makinesiyle 1 mm/dk piston başlığı hızında yapılmıştır. Kırılma yükleri her diş için newton cinsinden kaydedilmiştir. İstatistiksel analizler için ki-kare, tek yönlü ANOVA ve Tukey HSD testleri uygulanmıştır. Post boşluğu hazırlanması sırasında kullanılan driller köklerde çatlak ve vertikal kırıklara sebep olabilir. Kısa ve uzun postlar ile restore edilmiş dişlerin kırılma direnci benzerdir (p>0,05). Kanal boyunun 1/2'sine post yapılan dişler,

kanal boyunun 2/3'üne post yapılan dişlerden daha yüksek oranda tamir edilebilir kırık tipi göstermiştir ($p<0,05$).

Anahtar Kelimeler: Dentinal çatlak, post, mikro bilgisayarlı tomografi, kırılma direnci



**DETERMINATION OF FRACTURE RESISTANCE OF TEETH AND CRACKS
IN ROOT DENTIN AFTER POST SPACE PREPARATION IN DIFFERENT
LENGTHS: A MICRO COMPUTED TOMOGRAPHY STUDY**

Dt. İbrahim ŞENER

Erciyes University, Faculty of Dentistry

Department of Endodontics

Dental Specialty Education Thesis, June 2019

Supervisor: Doç. Dr. Hüseyin Sinan TOPÇUOĞLU

ABSTRACT

There are many studies in the literature that investigate the effect of cracking in the root canal wall of Ni-Ti rotary files produced in recent years. However, to the best of our knowledge, there is no study that examines the effect of drills used to prepare the post space to crack the root canal wall. The aim of this study is to determine the frequency of crack formation in the root dentin of different lengths of post space using microcomputed tomography (micro-CT) and to evaluate prospectively the data obtained from the vertical fracture test of teeth.

Within the scope of the study, 105 single and straight rooted human lower premolar teeth were used. Teeth were randomly divided into five groups (negative control, positive control 1/2, positive control 2/3, experimental group 2/3 and experimental group 1/2) (n = 21). The teeth in the experimental groups were scanned by micro-CT before and after the canal shaping, followed by filling with gutta percha and resin-based root canal sealer. Different sizes of post space (2/3 and 1/2 of the length of the canal) were prepared for the teeth in the experimental and positive control groups. Experimental groups were scanned with micro-CT again. Then the posts were cemented and composite restorations were performed. The vertical fracture test will be carried out with a universal test machine at a piston head speed of 1 mm / min. The fracture loads were recorded in newtons for each tooth. For statistical analysis chi-square, one-way ANOVA and Tukey HSD tests were applied. Drills used in the preparation of the post cavity can cause cracks and vertical fractures in the roots. The fracture resistance of the restored teeth with short and long posts is similar (p>0,05). Teeth with 1/2 post of the

canal length showed a higher repairable fracture type than the teeth with 2/3 post of the canal length ($p < 0,05$).

Keywords: Dentinal crack, post, micro computerized tomography, fracture resistance



İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI.....	ii
ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Kanal Tedavili Dişlerin Restorasyonu	4
2.1.1 Aşırı Madde Kaybına Sahip Kanal Tedavili Dişlerin Restorasyonunda Fiber Post Kullanımı.....	7
2.1.2.Kök Dentinindeki Mikro Çatlaklara ve Vertikal Kök Kırıklarına İlişkin Bilgiler	9
2.2.Kök Dentin Defektlerine Sebep Olan Prosedürler	10
2.2.1.Kök Kanal Şekillendirmesi	10
2.3.Kök Kanallarının Doldurulması	13
2.3.1. Güta Perka'nın Lateral Kompaksiyonu (Yanal Sıkıştırılması)	14
2.3.2. Güta Perkanın Dikey (Sıcak) Kompaksiyonu	15
2.4.Endodontide Dentinal Mikro Çatlakların İncelenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Değerlendirilmesi.....	16
2.4.1 Metodolojik Araçlar	17
2.4.1.1 Endoskopi	17
2.4.1.2 Kızılötesi Termografi (Vibrothermography veya VibroIR)	18
2.4.1.3 Optik Koherens Tomografi (OCT).....	20

2.4.1.4 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	21
2.4.1.5 Kesitsel Metodlar	23
2.4.1.6 Stereomikroskop	26
2.4.1.7 Senkrotron Radyasyona Dayalı Mikro Bilgisayarlı Tomografi (SRCT).....	28
2.4.1.8 Transilüminasyon.....	29
2.4.1.9 Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM).....	30
2.4.1.10 Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT).....	31
3. GEREÇ VE YÖNTEM	42
3.1. Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması.....	42
3.2. Birinci Mikro-BT Taramasının Yapılması.....	44
3.3 Kök Kanallarının Şekillendirilmesi	45
3.4. İkinci Mikro-BT Taramasının Yapılması.....	47
3.5 Kök Kanallarının Doldurulması ve Post Boşluğu Hazırlanması.....	48
3.6 Üçüncü Mikro-BT Taramasının Yapılması	50
3.7 Dişlere Fiber Post ve Üst Restorasyonların Yapılması.....	50
3.8 Termal Döngü ve Kırma Testi.....	51
3.9 İstatistiksel Analiz	53
4.BULGULAR	54
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	62
SONUÇLAR.....	73
6.KAYNAKLAR	74
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

KISALTMALAR ve SİMGELER

ark: Arkadaşları

mikro-BT: Mikro bilgisayarlı tomografi

N: Newton

mm: Milimetre

NaOCl: Sodyum Hipoklorit

Ni-Ti: Nikel Titanyum

Rpm: Round per minute

EDTA: Etilendiamin tetraasetik asit

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

Ort: Ortalama

TIFF: Tagged Image File Format

µm: mikrometre

µa: mikroamper

kV: kilovolt

CTAn: CT Analyser

SS: Standart Sapma

VKK: Vertikal Kök Kırığı

VK: Vertikal Kompaksiyon

LK: Lateral Kondensasyon

MOD: Mezioklüzodistal

FRC: Fiberle Güçlendirilmiş Kompozit

Gpa: Gigapascal

VibroIR: Kızılötesi Termografi

OCT: Optik Koherens Tomografi

SEM: Taramalı Elektron Mikroskobu

SRCT: Senkrotron Radyasyona Dayalı Mikro Bilgisayarlı Tomografi

TEM: Transmisyon Elektron Mikroskobu

UHVEMT: Ultra-Yüksek Voltajlı Elektron Mikroskobu Tomografisi



TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Dişlerin rasgele 5 gruba ayrılması.....	44
Tablo 4.1. Birinci mikro-BT taraması sonucu tespit edilen çatlak çizgileri.....	54
Tablo 4.2 Kırma testi sonucu elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri.....	55
Tablo 4.3 Gruplar arası çoklu karşılaştırma testinin sonuçları	57
Tablo 4.4 Gruplar arası kırık tiplerinin ki-kare testi ile karşılaştırılması.....	60
Tablo 4.5 Gruplar içinde kırık tiplerinin karşılaştırılması.....	61

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 2.1 Üç boyutlu sonlu elemanlar analizi modellerinin oluşturulması. (A) Sağlam kesici dişin Bio-CAD modeli, (B) sonlu eleman ile oluşturulmuş ağ örgülü yapı, (C) yük ve limit değerleri, (D) Sağlam kesici dişin von Mises kriterine göre stres dağılımı. Von Mises kriterine göre deneysel modellerin stres dağılımı: (E) Cpc- 12 mm-F modeli, (F) Cpc-7 mm-F modeli, (G) Gfp-12 mm- F modeli, (H) Gfp- 7 mm-F, (I) Cpc-12 mm-AF, (J) Cpc- 7 mm-AF, (L) Gfp-12 mm- AF, (M) Gfp- 7 mm-AF. Cpc: Döküm post ve kor, F: Ferrule, Gfp: Cam fiber post, AF: Ferrule yok. 8
- Şekil 2.2. Biorace (A ve B), Recipro (C ve D) ve WaveOne (E ve F) sistemleriyle şekillendirilen kanallarda mikro çatlakları (beyaz oklar) gösteren altı mandibular molar dişin mesial kökünden Mikro-BT enine kesit görüntüleri. Bazı görüntü dizilerinde (B, C ve E) operasyon öncesi görüntüde (soldaki enine kesit) “tamamlanmamış” olarak sınıflandırılmış bir mikroçatlak, kanal şekillendirmesinden sonra (sağdaki enine kesit) “tam/tamamlanmış” kırık olarak görünmektedir. Bu da açıkça Hülsmann tarafından bildirildiği gibi bir sınıflandırma önyargısıdır 12
- Şekil 2.3. Kesilmiş bir kök yüzeyinin endoskop ile elde edilmiş bir görüntüsü (x8 büyütme). Üç kırık hattı açıkça görülmektedir 17
- Şekil 2.4. (A) Ultrasonik uç ile titreşim öncesi kök yüzeyi. (B) Titreşim ile birlikte sıcaklık artışının dentin mikro çatlağını göstermesi. (C) B’deki mikro çatlağın büyütülmüş görüntüsü. (D-F) Mikro çatlak olmayan kontrol grupları. (D) Ultrasonik uç ile titreşim öncesi kök yüzeyi. (E) Titreşim ile mikro çatlak saptanmamıştır. (F) E’nin büyütülmüş görüntüsü 19
- Şekil 2.5. Zeiss Sigma 300 VP-FESEM tarama elektron mikroskobu [118]. 21
- Şekil 2.6. Kesilmiş kök yüzeyinde bir tamamlanmamış çatlak (üst sağda) ve iki tamamlanmış çatlak (altta) gösteren SEM görüntüsü (x 28,9 büyütme) 22
- Şekil 2.7. (A) Bir kesit tekniği kullanarak dentinal mikro çatlakların çalışması için alınan stereomikroskopik yüksek kaliteli görüntü. (B-H) Kök kanal şekillendirmesi ve dolumu yapılmış farklı dişlerin boyanmasından sonraki enine kesit görüntülerinde tamamlanmış veya tamamlanmamış çatlaklar (sarı oklar) görülmektedir. Kök kanalı içinden başlayan (B,D,E,F ve G)ve kökün dış yüzeyinden başlayan (C) çatlakların yanında, çatlak çizgileri de (D’de siyah oklar, G ve H’de beyaz oklar) görülmektedir..... 25
- Şekil : 2.8 Stereo mikroskop 27
- Şekil 2.9. Bruker SkyScan 1272 µCT tarama cihazı. 32

Şekil 2.10. Mikro-BT tarayıcısını oluşturan elemanların şematik gösterimi	34
Şekil 2.11. (A, B) Kronu uzaklaştırılmış mandibular birinci moların üç boyutlu modelinden bukkal ve apikal görüntüler. (C-F) A'da gösterilen mandibular birinci molar dişin koronal ve orta üçlüsünde farklı seviyelerdeki görüntüler bazı dentin çatlaklarının farklı uzantılarını göstermektedir (beyaz ok: distal kök kırığı; sarı ok: mesial kök kırığı). C ve D'deki kırıklar "tam kırıklar olarak sınıflandırılırken, F'de aynı kırıkların uzantıları "tamamlanmamış kırıklar" veya kök kanallarıyla ilgili olmayan kırıklar olarak sınıflandırılacaktır. (G) Aynı dişin kırık çizgilerinin kök kanal boşluğundan yanal uzantılarını gösteren kesit. (H-M) Aynı mandibular molar dişin her iki kökünün kök kanal sisteminin (mavi) ve kırıkların (siyah) üç boyutlu modelleri.....	35
Şekil 2.12. (A) Soğuk lateral kondensasyon kullanılarak doldurulmuş mandibular birinci moların şekillendirilmiş mesial kök kanallarının farklı açılardan mikro-BT görüntüleri. Kökün hem mesial hem de distal yüzeylerindeki dentin çatlakları kırmızı ile gösterilmiştir. (B) A'da gösterilen aynı kökün koronal ve orta üçlüde farklı seviyelerdeki enine kesit görüntüleri çatlak hattının farklı uzantılarını göstermektedir. Guta perka pembe, kanal patı sarı ve boşluklar siyah renkte gösterilmiştir.....	36
Şekil 2.13. Gelişmekte olan mikro çatlakların (beyaz ok), kökün uzun eksenine boyunca değerlendirilebildiğini ve gerçek dentin defektleri ve artefaktlarının tanımlanmasını sağladığını gösteren, mandibular birinci moların aynı mesial kökünün ardışık mikro-BT enine-kesit görüntüleri	39
Şekil 2.14. Geleneksel mikroskopi altında görüntülenen dentinal mikro çatlakların mikro-BT kesit görüntüleri ile tam olarak tanımlanabileceğini gösteren korelasyonel görüntüler	40
Şekil 2.15. Mesial yüzünde devamlı bir kök kırığı gösteren mandibular birinci molar dişin mesial kökünün 3 boyutlu modelinin farklı görünüşleri. (B, C) Kök kanal preparasyonu ve dolumundan sonra aynı kökün koronal üçlüsünün temsili kesitleri, sırasıyla, kırık hattının kesit seviyesine göre pozisyonunu değiştirdiğini görülmektedir. İlk üç kesitte kırık, "tam kırık" olarak sınıflandırılırken, diğer bölümlerde aynı kırığın uzantısı, "tamamlanmamış kırıklar" veya kök kanallarıyla ilişkili olmayan kırıklar olarak sınıflandırmaya yol açacaktır.....	41
Şekil 3.1. Dişlerin dental operasyon mikroskobu ile incelenmesi	43
Şekil 3.2. Dişlerin dijital radyografi ile incelenmesi	43
Şekil 3.3. Bruker Skyscan 1272 mikro bilgisayarlı tomografi cihazı.....	44

Şekil 3.4. Tarama sonucu elde edilen ham görüntü	
Şekil 3.5. Rekonstrükte edilmiş görüntü.....	45
Şekil 3.6. Giriş kavitesi	
Şekil 3.7. Çalışma uzunluğunun belirlenmesi.....	46
Şekil 3.8. Reciproc R25 ve R40 eğeleri ile kök kanal şekillendirmesi.....	47
Şekil 3.9. TIF formatındaki ham görüntü	55
Şekil 3.10. Rekonstrükte edilmiş görüntü	48
Şekil 3.11. AH Plus kanal patı ve α faz güta perka	48
Şekil 3.12. Fazla güta perkanın uzaklaştırılması ve kanal dolumu	49
Şekil 3.13 Post boşluğu hazırlanması	49
Şekil 3.14. (a) 2.tarama sonrası elde edilen görüntü, (b) 3.tarama sonrası elde edilen görüntü	50
Şekil 3.15 Termal siklus cihazı	51
Şekil 3.16 Dişlerin kırma test cihazına yerleştirilmesi	52
Şekil 3.17 Kırılma değerlerinin newton cinsinden kaydedilmesi	52
Şekil 4.1. (f) Post boşluğu şekillendirmesi sonucu oluşan tam kırık (kırmızı ok).	55
Şekil 4.2 Kırma testi sonucu elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri	56
Şekil 4.3 (a) Restore edilemez kırık, (b) restore edilebilir kırık	58
Şekil 4.4. Kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı	59

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kök kanal tedavisinin amacı, pulpa ve periapikal doku hastalığı bulunan dişlerin, kök kanal sistemindeki enfekte debrisin uzaklaştırılması, kanal içi medikamanlar ve irrigasyon solüsyonlarıyla etkin bir kanal içi dezenfeksiyonun sağlanabilmesi için kök kanalının şekillendirilmesi ve kök kanal dolgusunun yerleştirilebileceği uygun bir boşluğun oluşturulması, apikal ve koronalde sıkı bir tıkaç sağlayacak bir biçimde kök kanalının üç boyutlu olarak doldurulmasıdır [1]. Kök kanal tedavisi sırasında perforasyonlar [2], kanal transportasyonu, basamak ve zip oluşumu[3], alet kırığı[4] gibi komplikasyonlarla karşılaşılabilir. Vertikal kök kırığı ve çatlak oluşumu kök kanal tedavisi işlemleri esnasında ve sonrasında oluşabilir[5].

Klinik olarak, mikroorganizmalar çeşitli girişimler sonucu oluşan çatlak çizgilerinde çoğalabilir ve bu da kök yüzeyinde biyofilmlerin oluşmasına neden olabilir [6]. Vertikal kök kırığı çoğu zaman dişin çekimiyle sonuçlanan, kök kanal tedavisinin en istenmeyen ve kötü prognoza sahip komplikasyonlarından birisidir[7]. Kök kırığı, bir mikroçatlağın veya çatlak çizgisinin oklüzal kuvvetlerin neden olduğu tekrarlayan sıkıştırıcı kuvvetlerlemleri sonucu oluşabilir[5]. Bununla birlikte başka yardımcı faktörlerin de vertikal kök kırığına neden olabileceği düşünülmektedir. Bunlar arasında; yüksek konsantrasyonda sodyum hipoklorit kullanımı[8], dişin anatomik özellikleri [9], kanal içi postların yerleştirilmesi [10, 11] ve farklı kanal dolgusu teknikleri [12] sayılabilir.

Endodontik tedavinin bir parçası olan giriş kavitesi hazırlanması nedeniyle ciddi diş doku kaybı olan endodontik tedavi görmüş dişler, canlı dişlere göre kırılmalara daha eğilimlidirler[13]. Pulpası çıkartılmış dişlerde vertikal kök kırılmalarından kaçınmak amacıyla endodontik ve restoratif işlemlerde minimal preparasyon tavsiye edilse de, sıklıkla ilgili dişin restorasyonu için koronal yapıdan önemli derecede aşındırma gerekmektedir [14]. Bu amaçla restorasyonun kor kısmında yeterli retansiyon ve

rezistansın sağlanması için post uygulamaları gerekmektedir [15]. Elastiklik modülünün dentinle uyumlu olması ve adeziv rezinlerle dentine iyi bağlanma sergilediklerinden dolayı fiber postlar, post uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir [16]. Fiber postların bu özelliklerinin sonucu olarak, kök yapısı genelinde dengeli stres dağılımı elde edilmektedir [16, 17].

Bazı çalışmalar, stresi daha iyi dağıttığı ve daha fazla adeziv bağlanma alanı sağlayıp kök kırık riskini azalttığı iddiasıyla uzun fiber postların kullanımını tavsiye etmektedir [18, 19]. Buna karşın, bazı çalışmalarda, yerleştirilen postun boyunun artmasıyla endodontik tedavi görmüş dişin kırılma dayanımının artmadığı belirtilmektedir [20]. Bununla birlikte, in vitro çalışmalar rezin ile güçlendirilmiş simanların kullanımının post uzunluğunun azaltılmasını telafi edebileceğini göstermiştir [21]. Bu nedenle fiber post uygulamasında postun ideal yerleştirilme boyunun belirlenmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kök kanal preparasyonunun dentinal defektlerin oluşumuna yol açtığı düşünülmektedir [22]. Bununla birlikte, son yıllarda mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) ile yapılan dentinal mikroçatlak çalışmalarında el eğeleri, rotasyon ve resiprokasyon ile çalışan eğelerin dentinal mikroçatlak oluşturmadığı rapor edilmiştir [23, 24].

Dentinal çatlakların görülme sıklığı üzerine yapılan çalışmaların çoğu, kök kanal preparasyonundan sonra köklerin çeşitli seviyelerinden kesitler alınarak stereomikroskop altında incelenmesine dayanmaktadır [25]. Bu yöntemin en büyük eksikliği kanal preparasyonundan önce kök dentininde daha önceden var olabilen defektlerin değerlendirilmesinin imkansızlığıdır [26]. Ayrıca kesit alma işlemleri dentine hasar verebilmekte ve yanlış pozitif sonuçlara neden olabilmektedir [27]. Ayrıca örnekler iki boyutlu olarak değerlendirildiğinden dolayı kökün tamamı longitudinal olarak gözlemlenemez [28].

Son yıllarda, mikro-BT görüntüleme endodontik araştırmalarda yaygın olarak kullanılan bir görüntüleme yöntemi olarak ortaya çıkmıştır [29, 30]. Bu teknoloji ile, örnekleri kesmeden kanal preparasyonundan önce ve sonra dişlerin yüksek çözünürlüklü, 3 boyutlu görüntüsünü elde etmek, in vitro deneylerin doğruluğunu artırmak mümkündür [31, 32].

Tüm bu bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı, farklı uzunluklardaki post boşluğu preparasyonunun kök dentinindeki çatlak oluşumuna etkisinin mikro-BT kullanarak araştırılması ve dişlerin kırılma direncinin belirlenmesidir. Elde edilen veriler sayesinde aşırı madde kaybına sahip olan dişlerde fiber post uygulamalarında güvenli post boşluğu uzunluğunun belirlenmesi için objektif ve kanıta dayalı verilerin ortaya konması hedeflenmektedir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1 Kanal Tedavili Dişlerin Restorasyonu

Kanal tedavisi görmüş dişlerin idamesi oral rehabilitasyon için önemlidir. Klinik başarı için endodontik tedavi sonrası uygulanan restorasyon da en az endodontik tedavi sürecindeki uygulamalar kadar önemlidir. Birçok çalışmada restorasyon kalitesi ile endodontik tedavi görmüş dişin klinik başarısı arasında doğrudan ilişki olduğu ortaya konmuştur [33, 34]. Aşırı madde kaybına uğramış kanal tedavili dişlerde kök kanallarından destek alınarak başarılı restorasyonlar yapılabilmektedir.

Kanal tedavisine başlamadan önce dişin anatomik ve fizyolojik özellikleri, okluzyonu, subgingival çürük varlığı, kalan diş dokusu miktarı, periodontal dokuların sağlığı, destek alveolar kemik miktarı ve kalitesi, kök morfolojisi, bulunduğu diş dizisinin kendi içinde ve karşıt diziyle ilişkisi, estetik, fonksiyonel gereksinimler, hastanın alışkanlıkları ve beklentileri göz önünde bulundurulmalıdır [35].

Endodontik tedavili dişlerin restorasyonunda şu prensipler dikkate alınmalıdır [36]:

- Kök ve koronal diş dokusunun korunması
- Kök kanal sisteminin kontaminasyonundan kaçınma
- Restorasyonun kök kanal tedavisinden hemen sonra yapılması
- Sadece kor retansiyonu gerektiği durumlarda post kullanılması
- Restorasyonun kök kanal sisteminin gerektiğinde yeniden tedavisine olanak sağlayacak şekilde yapılması.

Kalan diş dokusu miktarı hakkında literatürde genel bir yaklaşım eksikliği vardır [37]. Bu nedenle, kalan diş dokusunun miktarını detaylı bir şekilde formüle etmek için bir girişimde bulunulmuştur. Kaybedilen diş dokusunu metrik sistemle değerlendirilemediğinden sınıflamada; geride kalan aksiyal kavite duvarı sayısına bağlı olarak beş farklı sınıf tarif edilmiştir [38].

Sınıf 1: Dört aksiyal kavite duvarının da var olduğu, sadece endodontik giriş kavitesi olan dişleri kapsar. Yeterli kalınlıkta dört aksiyal duvar mevcutsa post yerleştirilmesine gerek yoktur. Bu durumda herhangi bir restorasyon tipi tercih edilebilir [39].

Sınıf 2: Mezio-okluzal (MO) veya disto-okluzal (DO) olarak bir duvar kaybı olan kaviteleri kapsar.

Sınıf 3: Mezial-okluzal-distal (MOD) şeklinde iki duvar kaybı olan kaviteleri kapsar.

Sınıf 4: Sadece bukkal veya lingual duvarın kaldığı, tek duvarı olan kaviteleri temsil eder. Eğer bu dişler protez desteği olarak kullanılırsa kron preparasyonu direnci daha da azaltır. Bu yüzden, bu derecede madde kaybı olan dişlere post uygulamasını takiben kron ile restorasyon yapılması gerekmektedir [40].

Sınıf 5: Kronu tamamen kaybedilen dişleri içerir. Yüksek düzeyde zarar görmüş dişlerde kor materyaline destek sağlamak amacıyla post yerleştirmek gereklidir. Özellikle kronu kaybedilmiş dişlerde ferrule etki kırılma direnci açısından önemlidir. Preparasyon sınırının üstünde kalan ve dişin tamamını çevreleyen aksiyal dentinin yüksekliği ferrule etki oluşturmak için 1.5-2.5 mm kadar olmalıdır [41].

Kanal tedavili dişlerin üst restorasyonlarında amalgam, kompozit, metal alaşımları, inley, onley, overley, endokron restorasyonlar ve postlar kullanılabilir.

Endodontik tedavi görmüş dişlerin restorasyonu amacıyla kullanılan amalgamların diş üzerinde kama etkisi yapabileceği bilinmektedir [42]. Bu etki özellikle endodontik tedavi görmüş ve MOD kavite açılmış dişler için geçerlidir [43]. Bu nedenle amalgama alternatif olabilecek materyaller geliştirilmiştir ki bunlardan en önemlisi son yıllarda mekanik özellikleri artırılmış posterior kompozitler ve dental seramiklerdir [44]. Ayrıca amalgamın toksik etkilerinin olması, kıymetli metal alaşımlarının ise maliyetlerinin yüksek oluşu bu materyallerin tercih edilmemesine neden olmuştur [45].

Yapılan retrospektif bir çalışmada endodontik tedavi yapılan küçük azı dişleri kompozit rezin ve amalgam ile restore edilerek 3 yıl klinik olarak takip edilmiştir [46]. Sonuç olarak kompozit rezin ile restore edilen dişlerde amalgam ile restore edilen dişlerden daha az tüberkül kırığı görüldüğü ortaya konmuştur.

Kompozitler ve adeziv sistemleri; estetik özellikleri, mine ve dentine bağlanabilmeleri, teorik olarak diş-restorasyon kompleksinin bütünlüğünü gibi artırması nedenleriyle geniş bir alanda kullanılmaktadır [47]. Materyalin dezavantajlarından biri olan polimerizasyon büzülmesi yeni nesil kompozitlerde oldukça azalmış olsa da klinik başarıyı olumsuz etkilediği bilinmektedir [48]. Pulpal tabandaki dentine adezyon genellikle koronal dentine olduğu kadar güçlü ve güvenilir değildir [49].

Küçük bir endodontik giriş kavitesi ile endodontik tedavi yapılmış ise, marjinal sırtlar, fasiyal ve lingual duvarlar sağlam, kalan diş dokusu miktarı çok ve fraktür riski düşükse günümüzde okluzal kaplama olmaksızın dişlerin internal güçlendirilmesinin sağlanmasında adeziv seramik inleyler ve kompozit rezin restorasyonlar önerilmektedir [50].

Endokron restorasyonlar, aşırı harabiyete uğrayan dişlerde uygulanan, pulpa odasından ve kavite marjinlerinden destek alan monolitik restorasyonlardır. Bu şekilde makroretansiyon pulpal duvarlar ile, mikroretansiyon ise adeziv simantasyon ile sağlamaktadır. Bağlanma yüzeyi göz önünde bulundurulduğunda, devital dişlerde vital dişlere göre daha fazladır ve bu durum da restorasyonun adeziv bağlantısının daha kuvvetli olup olmayacağı sorusunu akıllara getirmektedir [51]. Adeziv teknolojinin gelişmesiyle günümüz seramiklerinin güçlendirilmesi, asitle pürüzlendirilebilmesi ve güçlü rezin simanlarla diş dokusuna bağlanması, posterior dişlerde kullanılmasını sağlamıştır [52]. Pulpa odası derinliğinin 3 mm'den az olduğu vakalarda ve servikal marjin genişliği 2 mm'den az ise yeterli bağlantı alanı sağlanamayacağı için kontrendikedir. Yapılan uzun dönem çalışmalarda; onley ve/veya overley tarzı restorasyonların ve son zamanlarda da endokron restorasyonların, kanal tedavili posterior dişlerde uygulanabilir hale geldiği bildirilmiştir [51, 52].

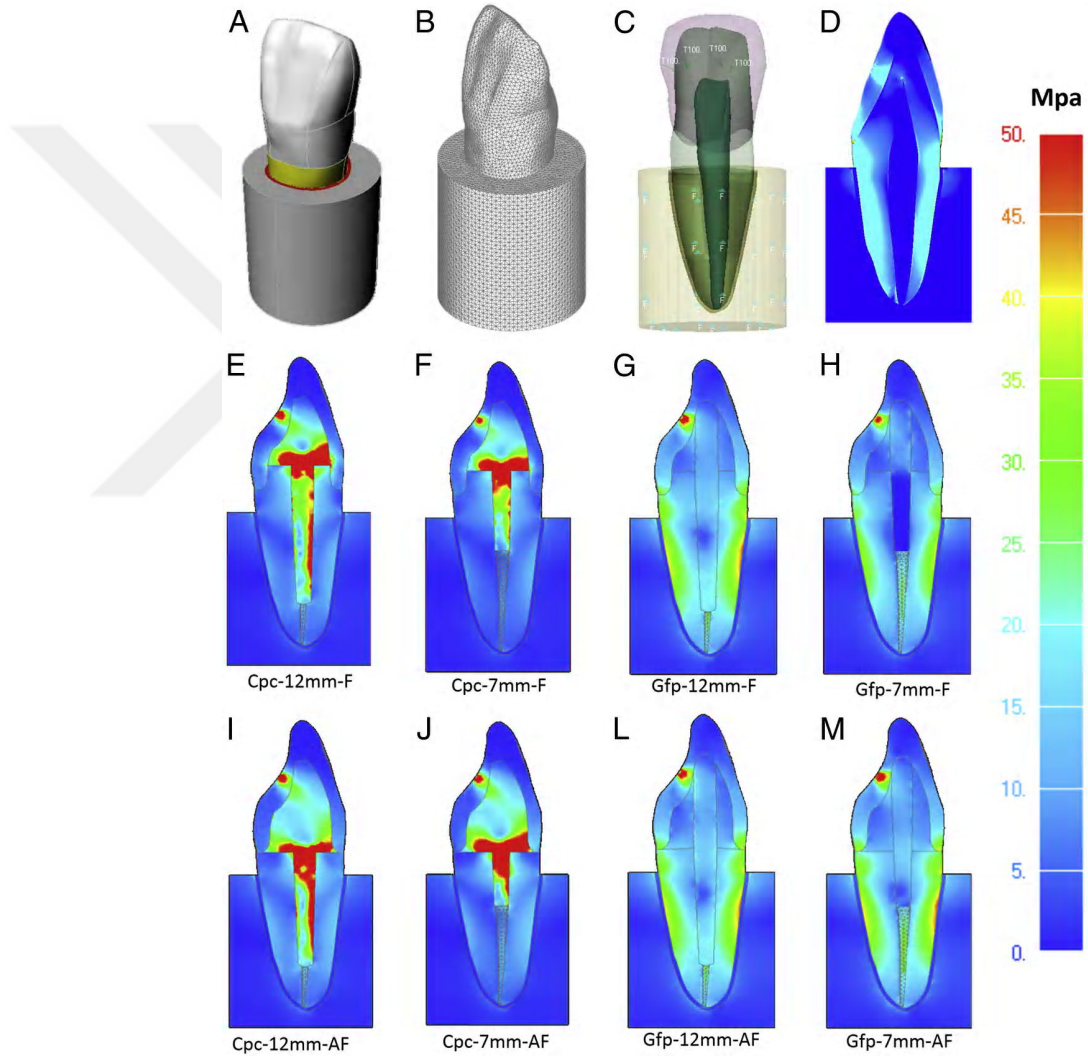
2.1.1 Aşırı Madde Kaybına Sahip Kanal Tedavili Dişlerin Restorasyonunda Fiber Post Kullanımı

Kök kanal tedavili dişlerde kullanılan postların temel amacı, aşırı madde kaybına sahip dişlerin kökünden tutuculuk sağlayarak üst restorasyona destek olmaktır. Endodontik olarak tedavi edilmiş dişlerin restorasyonunda farklı teknikler ve materyaller uygulanmıştır. Metal prefabrik ve döküm postlar diş hekimliğinde klinik olarak uzun yıllardır uygulanmaktadır. Yakın zamanlarda, diş renkli post talebine karşılık, metal olmayan postlar da tanıtılmıştır. Bunlara; karbon fiberle güçlendirilmiş epoksi rezin, kuvars ya da cam fiberle güçlendirilmiş epoksi ya da metakrilat rezin, zirkon ve polietilen fiber postlar örnek olarak verilebilir [53].

Post seçiminde; kök uzunluğu, diş anatomisi, post genişliği, kanal konfigürasyonu ve post ile olan uyumu, koronal diş yapısı, stres, bükülme kuvvetleri, hidrostatik basınç, postun dizaynı, post materyali, materyal uyumluluğu, dentine bağlanma kapasitesi, kron tutuculuğu, tekrar kullanılabilmesi ve estetik gibi faktörler rol oynamaktadır [54]. Özellikle uzun yıl takiplerde, adeziv olarak yapıştırılan fiberle güçlendirilmiş kompozit (FRC) post restorasyonları tatmin edici başarı oranı göstermektedir [55]. Bu restorasyonların klinik başarısı, cam fiber postların biyolojik olarak daha uyumlu davranışlarına bağlanmıştır [56]. Esneyebilen fiber postların klinik uygulamalarında kök kırıkları çok nadir görülmektedir ve genelde postun kökten desimantasyonu gibi düzeltilebilir hatalar görülmektedir. Dentin dokusuna yakın elastiklik modülüsüne sahip olan FRC postlar diş ve çevre dokular için nispeten daha homojen stres dağılımına izin verirler ve böylece kök kırığına karşı koruyucu etki sağlarlar [56]. Bunun aksine, titanyum, paslanmaz çelik ve zirkon postlar (sırasıyla 110, 200 ve 300 GPa), dentinden (18 GPa) daha fazla elastiklik modülüsüne sahiptir [57]. Rijit postların klinik uygulamalarında, stres apikal seviyede yoğunlaşmakta ve vertikal kök kırığı riski artmaktadır [58]. Diğer taraftan döküm post kor restorasyonların cam fiber postlar ile karşılaştırıldığında yüksek kırılma dayanımı göstermesine karşın, döküm postlarda geri dönüşü olmayan kırıklar görülmektedir [59].

Santos-Filho ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada sonlu elemanlar analizi kullanarak farklı uzunluklarda döküm metal post ve cam fiber postların kök yüzeyinde sebep olduğu stres birikimini ve dişlerin kırılma direncini karşılaştırmışlardır (şekil 2.1) [60].

Döküm metal post grubunda post uzunluğunun azalmasıyla proksimal yüzeylerdeki stres değerlerinin arttığı görülmüştür. Cam fiber post grubunda ise stres değerleri her iki uzunluk için de benzer bulunmuştur. Ayrıca cam fiber post grubundaki stres değerlerinin sağlam dişlerdekine yakın olduğu görülmüştür. Kırılma tiplerine bakıldığında ise kısa döküm metal postların kullanıldığı dişlerin büyük çoğunluğunun onarılamaz şekilde kırıldığı, cam fiber post grubunda ise bu oranın anlamlı derecede daha düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 2.1 Üç boyutlu sonlu elemanlar analizi modellerinin oluşturulması. (A) Sağlam kesici dişin Bio-CAD modeli, (B) sonlu eleman ile oluşturulmuş ağ örgülü yapı, (C) yük ve limit değerleri, (D) Sağlam kesici dişin von Mises kriterine göre stres dağılımı. Von Mises kriterine göre deneysel modellerin stres dağılımı: (E) Cpc- 12 mm-F modeli, (F) Cpc-7 mm-F modeli, (G) Gfp-12 mm- F modeli, (H) Gfp- 7 mm-F, (I) Cpc-12 mm-AF, (J) Cpc- 7 mm-AF, (L) Gfp-12 mm- AF, (M) Gfp- 7 mm-AF. Cpc: Döküm post ve kor, F: Ferrule, Gfp: Cam fiber post, AF: Ferrule yok. [60]

Fiber postların stresi daha iyi dağıttığı ve daha fazla adeziv bağlanma alanı sağlayıp kök kırık riskini azalttığı birçok çalışmada gösterilmiştir [61]. Bazı çalışmalarda, yerleştirilen postun boyunun artmasının endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma dayanımının artırmadığı belirtilmektedir [19]. Bununla birlikte, in vitro çalışmalar rezin ile güçlendirilmiş simanların kullanımının post uzunluğunun azaltılmasını telafi edebileceğini göstermiştir [20]. Bu nedenle fiber post uygulamasında postun güvenli yerleştirilme boyunun belirlenmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır.

2.1.2.Kök Dentinindeki Mikro Çatlaklara ve Vertikal Kök Kırıklarına İlişkin Bilgiler

Vertikal kök kırıkları (VKK), Walton ve arkadaşları [62] tarafından uzun dönemde kötü bir prognoza sahip ve sonunda dişin çekimini gerektiren yıkıcı bir klinik durum olarak tanımlanmıştır [63]. VKK, sağlam veya restore edilmiş dişleri etkileyebilir, bununla birlikte endodontik tedavi görmüş birçok dişte başarısızlığın yaygın bir nedeni olduğu dikkate alınmalıdır. Endodontik olarak tedavi edilen dişlerde VKK'nin yüksek prevalansı başlangıçta endodontik tedaviden sonra dehidrate ve daha az esnek dentine atfedilmiştir. Fakat daha sonra yapılan çalışmalarda pulpasız bir dişin, sağlıklı bir diştten %9 daha az suya sahip olduğu gösterilmesine rağmen, VKK'yi tetikleyen baskın faktör su kaybına bağlanamamıştır [64].

1970'lerden 1990'lara dek, VKK nedenleri arasında post yerleştirilmesi, korozyon, spreader tasarımı, kök boyutu ve kanal dolgusu prosedürleri sırasında lateral kondensasyon yoluyla aşırı kuvvet uygulanması olduğu düşünülmüştür [65]. Maalesef, VKK'nin doğru etiyojisi şu ana kadar net olarak belirlenememiştir. Bununla birlikte, Pitts ve ark. [66] ve Holcomb ve ark. [67] ilk kez kök dolgusu prosedürleri ile dentinal mikro çatlaklar veya VKK arasındaki potansiyel ilişkinin rapor edildiğini bildirdikten sonra bu konu endodontik alanda çok daha fazla dikkat çekmeye başlamıştır.

Son yirmi yılda, döner nikel-titanyum (NiTi) esaslı eğe sistemleriyle kök kanal şekillendirmesi, el eğeleriyle şekillendirme esnasında ortaya çıkan kanal transportasyonu ve perforasyon gibi sorunlarının çoğunun üstesinden gelmek amacıyla kök kanal boşluğunu mekanik olarak genişleten temel yaklaşım haline gelmiştir. Bununla beraber son zamanlarda, endodontik motorla çalışan NiTi aletlerle kök kanal şekillendirmesi esnasında dentin defektlerinin oluşturulması gibi önemli bir endişe doğmuştur ve birçok çalışmada da bu konu araştırılmıştır. Bu durum, farklı eğe

tasarımlarının, taperların(açıların), şekillendirme protokollerinin, kullanılan eğe sayısı ve mevcut NiTi sistemlerinin kinematığı dikkate alındığında kritik önem taşımaktadır. Enstrümantasyonun sebep olduğu dentinal defektlerin VKK için tetikleyici noktalar olabileceği dikkate alındığında, bu konunun açıklığa kavuşturulması için bilimsel araştırmalar yapılması gerekmektedir [68]. Buradaki en önemli nokta, bu konuda yayınlanmış çalışmaların büyük çoğunluğunda, kesit alma prosedürlerinin ve operasyon sonrası gözlemlerin optik mikroskopik cihazların görüntülemesi yoluyla yapılmış olmasıdır. Bununla birlikte, bu deneysel model, yöntemin yıkıcı doğası, iki boyutlu gözlem ve boylamsal takip eksikliği gibi bulguların genel etkisini azaltacak bazı potansiyel dezavantajlara sahiptir. Bu özellikler temel olarak, örneğin başlangıç durumundan (prepare edilmemiş) ve tam diş aralığı (full-tooth range) boyunca kontrolüne/gözlemine engel olmaktadır. Özetle, ideal olmayan bu metodolojik yaklaşımlar altında ana sonuç, NiTi döner aletlerle kök kanal şekillendirmesinin kritik kök dentin defektlerinin görünümünde tek başına önemli bir rol oynamasıdır [69].

2.2.Kök Dentin Defektlerine Sebep Olan Prosedürler

2.2.1.Kök Kanal Şekillendirmesi

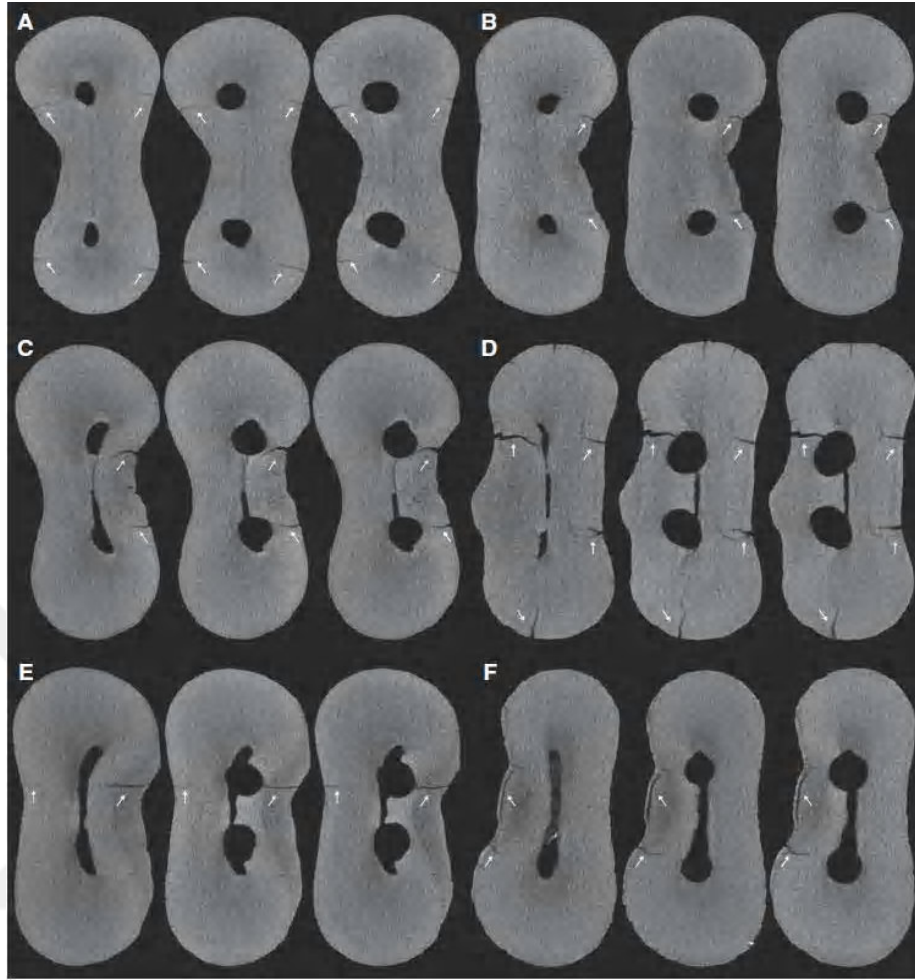
Geçen yüzyılda kök kanalının mekanik preparasyonundaki en dikkat çekici gelişme, NiTi alaşımından yapılmış aletlerin geliştirilmesidir. Bu yeni yaklaşım, geleneksel paslanmaz çelik enstrümanlarla hazırlanan kanallara kıyasla, kanal temizleme ve şekillendirmede daha az kanal düzleştirme ve daha az apikal transportasyon ve perforasyon ile sonuçlanan kanal preparasyonu üzerinde büyük bir etkiye sahipti, böylece mekanik şekillendirme daha verimli ve öngörülebilir hale getirilmiştir [70]. Kanal preparasyonu için otomatik başlık sistemlerinin kullanılması, motor ile çalışan NiTi eğelerin tanıtılmasını sağlamıştır.

Sürekli rotasyon ve resiprokal hareketlerin güvenlik ve şekillendirme etkinliği konusundaki ikna edici kanıtlara rağmen, NiTi enstrümanlara uygulanan bu kinematiklerin bazı olası zararlı yan etkileri hakkında endişeler dile getirilmiştir. Bazı çalışmalara göre, döner ve resiprokal enstrümanlar, dentinal mikro çatlakların gelişmesine veya yayılmasına neden olma eğilimindedir [71-73]. Bu gerekçe, özellikle eğimli kökleri veya oval kanalları olan dişlerde, önemli miktarda dentini hızla kesen, geniş açılı (taperlı) enstrümanların kullanıldığı kök kanal şekillendirmesinin; kanal duvarında strese, çatlak başlangıcına ve ilerlemesine neden olan yanal kuvvetlere yol

açtığı iddia eder [74]. Klinik açıdan mikro çatlaklar kemik kaybına, ilgili dişin veya bölgenin fonksiyonunun bozulmasına ve ağrıya neden olur [74]. Bu defektler sonunda diş kaybına yol açan VKK'ye dönüşebilir [74].

Shemesh ve ark. ve Bier ve ark. döner eğeler ile kök kanal preparasyonunun dentine zarar verebileceğini bildiren ilk yazarlardır. Kanal preparasyonunun, kırıklar, çatlak çizgileri ve tamamlanmamış çatlaklar gibi önemli dentinal defektlere neden olabileceğini ve NiTi aletlerle enstrümantasyondan sonra kök dentininde gözlenen çok sayıda mikro çatlak döner aletlerin kinematiklerine atfedilebileceğini varsaydıklarını belirtmişlerdir [69, 75].

Kırık, çatlak, kusur (defekt), kırılma, diğer kusurlar, eksik(tamamlanmamış) çatlak, tam çatlak, çatlak çizgisi ve diğer terimler bazen birbirlerinin yerine kullanılır. Bazı yazarlar, daha önce Shemesh ve arkadaşlarının rapor ettiği gibi [74], farklı terimleri tanımlamaya çalışsalar da bazıları tanımlama yapmaktan kaçınırlar. Ayrıca, bir bölgedeki tamamlanmamış çatlakların, bir sonraki bölgede kök yüzeyine devam edebileceği ve tam kırıkların görülme sıklığının hafife alınmasına ve tamamlanmamış çatlakların fazla tahmin edilmesine neden olabileceği unutulmamalıdır [76] (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Biorace (A ve B), Reciproc (C ve D) ve WaveOne (E ve F) sistemleriyle şekillendirilen kanallarda mikro çatlakları (beyaz oklar) gösteren altı mandibular molar dişin mesial kökünden Mikro-BT enine kesit görüntüleri. Bazı görüntü dizilerinde (B, C ve E) operasyon öncesi görüntüde (soldaki enine kesit) “tamamlanmamış” olarak sınıflandırılmış bir mikroçatlak, kanal şekillendirmesinden sonra (sağdaki enine kesit) “tam/tamamlanmış” kırık olarak görünmektedir. Bu da açıkça Hülsmann tarafından bildirildiği gibi bir sınıflandırma önyargısıdır [76].

Çelişkilere rağmen, genel olarak, dentinal defektlerin insidansı el eğelerinin kullanımında herhangi bir mekanik enstrümantasyondan anlamlı olarak daha düşüktür [77, 78]. Bununla birlikte el eğeleri ile şekillendirme, örneklerde %0 ile %60 aralığında çatlak insidansı oluşturmuştur. Sadece bir çalışmada el eğeleri ile şekillendirilen örnekler ProTaper Universal döner ege sistemi (n = 4) ile şekillendirilen kanallardan daha fazla sayıda dentinal defekt (n = 9) göstermiştir [79].

Döner veya resiprokal hareket ile kullanılan birçok tekli ve çoklu ege sistemi, farklı metodolojik yaklaşımlar kullanılarak dentinal çatlak oluşumu açısından

karşılaştırılmıştır. Bürklein ve ark, resiprokal enstrümanların, dentin mikro çatlaklarının gelişimini veya ilerlemesini arttırmaya, geleneksel tam sıralı döner sistemlerden daha fazla eğilimli olduğunu bildirmiştir [71]. Bu yazarlara göre, kısa sürede önemli miktarda dentin kesen sadece tek bir yüksek açılı enstrüman kullanarak yapılan şekillendirme, daha yavaş ve ilerleyen bir mekanik genişletmeyi kapsayan geleneksel şekillendirmeden daha fazla dentinal defekt oluşturmaya veya şiddetlendirmeye meyillidir. Bazı çalışmalar, çatlak oluşumunda farklı sistemlerin kinematiği açısından bir fark bulmazken [73, 80, 81], çoğu çalışma döner aletlerin resiprokal aletlerden önemli ölçüde daha fazla çatlak ürettiği konusunda hemfikirdir [72, 77, 82, 83]. Lubrikantların kullanımı, mandibular kesici ve premolar dişlerin kök kanallarının şekillendirmesinde farklı döner ve resiprokal sistemler ile test edilmiştir [84, 85]. Yazarlar, test edilen lubrikantların (RC Prep ve Glyde), dentinal defekt riskini azaltmadığını ortaya koymuşlardır.

Son zamanlarda De-Deus ve ark, uzunlamasına bir mikro-BT yaklaşımı kullanarak, döner ve resiprokal sistemler ile şekillendirilen mandibular molarların mezial kök kanalını 65.340 kesitte değerlendirmiştir [86]. Rapor edilen sonuç, geleneksel kesitsel çalışmaların belirlediği bulgulara ters düşmektedir, çünkü dentinal mikro çatlaklar ve kanal preparasyonu arasında açık bir nedensel bir ilişki tespit etmemişlerdir.

2.3.Kök Kanallarının Doldurulması

Kök kanal dolgusunun kök kanal tedavisinin önemli bir aşaması olduğunun anlaşılmasından bu yana, araştırmacılar ve klinisyenler üç boyutlu sıvı sızdırmaz bir kanal dolgusunun başarılmasını araştırmaktadırlar [87]. Bu amaçla, kanal dolgu malzemelerinin sıkıştırılması önerilmiştir [88]. Amaç, kök kanal sisteminin karmaşık anatomisi boyunca malzemelerin geniş bir akışına izin vererek, dolgu malzemelerinin yayılabilirliğini en üst düzeye çıkarmaktır. Sıkıştırma uygulamasının (yanal, dikey veya termomekanik) temel endişesi, kompakt hareketin kendisinin her zaman diş duvarlarında bir reaksiyona neden olmasıdır [89]. Bu nedenle, dolgu maddelerine uygulanan kuvvet iç kanal duvarlarında gerilme stresi oluşturur [90, 91]. Dentinin yapısal sınırının ötesine uygulanan herhangi bir kuvvet, küçük defektlerden tam çatlaklara (VKK gibi) değişen hasara neden olabilir [65].

2.3.1. Gta Perka'nın Lateral Kompaksiyonu (Yanal Sıkıştırılması)

Büyük oranda lateral kondensasyon (LK) olarak bilinen güta perka soğuk yanal sıkıştırılması, ilk kez 1930'da tanımlanmıştır ve kuşkusuz dünya çapında en çok kullanılan ve oğretilen kök kanal dolum tekniğidir[92]. Günümüzde, orjinal tekniğin kendisi sayısız çeşitlilik gösterse de temel protokol, konik elik veya NiTi spreader'ların ana güta perka konunun yanına sistematik olarak sokularak aksesuar konlar için açtığı yanal boşluğa aksesuar konların kompaksiyonu ile gerçekleştirilir. Temel fikir, endodontik patların zamanla daha düşük boyutsal stabiliteye sahip olacağından, kanal patı tabakasını azaltırken kanal içindeki güta perkayı maksimize etmektir [93-95].

LK (lateral kondensasyon) tekniklerini uygularken aksesuar konların yerleştirilmesi için boşluk yaratmaya çalışırken diş hasarına neden olabileceği uzun zamandan beri kabul edilmiştir [65, 66]. Bazı yazarlar, LK sırasında aşırı kuvvet kullanımını VKK için tetikleyici olarak düşünmektedir[65, 96]. Bazı yazarlar, spreaderı ana güta perka konunun yanına penetre etmek için hafif kuvvetler (kalem tutmaya benzer) kullanılmasını önermişlerdir [88].

Pitts ve arkadaşları, VKK'ye neden olacak maksimum spreader yükünü kaydetmeye çalışan ilk kişilerdir [66]. Çalışılan 50 dişten 44'nde (%88) VKK mevcuttu. Kırılmaya neden olan en küçük spreader yükü 7,2 kg iken, örneklerin %16'sı 10,0 kg'den daha düşük yüklerde kırılmıştır. Bu sonuçlara dayanarak, yazarlar 5,0 kg'dan daha düşük güvenli bir spreader yükünün kullanılmasını şiddetle tavsiye etmişlerdir.

Daha sonra Wilcox ve arkadaşları, transillüminasyon yoluyla, yalnızca 3.3 kg'lık ince bir spreader penetrasyon yükü altında LK ile doldurulmuş ve daha sonra çekilmiş insan kanin dişlerinin kök kanallarında dentinal defektlerin varlığını tanımlamıştır [97]. Örneklerin üçte birinde, köklerin farklı yönlerine yayılan, tamamlanmamış çatlaklara çok benzeyen sayısız izole dentinal çizgi oluşumunu tespit etmişlerdir. Endodontik literatürde böyle bir bulgu ilk defa bildirildi ve yazarlar bu durumu tanımlamak için "atlak çizgileri" terimini kullanmışlardır [97]. Aynı çalışmada, doldurulmuş kanallar boşaltıldı ve aynı spreader yükü altında tekrar LK ile dolduruldu ve endodontik retreatment prosedürleri taklit edildi. Sonuçlar, %39 oranında VKK insidansına işaret etti. Dikkat çekici olan, önceki çatlak çizgileri olmadığı sürece hiçbir VKK gelişmemiş

olmasıdır. Bu durum, spreader yüklerinin tamamlanmamış çatlaklar veya VKK'ye dönüşecek olan “çatlak çizgileri” geliştirmedeki rolünü gösterebilir [97].

Mevcut bilgilere göre, düşük spreader penetrasyon kuvvetlerinin (3 kg'ın altındaki) endodontik tedavi görmüş dişlerde dentin defekti veya VKK oluşturmaya eğilimli olup olmadığı konusunda fikir birliği yoktur. VKK'ye bağlı diş çekimi endodontide biraz yaygındır. VKK endodontik tedavi görmüş dişlerde ortaya çıktığında, LK en çok kullanılan teknik olmuş gibi görünmektedir; bununla birlikte, bir spreader kullanımının bu yıkıcı olayın tetikleyicisi olarak anlaşılıp anlaşılamayacağı açık değildir, çünkü LK, sıkıştırma olmayan tekniklerle aynı başarı oranlarını göstermiştir.

2.3.2. Güta Perkanın Dikey (Sıcak) Kompaksiyonu

Dikey veya sıcak dikey kompaksiyon (VK), orijinal olarak “kök kanalını üç boyutlu doldurma” adlı klasik çalışmada Schilder tarafından tanımlanmıştır [98]. Temel olarak, homojen ve boyutsal olarak stabil bir güta perka kütlesi elde etmeyi hedefleyen yumuşatılmış güta perka dalgalarının oluşumunu sağlamak için art arda ısıtılmış plugger'ların kullanımını ve kademeli olarak aşağı sıkıştırmayı içerir. Bu teknikle ilgili teknoloji sürekli gelişmesine rağmen VK önemli bir modifikasyona uğramamıştır. Sıkıştırma hala manuel plugger'larla yapılması önerilmektedir, çünkü bu basınç güta perka kanala adapte etmek için kullanılır [98]. Malzemenin plastikleştirilmesi için güta perkanın ısıtılması zorunludur, bu da genel sıkıştırma basıncını düşürür ve böylece dentin duvarları üzerinde güçlü kuvvetlerden kaçınılır.

VK tekniğini uygulayan herhangi bir klinisyen için en büyük endişe, güta perkaların plastisitesi ile ilgili doğru sıkıştırma kuvvetini oluşturmaktır. Zayıf kuvvetler uygulandığında güta perka deformasyonu meydana gelmezken, aşırı güçlü kuvvetlerin uygulanması sonucu kök kırığı oluşabilir. Ricks-Williamson ve diğ.[99], kanal dolununun neden olduğu stresi incelemek için sonlu elemanlar analizi kullanmış ve VK'nın kök boyunca LK'den daha fazla zararlı stres ürettiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, Gimlin ve ark.[89], 2D mühendislik modellerini kullanarak, LK'nin, özellikle spreader ucunda, VK'den daha fazla istenmeyen stres konsantrasyonları üretme ihtimalinin daha yüksek olabileceğini, oysa VK'nin, aynı zamanda kökü tehdit edebilen LK'den daha fazla yanal kuvvet oluşturduğunu göstermişlerdir. Karşıt bir görüş olarak, Telli ve arkadaşları ise sonlu elemanlar modelini kullanarak, uzman bir operatör tarafından kullanıldığında VK'nin dentin için zararlı olmayabileceğini ve yanlışlıkla

aşırı bir kuvvet uygulanmadığını vurgulamışlardır [100, 101]. Ayrıca Saw & Messer [102], VKK kaynağı olarak sıkıştırma kuvveti tarafından kanalda üretilen kama etkisine dikkat çekmişlerdir. Bu yazarlar, kök kanal duvarlarına temas eden büyük plugger'ların kullanımıyla sıcak VK yaparken, kama etkisinin, kanal duvarlarını ayırma eğiliminde olduğuna inanılan çok yüksek değerlere ulaştığını keşfetmiştir[91].

VK'de plugger'lara uygulanan kuvvetler, kanalın boyutu, plugger boyutu, güta perkanın yumuşaklığı, ısı transferinin sıcaklığı ve süresi ve sıkıştırma gibi çeşitli faktörlerden doğrudan etkilenir[98]. Blum ve arkadaşları [90, 91], dikey kuvvetlerin hiçbir zaman 3,0 kg'dan daha yükseğe ulaşamadığını bildirirken, Gimlin ve ark. [89] VK'nin etkin olması için minimum 4,6 kg'lık bir kuvvet olması gerektiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, VK için 2 kg'lık kontrollü bir dikey kuvvet kullanıldığında, Shemesh ve ark.[103] örneklerin %30'unda dentin defekti oluşumunu gözlemlemişlerdir.

VK yaygın olarak kullanılmasına rağmen, bu teknikle ilgili dentinal defekt literatürü LK ile karşılaştırıldığında oldukça sınırlıdır. VK, burada tarif edilen in vitro testlerde kök üzerinde farklı miktarlarda stres üretebilse de literatürün sistematik bir incelemesinde, Peng ve ark. [104] uzun vadeli sonuçlarda VK ile LK arasında bir fark bulamadılar; bu da her iki tekniğin de genel güvenliğini gösterebilir.

2.4.Endodontide Dentinal Mikro Çatlakların İncelenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Değerlendirilmesi

Farklı endodontik prosedürlerin dentinal çatlak oluşumu üzerindeki etkilerini değerlendirmek için endoskopi[105], kızılötesi termografi[106], kontrast madde içeren ve içermeyen mikro-BT [83, 107], stereomikroskopi[108, 109], optik koherens tomografi[74], taramalı elektron mikroskobu[77, 110], kesit alma[69, 75, 108], senkrotron[73], transillüminasyon[111] ve transmisyon elektron mikroskobu[112] dahil birçok yöntem kullanılmıştır. Her bir yöntemin dentinal mikro çatlakların tanımlanmasındaki avantajlarını ve kısıtlamalarını anlamak için, bu çalışmaların kısa bir tanımını yapmak ve ardından farklı çalışmalarda bildirilen temel sonuçların sunulması uygun olacaktır. Ayrıca, dentin çatlaklarının incelenmesi için yöntemleri eleştirel bir şekilde değerlendirmek için, bu alandaki mevcut araştırma sınırlamalarının tam olarak

anlaşılmasını sağlamak için kanal içi çatlak ile ilgili çalışmaların metodolojik tasarımını içeren diğer hususlar ortaya çıkarılmalıdır.

2.4.1 Metodolojik Araçlar

2.4.1.1 Endoskopi

Endoskopi, içine bakmak ve tipik olarak bir endoskop kullanarak içi boş bir organın veya vücut boşluğunun içine bakmak anlamına gelir. Endoskop, ışığı ve video kamerası olan uzun, ince, esnek (veya sert) bir tüpten oluşan ve hastanın vücudunun iç kısmının görüntülerinin ekranda görülebilmesini sağlayan tıbbi bir cihazdır. Endoskop kullanımı, doğrudan görmenin mümkün olmadığı alanların görselleştirilmesini sağlayarak mikrocerrahi prosedürlerde çok yardımcıdır. Endodontide, sadece birkaç yazar apikal cerrahide bir dişin kök uçlarının görüşünü arttırmak için esnek endoskopların kullanıldığını bildirmiştir [105, 113, 114] (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Kesilmiş bir kök yüzeyinin endoskop ile elde edilmiş bir görüntüsü (x8 büyütme). Üç kırık hattı açıkça görülmektedir [105].

Son deneysel çalışmalar [105, 114], endoskop gibi farklı görsel yardımcılarının, kök uç rezeksiyonundan sonra dentinal çatlakları tespit etmedeki etkinliğini karşılaştırmıştır. Genel olarak, bu çalışmalar şunu göstermiştir:

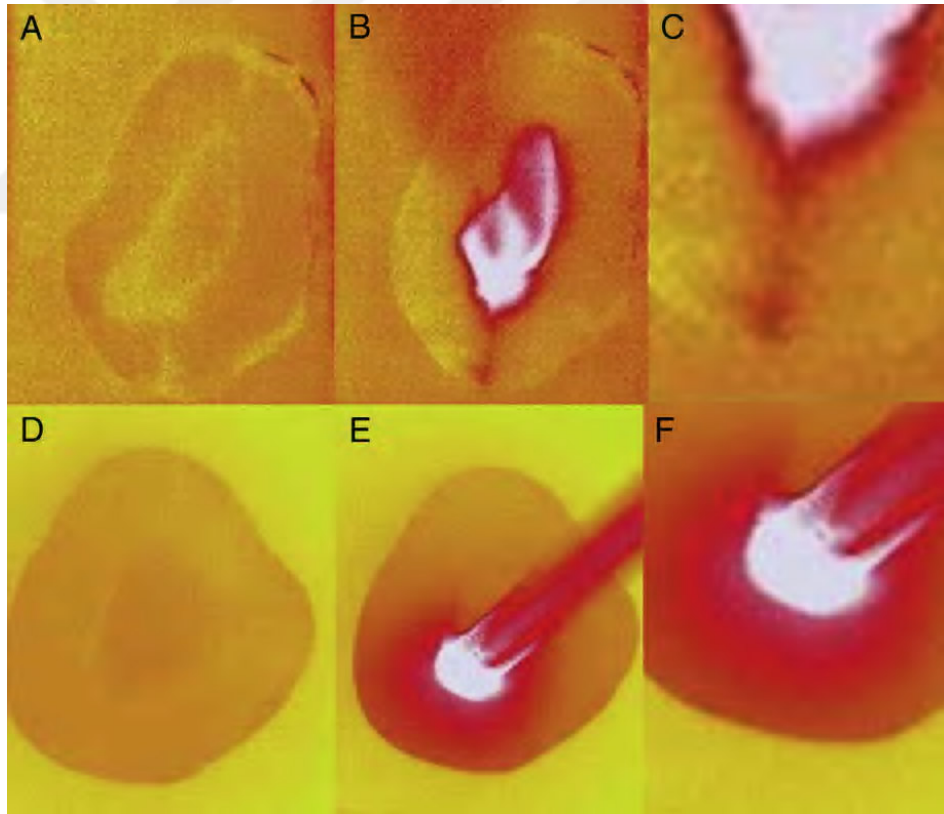
- x64 büyütmede endoskopi, x16 (% 44.1) ve x24 (% 55.2) büyütmelelerdeki dental operasyon mikroskobu ile karşılaştırıldığında kök ucundaki dentinal çatlakların tespitinde en yüksek doğruluk yüzdesini (% 58 - % 66.9) vermiştir.
- Spesifik bir çatlak tipinin tanımlanmasına ilişkin verilerin analizi, endoskopinin hassasiyetinin, tam kanal çatlakları için, tamamlanmamış kanal çatlakları ve intradentin çatlaklarına kıyasla her zaman daha iyi olduğunu göstermiştir.
- x8 ve x64 büyütmede endoskopi, x16 ve x24 mikroskopi ile karşılaştırıldığında (her biri % 4.8), daha fazla yanlış-pozitif çatlak teşhisi (% 6.9 ve % 12.4) göstermiştir. x64 endoskopi, tamamlanmamış kanal çatlakları (% 13.7) ve intradentin çatlaklar (% 40) için nispeten yüksek yanlış pozitif sonuçlar vermiştir.
- x64 büyütmede bir endoskop kullanıldığında, optik lens ve ışık kaynağı kök uç yüzeyine (0,5-1 mm) çok yakındır ve rezeksiyon frezinin neden olduğu oluklar veya yüzey düzensizlikleri, ışık yansımada bir değişikliğe neden olabilir; bu da bir çatlak yanlışması yaratır.

Bir endoskobun ve dental operasyon mikroskobunun duyarlılık / özgülüğünden, taramalı elektron mikroskobu üzerinde alınan aynı örneklerin referans görüntülerine dayanarak hesaplandığından söz etmek gerekir.

2.4.1.2 Kızılötesi Termografi (Vibrothermography veya VibroIR)

Kızılötesi termografi, bir tür kızılötesi dedektör kullanarak nesnelerin yüzeyindeki tahribatsız, müdahalesiz/kesintisiz (non-intrusive), termal modellerin veya “termogramların” temassız olarak haritalanmasıdır. Dolayısıyla, termografik inceleme, parçaların, malzemelerin veya sistemlerin, nesnenin yüzeyindeki termal modellerin görüntülenmesi yoluyla tahribatsız incelenmesi anlamına gelir [115]. Endodontide, bir araştırma grubu bu yöntemi yeni çekilmiş 20 insan dişindeki temizleme ve şekillendirme prosedürlerinden sonra dentinal mikro çatlakları belirlemek için kullanmıştır [106] (Şekil 2.4). Yazarlara göre:

- VibroIR yöntemi, 4 ila 35,5 μm genişliğindeki mikro çatlakları tespit etmek için yararlı olabilir. Çatlak dar olduğunda, çatlak yüzeyleri arasındaki temas alanı artar, bu da yüzeyler arasında sürtünme ısısı oluşturmayı kolaylaştırır. Çatlak genişliği 42 μm 'yi aştığında, çatlak yüzeyleri arası geniştir ve daha az temas alanı vardır. Dolayısıyla sürtünme ısısı üretilmeyebileceğinden çatlakların bu yöntemle belirlenmesi zorlaşabilir.
- Ultrasonik titreşim açısı 90° 'yi aştığında mikro çatlakları tespit etmek zordur, çünkü titreşim noktası ile çatlak arasındaki mesafe artar ve ultrasonik titreşim kök dentini içinden geçerken azalır. 45° 'nin altında, hemen hemen tüm mikro çatlaklar tespit edilmiştir; bu, ultrasonik ucun, mikro çatlakların tespiti için kanal çevresindeki kök yüzeyinde dört farklı titreşim noktasına temas etmesine izin vermek için önerilen açının (45°) olacağını göstermektedir.



Şekil 2.4. (A) Ultrasonik uç ile titreşim öncesi kök yüzeyi. (B) Titreşim ile birlikte sıcaklık artışının dentin mikro çatlağını göstermesi. (C) B'deki mikro çatlağın büyütülmüş görüntüsü. (D-F) Mikro çatlak olmayan kontrol grupları. (D) Ultrasonik uç ile titreşim öncesi kök yüzeyi. (E) Titreşim ile mikro çatlak saptanmamıştır. (F) E'nin büyütülmüş görüntüsü [106].

Burada tarif edilen yöntemin uygulanabilirliğine rağmen, ultrasonik titreşim tarafından üretilen sürtünme ısısının büyüklüğünün ve yönünün mikro çatlakların oluşumunu ve artışını etkileyeceği dikkate alınmalıdır.

2.4.1.3 Optik Koherens Tomografi (OCT)

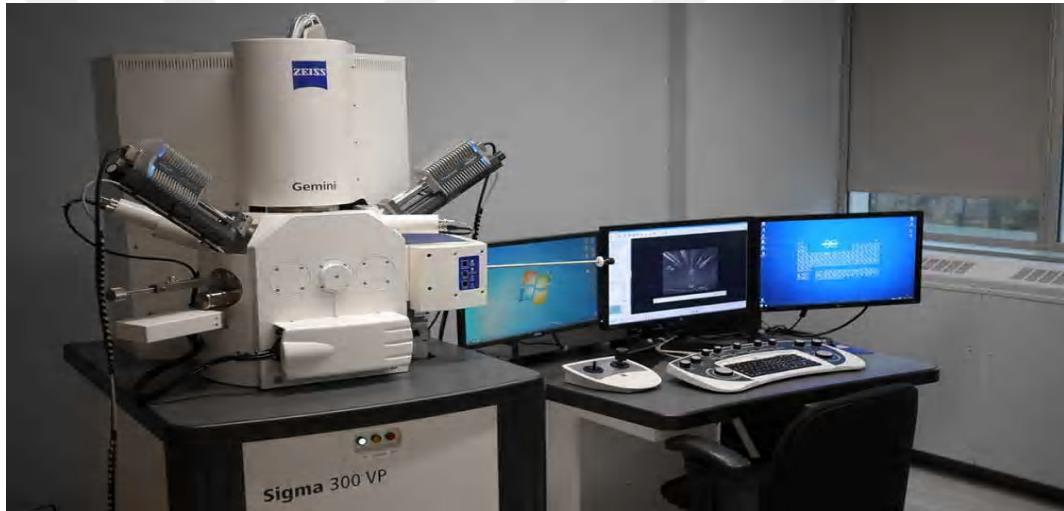
Optik koherens tomografi (OCT), eko zaman gecikmesini ve geri saçılan veya geriye yansıyan ışığın yoğunluğunu kullanarak, farklı optik özelliklere sahip olması gereken yapılarının boyutlarını ölçerek, malzeme veya doku [116] içindeki mikro yapının yüksek çözünürlüklü (1-15 μm), enine kesitsel tomografik görüntülemesini gerçekleştirir. Kısaca, bir kaynaktan gelen ışık bir ışın ayırıcıya yönlendirilir; ışınlardan biri görüntülenecek örneğe odaklanırken, ikinci ışın değişken bir yol uzunluğu ve zaman gecikmesi olan bir referans yoluna gider. Örnekten gelen geri saçılan ışığa, referans kolundan yansıyan ışığa müdahale edilir ve interferometrenin çıkışında bir fotodedektör ile tespit edilir. Bu nedenle, doğal olarak OCT'nin yüksek çözünürlüğü, doku mimari morfolojisi gibi özelliklerin yanı sıra bazı hücrel özelliklerin görüntülenmesine izin verir; ancak ışık, çoğu biyolojik dokular tarafından oldukça dağıtılır [116], bu da dentinal mikro çatlak değerlendirilmesinde temel dezavantaj olabilir. Bununla birlikte, benzersiz özellikleri çok çeşitli araştırma ve klinik uygulamaları mümkün kılar. Endodontide, intrakanal anatomisinin, preparasyondan sonra kanalın temizliğinin ve hatta perforasyonların değerlendirilmesinde OCT teknolojisinin uygulanabilirliği daha önce gösterilmiştir [117]. 2008 yılında Shemesh ve ark. [74] bir OCT sisteminin VRF'yi farklı koşullar altında teşhis etme yeteneğini değerlendirdi ve şunları bildirmiştir:

- OCT yönteminin özgüllüğü, duyarlılığı ve güvenilirliği, VRF tanısı için yüksek veya çok yüksek olarak kabul edildi.
- Dentin tübüllerinden ışığın girmesi, kanal duvarlarının ötesinde ve bazı durumlarda sement tabakasına kadar yapıların görüntülenmesini sağlar.
- Tübüller tıkanır, kanal duvarlarının ötesinde veya dentinin daha kalın olduğu bölgelerde daha düşük kaliteli görüntülemeye yol açan daha az ışık nüfuz edebilir.
- Her ne kadar bu sistemin düzlem içi çözünürlüğü optik mikroskoptakine benzer olsa da 10 μm altındaki mikro çatlakları tespit etmek imkansızdır.

- Çatlaklar, daima oluştukları yerde görüntülenir ve kök duvarının dışına kadar tamamen ilerlemeseler bile, yine de OCT ile görüntülenebilirler. Sonuç olarak, OCT hem VKK'yi tanımlama hem de kök boyunca (VKK'nin) kendi spesifik konumunu tespit etme potansiyeline sahiptir.

2.4.1.4 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

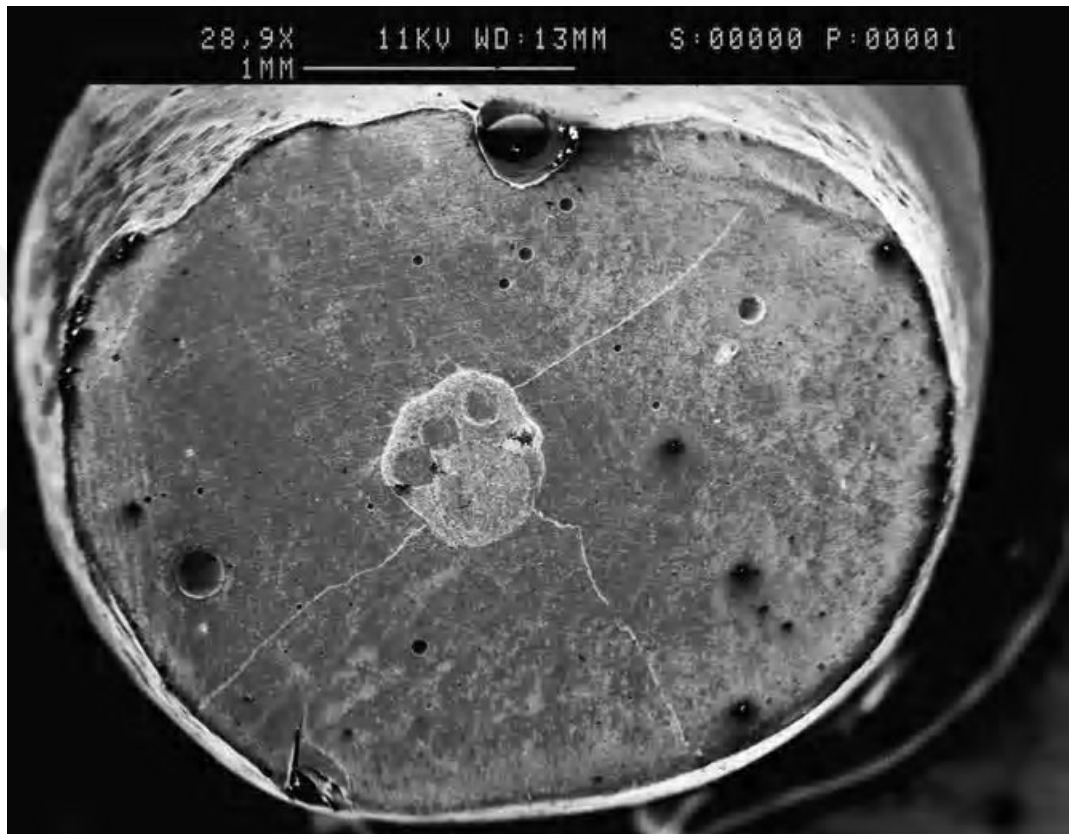
Taramalı elektron mikroskobu (SEM), numunenin dış morfolojisi, kimyasal bileşimi ve kristalli yapısı ile ilgili bilgileri açığa çıkaran katı örneklerin yüzeyinde çeşitli sinyaller üretmek için yüksek enerjili elektronlardan oluşan bir odaklanmış ışın kullanır (şekil 2.5).



Şekil 2.5. Zeiss Sigma 300 VP-FESEM tarama elektron mikroskobu [118].

SEM'de topografik inceleme için gereken ikincil elektron sinyalini iyileştirmek için, dış gibi iletken olmayan veya zayıf iletken bir örnek, genellikle yapısını korumak ve stabilize etmek için kimyasal fiksasyon gerektirir. Bu, numunenin dehidrasyonunu gerektirir, bu da dokuların çökmesine ve büzülmesine neden olabilir. Daha sonra, örneğin, elektrik iletken metal (örneğin, altın, altın / paladyum, platin, gümüş, krom veya iridyum) uygulanarak ultra ince bir kaplama (2-20 nm kalınlık aralığında) ile yüksek vakum altında püskürtmeyle kaplanması gerekir. Bu hazırlık işleminden sonra, gerçek dentinal defektleri vakumlu kurutma sırasında oluşan yapay defektlerden ayırt etmek mümkün değildir [119]. Bu sorunun üstesinden gelmenin iki yolu, iletken olmayan numuneler için metalizasyon gerektirmeyen yüksek kaliteli replikasyon tekniğini [120] veya çevresel taramalı elektron mikroskopisini (ESEM) kullanmaktır ve gözlem, düşük

vakumlu koşullarda gerçekleştirilebilir, biyolojik numunelerde hazırlama prosedürlerinden kaynaklanan hasarı en aza indirir. Her ne kadar SEM tekniği, dentinal çatlak oluşumunu değerlendirmek için kullanılsa da [112, 121, 122], kök kanal preparasyonu [77, 123] ve kanal dolumundan sonra [77, 123] mikro çatlakları değerlendirmek için sadece birkaç çalışma bu yöntemi kullanmıştır.



şekil 2.6. Kesilmiş kök yüzeyinde bir tamamlanmamış çatlak (st sağda) ve iki tamamlanmış çatlak (altta) gösteren SEM görüntüsü (x 28,9 büyütme) [105].

Dang ve Walton [124], SEM analizi kullanılarak 40 örnekten sadece ikisinde (%5) LK (lateral kompaksiyon) doldurma prosedürlerinden sonra tamamlanmamış VKK bulmuştur. Yazarlar, kırığın kanal dolumu öncesi veya sırasında meydana gelmediğini belirten, kırık hattının içinde herhangi bir kanal patı olmadığını bildirmiştir. Bu nedenle, “kesit alma sırasında veya SEM'in hazırlanmasından kaynaklanan kırıklar” olduğu sonucuna varmışlardır [124]. Özetle:

- SEM teknolojisi, örnek yüzeyinin 1 nm'den küçük ayrıntılarını ortaya çıkaran çok yüksek çözünürlüklü görüntülerini üretir.
- Çok dar elektron ışını nedeniyle, SEM mikrografları, bir numunenin yüzey yapısını anlamak için kullanışlı, üç boyutlu bir görünüm kazandıran geniş bir alan derinliğine sahiptir.
- Çok çeşitli büyütmelemler mümkündür; bununla birlikte, bu teknoloji, özellikle yüzey altı dentinal çatlakların, (örneğin çatlak derinliği) seviyesinin değerlendirilmesine izin vermemektedir.
- SEM'de inceleme için bir vakum altında numune hazırlamak zordur, çünkü numune hazırlama işlemi sonuçların yanlış yorumlanmasına yol açan ek çatlaklar ve artefaktlar meydana getirebilir.
- SEM, daha az numune hazırlığı gerektiren geleneksel optik mikroskopten daha maliyetlidir ve çok daha fazla emek gerektirir.

2.4.1.5 Kesitsel Metodlar

Bir diş çatlağı, dentin duvarının iç yüzeyine uzanabildiğinden, çatlaktan etkilenen diş yüzeyinin doğrudan görselleştirilmesini sağlamak için numunenin kesitini kullanan yıkıcı yöntemler, şüphesiz bu araştırma alanında en yaygın olanıdır. Kesit alma modelleri, diş kademeli olarak görmek için düşük hızda ince bir elmas bıçak kullanımı, ısınmayı en aza indirmek ve diş yapısına daha fazla zarar vermemek için bol su yıkamasından oluşur.

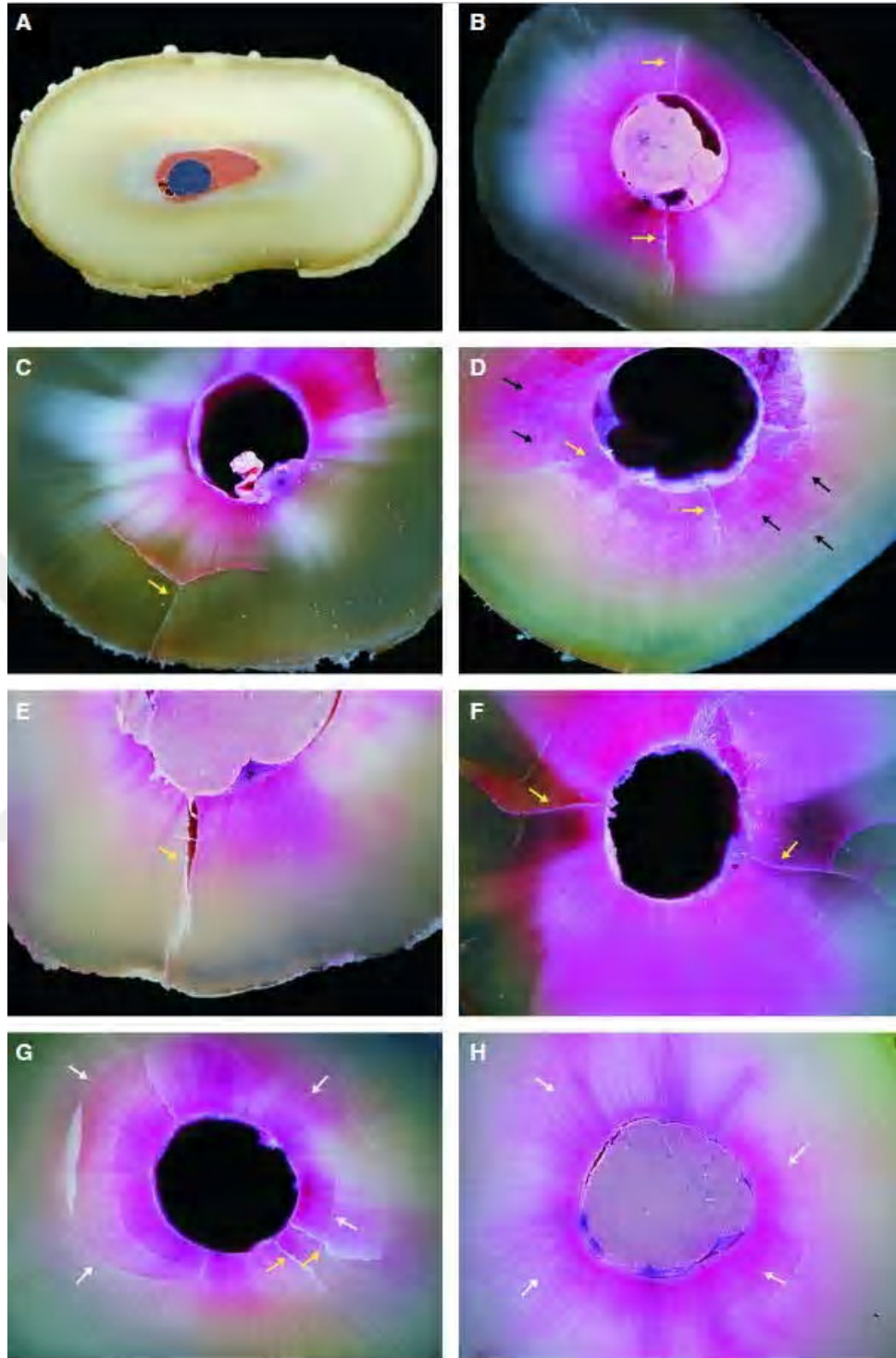
Kesit alma teknikleri, endodontide yayınlanmış çok sayıda araştırmada, kesim için örnek hazırlamada küçük farklılıklar ile kullanılmıştır. Yazarlar genellikle kesiti alınacak belirli kök seviyesini seçmişlerdir. Bu seviyeler literatürde büyük farklılıklar gösterir ve büyük ölçüde çalışmanın spesifik amacına bağlıdır.

Her ne kadar ilk bakışta, kesit alma tekniklerini kullanan dentinal mikro çatlaklar üzerine yapılan çalışmalar deneysel olarak sağlam gözükse de yöntemin yıkıcı yaklaşımı dentin dokusunun operasyon öncesi durumu bilinmediğinden, büyük bir engeldir. Diğer bir sınırlama, geleneksel kesit alma tekniklerinin, kök boyunca birçok defektin gözden kaçırılma ihtimaliyle birlikte, diş başına sadece birkaç kesitin değerlendirilmesine olanak sağlamasıdır. Aslında, kesit alma teknikleri kökün uzun

ekseni boyunca gelişen mikro çatlakları ve çatlak çizgilerini değerlendiremez. Bu önemli bir sınırlamadır, çünkü bu tür defektlerin dikey uzantısı, dentinal defektin boyutu ile bir VKK gelişme potansiyeli arasındaki bağlantı hakkında daha iyi bilgi sağlayacaktır [73].

Bugüne kadar, kanal içi prosedüre bağlı çatlaklar alanındaki bilgi birikimi, kökten kesit alma temelli çalışmalarda yapılan gözlemlerden kaynaklanmaktadır ve bazı notlar alınabilir:

- Genellikle apeksten 1, 3, 7 veya 9 mm veya 2, 4, 6 veya 8 mm uzaklıkta 3 veya 4 kesit alınmıştır.
- Bir stereomikroskop, numunelerin görselleştirilmesinde en çok kullanılan araçtır.
- Görüntüler genellikle özel görüntü işleme yazılımı kullanılarak kontrol edilmiştir.
- Sadece birkaç çalışma, çatlakların görselleştirilmesini geliştirmek için kök dilimlerinin yüzeylerini parlatmıştır (şekil 2.7).



Şekil 2.7. (A) Bir kesit tekniği kullanarak dentinal mikro çatlakların çalışması için alınan stereomikroskopik yüksek kaliteli görüntü. (B-H) Kök kanal şekillendirmesi ve dolumu yapılmış farklı dişlerin boyanmasından sonraki enine kesit görüntülerinde tamamlanmış veya tamamlanmamış çatlaklar (sarı oklar) görülmektedir. Kök kanalı içinden başlayan (B,D,E,F ve G) ve kökün dış yüzeyinden başlayan (C) çatlakların yanında, çatlak çizgileri de (D’de siyah oklar, G ve H’de beyaz oklar) görülmektedir [28].

2.4.1.6 Stereomikroskop

Dentinal defektler üzerine yapılan birçok kesit çalışması, bir tür yansımali ışık mikroskobu olan stereomikroskop ile doğrudan gözleme dayanır. Stereomikroskoplarda iki ana büyütme sistemi türü vardır: Birincil büyütmenin, belirli bir büyütme derecesine sahip olan bir çift objektif mercek seti tarafından gerçekleştirildiği sabit bir büyütme ve ayarlanan aralık boyunca sürekli değişken büyütme derecesine sahip olan zoom. Ayrıca hem sabit hem de zoom sistemlerinde toplam büyütme çeşitlilik gösterebilir.

Mikroskop, küçük nesnelere, özellikle çıplak göz tarafından görülmeyecek kadar küçük olan nesnelere büyütülmüş görüntülerini elde etmek için mercek veya mercek kombinasyonunu kullanan optik bir alettir. Büyütmenin, görsel değerlendirme, dentisyon ve destek dokulardaki koşulların teşhisi için gelişmiş bir araç olarak kullanılması, son 15 ila 20 yıl içinde giderek daha yaygın hale gelmiştir[125]. Geleneksel görselleştirme (yardımsız veya oküler yardımcı) klinisyenin diş çatlaklarının çoğunun varlığını veya ciddiyetini değerlendirme yeteneğini sınırlar. Cerrahi bir ortamda kullanılmak üzere özel olarak tasarlanmış bir optik mikroskop olan, dental operasyon mikroskopları kullanan deneyimli klinisyenler, x16'nın, mine çatlaklarının değerlendirilmesi için, x14 ila x18 aralığında bir ideal büyütme seviyesi sağladığı konusunda genel bir fikir birliğine varmıştır. x16 büyütme seviyesi, mine çatlakları hakkında optimal bilgi sağlar ve günümüzde mikroskopların çoğunun sahip olduğu büyütme aralığı içindedir. Başka bir çalışma, kök ucu rezeke edilmiş çekilmiş insan dişlerinde artan büyütme oranlarında çatlak tanımlama doğruluğunun arttığını göstermiştir, ancak genel doğruluk oranı % 39 ila % 58 arasında değişmektedir[126]. Kök ucu rezeksiyonu sonrası çekilen azı dişlerinde yapay olarak oluşturulan çatlakları değerlendiren çalışmalarda beklenenden daha düşük olabilecek benzer sonuçlar da gözlenmiştir[105, 114]. Genel olarak, yazarlar yardımsız görüş için %39 doğruluk, louplar (x3.3) için % 45 doğruluk ve mikroskop (x10) için % 53 doğruluk bildirmiştir.



Şekil : 2.8 Stereo mikroskop [127].

Çatlak oluşumu üzerine yapılan deneysel çalışmaların çoğu, preparasyon [75, 78, 128], kanal dolumu [67, 129, 130] ve retreatment [110, 130, 131] protokollerini değerlendirmek için kesilmemiş apikal kök yüzeylerini [82, 109, 132] veya farklı seviyelerde kesilmiş bir kök seviyesini değerlendirmek için bir stereomikroskop kullanmıştır. Bu çalışmalar, yüksek düzeyde aydınlatma altında, x8 ila x100 arasında değişen orijinal büyütme kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Genel olarak, kök yüzeyindeki ışık yansımaları ve düzensizlikler olmak üzere iki faktör, dentinal çatlakların tanımlanmasını zorlaştırır ve gözlemcilerle göre değişen sonuçlara neden olabilir. Kesilen kök yüzeyindeki düzensizlikler, kesilen kök ucuna dik olarak gelen ışığın, bazı çatlakların varlığını gizlemiş olabilecek şekilde yansıtılmasına neden olmuştur. Benzer şekilde bu yansıyan ışık, olmayan yerde çatlak görüntüsü vermiş olabilir [133].

2.4.1.7 Senkrotron Radyasyona Dayalı Mikro Bilgisayarlı Tomografi (SRCT)

Mikro-BT, yıkıcı enine kesitleri ortadan kaldıran ve minimal örnek hazırlama süreci ile üstün çözünürlük ve görüntü kalitesi sağlayan mükemmel bir tekniktir. Bununla birlikte, laboratuvar kaynaklı bir X-ışınının maksimum gücü, sonuçta mevcut X-ışını akımı için bir üst sınırla sınırlıdır. X-ışını senkrotron radyasyonu (SRCT) kullanan mikro-BT, geleneksel bilgisayarlı tomografi ile aynı mantığı kullanmaktadır, ancak senkrotron radyasyonu kullanımından kaynaklanan birkaç avantaja sahiptir. Özellikle, senkrotron radyasyonu, geniş ve sürekli bir enerji spektrumundan küçük bir enerji bant genişliğine sahip X-ışınları seçme imkânı sunar ve aynı zamanda, verimli görüntüleme için yeterince yüksek bir foton akışı sağlar. Ayrıca, senkrotron radyasyonu kullanımı, araştırılan numunelerdeki farklı fazların kontrastını optimize etmek için seçilen foton enerjisinin ayarlanmasına izin vererek yüksek uzaysal çözünürlüklü görüntülerin (10 mikron ila 1 mikron arasında) yüksek bir sinyal-gürültü oranı ile oluşturulmasına izin verir.

SRCT, dalga boyu 0,10 ila 0,01 nm arasında olan ya da 10 ila 120 keV aralığında enerjiye sahip “sert” X ışınları olarak adlandırılan yüksek enerjili X ışınları üretir. Yüksek enerji nedeniyle sert X ışınları, yumuşak X ışınlarına göre maddelerin daha derinine nüfuz eder.

Literatürde sadece bir çalışmada SRCT, mandibular molar dişlerin 6 mesial kökünü ve maksiller molar dişlerin 6 distobukkal kökünü rotary (ProTaper S1-F2) ve resiprokal (WaveOne Primary) enstrümanları ile kök kanal şekillendirmesinden sonra dentinal mikro çatlak varlığı açısından kontrast madde kullanmadan değerlendirmek için kullanılmıştır [73]. Dentinal defektlerin varlığı, her numunenin en apikaline komşu 420 yatay kesitin analizi ile değerlendirildi ve her iki grupta da çatlakların görüldüğü kesit oranının, enstrümantasyondan sonra her iki grupta da önemli ölçüde arttığı bulunmuştur. SRCT teknolojisi ile ilgili olarak:

- Bir SRCT tesisine erişim kolay değildir çünkü dünyada sadece birkaç tane vardır. Bu yüzden çoğu tesis, araştırma teklifinin önceden değerlendirilmek üzere sunulmasını talep eder. Nihai puan, hakemlerin sağladığı bireysel puanlara dayanarak, her bir alt komitenin verdiği kriterlere göre verilen ortalama puan temelinde ağırlıklandırılır. Teklif derecelendirmesine dayanarak, araştırmanın ışın süresini (beamtime) almayı hak edip etmediğine karar verilir.

- Tahsis edilen/ayrılan kayma(shift), numune başına dört saate kadar sürebilen gerekli tarama serileri için sürekli olarak kullanılması gereken belirli bir saat süresindeki bir bloktur (örneğin bir ışın süresi genellikle 8 saatlik bir kaymayı temsil eder).
- SRCT'yi kullanan prosedürler genellikle zaman alıcı ve maliyetlidir.

2.4.1.8 Transilüminasyon

AAE'ye (Amerikan Endodontistler Birliği) göre, transillüminasyon en fazla bilgiyi sağlayan ve bir çatlak olup olmadığını kolayca gösteren tespit yöntemidir. Transillüminasyon, anormallikleri kontrol etmek için ışığın bir vücut bölgesi veya organ boyunca parlamasıdır. Klinik ortamında, transillüminatörler dışındaki diğer ışık kaynakları (örneğin; dental operasyon mikroskobu, fiber optik el aleti, kompozit ışık cihazları) önerilmemektedir, çünkü göz hasarına neden olabilirler.

Bu yöntem bazı yazarlar tarafından dentinal mikro çatlak tanısı için [133] ve laboratuarlarda, kök kanal preparasyonu [111, 134], dolumu [67, 97, 124, 129] ve kök ucu rezeksiyonu [105] sonrası çatlakların görülme sıklığını araştırmak için kullanılmıştır. Wilcox ve arkadaşlarına göre [97], çatlak çizgileri gibi dental defektler sadece transillüminasyonla görülebilir; bununla birlikte, bu yöntem kliniklerde geleneksel çatlak teşhisi için muhtemelen en yaygın yöntem olmasına rağmen, transillüminasyon büyütme olmadan kullanıldığında iki ana dezavantaj bildirilmiştir:

- Tüm çatlakları, çatlak çizgilerinin yapısal çatlaklar olarak görüldüğü ve ince renk değişimlerinin görünmez hale geldiği noktaya kadar abartmaktadır [133].

Bu yüzden, bazı yazarlar, dişlerdeki radiküler çatlakları ve kırıkları vurgulamak için boyama maddelerinin veya boyaların (örneğin; metilen mavisi, çürük belirleyici ve flüoreserin) ilave kullanımını önermiştir [135, 136]. Wright ve arkadaşlarına göre [111], kök ucunu bir boya ile kombinasyon halinde transilümüne etmek, kök ucundaki dentinal çatlakları teşhis etmenin en doğru yolu gibi görünmektedir. Bununla birlikte, bazı sınırlamalar da belirtilmiştir [133]:

- Boya maddeleri, yüzeyde bir kırık olmadıkça, çatlak çizgilere akamaz. Bir çatlak, kırık veya yarık olarak ilerlediğinde, bunlar boyalarla boyanabilir.
- Plak bolca lekelenir(boyanır) ve boyanın yenilenmesi gerekebilir.

- Hafifçe dekalsifiye olmuş mine ve dentin, boyayı emerek çatlakları gizleyebilir.
- NaOCI'ye uzun süre maruz kalması, dentin tarafından boyanın yoğun şekilde emilmesine neden olabilir.
- Metilen mavisi, minede daha derin olan ince renk değişikliklerini gizler.
- Boyalar, iyi huylu çatlakların veya basit anatomik olukların yapısal çatlaklar olduğuna mikroskop kullanan deneyimsiz bir araştırmacıyı inandırabilir.

2.4.1.9 Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM)

Transmisyon elektron mikroskobu (TEM), yüksek enerjili elektronların odaklanmış bir ışınını kullanan ve yüksek çözünürlüklü (1 nm'nin altında) ve yüksek büyütme (1.000.000x'e kadar) görüntüleme ile ayrıntılı mikro yapısal incelemeye izin veren analitik bir araçtır. Elektron ışını altındaki ışınlama sayesinde bir görüntünün elde edildiği herhangi bir teknolojiye olduğu gibi TEM, ya ön hazırlık aşamalarında / numune inceltme işleminde ya da elektron ışınının etkisi altında gözlem sırasında artefakt üretme eğilimindedir. Bu, yanlış pozitif mikro çatlak teşhisi oluşturabilen artefakt oluşumuna karşı daha yüksek hassasiyet nedeniyle, dişler gibi biyolojik örneklerde daha da kritiktir.

Her ne kadar dentinal mikro çatlakların yapısal modifikasyonları SEM kullanılarak çatlak yüzey gözlenerek değerlendirilmiş olsa da TEM kullanılarak dentin içindeki mikro çatlakların kesitsel gözleminde çok az deneme yapılmıştır. Kubo ve ark. [112] dentinal mikro çatlak yayılımı ve insan yaşlanması arasındaki ilişkiyi araştırmak için ultra-yüksek voltajlı elektron mikroskobu tomografisi (UHVEMT) ile TEM kullandı ve bulgularından aşağıdaki sonuçlar elde edildi:

- TEM, ilave kurutma prosedürleri olmadan, sadece yüzeyde değil, numunedeki mikro çatlakların ultrayapısal yayılımının görselleştirilmesine ve değerlendirilmesine izin verir.
- Çatlak yayılımı ve tübüller arasındaki üç boyutlu morfolojik etkileşimler UHVEMT ile gözlenmiştir.
- UHVEMT'nin kullanımının avantajları arasında, yüksek çözünürlükte rastgele kesitlerde görüntü elde etme olasılığı bulunur.

- Yaşlı dentin içerisindeki doldurulmuş tübüller, peritübüler dentin etrafındaki çatlak yayıldıkça ve tübüllere nüfuz etmediğinden, genç dentin içindeki mikro çatlaklar tübüllere nüfuz ettiğinden lokal sapmalar ile sonuçlanmıştır.
- Mikro çatlakların yayılma düzenleri, koronal ve kök dentin arasında farklılık göstermektedir. Bu fark peritübüler dentin kalınlığı ile açıklanmıştır.

2.4.1.10 Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT)

Bilgisayarlı tomografi tarayıcısının icadından 10 yıl sonra, Elliot & Dover [137] ilk yüksek çözünürlüklü X ışınlı mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) cihazını geliştirdi ve 12 µm çözünürlük kullanarak, *Biomphalaria glabrata* salyangozunun kabuğunun görüntüsü elde edildi. Bu yeni cihazdaki “mikro” terimi, kesitlerin piksel boyutlarının mikrometre aralığında olduğunu belirtmek için kullanılmıştır. Bu ayrıca makinenin insan versiyonuna kıyasla tasarımda daha küçük olduğu ve daha küçük nesnelere veya hayvanları modellemek için kullanılabilmesi anlamına gelmektedir. Günümüzde, in vivo insan görüntüleme için mikro-BT kullanılması imkânsızlığına rağmen, kök kanal anatomisi çalışması ve kök kanal tedavisi ile ilgili farklı prosedürlerin değerlendirilmesi için en önemli ve doğru araştırma aracı olarak kabul edilmiştir [138-141].

Geleneksel medikal tomografi gibi, mikro-BT de orijinal modeli bozmadan daha sonra bir sanal modeli yeniden oluşturmak için kullanılacak bir üç boyutlu nesnenin kesitlerini oluşturmak için X-ışınları kullanır. Mikro-BT çoğunlukla canlı olmayan nesnelere kullanıldığı için, tarayıcılar incelenen maddelerin hareket etmediğinden ve X-ışınları tarafından zarar görmemesinin avantajlarından yararlanacak şekilde tasarlanmıştır. Temel olarak, mikro-BT teknolojisi, geleneksel BT'ye göre 4 optimizasyon kullanır:

- i) Yoğun materyallere nüfuz etmede daha etkili olan yüksek enerjili X-ışınları kullanır.
- ii) Uzun ışınlama süresi zayıflamış çıkış gücünü kompanse edip sinyal-gürültü oranını artırır ve kaynakların ve dedektörlerin etkinliğini artırır.
- iii) X ışını odak noktaları daha küçüktür ve X ışını çıktısının değerinde artan bir çözünürlük sağlar.
- iv) Dedektörler daha hassas ve daha yoğun bir şekilde paketlenmiştir, bu da tespit verimliliğini ve çözünürlüğü artırır [142].



Şekil 2.9. Bruker SkyScan 1272 µCT tarama cihazı.

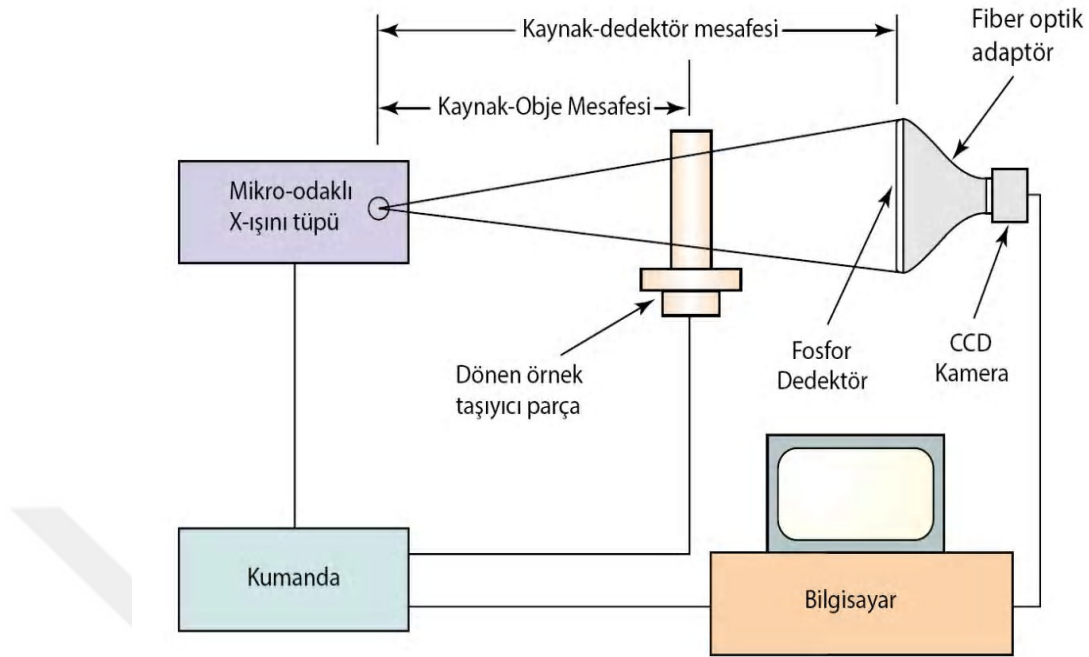
Son yıllarda mikro-BT birçok araştırma alanında rutin mikroskopi tekniği olarak kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde mikro-BT tarayıcılarının kullanım alanları:

- Morfometrik ölçümlerin yapılması,
- Kök kanal morfolojisinin incelenmesi,
- Kök kanal tedavisi prosedürlerinin değerlendirilmesi,
- Modelleme,
- Kraniofasiyal kemik yapının incelenmesi,
- Diş dokusu mühendisliği,
- Diş sert dokularının mineral yoğunluklarının incelenmesi,
- Dental implantların incelenmesi olarak bildirilmiştir [143].

Mikro-BT teknolojisi endodontik araştırmada, geliştirilmesinden 13 yıl sonra kullanılmıştır ve “Mikro Bilgisayarlı Tomografi: Ayrıntılı Endodontik Araştırma için Gelişmiş Bir Sistem” başlıklı bir makale ile rapor edilmiştir [144]. Bu çalışmada, Nielsen ve ark. mikro-BT'nin “araştırma için gelişmiş bir sistem olarak potansiyele

sahip olduğu, aynı zamanda heyecan verici temel bir interaktif eğitim aracı olduğu” sonucuna varmışlardır. Mikro-BT tarayıcıların daha da gelişmesiyle, veri toplama hızındaki, çözünürlük ve görüntü kalitesi gelişmeler, sayısal yöntemleri kullanan ilk çalışmalarla [145-148] karşılaştırıldığında, voksel boyutlarınının 40 mikrometrenin altına düşmesiyle [149, 150], daha büyük bir doğruluk sağlamıştır. Bu nedenle mikro-BT, endodontik araştırmalarda artan bir önem kazanmıştır, çünkü kök kanal sisteminin iki ve üç boyutlu doğru değerlendirmesi için nicel ve nitel olarak uygulanabilecek yıkıcı olmayan tekrarlanabilir bir teknik sunmaktadır [138].

BT, bir cisimden bir eksen etrafında birçok açıdan X-ışını izdüşüm görüntüleri elde edip, tomografik devamlı bir transaksiyel (incelenen örneğin uzun eksenine dik) görüntü dizisi oluşturmak için tomografik yeniden yapılandırma algoritması uygulayan üç boyutlu bir X-ışını görüntüleme yöntemidir [151]. Mikro-BT tarayıcısının çalışma prensibi örneğin üzerine birden fazla X-ışını hüzmesinin gönderilerek bu ışınların bir sensör tarafından yakalanmasını içermektedir. Sensöre ulaşan X-ışınları dijital görüntüye dönüştürülmektedir [152]. Rotasyon yapan bir örnek taşıyıcı parça, x-ışını kaynağı ile dedektör arasında bulunmaktadır. Kaynak-obje ve kaynak-dedektör mesafeleri uygun geometrik büyütme elde etmek için ayarlanmaktadır. Genelde kaynak-dedektör mesafesi yaklaşık 20 cm iken kaynak-örnek mesafesi 7-18 cm aralığındadır. X-ışını izdüşümleri fiber optik küçültmeli CCD (Charge Coupled Device) sensöre bağlı bir dedektör vasıtasıyla yakalanmaktadır. Fiber optik küçültme ile görüntünün boyutu küçültülmektedir. Görüntünün elde edilmesi esnasında bilgisayar x-ışını tüpünü ve örnek yerleştirme parçasını yüzlerce açısal pozisyonda x-ışını izdüşümü elde etmek için kontrol etmektedir [153]. Mikro-BT uygulamasındaki esas önemli nokta en kısa zamanda tam bir veri seti yakalayıp uygun matematiksel algoritmalar ile üç boyutlu hacimsel görüntüyü oluşturmaktır [154].

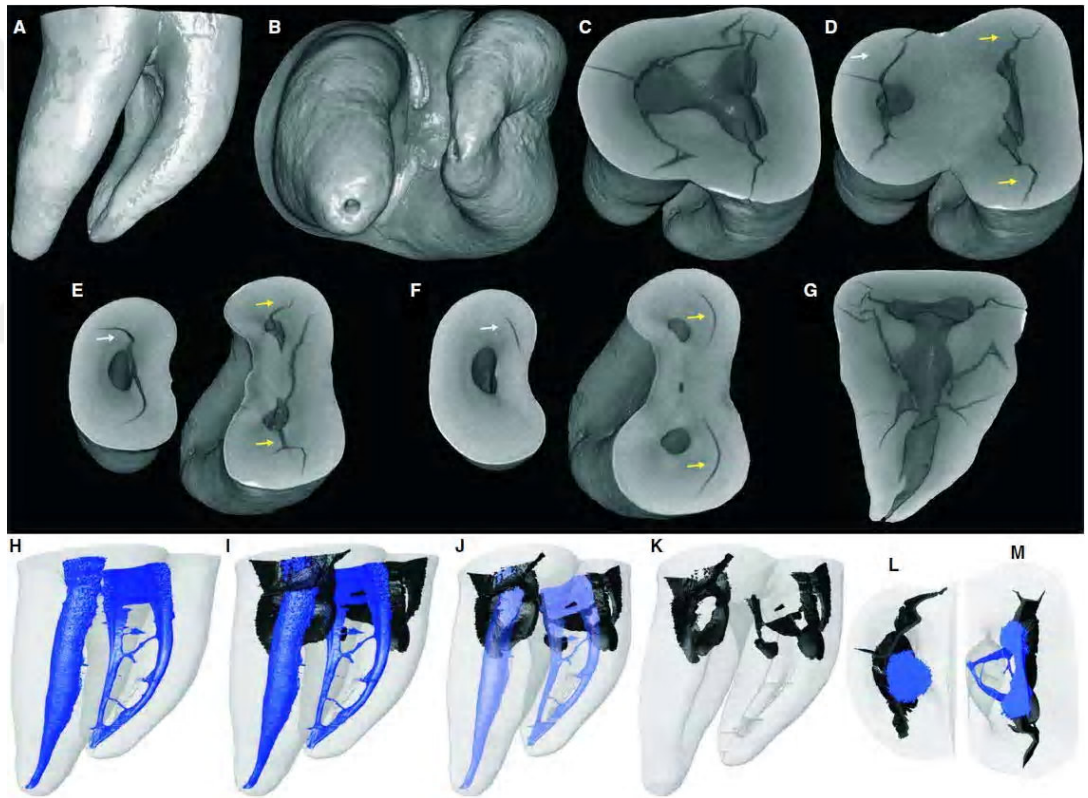


Şekil 2.10. Mikro-BT tarayıcısını oluşturan elemanların şematik gösterimi [153]

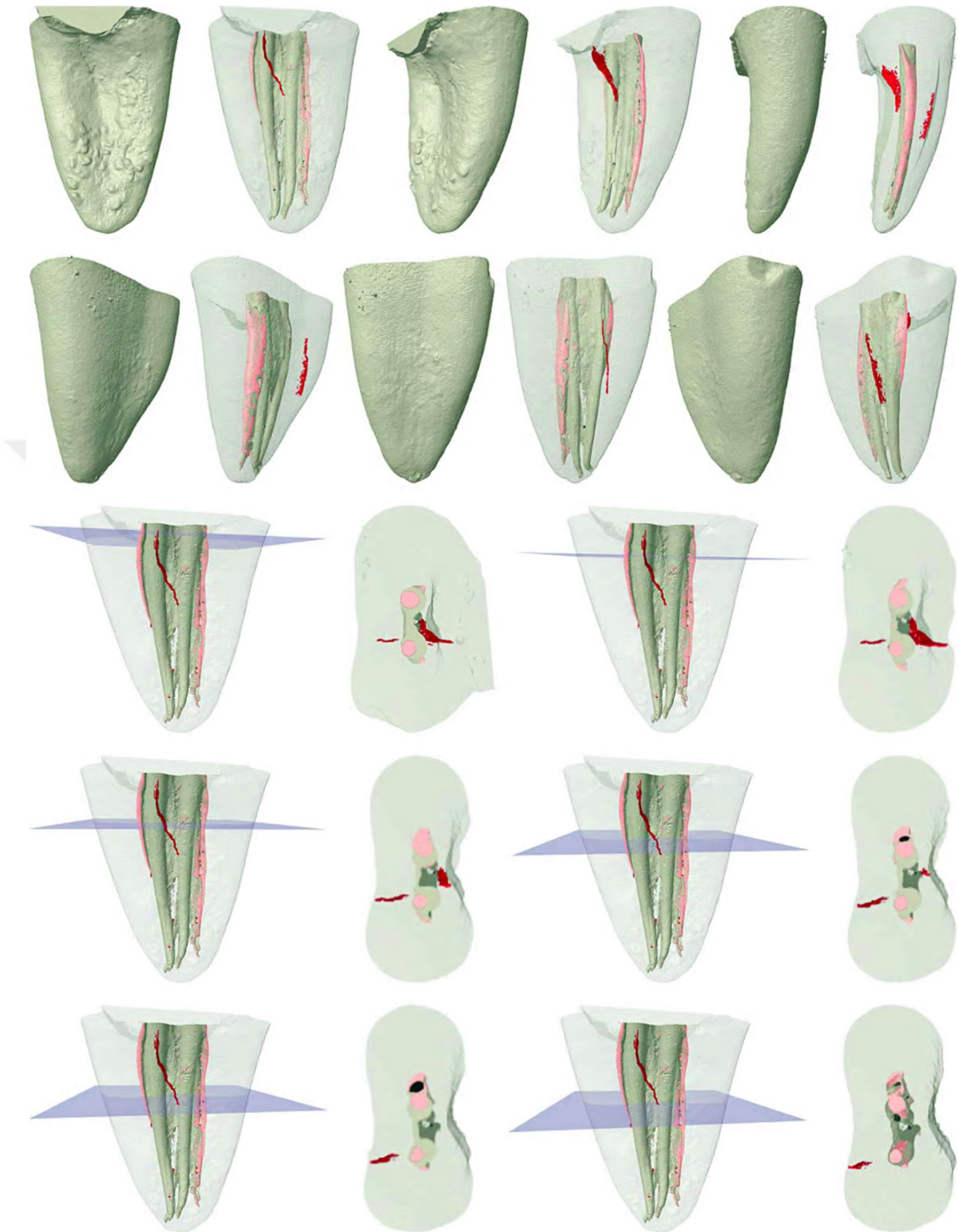
Aksiyel tarama adımları arasındaki uzaklık yazılım tarafından önceden belirlenebilmektedir. Bu ayarlama, elde edilen görüntünün çözünürlüğünü belirlerken x-ışını ekspoz süresini de etkilemektedir. Bu adım aralığının azaltılması tarama süresini uzatmaktadır. Sinyal-gürültü oranı (SNR) radyolojide gerçek anatomiyi yansıtan doğru sinyalin, gürültü sinyaline (noise, rastlantısal quantum lekeleri) oranıdır [155]. Yüksek çözünürlükte tarama istenen izole örneklerde tarayıcı genelde örneğin çapına uygun düşük X-ışını foton enerjisinde çalıştırılarak, SNR optimize edilmektedir. Tarama süresinin kısaltılması için ise x-ışını hızmasının örnekte düşük tutulduğundan ve buna bağlı görüntüyü oluşturan foton sayısının artmasından dolayı yüksek enerjili x-ışınları kullanılmakta ancak görüntünün kontrastı da düşmektedir [156]. Öte yandan elde edilen çoklu görüntüler bilgisayar ortamında depolama için daha fazla yere ihtiyaç yaratmaktadır [157].

X-ışını görüntülerini kaydettikten sonra, nesnenin projeksiyon verisi birden çok yönden rekonstrüksiyon algoritması için girdi olarak kullanılır. Bu algoritma, iki boyutlu projeksiyon görüntülerine dayanarak, nesnenin iç kısmının üç boyutlu bir görüntüsünü

hesaplar [158]. Elde edilen volumetrik görüntüler daha sonra özel yazılımlar kullanılarak görüntü segmentasyonuna tabi tutulur. Görüntü segmentasyonu, istenmeyen yapıları nesne yoğunluğuna göre görüntüden kaldırabilen manuel veya otomatik bir prosedürdür. Görüntü segmentasyonunun sonucu, tüm görüntüyü topluca kapsayan bir segment kümesidir. Bir görüntü yığınınına uygulandığında, dişlerin iç anatomisi çalışmasında olduğu gibi, görüntü segmentasyonundan sonra ortaya çıkan konturlar, farklı yazılımlar kullanılarak görselleştirilebilen veya analiz edilebilen enterpolasyon algoritmaları yardımıyla 3D modeller oluşturmak için kullanılabilir (şekil 2.11 ve 2.12).



Şekil 2.11. (A, B) Kronu uzaklaştırılmış mandibular birinci moların üç boyutlu modelinden bukkal ve apikal görüntüler. (C-F) A’da gösterilen mandibular birinci molar dişin koronal ve orta üçlüsünde farklı seviyelerdeki görüntüler bazı dentin çatlaklarının farklı uzantılarını göstermektedir (beyaz ok: distal kök kırığı; sarı ok: mesial kök kırığı). C ve D’deki kırıklar “tam kırıklar olarak sınıflandırılırken, F’de aynı kırıkların uzantıları “tamamlanmamış kırıklar” veya kök kanallarıyla ilgili olmayan kırıklar olarak sınıflandırılacaktır. (G) Aynı dişin kırık çizgilerinin kök kanal boşluğundan yanıl uzantılarını gösteren kesit. (H-M) Aynı mandibular molar dişin her iki kökünün kök kanal sisteminin (mavi) ve kırıkların (siyah) üç boyutlu modelleri[158].



Şekil 2.12. (A) Soğuk lateral kondensasyon kullanılarak doldurulmuş mandibular birinci moların şekillendirilmiş mesial kök kanallarının farklı açılardan mikro-BT görüntüleri. Kökün hem mesial hem de distal yüzelerindeki dentin çatlakları kırmızı ile gösterilmiştir. (B) A'da gösterilen aynı kökün koronal ve orta üçlüde farklı seviyelerdeki enine kesit görüntüleri çatlak hattının farklı uzantılarını göstermektedir. Guta perka pembe, kanal patı sarı ve boşluklar siyah renkte gösterilmiştir [158].

Berman ve Kuttler [159], 2010 yılında, yeni çekilmiş restore edilmemiş veya minimal olarak restore edilmiş pulpa nekrozu gösteren çatlak bir dişin nadir bir formu olarak tanımlanan “kırık nekrozu” olarak adlandırdıkları 27 adet yeni çekilmiş dişi incelemişlerdir. Makroskopik değerlendirme altında, oklüzal yüzeyden pulpaya uzanan ve kök dış yüzeyine ilerleyen bir kırık tüm dişlerde görülmüştür. Bununla birlikte, radyografilerin ve hatta konik-ışınli bilgisayarlı tomografik taramaların bu kırıkları tutarlı bir şekilde görselleştiremediği düşünüldüğünde, dişler çekilmiş ve mikro-BT incelemesi, koronal yüzeyden pulpaya uzanan oklüzal çatlakların varlığını göstermiştir ve bu çatlakların apikal olarak ilerleyip lateral kök yüzeyine devam ettiği görülmüştür. Makalenin ana amacı olmasa da yazarlar dolaylı olarak, dentinal defektleri takip edebilmek için mikro-BT görüntüleme kullanmanın uygulanabilirliğini göstermişlerdir.

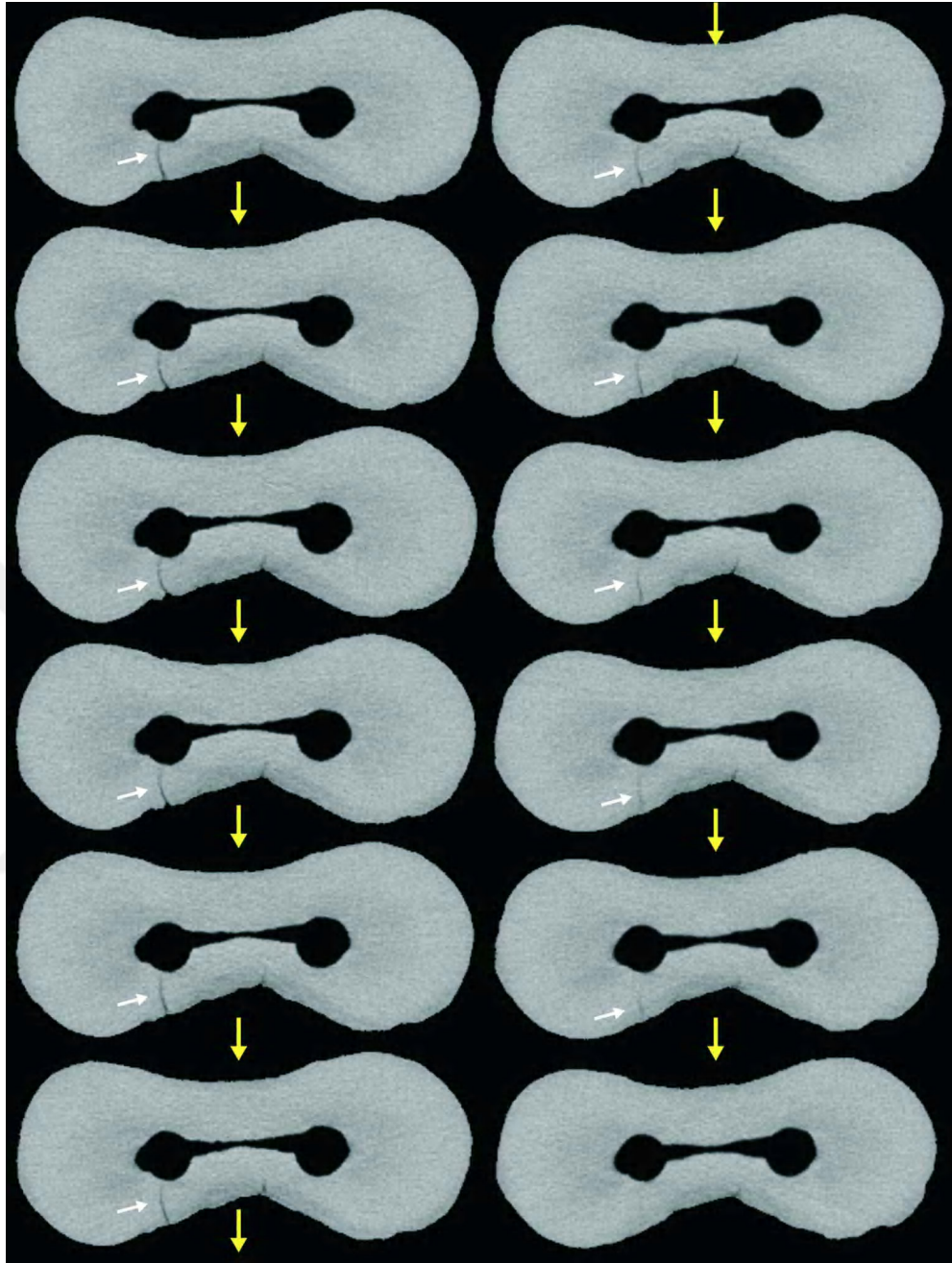
Aynı yıl, daha önce kemik dokusundaki mikro hasarı araştırmak için kullanılan metodolojik yaklaşımı takip ederek [160, 161], vakum altında BaSO₄ çökeltisi ile boyanmış kısmen kırılmış fil dentini ve çekilmiş insan molar dişleri kontrastlı mikro-BT kullanılarak ilk defa dişlerdeki çatlakların yıkıcı olmayan ve üç boyutlu görüntülemesi yapılmıştır [107]. Dentinal çatlakların yüzeylerinde ve bitişik tübüllerin içindeki BaSO₄ çökeltisi, dentine göre BaSO₄'ün daha yüksek X-ışını zayıflaması nedeniyle, mikro-BT'deki voksellerin yoğunluğunu artırmıştır ve bu da dentinal çatlakların tespit edilmesini sağlamıştır. Daha sonra Jamleh ve ark. benzer şekilde vakum altında aynı kontrast madde (BaSO₄) ile boyanmış ve 10 µm izotropik çözünürlükte mikro-BT ile 25 mandibular premolar dişi görüntülediler. ProTaper ve WaveOne sistemleri ile şekillendirme prosedüründen sonra kök kanallarının apikal bölgesinde dentinal çatlaklar olduğunu gösterdiler [83].

Son olarak, De-Deus ve ark. [31, 86], Berman ve Kuttler'e benzer şekilde [159], 14 µm çözünürlükte ve kontrast madde içermeyen mikro-BT kullanarak farklı preparasyon sistemleri ile kök kanal preparasyonundan sonra gözlemlenen dentinal mikro çatlaklarının sıklığını değerlendirmiştir. Kanal preparasyonu öncesi ve sonrası örneklerin görüntü yığınları birlikte kaydedilmiş ve dentinal çatlak varlığını belirlemek için mesial köklerin binlerce enine kesit görüntüsü taranmıştır. Yazarlar, işlem sonrası taramalarda tanımlanan tüm dentinal defektlerin, ilgili işlem öncesi görüntülerde zaten bulunduğunu ve kök kanal şekillendirmesinden sonra yeni bir mikro çatlak oluşturulmadığını bulmuşlardır. Mikro-BT görüntüleme yoluyla, belirli bir defektin bir

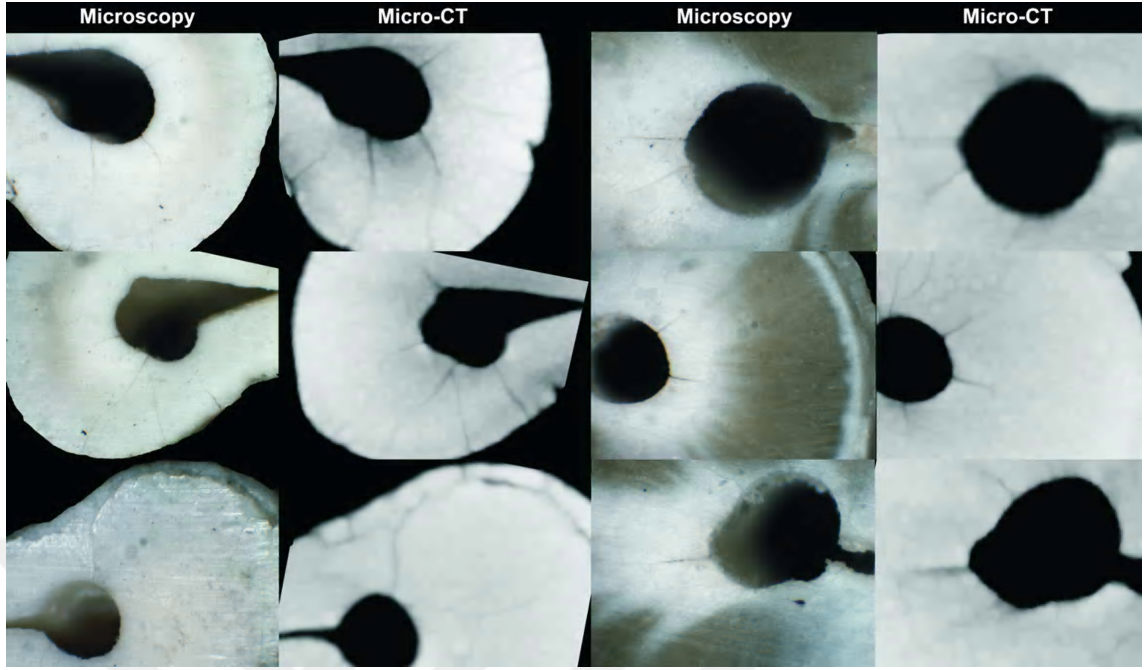
artefakt olup olmadığından emin olmak için kökün uzun ekseninde ilerleyen mikro çatlaklar da değerlendirilmiştir (Şekil 2.13). Bu, bu tür defektlerin tüm dikey uzantılarının kanal prosedürlerinden önce ve sonra izlenmesi, mikro çatlakların net bir şekilde görüntülenmesi ve güvenilir bir sonuç elde edilmesi anlamına gelir. Bazıları operasyon öncesi koşullardan kaynaklanan dentin hasarının, mikro-BT sisteminin uzaysal çözünürlük eşiğinin altında olduğu için gözlemlenemeyeceğini iddia edebilir. Bununla birlikte, araştırma grubu geleneksel stereomikroskopi altında görüntülenen dentinal mikro çatlakların tam uzantısının, dentin defektlerini saptamadaki bu çağdaş teknolojinin güvenilirliğini doğrulayan mikro-BT kesit görüntüleri (Şekil 2.14) ile gözlenebilir olduğunu gözlemlemiş durumdadır [159].

Tüm bu bilgiler birlikte ele alındığında, mikro-BT çalışmaları, dentinal mikro çatlaklar üzerinde şunları göstermiştir:

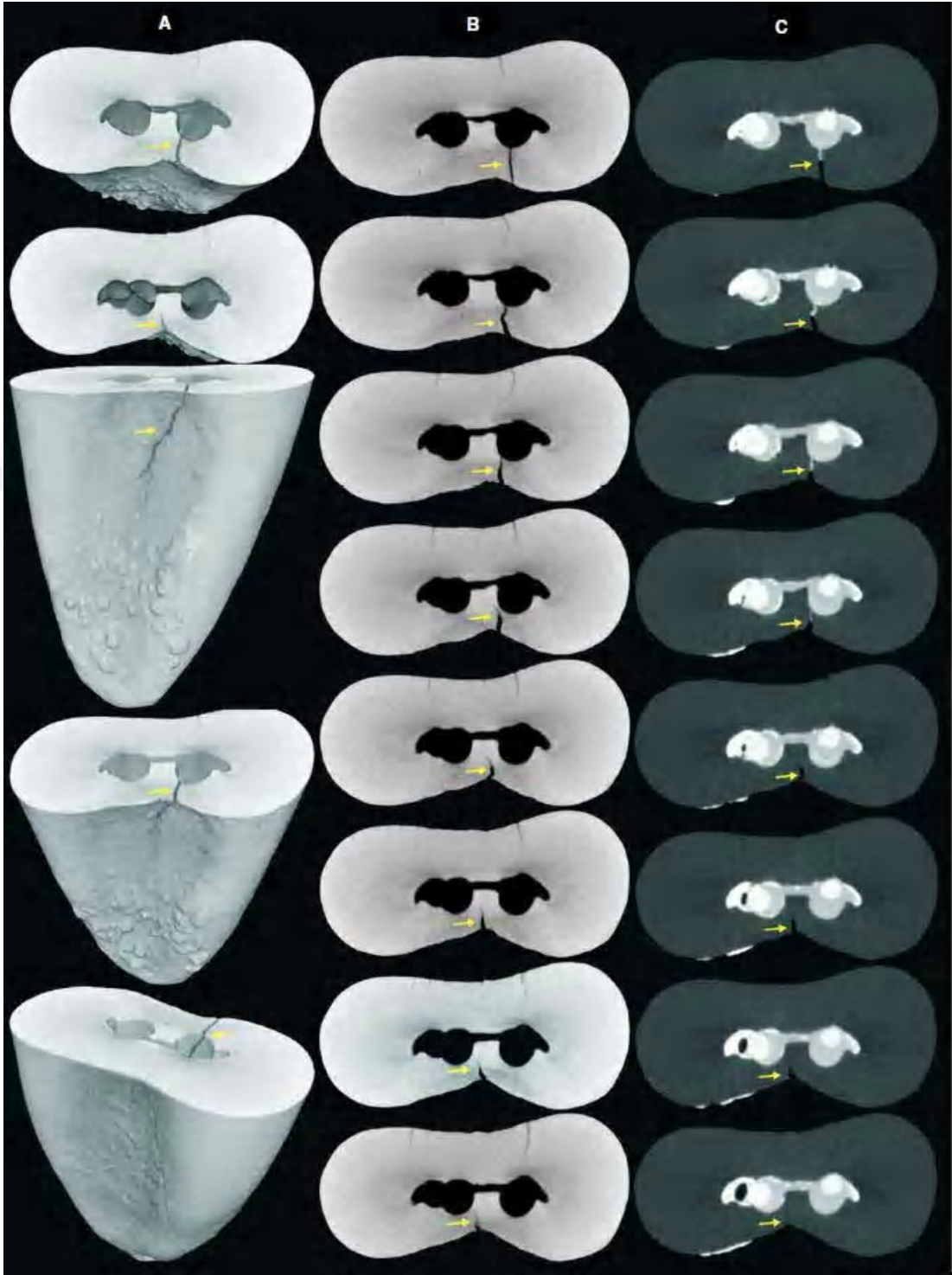
- Kontrast ajanlarının kullanımı ile veya kullanılmadan, dentinal çatlakların varlığının, morfolojisinin ve uzaysal konumunun 3D görüntülenmesi mümkündür (Şekil 2.15).
- Bu yöntem oldukça hassastır ve enstrümantasyon öncesi örneklerin değerlendirilmesine izin verir; böylece önceden var olan çatlaklar tespit edilebilir.
- Yıkıcı olmayan bir yöntem olduğu düşünüldüğünde, mikro-BT aynı örnek üzerinde başka deneylerin tekrar yapılmasına izin verir, yani aynı örnek kök kanal tedavisinin farklı aşamalarında değerlendirilebilir (preaparyon, dolun, retreatmet, post preaparyonu ve post söküm prosedürleri) ve kendi kontrol grubu olarak işlev görür.
- Tarama ve rekonstrüksiyon prosedürleri önemli zaman alır, teknik klinik kullanım için uygun değildir, ekipman oldukça pahalıdır ve teknik prosedürlerin karmaşıklığı yüksek bir öğrenme eğrisi ve derinlemesine özel yazılım bilgisi gerektirir.
- Bu yöntem, enstrüman tarafından dokunulan kanal yüzeyinin yüzdesi veya sonlu elemanlar analizi yoluyla stres konsantrasyon alanlarının konumu gibi, mekanik enstrümantasyonun diğer sonuçlarıyla birlikte, dentinal defektlerin varlığı arasındaki korelasyonları mümkün kılar.



Şekil 2.13. Gelişmekte olan mikro çatlakların (beyaz ok), kökün uzun eksenini boyunca değerlendirilebildiğini ve gerçek dentin defektleri ve artefaktlarının tanımlanmasını sağladığını gösteren, mandibular bir birinci moların aynı mesial kökünün ardışık mikro-BT enine-kesit görüntüleri [28].



Şekil 2.14. Geleneksel mikroskopi altında görüntülenen dentinal mikro çatlakların mikro-BT kesit görüntüleri ile tam olarak tanımlanabileceğini gösteren korelasyonel görüntüler [28].



Şekil 2.15. Mesial yüzünde devamlı bir kök kırığı gösteren mandibular birinci molar dişin mesial kökünün 3 boyutlu modelinin farklı görünüşleri. (B, C) Kök kanal preparasyonu ve dolumundan sonra aynı kökün koronal üçlüsünün temsili kesitleri, sırasıyla, kırık hattının kesit seviyesine göre pozisyonunu değiştirdiğini görülmektedir. İlk üç kesitte kırık, ‘tam kırık’ olarak sınıflandırılırken, diğer bölümlerde aynı kırığın uzantısı, ‘tamamlanmamış kırıklar’ veya kök kanallarıyla ilişkili olmayan kırıklar olarak sınıflandırmaya yol açacaktır [28].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda ve Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma için Erciyes Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 08.12.2017 tarih ve 2017/557 karar numarası ile etik kurul onayı alınmıştır.

3.1. Örneklerin Seçimi ve Hazırlanması

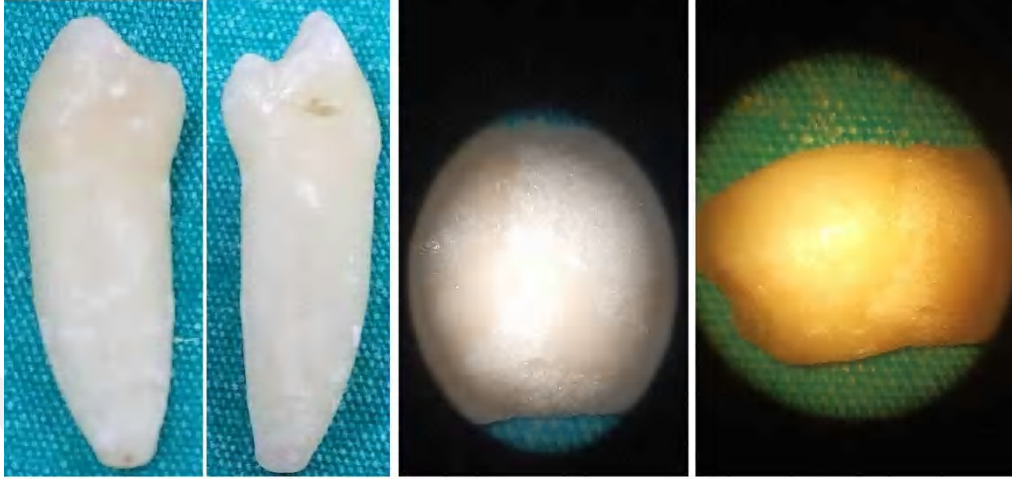
Çalışmamızda kullanılmak üzere 105 adet periodontal nedenlerle çekilmiş, çürüksüz, tek ve düz köklü insan mandibular küçük azı dişi seçildi. Dişlerin dahil edilme kriterleri aşağıdaki gibidir:

- Kök ucu gelişimi tamamlanmış olmalı
- Kökte herhangi bir defekt veya rezorbsiyon belirtisi olmamalı
- Çok uzun, çok kısa, çok geniş veya çok dar olmamalı
- Tek köklü ve tek kanallı olmalı
- Kök kanal anatomisi varyasyon göstermemeli
- Daha önceden kök kanal tedavisi uygulanmamış olmalı
- Kökte gözle görülebilir bir çatlak veya kırık olmamalı

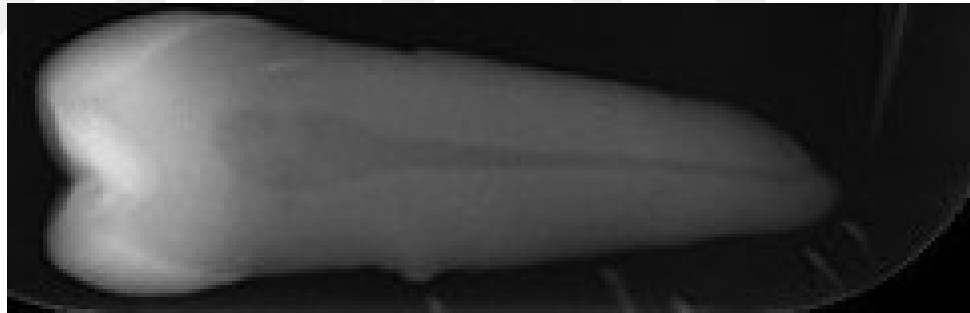
Seçilen dişlerin kök yüzeyleri üzerindeki diştaşı ve yumuşak doku artıkları periodontal küret yardımıyla temizlendi. Dişler deneysel prosedürler uygulanıncaya kadar % 0,9 fizyolojik salin çözeltisinde saklandı [162].

Dişler dental operasyon mikroskobu (OPMI Pico; Carl Zeiss, Almanya) altında x25, x16 ve x10 büyütmede incelendi (şekil 3.1). Herhangi bir defekt, rezorbsiyon, kırık veya çatlağa sahip olan dişler çalışma dışı bırakıldı. Daha sonra dişlerden mesiodistal ve bukkolingual yönlerde dijital radyografiler alındı (Şekil 3.2). Alınan radyografilerde birden fazla kök kanalına sahip olduğu tespit edilen dişler çalışmaya dahil edilmedi.

Ayrıca kök kanal anatomisinde varyasyon veya kalsifikasyon görülen dişler de çalışmanın dışında tutuldu.



Şekil 3.1. Dişlerin dental operasyon mikroskobu ile incelenmesi



Şekil 3.2. Dişlerin dijital radyografi ile incelenmesi

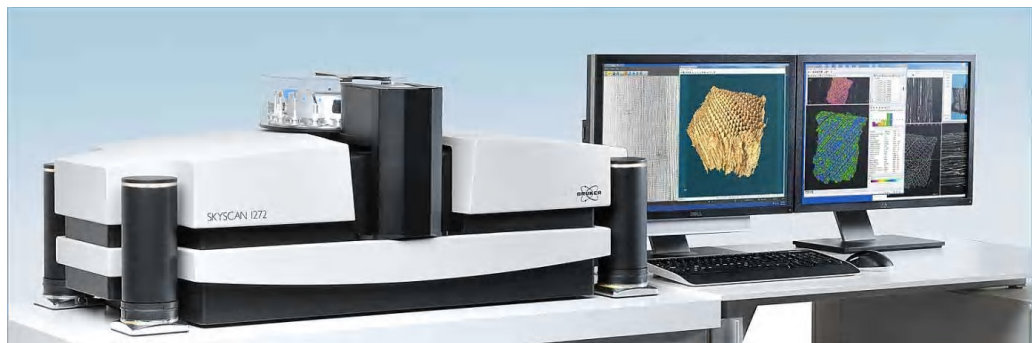
Çalışmanın dışında tutulan dişlerin yerine başka dişler seçildi ve yukarıda anlatılan prosedürlerin aynısı bu dişler için de uygulandı. Sonuç olarak dahil edilme kriterlerine uygun olan toplamda 105 adet diş bu çalışmada kullanıldı. Deneysel prosedürlerden önce dişlere 1'den 105'e kadar numara verildi ve dişler rasgele 21'erli beş gruba ayrıldı

Tablo 3.1. Dişlerin rasgele 5 gruba ayrılması

Grup 1 (negatif kontrol) (n=21)	Çürüksüz sağlam dişler
Grup 2 (pozitif kontrol-1/2) (n=21)	Üç yüzlü giriş kavitesi ve kanal boyunun 1/2'sine post boşluğu hazırlanmış dişler
Grup 3 (pozitif kontrol-2/3) (n=21)	Üç yüzlü giriş kavitesi ve kanal boyunun 2/3'üne post boşluğu hazırlanmış dişler
Grup 4 (deney grubu-2/3) (n=21)	Üç yüzlü giriş kavitesi açılmış, kanal boyunun 2/3'üne post boşluğu hazırlanmış ve restore edilmiş dişler
Grup 5 (deney grubu-1/2) (n=21)	Üç yüzlü giriş kavitesi açılmış, kanal boyunun 1/2'sine post boşluğu hazırlanmış ve restore edilmiş dişler

3.2. Birinci Mikro-BT Taramasının Yapılması

Örnekler gruplara ayrıldıktan sonra, grup 4 ve grup 5'teki dişler mikro-BT (Skyscan 1272, Bruker, Kontich, Belçika) ile tarandı (Şekil 3.3).



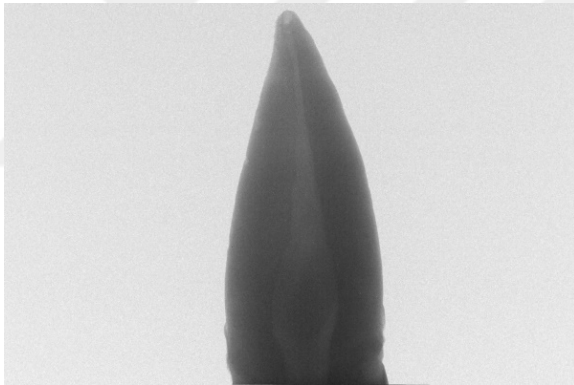
Şekil 3.3. Bruker Skyscan 1272 mikro bilgisayarlı tomografi cihazı

Taramalar aşağıdaki parametrelere göre yapıldı:

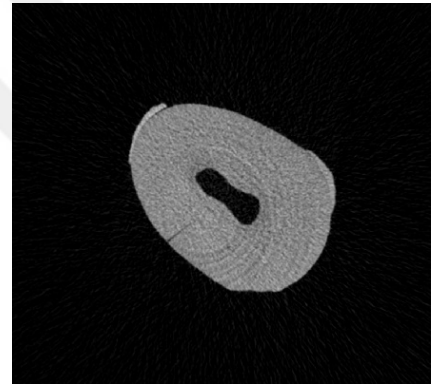
- Kamera piksel boyutu: 7,4 μm
- Kamera-kaynak mesafesi: 222 mm

- Obje-kaynak mesafesi: 139 mm
- Kaynak voltajı: 80 kV
- Kaynak akımı: 125 μ A
- Görüntü piksel boyutu: 14 μ m
- Işınlama süresi: 1400 ms
- Dönme adımı: 0,5⁰
- Filtre: 1 mm Al

Taramalar sonucunda elde edilen ham görüntüler TIF formatında kaydedildi (Şekil 3.4). Ham tarama verilerinin rekonstrüksiyonu NRecon v.1.7.4.2 (SkyScan, Aartselaar, Belçika) yazılımıyla yapıldı. Rekonstrüksiyon sonucunda 14 μ m/piksel boyutuna sahip, 1632x1632 piksel çözünürlüğünde 45.592 adet aksiyel kesit görüntüsü elde edildi (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Tarama sonucu elde edilen ham görüntü görüntü



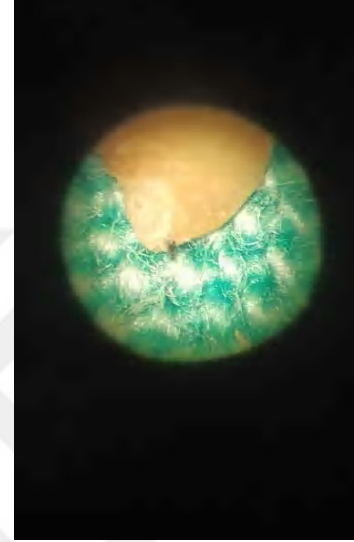
Şekil 3.5. Rekonstrükte edilmiş görüntü

Birinci taramadan elde edilen görüntüler CTAn (SkyScan, Aartselaar, Belçika) programı ile incelendi. “Tamamlanmış kırık” veya vertikal kök kırığı (VKK) tespit edilen dişler çalışma dışı bırakıldı. Bu dişlerin yerine yenileri eklenerek yukarıdaki kriterlere göre çalışmaya dahil edildi. Böylece ikinci mikro-BT taraması öncesi tam kırıksız dişlerle çalışmaya devam edilmiştir.

3.3 Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Su soğutması altında yüksek hızlı elmas frez (Brasseler ABD, Savannah, GA) kullanılarak grup 2, 3, 4 ve 5’teki dişlere üç yüzlü giriş kaviteri açıldı. Giriş kaviterinin mesial ve distal sınırı mine-sement birleşiminin 2 mm koronalinde olacak

şekilde ayarladı (Şekil 3.6). Daha sonra dental operasyon mikroskobu altında 10 K-tipi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kanal eğesi kullanılarak çalışma uzunluğu belirlendi. Çalışma uzunluğu, eğenin apikalden çıktığı andaki boyu ölçülerek bu boydan 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi (Şekil 3.7).



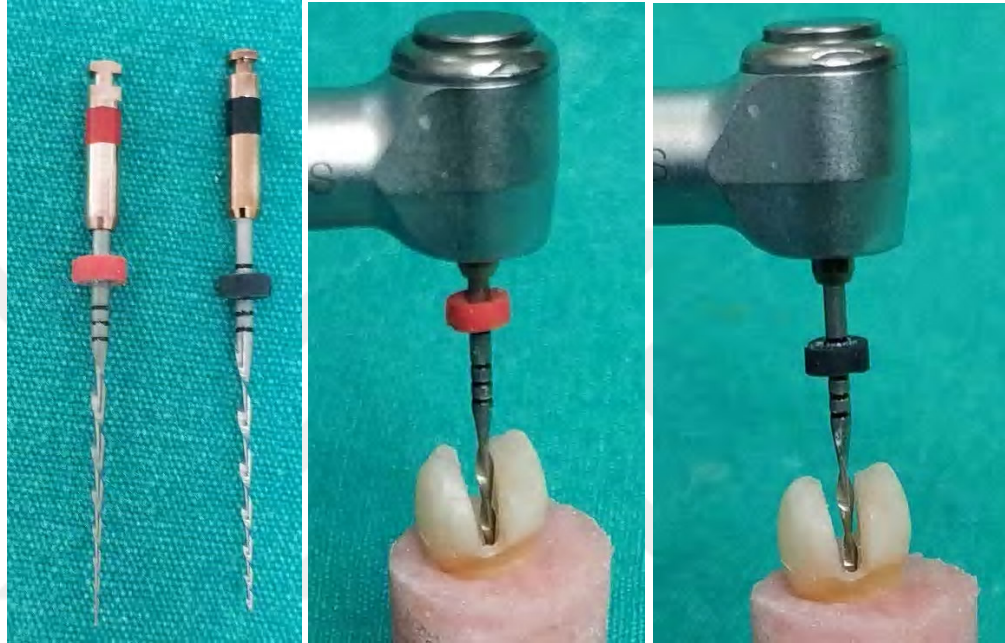
Şekil 3.6. Giriş kavitesi

Şekil 3.7. Çalışma uzunluğunun belirlenmesi

Daha sonra periodontal ligamenti taklit etmek için dişler akrilik bloklara gömülmeden önce dişlerin tüm kök yüzeyleri 0,2-0,3 mm kalınlığında mum ile kaplandı. Tüm dişler ortalama 20 mm çapında ve 20 mm yüksekliğinde silikon halkaların içine yerleştirildi ve halkaların için akrilik rezin (Imicryl, Konya, Türkiye) ile dolduruldu. Akrilik rezinin polimerizasyonu başladığında, dişler rezin içinden çıkarıldı ve kök yüzeyindeki mum bir küret ile temizlendi. Temizlenen kök yüzeyleri ince bir tabaka silikon esaslı ölçü maddesi (Zetaplus; Zhermack SpA, Badia Polesine, İtalya) ile kaplandı ve sonra dişler akrilik rezine tekrar gömüldü.

Kök kanallarının şekillendirilmesi için Reciproc R25 ve R40 eğeleri (VDW, Münih, Almanya) üretici firma önerileri doğrultusunda X-Smart Plus (Dentsply Maillefer, İsviçre) endodontik motoru ile “Reciproc” modunda kullanıldı (Şekil 3.8). Her eğe değişimi arasında 2 ml %2,5 konsantrasyonda sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonu ile kanallar yıkandı. Kök kanal şekillendirmesi tamamlandıktan sonra sırasıyla 5 ml %0,9 izotonik sodyum klorür (serum fizyolojik), 5 ml %17 etilendiamin tetraasetik asit

(EDTA) ve 5ml distile su kullanılarak son yıkama işlemleri tamamlandı. Kanal şekillendirilmesi sırasında her kanal için 10 ml %2,5 NaOCl kullanıldı. Yıkama işlemleri sırasında 29 gauge yandan delikli bir şırınga kullanıldı (NaviTip; Ultradent, Güney Jordan, UT).

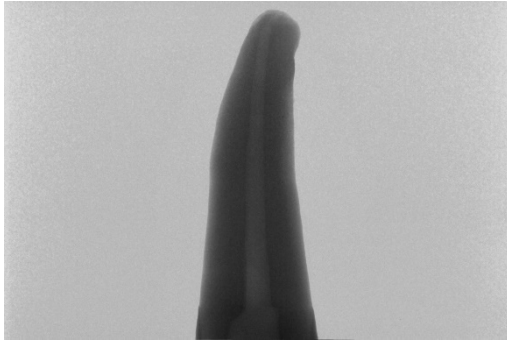


Şekil 3.8. Reciproc R25 ve R40 eğeleri ile kök kanal şekillendirmesi.

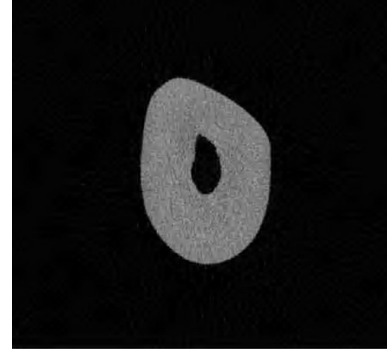
3.4. İkinci Mikro-BT Taramasının Yapılması

Kök kanalları şekillendirilen grup 4 ve 5'teki dişler ikinci defa mikro-BT ile tarandı. Tarama yapılana kadar dişler %0,9 fizyolojik salin içinde saklandı. İkinci tarama da ilk taramadaki parametrelere göre yapıldı.

Yine taramalar sonucunda elde edilen ham görüntüler TIF formatında kaydedildi (Şekil 3.9). Ham tarama verilerinin rekonstrüksiyonu NRecon v.1.7.4.2 (SkyScan, Aartselaar, Belçika) yazılımıyla yapıldı. Rekonstrüksiyon sonucunda 14 µm/piksel boyutuna sahip, 1632x1632 piksel çözünürlüğünde aksiyel kesit görüntüleri elde edildi (Şekil 3.10).



Şekil 3.9. TIF formatındaki ham görüntü edilmiş görüntü

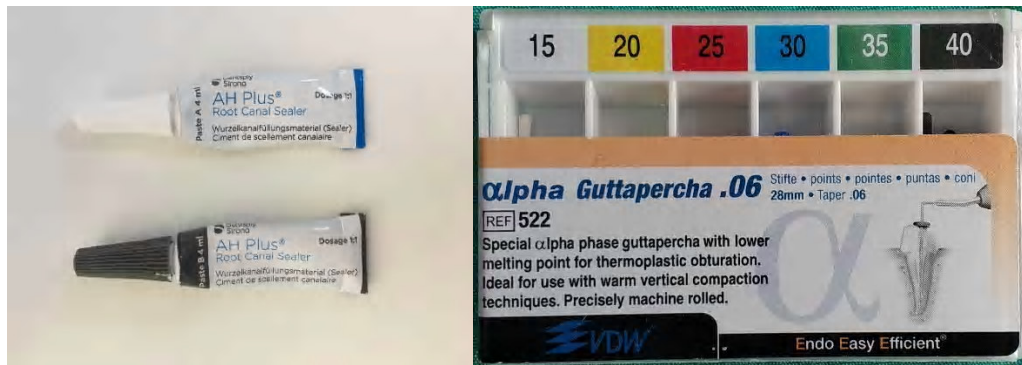


Şekil 3.10. Rekonstrükte edilmiş görüntü

Elde edilen görüntüler CTAn (SkyScan, Aartselaar, Belçika) programı ile incelendi.

3.5 Kök Kanallarının Doldurulması ve Post Boşluğu Hazırlanması

İkinci taramadan sonra kök kanal dolumu aşamasına geçildi. Kök kanalları kâğıt koniler ile kurutuldu. Kök kanal dolguları AH Plus kök kanal patı (Dentsply, DeTrey Konstanz, Almanya) ve α fazında güta perka (VDW, Münih, Almanya) kullanılarak sıcak vertikal kompaksiyon yöntemi ile dolduruldu (Şekil 3.11). Ana kon olarak 40 numaralı %6 koniklik açısına sahip güta perka kullanıldı. Kök kanal patı, güta perka yardımı ile kanala yerleştirildi. Ana kon kanala yerleştirilip çalışma boyunda sıkıştığı teyit edildi. Isıtılmış bir plugger (DiaPen; DiaDent, AS Almere, Hollanda) ile fazla güta perka uzaklaştırıldı (Şekil 3.12). Plugger boyu, yapılacak post uzunluğuna göre ayarlandı ve kanalın apikal kısmındaki güta perkayı kondanse etmek için kullanıldı.

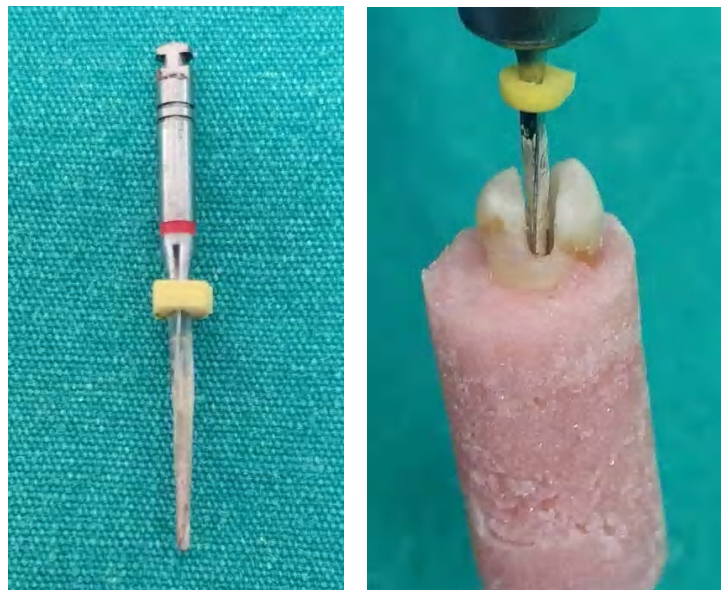


Şekil 3.11. AH Plus kanal patı ve α faz güta perka



Şekil 3.12. Fazla güta perkanın uzaklaştırılması ve kanal dolumu

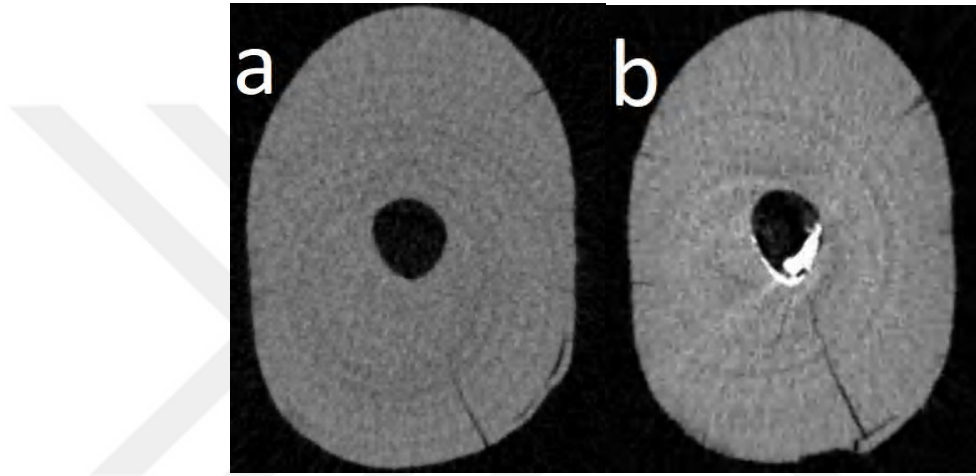
Kök kanal dolumları yapıldıktan sonra 3 ve 4. gruptaki dişlerin kanal boyunun 2/3'ü, 2 ve 5. gruptaki dişlerin kanal boyunun 1/2'si uzunluğunda post boşluğu hazırlandı. Üniversal post drili 1000-2000 rpm'de kullanılarak giriş yolu hazırlandı. Daha sonra apikal çapı 0,80 mm koronal çapı 1,6 mm, koniklik açısı %8 olan 2 numaralı post drili tork ve hız kontrollü bir angldrüva ile 1000-2000 rpm'de kullanılarak post boşluğu hazırlandı (Şekil 3.13). Her dril değişiminde kanallar 2 ml distile su ile yıkandı.



Şekil 3.13 Post boşluğu hazırlanması

3.6 Üçüncü Mikro-BT Taramasının Yapılması

Post boşlukları hazırlandıktan sonra dişler üçüncü defa mikro-BT cihazı ile birinci taramadaki parametrelere göre tarandı. Ham tarama verileri NRecon v.1.7.4.2 (SkyScan, Aartselaar, Belçika) yazılımıyla rekonstrükte edildi. Elde edilen görüntüler CTAn (SkyScan, Aartselaar, Belçika) programı ile incelendi. “Tamamlanmamış kırık” veya vertikal kök kırığı (VKK) tespit edilen dişler kaydedildi (şekil 3.14).



Şekil 3.14. (a) 2.tarama sonrası elde edilen görüntü, (b) 3.tarama sonrası elde edilen görüntü

3.7 Dişlere Fiber Post ve Üst Restorasyonların Yapılması

Grup 4 ve 5'teki dişlere hazırlanan post boşlukları önce 5 ml %2,5 NaOCl ile daha sonra 5 ml distile su ile yıkanıp kâğıt konular ile kurutuldu. Postların dış yüzeyi alkollü pamuk pelet ile temizlenip hava spreyi ile kurutuldu. Resin siman (RelyX Unicem Aplicap, Maxcem) üretici firmanın talimatları doğrultusunda (amalgamatörde 10 saniye karıştırılarak) hazırlanan post boşluğuna uygulama ucu ile gönderildi. Hemen ardından post kanal boşluğuna hafif basınç uygulanarak yerleştirildi. Kanal ağzından taşan resin siman bir pamuk pelet yardımıyla temizlendi. Simanın sertleşmesi için 40 saniye boyunca ışık uygulandı. Daha sonra polimerizasyonun tamamlanması için 5 dakika boyunca beklendi.

Üst restorasyon yapılmadan önce giriş kavileri klorheksidin emdirilmiş pamuk pelet ile temizlendi. Dişlere düz matris (Tofflemire, Hahnenkratt, Almanya) ve matris bandı

yerleştirildi. Giriş kavitesindeki mine yüzeyine %32'lik fosforik asit (Scotchbond™ Universal Etchant, 3M ESPE, Almanya) 30 saniye boyunca uygulandı. Daha sonra su spreyi ile temizlendi ve 30 saniye boyunca hava spreyi ile kurutuldu. Giriş kavitesine 20 saniye boyunca mikro fırça yardımıyla adeziv uygulandı (Scotchbond™ Universal Adhesive, 3M ESPE, Almanya). 5 saniye boyunca hafif basınçlı hava spreyi ile kurutuldu. 10 saniye boyunca LED ışık cihazı (VALO Cordless, Ultradent, ABD) ile polimerize edildi. Daha sonra 2'şer milimetre kalınlıklarda kompozit materyal (3M Filtek Ultimate, 3M ESPE, Almanya) giriş kavitesine yerleştirilerek LED ışık cihazı (VALO Cordless, Ultradent, ABD) ile 20'şer saniye polimerize edildi. Restorasyonun üzerinde kanal post bölümü su soğutması altında yüksek hızlı elmas frez kullanılarak uzaklaştırıldı.

3.8 Termal Döngü ve Kırma Testi

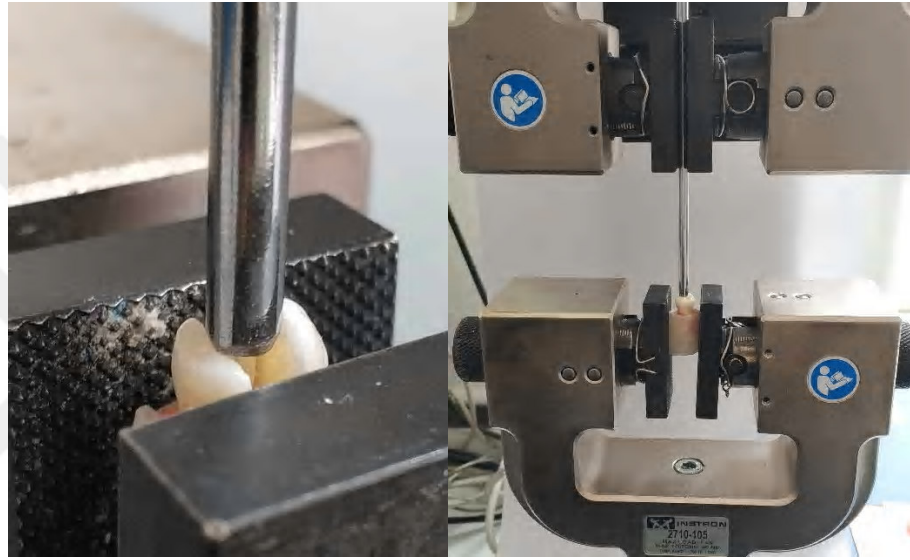
Üst restorasyonları tamamlanan örnekler ağız ortamındaki sıcaklık değişimlerini taklit etmek için termal siklus cihazı (Julabo FT 400, JULABO GmbH Gerhard-Juchheim-Strasse 177960 Seelbach/Almanya) kullanılarak 5° – 55° C arasında 30 sn / 3 sn 10000 termal döngüye tabi tutuldu (Şekil 3.15). 10000 termal döngü 1 yıllık yaşlandırmayı simüle etmektedir [163].



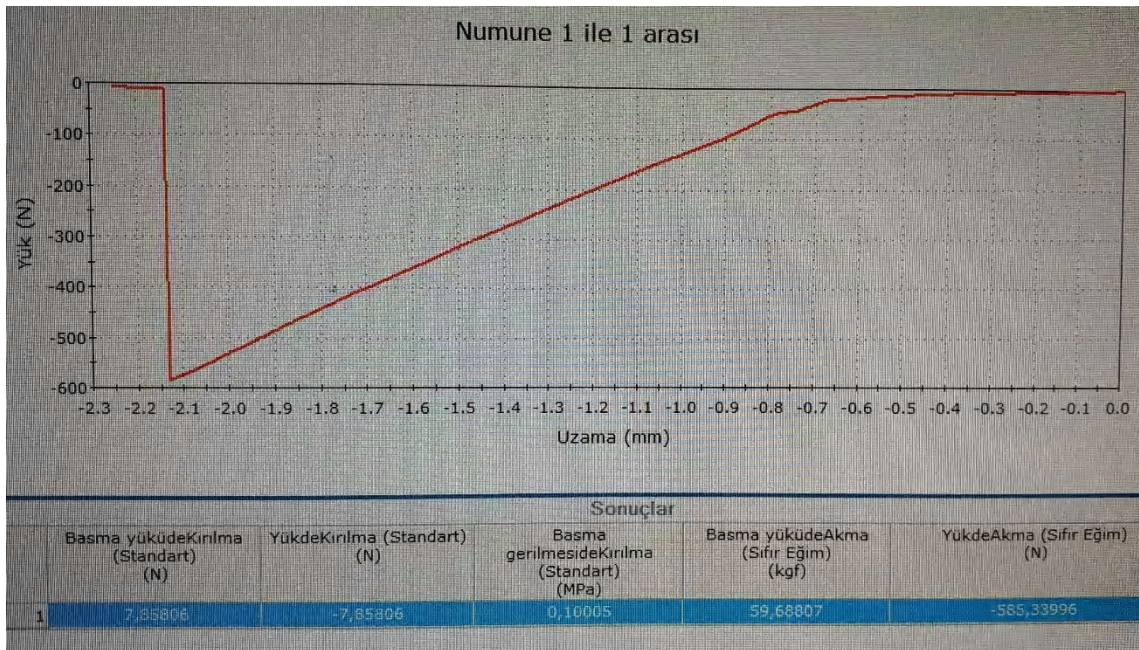
Şekil 3.15 Termal siklus cihazı

Bu işlemi takiben örnekler sırasıyla kırma testi için universal bir test cihazına (Instron Corp, Canton, MA) yerleştirildi. Test cihazının 6 mm çapındaki yuvarlak ucu dişin oklüzal düzlemine dik olacak şekilde ayarlandı (şekil 3.16). Cihaz 1 mm/dk piston başlığı hızında çalıştırıldı ve dişlerin kırıldığı andaki değerler newton cinsinden

kaydedildi (şekil 3.17). Daha sonra örnekler kırık tipleri açısından incelendi. Kırık tipleri dental operasyon mikroskobu (OPMI Pico; Carl Zeiss, Almanya) ile incelenerek Scotti ve arkadaşlarının belirttiği gibi “restore edilebilir” veya “restore edilemez” olarak değerlendirildi [164]. Mine-sement sınırında veya mine-sement sınırının 1 mm altına kadar kırılan dişler “restore edilebilir” olarak, mine-sement sınırının 1 mm’den daha fazla apikalinden kırılan veya vertikal kırık oluşan dişler “restore edilemez” olarak tanımlandı.



Şekil 3.16 Dişlerin kırma test cihazına yerleştirilmesi



Şekil 3.17 Kırılma değerlerinin newton cinsinden kaydedilmesi

Kanal duvarının iç yüzeyinden başlayıp kök yüzeyine kadar ilerlemeyen veya kök yüzeyinden başlayıp kanal duvarına kadar ilerlemeyen çatlaklar “tamamlanmamış çatlak” olarak; kanal duvarı ve kök dış yüzeyi ile ilişkili olanlar ise “tam kırık” olarak tanımlandı [69]. İncelemeler 2 bağımsız araştırmacı tarafından 2 hafta arayla yapıldı.

3.9 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz için SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanıldı. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için Kolmogorov-Smirnov testi kullanıldı ve verilerin normal dağılım gösterdiği görüldü ($p>0,05$). Buna göre kırılma testi verilerini değerlendirmek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi yapıldı. Gruplar arasındaki farklılıkların tespiti için Tukey HSD testi yapıldı. Dişlerde oluşan çatlakları ve kırık tiplerini (restore edilebilir / restore edilemez) değerlendirmek için ise ki-kare testi yapıldı. Tüm analizler %95 güven aralığında yapıldı. Anlamlılık $p<0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

4.BULGULAR

Birinci mikro-BT taraması sonrası tespit edilen defektler tablo 4.1’de gösterilmiştir.

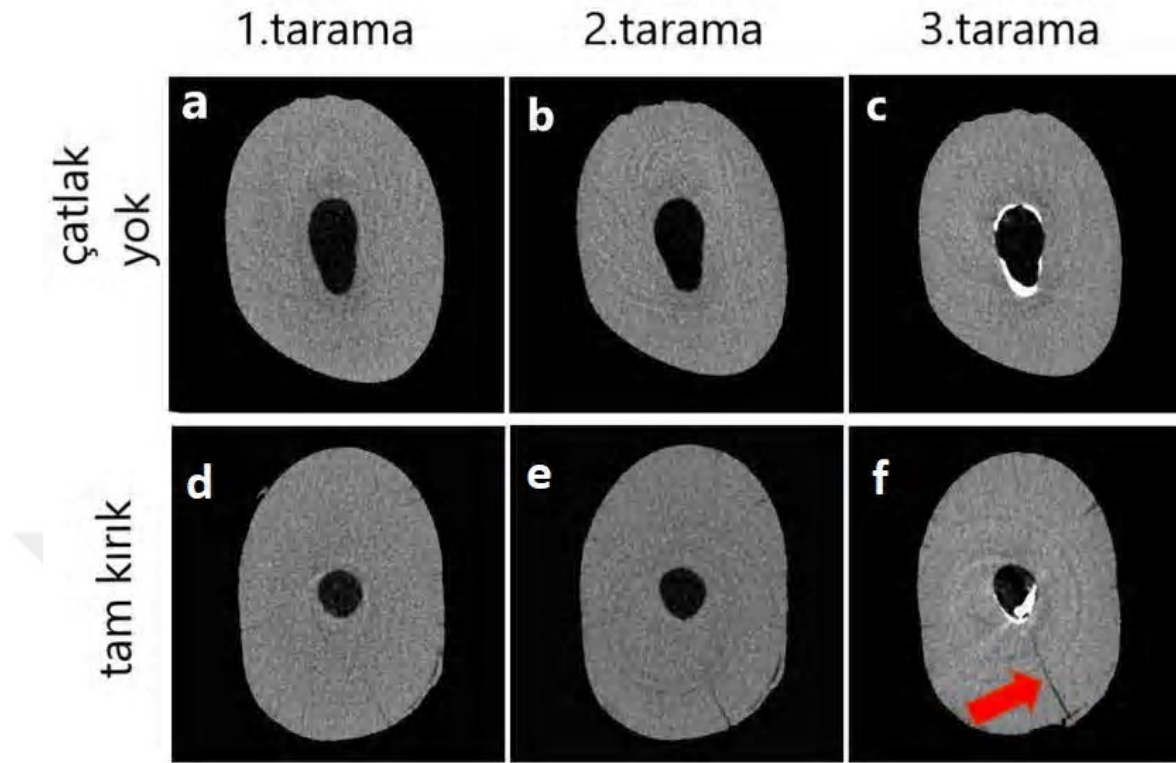
Tablo 4.1. Birinci mikro-BT taraması sonucu tespit edilen çatlak çizgileri

Gruplar	n	Taranan kesit sayısı	Tamamlanmamış çatlak tespit edilen kesit sayısı	Tamamlanmamış çatlak tespit edilen kesit yüzdesi
Deney grubu (2/3)	21	22824	3880	%17
Deney grubu (1/2)	21	22768	2960	%13
Toplam	42	45592	6840	%15

Deney grubu (2/3) : Kanal boyunun 2/3’üne post yapılan ve üst restorasyonu yapılan grup

Deney grubu (1/2) : Kanal boyunun 1/2’sine post yapılan ve üst restorasyonu yapılan grup

İkinci tarama (kök kanal şekillendirmesi) sonrası elde edilen görüntüler incelendiğinde yeni çatlaklar tespit edilmediğinden çatlak değerlendirmesi için istatistiksel analiz yapılmamıştır. Üçüncü tarama (post boşluğu hazırlanması) sonrası ise 4.grupta (deney grubu 2/3) 2 dişte, 5.grupta (deney grubu 1/2) ise 3 dişte tam kırık tespit edilmiştir (Şekil 4.1). Bu iki grup arasındaki tamamlanmış çatlakların karşılaştırması için ki-kare testi uygulanmıştır ve istatistiksel bir fark olmadığı görülmüştür ($p>0,05$).



Şekil 4.1. (f) Post boşluğu şekillendirmesi sonucu oluşan tam kırık (kırmızı ok).

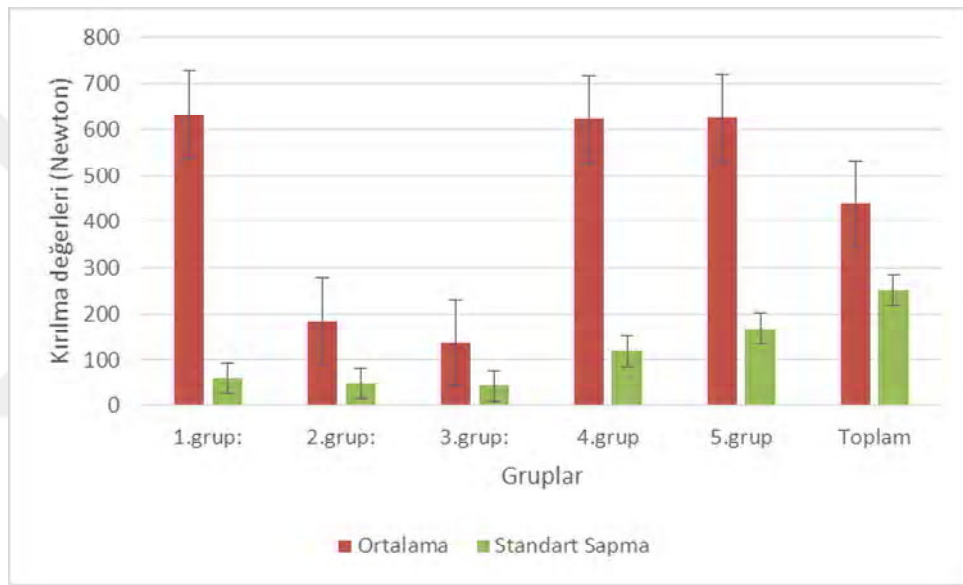
Kırma testi sonucu elde edilen veriler newton cinsinden kaydedilmiş ve gruplar arası farklılık olup olmadığını analiz etmek için One-way Anova testi yapılmıştır (tablo 4.2 ve şekil 4.2). Test sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$). Hangi gruplar arasında farklılık olduğunun tespit edilmesi için çoklu karşılaştırma testlerinden Tukey HSD testi uygulanmıştır (tablo 4.3).

Tablo 4.2 Kırma testi sonucu elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri

Gruplar	n	Ortalama (N)	Standart Sapma (N)	Minimum (N)	Maksimum (N)
1.grup:	21	633,57 ^a	60,62	502	753
2.grup:	21	182,8 ^b	48,82	67	228
3.grup:	21	136,28 ^b	44,03	115	252
4.grup	21	622,95 ^a	118,06	403	835
5.grup	21	625,52 ^a	167,17	327	996
Toplam	105	440,22	250,7	67	996

- 1.Grup (negatif kontrol grubu): Çürüksüz sağlam dişler
 - 2.Grup (pozitif kontrol grubu 1/2): Kanal boyunun 1/2'sine post boşluğu hazırlanan dişler
 - 3.Grup (pozitif kontrol grubu 2/3): Kanal boyunun 2/3'üne post boşluğu hazırlanan dişler
 - 4.Grup (deney grubu 2/3): Kanal boyunun 2/3'üne post yerleştirilip restore edilen dişler
 - 5.Grup (deney grubu 1/2): Kanal boyunun 1/2'sine post yerleştirilip restore edilen dişler
- N: Newton

Aynı harfler gruplar arası istatistiksel fark olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.2 Kırma testi sonucu elde edilen ortalama ve standart sapma değerleri

Tukey çoklu karşılaştırma testinin sonuçları Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3 Gruplar arası çoklu karşılaştırma testinin sonuçları

Grup adı	Karşılaştırılan Gruplar	p değeri
1. Grup (negatif kontrol)	2.Grup (pozitif kontrol ½)	<0,001*
	3.Grup (pozitif kontrol 2/3)	<0,001*
	4.Grup (deney grubu 2/3)	0,997
	5.Grup (deney grubu ½)	0,999
	2.Grup (pozitif kontrol ½)	<0,001*
2.Grup (pozitif kontrol ½)	1.Grup (negatif kontrol)	<0,001*
	3.Grup (pozitif kontrol 2/3)	0,559
	4.Grup (deney grubu 2/3)	<0,001*
	5.Grup (deney grubu ½)	<0,001*
3.Grup (pozitif kontrol 2/3)	1. Grup (negatif kontrol)	<0,001*
	2.Grup (pozitif kontrol ½)	0,559
	4.Grup (deney grubu 2/3)	<0,001*
	5.Grup (deney grubu ½)	<0,001*
4.Grup (deney grubu 2/3)	1. Grup (negatif kontrol)	0,997
	2.Grup (pozitif kontrol ½)	<0,001*
	3.Grup (pozitif kontrol 2/3)	<0,001*
	5.Grup (deney grubu ½)	1,000
5.Grup (deney grubu ½)	1. Grup (negatif kontrol)	0,999
	2.Grup (pozitif kontrol ½)	<0,001*
	3.Grup (pozitif kontrol 2/3)	<0,001*
	4.Grup (deney grubu 2/3)	1,000

1.Grup (negatif kontrol grubu): Çürüksüz sağlam dişler

2.Grup (pozitif kontrol grubu ½): Kanal boyunun ½'sine post boşluğu hazırlanan dişler

3.Grup (pozitif kontrol grubu 2/3): Kanal boyunun 2/3'üne post boşluğu hazırlanan dişler

4.Grup (deney grubu 2/3): Kanal boyunun 2/3'üne post yerleştirilip restore edilen dişler

5.Grup (deney grubu 1/2): Kanal boyunun ½'sine post yerleştirilip restore edilen dişler

*İstatiksel olarak farklı grupları göstermektedir (p<0,05).

1.grup (negatif kontrol); 2.grup (p<0,001) ve 3.grup ile (p<0,001) kırılma direnci bakımından istatiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir. Buna karşın 1.grup ile 4. Grup (p=0,997) ve 5.grup (p=0,999) arasında istatiksel olarak fark görülmemiştir.

2.grup (pozitif kontrol 1/2); 1, 4 ve 5.gruplarla (p<0,001) kırılma direnci bakımından istatiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir.

3.grup (pozitif kontrol 2/3); 1, 4 ve 5.gruplarla (p<0,001) kırılma direnci bakımından istatiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir.

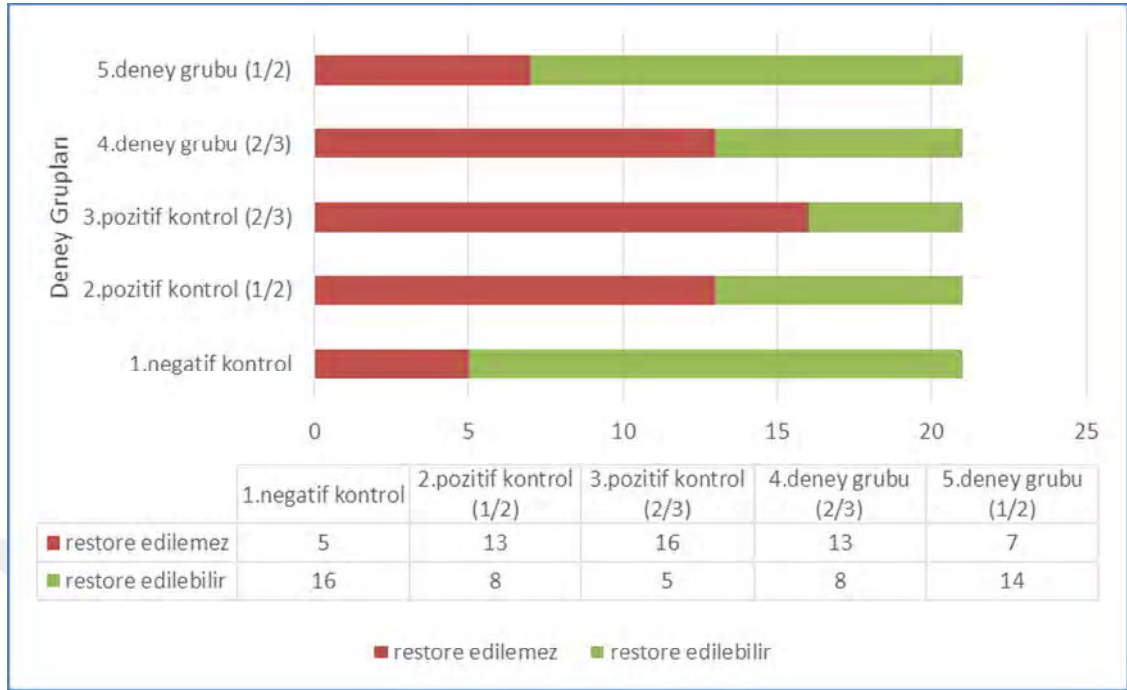
Pozitif kontrol grupları arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir ($p=0,559$).

Deney grupları arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir ($p>0,05$).

Üniversal test cihazı ile kırma testi yapıldıktan sonra dişlerde oluşan kırık tipleri iki bağımsız araştırmacı tarafından dental operasyon mikroskobu (OPMI Pico; Carl Zeiss, Almanya) altında “restore edilemez” (şekil 4.3a) ve “restore edilebilir” (şekil 4.3b) olarak değerlendirilmiştir. Mine-sement sınırında veya mine-sement sınırının 1 mm altına kadar kırılan dişler “restore edilebilir” olarak, mine-sement sınırının 1 mm’den daha fazla apikalinden kırılan veya vertikal kırık oluşan dişler “restore edilemez” olarak tanımlanmıştır. Kırma testi sonucu oluşan kırıkların gruplara göre dağılımı şekil 4.3’de gösterilmiştir. Kırık tiplerinin değerlendirilmesi için ki-kare testi yapılmıştır. Gruplar arası kırık tiplerinin karşılaştırılması için yapılan ki-kare testinin sonuçları tablo 4.4’te gösterilmiştir. Aynı zamanda gruplar kendi içinde kırık tipleri bakımından yine ki-kare testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmanın sonuçları da tablo 4.5’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 (a) Restore edilemez kırık, (b) restore edilebilir kırık



Şekil 4.4. Kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı

Tablo 4.4 Gruplar arası kırık tiplerinin ki-kare testi ile karşılaştırılması

Kırık tipi	Gruplar					
	Negatif kontrol (1.grup)	Pozitif kontrol (2.grup)	Pozitif kontrol (3.grup)	Deney grubu (4.grup)	Deney grubu (5.grup)	Toplam
Restore edilemez	5 ^a	13 ^{b,c}	16 ^c	13 ^{b,c}	7 ^{a,b}	54
Restore edilebilir	16 ^a	8 ^{b,c}	5 ^c	8 ^{b,c}	14 ^{a,b}	51
Toplam	21	21	21	21	21	105

*Aynı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığını göstermektedir.

Negatif kontrol grubu (1.grup); kırık tipleri bakımından pozitif kontrol gruplarından ve 4.gruptan istatistiksel olarak anlamlı derecede farklıdır ($p=0,003$).

5.grup, kırık tipleri bakımından 3.gruptan (pozitif kontrol [2/3]) istatistiksel olarak anlamlı derecede farklıdır ($p=0,003$).

1. ve 5.grup arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p>0,05$).

2., 3. ve 4. Gruplar arasında kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p>0,05$).

Tablo 4.5 Gruplar içinde kırık tiplerinin karşılaştırılması

	Gruplar	Kırık tipi		Toplam
		Restore edilemez	Restore edilebilir	
	1.negatif kontrol	5 ^a	16 ^b	21
	2.pozitif kontrol (1/2)	13 ^a	8 ^a	21
	3.pozitif kontrol (2/3)	16 ^a	5 ^b	21
	4.deney grubu (2/3)	13 ^a	8 ^a	21
	5.deney grubu (1/2)	7 ^a	14 ^a	21
	Toplam	54	51	105

*Aynı harfler gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığını göstermektedir.

1.gruptaki dişler kırık tipleri açısından incelendiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür.

2., 4. ve 5.grupların kendi içindeki karşılaştırmalarda kırık tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

3.gruptaki dişler kırık tipleri açısından incelendiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmüştür.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde çürük ve travma nedeniyle aşırı madde kaybına uğramış endodontik tedavili dişler için kök yapısını da restorasyona dahil eden post-kor uygulamaları rutin olarak uygulanmaktadır [165]. Postlar büyük miktarda koronal diş dokusu kaybına uğramış dişlerde korun diş retansiyonunu sağlamaktadır [166]. Ancak post uygulaması esnasında kurallara uygun hareket edilmediği takdirde ilgili dişte fazla madde kaybına yol açılabilir. Bu durum da uzun dönemde dişin kırılma direnci azalmasına neden olabilir [167].

Akkayan ve ark. yaptığı bir çalışmada titanyum postlar, cam fiber, quartz fiber ve zirkonyum postları fraktür direnci açısından karşılaştırmışlardır. Fiberle güçlendirilmiş kompozit postlarla restore edilmiş dişlerde az sayıda restore edilemez kırık tipi görülürken, zirkonyum seramik postlar kullanıldığında bu oranın arttığını ve titanyum postlarla restore edilen dişlerin ise tamamının tamiri mümkün olmayacak şekilde kırıldığı bildirilmiştir [168]. Endodontik tedavi görmüş dişlerin konservatif restorasyonlarında fiber post kullanımı değerlendirildiğinde ise fiber post kullanılan dişlerde restore edilebilir kırıklar oluştuğu veya kırılma direncinde artışın gözleendiği ortaya konmuştur [168]. Sonuç olarak endodontik tedavi görmüş dişlerin konservatif restorasyonlarında fiber post kullanımı tavsiye edilmiştir [44]. Uzun dönem klinik çalışmalarla ilgili yapılan meta-analizde fiber postlar diğer post sistemlerine göre yüksek başarı oranları göstermişlerdir [169]. Bu sebeplerden dolayı bizim çalışmamızda post materyali olarak cam fiber postlar tercih edildi.

Örnek seçim kriterleri, güvenilir diş çatlak testlerinin gerçekleştirilmesi için önemli bir adımdır. İnsan dişleri; kök ve kanal morfolojisi, diş yapısı, kimyasal bileşim ve mekanik özelliklerle ilgili geniş bir çeşitlilik gösterir. Bu da diş çatlağının ex vivo değerlendirmesi için güvenilir bir referans oluşturulmasını zorlaştırır. Örneğin;

LK spreader ile doldurulmuş kanallarda VKK meydana gelmesi için gereken in vitro yük mandibular keserler için 1,5 kg kadar düşük olabilir [67], ancak maksiller keserlerde 7,2 kg'a kadar değişebilir [66]. Konunun daha net olması için, örneklem seçiminde göz önünde bulundurulması gereken faktörler radiküler ve kanal morfolojileri ve diş yaşlanmasına göre kategorize edilir.

Endodontik işlemlerden sonra dentin defektlerinin görülme sıklığı ile ilgili yapılan çalışmalarda salin, distile veya deiyonize su en çok kullanılan depolama ortamını oluştururken, tek bir çalışmada [79] dişler 1 saat boyunca % 5,25 NaOCl içeren ortamda saklanmıştır. NaOCl gibi proteolitik çözeltilerin bir depolama ortamı olarak kullanılması; amaç, çatlak oluşturma testlerinde olduğu gibi dentin substratının yapısal durumunu doğrulamak olduğunda tavsiye edilmez [79]. NaOCl çözeltisi, dentin mikro sertliği, elastik modülü ve bükülme direnci üzerinde ciddi değişiklikler yaparak dentini daha kırılğan hale getirir[170]. İnsan dentininin organik doku kaybı, intertübüler ve peritübüler dentin yapısını derinden etkileyebilir ve kanal içi prosedürle ilişkili dentinal mikro çatlaklar hakkında önyargılı bilgilerle sonuçlanan birçok dentinal hasara neden olabilir [171].

Dentin esas olarak inorganik bileşenlerden oluşur, ancak bileşiminin %50 ila %55'i organik matris ve sudan oluşur. Dentin yapısının yaklaşık %20 ila %25'i sudur ve bunun %75- %79'u bağlanmamış serbest sudur (esasen dentin tübüllerini işgal eder), %21 ila %25'i de bağlı sudur [172]. Bağlı su, esas olarak dentin organik matrisinde baskın olan (%90) kollajen liflerine kimyasal olarak bağlanır. Agee ve ark. [172] bir dentin numunesinin %0 bağlı neme maruz kalmasından sonra yani tam kuru bir ortamda 5 dakika kalmasından sonra toplam bağlı suyunun %10'unu kaybedebileceğini göstermiştir. Lee ve ark. [171], kollajen ve proteoglikan matris üzerindeki zararlı etkilerin, dentin büzülmesinde tetikleyici, stres konsantrasyonunda ve çatlak ilerlemesinde bir artışa neden olabileceğini ve nihayetinde kırılma direncinde belirgin bir azalmaya katkıda bulunabileceğini belirtmişlerdir.

İnorganik mineral, dentin kuvveti ve sertliği ile ilgili olsa da organik kollajen diş yapısının genel dayanıklılığını sağlar [173]. Bu nedenle, depolama süresinin ortalaması ve zamanının, diş çekimi sonrası dentinal mikro çatlakların görünümünde kesin bir rol oynadığı tahmin edilebilir. Kollajen matrinden elde edilen önemli miktardaki bağlanmış suyun kuru koşullarda kaybedilebileceğini göz önünde bulundurularak [172], kırılma

dayanımı testi altındaki dişin, örneğin intrakanal prosedürlere tabi tutulduğu anlar da dahil olmak üzere, deney boyunca ıslak kalması tavsiye edilir. Dentin nemle temas halinde kolay ve hızlı bir şekilde hidratlanabilse bile [174], kuru dentinin açığa çıkarılan kırılma etkisi, intrakanal prosedürlerin kuru koşullarda gerçekleştirildiği deneysel bir düzende önemli bir faktör olarak görülebilir.

Farklı post boşluğu uzunluğunun ve farklı siman kullanımının kron ile restore edilmiş dişlerin kırılma dayanımına etkisinin incelendiği bir çalışmada benzer boylara sahip periodontal sebeplerle çekilmiş 40 adet mandibular küçük azı dişi kullanılmıştır ve dişler serum fizyolojik içinde saklanmıştır [175]. Döküm metal post kor ve kompozit post ile restore edilmiş dişlerin kırılma direncinin ve stres dağılımının incelendiği bir başka çalışmada 40 adet alt premolar diş kullanılmış ve dişler %0,9'luk timol çözeltisi içinde saklanmıştır [176].

Bu sebeplerden dolayı çalışmamızda tek ve düz köklü, 105 adet mandibular premolar diş kullanılması tercih edilmiştir. Ayrıca dişler seçilirken kök boylarının ve kalınlıklarının birbirine yakın olmasına dikkat edilmiştir. Deneysel prosedürlerin başlangıcına kadar dişler %0,9 izotonik sodyum klorür (serum fizyolojik) içinde saklanmıştır.

Kanalların farklı kesitsel şekillere sahip olduğu göz önüne alındığında, dişlerin yalnızca tek köklü olma kriterine dayanan bir örnek seçimi [97, 129], zayıf standardizasyona sebep olabilir. Genellikle benzer anatomik koşulları sağlamak için iki boyutlu radyografik görüntüler kullanılır, ancak bu prosedür, benzer enine kesit şekilleri olmayan kök kanallarının güvenilir bir şekilde belirlenmesi için zayıf bir kriterdir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için mikro-BT görüntüleme kullanılarak diş seçimi yapılabilir [177, 178]. Fakat, daha önce mikro çatlak oluşumu üzerine yayınlanan çalışmaların hiçbiri örnek seçiminde bu kadar sıkı kriterler kullanmamıştır. Ayrıca mikro-BT görüntüleme, geleneksel radyografiye göre oldukça pahalı bir yöntemdir. Bu kısıtlamalar dahilinde çalışmamızda seçilen dişlerin düz ve tek kanallı olduklarını doğrulamak için dijital radyografi kullanılmıştır.

Jamleh ve ark. mandibular premolar dişlerde kök kanal şekillendirmesinin apikal mikro çatlak oluşumunu inceledikleri bir çalışmada, kanal şekillendirmesi sırasında periodontal ligamenti taklit etmesi için kök yüzeyini bir hidrofilik vinil polisiloksan esaslı ölçü maddesi (Examixfine, GC Corporation) ile kaplamışlardır [83]. Aynı

çalışmada dişlerin kök yüzeyi ölçü maddesi ile kaplandıktan sonra, alveol kemiğini taklit edebilmek amacıyla dişler akrilik rezin bloklara gömülmüştür. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde dişler ince bir tabaka silikon esaslı ölçü maddesi (Zetaplus; Zhermack SpA, İtalya) ile kaplanıp daha sonra akrilik rezin içerisine gömülmüştür.

Bürklein ve ark. yaptıkları bir çalışmada kök kanal şekillendirmesi sonrası resiprokal ve tam rotasyon yapan nikel titanyum döner eğelerin dentinal defekt oluşturma insidansını araştırmışlardır[71]. Bu çalışmada son apikal şekillendirmeyi 4 farklı grupta sırasıyla Mtwo 40.04, ProTaper F4 (40.06), Reciproc R40 (40.06) ve WaveOne 40.04 döner eğeleri ile yapmışlardır. Tian ve ark. [179] tek köklü ve tek kanallı mandibular premolar dişlerde apikal şekillendirme çapının dişlerin kırılma direncine etkisini araştırdıkları bir çalışmada, kanalları #40, #50, #55 ve #60'a kadar şekillendirmişlerdir. Kanallarını #40'a kadar şekillendirdikleri dişlerin ortalama kırılma direncinin #50, #55 ve #60'a kadar şekillendirilen dişlerden önemli ölçüde daha yüksek olduğu bulunmuştur [179]. Bizim çalışmamızda da kullandığımız alt premolar dişlerin kök kanal şekillendirmesi için Reciproc (VDW, Münih, Almanya) R25 (25.08) ve R40 (40.06) resiprokal döner eğeleri kullanılmıştır.

Kök kanal dolgusunun kanal tedavisinin önemli bir aşaması olduğunun anlaşılmasından bu yana klinisyenler üç boyutlu sızdırmaz bir kanal dolgusu elde etmek için çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir [87]. Bu amaçla, kanal dolgu malzemelerinin sıkıştırılması önerilmiştir [88]. Sıkıştırma uygulamasının (yanal, dikey veya termomekanik) temel endişesi, kompakt hareketin kendisinin her zaman diş duvarlarında bir reaksiyona neden olmasıdır [89].

LK tekniği kök kanal dolumu için uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. LK tekniğini uygularken aksesuar konuların yerleştirilmesi için boşluk yaratmaya çalışırken diş hasarına neden olabileceği uzun zamandan beri kabul edilmiştir [65, 66]. Bazı yazarlar, LK sırasında aşırı kuvvet kullanımını VKK için tetikleyici olarak düşünmektedir[65, 96]. Bazı yazarlar tarafından, spreaderı ana güta perka konunun yanına penetre etmek için hafif kuvvetler kullanılması önerilmiştir [88].

Diğer bir kök kanal dolum tekniği ise güta perkanın sıcak vertikal kompaksiyonudur (VK). VK tekniğini uygulayan herhangi bir klinisyen için en büyük endişe, güta perkaların plastisitesi ile ilgili doğru sıkıştırma kuvvetini oluşturmaktır. Ricks-Williamson ve ark.[99], kanal dolumunun neden olduğu stresi incelemek için sonlu

elemanlar analizi kullanmış ve VK'nın kök boyunca LK'den daha fazla zararlı stres ürettiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, Gimlin ve ark.[89], 2D mühendislik modellerini kullanarak, LK'nin, özellikle spreader ucunda, VK'den daha fazla istenmeyen stres konsantrasyonuna neden olabileceğini, oysa VK'nin de, LK'den daha fazla yanal kuvvet oluşturduğunu göstermişlerdir. Zayıf kuvvetler uygulandığında güta perka deformasyonu meydana gelmezken, aşırı kuvvetlerin uygulanması sonucu kök kırığı oluşabilir. Karşıt bir görüş olarak, Telli ve ark. ise sonlu elemanlar modelini kullanarak, uzman bir operatör tarafından kullanıldığında VK'nin dentin için zararlı olmayabileceğini vurgulamışlardır [100, 101]. VK, burada tarif edilen in vitro testlerde kök üzerinde farklı miktarlarda stres yaratsa da literatürün sistematik bir incelemesinde, Peng ve ark. [104] uzun vadeli sonuçlarda VK ile LK arasında kanal duvarında stres oluşumu bakımından bir fark bulamamışlardır; bu da her iki tekniğin de genel olarak güvenli olduğunu göstermektedir.

Schroeder ve ark. [180] yaptıkları bir çalışmada kor taşıyıcılı güta perka ve VK ile doldurulmuş kanallarda post boşluğu hazırlanması sırasında kanal boşluğundan sapma olup olmadığını mikro-BT kullanarak araştırmışlardır. Thermafil ile doldurulan dişlerin %50'sinde, GuttaCore ile doldurulan dişlerin ise %7'sinde post boşluğu hazırlanması sırasında kanal boşluğundan sapma olduğu bulunmuştur. VK ile doldurulan kanalların hiçbirinde ise kanal boşluğundan sapma olmadığı bulunmuştur [180].

Bu bilgiler ışığında bizim çalışmamızda kanal duvarlarına gelebilecek zararlı kuvvetlerin engellenmesi amacıyla kanal dolun yöntemi olarak devamlı ısı ile vertikal kompaksiyon yöntemi kullanılmıştır. Post yapılacak dişler, hazırlanacak post boşluğunun uzunluğuna göre postun apikal sınırına kadar α -fazındanki güta perka ile doldurulmuştur. Fazla güta perka ısıtılmış bir plugger ile uzaklaştırılmış ve apikalde kalan kısmı plugger ile kondanse edilmiştir.

Postlarla ilgili literatür bilgisi araştırıldığında, post boşluğu hazırlanması sırasında çeşitli yöntemler kullanıldığı görülmektedir. Singh ve ark.[181] yaptıkları bir çalışmada post boşluğu hazırlanması sırasında dentinde mikro çatlak oluşumunu mikro-BT kullanarak araştırmışlardır. Post boşluklarını hazırlarken K-tipi el eğeleri, Peeso reamer frezi ve ParaPost XT drili kullanmışlardır. Zicari ve ark. [182] farklı boylarda ve farklı yöntemlerle simante edilmiş postların kırılma dirençlerinin araştırdıkları bir çalışmada post boşluğu hazırlanması esnasında kök kanalındaki güta perkayı uzaklaştırmak

amacıyla 2,3 ve 4 numaralı Gates Glidden frezlerini kullanmışlardır. Daha sonra ise üretici firmanın posta özel olarak ürettiği drili kullanmışlardır. Bizim çalışmamızda ise kök kanal dolumu, hazırlanacak post boşluğunun en apikal bölgesinden başladığı için güta perkayı uzaklaştırmak için ilave bir işleme ihtiyaç duyulmamıştır. Ayrıca çalışmamızda kullanılacak olan dişlerden rasgele seçilen 4 tanesinin kanal genişlikleri deneysel prosedürler öncesi mikro-BT kullanılarak ölçülmüş ve 3M ESPE (Seefeld, Almanya) firmasının 2 numaralı postunun uygun olduğuna karar verilmiştir. Post boşluğu hazırlanması esnasında apikal çapı 0,8 mm koronal çapı 1,6 mm, koniklik açısı %8 olan 3M RelyX fiber post ile uyumlu olan 2 numaralı post drili (3 M ESPE, Seefeld Almanya) kullanılmıştır.

Literatürde farklı boylardaki postların bağlanma, çekme ve kırılma direncini araştıran birçok çalışma bulunmaktadır. Uzun yıllar boyunca intraradiküler postlar için en uygun uzunluğun kök boyunun 2/3'ü veya kron boyundan eşit ya da daha büyük olması gerektiği belirtilmiştir [183, 184]. Fakat bunun aksini iddia eden çalışmalar da mevcuttur. Zicari ve ark. [182] 5 mm, 7,5 mm ve 10 mm uzunluğundaki postlar kullanılarak restore edilen üst premolar dişlerin kırılma dirençlerini araştırdıkları bir çalışmada 5 mm post kullanılan dişlerin kırılma direncinin en yüksek olduğunu ve bunu sırasıyla 7,5 mm ve 10 mm'lik grupların takip ettiğini bulmuşlardır. Aynı çalışmada kırma testi sonucunda oluşan kırık seviyelerine göre dişlerin restore edilip edilemeyeceği değerlendirilmiştir. 5 mm uzunluğundaki postlar ile restore edilen dişlerin diğer gruplardan önemli ölçüde daha fazla restore edilebilir kırık gösterdiğini bulmuşlardır [182]. Webber ve ark. [163] farklı boylarda simante edilmiş cam fiber postların çekme testi ile bağlanma direncini analiz etmişlerdir. Kök boyunun 2/3 ve 1/2 uzunluğunda simante edilen postlarda bağlanma direnci açısından anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür [163]. Bu bilgiler doğrultusunda klinik uygulamalarda ideal post boyutunun belirlenmesine yönelik farklı görüşler olduğu görülmektedir. Ayrıca literatür incelendiğine farklı boylardaki postların kök dentininde mikro çatlak oluşumunu mikro-BT ile inceleyen bir çalışma olmadığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla bizim çalışmamızda da kök dentininde mikro çatlak oluşumu ve dişlerin kırılma direncinin incelenmesi amacıyla kök boyunun 2/3 ve 1/2 uzunluğuna uygulanan postların kullanılmasına karar verilmiştir.

Post simantasyon prosedürleri ile ilgili literatürde birçok farklı yöntem tarif edilmiştir. Elnaghy ve ark. [185] yaptıkları bir çalışmada simantasyondan önce postların yüzeyine 60 saniye silan, hava-partikül abrazyonu, 1 dakika boyunca %9'luk hidroflorik asit ve 10 dakika boyunca metilen florür uygulamışlardır. Daha sonra postlar RelyX Unicem self-adeziv resin siman (RXU; 3M ESPE; Seefeld, Germany) ile simante edilmiştir. Çalışma sonucunda metilen florür uygulamasının fiber postların kanal duvarına bağlanma direncini önemli ölçüde artırdığı bulunmuştur [185]. Migliau ve ark. yaptıkları bir çalışmada fiber post yüzeyine 30 saniye boyunca %37'lik ortofosforik asit uygulamasının postların bağlanma direncini önemli ölçüde artırdığını bulmuşlardır [186]. Zicari ve ark. self-etch ve self-adeziv resin simanlar ile simante edilen postların kırılma dirençlerini araştırdıkları bir çalışmada kullanılan siman tipinin postların kırılma direncini etkilemediği sonucuna varmışlardır [182]. Soares ve ark. [187] simantasyon ajanı ve cam fiber post tasarımının kökte farklı uzunluklardaki bağlanma direncini değerlendirdikleri çalışmada, cam fiber postların retansiyonunun postların yüzey pürüzlülüğünden etkilenmediğini ancak resin siman tipinden etkilendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca self-adeziv resin siman olan RelyX Unicem'in oldukça sert olduğu belirtilmiştir [187]. Bizim çalışmamızda nispeten daha yeni bir materyal olan ve daha ileri araştırmaların hedefi olduğu için piyasada bulunan ürünler arasından self-adeziv resin siman RelyX Unicem Aplicap (3M ESPE; Seefeld, Germany) kullanılmıştır.

Mikro-BT tarayıcıların son dönemdeki gelişmeleriyle, veri toplama hızındaki, çözünürlük ve görüntü kalitesi gelişmeler, sayısal yöntemleri kullanan ilk çalışmalarla [145-148] karşılaştırıldığında, voksel boyutlarının 40 mikrometrenin altına düşmesiyle [149, 150], daha büyük bir doğruluk sağlamıştır. Bu nedenle mikro-BT, endodontik araştırmalarda artan bir önem kazanmıştır, çünkü kök kanal sisteminin iki ve üç boyutlu doğru değerlendirmesi için nicel ve nitel olarak uygulanabilecek yıkıcı olmayan tekrarlanabilir bir teknik sunmaktadır [138].

Çalışmamızda deneysel prosedürler öncesinde kullanılacak dişlerde mikro çatlak olup olmadığının tespit edilmesi için mikro-BT yöntemi kullanılmıştır. Mikro çatlaklarla ilgili literatür incelendiğine son yıllarda yapılan birçok çalışmanın güncel ve diş dokusuna zarar vermeyen bir yöntem olan mikro-BT'yi kullandığı görülmektedir [23, 24, 83, 86, 188, 189]. Kök dentinindeki mikro çatlakların mikro-BT ile

değerlendirilmesinde en kritik noktalardan biri elde edilen görüntülerin çözünürlüğüdür. Yapılan çalışmalarda 14,25 µm, 33 µm, 26.73 µm, 10 µm gibi farklı çözünürlükler kullanılmıştır [31, 83, 188, 189]. Bu bilgiler doğrultusunda yaptığımız çalışmada mikro-BT cihazının çözünürlüğü 14 µm olarak ayarlanmıştır.

Yaptığımız birinci mikro-BT taraması sonucunda hiçbir endodontik ve restoratif işlem uygulanmamış, çürüksüz 42 dişte toplam 45592 enine kesit görüntüsü incelenmiştir. İncelenen bu kesitlerin %15'inde dentin çatlağı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan birçok mikro-BT çalışmasında da deneysel prosedürler öncesi incelenen dişlerde farklı oranlarda (%7.1, %17.9, %28,3, %27,64) mikro çatlaklar tespit edilmiştir [23, 24, 31, 86, 188]. Bu çatlakların nedenleri diş çekimi sırasında aşırı kuvvet uygulanması [190], dentinin su kaybı gibi çevresel faktörler [191], yaş, fonksiyonel stres, oklüzal erken temaslar ve parafonksiyonel alışkanlıklar [181] gibi faktörler olabilir.

Operasyon öncesi tespit edilen mikro çatlakların miktarlarındaki farklılıklar yukarıda bahsedilen çevresel faktörler ve tarama yapılan cihazın izotropik çözünürlüğü ile ilişkilendirilebilir. Taramanın yapıldığı mikro-BT cihazının izotropik çözünürlüğünden daha dar veya küçük olan mikro çatlaklar tespit edilemeyebilir ve bu da yapılan çalışmaların sonuçlarını etkileyebilir.

Döner ve resiprokal enstrümanlarla kanal şekillendirmesi sonrası mikro çatlak oluşumu ile ilgili literatürde fikir birliği yoktur ve çatlak insidansı %0 ile %80 arasında bildirilmektedir [77, 192]. Genel olarak, bu büyük tutarsızlık, test edilen sistemler ve şekillendirme protokolleri, dentinal defektleri değerlendirmede kullanılan gözlemsel yöntemler, örnek seçimi (kök kanal anatomisi), irrigasyon protokolleri ve defektlerin sınıflandırılmasında kullanılan isimlendirme gibi farklılıklara bağlanabilir.

Mikro-BT'nin endodontik araştırmalarda yaygınlaşmasıyla kök kanal şekillendirmesinin kök dentininde çatlak oluşturup oluşturmadığını inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. Jamleh ve ark. vakum altında kontrast madde (BaSO₄) ile boyanmış ve 10 µm izotropik çözünürlükte mikro-BT ile 25 mandibular premolar dişi görüntülemiştir. ProTaper ve WaveOne sistemleri ile şekillendirme prosedüründen sonra kök kanallarının apikal bölgesinde dentinal çatlaklar olduğunu göstermişlerdir [83].

Ceyhanlı ve ark. ProTaper Universal (PTU), RaCe ve Safesider enstrümanlarının mikro çatlak oluşumu üzerine etkisini mikro-BT ile incelemişlerdir [193]. Kök kanal şekillendirmesi öncesi incelenen dişlerde mikro çatlakların bulunduğunu ve bunların oranının kanal şekillendirmesi sonrası PTU grubunda %42, Safesider grubunda %35 ve RaCe grubunda %25 oranında arttığını rapor etmişlerdir.

De-Deus ve arkadaşları Reciproc ve ProTaper Universal eğe sistemleri ile kök kanal şekillendirmesinden sonra dentinal mikro çatlak oluşumunu kadavra modeli kullanarak mikro-BT ile incelemişlerdir [23]. Taramaları 13,18 µm izotropik çözünürlükte gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda kök kanal şekillendirmesi sonrası tespit edilen defektlerin zaten şekillendirme öncesi de mevcut olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca test edilen eğe sistemlerinin yeni mikro çatlak oluşturmadığını tespit etmişlerdir.

Bizim çalışmamızda da kök kanal şekillendirmesi amacıyla Reciproc R25 ve R40 (VDW, Münih, Almanya) eğeleri kullanılmıştır. İkinci mikro-BT taraması sonucu elde edilen görüntüler incelendiğinde tespit edilen çatlakların kanal şekillendirmesi öncesinde de mevcut olduğu ve yeni mikro çatlak oluşmadığı tespit edilmiştir.

Son yıllarda yapılan post çalışmaları incelendiğinde farklı boylarda ve farklı materyaller ile yapılan postların dişlerin kırılma, çekme direncine etkisini ve kök dentinine bağlanmasını araştıran birçok yayın mevcuttur [162, 163, 169, 182, 184, 194]. Fakat farklı uzunluklarda post boşluğu hazırlanmasının kök dentininde mikro çatlak oluşumuna etkisini mikro-BT ile inceleyen bir çalışmanın mevcut olmadığı görülmektedir. Bu sebeple literatürdeki bilgi eksikliği göz önünde bulundurularak çalışmamızda aynı yöntemle fakat farklı uzunluklarda post boşluğu hazırlanmasına ve bunun kök dentininde mikro çatlak oluşumuna etkisinin mikro-BT ile değerlendirilmesine karar verilmiştir.

Yalnızca bir çalışmada aynı uzunluklarda post boşluğu hazırlanması sırasında kullanılan farklı yöntemlerin mikro çatlak oluşumuna etkisi mikro-BT ile araştırılmıştır [181]. Singh ve ark. farklı yöntemlerle post boşluğu hazırlanması sırasında kök dentininde mikro çatlak oluşumunu mikro-BT ile değerlendirmişlerdir [181]. Post boşluğu hazırlanması sırasında #50- #110 K-tipi el eğeleri; #1, #2 ve #3 numara Peeso reamer frezlerini (500-800 rpm) ve apikal genişliği 1,1 mm olan ParaPost XT drili (750-1000 rpm) (Coltene Whaledent, ABD) kullanmışlardır. Mikro çatlak değerlendirmesi için köklerin apikalden itibaren 17 mm'lik kısımlarını 0,25 mm'lik kesit aralıklarıyla mikro-

BT ile taramışlardır. Kökün dış yüzeyinde ve kanal duvarının iç yüzeyinde herhangi bir mikro çatlak veya çatlak çizgisi göstremeyen dişler “çatlaksız” olarak kabul edilmiştir. Herhangi bir çatlak çizgisi veya mikro çatlak içeren dişler “çatlaklı” olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma sonucunda mikro çatlakların deneysel prosedürler öncesi zaten mevcut olduğu, kök kanal şekillendirmesi ve post boşluğu hazırlanması sırasında önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir [181]. Post boşluğu hazırlanmasından sonra mikro çatlakların artmasının sebebinin işlem sırasında önemli miktarda dentin kaybı olması ve dentin kalınlığının azalması olduğu düşünülmüştür. Ayrıca post boşluğu hazırlama yöntemleri karşılaştırıldığında ParaPost XT drilinin kullanıldığı grupta diğer gruplara kıyasla anlamlı derecede daha fazla mikro çatlak (%8,35) oluştuğu görülmüştür [181]. Bu farklılığın olası sebepleri arasında kullanılan enstrümanın tasarımı, enine kesit geometrisi, yiv formu, alaşımı ve dakikadaki devir sayısı olabileceği belirtilmiştir. Bunlara ek olarak K-tipi el eğeleri ve Peeso Reamer frezleri kullanılan gruplarda enstrümanlar kademeli olarak artan boyutlarda kullanılmış, bu da dentinin yavaş yavaş uzaklaştırılmasını ve dentin üzerinde daha az stres birikmesini sağlamıştır [181].

Bizim çalışmamızda post farklı boyutlarda post boşluğu hazırlığı sonrası yapılan mikro-BT taraması sonucunda 4.grupta (deney grubu 2/3) 2 dişte (%9), 5.grupta (deney grubu 1/2) ise 3 dişte (%14) tamamlanmış çatlak tespit edilmiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Tespit edilen çatlaklar kök kanal dolumu sırasında plugger kullanımının kanal yan duvarlarında oluşturduğu stres veya post boşluğu hazırlanması sırasında post drilinin oluşturduğu stres sonucunda oluşmuş olabilir. De-Deus ve ark. [195] üç farklı kanal dolum tekniğinin (Gutta-Core, soğuk lateral kompaksiyon ve sıcak vertikal kompaksiyon) kök dentininde mikro çatlak oluşumuna etkisini mikro-BT ile araştırdıkları bir çalışmada hiçbir dolum tekniğinin yeni çatlak oluşturmadığını, tespit edilen çatlakların hepsinin kök kanal şekillendirmesi sırasında da mevcut olduğunu rapor etmişlerdir. Post boşluğu hazırlanması sırasında kullanılan enstrüman sayısının az olması dentinden kısa sürede fazla miktarda madde kaybına neden olmaktadır. Ayrıca kullanılan post drilinin koniklik açısı, çalışma hızı, yiv sayısı ve uzunluğu enstrümanın kanal duvarı ile temas yüzeyini dolayısıyla oluşan stres miktarını da etkilemektedir [132].

Bunlara ek olarak deneysel prosedürler öncesi var olan tamamlanmamış çatlaklar post boşluğu şekillendirmesi sırasında dentin kalınlığının azalmasıyla birlikte tamamlanmış çatlak oluşumu için tetikleyici bir faktör olarak düşünülebilir.

Post simantasyonu ve üst restorasyonlar yapıldıktan sonra dişlerin kırılma dirençleri karşılaştırılmıştır. Negatif kontrol grubu olarak çürük, kırık ve çatlak içermeyen hiçbir endodontik ve restoratif işlem görmemiş sağlam dişler kullanılmıştır. Negatif kontrol grubu ile deney gruplarımız arasında kırılma direnci açısından istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Pozitif kontrol grupları ile diğer gruplar arasında ise anlamlı derecede fark olduğu görülmüş, pozitif kontrol gruplarındaki dişlerin kırılma direncinin diğer gruplardan önemli ölçüde daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Franco ve ark. [196] kök boyunun farklı uzunluklarında fiber postlar (1/3, 1/2, 2/3) ile restore edilen dişlerin kırılma dirençleri arasında önemli bir fark olmadığını rapor etmişlerdir. Santos-Filho ve ark. [197] üç farklı post materyalini (döküm metal post, prefabrike paslanmaz çelik post ve cam fiber post) üç farklı uzunlukta (5 mm, 7,5 mm ve 10 mm) simante ederek dişlerin kırılma dirençlerini değerlendirmişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonucunda fiber post grubunda post boyunun değişmesinin dişlerin kırılma direncini etkilemediğini, döküm metal post ve prefabrike paslanmaz çelik post grubunda ise post boyunun artmasının dişlerin kırılma direncini önemli ölçüde artırdığını bulmuşlardır [197].

Çalışmamızda yapılan kırma testi sonrası dişlerde oluşan kırıkların restore edilip edilemeyeceği değerlendirilmiştir. En fazla restore edilebilir kırık tipi (%76,19) negatif kontrol grubunda görülmüştür. Bu değer, pozitif kontrol grupları ve deney grubu (2/3)'ten istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır. Fakat deney grubu (1/2) ile arasında önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Pozitif kontrol gruplarının restore edilemeyecek şekilde kırılmasının sebepleri arasında kök ve kron dentininden önemli miktarda diş dokusu uzaklaştırması ve bu kaybedilen dokunun yerine herhangi bir adeziv restorasyon uygulanmaması olduğu düşünülebilir. Deney grubu (2/3)'te ise post uzunluğu deney grubu (1/2)'ye göre daha fazla olduğundan dişin üzerine gelen dikey kuvvetler büyük oranda apikal bölgeye iletilmiş olabilir bu da vertikal kök kırıklarının apikale yakın bölgede meydana gelmesine neden olabilir. Ayrıca diş köklerinin anatomik yapısı sebebiyle apikale doğru dentin kalınlığı azalır, bu da restore edilemeyecek kırıkların oluşmasına zemin hazırlayabilir.

Zicari ve ark. [182] farklı uzunluklardaki postların (10 mm, 7,5 mm ve 5 mm) dişlerin kırılma direncine ve kırılma tipine etkisini değerlendirdikleri bir çalışmada, 5 mm'lik postlarla restore edilen dişlerin kırılma direncinin 10 mm'lik postlarla restore edilen dişlerden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Aynı zamanda 10 mm'lik postlar ile restore edilen dişlerin büyük oranda restore edilemeyecek şekilde kırıldığını bildirmişlerdir [182].

SONUÇLAR

Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde şu sonuçlara varılabilir:

1. Kök kanal şekillendirmesi sırasında kullanılan enstrümanlar kök dentininde yeni çatlak oluşumuna sebep olmamıştır.
2. Post boşluğu hazırlanması sırasında kullanılan driller köklerde çatlak ve vertikal kırıklara sebep olabilir.
3. Kısa postlar ile restore edilmiş dişlerin kırılma direnci uzun postlar ile restore edilmiş dişlerin kırılma direnci benzerdir.
4. Kanal boyunun ½'sine post yapılan dişler, kanal boyunun 2/3'üne post yapılan dişlerden daha yüksek oranda tamir edilebilir kırık tipi göstermiştir.
5. Klinik uygulamalarda kökün ½ uzunluğundaki cam fiber postlar güvenle kullanılabilir.

6.KAYNAKLAR

1. Sjögren, U., et al., Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of endodontics*, 1990. **16**(10): p. 498-504.
2. Tsesis, I., et al., Prevalence and associated periodontal status of teeth with root perforation: a retrospective study of 2,002 patients' medical records. *Journal of endodontics*, 2010. **36**(5): p. 797-800.
3. Aydın, B., T. Köse, and M. Çalışkan, Effectiveness of HERO 642 versus Hedström files for removing gutta-percha fillings in curved root canals: an ex vivo study. *International endodontic journal*, 2009. **42**(11): p. 1050-1056.
4. Cujé, J., C. Bargholz, and M. Hülsmann, The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *International endodontic journal*, 2010. **43**(7): p. 545-554.
5. Yoldas, O., et al., Dentinal microcrack formation during root canal preparations by different NiTi rotary instruments and the self-adjusting file. *Journal of endodontics*, 2012. **38**(2): p. 232-235.
6. Shen, Y., S. Stojicic, and M. Haapasalo, Antimicrobial efficacy of chlorhexidine against bacteria in biofilms at different stages of development. *Journal of endodontics*, 2011. **37**(5): p. 657-661.
7. Tsesis, I., et al., Diagnosis of vertical root fractures in endodontically treated teeth based on clinical and radiographic indices: a systematic review. *Journal of endodontics*, 2010. **36**(9): p. 1455-1458.
8. Sim, T., et al., Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. *International Endodontic Journal*, 2001. **34**(2): p. 120-132.

9. Wu, M.-K., L. Van Der Sluis, and P. Wesselink, Comparison of mandibular premolars and canines with respect to their resistance to vertical root fracture. *Journal of dentistry*, 2004. **32**(4): p. 265-268.
10. Kishen, A., Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endodontic topics*, 2006. **13**(1): p. 57-83.
11. Kishen, A., G.V. Kumar, and N.N. Chen, Stress–strain response in human dentine: rethinking fracture predilection in postcore restored teeth. *Dental Traumatology*, 2004. **20**(2): p. 90-100.
12. Onnink, P.A., R.D. Davis, and B.E. Wayman, An in vitro comparison of incomplete root fractures associated with three obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 1994. **20**(1): p. 32-37.
13. Schwartz, R.S. and J.W. Robbins, Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *Journal of endodontics*, 2004. **30**(5): p. 289-301.
14. Reeh, E.S., H.H. Messer, and W.H. Douglas, Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *Journal of endodontics*, 1989. **15**(11): p. 512-516.
15. Robbins, J.W., Guidelines for the restoration of endodontically treated teeth. *The Journal of the American Dental Association*, 1990. **120**(5): p. 558560562564566.
16. Kilic, K., et al., Infrared thermographic comparison of temperature increases on the root surface during dowel space preparations using circular versus oval fiber dowel systems. *Journal of Prosthodontics*, 2013. **22**(3): p. 203-207.
17. Kremeier, K., et al., Influence of endodontic post type (glass fiber, quartz fiber or gold) and luting material on push-out bond strength to dentin in vitro. *Dental Materials*, 2008. **24**(5): p. 660-666.
18. Asmussen, E., A. Peutzfeldt, and A. Sahafi, Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2005. **94**(4): p. 321-329.

19. Boschian Pest, L., et al., Stress distribution in a post-restored tooth using the three-dimensional finite element method. *Journal of oral rehabilitation*, 2006. **33**(9): p. 690-697.
20. Scotti, R., et al., Effect of post length on the fatigue resistance of bovine teeth restored with bonded fiber posts: a pilot study. *International Journal of Prosthodontics*, 2006. **19**(5).
21. Sen, D., E. Poyrazoglu, and B. Tuncelli, The retentive effects of pre-fabricated posts by luting cements. *Journal of oral rehabilitation*, 2004. **31**(6): p. 585-589.
22. Arias, A., et al., Comparison of 2 canal preparation techniques in the induction of microcracks: a pilot study with cadaver mandibles. *Journal of endodontics*, 2014. **40**(7): p. 982-985.
23. De-Deus, G., et al., Dentinal Microcrack Development after Canal Preparation: A Longitudinal in Situ Micro-computed Tomography Study Using a Cadaver Model. *Journal of Endodontics*, 2017. **43**(9): p. 1553-1558.
24. de Oliveira, B.P., et al., Micro-computed Tomographic Analysis of Apical Microcracks before and after Root Canal Preparation by Hand, Rotary, and Reciprocating Instruments at Different Working Lengths. *Journal of Endodontics*, 2017.
25. Bier, C.A.S., et al., The ability of different nickel-titanium rotary instruments to induce dentinal damage during canal preparation. *Journal of Endodontics*, 2009. **35**(2): p. 236-238.
26. Coelho, M.S., S.J. Card, and P.Z. Tawil, Light-emitting diode assessment of dentinal defects after root canal preparation with Profile, TRUShape, and WaveOne Gold systems. *Journal of endodontics*, 2016. **42**(9): p. 1393-1396.
27. Coelho, M.S., S.J. Card, and P.Z. Tawil, Visualization enhancement of dentinal defects by using light-emitting diode transillumination. *Journal of endodontics*, 2016. **42**(7): p. 1110-1113.
28. A Versiani, M., E. Souza, and G. De-Deus, Critical appraisal of studies on dentinal radicular microcracks in endodontics: methodological issues,

- contemporary concepts, and future perspectives. *Endodontic Topics*, 2015. **33**(1): p. 87-156.
29. Siqueira, J.F., et al., Correlative bacteriologic and micro-computed tomographic analysis of mandibular molar mesial canals prepared by Self-Adjusting File, Reciproc, and Twisted File systems. *Journal of endodontics*, 2013. **39**(8): p. 1044-1050.
 30. Başer Can, E., A. Keleş, and B. Aslan, Micro-CT evaluation of the quality of root fillings when using three root filling systems. *International endodontic journal*, 2017. **50**(5): p. 499-505.
 31. De-Deus, G., et al., Micro-computed tomographic assessment on the effect of ProTaper Next and Twisted File Adaptive systems on dentinal cracks. *Journal of endodontics*, 2015. **41**(7): p. 1116-1119.
 32. Marceliano-Alves, M., et al., Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multfile rotary systems: a micro-CT study. *International endodontic journal*, 2015. **48**(12): p. 1129-1136.
 33. Gillen, B.M., et al., Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *Journal of endodontics*, 2011. **37**(7): p. 895-902.
 34. Soares, C.J., et al., How biomechanics can affect the endodontic treated teeth and their restorative procedures? *Brazilian oral research*, 2018. **32**.
 35. Sorensen, J.A. and J.T. Martinoff, Endodontically treated teeth as abutments. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 1985. **53**(5): p. 631-636.
 36. Schwartz, R. and R. Jordan, Restoration of endodontically treated teeth: the endodontist's perspective, Part 1. *AAE Spring-Summer*, 2004.
 37. Peroz, I., et al., Restoring endodontically treated teeth with posts and cores--a review. *Quintessence international*, 2005. **36**(9).
 38. Pilo, R., G. Corcino, and A. Tamse, Residual dentin thickness in mandibular premolars prepared with hand and rotatory instruments. *Journal of Endodontics*, 1998. **24**(6): p. 401-404.

39. McDonald, A., P. King, and D. Setchell, An in vitro study to compare impact fracture resistance of intact root-treated teeth. *International endodontic journal*, 1990. **23**(6): p. 304-312.
40. Burke, F., et al., Fracture resistance of five pin-retained core build-up materials on teeth with and without extracoronal preparation. *Operative dentistry*, 2000. **25**(5): p. 388-394.
41. Isidor, F., K. Brondum, and G. Ravnholt, The influence of post length and crown ferrule length on the resistance to cyclic loading of bovine teeth with prefabricated titanium posts. *Int J Prosthodont*, 1999. **12**(1): p. 78-82.
42. Hood, J., Biomechanics of the intact, prepared and restored tooth: Some clinical implications. *International Dental Journal*, 1991. **41**(1): p. 25-32.
43. Hansen, E.K., E. Asmussen, and N.C. Christiansen, In vivo fractures of endodontically treated posterior teeth restored with amalgam. *Dental Traumatology*, 1990. **6**(2): p. 49-55.
44. Yıkılğan, İ. and O. Bala, Endodontik tedavi görmüş dişlerin konservatif restorasyonları. *Acta Odontologica Turcica*, 2013. **30**(1): p. 44-8.
45. Ekstrand, J., et al., Mercury toxicokinetics—dependency on strain and gender. *Toxicology and applied pharmacology*, 2010. **243**(3): p. 283-291.
46. Hansen, E., In vivo cusp fracture of endodontically treated premolars restored with MOD amalgam or MOD resin fillings. *Dental Materials*, 1988. **4**(4): p. 169-173.
47. Schirrmeister, J.F., et al., Four-year evaluation of a resin composite including nanofillers in posterior cavities. *Journal of Adhesive Dentistry*, 2009. **11**(5).
48. Chang, M., J. Dennison, and P. Yaman, Physical property evaluation of four composite materials. *Operative dentistry*, 2013. **38**(5): p. E144-E153.
49. Kijssamanmith, K., et al., Micro-tensile bond strengths of bonding agents to pulpal floor dentine. *International Endodontic Journal*, 2002. **35**(10): p. 833-839.
50. Hürmüzlü, F., et al., Fracture resistance of endodontically treated premolars restored with ormocer and packable composite. *Journal of Endodontics*, 2003. **29**(12): p. 838-840.

51. Bindl, A. and W.H. Mormann, Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years--preliminary results. *J Adhes Dent*, 1999. **1**(3): p. 255-65.
52. Veselinović, V., et al., Restoring endodontically treated teeth with all-ceramic endo-crowns: case report. *Stomatološki glasnik Srbije*, 2008. **55**(1): p. 54-64.
53. Goracci, C. and M. Ferrari, Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J*, 2011. **56 Suppl 1**: p. 77-83.
54. Fernandes, A.S., S. Shetty, and I. Coutinho, Factors determining post selection: a literature review. *J Prosthet Dent*, 2003. **90**(6): p. 556-62.
55. Cagidiaco, M.C., et al., Clinical studies of fiber posts: a literature review. *Int J Prosthodont*, 2008. **21**(4): p. 328-36.
56. Dietschi, D., et al., Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Int*, 2008. **39**(2): p. 117-29.
57. Kim, S.H., et al., Erratum to: Effects of metal- and fiber-reinforced composite root canal posts on flexural properties. *Dent Mater J*, 2016. **35**(2): p. 334.
58. Fokkinga, W.A., et al., A structured analysis of in vitro failure loads and failure modes of fiber, metal, and ceramic post-and-core systems. *Int J Prosthodont*, 2004. **17**(4): p. 476-82.
59. Franco, E.B., et al., Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with glass fiber posts of different lengths. *J Prosthet Dent*, 2014. **111**(1): p. 30-4.
60. Santos-Filho, P.C., et al., Influence of ferrule, post system, and length on biomechanical behavior of endodontically treated anterior teeth. *J Endod*, 2014. **40**(1): p. 119-23.
61. Kremeier, K., et al., Influence of endodontic post type (glass fiber, quartz fiber or gold) and luting material on push-out bond strength to dentin in vitro. *Dent Mater*, 2008. **24**(5): p. 660-6.
62. Walton, R.E., R.J. Michelich, and G.N. Smith, The histopathogenesis of vertical root fractures. *J Endod*, 1984. **10**(2): p. 48-56.

63. Tamse, A., et al., An evaluation of endodontically treated vertically fractured teeth. *J Endod*, 1999. **25**(7): p. 506-8.
64. Helfer, A.R., S. Melnick, and H. Schilder, Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1972. **34**(4): p. 661-70.
65. Meister, F., Jr., T.J. Lommel, and H. Gerstein, Diagnosis and possible causes of vertical root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1980. **49**(3): p. 243-53.
66. Pitts, D.L., H.E. Matheny, and J.I. Nicholls, An in vitro study of spreader loads required to cause vertical root fracture during lateral condensation. *J Endod*, 1983. **9**(12): p. 544-50.
67. Holcomb, J.Q., D.L. Pitts, and J.I. Nicholls, Further Investigation of Spreader Loads Required to Cause Vertical Root Fracture during Lateral Condensation. *Journal of Endodontics*, 1987. **13**(6): p. 277-284.
68. Sathorn, C., J.E. Palamara, and H.H. Messer, A comparison of the effects of two canal preparation techniques on root fracture susceptibility and fracture pattern. *J Endod*, 2005. **31**(4): p. 283-7.
69. Shemesh, H., et al., The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects. *Int Endod J*, 2009. **42**(3): p. 208-13.
70. M, H., P. OA, and D. PMH, Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics*, 2005. **10**: p. 30-76.
71. Burklein, S., P. Tsotsis, and E. Schafer, Incidence of dentinal defects after root canal preparation: reciprocating versus rotary instrumentation. *J Endod*, 2013. **39**(4): p. 501-4.
72. Kansal, R., et al., Assessment of Dentinal Damage during Canal Preparation Using Reciprocating and Rotary Files. *Journal of Endodontics*, 2014. **40**(9): p. 1443-1446.
73. Pop, I., et al., Synchrotron light-based muCT to analyse the presence of dentinal microcracks post-rotary and reciprocating NiTi instrumentation. *Clin Oral Investig*, 2015. **19**(1): p. 11-6.

74. Shemesh, H., et al., Diagnosis of vertical root fractures with optical coherence tomography. *J Endod*, 2008. **34**(6): p. 739-42.
75. Bier, C.A.S., et al., The Ability of Different Nickel-Titanium Rotary Instruments To Induce Dentinal Damage During Canal Preparation. *Journal of Endodontics*, 2009. **35**(2): p. 236-238.
76. Hülsmann, M., Effects of mechanical instrumentation and chemical irrigation on the root canal dentin and surrounding tissues. *Endodontic Topics*, 2013. **29**(1): p. 55-86.
77. Cicek, E., et al., Evaluation of microcrack formation in root canals after instrumentation with different NiTi rotary file systems: a scanning electron microscopy study. *Scanning*, 2015. **37**(1): p. 49-53.
78. Hin, E.S., et al., Effects of self-adjusting file, Mtwo, and ProTaper on the root canal wall. *J Endod*, 2013. **39**(2): p. 262-4.
79. Milani, A.S., et al., The effect of root canal preparation on the development of dentin cracks. *Iran Endod J*, 2012. **7**(4): p. 177-82.
80. Arias, A., et al., Comparison of 2 canal preparation techniques in the induction of microcracks: a pilot study with cadaver mandibles. *J Endod*, 2014. **40**(7): p. 982-5.
81. Karatas, E., et al., Dentinal crack formation during root canal preparations by the twisted file adaptive, ProTaper Next, ProTaper Universal, and WaveOne instruments. *J Endod*, 2015. **41**(2): p. 261-4.
82. Liu, R., et al., The incidence of root microcracks caused by 3 different single-file systems versus the ProTaper system. *J Endod*, 2013. **39**(8): p. 1054-6.
83. Jamleh, A., et al., Root surface strain during canal shaping and its influence on apical microcrack development: a preliminary investigation. *Int Endod J*, 2015. **48**(12): p. 1103-11.
84. Adl, A., M. Sedigh-Shams, and M. Majd, The Effect of Using RC Prep during Root Canal Preparation on the Incidence of Dentinal Defects. *Journal of Endodontics*, 2015. **41**(3): p. 376-379.

85. Aydin, U., et al., Effect of ethylenediaminetetraacetic acid gel on the incidence of dentinal cracks caused by three novel nickel-titanium systems. *Aust Endod J*, 2015. **41**(3): p. 104-10.
86. De-Deus, G., et al., Lack of causal relationship between dentinal microcracks and root canal preparation with reciprocation systems. *J Endod*, 2014. **40**(9): p. 1447-50.
87. Ingle, J.I., Root canal obturation. *J Am Dent Assoc*, 1956. **53**(1): p. 47-55.
88. Harvey, T.E., J.T. White, and I.J. Leeb, Lateral condensation stress in root canals. *J Endod*, 1981. **7**(4): p. 151-5.
89. Gimlin, D.R., C.H. Parr, and G. Aguirre-Ramirez, A comparison of stresses produced during lateral and vertical condensation using engineering models. *J Endod*, 1986. **12**(6): p. 235-41.
90. Blum, J.Y., P. Machtou, and J.P. Micallef, Analysis of forces developed during obturations. Wedging effect: Part II. *J Endod*, 1998. **24**(4): p. 223-8.
91. Blum, J.Y., P. Machtou, and J.P. Micallef, Analysis of forces developed during obturations. Wedging effect: Part I. *J Endod*, 1998. **24**(4): p. 217-22.
92. Cailleteau, J.G. and T.P. Mullaney, Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools. *Journal of Endodontics*, 1997. **23**(6): p. 394-396.
93. Kazemi, R.B., K.E. Safavi, and L.S. Spangberg, Dimensional changes of endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1993. **76**(6): p. 766-71.
94. Kontakiotis, E.G., M.K. Wu, and P.R. Wesselink, Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *Int Endod J*, 1997. **30**(5): p. 307-12.
95. Orstavik, D., Physical properties of root canal sealers: measurement of flow, working time, and compressive strength. *Int Endod J*, 1983. **16**(3): p. 99-107.
96. Lommel, T.J., et al., Alveolar bone loss associated with vertical root fractures. Report of six cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1978. **45**(6): p. 909-19.

97. Wilcox, L.R., C. Roskelley, and T. Sutton, The relationship of root canal enlargement to finger-spreader induced vertical root fracture. *J Endod*, 1997. **23**(8): p. 533-4.
98. Schilder, H., Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am*, 1967: p. 723-44.
99. Ricks-Williamson, L.J., et al., A three-dimensional finite-element stress analysis of an endodontically prepared maxillary central incisor. *J Endod*, 1995. **21**(7): p. 362-7.
100. Telli, C., P. Gulkan, and H. Gunel, A critical reevaluation of stresses generated during vertical and lateral condensation of gutta-percha in the root canal. *Endod Dent Traumatol*, 1994. **10**(1): p. 1-10.
101. Telli, C., P. Gulkan, and W. Raab, Additional studies on the distribution of stresses during vertical compaction of gutta-percha in the root canal. *Br Dent J*, 1999. **187**(1): p. 32-7.
102. Saw, L.H. and H.H. Messer, Root strains associated with different obturation techniques. *J Endod*, 1995. **21**(6): p. 314-20.
103. Shemesh, H., P.R. Wesselink, and M.K. Wu, Incidence of dentinal defects after root canal filling procedures. *Int Endod J*, 2010. **43**(11): p. 995-1000.
104. Peng, L., et al., Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod*, 2007. **33**(2): p. 106-9.
105. von Arx, T., et al., Detection of dentinal cracks after root-end resection: an ex vivo study comparing microscopy and endoscopy with scanning electron microscopy. *J Endod*, 2010. **36**(9): p. 1563-8.
106. Matsushita-Tokugawa, M., et al., Detection of Dentinal Microcracks Using Infrared Thermography. *Journal of Endodontics*, 2013. **39**(1): p. 88-91.
107. Landrigan, M.D., et al., Detection of dentinal cracks using contrast-enhanced micro-computed tomography. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 2010. **3**(2): p. 223-227.

108. Adorno, C.G., T. Yoshioka, and H. Suda, The effect of root preparation technique and instrumentation length on the development of apical root cracks. *J Endod*, 2009. **35**(3): p. 389-92.
109. Adorno, C.G., T. Yoshioka, and H. Suda, Crack initiation on the apical root surface caused by three different nickel-titanium rotary files at different working lengths. *J Endod*, 2011. **37**(4): p. 522-5.
110. Topcuoglu, H.S., et al., The effects of Mtwo, R-Endo, and D-RaCe retreatment instruments on the incidence of dentinal defects during the removal of root canal filling material. *J Endod*, 2014. **40**(2): p. 266-70.
111. Wright, H.M., Jr., et al., Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of transillumination and dyes. *J Endod*, 2004. **30**(10): p. 712-5.
112. Kubo, M., et al., Structural modifications of dentinal microcracks with human aging. *Microscopy (Oxf)*, 2013. **62**(6): p. 555-61.
113. Bahcall, J. and J. Barss, Orasopic visualization technique for conventional and surgical endodontics. *Int Endod J*, 2003. **36**(6): p. 441-7.
114. von Arx, T., et al., Diagnostic accuracy of endoscopy in periradicular surgery - a comparison with scanning electron microscopy. *Int Endod J*, 2003. **36**(10): p. 691-9.
115. Renshaw, J., et al., The sources of heat generation in vibrothermography. *Ndt & E International*, 2011. **44**(8): p. 736-739.
116. Fujimoto, J.G., et al., Optical coherence tomography: an emerging technology for biomedical imaging and optical biopsy. *Neoplasia*, 2000. **2**(1-2): p. 9-25.
117. Shemesh, H., et al., The ability of optical coherence tomography to characterize the root canal walls. *J Endod*, 2007. **33**(11): p. 1369-73.
118. University Of Alberta. Scanning Electron Microscope Laboratory. 2017; Available from: <https://www.eas.ualberta.ca/sem/>.
119. De Munck, J., et al., A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*, 2005. **84**(2): p. 118-32.

120. Gondim, E., Jr., et al., Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of freshly extracted human teeth: scanning electron microscopy analysis. *J Endod*, 2002. **28**(9): p. 646-50.
121. Ivancik, J., et al., The reduction in fatigue crack growth resistance of dentin with depth. *J Dent Res*, 2011. **90**(8): p. 1031-6.
122. Jainaen, A., J.E. Palamara, and H.H. Messer, Effect of dentinal tubules and resin-based endodontic sealers on fracture properties of root dentin. *Dent Mater*, 2009. **25**(10): p. e73-81.
123. Ashwinkumar, V., et al., Effect of reciprocating file motion on microcrack formation in root canals: an SEM study. *Int Endod J*, 2014. **47**(7): p. 622-7.
124. Dang, D.A. and R.E. Walton, Vertical root fracture and root distortion: effect of spreader design. *J Endod*, 1989. **15**(7): p. 294-301.
125. Carr, G.B., Microscopes in endodontics. *J Calif Dent Assoc*, 1992. **20**(11): p. 55-61.
126. Slaton, C.C., et al., Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of visual magnification. *J Endod*, 2003. **29**(8): p. 519-22.
127. Mason Technology. SZX7 Zoom Stereo Microscope. 2017; Available from: <http://www.masontechnology.ie/product/OlympusMaterialsScienceMicroscopy/StereoMicroscopesMaterialsScience/SZX7ZoomStereoMicroscope>.
128. Adorno, C.G., T. Yoshioka, and H. Suda, The effect of working length and root canal preparation technique on crack development in the apical root canal wall. *Int Endod J*, 2010. **43**(4): p. 321-7.
129. Obermayr, G., et al., Vertical root fracture and relative deformation during obturation and post cementation. *J Prosthet Dent*, 1991. **66**(2): p. 181-7.
130. Shemesh, H., et al., Damage to root dentin during retreatment procedures. *J Endod*, 2011. **37**(1): p. 63-6.
131. Capar, I.D., et al., Effects of root canal preparation, various filling techniques and retreatment after filling on vertical root fracture and crack formation. *Dental Traumatology*, 2015. **31**(4): p. 302-307.

132. Liu, R., et al., Incidence of Apical Root Cracks and Apical Dentinal Detachments after Canal Preparation with Hand and Rotary Files at Different Instrumentation Lengths. *Journal of Endodontics*, 2013. **39**(1): p. 129-132.
133. Clark, D.J., C.G. Sheets, and J.M. Paquette, Definitive diagnosis of early enamel and dentin cracks based on microscopic evaluation. *J Esthet Restor Dent*, 2003. **15**(7): p. 391-401; discussion 401.
134. Adorno, C.G., et al., The effect of endodontic procedures on apical crack initiation and propagation ex vivo. *Int Endod J*, 2013. **46**(8): p. 763-8.
135. Cambruzzi, J.V., F.J. Marshall, and J.B. Pappin, Methylene blue dye: an aid to endodontic surgery. *J Endod*, 1985. **11**(7): p. 311-4.
136. Layton, C.A., et al., Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation. *J Endod*, 1996. **22**(4): p. 157-60.
137. Elliott, J.C. and S.D. Dover, X-ray microtomography. *J Microsc*, 1982. **126**(Pt 2): p. 211-3.
138. Peters, O.A., et al., Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res*, 2000. **79**(6): p. 1405-9.
139. Versiani, M.A., J.D. Pecora, and M.D. Sousa-Neto, The anatomy of two-rooted mandibular canines determined using micro-computed tomography. *International Endodontic Journal*, 2011. **44**(7): p. 682-687.
140. Versiani, M.A., J.D. Pecora, and M.D. de Sousa-Neto, Root and root canal morphology of four-rooted maxillary second molars: a micro-computed tomography study. *J Endod*, 2012. **38**(7): p. 977-82.
141. Versiani, M.A., J.D. Pecora, and M.D. Sousa-Neto, Microcomputed tomography analysis of the root canal morphology of single-rooted mandibular canines. *Int Endod J*, 2013. **46**(9): p. 800-7.
142. Ketcham, R.A. and W.D. Carlson, Acquisition, optimization and interpretation of X-ray computed tomographic imagery: applications to the geosciences. *Computers & Geosciences*, 2001. **27**(4): p. 381-400.
143. Swain, M.V. and J. Xue, State of the art of Micro-CT applications in dental research. *International journal of oral science*, 2009. **1**(4): p. 177.

144. Nielsen, R.B., et al., Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod*, 1995. **21**(11): p. 561-8.
145. Berutti, E., Computerized analysis of the instrumentation of the root canal system. *J Endod*, 1993. **19**(5): p. 236-8.
146. Blaskovic-Subat, V., et al., A computerized method for the evaluation of root canal morphology. *Int Endod J*, 1995. **28**(6): p. 290-6.
147. Lyroudia, K., et al., Virtual endodontics: three-dimensional tooth volume representations and their pulp cavity access. *J Endod*, 2002. **28**(8): p. 599-602.
148. Mayo, C.V., S. Montgomery, and C. de Rio, A computerized method for evaluating root canal morphology. *J Endod*, 1986. **12**(1): p. 2-7.
149. Rhodes, J.S., et al., Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J*, 1999. **32**(3): p. 165-70.
150. Dowker, S.E., G.R. Davis, and J.C. Elliott, X-ray microtomography: nondestructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 1997. **83**(4): p. 510-6.
151. Ritman, E.L., Current status of developments and applications of micro-CT. *Annu Rev Biomed Eng*, 2011. **13**: p. 531-52.
152. Wang, G., et al., Design, analysis and simulation for development of the first clinical micro-CT scanner. *Academic radiology*, 2005. **12**(4): p. 511-525.
153. Holdsworth, D.W. and M.M. Thornton, Micro-CT in small animal and specimen imaging. *Trends in Biotechnology*, 2002. **20**(8): p. S34-S39.
154. Sarkar, P.S., et al., Development of X-ray CCD camera based X-ray micro-CT system. *Review of Scientific Instruments*, 2017. **88**(2).
155. Wang, G., et al., Design, analysis and simulation for development of the first clinical micro-CT scanner. *Acad Radiol*, 2005. **12**(4): p. 511-25.
156. Ritman, E.L., Current status of developments and applications of micro-CT. *Annual review of biomedical engineering*, 2011. **13**: p. 531-552.

157. Grande, N.M., et al., Present and future in the use of micro-CT scanner 3D analysis for the study of dental and root canal morphology. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 2012. **48**(1): p. 26-34.
158. Li, L., et al., A cone-beam tomography system with a reduced size planar detector: a backprojection-filtration reconstruction algorithm as well as numerical and practical experiments. *Appl Radiat Isot*, 2007. **65**(9): p. 1041-7.
159. Berman, L.H. and S. Kuttler, Fracture necrosis: diagnosis, prognosis assessment, and treatment recommendations. *J Endod*, 2010. **36**(3): p. 442-6.
160. Wang, X., et al., Detection of trabecular bone microdamage by micro-computed tomography. *J Biomech*, 2007. **40**(15): p. 3397-403.
161. Leng, H., et al., Micro-computed tomography of fatigue microdamage in cortical bone using a barium sulfate contrast agent. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2008. **1**(1): p. 68-75.
162. Pantaleon, D.S., et al., Effect of Ferrule Location with Varying Heights on Fracture Resistance and Failure Mode of Restored Endodontically Treated Maxillary Incisors. *J Prosthodont*, 2019.
163. Webber, M.B., et al., Analysis of bond strength by pull out test on fiber glass posts cemented in different lengths. *J Int Oral Health*, 2015. **7**(4): p. 7-12.
164. Scotti, N., et al., Is fracture resistance of endodontically treated mandibular molars restored with indirect onlay composite restorations influenced by fibre post insertion? *Journal of dentistry*, 2012. **40**(10): p. 814-820.
165. Öz, Ö.P., A. Seçilmiş, and C. Aydın, Post systems in prosthetic dentistry. *Gaziantep Med J*, 2015. **21**(1): p. 51-5.
166. Goodacre, C.J. and K.J. Spolnik, The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part I. Success and failure data, treatment concepts. *J Prosthodont*, 1994. **3**(4): p. 243-50.
167. Heydecke, G., F. Butz, and J.R. Strub, Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: an in-vitro study. *Journal of dentistry*, 2001. **29**(6): p. 427-433.

168. Akkayan, B. and T. Gülmez, Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2002. **87**(4): p. 431-437.
169. Zhou, L. and Q. Wang, Comparison of fracture resistance between cast posts and fiber posts: a meta-analysis of literature. *Journal of Endodontics*, 2013. **39**(1): p. 11-15.
170. Pascon, F.M., et al., Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *J Dent*, 2009. **37**(12): p. 903-8.
171. Lee, B.S., et al., The role of organic tissue on the punch shear strength of human dentin. *J Dent*, 2004. **32**(2): p. 101-7.
172. Agee, K.A., et al., Water distribution in dentin matrices: bound vs. unbound water. *Dent Mater*, 2015. **31**(3): p. 205-16.
173. Kinney, J.H., S.J. Marshall, and G.W. Marshall, The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. *Crit Rev Oral Biol Med*, 2003. **14**(1): p. 13-29.
174. Kruzic, J.J., et al., Crack blunting, crack bridging and resistance-curve fracture mechanics in dentin: effect of hydration. *Biomaterials*, 2003. **24**(28): p. 5209-21.
175. Kılınç, H.İ., et al., Farklı post boylarının ve farklı siman kullanımının kron ile restore edilmiş dişlerin kırılma dayanımına etkisi. *Selcuk Dental Journal*, 2016. **3**(1): p. 20-26.
176. Bacchi, A., et al., Fracture Strength and Stress Distribution in Premolars Restored with Cast Post-and-Cores or Glass-Fiber Posts Considering the Influence of Ferule. *BioMed research international*, 2019. **2019**.
177. Keles, A., et al., Oval-shaped canal retreatment with self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *Clin Oral Investig*, 2014. **18**(4): p. 1147-1153.
178. Keles, A., et al., Removal of Filling Materials from Oval-shaped Canals Using Laser Irradiation: A Micro-computed Tomographic Study. *Journal of Endodontics*, 2015. **41**(2): p. 219-224.

179. Tian, S.Y., W. Bai, and Y.H. Liang, [Impact of apical preparation diameter on fracture resistance of mandibular premolar roots]. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*, 2017. **49**(1): p. 92-5.
180. Schroeder, A.A., N.L. Ford, and J.M. Coil, Micro-computed tomography analysis of post space preparation in root canals filled with carrier-based thermoplasticized gutta-percha. *Int Endod J*, 2017. **50**(3): p. 293-302.
181. Singh, V., V. Nikhil, and P. Bansal, Induction of dentinal microcracks during postspace preparation: A comparative microcomputed tomography study. *J Conserv Dent*, 2018. **21**(6): p. 646-650.
182. Zicari, F., et al., Effect of fibre post length and adhesive strategy on fracture resistance of endodontically treated teeth after fatigue loading. *J Dent*, 2012. **40**(4): p. 312-21.
183. Morgano, S.M. and P. Milot, Clinical success of cast metal posts and cores. *J Prosthet Dent*, 1993. **70**(1): p. 11-6.
184. Standlee, J.P., A.A. Caputo, and E.C. Hanson, Retention of endodontic dowels: effects of cement, dowel length, diameter, and design. *J Prosthet Dent*, 1978. **39**(4): p. 400-5.
185. Elnaghy, A.M. and S.E. Elsaka, Effect of surface treatments on the flexural properties and adhesion of glass fiber-reinforced composite post to self-adhesive luting agent and radicular dentin. *Odontology*, 2016. **104**(1): p. 60-7.
186. Migliau, G., et al., Comparison between three glass fiber post cementation techniques. *Annali di stomatologia*, 2017. **8**(1): p. 29.
187. Soares, C.J., et al., Longitudinal clinical evaluation of post systems: a literature review. *Braz Dent J*, 2012. **23**(2): p. 135-740.
188. PradeepKumar, A.R., et al., Preexisting Dentinal Microcracks in Nonendodontically Treated Teeth: An Ex Vivo Micro-computed Tomographic Analysis. *J Endod*, 2017. **43**(6): p. 896-900.
189. Bayram, H.M., et al., Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper Instruments on Dentinal Microcrack Formation: A Micro-computed Tomographic Study. *J Endod*, 2017. **43**(7): p. 1166-1169.

190. Barreto, M.S., et al., Vertical root fractures and dentin defects: effects of root canal preparation, filling, and mechanical cycling. *J Endod*, 2012. **38**(8): p. 1135-9.
191. Kishen, A. and A. Rafique, Investigations on the dynamics of water in the macrostructural dentine. *Journal of biomedical optics*, 2006. **11**(5): p. 054018.
192. Ustun, Y., et al., The effects of different nickel-titanium instruments on dentinal microcrack formations during root canal preparation. *Eur J Dent*, 2015. **9**(1): p. 41-6.
193. Ceyhanli, K.T., et al., Comparison of ProTaper, RaCe and Safesider instruments in the induction of dentinal microcracks: a micro-CT study. *Int Endod J*, 2016. **49**(7): p. 684-9.
194. Macedo, V.C., A.L. Faria e Silva, and L.R. Martins, Effect of cement type, relining procedure, and length of cementation on pull-out bond strength of fiber posts. *J Endod*, 2010. **36**(9): p. 1543-6.
195. De-Deus, G., et al., Micro-CT assessment of dentinal micro-cracks after root canal filling procedures. *Int Endod J*, 2017. **50**(9): p. 895-901.
196. Franco, É.B., et al., Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with glass fiber posts of different lengths. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2014. **111**(1): p. 30-34.
197. Santos-Filho, P., et al., Effects of post system and length on the strain and fracture resistance of root filled bovine teeth. *International Endodontic Journal*, 2008. **41**(6): p. 493-501.

EKLER

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU (2011 - KAEK-80)

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Farklı uzunluklarda post boşluğu preparasyonundan sonra kök dentinindeki çatlakların ve dişlerin fraktür direncinin belirlenmesi: Bir mikro-Ct çalışması			
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU				
DEĞERLENİRİLEN BELGELER	BELGE ADI	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe <input 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 ADI	Açıklama		
	SİGORTA			
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ			
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU			
	ILAN			
	YILLIK BİLDİRİM			
	SONUÇ RAPORU			
	GÜVENLİK BİLDİRİMLERİ			
DİĞER				
KARAR BİLGİLERİ	Karar No : 2017/557	Tarih : 08.12.2017		
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gereke, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakinca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.			

KLİNİK ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU

ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	
ETİK KURUL BAŞKANI UNVANI/ADI/SOYADI	Prof. Dr. Sami Aydoğan

Unvanı / Adı Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyeti	Araştırma ile ilişkisi		Katılım (*)		İmza
Prof. Dr. Sami AYDOĞAN	Fizyoloji	E.Ü. Tıp Fak.	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK	Halk Sağlığı	E.Ü. Tıp Fak.	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Kemal DENİZ	Patoloji	E.Ü. Tıp Fak.	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Aydın ÜNAL	İç Hastalıkları	E.Ü. Tıp Fak.	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Güven KAHRİMAN	Radyoloji	E.Ü. Tıp Fak.	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Kemal ÖZYURT	Dermatoloji	Kayseri Eğitim Hast.	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Emin Murat CANGER	Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi	E.Ü. Diş Hek. Fak.	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Cihangir BIÇER	Anest. ve Rean.	E.Ü. Tıp Fak.	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Fatih KARDAŞ	Çocuk Sağ. ve Hast.	E.Ü. Tıp Fak.	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Serpil TAHERİ	Tıbbi Biyoloji	E.Ü. Tıp 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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Yard. Doç. Dr. Zafer SEZER	Farmakoloji	E.Ü. Tıp Fak.	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Yard. Doç. Dr. Gökmen ZARARSIZ	Biyostatistik	E.Ü. Tıp Fak.	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Av. Serhat ÜSTÜNEL	Avukat	Hukuk Müşaviri	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Ecz. Şükran TERZİ	Eczacı	Serbest Eczacı	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	
Sevtap Koçer	Sivil Üye	Serbest	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"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	

*: Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Sami AYDOĞAN
İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU (2011 - KAEK-80)

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		Farklı uzunluklarda post boşluğu preparasyonundan sonra kök dentinindeki çatlakların ve dişlerin fraktür direncinin belirlenmesi: Bir mikro-Ct çalışması		
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU				
ETİK KURULU BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	ERCIYES ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU		
	AÇIK ADRES	Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı, Melikgazi/KAYSERİ		
	TELEFON	0 352 437 49 10 - 11		
	FAKS	0 352 437 52 85		
	E-POSTA	sukriye@erciyes.edu.tr		
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR / SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI / ADI / SOYADI	Doç.Dr.Hüseyin Sinan Topçuoğlu		
	KOORDİNATÖR SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Endodonti		
	KOORDİNATÖR / SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi , Endodonti Anabilim Dalı, Kayseri		
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ ADI SOYADI			
	DESTEKLEYİCİ			
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)			
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMCİLCİSİ			
	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 checked="" type="checkbox"/>		
Diğer ise belirtiniz	Uzmanlık Tezi			
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEKMERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOKMERKEZ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/> ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	

Etik Kurul Başkanının
Ünvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Sami AYDOĞAN
İmza:

(Handwritten signature)



Funda HASANMECİ
Etik Kurul Sekreteri

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: İbrahim ŞENER

Uyruğu: T. C.

Doğum Tarihi ve Yeri: 01 Mart 1990, Kırcaali

e-mail: dt.ibrahimsener@gmail.com

Yazışma Adresi: Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti A. D.

Melikgazi/ KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans/ Y. Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2014
Lise	Nilüfer Milli Piyango Anadolu Lisesi	2009

YABANCI DİL

İngilizce