



**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**UZMANLIK
TEZİ**

**MANDİBULAR MESİAL KANALLARDA, İKİ FARKLI
ELEKTRONİK APEKS BULUCU DOĞRULUĞUNUN,
MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ KULLANILARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

ZÜBEYDE GÖKÇE TURHAN

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

KASIM 2022



**MANDİBULAR MESİAL KANALLARDA, İKİ FARKLI ELEKTRONİK
APEKS BULUCU DOĞRULUĞUNUN, MİKRO BİLGİSAYARLI
TOMOGRAFİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Zübeyde Gökçe TURHAN

**UZMANLIK TEZİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**Bu Tez Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından
TDH-2021-7020 proje kodu ile desteklenmiştir.**

KASIM 2022

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Zübeyde Gökçe TURHAN

23/11/2022

MANDİBULAR MESİAL KANALLARDA, İKİ FARKLI ELEKTRONİK APEKS BULUCU
DOĞRULUĞUNUN, MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ KULLANILARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ
(Uzmanlık Tezi)

Zübeyde Gökçe TURHAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
Kasım 2022

ÖZET

Çalışmanın amacı; 2 farklı elektronik apeks bulucu cihaz (Propex Pixi, Woodpecker 3) kullanılarak kanal boyu ve çalışma boyu tespit edilmiş mandibular molar dişlerin mesial kök kanallarında, Mikro-BT taraması ile 2 elektronik apeks bulucunun doğruluklarını ve güvenilirliklerini karşılaştırmak ve mandibular molar dişlerdeki anatomik zorlukların elektronik apeks buluculara etkisini incelemektir. Çalışmada 46 adet çekilmiş mandibular birinci molar dişin mesial kökleri kullanıldı. Operasyon mikroskobu altında, eğer apikalden görünene kadar ilerletilip kanalların gerçek boyları (RCL) saptandı. Mikro-BT ile saptanan apikal foramen-apikal konstriksiyon arası gerçek mesafe RCL'den çıkartılarak gerçek çalışma boyu (RWL) belirlendi. Tüm dişler aljinat modele gömüldü. Her iki cihaz ile '0.5' noktasında ölçüm yapıldı ve elektronik çalışma boyu 1 (EWL1) olarak kaydedildi. Daha sonra '0.0' noktasında ölçülen değerden klinik olarak 0,5 mm çıkartılarak elektronik çalışma boyu 2 (EWL2) belirlendi. Tüm dişler Mikro-BT cihazında taranıp apikal konstrüksiyon ve apikal foramenin lokasyonları, çapları, morfolojileri, aralarındaki mesafe, aksesuar kanalların varlığı incelendi. Mikro-BT taraması ile elde edilen veriler apeks bulucu ile elde edilen verilerle karşılaştırıldı ve istatistiksel olarak analiz edildi. Her iki apeks bulucu cihazın gerçek çalışma boyu değerinden anlamlı olarak daha taşkın ölçümler yaptığı gözlemlendi ($p<0,0001$). İki elektronik apeks bulucu cihazın farklı noktalarda yaptığı ölçümler karşılaştırıldığında, her iki cihaz da 'elektronik çalışma boyu 2' noktasında 'elektronik çalışma boyu 1' noktasına göre anlamlı olarak daha fazla altın standarda yakın ölçümler yaptı ($p<0,0001$). Kategorik inceleme yapıldığında, 'elektronik çalışma boyu 2' noktasında iki cihazın da 'tam' kategorisinde ($\leq \pm 0,5$ mm) ölçtüğü değerler artarken, 'kabul edilemez' kategorisinde (>1 mm) ölçtüğü değerler azaldı. Her iki elektronik apeks bulucu cihaz aksesuar kanal olmadığı durumlarda daha fazla 'tam' ve 'kabul edilebilir' ölçümler yaptı. AF-AC arası mesafe 0,5 mm'den daha fazla olduğu zaman 'çalışma boyu 1' noktasında yapılan ölçümlerde Propex Pixi cihazı anlamlı olarak daha fazla 'kabul edilemez' ölçüm yaptı ($p=0,005$). Elektronik apeks bulucu cihazlar ile '0.0' noktasında ölçüm yapıp, sonrasında klinik olarak 0,5 mm çıkartmak daha kabul edilebilir sonuçlar vermektedir.

Bilim Kodu : 10101.04
Anahtar Kelimeler : Çalışma boyu, elektronik apeks bulucu, mikro-BT
Sayfa Adedi : 100
Danışman : Prof. Dr. Ali Cemal TINAZ

EVALUATION OF TWO DIFFERENT ELECTRONIC APEX LOCATOR ACCURACY IN MANDIBULAR MESIAL CANALS USING MICRO COMPUTED TOMOGRAPHY

(Speciality Thesis)

Zübeyde Gökçe TURHAN

GAZİ UNIVERSITY

FACULTY OF DENTISTRY

November 2022

ABSTRACT

The aim of the study was to compare the accuracy and reliability of two electronic apex locators in the mesial canals of mandibular molars by using micro-computed tomography and to examine the effect of anatomical difficulties in mandibular molar teeth on electronic apex locators. The mesial roots of 46 extracted mandibular first molars were used in the study. Under the operating microscope, the actual length of the canals (RCL) was determined by advancing the file from the apically until it was visible. Actual working length (RWL) was determined by subtracting the actual distance between the apical foramen-apical construction determined by micro-CT from the RCL. All teeth were embedded in the alginate model. Measurements were made at the '0.5' point with both devices and recorded as electronic canal length 1 (EWL1). Then, the electronic working length 2 (EWL2) was determined by subtracting 0.5 mm clinically from the value measured at the '0.0' point. All teeth were scanned with Micro-CT device and apical construction and apical foramen locations, diameters, morphologies, distance between them, presence of accessory canals were examined. Data obtained by micro-CT scan were compared with data obtained by apex locator and statistically analyzed. It was observed that both apex locators measured significantly longer than the actual working length ($p<0.0001$). When the measurements made by the two electronic apex locator devices at different points were compared, both devices made measurements close to the gold standard significantly more at the point of 'electronic working length 2' than at the 'electronic working length 1' point ($p<0.0001$). When categorical analysis was made, the values measured by both devices in the "precise" category ($\leq \pm 0.5$ mm) at the point of "electronic working length 2" increased, while the values measured in the "mistaken" category (>1 mm) decreased. Both electronic apex locators made more 'precise' and 'acceptable' measurements in the absence of accessory canals. When the distance between AF and AC was more than 0.5 mm, Propex Pixi device made significantly more 'mistaken' measurements at the 'electronic working length 1' point ($p=0.005$). With electronic apex locator devices, measuring at the '0.0' point and then subtracting 0.5 mm clinically gives more acceptable results.

Science Code : 10101.04

Key Words : Electronic apex locator, micro-CT, working length

Page Number : 100

Supervisor : Prof. Dr. Ali Cemal TINAZ

TEŞEKKÜR

İlk günden beri hep daha çok çalışmam ve daha çok öğrenmem için beni teşvik eden, hayranlık duyduğum bilgi ve tecrübesiyle her zaman her konuda bana yol gösteren, sevgisini ve desteğini her daim hissettiğim, iyi bir hekim olma yolunda üzerimde çok emeği bulunan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Ali Cemal TINAZ'a,

Tezimin mikro-bilgisayarlı tomografi ölçümlerinde ve analizlerinde verdiği emek ve desteği için Doç. Dr. Berkan ÇELİKTEN'e, uzmanlık eğitimim boyunca başım her sıkıştığında kapısını çaldığım, klinikte yanımda olmasının her zaman güvende hissettirdiği, her şeyi danıştığım, öğrendiğim, bana her zaman yol gösteren, yanımda olduğunu bilmekten büyük mutluluk duyduğum çok sevgili hocam ve ablam Doç. Dr. Mügem Aslı EKİCİ'ye, başta Ana Bilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Özgür TOPUZ olmak üzere tüm öğretim üyesi hocalarıma,

Yollarımızın ilk burada kesiştiği, sonrasında adım adım birlikte büyüdüğümüz, tüm yokuşları birlikte inip çıktığımız, hayatı anlama ve yaşamaya çalışma cesareti gösterirken birbirimize hep destek olduğumuz Dt. Merve GÜNGÖR'e, uzmanlık eğitimine birlikte başladığımız, birbirimizi hiç üzmeden hep destekleyerek bu güne geldiğimiz Dt. Ahmet TEKDEMİR'e, hem destekleri hem dostlukları için Dr. Dt. İlke Doğa ŞEKER ve Uzm. Dt. Alev ERCAN'a, birlikte çalışmaktan büyük keyif aldığım tüm asistan çalışma arkadaşlarıma, emekleriyle her zaman hayatımızı kolaylaştıran başta Münevver AKBULUT olmak üzere tüm bölüm personelimize,

Herkesten çok hayatım boyunca başardığım her şeyin biricik mimarları, ilk günden beri her kararında arkamda duran, bana her zaman güvenen, onların kızı olmaktan onur duyduğum, haklarını ödeyemeyeceğim canım annem Habibe Fatma TURHAN ve canım babam Zekeriya TURHAN'a, canım kardeşlerim Gökhan TURHAN ve Göksu TURHAN'a,

Her zaman yanımda olan, desteği ve sevgisi sayesinde hep daha güçlü hissettiğim, hayat boyu tüm yolları hep onun yanında yürüyecek olmaktan büyük mutluluk duyduğum canım Dr. Dt. Barış ÜRÜN'e,

Sonsuz TEŞEKKÜRLERİMİ sunarım.

Bu tez çalışması GÜ Bilimsel Araştırma Projeleri TDH-2021-7020 kodu ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Apikal Bölgenin Anatomisi.....	3
2.2. Çalışma Boyu Tespit Yöntemleri.....	6
2.2.1. Anatomik ortalamaları kullanmak	6
2.2.2. Parmak hassasiyeti	6
2.2.3. Kağıt kon yöntemi.....	7
2.2.4. Radyografik yöntem.....	7
2.2.5. Dijital radyografi.....	9
2.2.6. Elektronik apeks bulucular.....	11
2.3. Elektronik Apeks Bulucuların Sınıflandırılması	12
2.3.1. Birinci nesil elektronik apeks bulucu cihazlar	12
2.3.2. İkinci nesil elektronik apeks bulucu cihazlar	13
2.3.3. Üçüncü nesil elektronik apeks bulucu cihazlar.....	15
2.3.4. Dördüncü nesil elektronik apeks bulucu cihazlar	19
2.3.5. Beşinci nesil elektronik apeks bulucu cihazlar	20

	Sayfa
2.3.6. Altıncı nesil elektronik apeks bulucu cihazlar	21
2.4. Elektronik Apeks Bulucu Cihazların Diğer Kullanım Alanları	21
2.5. Elektronik Apeks Bulucu Cihazların Avantaj ve Dezavantajları.....	23
2.6. Elektronik Apeks Bulucuların Doğruluğunu Etkileyen Faktörler	24
2.6.1. Kanal içi medikamanların ve irrigasyon solüsyonlarının etkisi.....	24
2.6.2. Pulpa vitalitesinin etkisi	26
2.6.3. Kırık ve perforasyon varlığının etkisi	27
2.6.4. Tekrarlayan kök kanal tedavisinin etkisi	27
2.6.5. Periapikal lezyon varlığının etkisi.....	28
2.6.6. Açık apeks varlığının etkisi.....	29
2.6.7. Koronal ve apikal genişletmenin etkisi.....	29
2.7. Endomotora Entegre Apeks Bulucu Cihazlar	30
2.8. Çalışma Boyu Doğruluğunu Değerlendirme Yöntemleri	31
2.8.1. Apikal foramenden kanal aletinin çıkışının izlenmesi.....	32
2.8.2. Apikal bölümün aşındırılmasını takiben mikroskop altında yapılan ölçüm.....	32
2.8.3. Dişlerin şeffaflaştırılmasını takiben mikroskop altında yapılan ölçüm	32
2.8.3. Apikal yapının ölçüsünün alınması.....	33
2.8.4. Mikro-bilgisayarlı tomografi.....	33
2.9. Çalışmanın Amacı	36
3. GEREÇ VE YÖNTEM	37
3.1. Etik Kurul Onayı	37
3.2. Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması.....	37
3.3. Görsel Ölçümler	37
3.4. Elektronik Apeks Bulucu Ölçümleri	39
3.5. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleme Ölçümleri	41

	Sayfa
3.6. Değerlendirme.....	43
3.7. İstatistiksel Değerlendirme.....	44
4. BULGULAR	47
5. TARTIŞMA.....	67
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR	81
EKLER.....	95
EK-1. Etik Kurul Onayı	96
ÖZGEÇMİŞ	100

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Operasyon mikroskobu, mikro-BT ve apeks bulucu cihazlar kullanılarak yapılan ölçümler	47
Çizelge 4.2. Elektronik apeks bulucu cihazların iki farklı çalışma boyunda kategorik ölçümleri	52
Çizelge 4.3. Çalışma boyu 1 için (EWL1) apeks bulucu karşılaştırması.....	52
Çizelge 4.4. Çalışma boyu 2 için (EWL2) apeks bulucu karşılaştırması.....	53
Çizelge 4.5. İki apeks bulucu cihazın taşkın ve içeride ölçüm karşılaştırması.....	54
Çizelge 4.6. ‘0.0’ noktasında iki cihazın uyumluluk karşılaştırması	55
Çizelge 4.7. ‘0.5’ noktasında cihazların uyumluluk karşılaştırması	56
Çizelge 4.8. ‘0.0’ noktasından 0,5 mm çıkartıldığında cihazların uyumluluk karşılaştırması	56
Çizelge 4.9. Anatomik Varyasyonların Elektronik Apeks Bulucular Üzerindeki Etkisi (‘0.0’ noktası)	58
Çizelge 4.10. Anatomik Varyasyonların Elektronik Apeks Bulucular Üzerindeki Etkisi (‘0.5’ noktası)	61
Çizelge 4.11. Anatomik Varyasyonların Elektronik Apeks Bulucular Üzerindeki Etkisi (‘0.0’ noktası- 0,5 mm).....	64

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kök kanalının apikal bölgesinin mikroskopik (A ve B) ve şematik (C) gösterimi	3
Şekil 2.2. Tip A: Geleneksel tek konstriksiyon, Tip B: Açılı konstriksiyon, Tip C: Birden çok konstriksiyon, Tip D: Paralel konstriksiyon	5
Şekil 4.1. Farklı çalışma boyu noktalarındaki ölçümlerin ikili karşılaştırılması	48
Şekil 4.2. Propex Pixi ve Woodpecker cihazlarının çalışma boyu 1 ve çalışma boyu 2 noktalarında yaptıkları ölçümlerin RWL ile kıyaslanması.....	49
Şekil 4.3. Ölçümlerin Bland Altman analizi ile değerlendirilmesi.....	50
Şekil 4.4. Elektronik apeks bulucu cihazların farklı noktalarda kategorik ölçümleri, EWL1: Elektronik çalışma boyu 1, EWL2: Elektronik çalışma boyu 2	52
Şekil 4.5. RWL- EWL1p; Gerçek çalışma boyu ile Propex Pixi cihazının ‘0.5’ noktasında ölçtüğü değerin farkı	54
Şekil 4.6. 1;Apikal foramenin aksiyalde konumlanması, 2; Apikal foramenin lateralde konumlanması, 3; periodontal dokulara açılan birden fazla aksesuar kanal varlığı	60
Şekil 4.7. Dişteki aksesuar kanal varlığının görüntülenmesi.....	60
Şekil 4.8. Apikal foramenin lateralde konumlanması	62
Şekil 4.9. Aynı örneğin x,y ve z eksenlerinde incelenmesi ve aksesuar kanal varlığının görüntülenmesi.....	63
Şekil 4.10. Apikal bölgedeki dallanmaya örnek	65

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Apikal foramenin anatomik apekten farklı konumlanması	4
Resim 2.2. Fosfor plak ve fosfor plak okuyucusu	10
Resim 2.3. Sunada'nın elektronik apeks bulucu cihaz ile çalışma boyu tespitin grafik gösterimi	11
Resim 2.4. Sono Explorer	14
Resim 2.5. APIT	17
Resim 2.6. Root ZX	18
Resim 2.7. Propex Pixi, Raypex 5, i-Root	21
Resim 2.8. Adaptif Apek Bulucu	22
Resim 3.1. Eğenin apikal foramenden görünecek kadar ilerletilip sonra gözden kaybolana kadar geri çekilmesi	38
Resim 3.2. Diş üzerindeki referans noktası ile eğenin plastik tutamağı arasındaki mesafenin dijital kumpas ile ölçülmesi	39
Resim 3.3. Propex Pixi ve Woodpecker elektronik apeks bulucu cihazları	39
Resim 3.4. Propex Pixi cihazı ile yapılan ölçümler	40
Resim 3.5. Woodpecker cihazı ile yapılan ölçümler	41
Resim 3.6. Dişlerin Ctvox programıyla incelenmesi	42
Resim 3.7. Data Viewer programı ile dişteki isthmus ve lateral kanalların görüntülenmesi	43

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

$\pm$	Artı veya eksi
$>$	Büyüktür
$\geq$	Büyük ve eşit
©	Copyright sembolü
$<$	Küçüktür
$\leq$	Küçük ve eşit
%	Yüzde

Kısaltmalar

Açıklamalar

μA	Mikroamper
μm	Mikrometre
AC	Apikal konstriksiyon
AF	Apikal foramen
AFA	All fluids allowed
Al	Aliminyum
Ca(OH)_2	Kalsiyum hidroksit
CCD	Charge-coupled device
CHX	Klorheksidin Glukonat
CMOS	Complementary metal oxide semiconductor
DDR	Dijital direkt radyografi
EDTA	Etilen Diamin Tetraasetik Asit
ERCL	Elektronik kanal boyu
ERCLp	Propex Pixi için elektronik kanal boyu
ERCLw	Woodpecker için elektronik kanal boyu
EWL1p	Propex Pixi için elektronik çalışma boyu 1

Kısaltmalar**Açıklamalar**

EWL1w	Woodpecker için elektronik çalışma boyu 1
EWL2p	Propex Pixi için elektronik çalışma boyu 2
EWL2w	Woodpecker için elektronik çalışma boyu 2
KIBT	Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi
kHz	Kilo hertz
kV	Kilo volt
kΩ	Kiloohm
LED	Light-emitting diode (Işık yayan diyet)
Mikro-BT	Mikro-Bilgisayarlı Tomografi
Mm	Milimetre
NaOCl	Sodyum hipoklorit
p	İstatistiksel anlamlılık, p değeri
PDL	Periodontal ligament
PSP	Photo stimulable phsphor (fosfor plak)
RCL	Gerçek kanal boyu
RVG	Radyovisiyografi
RWL	Gerçek çalışma boyu
SDB	Sement-dentin birleşimi
VIXA	Video görüntüleme röntgen uygulaması
W	Watt

1. GİRİŞ

Endodontide kök kanalları içerisindeki mikroorganizmaların uzaklaştırılmasını sağlamak ve dişte yeniden enfeksiyonun önlenmesi için kök kanallarının temizlenmesi ve sızdırmaz bir şekilde kapatılması gerekir. Bu gerekliliği sağlamak için kök kanallarının preparasyonu, dezenfeksiyonu ve doldurulması kanal başlangıcından apikal konstriksiyona kadar eksiksiz bir şekilde yapılmalıdır (Kuttler, 1955, 1958).

Apikal foramen kök kanalının dişi terk ettiği nokta olarak tanımlanırken, apikal konstriksiyon enstrümantasyon ve doldurma işlemlerinin bitirilmesi gereken, kök kanalının en dar noktası olarak tanımlanmaktadır (Kuttler, 1955; Ricucci ve Langeland, 1998). Apikal konstriksiyonun konumu ve topografisi yüksek oranda çeşitlilik göstermektedir ve bazı patolojik durumlardan etkilenebilmektedir (Dummer, McGinn, ve Rees, 1984; ElAyouti ve diğerleri, 2014).

Genel olarak kök kanal tedavisi prosedürlerinin kök kanal sistemi ile sınırlı olması gerektiği kabul edilmektedir (Ricucci ve Langeland, 1998). Çalışma boyu, periapekte kanalın en dar noktasıyla, koronal yapılarda hekimin rahatça görebileceği ve daha sonraki evrelerde kolayca değişmemesi gereken bir dayanak noktası arasındaki mesafe olarak tanımlanır (Tınaz, 2012). Çalışma boyunun doğru belirlenmesi başarılı bir endodontik tedavinin en önemli aşamalarından biridir. Şekillendirme ve doldurma işlemlerinin uygun bir şekilde yapılması, kök kanalının tamamına ulaşılması ve periapikal dokulardaki yaralanmaların önlenmesi için uygun bir apikal nokta belirlenmelidir (Nekoofar, Ghandi, Hayes, ve Dummer, 2006; Ricucci ve Langeland, 1998). Yapılan preparasyon ve dezenfeksiyon işlemleri, olması gereken noktadan daha geride olursa temizlenemeden kalmış alanlarda yeniden mikroorganizmalar çoğalırken; olması gereken çalışma boyundan daha ileride preparasyon yapılırsa periapikal dokularda yaratılan irritasyona bağlı kanal tedavisi başarısızlıkla sonuçlanabilir (Chugal, Clive, ve Spångberg, 2003). Çalışma boyunun belirlenmesinde birçok yöntem bulunmaktadır, bunların arasında elektronik apeks bulucu cihazların kullanımı güvenilir sonuçlar vermektedir (Martins, Marques, Mata, ve Caramês, 2014).

Klinikte radyografik yöntem ve elektronik apeks bulucu cihazların kombine kullanımıyla diğer yöntemlere kıyasla daha doğru sonuçlara ulaşıldığı bildirilmektedir (Kim, Marmo,

Lee, Oh, ve Kim, 2008). Radyografik yöntemin kullanılması elektronik apeks buluculardan kaynaklı hatalı ölçümlerin belirlenmesinin yanı sıra kök kurvatürünün ve olası ekstra kanalların da belirlenmesine yardımcı olur (Walton, 2008).

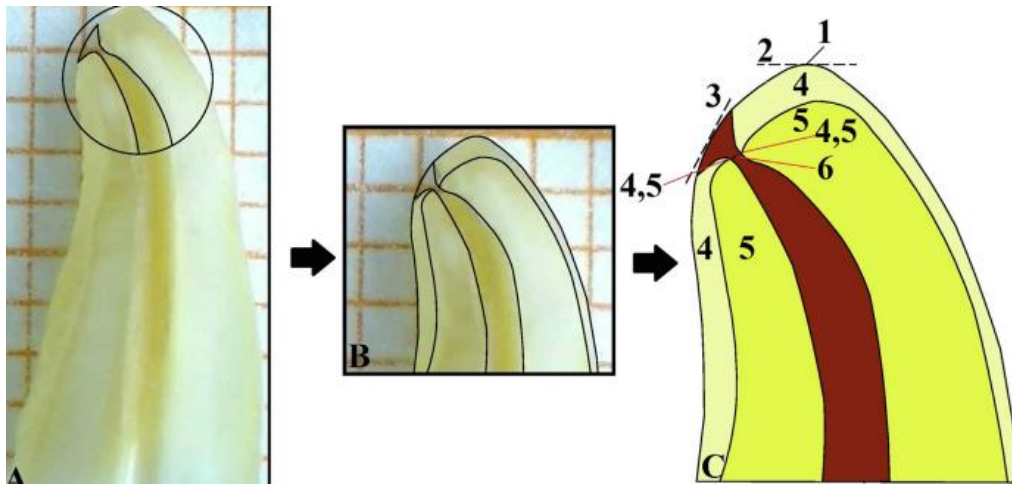
Elektronik apeks bulucu cihazlar periodontal ligament ile elektriksel bir iletişim kurarak çalıştığından perforasyonları ve kök kırıklarını belirleyebilir (ElAyouti, Kimionis, Chu, ve Löst, 2005; Nekoofar ve diğerleri, 2006). Bu durum aynı zamanda isthmus, aksesuar kanal gibi kanal kompleksitelerinin elektronik apeks bulucuların doğruluğunu etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Günümüzde Mikro Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT) görüntüleme sistemleri kök kanal sisteminin anatomisini belirlemede kesin sonuçlar veren bir metoddur (Villas-Bôas ve diğerleri, 2011). Yüksek çözünürlük veren ve invaziv olmayan bu metod ile apikal konstiksüyonun pozisyonu tam olarak belirlenebilmekte ve böylece elektronik apeks bulucuların doğruluğu değerlendirilebilmektedir (Connert ve diğerleri, 2018; Piasecki ve diğerleri, 2016). Ek olarak apikal üçlüdeki kompleks anatomiye de olanak sağlar (ElAyouti ve diğerleri, 2014).

2. GENEL BİLGİLER

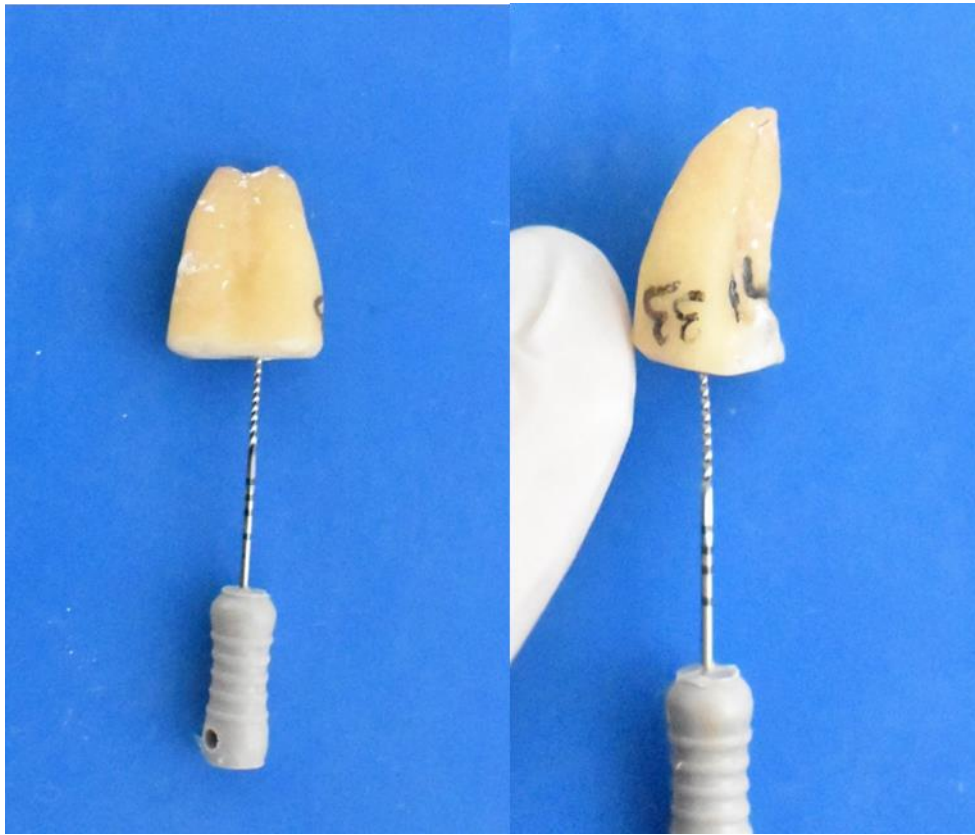
2.1 Apikal Bölgenin Anatomisi

Kök kanal tedavisini doğru yerde bitirebilmek için çalışılan bölgenin anatomisini bilmek önemlidir. Kanal tedavisinin bitirileceği noktayı belirlemek için önemli olan bazı anatomik noktalar; radyografik apeks, apikal konstriksiyon (minör foramen, AC), apikal foramen (majör foramen, AF) ve sement-dentin birleşim (SDB) noktalarıdır (Şekil 2.1). Sement-dentin birleşim noktasında pulpa dokusundan peridontal dokulara geçiş başlar. İlk olarak Grove (1930) kök kanal tedavisinin sement-dentin birleşiminde bitirilmesi gerektiğini söylemiştir. Sonrasında bunu destekleyen başka çalışmalar yayınlanmıştır (Burch ve Hulen, 1972; Ponce ve Vilar Fernández, 2003). Ancak sement-dentin birleşimi yalnızca histolojik olarak saptanabilen ve klinik veya radyografik olarak bulunması mümkün olmayan bir noktadır (Nekoofar ve diğerleri, 2006). Schilder (2006) yaptığı çalışmada, sement-dentin birleşiminin kişiden kişiye değişebileceğini, hatta sementin dentine kökün bir yüzeyinde 0,5 mm içeride, karşı yüzeyde 3-4 mm içeride katılabileceğini, ayrıca bazı durumlarda sement-dentin birleşiminin kök kanalının dışında da oluşabileceğini bildirmiştir. Benzer şekilde Mizutani, Ohno ve Nakamura (1992) bu birleşimin, apikal foramenden 1 mm geride olabileceğini, yaşlı dişlerde bu farkın 1 mm'den fazla olabileceğini söylemiştir. Kuttler (1955) yaptığı incelemede sement-dentin birleşimi ile apikal konstriksiyon noktasının çakışmasının %50'den az olduğunu belirtmiştir (Kuttler, 1955; C. Tınaz, 2001).



Şekil 2.1. Kök kanalının apikal bölgesinin mikroskopik (A ve B) ve şematik (C) gösterimi. 1: Anatomik apeks (devamlı çizgi), 2: Radyografik apeks (kesikli çizgi), 3: Apikal foramen (kesikli çizgi), 4: Sement, 5: Dentin, 4,5: Sement-dentin birleşimi, 6: Apikal konstriksiyon (Nasiri ve Wrbas, 2022)

Radyografik apeksin yaygın olarak apikal foramen ile örtüştüğüne ve radyografik olarak tespit edilmesinin kolay olduğuna inanılıyordu; bu nedenle kök kanalının sonu olarak kabul edildi. Yıllar önce yaygın olarak kullanılmasına rağmen hala radyografik apeksi kanal sonlandırma yeri olarak kullanan hekimler, sement-dentin birleşimini klinik olarak bulmanın imkansız olduğunu ve radyografik apeksin bu alanda mevcut olan ve tekrarlanabilen tek alan olduğunu belirtirler. Ancak radyografik apeksin konumu; dişin açılanması, filmin konumu, film için tutma cihazı, röntgen konisinin uzunluğu ve dişe bitişik anatomik yapılar gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Jain, 2016).

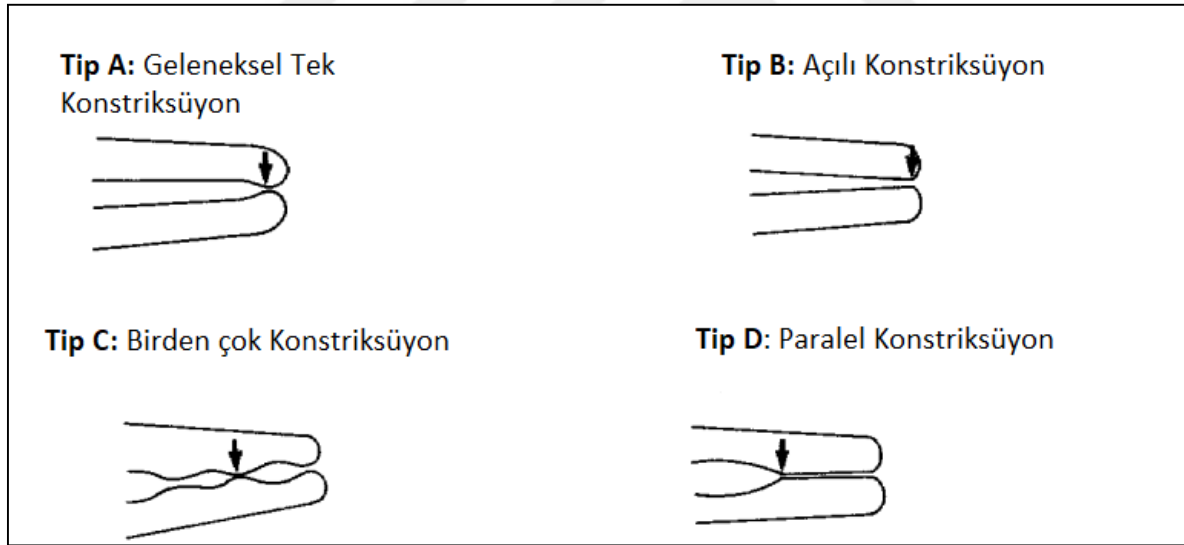


Resim 2.1. Apikal foramenin anatomik apeksten farklı konumlanması

Apikal foramen (majör foramen) kök kanal sisteminin periodontal dokulara açıldığı bölge olarak tanımlanabilir. Apikal foramenin konumu, yaş, eksternal kök rezorpsiyonu gibi bazı patolojiler ve dişin fonksiyonu gibi çeşitli sebeplerle farklılık gösterebilir. Kök kanal anatomisinde, kök kanallarının her zaman kökün uzun ekseninden saptığı ve majör foramenin çoğu zaman kökün ana eksenine ile çakışmadığı kanıtlanmış bir gerçektir (Resim 2.1). Green (1960), anterior dişlerin %69,3'ünde, posterior dişlerin yaklaşık %50'sinde apikal foramenin sapma gösterdiğini bulmuştur. Alaçam (1987) yaptığı incelemede,

vakaların %83'ünde apikal forameni anatomik apekten farklı konumda ve ortalama 0,58 mm uzaklıkta bulmuştur. Benzer şekilde Pineda ve Kuttler (1972) yaptıkları çalışmada apikal foramenin %83 oranında anatomik apekten farklı bir noktada ve bazen 2-3 mm kadar uzakta konumlandığını söylemişlerdir.

Apikal konstriksiyon kök kanalının en dar olduğu kısım olarak kabul edilir. Apikal konstriksiyon noktasından sonra damarlanma artmaya başlar. Bu bölgede sonlandırılan preparasyon daha ufak bir yara sahasına sebep olur ve optimum iyileşme koşulları sağlanmış olur (Gordon ve Chandler, 2004). Ancak aksesuar ve lateral kanallar bu bölgeye yakındır ve tedavi apikal daralımdan 1,2 mm kısa yapılırsa, aksesuar kanal varlığı ile 2-4 mm'lik bir alan temizlenmeden bırakılmış olacaktır. Bu da yeniden bir iltihap gelişmesi için yeterli olabilmektedir (Tınaz, 2001). Dummer ve diğerleri (1984) apikal konstriksiyon tiplerini 4 farklı grupta sınıflamıştır (Şekil 2.2). Bu sınıflamaya göre tip B'de yetersiz preparasyon, tip D'de aşırı preparasyon ile sonuçlanacağını öne sürmüştür;



Şekil 2.2. Tip A: Geleneksel tek konstriksiyon, Tip B: Açılı konstriksiyon, Tip C: Birden çok konstriksiyon, Tip D: Paralel konstriksiyon

Kök apeksinin yıllar içerisindeki sement apozisyonu ve rezorpsiyonu yoluyla kalıcı olarak yeniden şekillenmesi apikal konstriksiyonun konumunu etkilemektedir (Martos, Lubian, Silveira, Suita de Castro, ve Ferrer Luque, 2010). Apikal foramen ile apikal konstriksiyon arasındaki mesafe posterior dişlerde anterior bölgedeki dişlere göre ve yaşlı hastalarda genç hastalara göre daha fazladır (Dummer ve diğerleri, 1984). Araştırmalar apikal

konstriksiyonun konumunun radyografik apekten 0,5 ile 3 mm arasında bir uzaklıkta olabileceğini bulgulamıştır (Pommer, Stamm, ve Attin, 2002).

2.2. Çalışma Boyu Tespit Yöntemleri

2.2.1. Anatomik ortalamaları kullanmak

Çalışmalara bakıldığında genellikle anatomik apeks ve foramen apikale arasındaki mesafeler veya köklerin ortalama uzunlukları verilmektedir ancak her kökün kendine özel bir uzunluğunun olabileceği unutulmamalıdır (Tınaz, 2012).

2.2.2. Parmak hassasiyeti

Parmak hassasiyeti ile çalışma boyu tespiti yapmak eskiden beri çok sık kullanılan bir yöntemdir. Hekim kanal içerisinde ilerlerken dirençle karşılaştığı ve daralmanın başladığı noktayı parmak hassasiyeti ile anlamaya çalışır. Parmak hassasiyeti deneyimle gelişir ve deneyimli bir el apekse ulaşp ulaşmadığını az bir yanılmayla algılayabilir.

Bununla beraber apikal bölgenin anatomisi de önem kazanmaktadır. Kanal içi daralmalar kanalın orta 1/3'ünde başladığında ya da kanalın son 2-3 mm'sinde yön değiştirdiğinde, duyarlı bir el aletin ilerlemesi için daha fazla güç gerektiğini hisseder. Aynı şekilde periapikal iltihabı olan dişlerde ve koronalden başlayan genişletme teknikleri uygulandığında da parmak hassasiyeti hekimi yanıltabilir (Tınaz, 2012). Yapılan bir çalışmada periapikal iltihabı olan dişlerin %50'sinde apikal daralmanın yıkıma uğradığı gösterilmiştir (Stock, 1994). Böyle bir durumda parmak hassasiyetine güvenildiğinde apikalden çıkma olasılığı fazladır. Ayrıca bu teknik kök oluşumunu tamamlamamış dişlerde, ani eğim görülen köklerde ve kanalın kök boyunca dar seyrettiği dişlerde de doğru sonuçlar vermemektedir (Shanmugaraj, Nivedha, Mathan, ve Balagopal, 2007). Seidberg ve diğerleri (1975) yaptıkları çalışmada deneyimli hekimlerin bile yalnızca %60 vakada doğru ölçüm yapabildiğini göstermiştir. Genel olarak bu yöntem çalışma boyu belirlenmesinde en az güvenilir yöntem olarak kabul edilmektedir (Peters, 2016).

2.2.3. Kağıt kon yöntemi

Kağıt konda apikal foramene gelen noktada kan ya da eksudanın oluşturduğu iz ile kanal boyu tahmin edilmesi de oldukça zordur ve klinik uygulamalarda güvenilir bir yöntem değildir (Tınaz, 2012).

Apikalden taşan kağıt kon ile birlikte selüloz liflerinin periapikal bölgeye itilebileceği ve sonrasında periapikal granülom veya kist oluşumuna sebep olabileceği yönünde çalışmalar vardır (Brown, 2017; Koppang, Koppang, Solheim, Aarnes, ve Stølen, 1989). Çalışma boyunun belirlenmesinden ziyade, çalışma boyu kontrolü için kullanılabilecek bir yardımcı yöntem olarak değerlendirilebilir (Peters, 2016).

2.2.4. Radyografik yöntem

Radyografik apeks, radyografik olarak belirlendiği şekliyle kökün ucu olarak tanımlanmaktadır. Kök morfolojisi ve radyografik görüntünün bozulması gibi nedenlerle konumu anatomik apeksten farklı olabilir (Endodontists, 2020). Kök kanal tedavisi yaparken çalışma boyu belirlemede radyografik yöntem uzun yıllardır kullanılmaktadır. Çalışma boyu belirlenmesinde radyografileri kullanmanın; kök kanal sisteminin anatomisinin direkt olarak izlenebilmesi, kök sayısını ve kurvatürünü görebilme, periapikal hastalık varlığı ya da yokluğunu belirleyebilme ve bunlara ek olarak tedavi öncesi tahmini bir kanal boyu belirleyebilmemizi sağlama gibi avantajları vardır. Ancak bunların yanında teknik hassasiyet gerektirmesi, iyonize radyasyon riski ve üç boyutlu bir nesnenin iki boyuta aktarılmasından kaynaklanan süperpozisyon ihtimali sebebiyle bazı dezavantajları da vardır (Ravanshad, Adl, ve Anvar, 2010).

Kemik yoğunluğu ve anatomik yapılar da kök apeksinin radyografide izlenmesini zorlaştırabilir. Tamse ve diğerleri (1980) yaptıkları çalışmada zigomatik ark süperpozisyonu nedeniyle maksiller birinci molar apekslerinin %20'sinin, ikinci molar apekslerinin %42'sinin görüntülenmesinin engellendiğini bulmuşlardır.

Apikal foramen her zaman radyografik apeks ile aynı konumda değildir. Apikal foramen kökü bukkal/lingual düzlemde bir bölgeden terk ettiğinde bunu açılı radyografiler olarak bile görebilmek her zaman mümkün olmaz (Schaeffer, White, ve Walton, 2005). Bone ve Moule

(1986) yaptıkları çalışmada, üst birinci molar dişlerin palatinal köklerinin %85, ikinci molarların palatinal köklerinin %71 oranında bukkale eğimli olduğunu göstermişlerdir. Maksiller molar dişlerin palatinal köklerinde sık görülen bukkale eğim varlığı ile hekimin yalnızca radyografik yorumlamaya dayalı doğru çalışma boyu belirlemesinin zor olacağı öne sürülmüştür. Çekilmiş dişlerde radyografi ile çalışma boyu tespiti yapılan bir çalışmada, eğelerin yalnızca %82'sinin apikal foramende olduğunu bulmuşlardır (Olson, Goerig, Cavataio, ve Luciano, 1991). Aynı şekilde Pineda ve Kuttler (1972) 7275 kanalı inceledikleri çalışmada, vakaların %83'ünde apikal foramenin kökün tam ucundan değil, kökün başka bir tarafından çıktığını bulmuşlardır.

Bir başka kısıtlama apikal bölgede iki farklı mesafenin saptanması gerekliliğidir. Birincisi radyografik apeks ile apikal foramen arası mesafe, ikincisi apikal foramen ile apikal konstriksiyon arası mesafedir. Yapılan çalışmalarda, köklerin %50'sinden %97'sine kadar apikal foramenin radyografik apeks ile aynı noktada olmadığı görülmüştür (Burch ve Hulen, 1972; Green, 1960). Yapılan bir çalışmada apikal konstriksiyon ile apeks arası diğer çalışmalarla uyumlu olarak ortalama 0,9 mm bulunmuştur. Ancak çalışmada incelenen kanalların %68'inde apikal konstriksiyon ile apeks arası mesafe ortalama olarak belirtilen 0,9 mm'den 0,5 mm daha kısa ya da uzun bulunmuştur. Bu da radyografilerle apikal konstriksiyon belirlemenin yalnızca %32 oranında başarılı olabileceğini göstermektedir (ElAyouti ve diğerleri, 2014). Radyografik apekten 1 mm kısa çalışma boyu belirlemek, apikal konstrüksiyon ve radyografik apeks arasındaki mesafenin çeşitliliğinden dolayı kısa veya taşkın dolumla sonuçlanabilir (Vieyra ve Acosta, 2011).

Stein ve Corcoran (1992) radyografi ile çalışma boyu tespitini araştırdıkları çalışmalarında, yerleştirilen eĝenin radyografik olarak, gerçekte olduĝu konumdan 0,7 mm daha kısa görüldüğünü bulmuşlardır. Bu da eĝe apikale sanılandan daha yakın olmasına rağmen, hekimin gereksiz yere apekse biraz daha yaklaşmaya çalışmasına sebep olabilir. Aynı çalışmada kök deviasyonu ne kadar fazlaysa radyografik olarak ölçülen uzunluğun mikroskobik uzunluktan o kadar saptığı, kök deviasyonu daha az olduĝunda radyografik ölçüm ile mikroskobik uzunluk arasındaki farkın da azaldığı bulgulanmıştır.

Geleneksel radyograflerle kanal boyu tespitinde iki yöntem vardır;

Orantı hesabı

Bu yöntemlerden birincisi basit bir matematiksel işleme dayanır. Bir kanal aleti kanala yerleştirilir ve radyografi alınır. Radyografide aletin kanalda saptanan boyu ile aynı düzeye kadar olan eldeki boyu ayrı ayrı kaydedilir. Sonra dişin radyografi üzerindeki boyu ölçülür ve orantı ile dişin gerçek boyu saptanmaya çalışılır. Radyografide eğe ile başlangıç boyutunun ölçümünde seçilen aletin ebatları kanal genişliğinden biraz dar olmalıdır (Tınaz, 2012).

“Ingle”ın kök kanal boyu hesaplama yöntemi

Tanı radyografisinde dişin boyu ölçülür ve bu uzunluktan 2-3 mm çıkartılarak kanal aleti üzerine işaretleme yapılır. Kanal aleti işaretlenen seviyeye kadar kanalda ilerletilir ve yeniden radyografi alınır. Radyografide kanal aleti ile kök ucu arasında kalan mesafe ölçülür ve bu mesafeden 0,5 mm emniyet payı çıkartılarak çalışma boyu belirlenir (Tınaz, 2012).

2.2.5. Dijital radyografi

Bu alandaki ilerleme, pozlama süresinin azaltılmasına ve doğrudan dijital görüntüler elde edilmesine yöneliktir. Başlıca avantajları radyografik görüntülerin anında görüntülenebilmesi, kimyasal işleme ve buna bağlı oluşabilecek hataların ortadan kaldırılması, radyasyon dozunda azalma, verilerin depolanabilmesi, görüntülerin elektronik olarak aktarılabilmesi, görüntülerin geliştirilebilmesi ve manipülasyon yapılabilmesidir. Ancak bunların yanında, maliyetli oluşu, görüntünün çözünürlüğünün azaltılmış olması, sensörün kalınlığı, sertliği ve kullanmak için teknik eğitim gerektirmesi gibi dezavantajları da vardır.

Direkt dijital radyografi (DDR) adı verilen radyografik sistem, iyonlaştırıcı radyasyonu dijitalleştirir ve düşük radyografik maruziyet ile yüksek çözünürlüklü bilgisayar monitörü görüntüleri üretir. DDR sisteminin ilk modellerinden ikisi, Fransız diş hekimi Dr. Francis Mouyan tarafından geliştirilen radyovisiyografi (RVG) ve video görüntüleme röntgen uygulaması (VIXA)’dır (Jain, 2016). Yeni gelişmelerle dijital sistemler geliştirilmiştir. Görüntü almak günümüzde charge-coupled device (CCD), complementary metal oxide

semiconductor (CMOS) veya photo stimulable phosphor (PSP) teknolojisi gibi sensörler ile daha kolay hale gelmiştir. CCD teknolojisinin en büyük dezavantajı aktif bölgesinin daha küçük olması, sensörünün hacimli ve sert olması aynı zamanda bir kabloya bağlı olmasıdır. CCD sensörünün konumlandırılması fosfor plak (PSP) görüntüleme plakalarından daha zordur. Fosfor plak sensörleri kablolu ve ince sensörlerdir. Kaydedilen görüntü bir okuyucu yardımı ile bilgisayara aktarılır (Resim 2.2). Fosfor plak görüntüleme plakalarının daha büyük aktif görüntü boyutu olması daha fazla bilginin yakalanmasını sağlar. Uygulaması daha kolaydır. Öğürme refleksi bulunan hastalar CCD'yi tolere etmeyi fosfor plak sistemlerine göre daha zor bulmuştur. Aynı şekilde diş hekimlerine uygulanan iki anket çalışmada, hekimler CCD sensörlerinin konumlandırılmasının fosfor plak sistemlerine göre daha zor olduğunu belirtmiştir (Berkhout, Sanderink, ve Van der Stelt, 2002; Wenzel ve Møystad, 2001). Ancak fosfor plakların tekrar tekrar kullanımına bağlı plakların çizilmesi ve buna bağlı görüntünün bozulması ve önceki görüntülerin tamamen silinmemesi sonucu hayalet görüntü oluşumuna neden olması gibi dezavantajları vardır (Jain, 2016).

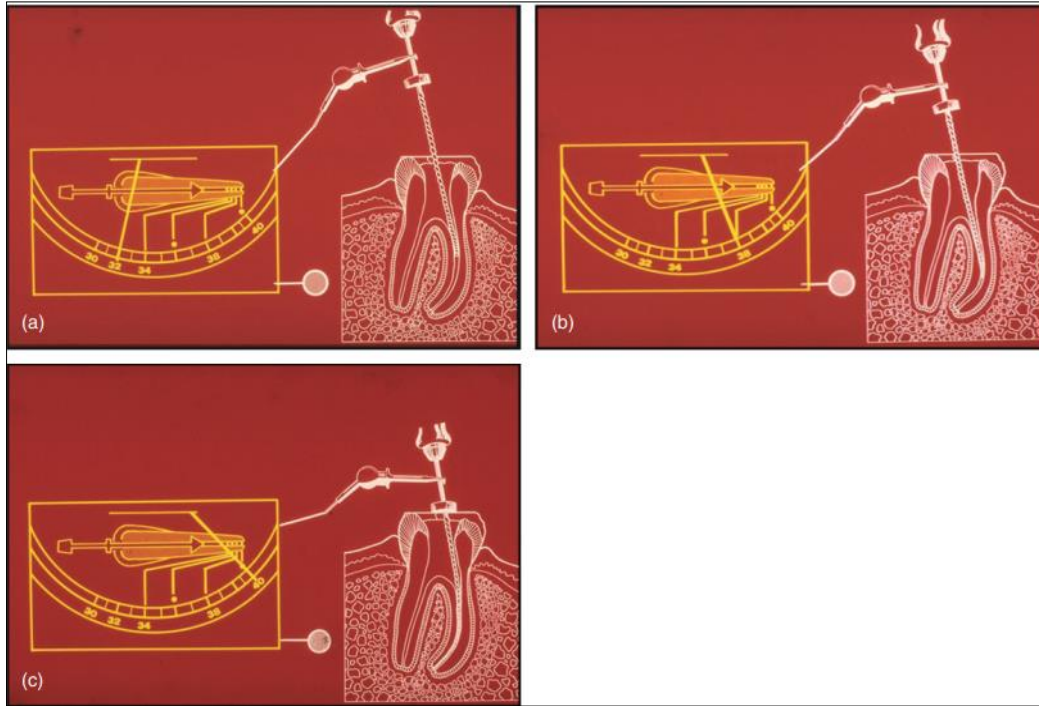


Resim 2.2. Fosfor plak ve fosfor plak okuyucusu

Yapılan bir çalışmada fosfor plak (PSP) tabanlı sistemin (Vistascan; Dürr Dental GmbH, Bissingen, Almanya) görüntü kalitesinin CCD tabanlı bir sisteme (Sidexis; Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Almanya) göre daha üstün olduğu bulunmuştur. CCD sisteminin daha düşük radyasyon gerektirse de, daha fazla tekrarlayan çekimler gerektirdiği belirtilmiştir (Farrier, Drage, Newcombe, Hayes, ve Dummer, 2009).

2.2.6. Elektronik apeks bulucular

Elektronik apeks bulucular, endodontide apikal foramenin konumunu belirlemek ve böylece kök kanal uzunluğunu belirlemek için kullanılan elektronik bir cihazdır. Kök kanal uzunluğunu belirlemek için elektronik bir yöntem kullanmak ilk olarak Custer (1918) tarafından öne sürülmüştür. Ancak o yıllardaki bilgi ve teknik yetersizlikler uygulamanın doku yanıklarıyla sonuçlanmasına sebep olmuştur. Sonrasında bu fikir, 1942’de köpeklerin dişlerinde doğru akımı inceleyen Suzuki tarafından yeniden ele alınmıştır. Suzuki hayvanlar üzerinde deney yapmış ve çalışmaları sonucu oral mukoza ile periodontal membran arasında elektriksel olarak sabit 6 k Ω ’luk bir direncin varlığını ve bu direncin ağız içinde her yerde sabit olduğunu keşfetmiştir. Ayrıca bu direnç değerini kök uzunluğunu tahmin etmede kullanmanın mümkün olduğunu belirtmiştir. Sunada 1962 yılında, bir elektrotu oral mukozaya ve diğer elektrotu endodontik bir eğeye bağlı olan bir ohmmetre kullanmıştır (Malkhassian, Plazas, ve Nahmias, 2012). Eğe kanal içerisinde hareket ederken, eğenin ucunun apikal foramen seviyesinde periodontal ligamente değdiği zaman, cihazın hastanın yaşı veya dişin şekli ve uzunluğu ne olursa olsun 40 μ A kaydettiğini bulmuştur. Sunada (1962) çalışmalarıyla ilk nesil elektronik apeks bulucuların temelini atmıştır.



Resim 2.3. Sunada'nın elektronik apeks bulucu cihaz ile çalışma boyu tespitinin grafik gösterimi (Malkhassian ve diğerleri, 2012).

Elektronik apeks bulucu cihazların çalışma prensiplerini anlamak için fizik ve elektrik akımını anlamak çok önemlidir. Doğru akım, birim zaman başına sabit bir akım miktarı iken, alternatif akımın miktarı zamanla değişir. Aralarında bir yalıtkan bulunan iki iletken malzemeden oluşan yapı ‘kapasitör’ adı verilen bir elektrikli cihaz oluşturur. Doğru akım voltaj kaynağına bir kapasitör bağlandığında, elektronlar (negatif yük) bir plakadan diğerine hareket ederek bir plakanın negatif, diğerinin ise pozitif bir yük almasını sağlar. Voltaj kaynağının bağlantısı kesildiğinde, kapasitör depolanan yükü korur ve üzerinde bir voltaj kalır. Bir kapasitörün depolayabileceği yük miktarına ‘kapasitans’ denir ve plakalar arasındaki yalıtkan malzemenin doğasına, iletkenler arasındaki mesafeye ve yüzey alanlarına bağlıdır. Tüm apeks bulucu cihazlar bir elektrik devresini tamamlamak için insan vücudunu kullanarak çalışır. Diş dokusu bir kapasitöre benzetilebilir. Kök kanalları elektrik akımına karşı yalıtkan olan dentin ve sement ile çevrilidir. Periodontal ligament (PDL) ve kök kanalı içerisindeki ege elektrik iletkenidir. Bu nedenle kök kanalı içerisindeki ege ve periodontal ligament kapasitörde iletken görevi görür, kök kanalı içindeki dentin ve sement sistemin yalıtkanı görevini görür. Bu şekilde sırasıyla, ege üzerindeki klipsten kök kanalına, oradan periodontal ligamente, sonrasında mukozaya ve oradan hastanın dudagındaki klipse geçen bir elektrik devresi oluşur. Devre artık tamamlanmıştır ve elektronik apeks bulucunun elektrik direnci ile, ege ile oral mukoza arasındaki direnç artık eşittir, bu da cihazın apekse ulaşıldığını göstermesiyle sonuçlanır (Jain, 2016).

2.3. Elektronik Apeks Bulucuların Sınıflandırılması

2.3.1. Birinci nesil elektronik apeks bulucu cihazlar

İlk olarak 1969 yılında Root Canal Meter adıyla piyasaya sürülmüştür. Rezistans tip apeks bulucular olarak da bilinen birinci nesil elektronik apeks bulucu cihazlarda, periodontal ligamentle oral mukoza arasında mevcut ve sabit olan 6,5 k Ω ’luk elektrik direnci hastanın dudagına yerleştirilen dudak klipsi ve kök kanalında ilerletilen kanal egesi arasında ölçülmektedir. Ege periodontal ligamente ulaştığında devre tamamlanmakta ve aletin göstergesi 6,5 k Ω ’u göstermektedir.

Kuru ortamda doğru ölçümler yaptığı bulunsa da sodyum hipoklorit, hemoraji veya pulpa dokusu gibi elektrolitlerin varlığında hatalı ölçümler yaptığı kaydedildi (Nekoofar ve diğerleri, 2006; Suchde ve Talim, 1977; Tınaz, 2001). Kanal içerisindeki egenin ucu

elektroiletken sıvıya temas ettiğinde, doğru akım voltajı dokuları polarize eder ve direncini değiştirir, böylece elektrik devresini tamamlar, cihaz eğeyi yanlış bir şekilde apikal foramene ulaşmış olarak gösterir (Suchde ve Talim, 1977). Bu tip cihazlarda doğru okuma elde edebilmek için kanalların tamamen nemden ve doku artıklarından uzaklaştırılmış olması gerekmektedir.

Rezistans tip apeks bulucu aletler kullanılmadan önce kök kanalının çapı tahmin edilmeli ve kanala tam oturan ege tercih edilmelidir. Bunun önceden tahmin edilmesi çok zordur ve bu cihazların önemli dezavantajlarından birisi budur. Başka bir dezavantajı, cihazın her ölçümden önce kalibre edilmesi gerekliliğidir. Kalibrasyonda yapılacak hatalar yanlış ölçümlere sebebiyet verebilir. Apeksi kapanmamış ve periodontal lezyon bulunan dişlerde, kanal aleti periodontal ligamente temas edemez, bu sebeple rezistans tip apeks bulucu aletlerle normalden uzun ölçümler elde edilebilir (Tınaz, 2001). Bu cihazlarda kullanılan doğru akım bazı hastalarda anesteziye rağmen rahatsız edici bir ağrıya sebep olabilmektedir (Kim ve Lee, 2004). Bir süre sonra ağrı sorununu ortadan kaldırmak için yine aynı esasa çalışan ancak daha az akım ($5\mu A$) kullanan Endodontic Meter ve Endodontic Meter S II (Onuki Medical Co. Tokyo, Japonya) piyasaya sürülmüştür (Kobayashi, 1995).

Kuru bir ortam gerektirmesi, metalik restorasyon varlığında doğru sonuçlar vermemesi, kalibrasyon gerektirmesi, hastada ağrı şikayetine sebep olması, kanala tam uyan bir kanal aleti gerektirmesi, kalp pili olan hastalarda kontrendike olması ve perforasyonlu dişlerde güvenilmez olması birinci nesil apeks bulucuların dezavantajları olarak sıralanabilir (Jain, 2016).

Dentometer (Dahin Electro medicine, Danimarka), Endo Radar (Electronica Liarre, İtalya) Neosono D, MC, and Ultima EZ (Amadent), Apex Finder (EIE: old version) diğer rezistans tip apeks buluculara örnek olarak verilebilir.

2.3.2. İkinci nesil elektronik apeks bulucu cihazlar

Tek frekanslı empedans apeks bulucuları olarak da bilinen empedans tip apeks bulucular, direnç yerine alternatif akımın veya empedansın akışına karşıtlığı ölçer. Empedans, direnç ve kapasitanstan oluşur. Bu cihazlar, kök kanallarının duvarları boyunca (transparan dentin varlığından dolayı) apikal olarak koronalden daha büyük olan elektriksel empedans olduğu

prensibine göre çalışır. Sement-dentin birleşimi seviyesinde veya kanalın en dar yeri olan apikal konstriksiyon noktasında empedans seviyesi önemli ölçüde düşer ve cihaz bunu algılar (Jain, 2016).

Empedans tip apeks bulucu cihazlar ilk neslin dezavantajlarının üstesinden gelmek için piyasaya sürülmüştür. Teorik olarak, kök kanalının empedansı ve dolayısıyla kapasitansı birçok değişkene bağlıdır ve farklı kök kanalları arasında farklılık gösterir. Bu sebeple bu cihazlar her diş arasında ayrı kalibrasyon yapılmasını gerektirmektedir. Bu özellik, farklı kanal koşullarında farklı frekanslar kullanılarak çalışma boyu mesafesini ölçmek için kullanıldı. Frekans ölçüm yöntemindeki değişiklik, 1971’de Inoue tarafından geliştirildi ve her dişin periodontal cebinde kalibre edilen Sono-Explorer (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japonya) (Resim 2.4) piyasaya sürüldü. Bu cihaz, iki empedansı ölçüp, okumalar birbirine yaklaştığında çalışma boyuna gelindiğini göstermektedir (Jain, 2016).



Resim 2.4. Sono Explorer (Aqeel Khalil Ebrahim, Wadachi, ve Suda, 2007)

1986 yılında değişken kapasitans özelliğini azaltmak için, Hasegawa tarafından yüksek frekanslı (400 kHz) bir dalga ölçüm cihazı olan Endocater (Yamaura Seisokushu, Tokyo, Japonya) piyasaya sürüldü. Ancak bu cihazda eğinin etrafı yalıtkan bir kılıf ile

kullanılmaktaydı ve kılıf dar kanallara girmediği ve otoklavlanamadığı için sorunlara neden oldu.

Birçok ikinci nesil apeks bulucu piyasa sürülmüştür ancak hepsi kanallarda elektrolit varlığında yanlış okuma sorununa benzer sorunlarla karşılaşmıştır. Apex Finder ve Endo Analyzer (Analytic/Endo, Orange, CA, ABD) kanal içi ortama göre hassasiyetini ayarlar ve cihazın ne zaman ‘ıslak’ moddan ‘kuru’ moda veya tam tersine çevrilmesi gerektiğini ekranda gösterir (Jain, 2016).

Tüm ikinci nesil elektronik apeks bulucular içerisinde en tutarlı ölçümleri Foramatron IV adlı LED ışık göstergeli olan cihaz gerçekleştirmiştir. Bu cihaz diğerlerinden farklı olarak alternatif akım kullanmaktadır. Himel ve Cain (1993) bu cihaz ile yapılan çalışma boyu ölçümlerinin doğruluğunu ± 1 mm hata payı ile %83 olarak bulmuştur. Bu çalışma ilkesinin üçüncü nesil aletlerin gelişmesine yardımcı olduğu söylenebilir (Tınaz, 2012).

Kalibrasyon gerektirmesi, kalibrasyonu için klinik deneyim gerektirmesi, transparan dentin yapımı henüz gerçekleşmemiş olan genç ve apeksi açık dişlerde istikrarsız sonuçlar vermesi, zayıflamış pil varlığında yanlış okumalara sebep olması, kanal içerisinde kullanılan kılıf sebebiyle dar kanallarda ölçüm yapılamaması ikinci nesil elektronik apeks bulucuların dezavantajları olarak sıralanabilir (Tınaz, 2001).

2.3.3. Üçüncü nesil elektronik apeks bulucu cihazlar

İkinci nesil elektronik apeks bulucularda karşılaşılan en büyük dezavantaj, kanal içerisinde küçük bir kanal eğesi yerine, büyük, yalıtımlı bir probun kullanılmasına ihtiyaç duyulmasıydı. Normal klinik koşullar altında kök kanal uzunluğu belirlemenin doğruluğunu ve güvenilirliğini geliştirmek amacıyla bilinen frekansta tek bir alternatif akım kullanan ikinci nesil apeks bulucuların aksine, üçüncü nesil apeks bulucular çalışma boyu belirlemek için birden fazla alternatif akım frekansı kullanmıştır. Üçüncü nesil cihazlar, farklı frekanslarda dişin empedansındaki değişiklikleri izleyerek çalışır. Kanalin koronal kısmında frekanslar arası empedans farkı sabittir. Ege apikal daralmaya doğru ilerledikçe empedans değerindeki fark artar ve apikal bölgede maksimum değere ulaşır. Tüm apeks bulucular apikal foramenin hem yakınlığını hem de konumunu görsel ve işitsel olarak gösteren bir ekran veya bazı göstergelere sahiptir.

Empedansın büyüklüğü frekansın ölçümüne bağlı olduğundan, iki frekansın kullanılması, eğer kök kanalında ilerlerken iki sonuç arasındaki farkı gözlemleme fırsatı verir. Bu nedenle bu karşılaştırmalı bir empedans yöntemidir. Bir devrenin empedansı, akımın frekansından büyük ölçüde etkileneceği için bu cihazlar aynı zamanda frekans tip apeks bulucular olarak da isimlendirilir. Bu cihazlar güçlü mikro işlemcilerle sahiptir ve doğru okumalar vermek için gereken algoritma hesaplamalarını işleyebilir. Üçüncü nesil elektronik apeks bulucuların doğruluğu, kök kanal boşluğundaki elektrolitlerin varlığından etkilenmeme eğilimindedir. Ayrıca, nekrotik veya vital pulpa tanılı dişlerde yapılan ölçümlerde de istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmaksızın fonksiyonel güvenilirlik göstermişlerdir (Jain, 2016).

İlk olarak Saito ve Yamashita adlı araştırmacılar tarafından 1990 yılında Endex (Osada Electric Co., Los Angeles, CA, and Tokyo, Japonya) adıyla piyasaya sürülmüştür. Avrupa ve Asya'da APIT olarak bilinmektedir (Resim 2.5). Düşük alternatif akım kullanır ve her kanal için kalibrasyon gerektirir (Jain, 2016). Literatürde Endex için apikal forameni $\pm 0,5$ mm aralığında %81 oranında başarıyla bulduğu rapor edilmiştir (Gordon ve Chandler, 2004). Tınaz (2000), Endex marka apeks bulucu cihazın çalışma boyu belirlemedeki doğruluğunu ve bu yöntemle elektrik iletme özelliği olan ana kon guta perkanın hedeflenen biçimde yerleştirilip yerleştirilemeyeceğini araştırdığı tez çalışmasında, cihazın kök kanalı içerisinde elektrolit varlığında bile tutarlı ölçümler yapabildiğini saptamıştır. Araştırmacı yalnızca anestezi solüsyon varlığında ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı fark görüldüğünü bu sebeple intrapulpal anestezi kullanılan hastalarda elektronik çalışma boyu ölçümlerinin daha dikkatli yapılması gerektiğini bildirmiştir.



Resim 2.5. APIT (Aqeel Khalil Ebrahim ve diğerleri, 2007)

Apeks bulucuların kanal içerisinde elektrolit varlığında hatalı okuma yapması problemi, 1991 yılında Kobayashi ve arkadaşlarının oran yöntemini sunması ve kendi kendini kalibre eden Root ZX'i (J. Morita, Tokyo, Japonya) (Resim 2.6) piyasaya sürmesiyle çözülmüştür. Oran yöntemi farklı sinüs dalga frekanslarına sahip iki elektrik akımının, kanaldaki elektrolit türünden bağımsız ve bir oran olarak karşılaştırılabilen ölçülebilir empedanslara sahip olacağı ilkesiyle çalışır. Kobayashi ve Suda (1994), farklı frekansların oranlarının kesin değerlere sahip olduğunu ve kanaldaki farklı elektrolitler ile bu değerin değişmediğini göstermiştir. Root ZX, 8kHz ve 400 Hz frekansa sahip iki elektrik akımıyla çalışır. 1992'de piyasaya sürülmesinden bu yana, diğer apeks bulucu cihazların karşılaştırıldığı altın standart bir kriter haline gelmiştir. Pagavino ve diğerleri (1998) yaptıkları çalışmada, başarı aralığı 0,5 mm tutulduğunda Root ZX doğruluğunu %82,75, başarı aralığı 1 mm tutulduğunda ise %100 bulmuşlardır.



Resim 2.6. Root ZX

Apex Finder AFA (all fluids allowed) (EIE/ Analytic Endodontics, Orange, CA, ABD), 5 sinyal frekansına sahiptir ve dört amplitüd oranı okur. Cihaz kendi kendini kalibre eder ve kanal sistemi içerisinde bulunan elektrolitlerle ölçüm yapabilir. Cihazın çalışma prensibi empedans oranı prensibiyle çalışan cihazlara benzer. Empedansın baskın karakteristiğinde (kapasitif veya dirençli) ani bir değişiklik belirleyerek kanal ucunu tespit eder (Jain, 2016). Apex Finder AFA ile yapılan çalışmalarda nekrotik kanalların %76,6'sında, vital kanalların %93,9'unda apikal konstrikasyonu tespit edebildiği bulundu (Pommer ve diğerleri, 2002).

Neosono Ultima EZ, güney yarım kürede DatApex (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) olarak bilinir. Sono Explorer apeks bulucu serisinin geliştirilmiş halidir. Birçok frekans kullanıp aralarından en iyi ikisini seçip kullanarak çalışır (Jain, 2016). Bu cihaz kullanılarak yapılan bir çalışmada, hem kuru hem de sodyum hipoklorit ile ıslatılmış kanallarda, başarı aralığı $\pm 0,5$ mm tutulduğunda %100 doğru ölçüm yaptığı bulunmuştur. Justy II ve Root ZX ile karşılaştırıldığı bu çalışmada, operatör etkisine en az duyarlı olan cihaz olduğu belirtilmiştir (Lucena-Martín, Robles-Gijón, Ferrer-Luque, ve de Mondelo, 2004). Cihaz eğenin konumunu gösteren bir kök kanal grafiği ve sesli sinyale sahiptir. Dijital okumanın

0,5 veya 1 mm olarak ayarlanabiliyor olması, geniş ve açık apeksli kanalların ölçülebilmesine de olanak tanır. Apeks bulucuya monte edilmiş olan Co-Pilot adı verilen bir pulpa test cihazı mevcuttur (Jain, 2016).

Dünya çapında kullanımda olan birkaç başka üçüncü nesil apeks bulucuya Justwo veya Justy II (Yoshida Co., Tokyo, Japonya), Mark V Plus (Moyco/Union Broach, Bethpage, NY, ABD) ve Endy 5000 (Loser, Leverkusen, Almanya) örnek verilebilir.

2.3.4. Dördüncü nesil elektronik apeks bulucu cihazlar

Dördüncü nesil elektronik apeks bulucu cihazlar, iki veya daha fazla elektriksel impuls frekansından kök kanalının karmaşık elektriksel karakteristik özelliklerini ölçer ve karşılaştırır (Jain, 2016). Cihaz, kanal içerisinde sıvı varken empedansın, iki farklı dalga boyuna sahip iki elektriksel akımın aynı anda ölçülmesi ilkesine göre çalışır. 8 kHz ve 400 Hz olan bu frekans değerlerinden birincisi daha büyüktür. Bu frekans değerleri için ölçülen empedans değerleri arasındaki oran eğerin kanal içerisindeki lokalizasyonu hakkında bilgi verir. Bu iki empedans değeri oranlandığında her zaman ilk değer daha küçüktür, yani oranları 1'den azdır. Bu kanal duvarlarının kapasitansı ile ilgili bir prensiptir. Kanal duvarları, apikal foramenden daha düşük bir elektriksel kapasitansa sahiptir, bu sebeple kanal eğesi foramene yaklaştığı zaman empedansların oranı 1'e çok yakın olur ve bu oran apikal konstriksiyon bölgesine ulaşınca düşer. Bu prensiple çalışan elektronik apeks bulucu cihazlar foramen apikale yakınlarındaki bu elektriksel değişimlerden yararlanarak ölçüm yaparlar (Tınaz, 2001).

Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, İsrail) dördüncü nesil bir elektronik apeks bulucu cihaz olarak piyasaya sürülmüştür. Yapılan bir çalışmada Bingo 1020'nin Root ZX kadar güvenilir olduğu bulunmuştur (Kaufman, Keila, ve Yoshpe, 2002). Aynı şekilde Tınaz ve diğerleri (2002) yaptıkları bir çalışmada ön genişletme yapılan kanallarda Bingo 1020'nin etkinliğini yüksek bulmuşlardır. Daha sonraları bu ürün Dentsply tarafından Raypex 4 (VDW, Münih, Almanya) olarak piyasaya sunulmuştur (Gordon ve Chandler, 2004).

2003 yılında başka bir dördüncü nesil elektronik apeks bulucu cihaz olan Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA, ABD) piyasaya sürülmüştür.

Bu cihaz, empedans değerini matematiksel bir algoritma olarak işlemez, bunu yerine direnç ve kapasitans ölçümlerini bir veri tabanı ile karşılaştırarak apekse olan mesafeyi belirler (Gordon ve Chandler, 2004). Bu cihaz kullanılırken hekim majör forameniden 0,5 mm kısa olması gerektiğini varsaydıkları apikal konstiksüyonun doğru bir şekilde belirlenmesi için, kanal eğesini ‘0.0’ işareti yerine ‘0.5’ işaretine çekmelidir. Bu nedenle eğeyi ekrandaki ‘0.0’ işaretine kadar ilerletip sonra ekrandaki 0,5 noktasına kadar geri çekmek bu cihazı kullanmanın en doğru yolu olarak gösterilmektedir (Jain, 2016).

Bir başka dördüncü nesil elektronik apeks bulucu cihaz olan ProPex (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), kök kanalında çalışma uzunluğu belirlemek için çoklu frekanslar kullanan diğer modern cihazlarla aynı prensibe dayanır. Bu cihazın önemli bir özelliği, diğer apeks bulucu cihazlar sinyalin amplitüdünü (genişliğini) kullanarak ölçüm yaparken, Propex’in sinyalin enerjisini kullanarak hesaplama yapmasıdır. Üretici firma enerji ölçümü ile hesaplama yapmanın daha kesin sonuçlar verdiğini iddia etmektedir ancak başka herhangi bir teknik özellik belirtilmemiştir (Plotino, Grande, Brigante, Lesti, ve Somma, 2006).

2.3.5. Beşinci nesil elektronik apeks bulucu cihazlar

Beşinci nesil elektronik apeks bulucu cihazlar 2003 yılında geliştirilmiştir ve devrenin kapasitansını ve direncini ayrı ayrı ler. Bu nedenle çift frekans orantı tip apeks bulucular olarak da bilinirler. Bu yöntemle çalışan cihazlar, kuru kanallarda çalışırken önemli zorluklarla karşılaşmaktadır, bu nedenle ilave irriganlar eklenmesi gerektiği savunulur (Jain, 2016).

Propex II (Dentsply, York, PA, Amerika), Raypex 5 (VDW, Munich, Almanya), i-Root (S-Denti Co., Seoul, Güney Kore) beşinci nesil elektronik apeks bulucu cihazlara örnek olarak verilebilir (Resim 2.7). Yapılan bir çalışmada Propex II’nin sırasıyla 8, 10 ve 15 K tipi eğelerle apikal foramenin konumunu tespit etmesi, başarı aralığı $\pm 0,5$ mm tutulduğunda, %83,45, %88,28 ve %91,41 olarak bulunmuştur (Briseño-Marroquín, Frajlich, Goldberg, ve Willershausen, 2008).



Resim 2.7. Propex Pixi, Raypex 5, i-Root

Propex Pixi, 2012 yılında piyasaya sürülen, hem kuru hem ıslak kanallarda doğru çalışma uzunluğu ölçümü yapabilen multifrekans yöntemi ile çalışan bir elektronik apeks bulucu cihazdır. Kolanu ve diğerleri (2014), Propex Pixi'nin çalışma uzunluğu belirlemesinde, apikal foramen çapının ve kullanılan eğenin çapının etkisini karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, foramen çapı 0,6 mm olduğunda 60 K tipi eğe ile Propex Pixi'nin doğru sonuçlar verdiğini, artan foramen çapı ile birlikte doğruluğun azaldığını göstermiştir.

2.3.6. Altıncı nesil elektronik apeks bulucu cihazlar

Adaptif apeks bulucular, dördüncü nesil popüler apeks bulucuların ıslak kanallarda çalışmadaki düşük doğruluğunun dezavantajının ve beşinci nesil apeks bulucuların kuru kanallarda çalışma zorluğu dezavantajının üstesinden gelmektedir. Bu cihazların amacı, ölçülecek ortamın gerçek karakteristik özelliklerine uygun olarak ölçme şekline uyum sağlamaktır (Dimitrov ve Roshkev, 2010). Adaptif apeks bulucu, kanalın nemini sürekli olarak tanımlar ve kuru veya ıslak kanala uyum sağlar. Böylelikle kuru ve ıslak kanallarda, kanlı veya eksudalı kanallarda, pulpası henüz çıkarılmamış kanallarda kullanılabilir. Altıncı nesil adaptif apeks bulucu hekimin avcundan büyük olmayan, küçük bir cihazdır. Cihaz ilk “konuşan” apeks bulucudur (Resim 2.8) (Jain, 2016).

2.4. Elektronik Apeks Bulucu Cihazların Diğer Kullanım Alanları

Tüm modern apeks bulucular, klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde kök perforasyonlarını tespit edebilir (Fuss, Assoline, ve Kaufman, 1996). Preparasyon sırasında şüphelenilen periodontal veya pulpal perforasyon, tüm apeks bulucular tarafından doğrulanabilir, çünkü perforasyon sahası aletin bir devreyi tamamlamasına ve cihazın, eğe apeksin ötesindeymiş gibi göstermesine neden olur. Eğe kanala yerleştirildikten hemen

sonra “Apeks” uyarısı alınırsa furkasyon perforasyonları tespit edilebilir. Tahmini çalışma uzunluğunun çok altında bir değerde



Resim 2.8. Adaptif Apeks Bulucu (Dimitrov ve Roshkev, 2010)

“Apeks” değerine ulaşıldığında strip perforasyon varlığı algılanabilir ve konumu ölçülebilir. Çalışma uzunluğu yeniden doğrulanırken çalışma uzunluğunda ani bir değişiklik fark edildiğinde apikal perforasyonlar tespit edilebilir. Bir kere apikal perforasyon meydana geldiğinde, cihaz ilk okunan çalışma boyundan daha kısa bir noktada “Apeks” uyarısı verecektir (Jain, 2016). Kök kanalı ile periodontal membran arasındaki bağlantıyı sağlayan kök kırığı, çatlaklar veya iç/dış rezorpsiyon gibi herhangi bir durum apeks bulucular tarafından tanınacaktır.

Bazı elektronik apeks bulucu cihazlar kök oluşumunu tamamlamamış, apeksifikasyon gerektiren dişlerin kök kanal tedavilerinde de yardımcı olmaktadır. Hulsman ve Pieper (1989) yaptıkları çalışmada, apeksifikasyon tedavisinin başlangıcında, apikal foramen hala açıkken, elektronik apeks bulucu ölçümlerinin her durumda yanlış sonuç verdiğini, apikal kapanma gerçekleşikten ve kök kanalının kesin olarak doldurulması mümkün görüldükten sonra, tüm dişlerde apeks bulucunun doğru sonuçlar verdiğini, radyografiler ile elektronik testler arasında tam bir uyum sağlandığını bulgulamışlardır. Tam apikal kapanmanın sağlanamadığı dişlerde bile elektronik ölçüm sonuçlarının doğru çıktığı belirtilmiştir. Araştırmacılar çalışmaları sonucu, elektronik apeks bulucu cihazların kök oluşumu tamamlanmamış dişlerin tedavisinde apikal sert doku kapanmasının kontrolünde yardımcı cihazlar olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

2.5. Elektronik Apeks Bulucu Cihazların Avantaj ve Dezavantajları

Elektronik Apeks Bulucu Cihazların Avantajları: (Jain, 2016)

- Elektronik apeks bulucular çalışma uzunluğunu belirlemek için gereken radyografi sayısını azaltır böylece hastanın radyasyon maruziyeti de azalmış olur.
- Radyografik yöntemle kıyasla apikal konstriküsyonun yerini belirlemede daha fazla hassasiyet sağlar.
- Elektronik apeks bulucu cihazlar kök kanal tedavisinin herhangi bir aşamasında kullanılabilir ve gerektiğinde çalışma uzunluğunun sabit kalıp kalmadığını doğrulamak için enstrümantasyon sırasında tekrar tekrar kullanılabilir.
- Elektronik apeks bulucular, radyografik yöntemle karmaşık olabilecek çok köklü dişler için daha faydalı bir yöntem olarak düşünülebilir.
- Endodontik prosedürlerin daha az zaman almasını sağlar.
- Öğürme refleksi olan ve radyografi alımı zor olan hastalarda faydalıdır.
- Radyasyon üretmedikleri için hamile hastalarda da kullanılabilirler.
- Anatomik süperpozisyonlar sebebiyle radyorafide okumada güçlük çektiğimiz alanlarda faydalıdır.
- Perforasyonları tespit etmek için kullanılabilirler.
- Kullanımı kolay ve hızlıdır.

Elektronik Apeks Bulucu Cihazların Dezavantajları: (Jain, 2016)

- Elektronik apeks bulucuların doğrulukları kök kanalındaki elektriksel koşullardan etkilenir.
- Açık apeksli dişlerde tutarsız ölçümler alınır.
- Yaygın olmasa da bazı hastalar apeks bulucu kullanıldığında elektriksel uyarılar algılamıştır.
- Pahalı cihazlardır.
- Hekimin cihaza aşına olmasını ve okumaları nasıl yorumlayacağını öğrenmesini gerektirir.

2.6. Elektronik Apeks Bulucuların Doğruluğunu Etkileyen Faktörler

2.6.1. Kanal içi medikamanların ve irrigasyon solüsyonlarının etkisi

Yeni nesil elektronik apeks bulucu cihazların çalışma prensibi, apikal konstiksüyonun konumunu belirlemek için kök uzunluğu boyunca empedans değişimine dayanır. Birçok çalışmada, dentin tübülü ve smear tabakası boyutları, kemomekanik hazırlık, artık kök kanal dolgu malzemeleri, apikal anatomi ve kullanılan irrigasyon solüsyonlarının dişin empedansını potansiyel olarak etkileyen faktörler olduğu belirtilmiştir (Ustun, Uzun, Er, Canakcı, ve Topuz, 2015). Çok seanslı tedavilerde kanal içi medikaman olarak kullandığımız kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) artıklarının apeks bulucu doğruluğunu etkileyip etkilemediği üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Uzunoglu ve diğerlerinin (2015) buna yönelik yaptıkları bir çalışmada, 90 adet maksiller lateral dişte kanal boyları ölçülmüş, daha sonra $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uygulaması yapılmış, sonrasında farklı irrigasyon solüsyonları ile $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırıldıktan sonra kanal boyu ölçümleri tekrarlanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda rezidüel $\text{Ca}(\text{OH})_2$ artıkları ile elektronik apeks bulucu cihazların doğruluğu arasında negatif korelasyon olduğu bulunmuştur.

Yapılan bir diğer çalışmada, araştırmacılar başlangıç kanal boylarını ölçtükten sonra kanallara $\text{Ca}(\text{OH})_2$ göndermişler ve dişleri 3 gruba ayırmışlardır. Kanal içindeki medikamanı A grubunda çalışma boyundan 1 mm geriye kadar, B grubunda çalışma boyundan 2 mm geriye kadar, C grubunda çalışma boyundan 4 mm geriye kadar olacak şekilde temizlemişlerdir ve daha sonra çalışma boyu ölçümleri tekrarlanmıştır. C grubu anlamlı olarak diğer gruplardan farklı bulunmuştur. Önceki çalışmayla uyumlu olarak kanal içerisinde kalan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ artıklarının apeks bulucuların doğruluğunu etkilediği sonucuna varılmıştır (Ustun ve diğerleri, 2015).

Bu bulgular ışığında kanal içerisindeki rezidüel $\text{Ca}(\text{OH})_2$ artıklarının elektronik apeks bulucuların doğruluğunu etkilediği, bu sebeple çok seanslı tedavilerde bu durumun göz önünde bulundurulması gerektiği sonucuna varılabilir.

Yeni nesil elektronik apeks bulucu cihazlar, kanal içi irrigasyon ajanlarından etkilenmediği vaadiyle piyasaya sürülmüşlerdir. Bu sebeple irrigasyon solüsyonlarının varlığında apeks bulucuların etkisini karşılaştıran birçok araştırma yapılmıştır.

2001 yılında Jenkins ve diğerleri (2001) 1:100,000 epinefrin içeren %2 lidokain, %5,25 sodyum hipoklorit (NaOCl), RC Prep, sıvı etilendiamintetraasetik asit (EDTA), %3 hidrojen peroksit ve %12 klorheksidin (CHX) sıvıları içerisinde Root ZX'in doğruluğunu test ettikleri çalışmalarında, kullanılan irrigasyon solüsyonların cihazın doğruluğunu etkilemediğini bulmuşlardır.

Tınaz, Sevimli, Görgül, ve Türköz (2002) NaOCl'in farklı konsantrasyonlarının Root ZX doğruluğu üzerindeki etkisini incelemiştir ve gruplar arasında anlamlı fark bulamamıştır.

Aynı şekilde 2022 yılında yapılan bir çalışmada, Root ZX Mini ve Locapex 6 cihazları karşılaştırılmış, %0,5, %2,5 ve %5 NaOCl konsantrasyonlarında doğruluklarına bakılmıştır. Bu çalışmada da gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamış ve apeks bulucuların her NaOCl konsantrasyonunda etkili ölçüm yapabildiği söylenmiştir (Diemer, Plews, Georgelin-Gurgel, Mishra, ve Kim, 2022).

Yapılan bir başka çalışmada salin, CHX ve NaOCl'in Root ZX'in doğruluğu üzerindeki etkisine bakılmış ve NaOCl varlığında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmuş ancak araştırmacılar bu farkın da klinikte kabul edilebilir düzey olan $\pm 0,5$ mm aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu NaOCl'in yüksek düzeyde elektro-iletken özelliği sebebiyle, kök kanal duvarlarındaki elektriksel empedansı azalttığı ve apikal dokularla daha iyi elektriksel temasa neden olduğu şeklinde açıklamışlardır (Khattak, Raidullah, ve Francis, 2014; Meredith ve Gulabivala, 1997; Uzunoglu ve diğerleri, 2015).

2020 yılında yapılan bir mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) çalışmasında, yalnızca irrigasyon solüsyonları değil kanal içerisinde kan ve pulpa varlığında yapılan ölçümler de karşılaştırılmıştır. Çalışmaya çekim endikasyonu konulmuş olan 25 tek köklü vital diş dahil edilmiş, önce içerisinde kanlı pulpa dokusu varken 10 K tipi eğe ile çalışma boyu ölçümleri yapılmış, daha sonra pulpa çıkartılıp kanal içerisi NaOCl ile yıkandıktan sonra yeniden kanal boyu ölçümleri yapılmıştır. Sonrasında dişler çekilerek mikro-BT cihazı ile taranmış ve dişlerin gerçek çalışma boyları belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda hem kanal içerisindeki

pulpa varlığında hem de NaOCl varlığında apeks bulucuların doğru ölçümler yaptığı bulunmuştur (Çınar ve Üstün, 2020).

Carvalho ve diğerlerinin (2010) Elements Diagnostic, Root ZX ve Apex DSP apeks bulucu cihazlarının, %0,9 salin ve %1 NaOCl varlığındaki doğruluklarını test ettikleri çalışmada, irrigasyon solüsyonu varlığında apeks bulucuların performansları arasında bir farklılık bulunmamıştır.

Bu çalışmalar ve raporlar ışığında, yeni nesil elektronik apeks bulucuların farklı elektrolitler varlığında çalışma boyu ölçümü için güvenle kullanılabileceği sonucuna varılabilir (Malkhassian ve diğerleri, 2012).

2.6.2. Pulpa vitalitesinin etkisi

Elektronik apeks bulucularla yapılan çoğu çalışma, pulpa canlılığının cihazların doğruluğunu etkilemediğini bildirmiştir ancak bazı çalışmalarda vital kanallardaki ölçümler, nekrotik kanallardaki ölçümlere göre daha yüksek doğruluk gösterdiğinden bazı çelişkiler mevcuttur (Swati ve diğerleri, 2020).

Pulpa vitalitesinin Root ZX'in doğruluğunu etkileyip etkilemediğinin araştırıldığı çalışmada Dunlap ve diğerleri (1998), vital dişlerde apikal konstrikşüyona uzaklığı 0,21 mm, nekrotik dişlerde 0,49 mm bulmuştur. Aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. Root ZX'in doğruluğunun pulpanın vitalitesinden etkilenmediği bulgulanmıştır. Benzer şekilde Lee ve diğerleri (2002), Endex marka elektronik apeks bulucunun doğruluğunu araştırdıkları çalışmalarında pulpa vitalitesinin apeks bulucu doğruluğunu etkilemediği sonucuna varmışlardır. 236 nekrotik, 58 vital pulpalı diş ile yapılan bir başka çalışmada, başarı aralığı $\pm 0,5$ mm tutulduğu zaman, vital ve nekrotik dişlerin apeks bulucu ölçümleri arasında istatistiksel bir farka rastlanmamıştır (Eduardo Akisue, Gavini, ve Poli de Figueiredo, 2007).

Ancak Apex Finder ile yapılan bir çalışmada, vital dişlerde apeks bulucu doğruluğu %93,9 bulunurken, nekrotik dişlerde bu oran %76,6 bulunmuştur, aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Araştırmacılar nekrotik kanallardaki iltihapsal kök rezorbsiyonu sebebiyle apikal konstrikşüyonun yok olmuş olma ihtimalinden bahsetmişlerdir (Pommer ve diğerleri, 2002). Periapikal radyolusensiye sahip nekrotik pulpalarda yaklaşık 1,5 mm hatalı

ölçümler yapılmış, bu da o bölgede taşkın uyarısı verecek canlı periodontal ligament hücrelerinin bulunmayışına bağlanmıştır (Swati ve diğerleri, 2020).

2.6.3. Kırık ve perforasyon varlığının etkisi

Vertikal ve horizontal kırık tespiti çalışmalarında, Azabal ve diğerleri (2004) yaptıkları çalışmada Justwo'yu horizontal kök kırıklarının belirlenmesinde başarılı bulurken, vertikal kırıklarda tutarsız sonuçlar bildirmişlerdir. Bununla tutarlı olarak 2006 yılında yapılan bir çalışmada, 3 apeks bulucu cihaz karşılaştırılmıştır. 6 deney grubundan 3 tanesinde farklı seviyelerde horizontal kırık, 3 tanesinde yine farklı seviyelerde pulpayla ilişkili vertikal kırık simüle edilmiştir. Horizontal kırık gruplarında apeks bulucular arasında anlamlı bir fark bulunmazken, vertikal kırık grupları arasında istatistiki olarak anlamlı farklar bulunmuş ve araştırılan 3 apeks bulucu cihazın horizontal kırıkları tespit etmede başarılı olduğu ancak vertikal kırıkları tespit etmede başarılı olmadığı sonucuna varılmıştır (Ebrahim, Wadachi, ve Suda, 2006a).

Perforasyon tespitinde tüm apeks bulucu aletler kullanılabilir. Böyle durumlarda apeks bulucunun hangi nesilden olduğunun bir önemi yoktur. Çünkü kanal eğesi perforasyon bölgesindeki periodontal membrana temas eder etmez kısa devre olmakta ve ekrandan apeksin ötesine geçmiş gibi okuma alınmaktadır. Farklı apeks bulucu cihazların perforasyon tespit etmedeki başarısının karşılaştırıldığı birçok çalışma yapılmıştır ancak aralarında anlamlı bir fark bulunmamıştır (D'Assunção ve diğerleri, 2014; Kaufman, Fuss, Keila, ve Waxenberg, 1997; Nazari Moghaddam, Nazari, Shakeri, Honardar, ve Mirmotalebi, 2010).

2.6.4. Tekrarlayan kök kanal tedavisinin etkisi

Tekrarlayan kök kanal tedavisi vakalarında apeks bulucu kullanımı da uzun süreler araştırılmış bir konudur. Kanal içerisindeki organik atıkların, guta perkanın, guta perka çözücü solventlerin apeks bulucuların doğruluğunu etkilediğine dair şüpheler vardır. Yapılan çalışmalarda guta perka çözücü solventlerin elektriksel iletkenliği sebebiyle elektronik apeks bulucuların doğruluklarını etkileyebilecekleri öne sürülmüştür (Er, Uzun, Üstün, Çanakçı, ve Yalpi, 2013).

Goldberg ve diğerkleri (2005), 20 çekilmiş tek köklü diş üzerinde yaptıkları çalışmada, dişlere tekrarlayan kök kanal tedavisi uygulanırken ProPex, NovApex ve Root ZX olmak üzere üç apeks bulucu kullanmışlardır. Başarı aralığı 0,5 mm tutulduğunda cihazlar sırasıyla %80, %85 ve %95 başarı oranı göstermişlerdir, cihazlar arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

Alves ve diğerkleri (2005), 62 kanin diş üzerinde yaptıkları çalışmada endomotora entegre apeks bulucu olan Tri Auto ZX cihazını kullanmışlardır. Kanalların doldurulmasından önce ölçülen değerler ile, kanal tedavisinin yenilenmesi sırasında ölçülen kanal uzunluğunu karşılaştırmışlardır ve iki değer arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

Daha sonra 2020 yılında yapılan bir çalışmada, 90 adet çekilmiş diş üzerinde Dentaport ZX, Propex Pixi ve iPex 2 tekrarlayan kök kanal tedavisi sırasında karşılaştırılmış ve cihazlar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Tüfenkçi ve Kalaycı, 2020). Yapılan çalışmalarda tekrarlayan kök kanal tedavilerinde apeks bulucu kullanımının güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır.

2.6.5. Periapikal lezyon varlığının etkisi

Periapikal lezyonlu dişlerde apikal daralım yıkılmış olabileceğinden apeks bulucuların güvenilirliği de tartışma konusu olmuştur. Çalışkan, Kaval, ve Tekin (2014), büyük periapikal lezyonu bulunan ve kanal içerisinden eksuda gelen, endodontik cerrahi endikasyonu konmuş 33 maksiller anterior dişte yaptıkları çalışmada ProPex ve Apex Pointer'ı karşılaştırmışlardır. Aktif pü akışı kesildikten sonra ilk kanal uzunluğu ölçümleri yapılmış, daha sonra apikal saha açılıp x5.5 büyütme altında eğer apikalden görününceye kadar ilerletilerek kanal uzunlukları ölçülmüştür ve apeks bulucuların ölçtüğü kanal uzunluklarıyla karşılaştırılmıştır. Çalışmada ölçülen değerler arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Benzer şekilde Üstün ve diğerkleri (2016), periapikal lezyonlu dişlerde Propex Pixi ve Raypex 6 apeks bulucularını CBCT ile karşılaştırmış ve üçü arasında anlamlı bir fark bulamamıştır.

2.6.6. Açık apeks varlığının etkisi

Açık apeks terimi genellikle, apikal durma noktası hazırlamanın zor olduğu geniş bir apikal foramen tanımlamak için kullanılır. Bunun nedeni travma, yaygın apikal rezorbsiyon, kök ucu rezeksiyonu veya aşırı enstrümantasyon olabilir. Bu tür dişlerde değişen apikal anatomi ve hasarlı periodontal ligament nedeniyle kanal uzunluğunun radyografik yorumu daha da zordur. Avrupa Endodonti Derneği, bu vakalarda kök kanal tedavisi sırasında elektronik apeks bulucu kullanımını takiben alınan bir radyografi ile onaylanmasını önermektedir (Jain, 2016).

2.6.7. Koronal ve apikal genişletmenin etkisi

Kök kanallarının genişletilmesinin apeks bulucuların doğruluğunu etkileyip etkilemediği çok araştırılan bir konudur.

Preflaring denilen kanalların koronal genişletilmesinin apeks bulucuların doğruluğu üzerinde etkisinin anlatıldığı bir sistematik derleme ve metaanaliz çalışmasında, birçok farklı apeks bulucunun karşılaştırıldığı, farklı dişler üzerinde yapılan ve farklı koronal genişletme eğeleri kullanılarak yapılan çalışmalarda yüksek oranda, koronal genişletme yapmanın apeks bulucu doğruluğunu artırdığı bulunmuştur. Koronal genişletme yapma işlemi, yalnızca eğelerin kanala erişimini iyileştirdiği için değil, aynı zamanda elektronik apeks bulucularla daha doğru çalışma boyu tespiti yapılmasını sağladığı için kök kanalının mekanik olarak genişletilmesi sırasında önemli bir adım olarak önerilmelidir (León-López ve diğerleri, 2021).

Apikal genişletmenin apeks bulucu doğruluğu üzerindeki etkisine bakıldığında, 2015 yılında Root ZX ve Raypex 6'nın karşılaştırıldığı bir çalışmada, 80 adet tek köklü diş üzerinde çalışılmış, dişler 4 gruba ayrılmış, ilk grupta genişletme yapmadan kanal boyları ölçülmüş, diğer gruplarda ise 30 K tipi, 55 K tipi ve 70 K tipi eğe kullanılarak dişlerin apikalleri genişletilmiş ve son genişletme yapılan eğe kullanılarak kanal boyları tekrar ölçülmüştür. Şekillendirilmemiş grupta ve 30 K tipi eğe grubunda anlamlı bir fark bulunmazken 55 K tipi ve 70 K tipi eğe ile şekillendirilen gruplarda apeks bulucu doğruluğu anlamlı olarak azalmıştır. Araştırmacılar artan apikal çap ile apekse doğru daralmanın kaybolduğunu ve kanal duvarlarının paralel hale geldiğini, apeks bulucuların doğruluğunun yüksek eğelerde

düşmesinin nedeninin bu olabileceğini belirtmişlerdir (Aydın, Karataşlıoğlu, Aksoy, ve Yıldırım, 2015).

Yine Root ZX cihazı kullanılarak yapılan başka bir çalışmada, apikali genişletilmeden 10 K tipi eğe ile yapılan çalışma boyu ölçümleri ile 25 K tipi eğe ile yapılan ölçümler arasında anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen, 30, 35 ve 40 K tipi ile preparasyon yapıldıktan sonra yapılan ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Araştırmacılar, normalde kök kanalı içerisindeki sodyum, potasyum ve kalsiyum iyonlarının dışarıdan daha fazla olması gerektiğini, bu konsantrasyon farkının elektrik iletkenliğini etkilediğini, ancak kanal genişletildikçe iç ve dış konsantrasyon farkının kalmadığını ve bunun da apeks bulucu doğruluğunu bozduğunu belirtmişlerdir (Herrera, Abalos, Planas, ve Llamas, 2007; Kovacević ve Tamarut, 1998). Benzer şekilde Propex Pixi kullanılarak yapılan bir çalışmada, kullanılan kanal eğesinin çapından bağımsız olarak, apikal foramen çapı 0,6 mm'ye gelinceye kadar doğru sonuçlar alındığı, ancak apikal foramen genişledikçe apeks bulucunun doğruluğunun azaldığı bulunmuştur (Kolanu ve diğerleri, 2014). Tam olarak hangi değerden sonra doğruluğun bozulduğuna dair fikir birliği oluşturulamamış olsa da, yapılan çalışmalar ışığında klinik pratikte, apikal foramen çapı arttıkça elektronik apeks bulucu kullanırken daha dikkatli olunması gerektiği düşünülmektedir.

2.7. Endomotora Entegre Apeks Bulucu Cihazlar

İlerleyen yıllarda nikel titanyum döner eğelerin kullanımları arttıkça, endomotorlara entegre apeks bulucu aletler üretilmeye başlanmıştır. İlk olarak Morita firması, Root ZX üzerine endomotor ekleyerek Tri Auto ZX'i piyasaya sürmüştür. Bu cihazı ilk Kobayashi (1994) denemiş, sonraları Campbell cihazın apeksten çıkınca geri dönme özelliğinin bir avantaj olduğunu belirtmiştir. Daha sonra yine aynı firma daha gelişmiş özellikleri olan Dentaport ZX isimli cihazı piyasaya sürmüştür. Bu entegre cihazların doğruluğunu ve güvenilirliğini araştırmak için birçok çalışma yürütülmüştür (Tınaz, 2012).

Topuz ve diğerleri (2007), TCM Endo V marka elektronik apeks bulucu entegre edilmiş endomotorun apeks bulucu işlevini Root ZX ile karşılaştırmışlar ve TCM Endo V'nin güvenilir sonuçlar verdiğini, ancak cihazın yalnızca apeks bulucu özelliğinden yararlanmanın kullanışsız olacağı sonucuna varmışlardır.

2013 yılında 36 adet çekilmiş mandibular molar diş üzerinde yapılan bir çalışmada, döner ege sistemi kullanılırken VDW Gold ve Dentaport ZX cihazlarının çalışma boyu belirlemedeki doğrulukları karşılaştırılmıştır. Her iki cihaz da döner ege sistemi ile preparasyon yapılırken eş zamanlı çalışma boyu belirlemede başarılı bulunmuştur. Ancak araştırmacılar, taşkın çalışmadan kaçınmak için auto-reverse (otomatik geri dönme) özelliğinin 1 mm'ye ayarlanmasının yararlı olacağını önermişlerdir (Nazarimoghadam ve Labaf, 2013).

2017 yılında VDW Gold Reciproc (VDW, Munich, Almanya), EndoPilot (Schlumbohm, Brokstedt, Almanya) ve Raypex 6 (VDW, Munich, Almanya) ile manuel ölçüm karşılaştırılarak farklı endodontik motorların apikal konstriksiyonu bulmadaki doğrulukları karşılaştırılmıştır. Tüm ölçüm metodları yüksek doğruluk göstermiştir. Araştırmacılar bu endodontik motorların auto-stop (otomatik durma) fonksiyonlarının güvenilir olduğunu belirtmişlerdir (Christofzik, Bartols, Khaled, Gröbner-Schreiber, ve Dörfer, 2017).

Uzun ve diğerleri (2008), Tri Auto ZX ve TCM Endo V cihazlarının otomatik geri dönme özellikleri 0,5 mm'ye ayarlandığında, tekrarlayan kök kanal tedavileri esnasında guta perkanın apikalden taşıdığını bulgulamışlardır. Ayrıca cihazların aktif (dönen) ve pasif (dönmeyen) modlardaki çalışma boyu ölçümleri anlamlı olarak farklı bulunmuştur, her iki cihaz da pasif modda daha doğru ölçümler yapmıştır. Araştırmacılar cihazların otomatik geri dönme özelliklerinin dikkatli kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır.

2.8. Çalışma Boyu Doğruluğunu Değerlendirme Yöntemleri

Kök kanal tedavisinde çalışma boyu belirleme yöntemlerinin doğruluğunu belirlemede kullanılan yöntemlerin çoğu direkt görüşle yapılan incelemeler olduğundan, genellikle in vitro koşullarda uygulanabilmektedir. Mikroskop altında majör foramenden çıkan kanal aleti gözlenerek gerçek kanal boyunun belirlenmesi en sık kullanılan doğrulama yöntemidir. Bunun dışında, aşındırma yapıldıktan sonra mikroskop altında inceleme, şeffaflaştırma yöntemleri, apikal bölgenin ölçüsünün alınması ve mikro-bilgisayarlı tomografi ile gerçek çalışma uzunluğunun belirlenmesi yapılan çalışmalarda kullanılan doğrulama yöntemlerdendir (Şen, 2017).

2.8.1. Apikal foramenden kanal aletinin çıkışının izlenmesi

İnce bir K tipi kanal eğesi kanal içerisinde ilerletilir, gözle ya da operasyon mikroskobu altında kanal aletinin apikalden çıkışının izlendiği noktada ölçüm yapılır. Bu uzunluktan 0,5-1 mm çıkartılmasıyla gerçek kanal uzunluğu belirlenir. Bazı çalışmalarda anatomik apeksten 0,5 mm çıkartılırken bazı çalışmalarda 1 mm çıkartılarak gerçek kanal uzunluğu belirlenmiştir (Kuttler, 1955; Lucena-Martín ve diğerleri, 2004). Bu yöntem kök yapısına zarar verilmeden standart bir ölçüm yapılabilmesi açısından kıymetli bir yöntem olsa da, apikal konstrikسیونun anatomik apekse uzaklığı her dişte farklı olan düzensiz bir yapıdır. Bu sebeple bu yöntem bilimsel olarak gerçek çalışma uzunluğunu yansıtmamaktadır (Şen, 2017).

2.8.2. Apikal bölümün aşındırılmasını takiben mikroskop altında yapılan ölçüm

Bu yöntem apikal konstrikسیونun direkt görülmesi esasına dayanır. Çalışma boyu ölçümü yapıldıktan sonra, kanal eğesinin pozisyonu bozulmadan sabitlenir. İçerideki kanal eğesi ile apikal konstrikسیونun ilişkisinin gözlenebileceği bir taraftan, kökün apikal bölümü paralel olarak aşındırılır. Mikroskop büyütmesi altında apikal konstrikسیون ve kanal eğesi arasındaki mesafe ölçülerek değerlendirme yapılır (Şen, 2017). Bu inceleme için stereomikroskop, taramalı elektron mikroskobu, ışık mikroskobu, dental operasyon mikroskobu veya direkt ölçüm yapabilen mikroskoplar gibi farklı çeşit mikroskoplar ve farklı büyütmelemlerin kullanıldığı çalışmalar vardır (Pagavino ve diğerleri, 1998; Plotino ve diğerleri, 2006; Wrbas, Ziegler, Altenburger, ve Schirrmeister, 2007). Kanal eğesinin ucu ile apikal konstrikسیونun durumu direkt olarak gözlenebildiğinden güvenilirliği yüksek bir doğrulama yöntemidir. Kök kanal sisteminin ve apikal konstrikسیونun anatomisini bozmadan aşındırma yapılabilmesi için titiz bir çalışma gerektirmesi ve zaman alıcı olması bu sistemin dezavantajlarından biridir (Şen, 2017).

2.8.3. Dişlerin şeffaflaştırılmasını takiben mikroskop altında yapılan ölçüm

Çalışma boyunun belirlenmesinden sonra, kanal eğesi pulpa odasına akışkan dolgu materyaliyle sabitlenir. Sonrasında dişler şeffaflaştırma işlemine maruz bırakılır ve kanal eğesi ile apikal konstrikسیون arası ilişki incelenir (Şen, 2017). Şeffaflaştırma işleminde dişler önce %5,25'lik NaOCl içerisinde 24 saat tutulup organik atıklardan temizlenir.

Sonrasında %5'lik nitrik asit solüsyonunda her gün solüsyon değiştirilerek 3 gün bekletilerek dekalsifiye edilir. Akan su altında yıkanır, sonrasında %80'lik etil alkolde 24 saat, %90 etil alkol solüsyonunda 1 saat ve %100 etil alkol solüsyonunda 1 saat bekletilerek dehidrate olmaları sağlanır. Sonrasında metil salisilat (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, ABD) içerisinde 4 saat bekletilir ve şeffaflaştırma işlemi tamamlanır (Shabahang, Goon, ve Gluskin, 1996). Şeffaflaştırma yöntemi daha çok kök kanal morfolojilerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir, çalışma boyunun doğrulanmasında kullanıldığı az sayıda çalışma vardır (Shabahang ve diğerleri, 1996). Yöntemin pratik olmayışı ve her zaman istenilen derecede şeffaflık elde edilemeyeşi bu yöntemin dezavantajları olarak sıralanabilir (Şen, 2017).

2.8.3. Apikal yapının ölçüsünün alınması

Literatürde yalnızca Kim ve diğerlerinin (2008) tarif ettiği bir yöntemdir. Bu yöntemin kullanıldığı başka bir çalışmaya rastlanmamıştır. Radyografik yöntem ve Root ZX kullanarak örneklerin çalışma boyu belirlenmiştir. Sonrasında kanal eğesinin majör foramenden taşkın olduğu örneklerde polivinilsiloksan ölçü maddesi kullanarak apikal bölgenin ölçüsünü almışlardır. Sonrasında ölçü maddesini dikey olarak kesmişler ve kanal eğesi ile apikal konstriksiyon arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Yöntemin yalnızca apikalden taşan örneklerde kullanılabilmesi ve hassasiyetinin tartışmaya açık olması bu yöntemin dezavantajları olarak belirtilmektedir (Şen, 2017).

2.8.4. Mikro-bilgisayarlı tomografi

Yüksek çözünürlüklü mikro bilgisayarlı tomografi, endodontik araştırma ve eğitimde çeşitli uygulamalara sahip yenilikçi bir teknolojidir. Konvansiyonel X-ray bilgisayarlı tomografi (BT), ilk olarak Hounsfield (1973) tarafından tanımlanan bir görüntüleme yöntemidir. Bu teknik, tomografi veya kesitlere göre görüntüleme yoluyla bir dizi görüntü üretir ve bunlar daha sonra bilgisayar yazılım programları kullanılarak üç boyutlu olarak yeniden oluşturulur (Hounsfield, 1973).

Endodontide geleneksel BT uygulamasının dişleri üç boyutlu olarak yeniden yapılandırma olasılığı ilk olarak Tachibana ve Matsumoto (1990) tarafından araştırılmıştır. Bu araştırmacılar, BT kullanarak dişlerin anatomik konfigürasyonunu gösterebilse de, 0,6

mm'lik uzaysal çözünürlüğün, kök anatomisi ve yapılarının ayrıntılı analizine izin vermek için yetersiz olduğunu buldular. Yazarlar, yüksek radyasyon dozu, zaman tüketimi, maliyeti, yetersiz çözünürlüğü ve yetersiz bilgisayar yazılımı kapasitesi nedeniyle geleneksel BT'nin endodontide yalnızca sınırlı uygulama sunduğu sonucuna varmışlardır.

Teknolojideki diğer gelişmeler, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) gibi daha yeni BT sürümlerinin geliştirilmesini sağladı. Klinik ortamlarda, KIBT görüntüleme geleneksel BT'yi geride bıraktı ve endodontik cerrahi öncesi tedavi planlaması ve teşhisi için giderek daha popüler hale geldi. Diğer teknolojik gelişmeler, geleneksel BT'nin minyatürleştirilmiş bir formunun, klinik olmayan ortamlarda kullanımı için mikro-BT'nin ortaya çıkmasını sağladı (Mirfendereski ve Peters, 2012).

Mikro-BT tarayıcılar, yüksek çözünürlüklü dedektörlerin küçük bir nesnenin büyütülmüş projeksiyon görüntülerini toplamasını sağlayan mikro odaklı bir X-ışını kaynağı kullanmaktadır. Yeniden oluşturulmuş üç boyutlu görüntüler daha sonra taranan nesnenin dış ve iç yapılarını daha fazla analiz etmek için herhangi bir düzlem boyunca dilimlenebilir. Bu, mine, dentin ve kök kanalının ana hatlarının yanı sıra içeriğinin bölümlere ayrılmasını ve değerlendirilmesini sağlar. Tahribatsız bir görüntüleme aracı olarak, bir nesneyi birçok kez değerlendirmek için mikro-BT uygulanabilir, nesnenin daha sonraki deneyler ve gelecekteki taramalar için değiştirilmeden kalmasına izin verir. Üç boyutlu görüntüler, incelenen nesnenin hem nitel hem de nicel olarak değerlendirilmesine olanak tanıyan önemli veriler toplar (Mirfendereski ve Peters, 2012). Bu özellikler mikro-BT'yi kök kanal morfolojisini ve kök kanal hazırlama ve tıkama prosedürlerini değerlendiren in vitro çalışmalar için arzu edilen bir araç haline getirir. Mikro-BT teknolojisinin sunduğu veriler, yeni tekniklerin geliştirilmesi, endodontik tedavide mevcut yaklaşımların karşılaştırmalı analizi, klinik öncesi ve klinik aşamalarda diş hekimliği eğitiminin iyileştirilmesi gibi klinik uygulamalara öncülük edebilir (Mirfendereski ve Peters, 2012).

İlk olarak Nielsen ve diğerleri (1995), 127 μm çözünürlüğe sahip mikro-BT kullanarak çekilmiş kalsifiye insan maksiller azı dişlerinde kök kanallarının dış ve iç morfolojilerinin üç boyutlu gösterimini sağladı. Dowker ve diğerleri (1997) bunu geliştirerek 40 μm çözünürlükte mikro-BT taramaları yaptı ve doldurulmamış kanal alanları ve dentin debrislerinin varlığı gibi önemli ayrıntıları görüntüleyebildiler. Son yıllarda mikro-BT çözünürlüğü daha da geliştirildi ve günümüzde 10 μm 'den daha küçük çözünürlüklü

taramalar yapmak mümkün hale gelmiştir (Jung, Lommel, ve Klimek, 2005). Dişlerin farklı kök morfolojilerinin incelenmesi, C şekilli kanalların yapıları, pulpa odasının morfolojisi, farklı preparasyon ve kök kanal dolumu tekniklerinin karşılaştırılması gibi birçok endodontik alanda mikro-BT görüntülemesi kullanılmaktadır (Mirfendereski ve Peters, 2012).

Mikro-BT teknolojisinin en büyük dezavantajları, tarama ve yapılandırma için gereken sürenin çok uzun oluşu ve tarama yapıp sonrasında bu görüntüleri analiz edip yorumlayabilmek için gelişmiş bilgisayar uzmanlığı ihtiyacı olması olarak sıralanabilir. Bu faktörler son on yılda teknolojiye gelişmelere rağmen hala mikro-BT kullanımını sınırlamaya devam etmektedir. Bunun yanı sıra mikro-BT ekipmanı temin edilmesi maddi olarak zorlayıcı bir cihaz olduğundan evrensel olarak mevcut değildir. Ayrıca yüksek radyasyon dozları mikro-BT'nin klinik olarak kullanılmasını engeller (Mirfendereski ve Peters, 2012).

Mikro-bilgisayarlı tomografi cihazının avantaj ve dezavantajları

Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Cihazının Avantajları: (Versiani ve diğerleri, 2022)

- İnvaziv olmayan, doğru ve onaylanmış bir görüntüleme metodudur.
- Kök kanal sistemi ile ilgili herhangi bir durumun tespiti için deneysel prosedürlerden önce örneklerin durumunun değerlendirilmesine olanak tanır.
- Aynı numune, endodontik prosedürlerin farklı aşamalarında tekrar değerlendirilebilir.
- Diş üzerindeki kusurların yerini gözlemleyebilmek mümkündür.
- Kök uzunluğu boyunca binlerce kesitin sıralı şekilde analiz edilebilmesini sağlar.
- Deneysel prosedürlerden önce de yapısal koşullar belirlenebildiğinden, her numune kendi kontrol grubu olarak hizmet edebilir.
- Stereomikroskop ile direkt gözlem yoluyla yapılamayan bir prosedür olarak; kökün boylamsal eksenini boyunca enine kesit dilimlerinin sıralı analizini gerçekleştirerek, tarama veya yeniden yapılandırma sırasında tek bir dilimde oluşan artefakt ile gerçek dentin kusurları arasında ayırım yapılmasına olanak tanır.

Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Cihazının Dezavantajları: (Versiani ve diğ erleri, 2022)

- Cihaz klinik kullanım için uygun değildir.
- Tarama ve yeniden yapılandırma prosedürleri uzun zaman alır.
- Cihazın ekipmanı ve bakımı çok pahalıdır.
- Teknik prosedürler çok karmaşık olduğundan özel bir yazılım ve geli mi  bilgisayar uzmanlığı gerektirir.
- Aşırı derecede gürültülü (noise) görüntüler değerlendirme sürecinde yanlış yorumlamalara sebep olabilir.
- Uygun olmayan tarama ve yeniden yapılandırma ayarları artefaktlara ve görüntü kalitesine önemli ölçüde etki eder.

2.9. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amacı, mandibular mesial kanallarda mikroskop ve mikro-bilgisayarlı tomografi verileri kullanılarak elde edilen gerçek kök kanal boyu ve çalışma boyu verilerini, Propex Pixi ve Woodpecker elektronik apeks bulucu cihazlarının farklı noktalarda yaptıkları çalışma boyu ölçümleri ile kar ıla tırmak, elektronik apeks bulucu cihazların doğruluk ve güvenilirliklerini araştırmak, mikro-bilgisayarlı tomografi cihazı ile dişlerde saptanan anatomik değişkenlerin elektronik apeks bulucuların doğruluklarına etkisini incelemektir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Etik Kurul Onayı

Çalışmada kullanılacak olan diş sayısının belirlenmesi için güç ve örneklem büyüklüğü analizi yapıldı. Örneklem büyüklüğü hesaplamaları için G*Power (for Mac, Version 3.1.9.4) yazılımı kullanıldı. Yapılan örneklem büyüklüğü hesabı için, istatistiksel gücün %80, etki büyüklüğünün %25 ve istatistiksel önemlilik düzeyinin (Tip 1 hata) 0,05 olmasına ve toplam 46 diş ile çalışılmasına karar verildi. Ardından bu tez çalışması için Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu'ndan GÜDHKA EK.2020.17/3 karar no ile 13.08.2020 tarihinde onay alındı. Bu tez çalışması Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından TDH-2021-7020 kodu ile desteklenmiştir.

3.2. Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması

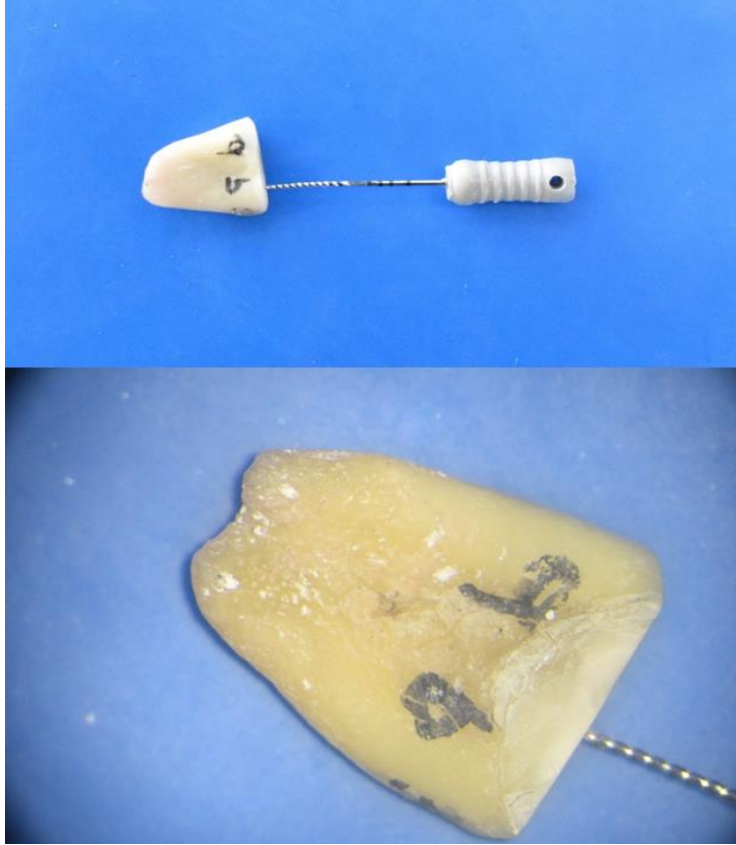
Çalışmaya dahil edilecek 46 mandibular mesial kök, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi bölümünde çekilmiş olan alt molar dişlerden rastgele seçildi. Dişler iki saat boyunca %5,25'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) içerisinde bekletildikten sonra deney aşamasına kadar serum fizyolojik içerisinde muhafaza edildi. Seçilen dişler dental operasyon mikroskobu (Labomed Prima DNT Dental Mikroskop, © Labo Inc., Amerika) ile ve periapikal filmlerle incelendi. İnternal/eksternal kök rezorpsiyonu, kalsifiye kanal, immatür apeks, çatlak/kırık bulunan dişler ve önceden kanal tedavisi yapılmış olan dişler çalışma dışı bırakıldı.

Çalışmaya dahil edilen 46 mandibular molar dişin kuronları mine-sement seviyesinde su soğutması altında kesilerek dekoronasyon işlemi uygulandı. Sonrasında örneklerin mesial kökleri distal köklerinden ayrıldı. Çalışmada mesial kökler kullanıldı. Standardizasyon sağlamak ve ölçümlerdeki hata payını azaltmak amacıyla mesial köklerin koronal yüzeyleri zımpara ile düzleştirildi.

3.3. Görsel Ölçümler

Kökler üzerine asetat kalemi ile örnek numaraları yazıldı. Mesial köklerde 2 kanal bulunduğu kanallar a ve b olarak isimlendirilip diş üzerine yazıldı. Ölçüm esnasında

kullanılacak olan eğeden lastik stop uzaklaştırıldı. Eğenin en uç kısmı ile plastik el tutamağı arasındaki mesafe dijital kumpas ile üç kere ölçülüp ortalaması alınarak eğenin gerçek uzunluğu belirlendi. Mesial köklerde dental operasyon mikroskobuyla $\times 30$ büyütme altında (Labomed Prima DNT Dental Mikroskop, © Labo Inc., ABD), apikalde sıkışan el eğesi (8,10,15 K-tipi) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) apikalden (majör foramenden) görünecek kadar ilerletildi, ve ardından eğe kaybolana kadar geri çekildi (Resim 3.1). Diş üzerinde oluşturulan düz yüzey üzerindeki referans noktasından eğenin plastik el tutamağı kısmına kadar olan mesafe dijital kumpas ile üç kere ölçülüp ortalaması alındı (Resim 3.2). Bu mesafe eğenin tüm boyundan çıkartılarak, dişin kanal boyu belirlendi. Elde edilen bu değer her örnek için gerçek kanal boyu (RCL) olarak kaydedildi. Apeks ulaşamayan dişler çalışma dışı bırakıldı.



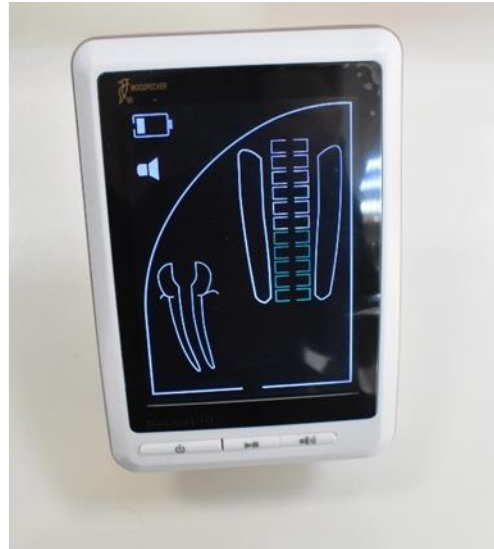
Resim 3.1. Eğenin apikal foramenden görünecek kadar ilerletilip sonra gözden kaybolana kadar geri çekilmesi



Resim 3.2. Diş üzerindeki referans noktası ile eğenin plastik tutamağı arasındaki mesafenin dijital kumpas ile ölçülmesi

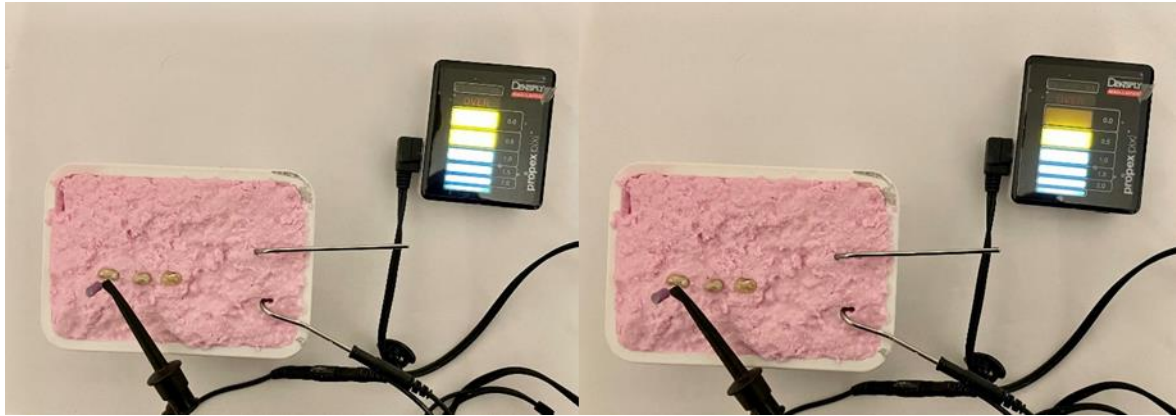
3.4. Elektronik Apeks Bulucu Ölçümleri

Çalışmamızda Propex Pixi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve DTE Dpex-3 (Woodpecker, Guilin, Çin) olmak üzere iki farklı apeks bulucu cihaz kullanıldı (Resim 3.3).



Resim 3.3. Propex Pixi ve Woodpecker elektronik apeks bulucu cihazları

Kökler, periodontal ligamentin elektrik iletkenliğini taklit etmesi amacıyla aljinat model içerisine gömüldü. Modelin içerisine kullanılacak olan apeks bulucu cihazların dudak klipsleri de yerleştirildi ve bu şekilde sertleşmeye bırakıldı. Kök kanalları %5,25 NaOCl ile yıkandı ve fazlalık pamuk peletler yardımıyla diş yüzeyinden uzaklaştırıldı. Her iki apeks bulucu cihaz ile tüm örnekler üzerinde elektronik ölçümler yapıldı. Propex Pixi cihazının iki elektrotlu kablusunun bir ucu kendi kutusundan çıkan orijinal dudak klipsine bağlandı, diğer ucu kanal içerisine yerleştirilen apikalde sıkışan K-tipi eğeye tutturuldu. Eğe kanal içerisinde apeks bulucu ekranındaki '0.0' noktası görünene kadar ilerletildi. '0.0' noktasında durularak eğe sabitlendi, dişin yüzeyi ile eğenin plastik tutamak kısmı arasında kalan mesafe hassas dijital kumpas ile ölçüldü. Her ölçüm üç defa tekrarlandı ve ortalaması alındı. Ölçülen mesafe eğenin kendi boyundan çıkartılarak Propex Pixi cihazı için elektronik kanal boyu (ERCLp) olarak kaydedildi. Daha sonra aynı kanal içerisinde K tipi eğe '0.5' noktasına kadar geri çekildi, eğe orada sabitlendi ve dişin yüzeyi ile eğenin plastik tutucu kısmı arasında kalan mesafe ölçüldü. Her ölçüm üç defa tekrarlandı ve ortalaması alındı. Elde edilen değer eğenin kendi boyundan çıkartılarak Propex Pixi cihazı için elektronik çalışma boyu 1 (EWL1p) olarak kaydedildi. Sonrasında '0.0' noktasında elde edilen elektronik kanal boyu değerinden 0,5 mm çıkartılarak Propex pixi için elektronik kanal boyu 2 değeri kaydedildi (EWL2p) (Resim 3.4).



Resim 3.4. Propex Pixi cihazı ile yapılan ölçümler

Daha sonra Woodpecker cihazı kendi orijinal dudak klipsine bağlandı ve tüm dişlerde ölçümler tekrarlandı. '0.0' noktasında elde edilen ölçümler Woodpecker cihazı için elektronik kanal boyu (ERCLw) olarak kaydedildi. '0.5' noktasında ölçülen değerler Woodpecker cihazı için elektronik çalışma boyu 1 (EWL1w) olarak kaydedildi. '0.0'

noktasında ölçülen değerden 0,5 mm çıkartılarak elde edilen değer Woodpecker cihazı için elektronik çalışma boyu 2 (EWL2w) olarak kaydedildi (Resim 3.5).



Resim 3.5. Woodpecker cihazı ile yapılan ölçümler

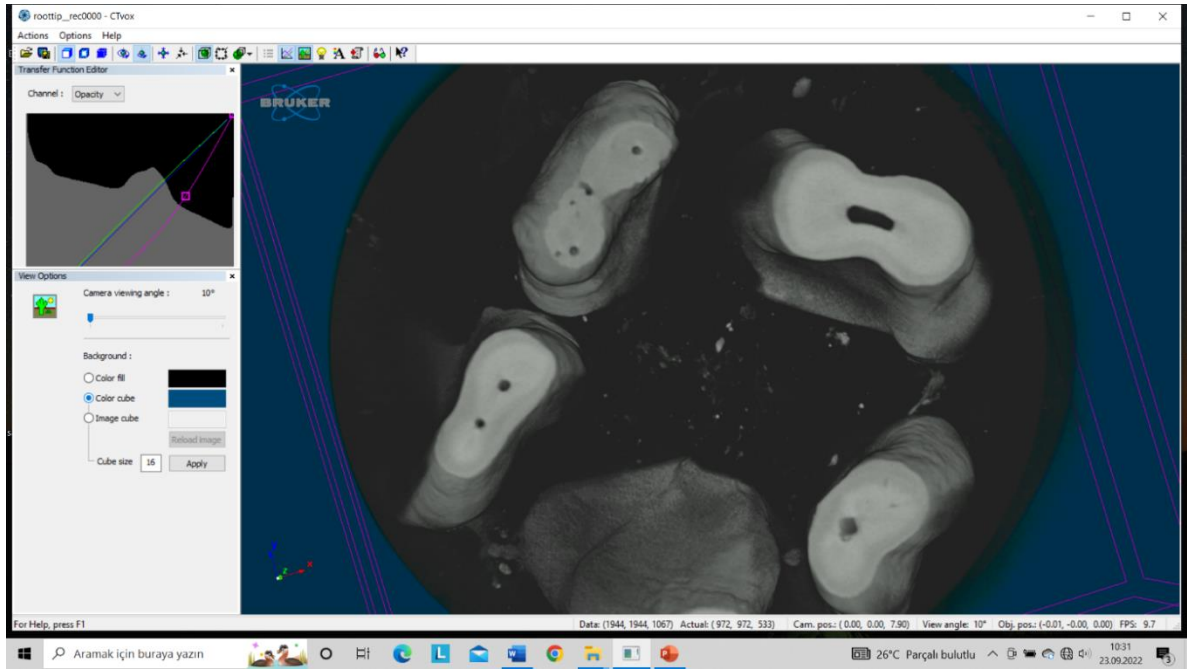
Elektronik ölçümler, eğenin istenilen noktalarda ('0.0' ve '0.5') 5 saniye boyunca sabit kaldığı durumlarda geçerli sayıldı. Aksi durumda apeks bulucunun sabit okuma sağlayamamasından ötürü veri olarak değerlendirilmedi. Tüm ölçümler tek bir araştırmacı tarafından yapıldı.

3.5. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleme Ölçümleri

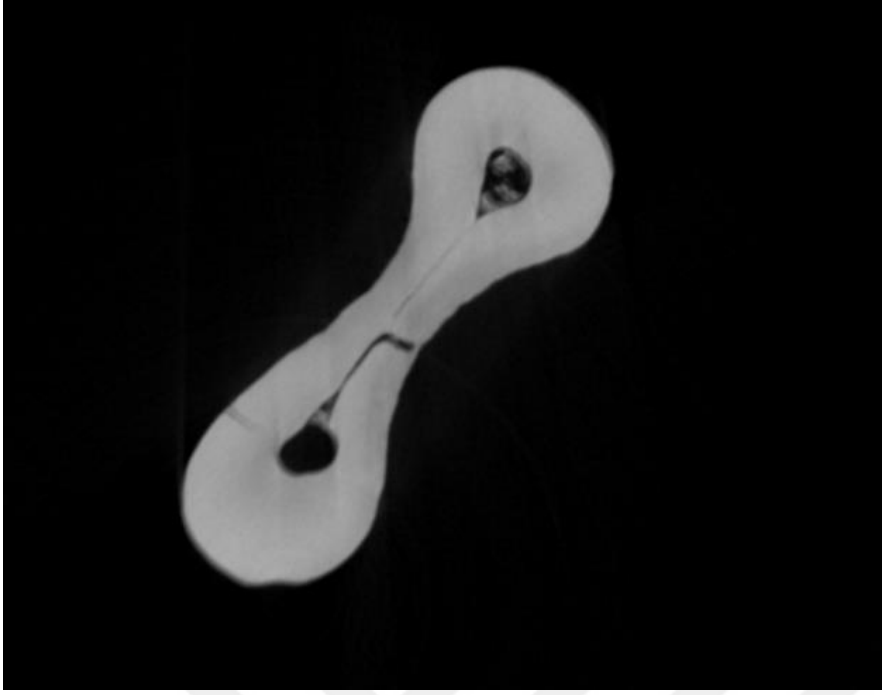
Elektronik ölçümlerden sonra tüm örnekler mikro-BT cihazı (Bruker Micro-CT SkyScan 1173, Kontich, Belçika) ile tarandı. Örnekler numaralarına dikkat edilerek beşerli gruplar halinde sırayla mikro-BT cihazının döner tablası üzerinde sabitlendi. Cihazın X ışını kaynağı 8 W, 80 Kv ve 125 μ A olarak ayarlandı, 1,0 mm Al filtresiyle, 0,20 rotasyonla ışınladı. Her bir grup örnek için tarama süresi 40 dakikadır. Her görüntü 20 milisaniye pozlandı, her açıdan 3 kez görüntü alınıp birleştirilerek gürültü oranı (noise) azaltıldı. Cihazın diğer ayarları üretici firmanın belirttiği doğrultuda ayarlandı. Taramalar sonucunda her bir örneğin piksel boyutu 13 μ m olacak şekilde ham görüntüler elde edildi.

Örnekler NRecon (ver.1.6.5.2, SkyScan, Kontich, Belçika) yazılımı kullanılarak rekonstrükte edildi. Bu yazılım programı mikro- BT taramaları sonucu elde edilen ham görüntülerin birleştirilerek örneklerin iç yapısının incelenmesine olanak sağlayan ve görseller oluşturulmasına imkan veren bir programdır. Elde edilen kesitler, örneklerin x, y, z düzlemlerinde konumlandırılmasını sağlayan Data Viewer (SkyScan, Kontich, Belçika)

programı ile, görüntülerin üç boyutlu olarak incelenip, yoğunluk ve morfometrik ölçümler yapılmasına imkan sağlayan Ctvox (ver. 2.0.6. SkyScan, Kontich, Belçika) programlarına aktarıldı (Resim 3.6). Örnekler bu programlarda incelenerek; apikal konstrüksiyon (AC) ve apikal foramen (AF) lokasyonları, çapları ve morfolojileri incelenip kaydedildi, AC ve AF çapları karşılaştırıldı, aralarındaki mesafe ölçüldü. Tüm dişlerdeki isthmus ve aksesuar kanal varlığı saptandı (Resim 3.7), apeksin dış yüzeyini aksiyalden mi yoksa lateralinden mi terk ettiği kaydedildi.



Resim 3.6. Dişlerin Ctvox programıyla incelenmesi



Resim 3.7. Data Viewer programı ile dişteki isthmus ve lateral kanalların görüntülenmesi

3.6. Değerlendirme

Mikroskop altında ölçülen gerçek kanal uzunluğu değeri (RCL) ile iki apeks bulucu cihazın ‘0.0’ noktalarında ölçülen değerleri (elektronik kanal uzunlukları; ERCLp, ERCLw) karşılaştırıldı.

Operasyon mikroskopunda ölçülen gerçek kanal uzunluğundan (RCL), mikro-BT cihazında ölçülen AF-AC arasındaki gerçek mesafe çıkartılarak kanalın gerçek çalışma boyu (RWL) bulundu. RWL değeri ile, her iki apeks bulucu cihazın ‘0.5’ noktalarında ölçtükleri ‘elektronik çalışma boyu değeri 1’ ölçümleri (EWL1p, EWL1w) ve ‘0.0’ noktasında ölçülen değerden klinik olarak 0,5 mm çıkartılarak elde edilen ‘elektronik çalışma boyu 2’ (EWL2p, EWL2w) değerleri karşılaştırıldı.

Gerçek çalışma boyundan (RWL), apeks bulucularla elde edilen elektronik çalışma uzunlukları 1 ve 2 (EWL1, EWL2) çıkartıldığında sonuç $\pm 0,5$ mm ve daha az bulunuyorsa bu ölçüm değeri tam, $\pm 0,5-1$ mm bulunuyorsa kabul edilebilir, 1 mm’den daha yüksek bulunuyorsa kabul edilemez olarak kaydedildi. Oluşturulan tam, kabul edilebilir, kabul edilemez kategorileri, her 2 cihaz için, hem ‘0.0’ noktasındaki değere göre, hem ‘0.5’

noktasındaki değere göre hem de ‘0.0’ noktasından 0,5 mm çıkartılmış olan değere göre karşılaştırıldı.

Mikroskop ve mikro-BT kullanılarak ölçülen değerlerden (gerçek kanal boyu (RCL) ve gerçek çalışma boyu (RWL)), elektronik apeks bulucularla ölçülen değerler (elektronik kanal uzunluğu (ERCL) ve elektronik çalışma uzunluğu (EWL)) çıkartıldığı zaman negatif bir değer elde ediliyorsa elektronik apeks bulucunun kanaldan taşkın ölçüm yaptığı; pozitif bir değer elde ediliyorsa kanal içerisinde ölçüm yaptığı kabul edildi. Hem ‘0.0’ noktasında, hem ‘0.5’ noktasında, hem de ‘0.0’ noktasından 0,5 mm çıkarıldığı zaman iki apeks bulucu cihazın taşkın ve içeride ölçme durumları ölçüldü ve karşılaştırıldı.

Dişlerin mikro-BT kullanılarak elde edilen apikal foramenin lokasyonu, aksesuar kanal varlığı, isthmus varlığı, AF ve AC arası uzaklığın 0,5mm’den az veya çok oluşu, apikal foramen ve apikal konstrüksiyon çaplarının apeks bulucuların doğruluğunu ne oranda etkilediği incelendi. İki farklı apeks bulucu cihazın, örneklerin kanal boylarını ve çalışma boylarını ölçmedeki doğruluk ve güvenilirliği karşılaştırıldı.

3.7. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışma değişkenleri için tanımlayıcı istatistikler hesaplanmıştır. Niteliksel değişkenler için sıklık ve yüzdeler, nicel değişkenler için ise aritmetik ortalama $\pm$ standart sapma, ortanca, minimum ve maksimum değerler gösterilmiştir.

Cihazların ölçümlerinin altın standart yöntemine göre grafiksel olarak değerlendirilmesi amacıyla Bland-Altman grafikleri kullanılmıştır. Bu grafiklerde Y eksenini yüzde olarak ölçüm farklarına, X eksenini ise ölçümlerin ortalamalarına atanarak ölçümlerdeki uyumluluk görselleştirilmiştir.

İki ölçüm cihazının altın standarda göre ikili kategorik değerlendirilmesi (içeride-taşkın) sonucunda oluşturulan 2X2 bağımlı çapraz tablolarda farkların istatistiksel önemliliğini değerlendirebilmek için McNemar testi uygulanmıştır. Benzer durumda oluşturulan üç kategorili (kabul edilemez-kabul edilebilir-tam) 3X3 bağımlı çapraz tablolarda ise farkların istatistiksel değerlendirilmesi amacıyla Marjinal Homojenlik Testi uygulanmıştır.

Anatomik özellikleri değerlendirmelerine göre her iki cihazın da performans kategorilendirmelerinin bağımsız yapıda oluşturulan çapraz tablolarda kıyaslanmasında Pearson Ki Kare testi uygulanmıştır. Burada her bir anatomik özelliğin sınıflandırmalarının cihaz ölçümleri açısından “kabul edilemez-kabul edilebilir-tam” şeklinde değerlendirildiği tablolar incelenmiştir. Anatomik özelliklerin sınıflandırmalarına göre ölçüm cihazlarının değerlendirmeler arasındaki uyumun ölçümü için ise Kappa istatistiği hesaplanmıştır.

Sürekli nicel değişkenlere ilişkin hipotez testlerinde ise öncelikli olarak verilerin dağılım özelliklerini değerlendirebilmek amacıyla Kolmogorov-Smirnov Normallik testi uygulanmıştır. Test sonucuna ve diğer varsayımların uygunluğuna dayanılarak hipotez testleri için parametrik yöntemler ya da parametrik olmayan yöntemler tercih edilmiştir. Buna göre: İki cihazın ölçümlerini birbiri ile kıyaslarken Wilcoxon testi uygulanmıştır.

Üç farklı cihazla alınan ölçümlerin kıyaslanması amacıyla Tekrarlı Ölçümlerde Tek Yönlü Varyans Analizi uygulanmıştır. İstatistiksel olarak önemli farklılık gözlemlenen durumlarda farkın hangi cihaz ölçümleri arasında olduğunu inceleyebilmek için Tukey post-hoc testi yapılmıştır.

Araştırmada istatistiksel önemlilik düzeyi 0,05 olarak belirlenmiştir. Tüm analizler ve grafiksel gösterimler için SPSS (Versio 26.0 for Mac) ve GraphPad Prism (Version 9.4.1 for Mac) yazılımları kullanılmıştır.



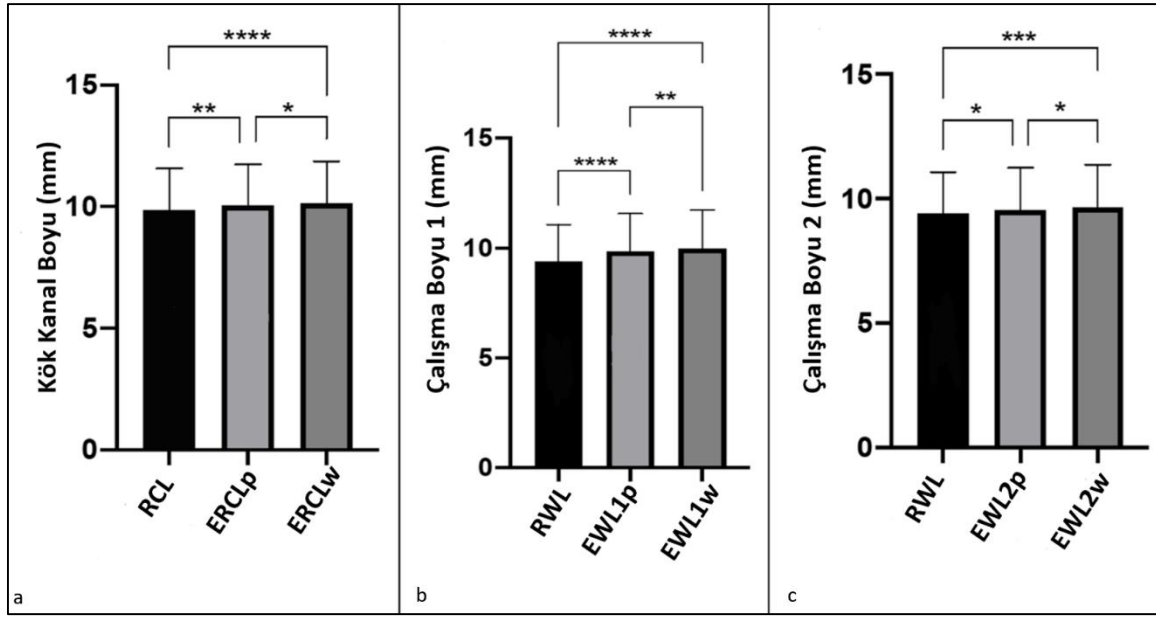
4. BULGULAR

Çizelge 4.1. Operasyon mikroskobu, mikro-BT ve apeks bulucu cihazlar kullanılarak yapılan ölçümler

		Kök Kanal Boyu		Gerçek Çalışma Boyu		Çalışma Boyu 1 (‘0.5’ noktası)		Çalışma Boyu 2 (‘0.0’ noktası - 0,5 mm)	
	n	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Operasyon Mikroskobu/ Mikro-BT	92	(RCL) 9,868	1,705	(RWL) 9,401	1,663				
Propex Pixi	92	(ERCLp) 10,05	1,693			(EWL1p) 9,867	1,7	(EWL2p) 9,554	1,693
Woodpecker	92	(ERCLw) 10,16	1,712			(EWL1w) 9,999	1,739	(EWL2w) 9,655	1,712

Operasyon mikroskobu ile mikro-BT’den elde edilen ölçümlerin beraber değerlendirilmesiyle ve farklı iki apeks bulucu cihazın kullanımıyla elde edilen kök kanal boyu ve çalışma boyları Çizelge 4.1’de gösterildi. Kök kanal boyu; operasyon mikroskobunda K-tipi eğe apikalden görününceye kadar ilerletilerek bulundu ve 92 kanala ait ortalama uzunluk 9,868 mm olarak ölçüldü. Gerçek çalışma boyu; operasyon mikroskobunda ölçülen gerçek kanal boyu değerinden (RCL), Mikro-BT kullanılarak elde edilen apikal foramen- apikal konstrüksiyon arası gerçek mesafe çıkartılarak elde edildi (RWL) ve 92 kanal için ortalama 9,401 mm bulundu. Elektronik apeks bulucular ile ‘0.0’ noktasında yapılan ölçümler Propex Pixi için ortalama 10,05 mm, Woodpecker cihazı için ortalama 10,16 mm olarak bulundu. Elektronik apeks bulucu cihazlar için ‘Elektronik çalışma boyu 1’; apeks bulucunun ‘0.5’ noktasında yaptığı ölçümler, ‘Elektronik çalışma boyu 2’; apeks bulucunun ‘0.0’ noktasında yaptığı ölçümden klinik olarak 0,5 mm çıkartılarak elde edilen değer olarak belirlendi. ‘Elektronik çalışma boyu 1’ Propex Pixi cihazı için (EWL1p) ortalama 9,867 mm, Woodpecker cihazı için (EWL1w) ortalama 9,999 mm olarak ölçüldü. ‘Elektronik çalışma boyu 2’ Propex Pixi cihazı için (EWL2p) ortalama 9,554 mm, Woodpecker cihazı için (EWL2w) 9,655 mm olarak ölçüldü (Çizelge 4.1).

Kök kanal boyu ve elektronik çalışma boyu 1, elektronik çalışma boyu 2 ölçümlerinde operasyon mikroskobu/ Mikro- BT, Propex pixi ve Woodpecker değerlerinin ANOVA testi ile kıyaslanması sonucunda aralarında anlamlı fark tespit edildi ($p<0,05$) (Şekil 4.1). Bu farkların hangi sütunlar arasında olduğuna ikili olarak detaylı bakmak için Tukey post-hoc testi uygulandı ve her ikili kıyaslamaların da istatistiksel olarak anlamlı farklar gösterdiği görüldü.



Şekil 4.1. Farklı çalışma boyu noktalarındaki ölçümlerin ikili karşılaştırılması (a); RCL: gerçek kanal boyu, ERCLp: Propex Pixi için elektronik kanal boyu, ERCLw: Woodpecker için elektronik kanal boyu, * ($p=0,0295$), ** ($p=0,0069$), **** ($p<0,0001$), (b); RWL: gerçek çalışma boyu, EWL1p: Propex Pixi için elektronik çalışma boyu 1, EWL1w: Woodpecker için elektronik çalışma boyu 1, ** ($p=0,0064$), **** ($p<0,0001$), (c); RWL: gerçek çalışma boyu, EWL2p: Propex Pixi için elektronik çalışma boyu 2, EWL2w: Woodpecker için elektronik çalışma boyu 2, * ($p=0,0414$), *** ($p=0,0002$)

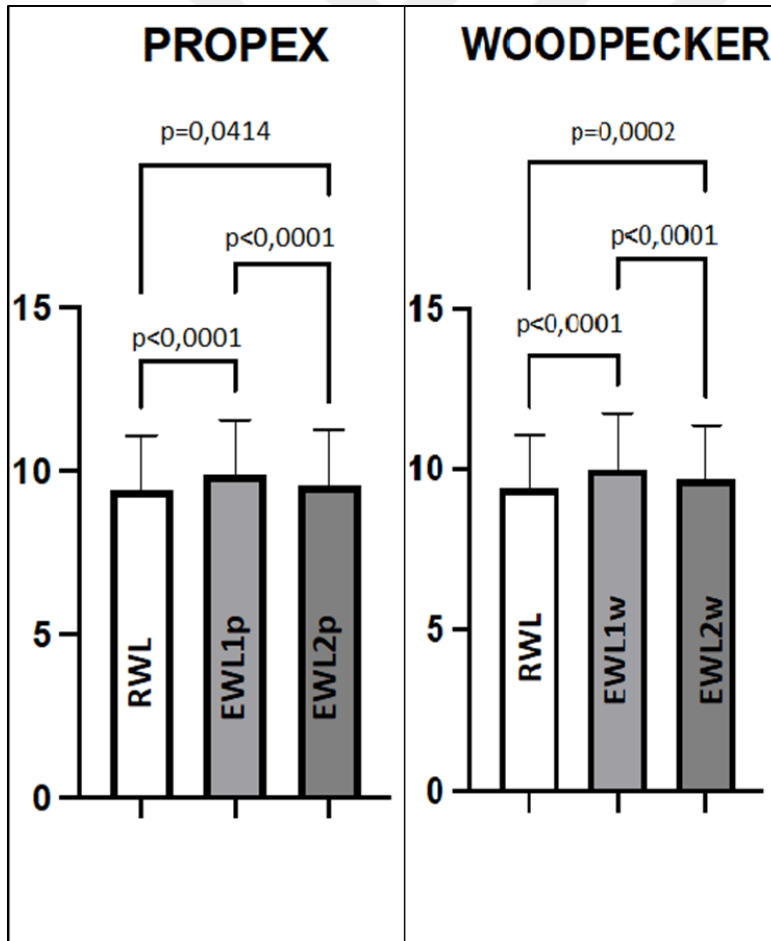
Gerçek kanal boyu (RWL) altın standart olarak kabul edildiğinde, “tekrarlı ölçümlerde varyans analizi” kullanılarak RWL, elektronik çalışma boyu 1 (apeks bulucuların ‘0.5’ noktasında gösterdiği değer) ve elektronik çalışma boyu 2 (apeks bulucuların ‘0.0’ noktasında gösterdiği değerden klinik olarak 0,5 mm çıkartılması) değerleri karşılaştırıldı.

Propex Pixi için; RWL, EWL1p ve EWL2p karşılaştırıldığında, her iki çalışma boyu değerinin de RWL’den anlamlı olarak farklı olduğu bulundu ($p<0,0001$). Ardından altın standart ölçüme (RWL) göre, Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak iki çalışma boyu karşılaştırıldı. RWL ve EWL1p arasında anlamlı fark bulundu ($p<0,0001$). RWL ve EWL2p

arasında anlamlı fark bulundu ($p=0,0414$). EWL1p ve EWL2p arasında anlamlı fark bulundu ($p<0,0001$) (Şekil 4.2).

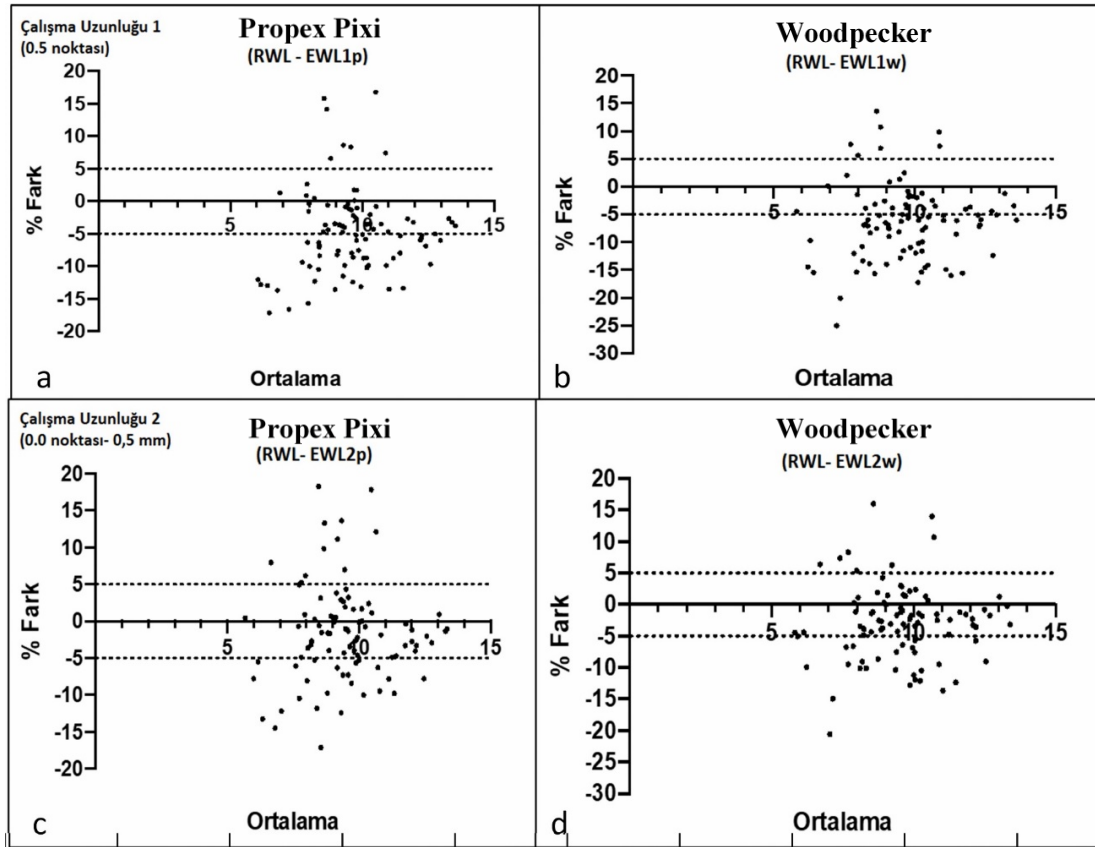
RWL-EWL2p kıyaslamasının p değeri anlamlı olmasına rağmen görece daha yüksek ($p=0,0414$) olduğu için EWL2p değerinin altın standarda daha yakın olduğu söylenebilir.

Woodpecker için; RWL, EWL1w ve EWL2w karşılaştırıldığında, her iki çalışma boyu değerinin RWL'den anlamlı olarak farklı olduğu bulundu ($p<0,0001$). Altın standart ölçüme göre Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak iki çalışma boyu karşılaştırıldı. RWL ve EWL1w arasında anlamlı fark bulundu ($p<0,0001$). RWL ve EWL2w arasında anlamlı fark bulundu ($p=0,0002$). EWL1w ve EWL2w arasında anlamlı fark bulundu ($p<0,0001$) (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Propex Pixi ve Woodpecker cihazlarının çakışma boyu 1 ve çalışma boyu 2 noktalarında yaptıkları ölçümlerin RWL ile kıyaslanması. RWL: Gerçek çalışma boyu, EWL1p: Propex Pixi için elektronik çalışma boyu 1, EWL2p: Propex Pixi için elektronik çalışma boyu 2, EWL1w: Woodpecker için elektronik çalışma boyu 1, EWL2w: Woodpecker için elektronik çalışma boyu 2

Bland Altman analizi ile üç ölçüm değerlendirildi. Aşağıdaki şekil incelendiğinde Y ekseninde seçilen iki ölçüm arasındaki farkın % olarak gösterimi ve X ekseninde de iki ölçümün ortalaması gösterilmektedir. Ölçülen değerlerin % ± 5 içerisindeki alanda kalmaması, operasyon mikroskobu ve apeks bulucu cihazların farklı ölçümler yaptığını görsel olarak da göstermektedir (Şekil 4.3). Grafiklere bakıldığında çalışma boyu 2 değerlerinin gerçek çalışma boyuna daha yakın değerler verdiği görülmektedir. Gerçek çalışma boyu değerleri ile apeks bulucu cihazların ölçtüğü elektronik çalışma boyu değerleri arasında istatistiksel olarak fark gözlemlense de bu fark rakamsal olarak 0,5 mm'den küçük olduğu için klinik olarak önemsizdir.



Şekil 4.3. Ölçümlerin Bland Altman analizi ile değerlendirilmesi. (a): RWL: Gerçek çalışma boyu, EWL1p: Propex Pixi için elektronik çalışma boyu 1, (b): EWL1w: Woodpecker için elektronik çalışma boyu 1, (c): EWL2p: Propex Pixi için elektronik çalışma boyu 2, (d): EWL2w: Woodpecker için elektronik çalışma boyu 2

RWL ve apeks bulucularla ölçülen çalışma boyları arasında farklara göre kategorik sınıflamalar planlandı. İki apeks bulucu cihaz ile yapılan çalışma boyu ölçümleri (EWL) gerçek çalışma boyundan çıkartıldı ve fark $\pm 0,5$ mm ve daha az bulunuyorsa bu ölçüm değeri

tam, $\pm 0,5 - 1$ mm bulunuyorsa kabul edilebilir, 1 mm'den daha yüksek bulunuyorsa kabul edilemez olarak kaydedildi.

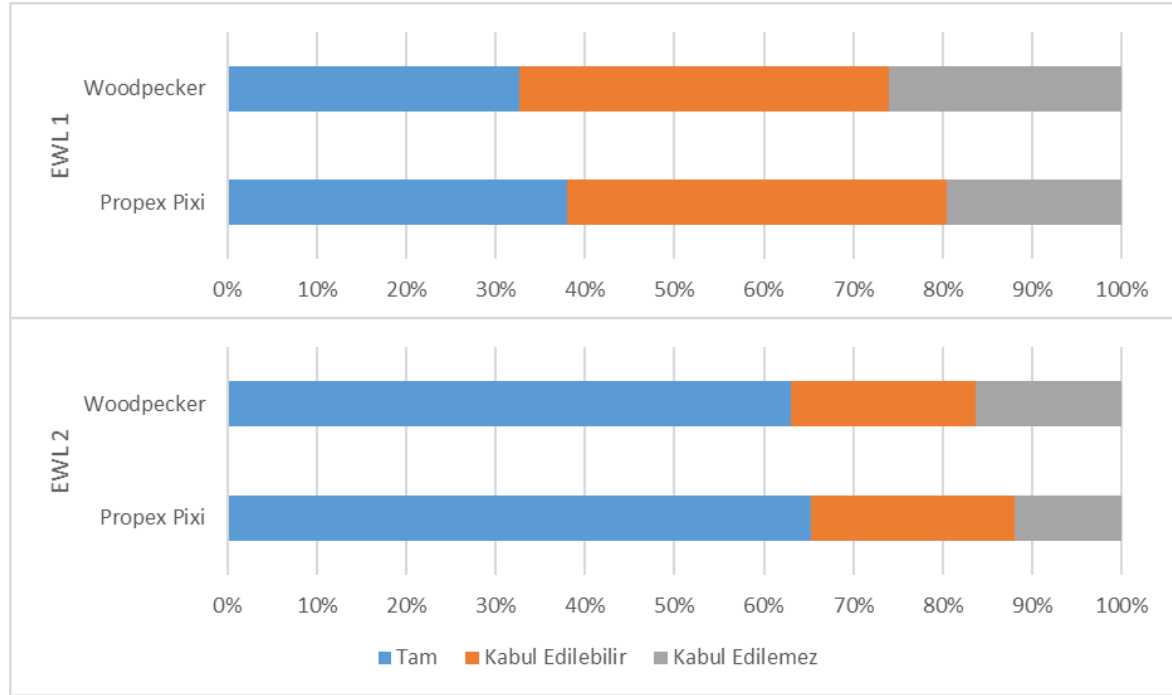
$$RWL = RCL - (AF - AC)$$

$$RWL - EWL \leq \pm 0,5 \text{ tam}$$

$$\pm 0,5 < RWL - EWL < \pm 1 \text{ kabul edilebilir}$$

$$RWL - EWL \geq \pm 1 \text{ kabul edilemez}$$

Yapılan kategorik ölçümlerde 'Elektronik çalışma boyu 1' noktasında, Propex Pixi cihazı 92 kanalın 35 tanesini tam, 39 tanesini kabul edilebilir, 18 tanesini kabul edilemez kategorisinde ölçerken, Woodpecker cihazı 92 kanalın 30 tanesini tam, 38 tanesini kabul edilebilir, 24 tanesini kabul edilemez kategorisinde ölçtü. İki cihaz arasında anlamlı fark bulundu ($p=0,0438$). Aynı şekilde 'Elektronik Çalışma boyu 2' noktasında, Propex Pixi cihazı 92 kanalın, 60 tanesini tam, 21 tanesini kabul edilebilir, 11 tanesini kabul edilemez olarak ölçerken, Woodpecker cihazı 58 tanesini tam, 19 tanesini kabul edilebilir ve 15 tanesini kabul edilemez olarak ölçtü. İki cihaz arasında anlamlı fark bulunmadı ($p= 0,3971$) (Şekil 4.4). Her iki cihazın EWL1 ve EWL2 noktasındaki ölçümlerinde anlamlı fark bulundu, iki cihaz için de EWL2 noktasında 'tam' kategorisindeki ölçümler arttı ($p=.000$) (Çizelge 4.2).



Şekil 4.4. Elektronik apeks bulucu cihazların farklı noktalarda kategorik ölçümleri, EWL1: Elektronik çalışma boyu 1, EWL2: Elektronik çalışma boyu 2

Çizelge 4.2. Elektronik apeks bulucu cihazların iki farklı çalışma boyunda kategorik ölçümleri

	Propex Pixi		Woodpecker	
	EWL1	EWL2	EWL1	EWL2
TAM	35	60	30	58
KABUL EDİLEBİLİR	39	21	38	19
KABUL EDİLEMEZ	18	11	24	15

Çizelge 4.3. Çalışma boyu 1 için (EWL1) apeks bulucu karşılaştırması

	Propex Pixi için; (RWL- EWL1p)	Woodpecker için; (RWL-EWL1w)	p değeri
Veri Sayısı	92	92	
Minimum	-1,832	-1,82	
Median	-0,5125	-0,592	
Maksimum	1,764	1,173	
Mean	-0,4655	-0,5974	p=0,0061*
Standart Sapma	0,6083	0,6246	
Lower 95% CI	-0,5915	-0,7267	
Upper 95% CI	-0,3396	-0,468	

*; Wilcoxon Signed Rank Testi

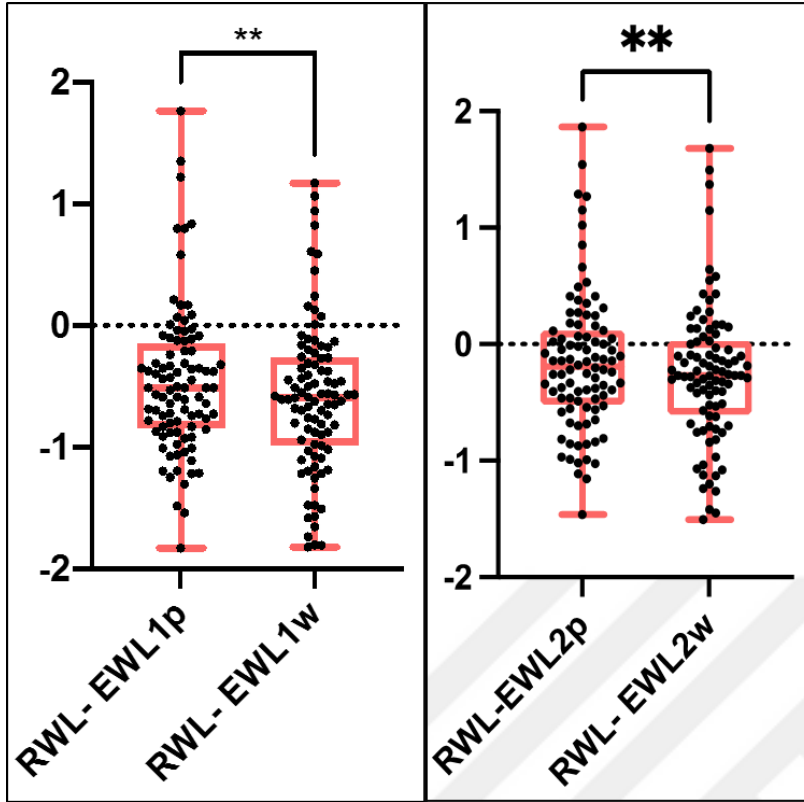
Her iki apeks bulucu cihaz için ‘Elektronik çalışma boyu 1’ belirlemek için ‘0.5’ noktasında yapılan ölçümlerde, Propex Pixi cihazı gerçek kanal boyundan (RWL) ortalama 0,4655 mm uzun, Woodpecker cihazı ortalama 0,5974 mm uzun ölçüm yaptı, iki cihaz arasında anlamlı fark bulundu ($p=0,0061$) (Çizelge 4.3) (Şekil 4.5).

Her iki apeks bulucu cihaz için ‘Elektronik çalışma boyu 2’ belirlemek için ‘0.0’ noktasında yapılan ölçümlerden klinik olarak 0,5 mm çıkartıldı. Propex Pixi cihazı gerçek kanal boyundan (RWL) ortalama 0,1533 mm uzun, Woodpecker cihazı ortalama 0,254 mm uzun ölçüm yaptı, iki cihaz arasında anlamlı fark bulundu ($p=0,0099$) (Çizelge 4.4) (Şekil 4.5).

Çizelge 4.4. Çalışma boyu 2 için (EWL2) apeks bulucu karşılaştırması

	Propex Pixi için; (RWL- EWL2p)	Woodpecker için; (RWL-EWL2w)	p değeri
Veri Sayısı	92	92	
Minimum	-1,462	-1,504	
Median	-0,1915	-0,27	
Maksimum	1,864	1,683	
Mean	-0,1533	-0,254	$p=0,0099^*$
Standart Sapma	0,5979	0,5913	
Lower 95% CI	-0,2771	-0,3764	
Upper 95% CI	-0,02951	-0,1315	

*; Wilcoxon Signed Rank Testi



Şekil 4.5. RWL- EWL1p; Gerçek çalışma boyu ile Propex Pixi cihazının ‘0.5’ noktasında ölçtüğü değer farkı, RWL-EWL1w; Gerçek çalışma boyu ile Woodpecker cihazının ‘0.5’ noktasında ölçtüğü değer farkı, RWL- EWL2p; Gerçek çalışma boyu ile Propex Pixi cihazının ‘0.0’ noktasında ölçtüğü değerden klinik olarak 0,5 mm çıkartılmış olan çalışma boyu değerinin farkı, RWL-EWL2w; Gerçek çalışma boyu ile Woodpecker cihazının ‘0.0’ noktasında ölçtüğü değerden klinik olarak 0,5 mm çıkartılmış olan çalışma boyu değerinin farkı. **; Wilcoxon Signed Rank Testi, $p<0,05$

Her iki cihazın içeride veya taşkın ölçüm yapmaları McNemar testine göre kıyaslandı. Propex Pixi cihazı 24 kanalda içeride, 67 kanalda taşkın ölçüm yaparken, 1 kanalı tam ölçtü. Woodpecker cihazı 21 kanalda içeride, 70 kanalda taşkın ölçüm yaptı 1 kanalı tam ölçtü. Aralarında anlamlı fark bulunmadı ($p=.581$) (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. İki apeks bulucu cihazın taşkın ve içeride ölçüm karşılaştırması

		Woodpecker		Toplam
		İçerde	Taşkın	Toplam
Propex Pixi	İçeride	16	8	24
		%17.6	%8.8	%26.4
	Taşkın	5	62	67
		%5.5	%68.1	%73.6
Toplam		21	70	91
		%23.1	%76.9	%100

Propex Pixi ve Woodpecker cihazlarının birbirleriyle uyumluluk değerleri KAPPA istatistiği kullanılarak incelendi. İki cihaz arası KAPPA istatistik değeri '0.0' noktasında 0,319 bulundu ve cihazlar uyumsuz olarak nitelendi (Çizelge 4.6). Propex Pixi cihazı '0.0' noktasında 26 kabul edilebilir, 9 kabul edilemez ve 57 tam ölçüm yapmışken, Woodpecker cihazı 21 kabul edilebilir, 15 kabul edilemez ve 56 tam ölçüm yapmıştır. Propex Pixi cihazının daha verimli ölçüm yaptığı söylenebilir.

'0.5' noktasında yapılan ölçümlerde iki cihaz arası KAPPA istatistik değeri 0,465 bulundu. Propex Pixi cihazı 39 kabul edilebilir, 18 kabul edilemez, 35 tam ölçüm yaparken, Woodpecker cihazı 38 kabul edilebilir, 24 kabul edilemez ve 30 tam ölçüm yaptı (Çizelge 4.7) '0.5' noktasında yapılan ölçümlerde de Propex Pixi cihazının daha verimli ölçüm yaptığı bulundu.

'0.0' noktasında yapılan ölçümden 0,5 mm çıkartılarak elde edilen çalışma boyu ölçümlerine göre yapılan değerlendirmede; cihazlar arası KAPPA istatistik değeri 0,438 olarak bulundu. Propex Pixi cihazı 21 kabul edilebilir, 11 kabul edilemez, 60 tam ölçüm yaparken, Woodpecker cihazı 19 kabul edilebilir, 15 kabul edilemez, 58 tam ölçüm yaptı (Çizelge 4.8). Propex pixi cihazının daha verimli ölçüm yaptığı bulundu.

Çizelge 4.6. '0.0' noktasında iki cihazın uyumluluk karşılaştırması

0.0 noktasında			Woodpecker			Toplam
			Kabul edilebilir	Kabul edilemez	Tam	
Propex pixi	Kabul edilebilir	sayı	8	6	12	26
		yüzde	8,70%	6,50%	13%	28,30%
	Kabul edilemez	sayı	1	7	1	9
		yüzde	1,10%	7,60%	1,10%	9,80%
	Tam	sayı	12	2	43	57
		yüzde	13%	2,20%	46,70%	62%
Toplam	sayı		21	15	56	92
	yüzde		22,80%	16,30%	60,90%	100%

Çizelge 4.7. ‘0.5’ noktasında cihazların uyumluluk karşılaştırması

0.5 noktasında (EWL 1)			Woodpecker			Toplam
			Kabul edilebilir	Kabul edilemez	Tam	
Propex pixi	Kabul edilebilir	sayı	24	7	8	39
		yüzde	26,10%	7,60%	8,70%	42,40%
	Kabul edilemez	sayı	4	14	0	18
		yüzde	4,30%	15,20%	0%	19,60%
	Tam	sayı	10	3	22	35
		yüzde	10,90%	3,30%	23,90%	38%
Toplam	sayı		38	24	30	92
	yüzde		41,30%	26,10%	32,60%	100%

Çizelge 4.8. ‘0.0’ noktasından 0,5 mm çıakrtıldığında cihazların uyumluluk karşılaştırması

0.0 noktası- 0,5 mm (EWL 2)			Woodpecker			Toplam
			Kabul edilebilir	Kabul edilemez	Tam	
Propex pixi	Kabul edilebilir	sayı	9	7	5	21
		yüzde	9,80%	7,60%	5,40%	22,80%
	Kabul edilemez	sayı	2	6	3	11
		yüzde	2,20%	6,50%	3,30%	12%
	Tam	sayı	8	2	50	60
		yüzde	8,70%	2,20%	54,30%	62,20%
Toplam	sayı		19	15	58	92
	yüzde		20,70%	16,30%	63%	100%

Mikro-BT taramalarından elde edilen anatomik özelliklere göre;

Apikal foramenlerin çapı ortalama 0,2993 mm, apikal konstriksüyonların çapı ortalama 0,1689 mm ve AF-AC arası mesafe ortalama 0,4663 mm olarak ölçüldü.

İki apeks bulucu cihaz arası uyum bakıldığında;

‘0.0’ noktasında;

a) Apikal foramen konumu aksiyel olduğu zaman KAPPA istatistik değeri 0,333 bulundu ve aralarındaki uyumsuzluk istatistiksel olarak anlamlıydı.

Apikal foramen konumu lateralde olduğu zaman, aralarındaki KAPPA istatistik değeri daha düşük ve 0,228 bulundu. Cihazların uyumsuzluğu istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0,150$).

b) Aksesuar kanal varlığı incelendiğinde; aksesuar kanal varlığı durumunda aralarındaki uyum 0,240 bulundu.

Aksesuar kanal olmayan dişlerde bakıldığında aralarındaki uyum daha yüksekti ve 0,495 bulundu.

c) Apikal foramen ve apikal konstrikسیون arası mesafe 0,5 mm'den az olduğu durumlarda cihazlar arası KAPPA istatistik değeri 0,323 bulundu.

Apikal foramen ve apikal konstrikسیون arası mesafe 0,5 mm'den daha fazla olduğu durumlarda cihazlar arası KAPPA istatistik değeri daha düşük ve 0,282 bulundu ($p=0,047$).

'0.5' noktasında elektronik çalışma boyu 1 (EWL 1) için yapılan uyumluluk ölçümlerinde;

a) Apikal foramen konumu aksiyelde olduğu zaman cihazlar arası KAPPA istatistik değeri 0,427 bulundu.

Apikal foramen konumu lateralde olduğu zaman cihazların birbirleriyle uyumu daha yüksek ve KAPPA istatistik değeri 0,533 bulundu.

b) Aksesuar kanal bulunan dişlerde cihazlar arası uyumluluk 0,479 bulundu.

Aksesuar kanal olmayan dişlerde cihazlar arası uyumluluk KAPPA istatistik değeri 0,402 bulundu.

c) Apikal foramen ve apikal konstrikسیون arası mesafe 0,5 mm'den küçük olduğunda; cihazlar arası uyumluluk KAPPA istatistik değeri 0,407 bulundu.

AF- AC arası mesafe 0,5 mm'den daha yüksek olduğu zaman KAPPA istatistik değeri 0,505 bulundu.

'0.0' noktasında yapılan ölçümden 0,5 mm çıkartılan elektronik çalışma boyu 2 (EWL 2) değerleri için karşılaştırıldığında;

a) Apikal foramen aksiyelde konumlandığı zaman cihazla arası uyumluluk değeri 0,366 bulundu.

Apikal foramen lateralde konumlandığı zaman cihazlar arası uyumluluk değeri daha yüksek ve 0,674 bulundu.

b) Aksesuar kanal varlığı değerlendirildiğinde; aksesuar kanal varlığında cihazlar arası KAPPA istatistik değeri 0,412 bulundu.

Aksesuar kanal olmadığı durumda cihazlar arası uyumluluk daha yüksek ve 0,500 bulundu.

c) AF- AC arası mesafe 0,5 mm'den daha az olduğu durumlarda cihazlar arası uyumluluk 0,322 bulundu.

AF-AC arası mesafe 0,5 mm'den daha yüksek olduğu durumlarda cihazlar arası uyumluluk 0,571 bulundu.

Çizelge 4.9. Anatomik Varyasyonların Elektronik Apeks Bulucular Üzerindeki Etkisi ('0.0' noktası)

'0.0' noktasında		Propex Pixi (ERCLp)				Woodpecker (ERCLw)			
	Örnek sayısı (n)	Kabul edilemez (>1 mm)	Kabul edilebilir (0,5-1 mm)	Tam (<0,5 mm)	p değeri	Kabul edilemez (>1 mm)	Kabul edilebilir (0,5-1 mm)	Tam (<0,5 mm)	p değeri
AF Lokasyon					0,91				0,415
Aksiyel	67	8 (%11,9)	22 (%32,8)	37 (%55,3)		13 (%19,4)	15 (%22,4)	39 (%58,2)	
Lateral	25	1 (%4)	4 (%16)	20 (%80)		2 (%8)	6 (%24)	17 (%68)	
Aksesuar Kanal					0,525				0,451
Var	62	7 (%11,3)	19 (%30,6)	36 (%58,1)		11 (%17,7)	16 (%25,8)	35 (%56,5)	
Yok	30	2 (%6,7)	7 (%23,3)	21 (%70)		4 (%13,3)	5 (%16,7)	21 (%70)	
AF- AC arası Mesafe					0,03*				0,14
<0,5 mm	54	9 (%16,7)	14 (%25,9)	31 (%57,4)		12 (%22,2)	10 (%18,5)	32 (%59,3)	
>0,5 mm	38	0 (%0)	12 (%31,6)	26 (%68,4)		3 (%7,9)	11 (%28,9)	24 (%63,2)	
Toplam	92	9 (%9,8)	26 (%28,3)	57 (%61,9)		15 (%16,3)	21 (%22,8)	56 (%60,9)	

AF; Apikal foramen, AC; Apikal konstriksiyon, *, Pearson Chi-Square testi

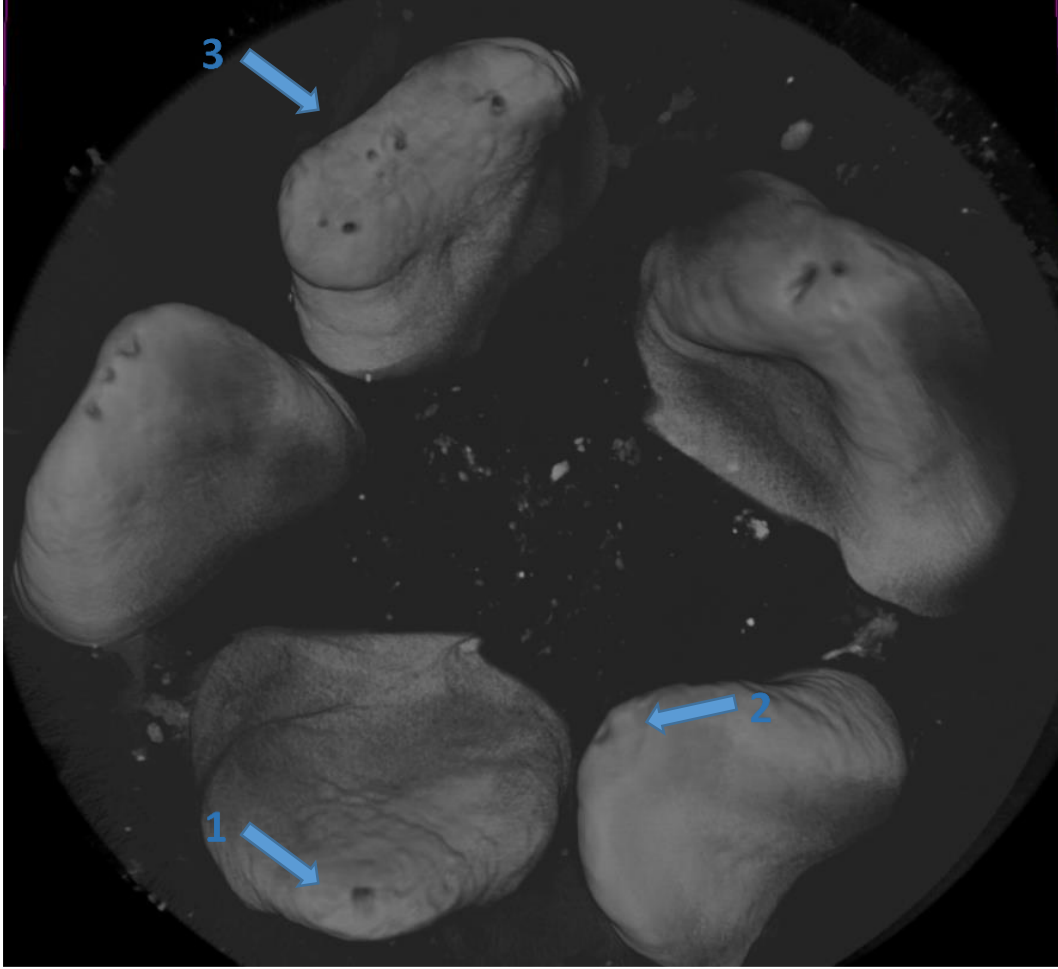
Anatomik özelliklere göre elektronik apeks bulucuların kendi içinde yaptığı ölçümler karşılaştırıldığında;

- ‘0.0’ noktasında (Çizelge 4.9);

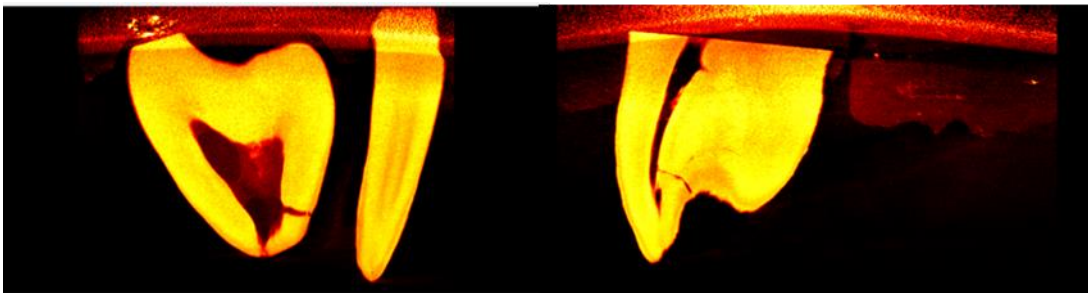
a) AF lokasyonu (Şekil 4.6) aksiyelde olduğu zaman Propex Pixi cihazı 8 (%11,9) kabul edilemez, 22 (%32,8) kabul edilebilir ve 37 (%55,3) tam ölçüm yaptı. AF lokasyonu lateralde olduğu zaman ise 1 (%4) kabul edilemez, 4 (%16) kabul edilebilir ve 20 (%80) tam ölçüm yaptı. Propex Pixi cihazı için bu ölçümler arasından anlamlı fark bulunmadı ($p=0,91$). AF lokasyonu aksiyelde olduğu zaman Woodpecker cihazı 13 (%19,4) kabul edilemez, 15 (%22,4) kabul edilebilir ve 39 (%58,2) tam ölçüm yaptı. AF lokasyonu lateralde olduğu zaman ise 2 (%8) kabul edilemez, 6 (%24) kabul edilebilir ve 17 (%68) tam ölçüm yaptı. Woodpecker cihazı için bu değerler arasından anlamlı fark bulunmadı ($p=0,415$).

b) Aksesuar kanal varlığı incelendiğinde (Şekil 4.7); aksesuar kanal varlığında Propex Pixi cihazı 7 (%11,3) kabul edilemez, 19 (%30,6) kabul edilebilir ve 36 (%58,1) tam ölçüm yaptı. Aksesuar kanal olmadığı durumlarda 2 (%6,7) kabul edilemez, 7 (%23,3) kabul edilebilir ve 21 (%70) tam ölçüm yaptı. Propex Pixi cihazı için bu değerler arasında anlamlı fark bulunmadı ($p=0,525$). Woodpecker cihazı aksesuar kanal varlığında 11 (%17,7) kabul edilemez, 16 (%25,8) kabul edilebilir ve 35 (%56,5) tam ölçüm yaptı. Aksesuar kanal olmadığı durumlarda 4 (%13,3) kabul edilemez, 5 (%16,7) kabul edilebilir ve 21 (%70) tam ölçüm yaptı. Woodpecker cihazı için bu değerler arasında anlamlı fark gözlenmedi ($p=0,451$).

c) AF-AC arası mesafe incelendiğinde, bu mesafe 0,5 mm’den küçük olduğu durumlarda Propex Pixi cihazı 9 (%16,7) kabul edilemez, 14 (%25,9) kabul edilebilir ve 31 (%57,4) tam ölçüm yaptı. Mesafe 0,5 mm’den büyük olduğu durumlarda 0 (%0) kabul edilemez, 12 (%31,6) kabul edilebilir ve 26 (%68,4) tam ölçüm yaptı. Propex Pixi için bu değerler arasında anlamlı fark bulundu ($p=0,03$). Uzaklığın 0,5 mm’den küçük olduğu durumlarda Woodpecker cihazı 12 (%22,2) kabul edilemez, 10 (%18,5) kabul edilebilir ve 32 (%59,3) tam ölçüm yaptı. Mesafe 0,5 mm’den büyük olduğunda 3 (%7,9) kabul edilemez, 11 (%28,9) kabul edilebilir ve 24 (%63,2) tam ölçüm yaptı. Woodpecker cihazı için bu değerler arasında anlamlı fark gözlenmedi ($p=0,140$).



Şekil 4.6. 1;Apikal foramenin aksiyalde konumlanması, 2; Apikal foramenin lateralde konumlanması, 3; periodontal dokulara açılan birden fazla aksesuar kanal varlığı



Şekil 4.7. Dişteki aksesuar kanal varlığının görüntülenmesi

Çizelge 4.10. Anatomik Varyasyonların Elektronik Apeks Bulucular Üzerindeki Etkisi ('0.5' noktası)

'0.5' noktası		Propex Pixi (EWL1p)				Woodpecker (EWL1w)			
	Örnek sayısı (n)	Kabul edilemez (>1 mm)	Kabul edilebilir (0,5-1 mm)	Tam (<0,5 mm)	p değeri	Kabul edilemez (>1 mm)	Kabul edilebilir (0,5-1 mm)	Tam (<0,5 mm)	p değeri
AF Lokasyon					0,09				0,077
Aksiyel	67	14 (%20,9)	32 (%47,8)	21 (%31,3)		21 (%31,3)	28 (%41,8)	18 (%26,9)	
Lateral	25	4 (%16)	7 (%28)	14 (%56)		3 (%12)	10 (%40)	12 (%48)	
Aksesuar Kanal					0,106				0,212
Var	62	14 (%22,6)	29 (%46,8)	19 (%30,6)		19 (%30,6)	26 (%41,9)	17 (%27,5)	
Yok	30	4 (%13,3)	10 (%33,3)	16 (%53,4)		5 (%16,7)	12 (%40)	13 (%43,3)	
AF- AC arası Mesafe					0,005*				0,052
<0,5 mm	54	5 (%9,3)	23 (%42,6)	26 (%48,1)		12 (%22,2)	19 (%35,2)	23 (%42,6)	
>0,5 mm	38	13 (%34,2)	16 (%42,1)	9 (%23,7)		12 (%31,6)	19 (%50)	7 (%18,4)	
Toplam	92	18 (%19,6)	39 (%42,4)	35 (%38)		24 (%26,1)	38 (%41,3)	30 (%32,6)	

AF; Apikal foramen, AC; Apikal konstriksiyon, *, Pearson Chi-Square testi

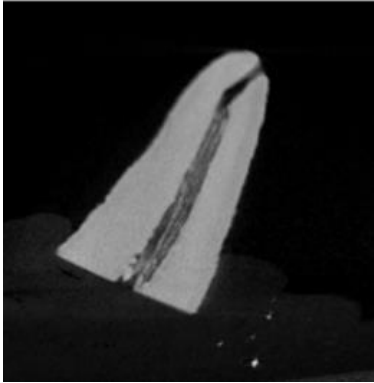
- '0.5' noktasında (Çizelge 4.10);

a) AF lokasyonu aksiyelde olduğu zaman Propex Pixi cihazı 14 (%20,9) kabul edilemez, 32 (%47,8) kabul edilebilir ve 21 (%31,3) tam ölçüm yaptı. AF lokasyonun lateralde olduğu zaman ise 4 (%16) kabul edilemez, 7 (%28) kabul edilebilir ve 14 (%56) tam ölçüm yaptı. Propex Pixi cihazı için bu ölçümler arasından anlamlı fark bulunmadı ($p=0,09$). AF lokasyonu aksiyelde olduğu zaman Woodpecker cihazı 21 (%31,3) kabul edilemez, 28 (%41,8) kabul edilebilir ve 18 (%26,9) tam ölçüm yaptı. AF lokasyonu lateralde olduğu zaman (Şekil 4.8) ise 3 (%12) kabul edilemez, 10 (%40) kabul edilebilir ve 12 (%48) tam ölçüm yaptı. Woodpecker cihazı için bu değerler arasından anlamlı fark bulunmadı ($p=0,077$).

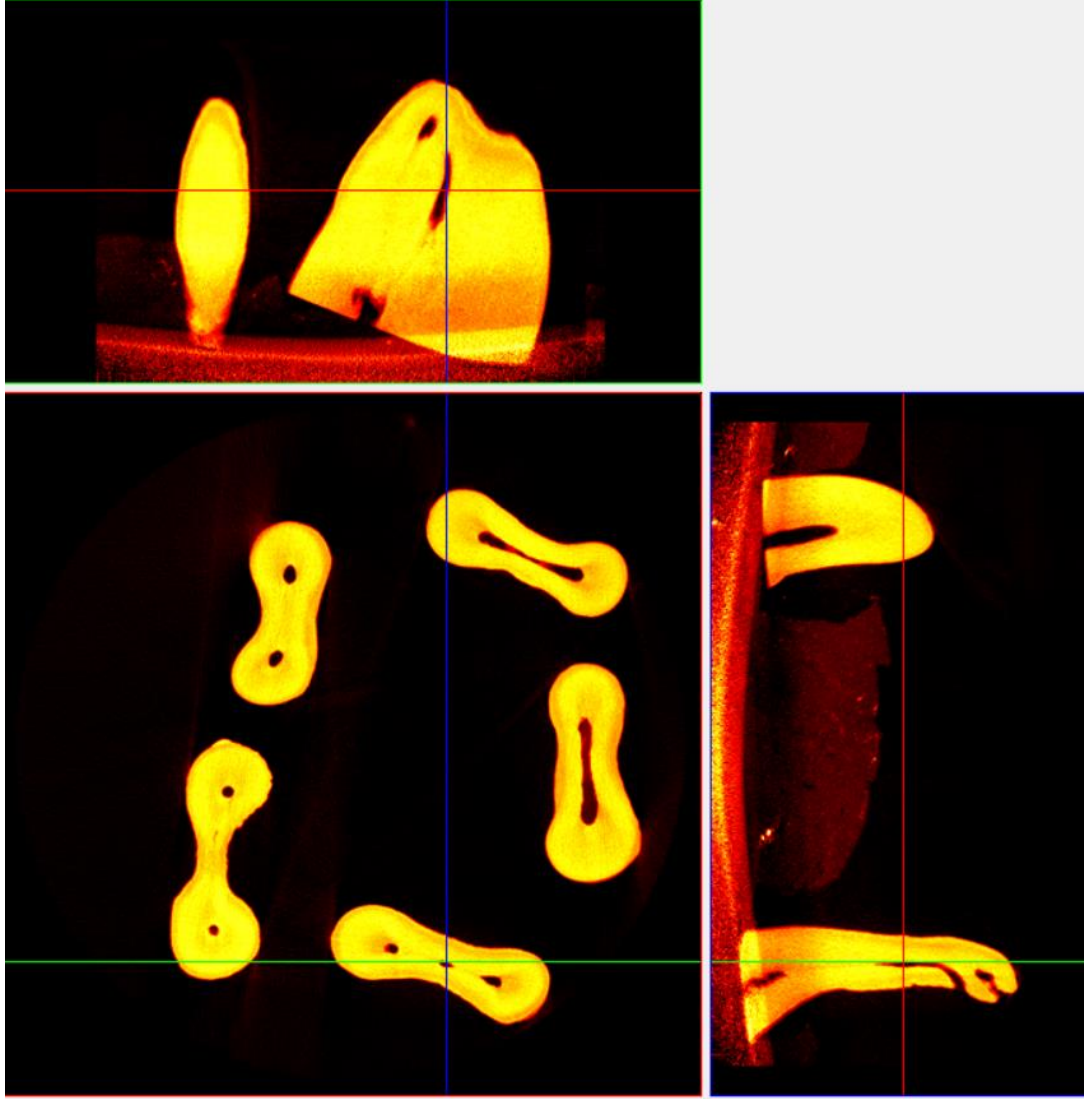
b) Aksesuar kanal varlığı incelendiğinde (Şekil 4.9); aksesuar kanal varlığında Propex Pixi cihazı 14 (%22,6) kabul edilemez, 29 (%46,8) kabul edilebilir ve 19 (%30,6) tam ölçüm yaptı. Aksesuar kanal olmadığı durumlarda 4 (%13,3) kabul edilemez, 10 (%33,3) kabul edilebilir ve 16 (%53,4) tam ölçüm yaptı. Propex Pixi cihazı için bu değerler arasında anlamlı fark bulunmadı ($p=0,106$). Woodpecker cihazı aksesuar kanal varlığında 19

(%30,6) kabul edilemez, 26 (%41,9) kabul edilebilir ve 17 (%27,5) tam ölçüm yaptı. Aksesuar kanal olmadığı durumlarda 5 (%16,7) kabul edilemez, 12 (%40) kabul edilebilir ve 13 (%43,3) tam ölçüm yaptı. Woodpecker cihazı için bu değerler arasında anlamlı fark gözlenmedi ($p=0,212$).

- c) AF-AC arası mesafe incelendiğinde, bu mesafe 0,5 mm'den küçük olduğu durumlarda Propex Pixi cihazı 5 (%9,3) kabul edilemez, 23 (%42,6) kabul edilebilir ve 26 (%48,1) tam ölçüm yaptı. Mesafe 0,5 mm'den büyük olduğu durumlarda 13 (%34,2) kabul edilemez, 16 (%42,1) kabul edilebilir ve 9 (%23,7) tam ölçüm yaptı. Propex Pixi için bu değerler arasında anlamlı fark bulundu ($p=0,005$). Uzaklığın 0,5 mm'den küçük olduğu durumlarda Woodpecker cihazı 12 (%22,2) kabul edilemez, 19 (%35,2) kabul edilebilir ve 23 (%42,6) tam ölçüm yaptı. Mesafe 0,5 mm'den büyük olduğunda 12 (%31,6) kabul edilemez, 19 (%50) kabul edilebilir ve 7 (%18,4) tam ölçüm yaptı. Woodpecker cihazı için bu değerler arasında anlamlı fark gözlenmedi ($p=0,052$).



Şekil 4.8. Apikal foramenin lateralde konumlanması



Şekil 4.9. Aynı örneğin x,y ve z eksenlerinde incelenmesi ve aksesuar kanal varlığının görüntülenmesi

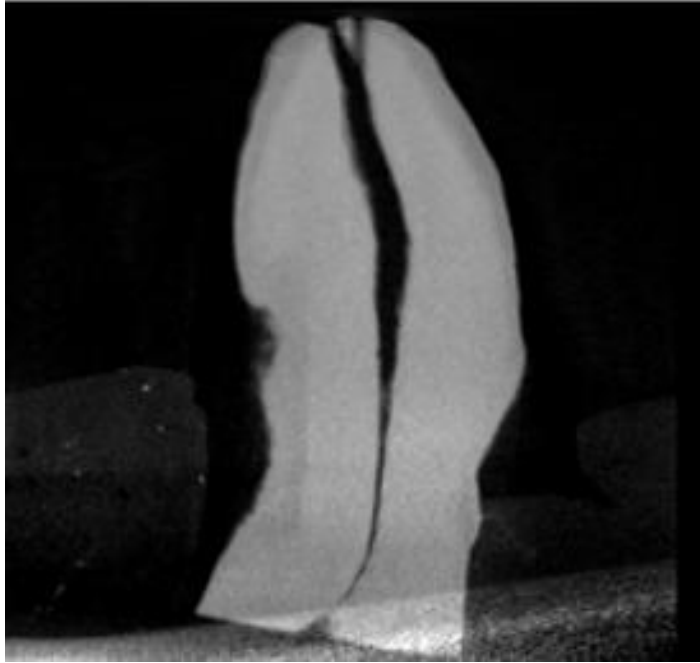
Çizelge 4.11. Anatomik Varyasyonların Elektronik Apeks Bulucular Üzerindeki Etkisi
(‘0.0’ noktası- 0,5 mm)

‘0.0’ noktası – 0,5 mm		Propex Pixi (EWL2p)				Woodpecker (EWL2w)			
	Örnek sayısı (n)	Kabul edilemez (>1 mm)	Kabul edilebilir (0,5-1 mm)	Tam (<0,5 mm)	p değeri	Kabul edilemez (>1 mm)	Kabul edilebilir (0,5-1 mm)	Tam (<0,5 mm)	p değeri
AF Lokasyon					0,16				
Aksiyel	67	10 (%14,9)	17 (%25,4)	40 (%59,7)		12 (%17,9)	16 (%23,9)	39 (%58,2)	
Lateral	25	1 (%4)	4 (%16)	20 (%80)		3 (%12)	3 (%12)	19 (%76)	
Aksesuar Kanal					0,262				
Var	62	9 (%14,5)	16 (%25,8)	37 (%59,7)		11 (%17,7)	12 (%19,4)	39 (%62,9)	
Yok	30	2 (%6,7)	5 (%16,7)	23 (%76,6)		4 (%13,3)	7 (%23,3)	19 (%63,4)	
AF- AC arası Mesafe					0,499				
<0,5 mm	54	7 (%13)	10 (%18,5)	37 (%68,5)		10 (%18,5)	8 (%14,8)	36 (%66,7)	
>0,5 mm	38	4 (%10,5)	11 (%28,9)	23 (%60,6)		5 (%13,2)	11 (%28,9)	22 (%57,9)	
Toplam	92	11 (%12)	21 (%22,8)	60 (%62,2)		15 (%16,3)	19 (%20,7)	58 (%63)	

AF; Apikal foramen, AC; Apikal konstriksiyon

- ‘0.0’ noktasında yapılan ölçümlerden 0,5 mm çıkartıldığında (Çizelge 4.11);
- a) AF lokasyonu aksiyelde olduğu zaman Propex Pixi cihazı 10 (%14,9) kabul edilemez, 17 (%25,4) kabul edilebilir ve 40 (%59,7) tam ölçüm yaptı. AF lokasyonu lateralde olduğu zaman ise 1 (%4) kabul edilemez, 4 (%16) kabul edilebilir ve 20 (%80) tam ölçüm yaptı. Propex Pixi cihazı için bu ölçümler arasından anlamlı fark bulunmadı (p=0,160). AF lokasyonu aksiyelde olduğu zaman Woodpecker cihazı 12 (%17,9) kabul edilemez, 16 (%23,9) kabul edilebilir ve 39 (%58,2) tam ölçüm yaptı. AF lokasyonu lateralde olduğu zaman ise 3 (%12) kabul edilemez, 3 (%12) kabul edilebilir ve 19 (%76) tam ölçüm yaptı. Woodpecker cihazı için bu değerler arasından anlamlı fark bulunmadı (p=0,280).
- b) Aksesuar kanal varlığı incelendiğinde (Şekil 4.10); aksesuar kanal varlığında Propex Pixi cihazı 9 (%14,5) kabul edilemez, 16 (%25,8) kabul edilebilir ve 37 (%59,7) tam ölçüm yaptı. Aksesuar kanal olmadığı durumlarda 2 (%6,7) kabul edilemez, 5 (%16,7) kabul edilebilir ve 23 (%76,6) tam ölçüm yaptı. Propex Pixi cihazı için bu değerler arasında anlamlı fark bulunmadı (p=0,262). Woodpecker cihazı aksesuar kanal varlığında 11 (%17,7) kabul edilemez, 12 (%19,4) kabul edilebilir ve 39 (%62,9) tam ölçüm yaptı. Aksesuar kanal olmadığı durumlarda 4 (%13,3) kabul edilemez, 7 (%23,3) kabul edilebilir ve 19 (%63,4) tam ölçüm yaptı. Woodpecker cihazı için bu değerler arasında anlamlı fark gözlenmedi (p=0,820).

c) AF-AC arası mesafe incelendiğinde, bu mesafe 0,5 mm'den küçük olduğu durumlarda Propex Pixi cihazı 7 (%13) kabul edilemez, 10 (%18,5) kabul edilebilir ve 37 (%68,5) tam ölçüm yaptı. Mesafe 0,5 mm'den büyük olduğu durumlarda 4 (%10,5) kabul edilemez, 11 (%28,9) kabul edilebilir ve 23 (%60,6) tam ölçüm yaptı. Propex Pixi için bu değerler arasında anlamlı fark bulunmadı ($p=0,499$). Uzaklığın 0,5 mm'den küçük olduğu durumlarda Woodpecker cihazı 10 (%18,5) kabul edilemez, 8 (%14,8) kabul edilebilir ve 36 (%66,7) tam ölçüm yaptı. Mesafe 0,5 mm'den büyük olduğunda 5 (%13,2) kabul edilemez, 11 (%28,9) kabul edilebilir ve 22 (%57,9) tam ölçüm yaptı. Woodpecker cihazı için bu değerler arasında anlamlı fark gözlenmedi ($p=0,244$).



Şekil 4.10. Apikal bölgedeki dallanmaya örnek

İki cihaz da, her iki çalışma boyunca apikal foramen lateralde konumlandığı zaman daha fazla 'tam' kategorisinde ölçüm yaptı.

İki cihaz da, her iki çalışma boyunca aksesuar kanal olmadığı durumlarda daha fazla 'tam' kategorisinde ölçüm yaptı.

İki cihaz da, her iki çalışma boyunca AF-AC arası mesafe 0,5 mm'den daha yüksek olduğunda birbirleriyle daha uyumlu çıktı ve '0.0' noktasında ve '0.0'-0,5 mm noktalarında daha fazla 'kabul edilebilir' kategorisinde ölçüm yaptı.



5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasının amacı, çalışmanın sınırlı sonuçları dahilinde, bazı cihazların anatomik varyasyonlardan farklı şekillerde etkilenebileceğini, elektronik apeks bulucuların hem ‘0.0’ hem de ‘0.5’ noktasında yaptığı ölçümlerin değerlendirilmesinin önemli olduğunu vurgulamaktır.

Elektronik apeks bulucuların doğruluğunun in vitro olarak değerlendirilmesinin birincil avantajı, dişin gerçek ölçümlerini altın standart olarak kullanabilmektir. Çalışma boyu doğruluğunu değerlendirmek için apikal foramenden kanal aletinin çıkışının izlenmesi, apikal bölümün aşındırılmasını takiben mikroskop altında yapılan ölçüm, dişlerin şeffaflaştırılmasını takiben mikroskop altında yapılan ölçüm, apikal yapının ölçüsünün alınması ve mikro-BT kullanılması gibi çeşitli yöntemler kullanılabilir (Şen, 2017).

Apikal bölümün aşındırılmasını takiben mikroskop altında ölçüm yönteminde, dişin anatomisini bozmadan apikal bölümün aşındırılması çok zor ve zaman alıcı bir sistemdir. Dişlerin şeffaflaştırılması yöntemi pratik olmayan ve her zaman istenilen derecede şeffaflık elde edilemeyen bir yöntemdir. Apikal yapının ölçüsünün alınması yalnızca tek bir çalışmada uygulanmıştır (Kim ve diğerleri, 2008) ve yalnızca apikalden taşan örneklerde kullanılabilir. Bu doğrultuda, örnek çalışmalarda olduğu gibi kanalın gerçek boyu (RCL), operasyon mikroskobu altında $\times 30$ büyütme altında, kanal eğesi apikal foramenden görünecek kadar ilerletilip, gözden kayboluncaya kadar geri çekilerek tanımlandı (Piasecki ve diğerleri, 2016; Piasecki, José Dos Reis, Jussiani, ve Andrello, 2018; Segato ve diğerleri, 2018). Bu gözleme dayalı yöntemde apikal kısım operasyon mikroskobu altında apikal kısmın değişik açılardan izlenmesiyle tek bir araştırmacı tarafından gerçekleştirildi.

Piasecki ve diğerleri (2018) ölçüm yaparken eğe üzerindeki plastik stoperi çıkartmışlar ve diş üzerinde oluşturulan düz yüzey üzerindeki referans noktasından eğenin tutucu kısmının alt kenarına kadar ölçüm yapmışlardır. Aynı şekilde Jung ve diğerleri (2011) ölçümler esnasında plastik stoper kullanmamışlardır. Bu çalışmada ölçümler yapılırken, kanal eğesi kanalda ilerletildikten sonra diş üzerindeki referans noktası ile eğenin plastik tutamağı arasındaki mesafe 0,01 mm hassasiyetli bir dijital kumpas kullanılarak ölçüldü. Bu şekilde hem art arda iki farklı elektronik apeks bulucunun değerlendirilebilmesine imkan sağlandı hem de lastik stoperin konumlandırılması veya yer değiştirmesi ile meydana gelebilecek

hatalar önleildi. Bu yöntem klinik şartlarda uygulanabilecek bir yaklaşım olmasa da, deneysel uygulamalarda lastiğin yer değiştirme riskini ortadan kaldırmaya izin veren bir uygulama şekli olduğu için bu çalışmada kullanıldı. Önceki yöntemlerde lastik stoperin sabitlenmesi için rezin gibi ek uygulamalar ve ek malzemeler kullanılması gerekiyordu.

Elektronik apeks bulucularla yapılan in vitro çalışmalarda aljinat, salin, çiçek köpüğü, salin emdirilmiş gazlı bez, agar-agar ve jelatin gibi çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. İlk önce Nahmias ve diğerleri (1987) %2 agar kullanımını literatüre sokmuş, sonrasında Donnelly (1993) tarafından jelatin kullanımı önerilmiş, ardından Kaufman ve diğerleri (1997), aljinat kullanımını öne sürmüştür. Salin, önceden hazırlanmış şişeler içerisinde kullanıma sunulduğu için hazırlaması en kolay deney düzeneği olarak düşünülebilir. Jelatin, ucuz ve etkili bir deney malzemesi olarak önerilmektedir (Czerw, Fulkerson, ve Donnelly, 1994; Donnelly, 1993). Jelatinin kullanıma hazır olması için bir güne ihtiyaç vardır bu da bazı durumlarda koordinasyonu zorlaştırabilir (Chen ve diğerleri, 2011). Aljinat kullanımının en büyük dezavantajı ise çalışma süresi olarak belirtilmiştir. Çünkü aljinat sürekli nemlendirilmediği sürece kurumaya meyilli bir malzemedir (Tinaz, Alaçam, ve Topuz, 2002).

Yolagiden ve diğerleri (2018) kan plazmasına benzer bir iyonik bileşim nedeniyle biyolojik dokuya benzediğinden dişlerin gömülmesi için salin çözeltisi ile çalıştıklarını bildirmiştir. Shin ve diğerleri (2012), çalışmalarında dişlerin jelatin içine gömülmesini tercih etmişlerdir. Baldi ve diğerleri (2007), farklı malzemeler kullanılmasının apeks bulucu doğruluğunu etkileyip etkilemediğini değerlendirdikleri çalışmalarında; agar-agar, jelatin ve salin arasında anlamlı bir fark bulamamış ancak çiçek köpüğü kullanımının apeks bulucuların taşkın ölçüm yapmasına sebep olabileceğini bulmuşlardır. Yapılan bir başka çalışmada %0,9 salin, %0,9 salin emdirilmiş çiçek köpüğü ve aljinat kullanımı karşılaştırılmış ve aljinat kullanımının diğerlerinden daha doğru sonuçlar verdiği bulunmuştur (Guerreiro-Tanomaru, Croti, Silva, Faria, ve Tanomaru-Filho, 2012). Yazarlar bir kolloidal jel olarak aljinatın muhtemelen elektro iletkenlik ve kökle temas gereksinimlerini diğer deney ortamlarından daha yeterli bir şekilde karşılamış olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada dişler elektronik apeks bulucuların doğruluğunu test etmek için yeterli bir elektro iletken ortam olan aljinat ölçü malzemesine yerleştirildi. Aljinat elektronik apeks bulucular için gerekli elektrik devresini kurmak için iyi bir ortamdır, çünkü insan

periodonsuyumunun elektrik empedansını iyi taklit eder (Kaufman ve diğerleri, 1997). Bunun yanı sıra yüksek elastisitesi, viskozitesi ve kolay işlenebilmesi de aljinat kullanımının avantajlarından (Fuss ve diğerleri, 1996). Bunun yanı sıra dişlerin aljinat içerisine gömülmesi, uygulayıcının diş köklerini görmesini engeller, bu şekilde olası ön yargılı değerlendirmelerin önüne geçilmiş olunur (Tinaz, Alaçam, ve diğerleri, 2002). Bunun yanında aljinat kalıbı nispeten serttir, bu nedenle farklı modellerde kaydedilen erken elektronik okumalardan sorumlu olan kanal içindeki sıvı hareketini önler (Sadeghi ve Abolghasemi, 2008). Elektronik apeks bulucuların değerlendirildiği birçok çalışmada benzer şekilde aljinat kullanılmıştır (Al-Hadlaq, 2013; Azabal ve diğerleri, 2004; Kolanu ve diğerleri, 2014).

Propex Pixi, '0.0' noktasında okuma ile apikal konstiksüyonu tespit etmeyi amaçlayan cep boyutunda bir elektronik apeks bulucudur. Propex Pixi elektrik sinyallerinin ortalama karekök (RMS) değerlerini hesaplamanın yanı sıra çoklu frekans kullanmaktadır (Gehlot, Manjunath, ve Manjunath, 2016). Üretici firma, kısmen bloke olmuş kanallarda, ölçüm eğersinin kanal çapından önemli ölçüde farklılık gösterdiği durumlarda, kavite içerisinde sıvı veya dentin talaşı bulunduğu durumlarda veya kök kanalı içerisinde çok kuru olduğu durumlarda doğru ölçüm yapamayabileceğini belirtmiştir. Cihazın kullanım kılavuzunda taşkın çalışmayı önlemek için ekrandaki '0.0' noktasına kadar ilerlenip, sonrasında ölçülen değerden minimum 0,5 mm çıkartılması gerektiği belirtilmiştir. Literatürde Propex Pixi'nin doğruluğunu ve güvenilirliğini araştırmak için yapılmış çalışmalar mevcuttur.

Üstün ve diğerleri (2016), periapikal lezyon ve inatçı kanal içi eksuda varlığında Propex Pixi, Raypex 6 ve konik ışınli bilgisayarlı tomografiyi (CBCT) karşılaştırmışlar iki cihazın da CBCT kadar güvenilir sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır. Saxena ve diğerleri (2017), histolojik kesitleri altın standart olarak kabul ederek Propex Pixi, iRoot ve iPex II'yi karşılaştırmışlar ve üretici firma önerileri doğrultusunda ekrandaki '0.5' göstergesinin minör çapı gösterdiği noktada ölçümler yapmışlardır. Başarı aralığı $\pm 0,5$ mm tutulduğunda Propex Pixi'nin %80 kabul edilebilir sonuçlar verdiğini bulmuşlardır. Bir başka çalışmada başarı aralığı $\pm 0,5$ mm tutulduğunda Propex Pixi doğruluğu %83,33, başarı aralığı ± 1 mm tutulduğunda %89,99 olarak bulunmuştur (Serna-Peña ve diğerleri, 2020). Bu cihazın tekrarlayan kanal tedavilerindeki başarısını inceleyen Tüfenkçi ve Kalaycı (2020), Propex Pixi başarısını %83,4 olarak bulmuşlardır. Gehlot ve diğerleri (2016), Propex Pixi cihazını paslanmaz çelik ege ve nikel titanyum ege kullanarak, çalışmalarda altın standart olarak

kabul edilen Root ZX ile ve farklı apeks bulucularla karşılaştırmışlardır. Hem paslanmaz çelik ege hem de nikel titanyum ege kullanımında altın standart Root ZX ile Propex Pixi arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

Elektronik apeks bulucu cihazlar kanal tedavisi yapan her hekimin mutlaka sahip olması gereken cihazlardır. Ulaşılabilirliği daha kolay olan Woodpecker firmasına ait DTE Dpex apeks bulucu cihaz, gelişmiş çoklu frekans empedans ölçüm teknolojisiyle çalışarak apikal foramen belirlemeyi sağlar. Otomatik kalibrasyona dayalı ölçüm yapar. Kanal içerisinde kan veya residüel pulpa varlığında bile doğru ölçüm yaptığı ve ölçümlerin diş tipinden etkilenmediği belirtilmektedir. Üretici firma aşırı enstrümantasyondan kaçınmak için güvenlik önlemi olarak, egeyi apeks bulucu ekranında '0.0' görünen noktaya kadar ilerletip ölçüm yapıldıktan sonra, çalışma boyu olarak bu değerden 0,5- 1 mm çıkartılarak çalışma boyu belirlenmesini önermektedir. Apeks bulucu ekranı üzerindeki ölçek göstergesinin mm veya lineer birimler olarak belirgin bir uzunluk veya mesafeyi temsil etmediği söylenmesine rağmen; kullanım kılavuzunda '0.5' noktasının bulunduğu bölgede apikal foramene 0,6 mm kaldığı, '0.0' noktasında ise tam apikal foramende olduğu belirtilmiştir. Aynı Propex Pixi cihazı gibi Woodpecker cihazında da kök kanal çapına uygun, sıkışan bir ege ile kanal boyu ölçümü yapılması önerilmektedir. Seçilen kanal egesi duvarlar ile tam temas halinde olmazsa ekranın dijital görüntüsünün sabit olmamasına neden olabilir. Ölçümün güvenilirliğini sağlamak için kök kanalının içerisinde yeterli düzeyde ıslak olması gerektiği belirtilmektedir. Cihazda elektromanyetik parazit olduğundan kalp pili kullanan hastalarda kullanılması önerilmemektedir.

Üretici firma, kök boyutu apikal foramen boyutuna yakın olduğu durumlarda kök hipoplazisi nedeniyle yapılan ölçümlerin gerçek değerlerden daha kısa olacağını bu sebeple doğru ölçüm alınamayacağını, bunun yanı sıra yoğun apikal kanama varlığında kanın diş etine ulaşacağını, bu durumda kan ve diş eti iletken hale geleceği için ölçümde hatalı sonuçlar alınacağını belirtmiştir. Benzer şekilde dişte çatlak ya da kırık olduğu durumlarda, kanal egesi bu noktaya geldiğinde periodontal dokulara ulaşmış gibi algılayacağından ölçümler hatalı olabilmektedir. Tekrarlayan kanal tedavisi olgularında guta perka söküldükten sonra kanal içerisinde önce salin ile yıkanması, sonrasında kanal boyu ölçümü yapılması önerilmektedir. Bunun yanı sıra firma apikal kist bulunan olgularda cihazın yanlış ölçüm yapabileceğini belirtmiştir. Literatür taraması sonucunda bu cihazın test edildiği bir

çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu cihazı seçmemizin nedeni piyasada fiyat olarak daha kolay ulaşılabilir olmasıdır.

Çalışma boyu ölçerken seçilen kanal eğesinin kanala tam sıkışan eğe olup olmaması gerektiği konusunda birçok farklı görüşte çalışma yapılmıştır. Nguyen ve diğerleri (1996), apikali 60 numara eğeye kadar genişlettikleri dişlerde, hem 10 K tipi eğe hem de 60 K tipi eğe kullanarak Root ZX ile çalışma boyu ölçümü yapmışlar ancak ölçümler arasında anlamlı fark bulmamışlardır. Bu doğrultuda Sadeghi ve Abolghasemi (2008), apikal çapı 30-35 numaralı eğe boyutundaki tek köklü dişler üzerinde yaptıkları çalışmalarında, Raypex 5 ile 15 K tipi eğe kullanarak ölçtükleri çalışma boylarını ± 1 mm aralığında %95 başarılı bulmuşlardır. Benzer şekilde, Elements Apex Locator, Justy II, Raypex 5 ve Propex II apeks bulucu cihazları ile, 8, 10 ve 15 K tipi eğe kullanılarak çalışma boyu ölçümü yapılan çalışmada, apeks bulucu cihazlar ve kanal eğesi çapının değişmesinin gerçek çalışma boyu için anlamlı farklara sebep olmadığını bulmuşlardır (Briseño-Marroquín ve diğerleri, 2008). Bunun aksine, Iizuka ve diğerleri (1987), elektronik apeks bulucuların doğruluğunu etkileyen faktörleri araştırdığı çalışmada, kanal eğesi ile elektrolitin kontağının empedansı etkileyen en önemli faktör olduğunu vurgulamıştır. Benzer şekilde Ebrahim ve diğerleri (2006), kök kanal çapı arttıkça daha küçük boyutlu eğelerle ölçüm yapmanın gerçek değerden daha kısa ölçümlere sebep olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar kök kanalı içerisinde kan varlığında, çalışma boyu ölçümü için hazırlanan kanal çapına yakın boyutta bir eğe kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bunu destekler nitelikte bir diğer çalışmada (Ebrahim, Wadachi, ve Suda, 2006b), Root ZX, Foramatron D10, Apex NRG ve Apit 7 apeks bulucu cihazlarıyla geniş apikal foramene sahip dişlerde küçük boyutlu kanal eğesi ile ölçüm yapmışlar ve dört apeks bulucu cihazın da güvenilir olmayan ölçümler yaptığını belirtmişlerdir. Kanal içerisine sıkı oturan eğe ile çalışıldığında Root ZX ve Foramatron D10 anlamlı olarak daha iyi sonuçlar vermiştir. Bunun yanı sıra McDonald (1992), yaptığı derleme çalışmasında kanal eğesinin kanala tam oturacak şekilde seçilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Bunların yanı sıra hem Propex Pixi cihazında hem Woodpecker cihazında, üretici firma optimum performansı sağlamak için kanal çapına göre ayarlanmış bir eğe boyutunun kullanılmasını önermektedir (Ferreira, Braga, ve Pina-Vaz, 2019). Bu veriler doğrultusunda bu çalışmada, her dişte 8, 10, 15 K tipi eğelerden apikale kadar ulaşabilen ve kanalda sıkışma hissiyle ilerleyen eğe kullanılarak elektronik apeks bulucu ölçümleri yapılmıştır.

Bu çalışmada 46 dişte (92 kanal) yapılan operasyon mikroskobu ölçümlerinde ortalama RCL 9,868 mm bulundu. Propex Pixi cihazının '0.0' noktasında yaptığı ölçümler (ERCLp) ortalama 10,05 mm, Woodpecker cihazının '0.0' noktasında yaptığı ölçümler (ERCLw) ortalama 10,16 mm bulundu. Tüm ikili kıyaslamalar arasında anlamlı fark görüldü, her iki apeks bulucu cihaz da gerçek uzunluktan anlamlı derecede daha taşkın ölçümler yaptı ($p<0,05$). Benzer şekilde Piasecki ve diğerleri (2018), Root ZX cihazının '0.0' noktasında yaptığı ölçümleri gerçek kanal uzunluğuna yakın değerlerde bulurken, Apex ID cihazının '0.0' noktasında anlamlı derecede daha taşkın ölçümler yaptığını buldu. Yapılan bir başka çalışmada araştırmacılar Endex cihazının üretici firmanın önerilerine göre kullanıldığında '0.0' noktasında taşkın ölçümler yaptığını bulgulamıştır (Arora ve Gulabivala, 1995). Mayeda ve diğerleri (1993) Endex'in sürekli olarak apikal konstrikşüyondan daha ileride bir noktada ölçüm yaptığını bulmuşlardır. Ölçümlerin üçte biri taşkın ve diğer üçte biri de apikal foramen noktasında olduğundan, ölçümlerin çoğu aslında AC noktasından daha ileride olmaktadır. Bulgularımızı destekler nitelikte olan bir başka çalışmada Propex cihazının, '0.0' noktasında yaptığı ölçümler gerçek kanal boyu ile karşılaştırılmış ve Propex cihazının çoğunlukla taşkın ölçümler yaptığı sonucuna varılmıştır. Propex cihazının yaptığı ölçümlerin %35,9'u 0-0,5 mm aralığında kısa ölçüm yaparken, %64,1'i 0,01-0,5 mm aralığında taşkın ölçüm yapmıştır (Plotino ve diğerleri, 2006).

Yapılan çalışmalarda gerçek çalışma boyu belirlemek için genellikle, mikroskop altında belirlenen gerçek kanal boyu değerinden, klinikte sıklıkla kullanılan 0,5 mm çıkartılması metodu kullanılır (Yolagiden ve diğerleri, 2018). Benzer fikri savunan bir başka çalışmada Root ZX apeks bulucu cihazının in vivo ve in vitro okumalarını karşılaştırırken, majör foramen noktasından 0,5 mm daha gerisi çalışma boyu olarak kabul edilmiştir. Araştırmacılar AC konumunu belirlemek çoğu örnekte imkansız olduğu ve AF noktası tutarlı bir şekilde belirlenebildiği için bu şekilde çalıştıklarını belirtmişlerdir (Duran-Sindreu ve diğerleri, 2012).

AF bir operasyon mikroskobu altında kolayca görüntülenebilirken, AC'yi tanımlamak için şu anda mevcut olan en doğru yöntem, kanalın ekseni boyunca kesitleri analiz etmek için mikro-BT taramasını kullanmaktır (Connert ve diğerleri, 2018; ElAyouti ve diğerleri, 2014; Piasecki ve diğerleri, 2016; Schell ve diğerleri, 2017). Mikro-BT, invaziv olmayan ve aynı anda yüzlerce kesitin görüntülenip değerlendirilebilmesini sağlayan bir yöntemdir (Versiani ve diğerleri, 2022). Mikro-BT kullanılarak apikal foramenin ve apikal konstrikşüyunun

konumu tam olarak belirlenebilmekte, çap ölçümleri ve aralarındaki gerçek mesafe hesaplanabilmektedir (Piasecki ve diğerleri, 2018). Mikro-BT çalışmalarının en büyük sınırlaması hasta üzerinde tarama yapılamamasıdır. Bu da in vivo çalışma yapılmasının önüne geçer. Ancak laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlar klinik pratiğe doğrudan taşınamasa da, klinikte elektronik apeks bulucuların performansına müdahale edebilecek bazı parametreler hakkında önemli bilgiler sağlayabilirler (Piasecki ve diğerleri, 2018).

Mikro-BT taramalarında karşılaşılan en büyük sorunlardan biri metal artefaktlarıdır (Schulze ve diğerleri, 2011). Bu hatadan kaçınmak için bu çalışmada kanal egesi dış içerisindeyken tarama yapılmadı. Daha önce yapılan çalışmalarda , AC konumu ve apikal foramene uzaklığı mikro-BT taramalarıyla elde edilmiş ve dışın gerçek boyundan (RCL) çıkartılarak gerçek çalışma boyu (RWL) değerine ulaşılmıştır (Connert ve diğerleri, 2018; Piasecki ve diğerleri, 2016). Bu yöntem, AC konumunun her dişte değişkenlik gösterebilmesi sebebiyle ortaya çıkabilecek yanılgıların önüne geçilmesini sağlamaktadır (ElAyouti ve diğerleri, 2014; Piasecki ve diğerleri, 2016). Bu çalışmada aynı şekilde mikro-BT taramaları ile AF-AC arası gerçek mesafe tespit edildi ve RCL'den çıkartılarak gerçek çalışma boyu (RWL) değerine ulaşıldı.

Çalışma uzunluğunun belirlenmesinde '0.0' ve '0.5' noktaları arasında seçim yapmak çoğunlukla uygulayıcının kişisel deneyimine ve tercihine bağlı görülmektedir. Çoğu elektronik apeks bulucu apikal forameni (AF) belirtmek için '0.0' veya 'APEX' göstergesini kullanır. Ekrandaki sayılar milimetre olarak anlam ifade etmese de genellikle '0.5' noktası apikal konstiksüyonun (AC) yerini belirtmek için kullanılır (Piasecki ve diğerleri, 2018). Ancak '0.5' noktasında elde edilen okumalar, apikal konstiksüyondan (AC) ziyade apikal foramenden biraz geride bir alanın basit bir göstergesi olabilir (Jung ve diğerleri, 2011). Ayrıca AC her dişte mevcut değildir (Dummer ve diğerleri, 1984; Lee ve diğerleri, 2002). Bu durumlarda '0.5' noktası tutarsız ölçümlere sebep olabilmektedir (Jung ve diğerleri, 2011). Bu bulgulara rağmen, 2022 yılında yayınlanan bir metaanaliz çalışmasında Propex Pixi cihazının '0.0' değerinde AF noktasını, '0.5' değerinde AC noktasını gösterdiği belirtilmiştir (Nasiri ve Wrbas, 2022).

Bu çalışmada RWL ile kıyaslanacak elektronik çalışma boyu ölçümleri iki farklı şekilde yapıldı. Elektronik apeks bulucu cihazların '0.5' noktasında yaptığı ölçümlerdeki değerler

EWL1 ve '0.0' noktasında yaptığı ölçümlerden klinik olarak 0,5 mm çıkartılmış değerler EWL2 olarak adlandırıldı. Çalışmamızda '0.5' noktasında yapılan EWL1 ölçümlerinde, Propex Pixi cihazı ortalama 0,466 mm taşkın ($p<0,0001$), Woodpecker cihazı ortalama 0,598 mm taşkın ($p<0,0001$) ölçüm yaptı. EWL1 değerleri ile RWL arasında anlamlı fark bulundu ($p<0,05$). Bu farklar istatistiksel olarak anlamlı olsa da $\pm 0,5$ mm içerisinde olduğu için klinik olarak önemsiz kabul edilebilir. Her iki apeks bulucu cihazın '0.5' noktasında yaptığı elektronik ölçümler klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Sonuçları çalışmamızı destekleyen bir çalışmada Apex Pointer, Raypex 5, Apex ID ve Raypex 6 cihazları ile '0.5' noktasında ölçümler yapılmış, Apex Pointer cihazı istatistiksel olarak gerçek çalışma boyundan ortalama 0,31 mm daha taşkın ölçümler yapmıştır. Ancak $\pm 0,5$ mm içerisinde olduğundan kabul edilebilir sınırlar içerisinde (Yolagiden ve diğerleri, 2018). Benzer şekilde Piasecki ve diğerleri (2018) CanalPro, Apex ID ve Root ZX kullanarak yaptıkları çalışmada üç apeks bulucu cihazın da '0.5' noktasında kabul edilebilir ölçümler yaptığını bulgulamışlardır.

'0.0' noktasında yapılan ölçümlerden klinik olarak 0,5 mm çıkartılarak elde edilen EWL2 ölçümlerinde, Propex Pixi cihazı RWL'den ortalama 0,153 mm taşkın ($p=0,0414$), Woodpecker cihazı ise RWL'den ortalama 0,254 mm taşkın ($p=0,0002$) ölçüm yaptı. RWL ve EWL2 ölçümleri arasında istatistiksel olarak fark gözlense de sayısal olarak değerler EWL1 ölçümlerine göre çok daha düşüktür. Bu durumda apeks bulucu ekranlarında '0.5' noktasında çalışmak yerine, '0.0' noktasına kadar ilerletilip daha sonra ölçülen uzunluktan klinik olarak 0,5 mm çıkartmanın daha sağlıklı olduğu sonucuna varılabilir. Benzer şekilde Root ZX cihazının '0.5' noktası ve '0.0' noktasında yaptığı ölçümlerin karşılaştırıldığı bir çalışmada, '0.5' noktasında yapılan ölçümlerin klinik olarak kabul edilebilir değer olan $\pm 0,5$ mm içerisinde olmadığı bulgulanmıştır. Araştırmacılar ölçümlerin '0.0' noktasında yapılıp, uygulayıcının temizlik ve şekillendirme için gereken güvenli sınırı kendilerinin belirlemesinin daha sağlıklı olduğunu belirtmişlerdir (Ounsi ve Naaman, 1999).

Literatürde birçok çalışmada, elektronik apeks bulucularla yapılan ölçümlerin $\pm 0,5$ mm aralıkta olması durumunda ölçümler 'tam' kabul edilmektedir (Akisue ve diğerleri, 2014; Herrera, Ábalos, Lucena, Jiménez-Planas, ve Llamas, 2011; Piasecki ve diğerleri, 2011). Buna ek olarak çalışmalarda $\pm 0,5$ mm aralığındaki ölçümler 'tam', 0,5-1mm aralığı 'kabul edilebilir' olarak sınıflandırılmıştır (Piasecki ve diğerleri, 2016; Piasecki ve diğerleri, 2018). Benzer şekilde Keller ± 1 mm aralığını başarılı olarak değerlendirmiştir (Keller, Brown, ve

Newton, 1991). 1 mm hata payının kabul edilmesinin bir nedeni, apikal bölgenin şeklinde görülen geniş varyasyonlardır. Kök kanalları her zaman apikal daralma, iyi tanımlanmış minör veya majör apikal çap veya semental koninin tabanında apikal foramen ile sonlanmayabilir. Bu tür sınırlamalar olmadığında ± 1 mm'lik bir hata toleransı klinik olarak kabul edilebilir olarak nitelendirilir (Shabahang ve diğerleri, 1996). Bu çalışmada ölçümler $\pm 0,5$ mm aralığında ise 'tam', 0,5-1 mm aralığında ise 'kabul edilebilir', ≥ 1 mm ise 'kabul edilemez' şeklinde kategorik olarak sınıflandırıldı.

Yapılan bir çalışmada CanalPro, Apex ID ve Root ZX Mini apeks bulucularının aralarında anlamlı fark olmaksızın %70 oranında 'tam' ölçümler yaptığı bulunmuştur (Piasecki ve diğerleri, 2018). Bunun aksine bu çalışmada '0.5' noktasında yapılan EWL1 ölçümlerinde Propex Pixi cihazı 92 kanalın %38,04'ünü tam, %42,39'unu kabul edilebilir kategorilerinde ölçerken, Woodpecker cihazı 92 kanalın %32,60'ını tam, %41,30'unu kabul edilebilir kategorilerinde ölçtü. '0.0' noktasında 0,5 mm çıkartılarak elde edilen EWL2 ölçümlerinde Propex Pixi cihazı 92 kanalın %65,21'ini tam, %22,82'sini kabul edilebilir ölçerken, Woodpecker cihazı 92 kanalın %63,04 tam, %20,65 kabul edilebilir ölçüm yaptı. Her iki apeks bulucu cihazın da EWL2 ölçümlerinde daha fazla tam ve kabul edilebilir ölçümler elde edildi. Öte yandan 1 mm'lik aralığın kabul edilebilir sayılması, elektronik apeks bulucuların hassasiyetinin olduğundan daha fazla tahmin edilmesine yol açabilir (de Camargo ve diğerleri, 2009; Herrera ve diğerleri, 2011). 1 mm'den fazla farkla sonuçlanan elektronik okumalar, klinik olarak kanalların gereğinden fazla kısa ya da uzun tahmin edilmesine yol açacağından 'kabul edilemez' kategorisinde kabul edilmelidir (Ricucci ve Langeland, 1998). Piasecki ve diğerleri (2018), yaptıkları çalışmada %10'dan daha az kabul edilemez kategorisinde ölçüm yapmışlardır. Benzer şekilde yapılan diğer çalışmalarda da 1 mm'den daha fazla sapma gösteren ölçümler %10'un altındadır (de Vasconcelos ve diğerleri, 2015; Saatchi, Iravani, Akhavan Khaleghi, ve Mortaheb, 2017). Bunun aksine bu çalışmada Propex Pixi cihazı '0.5' noktasında yaptığı ölçümlerde %19,56 kabul edilemez, Woodpecker cihazı %26,8 kabul edilemez ölçüm yaptı. '0.0' noktasında yapılan ölçümlerden 0,5 mm çıkartılarak elde edilen çalışma boyu değerlerine bakıldığında Propex Pixi cihazı %11,95 kabul edilemez, Woodpecker cihazı %16,30 kabul edilemez ölçüm yaptı. Bu farklılığın sebebi bu çalışmada gerçek çalışma boyu (RWL) belirlenirken, ortalama bir değer çıkartmak yerine, gerçek kanal boyundan mikro-BT ile elde edilen gerçek AF-AC arası uzaklığın çıkartılması olabilir.

Mandibular molar dişlerin mesial köklerinde isthmusların ve aksesuar kanal varlığının çok yaygın olması ve kompleks bir anatomiye sahip olmaları birçok çalışmada gösterilmiştir (Gambarini ve diğerleri, 2018; Tahmasbi, Jalali, Nair, Barghan, ve Nair, 2017; Villas-Bôas ve diğerleri, 2011). Mikro-BT kullanılarak mandibular birinci ve ikinci molarların incelendiği bir çalışmada mesial kök kanallarının tutarlı bir anatomik patern göstermediği belirtilmiştir. Araştırmacılar apikal çaplarda çok fazla çeşitlilik görüldüğünü ve apikal üçlüde, 1 mm apikal seviyede bile isthmus varlığının sık gözlemlendiğini belirtmişlerdir (Villas-Bôas ve diğerleri, 2011). Mandibular molar dişlerdeki karışık anatomi ve apikal dallanmanın en sık görüldüğü diş grubu olması sebebiyle bu çalışmada tercih edilmişlerdir. Tahmasbi ve diğerleri (2017), mesial köklerdeki isthmus oranını %69,6 bulmuştur. Bunların %30,3'ünün servikal üçlü bölgesinde, %14,8'inin orta üçlü bölgesinde ve %44,3'ünün apikal üçlü bölgesinde bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu bulguları destekler nitelikte bizim çalışmamızda da, incelenen 46 mandibular molar dişin %91,30'unda isthmus varlığına rastlanmıştır. Bunların %42,85'i servikal üçlüde, %11,90'ı orta üçlüde ve %45,23'ü apikal üçlüde yer almaktadır.

Ancak bu anatomik farklılıkların apeks bulucuların doğruluğunu etkileyip etkilemediğine çok az çalışmada bakılmıştır (Ding, Gutmann, Fan, Lu, ve Chen, 2010; Piasecki ve diğerleri, 2016). Piasecki ve diğerleri (2016), aksesuar kanal ve isthmus varlığının elektronik apeks bulucuların doğruluğunu bir miktar düşürdüğünü ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bulmuşlardır. Benzer şekilde bu çalışmada da, aksesuar kanal olmadığı durumlarda hem '0.0' noktasında, hem '0.5' noktasında hem de '0.0' noktasındaki ölçümlerden 0,5 mm çıkartıldığı zaman değerlendirme yapıldığında 'kabul edilemez' kategorisindeki ölçüm sayısında azalma vardır ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$). Aksesuar kanal varlığı durumunda kabul edilebilir ölçümlerdeki bu azalmanın sebebinin, anatomik karmaşıklıkların debris veya organik doku artıkları tarafından tıkanması ve bunun sonucunda elektronik apeks bulucuların doğruluğunu etkileyebilecek elektriksel iletişimin engellenmesi olması muhtemeldir (de Vasconcelos ve diğerleri, 2015).

Apikal foramenin konumunun aksiyelde veya lateralde olması incelendiği zaman, Pagavino ve diğerlerinin (1998) yaptığı çalışmada, apikal foramenin konumunun lateralde olması Root ZX'in doğruluğunu istatistiksel olarak anlamlı derecede düşürmüştür. Benzer şekilde Piasecki ve diğerleri (2016) de Root ZX ve Apex ID cihazlarının, apikal foramen lateralde

konumlandığı zaman istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla ‘kabul edilemez’ kategorisinde ölçüm yaptıklarını bulmuşlardır. Bunun aksine Ding ve diğerleri (2010), apikal foramen lateralde konumlandığı zaman istatistiksel olarak apikal foramene daha yakın ölçümler yapıldığını bulmuştur. Bununla uyumlu olarak bu çalışmada, her üç ölçüm noktasında da, apikal foramen lokasyonu lateralde konumlandığı zaman ‘kabul edilemez’ kategorisindeki ölçümlerde azalma ve ‘tam’ kategorisindeki ölçümlerde artış görülmüştür ancak bu farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir. Diğer çalışmalarla görülen bu farklılık, analiz edilen diş tipindeki farklılıklarla açıklanabilir. Çünkü diğer çalışmalarda tek köklü dişler kullanılırken, çalışmamızda kompleks anatomik yapıya sahip mandibular molar dişlerin mesial kökleri kullanılmıştır. Bunun yanında farklı elektronik apeks bulucu cihazların karşılaştırılması da bu farkın sebebini açıklayabilir.

Bu zamana kadar apikal konstiksüyonun birçok farklı konum ve şekilde olduğu gösterilmiş (Dummer ve diğerleri, 1984; Kuttler, 1955), hatta her zaman var olmayabileceği sorgulanmıştır (Meder-Cowherd ve diğerleri, 2011; Wu, Wesselink, ve Walton, 2000). Kuttler (1955) yaptığı çalışmada, apikal konstiksüyon ve apikal foramen arası uzaklığın 0,52 mm’den 0,66 mm’ye değişebileceğini göstermiştir. Bundan farklı olarak ElAyouti ve diğerleri (2014), bu mesafeyi ortalama 0,2 mm olarak bulmuştur. Bizim çalışmamızda AF-AC arası ortalama mesafe 0,46 olarak ölçüldü. Çalışmalar arasındaki bu tutarsızlıklar, uzunlamasına veya enine kesitler olmak üzere değerlendirme yöntemlerinin farklı olmasından ya da referans noktalarının farklı alınmasından kaynaklanabilir. Bizim çalışmamızla uyumlu olarak Piasecki ve diğerleri (2018), da mandibular molarları mikro-BT kullanarak inceledikleri çalışmalarında AF-AC arası uzaklığı ortalama 0,46 mm bulmuşlardır. Aynı çalışmada bu uzaklığın 0,5 mm’den fazla ya da az olmasının elektronik apeks bulucuların doğruluğunu etkileyip etkilemediğine bakılmış ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bunun aksine, bizim çalışmamızda ‘0.0’ noktasında yapılan ölçümlerde, AF-AC arası mesafe 0,5 mm’den daha fazlaysa Propex Pixi’nin anlamlı olarak daha fazla ‘tam’ ve ‘kabul edilebilir’ ölçümler yaptığı ($p=0,03$), ‘0.5’ noktasında yapılan ölçümlerde AF-AC arası mesafe 0,5 mm’den fazlaysa Propex Pixi’nin anlamlı olarak daha fazla ‘kabul edilemez’ kategorisinde ölçümler yaptığı ($p=0,005$) bulundu. Bunun bu çalışmada kullanılan yöntemler sınırında mantıklı bir açıklaması yoktur. Bunun için ileri çalışma ve incelemelere ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, AF-AC arası mesafenin uzaması sement birikimi ile olmaktadır. Elektronik apeks bulucuların algoritmik ölçümleri dentin dokusu üzerindeki empedans ve dielektrik alan prensiplerine dayanır. Dentin ve sementin

farklı yapıda olması bu elektrik prensiplerini değiştiriyor olabilir. Dentinin olmadığı, sementin daha yoğun olduğu AF-AC arası mesafenin arttığı vakalarda daha tutarsız veya ‘kabul edilemez’ kategorisinde ölçümlerin elde edilmesi bu sebepten olabilir. Ancak bunun kanıtlanması gerekir. Klinik olarak tespit edilmesi imkansız olan bu mesafenin ve yukarıda açıklanmaya çalışılan aksesuar kanal varlıklarının elektronik ölçümleri etkilediğı, bu çalışmanın sınırları içinde ve önceden yapılan çalışmalarda kanıtlanmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; apeks bulucu ile ölçülen uzunluktan klinik olarak 0,5 mm manuel olarak çıkartılmasının daha kabul edilebilir biyolojik bir yaklaşım olacağı söylenebilir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında dişler üzerinde hem operayon mikroskobu, hem mikro-BT hem de elektronik apeks bulucular kullanılarak çalışma boyu ölçümleri yapıldı. Dişlerin anatomik özelliklerinin ve elektronik apeks bulucuların hangi noktasında ölçüm yapıldığının çalışma boyu tespitine etkileri incelendi. Bu çalışmanın sonuçlarına göre;

1. İki elektronik apeks bulucu cihaz gerçek çalışma boyu ile karşılaştırıldığında, her iki apeks bulucu cihazın gerçek çalışma boyu değerinden anlamlı olarak daha uzun ölçümler yaptığı gözlenmiştir ($p<0,0001$).
2. İki elektronik apeks bulucu cihazın kendi içerisinde farklı noktalarda yaptığı ölçümler gerçek çalışma boyu ile karşılaştırıldığında, iki cihaz da hem '0.5' noktasında yapılan ölçümlerde hem de '0.0' noktasında yapılan ölçümlerden klinik olarak 0,5 mm çıkartıldığı zaman gerçek çalışma boyu değerinden anlamlı olarak farklı değerler bulmuşlardır.
3. Çalışma boyu 1 noktasında yapılan ölçüm ile RWL arasındaki fark Propex Pixi için ortalama 0,466, Woodpecker için ortalama 0,598 mm'dir. Çalışma boyu 2 noktasında yapılan ölçüm ile RWL arasındaki fark Propex Pixi için ortalama 0,153 mm, Woodpecker için ortalama 0,254 mm'dir. Bu farklar istatistiksel olarak anlamlı olsa da, tüm farklar $\pm 0,5$ mm aralığında olduğu için klinik olarak önemsiz kabul edilebilir.
4. İki elektronik apeks bulucu cihazın kendi içerisinde farklı noktalarda yaptığı ölçümler gerçek çalışma boyu altın standart olarak kabul edilip onunla karşılaştırıldığında, her iki cihaz da 'elektronik çalışma boyu 2' noktasında, ('0.0' noktasında ölçülen değerden klinik olarak 0,5 mm çıkartılması) 'elektronik çalışma boyu 1 noktasına göre' ('0.5' noktası) anlamlı olarak daha fazla altın standarda yakın ölçümler yapmışlardır.
5. Kategorik inceleme yapıldığında, 'elektronik çalışma boyu 2' noktasında iki cihazın da 'tam' kategorisinde ($\leq \pm 0,5$ mm) ölçtüğü değerler artarken, 'kabul edilemez' kategorisinde (> 1 mm) ölçtüğü değerler azalmıştır.

6. Kategorik inceleme yapıldığında, Propex Pixi cihazı Woodpecker cihazından her iki çalışma boyu noktasında da daha fazla ‘tam’ ve ‘kabul edilebilir’ ölçüm yaparken, daha az ‘kabul edilemez’ ölçüm yapmıştır.
7. Mikro-BT ile incelenen anatomik özellikler karşılaştırıldığında; her iki elektronik apeks bulucu cihaz aksesuar kanal olmadığı durumlarda daha fazla ‘tam’ ve ‘kabul edilebilir’ ölçümler yapmıştır.
8. Her iki elektronik apeks bulucu cihaz, apikal foramen lateralde konumlandığı zaman daha fazla ‘tam’ ve ‘kabul edilebilir’ ölçüm yaptı.
9. AF-AC arası mesafe 0,5 mm’den daha fazla olduğu zaman ‘çalışma boyu 1’ noktasında yapılan ölçümlerde Propex Pixi cihazı anlamlı olarak daha fazla ‘kabul edilemez’ ölçüm yaptı ($p=0,005$).
10. Propex Pixi cihazı tüm çalışma karşılaştırma noktalarında Woodpecker cihazına göre daha fazla gerçek çalışma boyu değerine yakın sonuçlar verdi. Ancak erişilebilirliği daha kolay olan Woodpecker cihazının yaptığı ölçümler de klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisindedir.
11. Bu çalışmanın sınırları dahilinde, elektronik apeks bulucu cihazlar ile ‘0.0’ noktasında ölçüm yapıp, sonrasında klinik olarak 0,5 mm çıkartmak daha kabul edilebilir sonuçlar vermektedir.

KAYNAKLAR

- Akisue, E., Gavini, G., and Poli de Figueiredo, J. A. (2007). Influence of pulp vitality on length determination by using the elements diagnostic unit and apex locator. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 104(4), 129-132. doi:10.1016/j.tripleo.2007.04.018
- Akisue, E., Gratieri, S. D., Barletta, F. B., Caldeira, C. L., Grazziotin-Soares, R., and Gavini, G. (2014). Not all electronic foramen locators are accurate in teeth with enlarged apical foramina: an in vitro comparison of 5 brands. *Journal of Endodontics*, 40(1), 109-112. doi:10.1016/j.joen.2013.09.032
- Alaçam, T. (1987). Foramen Apikale'nin diş köklerinin anatomik apeksleriyle ilişkisi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 1, 67-74.
- Al-Hadlaq, S. M. (2013). Effect of chloroform, orange solvent and eucalyptol on the accuracy of four electronic apex locators. *Australian Endodontic Journal*, 39(3), 112-115. doi:10.1111/j.1747-4477.2011.00323.x
- Alves, A. M., Felipe, M. C., Felipe, W. T., and Rocha, M. J. (2005). Ex vivo evaluation of the capacity of the Tri Auto ZX to locate the apical foramen during root canal retreatment. *International Endodontic Journal*, 38(10), 718-724. doi:10.1111/j.1365-2591.2005.01007.x
- Arora, R. K., and Gulabivala, K. (1995). An in vivo evaluation of the ENDEX and RCM Mark II electronic apex locators in root canals with different contents. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 79(4), 497-503. doi:10.1016/s1079-2104(05)80135-0
- Aydin, U., Karataslioglu, E., Aksoy, F., ve Yildirim, C. (2015). In vitro evaluation of Root ZX and Raypex 6 in teeth with different apical diameters. *Journal of Conservative Dentistry*, 18(1), 66-69. doi:10.4103/0972-0707.148899
- Azabal, M., Garcia-Otero, D., and de la Macorra, J. C. (2004). Accuracy of the Justy II Apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures. *International Endodontic Journal*, 37(3), 174-177. doi:10.1111/j.0143-2885.2004.00776.x
- Baldi, J. V., Victorino, F. R., Bernardes, R. A., de Moraes, I. G., Bramante, C. M., Garcia, R. B., and Bernardineli, N. (2007). Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locators. *Journal of Endodontics*, 33(4), 476-479. doi:10.1016/j.joen.2006.12.024
- Berkhout, W. E., Sanderink, G. C., and Van der Stelt, P. F. (2002). A comparison of digital and film radiography in Dutch dental practices assessed by questionnaire. *Dentomaxillofacial Radiology*, 31(2), 93-99. doi:10.1038/sj.dmfr.4600669
- Bone, J., and Moule, A. J. (1986). The nature of curvature of palatal canals in maxillary molar teeth. *International Endodontic Journal*, 19(4), 178-186. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1986.tb00474.x

- Briseño-Marroquín, B., Frajlich, S., Goldberg, F., and Willershausen, B. (2008). Influence of instrument size on the accuracy of different apex locators: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 34(6), 698-702. doi:10.1016/j.joen.2008.02.019
- Brown, D. W. P. (2017). Paper points revisited: risk of cellulose fibre shedding during canal length confirmation. *International Endodontic Journal*, 50(6), 620-626. doi:10.1111/iej.12663
- Burch, J. G., and Hulen, S. (1972). The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 34(2), 262-268. doi:10.1016/0030-4220(72)90418-5
- Çalışkan, M. K., Kaval, M. E., ve Tekin, U. (2014). Clinical accuracy of two electronic apex locators in teeth with large periapical lesions. *International Endodontic Journal*, 47(10), 920-925. doi:10.1111/iej.12235
- Carvalho, A. L., Moura-Netto, C., Moura, A. A., Marques, M. M., and Davidowicz, H. (2010). Accuracy of three electronic apex locators in the presence of different irrigating solutions. *Brazilian Oral Research*, 24(4), 394-398. doi:10.1590/s1806-83242010000400004
- Chen, E., Kaing, S., Mohan, H., Ting, S. Y., Wu, J., and Parashos, P. (2011). An ex vivo comparison of electronic apex locator teaching models. *Journal of Endodontics*, 37(8), 1147-1151. doi:10.1016/j.joen.2011.03.032
- Christofzik, D. W., Bartols, A., Khaled, M., Größner-Schreiber, B., and Dörfer, C. E. (2017). The accuracy of the auto-stop function of different endodontic devices in detecting the apical constriction. *BMC Oral Health*, 17(1), 141. doi:10.1186/s12903-017-0425-y
- Chugal, N. M., Clive, J. M., and Spångberg, L. S. (2003). Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 96(1), 81-90. doi:10.1016/s1079-2104(02)91703-8
- Çınar, F., ve Üstün, Y. (2020). Ex vivo evaluation of the accuracy of 3 electronic apex locators in different environments: a micro-computed tomography study. *European Endodontic Journal*, 5(3), 226-230. doi:10.14744/eej.2020.30633
- CJ, G. (1930). Why root canals should be filled to the dentinocemental junction. *The Journal of the American Dental Association*, 17(2), 293-296.
- Connert, T., Judenhofer, M. S., Hülber, J. M., Schell, S., Mannheim, J. G., Pichler, B. J., Löst, C., and ElAyouti, A. (2018). Evaluation of the accuracy of nine electronic apex locators by using Micro-CT. *International Endodontic Journal*, 51(2), 223-232. doi:10.1111/iej.12814
- Custer, L. E. (1918). Exact method of locating the apical foramen. *The Dental Register*, 72(9), 420-425.
- Czerw, R. J., Fulkerson, M. S., and Donnelly, J. C. (1994). An in vitro test of a simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. *Journal of Endodontics*, 20(12), 605-606. doi:10.1016/s0099-2399(06)80086-5

- D'Assunção, F. L., Sousa, J. C., Felinto, K. C., de Medeiros, T. C., Leite, D. T., de Lucena, R. B., and de Oliveira Lima, J. (2014). Accuracy and repeatability of 3 apex locators in locating root canal perforations: an ex vivo study. *Journal of Endodontics*, 40(8), 1241-1244. doi:10.1016/j.joen.2014.02.004
- de Camargo, E. J., Zapata, R. O., Medeiros, P. L., Bramante, C. M., Bernardineli, N., Garcia, R. B., de Moraes, I. G., and Duarte, M. A. (2009). Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. *Journal of Endodontics*, 35(9), 1300-1302. doi:10.1016/j.joen.2009.05.030
- de Vasconcelos, B. C., Veríssimo Chaves, R. D., Vivacqua-Gomes, N., Candeiro, G. T., Bernardes, R. A., Vivan, R. R., and Duarte, M. A. (2015). Ex vivo evaluation of the accuracy of electronic foramen locators in root canals with an obstructed apical foramen. *Journal of Endodontics*, 41(9), 1551-1554. doi:10.1016/j.joen.2015.06.009
- Diemer, F., Plews, E., Georgelin-Gurgel, M., Mishra, L., and Kim, H. C. (2022). Effect of sodium hypochlorite concentration on electronic apex locator reliability. *Materials (Basel)*, 15(3). doi:10.3390/ma15030863
- Dimitrov, S., and Roshkev, D. (2010). Sixth generation adaptive apex locator. *Journal of IMAB-Annual Proceeding (Scientific Papers)*, 15, 75-78.
- Ding, J., Gutmann, J. L., Fan, B., Lu, Y., and Chen, H. (2010). Investigation of apex locators and related morphological factors. *Journal of Endodontics*, 36(8), 1399-1403. doi:10.1016/j.joen.2010.04.006
- Donnelly, J. C. (1993). A simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. *Journal of Endodontics*, 19(11), 579-580. doi:10.1016/s0099-2399(06)81292-6
- Dowker, S. E., Davis, G. R., and Elliott, J. C. (1997). X-ray microtomography: nondestructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 83(4), 510-516. doi:10.1016/s1079-2104(97)90155-4
- Dummer, P. M., McGinn, J. H., and Rees, D. G. (1984). The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *International Endodontic Journal*, 17(4), 192-198. doi:10.1111/j.1365-2591.1984.tb00404.x
- Dunlap, C. A., Remeikis, N. A., BeGole, E. A., and Rauschenberger, C. R. (1998). An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. *Journal of Endodontics*, 24(1), 48-50. doi:10.1016/s0099-2399(98)80214-8.
- Duran-Sindreu, F., Stöber, E., Mercadé, M., Vera, J., Garcia, M., Bueno, R., and Roig, M. (2012). Comparison of in vivo and in vitro readings when testing the accuracy of the Root ZX apex locator. *Journal of Endodontics*, 38(2), 236-239. doi:10.1016/j.joen.2011.10.008
- Ebrahim, A. K., Wadachi, R., and Suda, H. (2006a). Accuracy of three different electronic apex locators in detecting simulated horizontal and vertical root fractures. *Australian Endodontic Journal*, 32(2), 64-69. doi:10.1111/j.1747-4477.2006.00020.x

- Ebrahim, A. K., Wadachi, R., and Suda, H. (2006b). Ex vivo evaluation of the ability of four different electronic apex locators to determine the working length in teeth with various foramen diameters. *Australian Endodontic Journal*, 51(3), 258-262. doi:10.1111/j.1834-7819.2006.tb00439.x
- Ebrahim, A. K., Wadachi, R., and Suda, H. (2007). Electronic apex locators —A review. *Journal of Medical and Dental Sciences*, 54, 125-136.
- Ebrahim, A. K., Yoshioka, T., Kobayashi, C., and Suda, H. (2006). The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged root canals: an in vitro study. *Australian Endodontic Journal*, 51(2), 153-157. doi:10.1111/j.1834-7819.2006.tb00419.x
- ElAyouti, A., Hülber, J. M., Judenhofer, M. S., Connert, T., Mannheim, J. G., Löst, C., Pichler, B. J. and von Ohle, C. (2014). Apical constriction: location and dimensions in molars-a micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics*, 40(8), 1095-1099. doi:10.1016/j.joen.2013.12.002
- ElAyouti, A., Kimionis, I., Chu, A. L., and Löst, C. (2005). Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: a comparative ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 38(11), 827-833. doi:10.1111/j.1365-2591.2005.01024.x
- Endodontists, A. A. O. (2020). Glossary of Endodontic Terms (10 ed.). Chicago: American Association of Endodontists.
- Er, O., Uzun, O., Ustun, Y., Canakcı, B. C., ve Yalpi, F. (2013). Effect of solvents on the accuracy of the Mini Root ZX apex locator. *International Endodontic Journal*, 46(11), 1088-1095. doi:10.1111/iej.12111
- Farrier, S. L., Drage, N. A., Newcombe, R. G., Hayes, S. J., and Dummer, P. M. (2009). A comparative study of image quality and radiation exposure for dental radiographs produced using a charge-coupled device and a phosphor plate system. *International Endodontic Journal*, 42(10), 900-907. doi:10.1111/j.1365-2591.2009.01593.x
- Ferreira, I., Braga, A. C., and Pina-Vaz, I. (2019). The precision of propex pixi with different instruments and coronal preflaring procedures. *European Endodontic Journal*, 4(2), 75-79. doi:10.14744/eej.2019.52724
- Fuss, Z., Assooline, L. S., and Kaufman, A. Y. (1996). Determination of location of root perforations by electronic apex locators. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 82(3), 324-329. doi:10.1016/s1079-2104(96)80361-1
- Gambarini, G., Ropini, P., Piasecki, L., Costantini, R., Carneiro, E., Testarelli, L., and Dummer, P. M. H. (2018). A preliminary assessment of a new dedicated endodontic software for use with CBCT images to evaluate the canal complexity of mandibular molars. *International Endodontic Journal*, 51(3), 259-268. doi:10.1111/iej.12845
- Gehlot, P. M., Manjunath, V., and Manjunath, M. K. (2016). An in vitro evaluation of the accuracy of four electronic apex locators using stainless-steel and nickel-titanium hand files. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 41(1), 6-11. doi:10.5395/rde.2016.41.1.6

- Goldberg, F., Marroquín, B. B., Frajlích, S., and Dreyer, C. (2005). In vitro evaluation of the ability of three apex locators to determine the working length during retreatment. *Journal of Endodontics*, 31(9), 676-678. doi:10.1097/01.don.0000155226.03483.ff
- Gordon, M. P., and Chandler, N. P. (2004). Electronic apex locators. *International Endodontic Journal*, 37(7), 425-437. doi:10.1111/j.1365-2591.2004.00835.x
- Green, D. (1960). Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 13, 728-733. doi:10.1016/0030-4220(60)90373-x
- Guerreiro-Tanomaru, J. M., Croti, H. R., Silva, G. F., Faria, G., and Tanomaru-Filho, M. (2012). Tooth embedding medium influences the accuracy of electronic apex locator. *Acta Odontológica Latinoamericana*, 25(2), 214-217.
- Herrera, M., Ábalos, C., Lucena, C., Jiménez-Planas, A., and Llamas, R. (2011). Critical diameter of apical foramen and of file size using the Root ZX apex locator: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 37(9), 1306-1309. doi:10.1016/j.joen.2011.05.007
- Herrera, M., Abalos, C., Planas, A. J., and Llamas, R. (2007). Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. *Journal of Endodontics*, 33(8), 995-998. doi:10.1016/j.joen.2007.05.009
- Himel, V. T., and Cain, C. (1993). An evaluation of two electronic apex locators in a dental student clinic. *Quintessence International*, 24(11), 803-806.
- Hounsfield, G. N. (1973). Computerized transverse axial scanning (tomography). 1. Description of system. *British Journal of Radiology*, 46(552), 1016-1022. doi:10.1259/0007-1285-46-552-1016
- Hulsmann, M., and Pieper, K. (1989). Use of an electronic apex locator in the treatment of teeth with incomplete root formation. *Endodontics & Dental Traumatology*, 5(5), 238-241. doi:10.1111/j.1600-9657.1989.tb00368.x
- Iizuka, H., Hasegawa, K., Takei, M., Kato, Y., Nihei, M., and Ohashi, M. (1987). A study on electric method for measuring root canal length. *The Journal of Nihon University School of Dentistry*, 29(4), 278-286. doi:10.2334/josnurd1959.29.278
- Jain, P. (2016). Determination of working length. *Current Therapy in Endodontics*, 87-110.
- Jenkins, J. A., Walker, W. A., 3rd, Schindler, W. G., and Flores, C. M. (2001). An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. *Journal of Endodontics*, 27(3), 209-211. doi:10.1097/00004770-200103000-00018
- Jung, I. Y., Yoon, B. H., Lee, S. J., and Lee, S. J. (2011). Comparison of the reliability of "0.5" and "APEX" mark measurements in two frequency-based electronic apex locators. *Journal of Endodontics*, 37(1), 49-52. doi:10.1016/j.joen.2010.08.048
- Jung, M., Lommel, D., and Klimek, J. (2005). The imaging of root canal obturation using micro-CT. *International Endodontic Journal*, 38(9), 617-626. doi:10.1111/j.1365-2591.2005.00990.x

- Kaufman, A. Y., Fuss, Z., Keila, S., and Waxenberg, S. (1997). Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations in vitro. *International Endodontic Journal*, 30(6), 403-407. doi:10.1046/j.1365-2591.1997.00107.x
- Kaufman, A. Y., Keila, S., and Yoshpe, M. (2002). Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *International Endodontic Journal*, 35(2), 186-192. doi:10.1046/j.1365-2591.2002.00468.x
- Keller, M. E., Brown, C. E., Jr., and Newton, C. W. (1991). A clinical evaluation of the Endocater--an electronic apex locator. *Journal of Endodontics*, 17(6), 271-274. doi:10.1016/s0099-2399(06)81865-0
- Khattak, O., Raidullah, E., and Francis, M. L. (2014). A comparative assessment of the accuracy of electronic apex locator (Root ZX) in the presence of commonly used irrigating solutions. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 6(1), e41-46. doi:10.4317/jced.51230
- Kim, E., and Lee, S. J. (2004). Electronic apex locator. *Dental Clinics of North America*, 48(1), 35-54. doi:10.1016/j.cden.2003.10.005
- Kim, E., Marmo, M., Lee, C. Y., Oh, N. S., and Kim, I. K. (2008). An in vivo comparison of working length determination by only root-ZX apex locator versus combining root-ZX apex locator with radiographs using a new impression technique. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 105(4), 79-83. doi:10.1016/j.tripleo.2007.12.009
- Kobayashi, C. (1995). Electronic canal length measurement. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 79(2), 226-231. doi:10.1016/s1079-2104(05)80288-4
- Kobayashi, C., and Suda, H. (1994). New electronic canal measuring device based on the ratio method. *Journal of Endodontics*, 20(3), 111-114. doi:10.1016/s0099-2399(06)80053-1
- Kolanu, S. K., Bolla, N., Varri, S., Thummu, J., Vemuri, S., and Mandava, P. (2014). Evaluation of correlation between apical diameter and file size using propex pixi apex locator. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 8(12), Zc18-20. doi:10.7860/jcdr/2014/9307.5247
- Koppang, H. S., Koppang, R., Solheim, T., Aarnes, H., and Stølen, S. O. (1989). Cellulose fibers from endodontic paper points as an etiological factor in postendodontic periapical granulomas and cysts. *Journal of Endodontics*, 15(8), 369-372. doi:10.1016/s0099-2399(89)80075-5
- Kovacević, M., and Tamarut, T. (1998). Influence of the concentration of ions and foramen diameter on the accuracy of electronic root canal length measurement--an experimental study. *Journal of Endodontics*, 24(5), 346-351. doi:10.1016/s0099-2399(98)80132-5
- Kuttler, Y. (1955). Microscopic investigation of root apices. *The Journal of the American Dental Association*, 50(5), 544-552. doi:10.14219/jada.archive.1955.0099

- Kuttler, Y. (1958). A precision and biologic root canal filling technic. *The Journal of the American Dental Association*, 56(1), 38-50. doi:10.14219/jada.archive.1958.0024
- Lee, S. J., Nam, K. C., Kim, Y. J., and Kim, D. W. (2002). Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit. *Journal of Endodontics*, 28(10), 706-709. doi:10.1097/00004770-200210000-00007
- León-López, M., Cabanillas-Balsera, D., Areal-Quecuty, V., Martín-González, J., Jiménez-Sánchez, M. C., Saúco-Márquez, J. J., Sánchez-Domínguez, B. and Segura-Egea, J. J. (2021). Influence of coronal preflaring on the accuracy of electronic working length determination: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 10(13). doi:10.3390/jcm10132760
- Lucena-Martín, C., Robles-Gijón, V., Ferrer-Luque, C. M., and de Mondelo, J. M. (2004). In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. *Journal of Endodontics*, 30(4), 231-233. doi:10.1097/00004770-200404000-00012
- Malkhassian, G., Plazas, A., and Nahmias, Y. (2012). Electronic apex locators and conventional radiograph in working length measurement. *Endodontic Radiology* 218-234.
- Martins, J. N., Marques, D., Mata, A., and Caramês, J. (2014). Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. *Journal of Endodontics*, 40(6), 759-777. doi:10.1016/j.joen.2014.03.011
- Martos, J., Lubian, C., Silveira, L. F., Suita de Castro, L. A., and Ferrer Luque, C. M. (2010). Morphologic analysis of the root apex in human teeth. *Journal of Endodontics*, 36(4), 664-667. doi:10.1016/j.joen.2010.01.014
- Mayeda, D. L., Simon, J. H., Aimar, D. F., and Finley, K. (1993). In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *Journal of Endodontics*, 19(11), 545-548. doi:10.1016/s0099-2399(06)81283-5
- McDonald, N. J. (1992). The electronic determination of working length. *Dental Clinics of North America*, 36(2), 293-307. doi:https://doi.org/10.1016/S0011-8532(22)02497-1
- Meder-Cowherd, L., Williamson, A. E., Johnson, W. T., Vasilescu, D., Walton, R., and Qian, F. (2011). Apical morphology of the palatal roots of maxillary molars by using micro-computed tomography. *Journal of Endodontics*, 37(8), 1162-1165. doi:10.1016/j.joen.2011.05.012
- Meredith, N., and Gulabivala, K. (1997). Electrical impedance measurements of root canal length. *Endodontics & Dental Traumatology*, 13(3), 126-131. doi:10.1111/j.1600-9657.1997.tb00025.x
- Mirfendereski, M., and Peters, O. (2012). Micro-computed tomography in endodontic research. *Endodontic Radiology*, 278-284.
- Mizutani, T., Ohno, N., and Nakamura, H. (1992). Anatomical study of the root apex in the maxillary anterior teeth. *Journal of Endodontics*, 18(7), 344-347. doi:10.1016/s0099-2399(06)80486-3

- Nahmias, Y., Aurelio, J. A., and Gerstein, H. (1987). An in vitro model for evaluation of electronic root canal length measuring devices. *Journal of Endodontics*, 13(5), 209-214. doi:10.1016/s0099-2399(87)80092-4
- Nasiri, K., and Wrbas, K. T. (2022). Accuracy of different generations of apex locators in determining working length; a systematic review and meta-analysis. *The Saudi Dental Journal*, 34(1), 11-20. doi:10.1016/j.sdentj.2021.09.020
- Nazari Moghaddam, K., Nazari, S., Shakeri, L., Honardar, K., and Mirmotalebi, F. (2010). In vitro detection of simulated apical root perforation with two electronic apex locators. *Iranian Endodontic Journal*, 5(1), 23-26.
- Nazarimoghaddam, K., and Labaf, H. (2013). Evaluation of two new electronic apex-locator-controlled handpieces using a niti rotary file: An in vitro study. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 10(6), 501-505.
- Nekoofar, M. H., Ghandi, M. M., Hayes, S. J., and Dummer, P. M. (2006). The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *International Endodontic Journal*, 39(8), 595-609. doi:10.1111/j.1365-2591.2006.01131.x
- Nguyen, H. Q., Kaufman, A. Y., Komorowski, R. C., and Friedman, S. (1996). Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. *International Endodontic Journal*, 29(6), 359-364. doi:10.1111/j.1365-2591.1996.tb01398.x
- Nielsen, R. B., Alyassin, A. M., Peters, D. D., Carnes, D. L., and Lancaster, J. (1995). Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *Journal of Endodontics*, 21(11), 561-568. doi:10.1016/s0099-2399(06)80986-6
- Olson, A. K., Goerig, A. C., Cavataio, R. E., and Luciano, J. (1991). The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen. *International Endodontic Journal*, 24(1), 28-35. doi:10.1111/j.1365-2591.1991.tb00867.x
- Ounsi, H. F., and Naaman, A. (1999). In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. *International Endodontic Journal*, 32(2), 120-123. doi:10.1046/j.1365-2591.1999.00202.x
- Ove A. Peters, C. I. P., Bettina Basrani (2016). Working Length Determination. In L. H. B. Kenneth M. Hargreaves, Ilan Rotstein (Ed.), *Cohen's Pathways of The Pulp* (11th ed., pp. 237-238), Elsevier.
- Pagavino, G., Pace, R., and Baccetti, T. (1998). A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics*, 24(6), 438-441. doi:10.1016/s0099-2399(98)80029-0
- Piasecki, L., Carneiro, E., da Silva Neto, U. X., Westphalen, V. P., Brandão, C. G., Gambarini, G., and Azim, A. A. (2016). The use of micro-computed tomography to determine the accuracy of 2 electronic apex locators and anatomic variations affecting their precision. *Journal of Endodontics*, 42(8), 1263-1267. doi:10.1016/j.joen.2016.04.024

- Piasecki, L., Carneiro, E., Fariniuk, L. F., Westphalen, V. P., Fiorentin, M. A., and da Silva Neto, U. X. (2011). Accuracy of Root ZX II in locating foramen in teeth with apical periodontitis: an in vivo study. *Journal of Endodontics*, 37(9), 1213-1216. doi:10.1016/j.joen.2011.06.006
- Piasecki, L., José Dos Reis, P., Jussiani, E. I., and Andrello, A. C. (2018). A micro-computed tomographic evaluation of the accuracy of 3 electronic apex locators in curved canals of mandibular molars. *Journal of Endodontics*, 44(12), 1872-1877. doi:10.1016/j.joen.2018.09.001
- Pineda, F., and Kuttler, Y. (1972). Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7,275 root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 33(1), 101-110. doi:10.1016/0030-4220(72)90214-9
- Plotino, G., Grande, N. M., Brigante, L., Lesti, B., and Somma, F. (2006). Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex. *International Endodontic Journal*, 39(5), 408-414. doi:10.1111/j.1365-2591.2006.01095.x
- Pommer, O., Stamm, O., and Attin, T. (2002). Influence of the canal contents on the electrical assisted determination of the length of root canals. *Journal of Endodontics*, 28(2), 83-85. doi:10.1097/00004770-200202000-00008
- Ponce, E. H., and Vilar Fernández, J. A. (2003). The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *Journal of Endodontics*, 29(3), 214-219. doi:10.1097/00004770-200303000-00013
- Ravanshad, S., Adl, A., and Anvar, J. (2010). Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. *Journal of Endodontics*, 36(11), 1753-1756. doi:10.1016/j.joen.2010.08.017
- Ricucci, D., and Langeland, K. (1998). Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *International Endodontic Journal*, 31(6), 394-409. doi:10.1046/j.1365-2591.1998.00183.x
- Saatchi, M., Iravani, S., Akhavan Khaleghi, M., and Mortaheb, A. (2017). Influence of root canal curvature on the accuracy of root ZX electronic foramen locator: An in vitro study. *Iranian Endodontic Journal*, 12(2), 173-178. doi:10.22037/iej.2017.34
- Sadeghi, S., and Abolghasemi, M. (2008). The effect of file size on the accuracy of the raypex 5 apex locator: an in vitro study. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 2(1), 24-27. doi:10.5681/joddd.2008.005
- Saxena, D., Saha, S. G., Bharadwaj, A., Vijaywargiya, N., Dubey, S., and Kala, S. (2017). A comparative evaluation of accuracy of three electronic apex locators using histological section as gold standard: An ex vivo study. *Journal of Conservative Dentistry*, 20(4), 251-254. doi:10.4103/jcd.Jcd_175_16
- Schaeffer, M. A., White, R. R., and Walton, R. E. (2005). Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. *Journal of Endodontics*, 31(4), 271-274. doi:10.1097/01.don.0000140585.52178.78

- Schell, S., Judenhofer, M. S., Mannheim, J. G., Hülber, J. M., Löst, C., Pichler, B. J., and ElAyouti, A. (2017). Validity of longitudinal sections for determining the apical constriction. *International Endodontic Journal*, 50(7), 706-712. doi:10.1111/iej.12670
- Schilder, H. (2006). Filling root canals in three dimensions. 1967. *Journal of Endodontics*, 32(4), 281-290. doi:10.1016/j.joen.2006.02.007
- Schulze, R., Heil, U., Gross, D., Bruellmann, D. D., Dranischnikow, E., Schwanecke, U., and Schoemer, E. (2011). Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 40(5), 265-273. doi:10.1259/dmfr/30642039
- Segato, A. V. K., Piasecki, L., Felipe Iparraguirre Nuñovero, M., da Silva Neto, U. X., Westphalen, V. P. D., Gambarini, G., and Carneiro, E. (2018). The accuracy of a new cone-beam computed tomographic software in the preoperative working length determination ex vivo. *Journal of Endodontics*, 44(6), 1024-1029. doi:10.1016/j.joen.2018.02.027
- Seidberg, B. H., Alibrandi, B. V., Fine, H., and Logue, B. (1975). Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. *The Journal of the American Dental Association*, 90(2), 379-387. doi:10.14219/jada.archive.1975.0059
- Şen, Ö. G. (2017). Endodontide çalışma boyunun doğruluğunu araştırmada kullanılan yöntemler. *Türkiye Klinikleri Endodontics - Special Topics*, 3(1), 38-41.
- Serna-Peña, G., Gomes-Azevedo, S., Flores-Treviño, J., Madla-Cruz, E., Rodríguez-Delgado, I., and Martínez-González, G. (2020). In vivo evaluation of 3 electronic apex locators: Root ZX mini, apex ID, and propex pixi. *Journal of Endodontics*, 46(2), 158-161. doi:10.1016/j.joen.2019.10.035
- Shabahang, S., Goon, W. W., and Gluskin, A. H. (1996). An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics*, 22(11), 616-618. doi:10.1016/s0099-2399(96)80033-1
- Shanmugaraj, M., Nivedha, R., Mathan, R., and Balagopal, S. (2007). Evaluation of working length determination methods: an in vivo / ex vivo study. *Indian Journal of Dental Research*, 18(2), 60-62. doi:10.4103/0970-9290.32421
- Shin, H. S., Yang, W. K., Kim, M. R., Ko, H. J., Cho, K. M., Park, S. H., and Kim, J. W. (2012). Accuracy of Root ZX in teeth with simulated root perforation in the presence of gel or liquid type endodontic irrigant. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 37(3), 149-154. doi:10.5395/rde.2012.37.3.149
- Stein, T. J., and Corcoran, J. F. (1992). Radiographic "working length" revisited. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 74(6), 796-800. doi:10.1016/0030-4220(92)90412-j
- Stock, C. (1994). Endodontics--position of the apical seal. *British Dental Journal*, 176(9), 329. doi:10.1038/sj.bdj.4808442

- Suchde, R. V., and Talim, S. T. (1977). Electronic ohmmeter. An electronic device for the determination of the root canal length. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 43(1), 141-150. doi:10.1016/0030-4220(77)90365-6
- Sunada, I. (1962). New method for measuring the length of the root canal. *Journal of Dental Research*, 41(2), 375-387. doi:10.1177/00220345620410020801
- Swati, M., Sonia, L., Mehak, Abhishek, S., Kriti, G., and Gautam, A. (2020). Apex locator - booster to dentist : literature review. *Journal of Current Medical Research and Opinion*, 3(07). doi:10.15520/jcmro.v3i07.308
- Tachibana, H., and Matsumoto, K. (1990). Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endodontics & Dental Traumatology*, 6(1), 16-20. doi:10.1111/j.1600-9657.1990.tb00381.x
- Tahmasbi, M., Jalali, P., Nair, M. K., Barghan, S., and Nair, U. P. (2017). Prevalence of middle mesial canals and isthmi in the mesial root of mandibular molars: An in vivo cone-beam computed tomographic study. *Journal of Endodontics*, 43(7), 1080-1083. doi:10.1016/j.joen.2017.02.008
- Tamse, A., Kaffe, I., and Fishel, D. (1980). Zygomatic arch interference with correct radiographic diagnosis in maxillary molar endodontics. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 50(6), 563-566. doi:10.1016/0030-4220(80)90441-7
- Tınaz, A. C. (2012). Kök Kanal Tedavisinde Çalışma Boyunun Belirlenmesi. In T. Alaçam (Ed.), *Endodonti* (pp. 515-528), Ankara.
- Tinaz, A. C., Alaçam, T., ve Topuz, O. (2002). A simple model to demonstrate the electronic apex locator. *International Endodontic Journal*, 35(11), 940-945. doi:10.1046/j.1365-2591.2002.00576.x
- Tinaz, A. C., Maden, M., Aydın, C., ve Türköz, E. (2002). The accuracy of three different electronic root canal measuring devices: An in vitro evaluation. *Journal of Oral Science*, 44(2), 91-95. doi:10.2334/josnusd.44.91
- Tinaz, A. C., Sevimli, L. S., Görgül, G., ve Türköz, E. G. (2002). The effects of sodium hypochlorite concentrations on the accuracy of an apex locating device. *Journal of Endodontics*, 28(3), 160-162. doi:10.1097/00004770-200203000-00004
- Tınaz, C. (2000). Elektrik ileten ana kon guta perkanın in vitro ve in vivo doğruluğunun incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2, 23-29.
- Tinaz, C. (2001). Kanal tedavisinde çalışma boyutu. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 18(1), 31-37. doi:https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazidis/issue/27801/293908
- Topuz, O., Uzun, O., Tinaz, A. C., ve Sadik, B. (2007). Accuracy of the apex locating function of TCM Endo V in simulated conditions: a comparison study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 103(3), e73-76. doi:10.1016/j.tripleo.2006.09.004

- Tufenkci, P., ve Kalaycı, A. (2020). Evaluation of the accuracy of different apex locators in determining the working length during root canal retreatment. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 14(2), 125-129. doi:10.34172/joddd.2020.026
- Üstün, Y., Aslan, T., Şekerci, A. E., ve Sağsen, B. (2016). Evaluation of the reliability of cone-beam computed tomography scanning and electronic apex locator measurements in working length determination of teeth with large periapical lesions. *Journal of Endodontics*, 42(9), 1334-1337. doi:10.1016/j.joen.2016.06.010
- Ustun, Y., Uzun, O., Er, O., Canakcı, B. C., ve Topuz, O. (2015). The effect of residual calcium hydroxide on the accuracy of a contemporary electronic apex locator. *Acta Odontologica Scandinavica*, 73(2), 132-136. doi:10.3109/00016357.2014.961027
- Uzun, O., Topuz, O., Tinaz, C., Nekoofar, M. H., and Dummer, P. M. (2008). Accuracy of two root canal length measurement devices integrated into rotary endodontic motors when removing gutta-percha from root-filled teeth. *International Endodontic Journal*, 41(9), 725-732. doi:10.1111/j.1365-2591.2008.01416.x
- Uzunoglu, E., Eymirli, A., Uyanik, M., Çaltı, S., ve Nagas, E. (2015). Calcium hydroxide dressing residues after different removal techniques affect the accuracy of Root-ZX apex locator. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 40(1), 44-49. doi:10.5395/rde.2015.40.1.44
- Versiani, M. A., Cavalcante, D. M., Belladonna, F. G., Silva, E., Souza, E. M., and De-Deus, G. (2022). A critical analysis of research methods and experimental models to study dentinal microcracks. *International Endodontic Journal*, 55(1), 178-226. doi:10.1111/iej.13660
- Vieyra, J. P., and Acosta, J. (2011). Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. *International Endodontic Journal*, 44(6), 510-518. doi:10.1111/j.1365-2591.2011.01855.x
- Villas-Bôas, M. H., Bernardineli, N., Cavenago, B. C., Marciano, M., Del Carpio-Perochena, A., de Moraes, I. G., Duarte, M. H., Bramante, C. M., and Ordinola-Zapata, R. (2011). Micro-computed tomography study of the internal anatomy of mesial root canals of mandibular molars. *Journal of Endodontics*, 37(12), 1682-1686. doi:10.1016/j.joen.2011.08.001
- Walton, R. (2008). Endodontic Radiography. In *Ingle's Endodontics* (6th ed.). Hamilton, Canada: BC Decker Inc.
- Wenzel, A., and Møystad, A. (2001). Experience of Norwegian general dental practitioners with solid state and storage phosphor detectors. *Dentomaxillofacial Radiology*, 30(4), 203-208. doi:10.1038/sj.dmfr.4600613
- Wrbas, K. T., Ziegler, A. A., Altenburger, M. J., and Schirrmeister, J. F. (2007). In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locators. *International Endodontic Journal*, 40(2), 133-138. doi:10.1111/j.1365-2591.2006.01199.x

- Wu, M. K., Wesselink, P. R., and Walton, R. E. (2000). Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 89(1), 99-103. doi:10.1016/s1079-2104(00)80023-2
- Yolagiden, M., Ersahan, S., Suyun, G., Bilgeç, E., ve Aydın, C. (2018). Comparison of four electronic apex locators in detecting working length: An ex vivo study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 19(12), 1427-1433.







EK-1. Etik Kurul Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 13.08.2020-E.18961



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Diş Hekimliği Fakültesi
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu



Sayı : 21071282-050.99-
Konu : Etik Kurul

Sayın Prof. Dr. Ali Cemal TINAZ
Endodonti Anabilim Dalı Başkanlığına

Fakültemiz Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna, etik açıdan değerlendirmek üzere göndermiş olduğunuz "Mandibular Mesial Kanallarda, İki Farklı Elektronik Apeks Bulucu Doğruluğunun, Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak Değerlendirilmesi" konulu çalışma, Etik Kurulumuz tarafından incelenmiş ve araştırma etiği açısından uygun bulunmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

e-imzalıdır
Prof. Dr. Nur MOLLAOĞLU
Kurul Başkanı

Önemli Not: Sağlık Bakanlığına başvuruda bulunacak çalışmaların, Kurulumuz tarafından incelenmiş ve onaylanmış "**Değerlendirilen Belgeler**" kısmında belirtilmiş olan **Tarih ve Versiyon/Revizyon numaralarının** yazılması gerekmektedir. Aksi takdirde Sağlık Bakanlığına teslim edilen belgelerde Tarih ve Versiyon/Revizyon numaralarında uyumsuzluk yaşanmaktadır ve bu nedenle dosyalar reddedilmektedir. Bu konuya önem verilmesi bilgilerinize sunulur.

Ek: Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Karar Formu (3 Sayfa)/Elden Teslim Edilecektir.



Evrak Doğrulamak İçin: <https://belgedogrulama.gazi.edu.tr/BelgeDogrulama.aspx>
Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Biskek Cad. No:4 kat 1 Emek/Ankara
Tel:0 (312) 203 40 00 Faks:0 (312) 223 92 26
e-Posta: dybilisim@gazi.edu.tr İnternet Adresi: <http://dcn.gazi.edu.tr>

Pin: 01991
Bilgi için :N. Cihan Ünay
Birim Evrak Sorumlusu
Telefon No:0312) 203.40.69

Bu belge, 5070 Sayılı Elektronik İmza Kanununa göre oluşturulmuş Elektronik İmza ile imzalanmıştır. (Pın 01991)

EK-1. (devam) Etik Kurul Onayı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		Prof. Dr. Ali Cemal TINAZ tarafından gönderilen "Mandibular Mesial Kanallarda İki Farklı Elektronik Apeks Bulucu Doğruluğunun, Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak Değerlendirilmesi" konulu çalışmanın kabulüne.		
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU				
ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu		
	AÇIK ADRESİ:			
	TELEFON			
	FAKS			
	E-POSTA			
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Prof. Dr. Ali Cemal TINAZ		
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Endodonti Anabilim Dalı Başkanlığı		
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi		
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI			
	DESTEKLEYİCİ			
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)			
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ			
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	☐	
		FAZ 2	☐	
		FAZ 3	☐	
		FAZ 4	☐	
		Gözlemsel ilaç çalışması	☐	
		Tıbbi cihaz klinik araştırması	☐	
		İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları	☐	
		İlaç dışı klinik araştırma	☒	
Diğer ise belirtiniz				
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☒	ULUSLARARASI ☐

EK-1. (devam) Etik Kurul Onayı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Prof. Dr. Ali Cemal TINAZ tarafından gönderilen "Mandibular Mesial Kanallarda, İki Farklı Elektronik Apeks Bulucu Doğruluğunun, Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak Değerlendirilmesi" konulu çalışmanın kabulüne.
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
		ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	24.07.2020	VERSİYON 1
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	24.07.2020	VERSİYON 1	Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	OLGU RAPOR FORMU	24.07.2020	VERSİYON 1	Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ	-	-	Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐

DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Açıklama
		SİGORTA	☐
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☒	24.07.2020- VERSİYON 1
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	☐	
	İLAN	☐	
	YILLIK BİLDİRİM	☐	
	SONUÇ RAPORU	☐	
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐	
	DİĞER:	☐	

KARAR BİLGİLERİ	Karar No: GÜDHKA EK. 2020.17/3	Tarih: 13.08.2020
Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplanmaya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.		

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Nur MOLLAOĞLU

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile İlişki	Katılım *	İmza
Prof. Dr. Tayfun ALAÇAM	Endodonti	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E	
Prof. Dr. Nur MOLLAOĞLU (Etik Kurul Başkanı)	Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☐	E	
Prof. Dr. Hülya ERTEN	Restoratif Diş Tedavisi	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☐	E	
Prof. Dr. Burcu BALOŞ TUNCER	Ortodonti	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☐	E	
Prof. Dr. Şebnem GÜLEN	Fizyoloji	Ufuk Ü. Tıp Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☐	E	
Prof. Dr. Mesut Enes ODABAŞ	Pedodonti	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E	
Prof. Dr. Orhan Mecit ULUDAĞ	Farmakoloji	Gazi Ü. Eczacılık Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E	
Doç. Dr. Ferhan EĞİLMEZ (Üniversitemizden emekli olan üye)	Protetik Diş Tedavisi	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E	
Doç. Dr. Burcu ÖZDEMİR (Etik kurul başkan yardımcısı)	Periodontoloji	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☐	E	

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

EK-1. (devam) Etik Kurul Onayı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		Prof. Dr. Ali Cemal TINAZ tarafından gönderilen "Mandibular Mesial Kanallarda, İki Farklı Elektronik Apeks Bulucu Doğruluğunun, Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak Değerlendirilmesi" konulu çalışmanın kabulüne.						
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU								
Doç. Dr. Benay YILDIRIM	Oral Patoloji	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☐	E ☐	H ☒
Dr. Öğr. Üyesi Hakan TÖZÜN	Halk Sağlığı	Gazi Ü. Tıp Fakültesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐
Av. Efe AYAZ	Avukat	Serbest Avukat	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐
İlker YAVUZ	Fotoğraf Eğitmeni	-	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☐

*:Toplantıda Bulunma

dır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TURHAN, Zübeyde Gökçe
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Uzmanlık	Gazi Üniversitesi/ Dış Hekimliği Fakültesi	Devam ediyor
Lisans	İstanbul Üniversitesi / Dış Hekimliği Fakültesi	2018
Lise	Özel Antalya Fen Lisesi	2013

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2019-Halen	Gazi Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Voleybol Oynamak, kitap okumak

Bildiriler

Turhan, Z. G., Kaplan, G., and Tınaz, A. C. (2022, 19-22 Mayıs). Dış hekimlerinin lastik örtü kullanımı ve pandemi: Anket çalışması. Türk Endodonti Derneği 9. Uluslararası Endodonti Sempozyumu, Mardin, Türkiye.

Kaplan, G., Turhan, Z. G., Tınaz, A. C. (2022, 19-22). *Farklı eğe tiplerinde Dual Move-Dual Pex'in çalışma uzunluğu doğruluğu*. Türk Endodonti Derneği 9. Uluslararası Endodonti Sempozyumu, Mayıs Mardin, Türkiye



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..

