



**T.C
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

**İKİ FARKLI TİPTE ELEKTRONİK APEX LOCATORIN
ÇEŞİTLİ ÇAPTA FİZYOLOJİK FORAMENE SAHİP
DİŞLERDE KÖK KANALLARI KURU İKEN VE NaOCI
İLE DOLU İKEN FARKLI TİPTE VE ÇAPTAKİ KÖK
KANALI ALETLERİ KULLANILARAK
DOĞRULUKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dt. MELİH BAYRAKCI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. GÜNDÜZ BAYIRLI**

İSTANBUL-2012



**T.C
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

**İKİ FARKLI TİPTE ELEKTRONİK APEX LOCATORIN
ÇEŞİTLİ ÇAPTA FİZYOLOJİK FORAMENE SAHİP
DİŞLERDE KÖK KANALLARI KURU İKEN VE NaOCI
İLE DOLU İKEN FARKLI TİPTE VE ÇAPTAKİ KÖK
KANALI ALETLERİ KULLANILARAK
DOĞRULUKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dt. MELİH BAYRAKCI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. GÜNDÜZ BAYIRLI**

İSTANBUL-2012

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Yüksek Lisans (Doktora) öğrencisi Dt. Melih Bayrakçı'nın çalışması jürimiz tarafından Endodonti Anabilim Dalı Doktora tezi olarak uygun görülmüştür.

Tez Danışmanı	: Prof. Dr. Gündüz Bayırlı	İMZA
Üniversite	: Yeditepe Üniversitesi
Üye	:	
Üniversite	:
Üye	:	
Üniversite	:
Üye	:	
Üniversite	:
Üye	:	
Üniversite	:

ONAY

Yukarıdaki Jüri kararı Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Selçuk YILMAZ
Müdür

I. TEŞEKKÜR

Öğrencilik ve doktora eğitimim boyunca, bilgisi ve becerisi ile bana yol gösteren, disiplinini, ilgi ve sevgisini devamlı üzerimde hissettiğim, öğrencisi olmaktan her zaman onur ve mutluluk duyduğum, değerli hocam **Prof. Dr. Gündüz Bayırlı** 'ya

Gerek öğrencilik ve doktora eğitimim sırasında, gerekse tezimin tüm aşamalarında bana her konuda yardım eden, benim için her zaman vakit ayıran, sevgili hocam **Doç. Dr. Mehmet Baybora Kayahan** 'a

Öğrencilik ve doktora hayatım boyunca üzerimde oldukça emekleri geçen, ablam gibi sevdiğim değerli hocalarım **Doç. Dr. Figen Kaptan** 'a, **Doç. Dr. Jale Tanalp** 'e **Yrd. Doç. Dr. Hakkı Sunay** ve **Yrd. Doç. Dr. Meriç Karapınar Kazandağ** 'a,

Yrd. Doç. Dr. Betül Özçapur 'a **Dr. Müzeyyen Gerek** 'e **Dr. Esra Pamukçu Güven** 'e **Dr. Elif Delve Başer** 'e

Tez aşamasında sürekli yanımda bulunan desteklerini esirgemeyen sevgili **Beyza Benlidayı** ve **Yasemin Benlidayı** 'ya

Aynı üniversiteden mezun olduğum, aynı kürsüde doktora yaptığım, bu süre boyunca, her zaman yanımda olan çok yakın arkadaş olmaktan ziyade, kardeşim gibi gördüğüm, sevgili dostum **Mert Gökay Eroğlu** 'na ve onun kardeşi **Emre Gürkan Eroğlu** 'na,

Çok sevdiğim ve değer verdiğim, onlarla vakit geçirirken kendimi gerçekten çok mutlu hissettiğim arkadaşlarım **H. Kamer Milkar**, **Tuba Ayhan**, **Tufan Güngör** ve **Tolga Sandıkçı** 'ya, **İlkan Çelik**, **Suzan Margunato**, **Aslıhan Tüysüz** ve **Emre Övsay** 'a,

Çok sevdiğim çalışma arkadaşlarım, **Çağla Seferoğlu**, **Arzu Özaydın**, **Ayşegül Gökçe**, **Fadime Oktay** 'a, **Sibel Güngör** 'e **Yakup Danyal** 'a,

Üniversite ve doktora eğitimlerimi yaptığım zamanlarda bana her türlü destek veren her zaman yanımda olan, sevgili anneannem **Raife Bıyık'a** ve kuzenim **Gözde Ece Kurt'a**

Hayatım boyunca her zaman ve her ne olursa olsun ilgi ve sevgileri ile bana destek veren, bu günlerime gelmemde en büyük pay sahibi olan sevgili babam **Hasan Bayrakcı** ve sevgili annem **Seval Bayrakcı'ya**,

Son olarak canım kadar çok sevdiğim kardeşim, **Meltem Bayrakcı Çakır ve sevgili eşi Mehmet Semih Çakır'a**

Sonsuz ve içten teşekkürlerimi sunuyorum...

II. İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER.....	III
KISALTMALAR ve SİMGELER.....	V
RESİM VE TABLO LİSTESİ.....	VI
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	XI
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Apeksin Anatomisi.....	3
2.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi ve Doldurulmasında Apikal Sınır.....	8
2.2.1. Apikal Darlık.....	8
2.2.2. Apikal Darlığın Topografisi.....	9
2.3. Kanal Tedavisinde Çalışma Uzunluğunun Önemi.....	9
2.4. Kanal Boyu Tespitinde Kullanılan Yöntemler.....	11
2.4.1. Parmak Hassasiyeti (Dokunma Duyusu).....	11
2.4.2. Teşhis Radyografisinden Elde Edilen Tahmini Kanal Boyu.....	11
2.4.3. Kağıt Konlarda Nemlenme.....	12
2.4.4. Radyografik Yöntem.....	12
2.4.4.1. Oran-Orantı Yöntemi.....	13
2.4.4.2. Ingle Yöntemi.....	13
2.4.5. Dijital Görüntüleme Yöntemi.....	14
2.4.6. Elektronik Yöntem.....	15
2.4.6.1. Birinci Nesil Apex Locatorlar (Rezistans Tip).....	18
2.4.6.2. İkinci Nesil Apex Locatorlar (Empedans Tip).....	19
2.4.6.3. Üçüncü Nesil Apex Locatorlar (Frekans Tip).....	22
2.4.6.4. Dördüncü Nesil Apex Locatorlar (Orantı Tip).....	25
2.4.6.5. Elektronik Apex Locatorların Diğer Kullanım Alanları.....	29
2.4.6.6. Elektronik Apex Locatorların Ölçüm Doğruluğunu Etkileyebilen Faktörler.....	29
2.4.6.6.1. Pulpa Vitalitesi.....	29

2.4.6.6.2. Elektrik İleten Solüsyonlar.....	30
2.4.6.6.3. Süt Dişleri.....	30
2.4.6.6.4. Kök Rezorpsiyonu.....	31
2.4.6.6.5. Foramen Apikale'nin Çapı.....	32
2.4.6.6.6. Perforasyonlar ve Kök Kırıkları.....	32
2.4.7. Elektronik Apex Locatorlarla İlgili Çalışmalar.....	33
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	47
3.1. Grup I.....	48
3.1.1. Gerçek Kanal Uzunluklarının Hesaplanması.....	48
3.1.2. Çalışma Uzunluğunun Elektronik Apex Locatorlar ile Hesaplanması.....	49
3.2. Grup II.....	53
3.2.1. Gerçek Kanal Uzunluklarının Hesaplanması	53
3.2.2. Çalışma Uzunluğunun Elektronik Apex Locatorlar ile Hesaplanması.....	53
3.3. Grup III.....	55
3.3.1. Gerçek Kanal Uzunluklarının Hesaplanması	55
3.3.2. Çalışma Uzunluğunun Elektronik Apex Locatorlar ile Hesaplanması.....	55
4. BULGULAR.....	57
5. TARTIŞMA.....	82
6. SONUÇLAR.....	97
7. KAYNAKLAR.....	100
8. ÖZGEÇMİŞ.....	116

III. KISALTMALAR ve SİMGELER

NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
mm	: Milimetre
SDB	: Sement-Dentin Birleşimi
AD	: Apikal Darlık
SLOB	: Same Lingual Opposite Lingual
RVG	: Radio-Visio-Graphy
EAL	: Elektronik Apex Locator
kΩ	: Kilo ohm
Hz	: Hertz
kHz	: Kilo Hertz
μA	: Mikroamper
LED	: Ses ve Işık Yayan Diyot
EDTA	: Etilen Di Amin Tetra Asetik Asit
H₂O₂	: Hidrojen Peroksit
NaCl	: Sodyum Klorür
T	: El Hissiyatı
RAD	: Geleneksel Radyografiler
DGID	: Dijital Radyografiler
SEM	: Scanning Electron Microscope
Ort	: Ortalama
SS	: Standart Sapma
ml	: Mililitre
no.....	: Numara

IV. RESİM VE TABLO LİSTESİ

RESİM LİSTESİ:

Resim 1. Black Aralığı

Resim 2. Foramen Apikale

Resim 3. Foramen Apikale

Resim 4. Apikal Darlığın Topografisi

Resim 5. Ağız içine uygulanan elektrot ve kanal içine yerleştirilen tirnerfin, bir akım ölçere bağlanmasıyla oluşturulan devrenin şematik gösterimi

Resim 6. Dental Mikroskop

Resim 7. Dijital Kumpas

Resim 8. Aljinat içerisine yerleştirilen dişler

Resim 9. Root ZX ile kanal uzunluğu ölçümü

Resim 10. Raypex 4 ile kanal uzunluğu ölçümü

TABLO LİSTESİ:

Tablo 1: Elektronik Apex Locatorların Nesil Sınıflandırması

Tablo 2: Root ZX in güvenilirliğini inceleyen araştırmalar

Tablo 3: Farklı tipte apeks locatorların avantaj ve dezavantajları

Tablo 4: RAYPEX 4 Grubu (#15 Genişlik)

Tablo 5: ROOT ZX Grubu (#15 Genişlik)

Tablo 6: RAYPEX 4 ve ROOT ZX Gruplarının Karşılaştırılması (#15 Genişlik)

Tablo 7: Raypex 4 Grubunda: #40 Genişlik (Apikal Darlığa Kadar)

Tablo 8: Raypex 4 Grubunda: #15 Genişlik (Apikal Darlığa Kadar)

Tablo 9: RAYPEX 4 Grubunda (#40 ve #15) Kıyaslaması

Tablo 10: ROOT ZX Grubunda: #40 Genişlik (Apikal Darlığa Kadar)

Tablo11: ROOT ZX Grubunda: #15 Genişlik (Apikal Darlığa Kadar)

Tablo 12: ROOT ZX Grubunda (#40 ve #15 Genişlik) Kıyaslaması (Apikal Darlığa Kadar)

Tablo 13: RAYPEX 4 ve ROOT ZX Gruplarının Karşılaştırılması (Apikal Darlığa Kadar)

Tablo 14: RAYPEX 4 Grubunda: #40 Genişlik (Apikal Darlığın Ötesinde)

Tablo 15: RAYPEX 4 Grubunda: #15 Genişlik (Apikal Darlığın Ötesinde)

Tablo 16: RAYPEX 4 Grubunda (#40 ve #15 Genişlik) Kıyaslaması

Tablo 17: ROOT ZX Grubunda: #40 Genişlik (Apikal Darlığın Ötesinde)

Tablo 18: ROOT ZX Grubunda: #15 Genişlik (Apikal Darlığın Ötesinde)

Tablo 19: ROOT ZX Grubunda (#40 ve #15 Genişlik) Kıyaslaması (Apikal Darlığın Ötesinde)

Tablo 20: RAYPEX ve ROOT ZX Gruplarının Karşılaştırılması

V. ÖZET

Bayrakcı M. İki farklı tipte elektronik apex locatorın, çeşitli çapta fizyolojik foramene sahip dişlerde kök kanalları kuru iken ve NaOCI ile dolu iken farklı tipte ve çaptaki kök kanalı aletleri kullanılarak doğruluklarının değerlendirilmesi. Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti Anabilim Dalı Doktora Tezi, İstanbul 2011.

Çalışmamızda; çekilmiş insan dişlerinde, iki farklı tipte elektronik apex locator'ın kök kanalları kuru iken ve %5 NaOCI ile dolu iken; farklı tipte ve çaptaki kök kanalı aletleri kullanılarak doğruluklarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmamızda 120 adet tek köklü, kök rezorpsiyonu bulunmayan, çürüksüz, çekilmiş insan dişi kullanılmıştır. Endodontik kaviteler elmas yuvarlak frezler ile açıldıktan sonra kök kanallarının kural 1/3 lük kısımları #3, #4 ve #5 no'lu Gates glidden frezler kullanılarak hazırlanmıştır.

Dişler, her grupta 40'ar adet olacak şekilde 3 ana gruba ayrılmıştır:

1. gruptaki dişlere herhangi bir şekillendirme yapılmamış ve #15 no'lu K tipi file kanala girecek şekilde bırakılmıştır.
2. gruptaki dişler; apikal darlıklarını geçmeyecek şekilde #40 no'lu K tipi file genişliğine dek şekillendirilmiştir.
3. gruptaki dişler ise; foramen apikale' nin genişliği, #40 no'lu K tipi file genişliğinde olacak şekilde kök ucuna kadar genişletilmiştir.

Kök kanalları içerisine uygun genişlikteki kanal aletleri yerleştirilerek aletin ucu, dental mikroskop altında x12 büyütmede foramen apikale'de görülene dek ilerletilmiştir. Bir dijital kumpas kullanılarak lastik rondel ile kanal aletinin ucu

arasındaki mesafe ölçülmüştür. Bulunan uzunluktan 0.5mm çıkarılarak çalışma uzunluğu bulunmuştur. Tüm dişler için ölçümler 3'er kez tekrarlanarak ortalamaları alınmış ve çalışma uzunluğu olarak kaydedilmiştir. Daha sonra dişler, plastik kutulara yerleştirilen aljinat içerisine gömülmüş, kök kanalları kuruyken ve kök kanalları içerisinde %5 NaOCI varken, paslanmaz çelik ve NiTi K-file'lar ile Root ZX ve Raypex 4 elektronik apex locatorları kullanılarak elektronik uzunluklar hesaplanmıştır.

İstatistiksel analizler NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007&PASS 2008 Statistical Software (Utah, USA) programı ile yapılmıştır.. Çalışma verileri değerlendirilirken normal dağılıma uygunluk gösteren parametrelerin grup içi karşılaştırmalarında 'paired sample t' testi kullanıldı. Parametreler arasındaki uyumluluğun tespitinde sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) hesaplandı. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

Tüm gruplar incelendiğinde; apikal darlık'tan $\pm 0,5$ mm mesafede Root ZX %92.5-95 arasında başarı gösterirken Raypex 4 %88.5-95 oranlarında başarılı bulunmuştur. Grup I (#15 genişlik grubu)'de; Root ZX, Raypex 4'e göre çalışma uzunluklarına daha yakın sonuç vermiştir. Grup I'de en başarılı sonuç; Root ZX'in #15 no'lu NiTi kanal aletleriyle birlikte kullanıldığı, NaOCI bulunan kanallarda elde edilmiştir. Grup II (#40 genişlik, apikal darlığa kadar)'de; hem Root ZX hem de Raypex 4, #15 no'lu kanal aletleriyle kullanıldıklarında #40 no'lu kanal aletlerine göre çalışma uzunluklarına daha yakın sonuç elde etmişlerdir. Grup II'de en başarılı sonuç; Root ZX'in #15 no'lu NiTi kanal aletleriyle birlikte kullanıldığı, NaOCI bulunan kanallarda bulunmuştur. Grup III (#40 genişlik, apikal darlığın ötesinde)'de ise; hem Root ZX hem de Raypex 4, #40 no'lu kanal aletleriyle kullanıldıklarında #15 no'lu kanal aletlerine göre çalışma uzunluklarına daha yakın sonuç göstermişlerdir. Grup III'de en başarılı sonuç; Root ZX'in #40 no'lu NiTi kanal aletleriyle birlikte kullanıldığı, NaOCI bulunan kanallarda görülmüştür.

Hem Root ZX hem de Raypex 4 elektronik apex locatorlarının klinik koşullarda güvenle kullanılabilceği görölmüştür.

Anahtar kelimeler: Root ZX, Raypex 4, elektronik apex locator, çalışma uzunluğu

V. SUMMARY

Bayrakçı M. Evaluation of two types of apex locators using different types and diameters of root canal instruments while the root canals are dry and filled with NaOCI in teeth with physiological foramina of different diameters. Yeditepe University Institute of health sciences, Department of Endodontics, PhD thesis, İstanbul 2012.

In our study, our aim was to determine the accuracy of 2 types of apex locators while the root canals were dry or filled with %5 NaOCI, using different types and diameters of root canal instruments.

120 single rooted teeth with no fractures, restorations, root resorption were selected for the study. After performing the endodontic access with round drill, the coronal portion of each canal was flared with gates-glidden drills sizes 3-4-5.

The teeth were divided into 3 main groups, 40 teeth in each:

1. In this group, no instrumentation was performed and the canals were left in a way that only a #15 K-file could be inserted until the working length.
2. In this group, root canals were instrumented to a #40 K-file size without passing beyond the apical constriction.
3. Teeth in this group were instrumented until the apex so that the width of the apical foramen would equal to that of a #40 K-file size.

A proper sized root canal instrument inserted into canal. The file pushed forward until its tip was visible at the end of the canal under x12 magnification in a dental microscope. The distance from the tip of the file and silicone stop was measured with a digital caliper; 0,5 mm was subtracted from this length and recorded as actual length. Then teeth were embedded in the alginate which was poured into a plastic box. Electronic lengths were calculated by using Raypex 4 and Root ZX electronic apex locators with stainless steel and NiTi K-files while the canals were dry and there was %5 NaOCI in the canals.

Statistical analysis was performed by NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007&PASS 2008 Statistical Software (Utah,USA) program. During the evaluation of the data 'paired sample t' test was used in the intragroup comparisons of parameters compatible with normal distribution. In the determination of the compatibility of parameters intraclass correlation coefficient (ICC) was calculated. Statistical significance level was at $p < 0.05$.

When all groups analysed; $\pm 0,5$ mm to foramen apicale Root ZX's accuracy was %92.5 to %95 and Raypex 4's accuracy was %88.5 to %95. In group I; Root ZX's results were closer to working lengths than Raypex 4. In group I the best result was gained when #15 NiTi K-file was used with Root ZX while there was NaOCl in the root canals. In group II; both Root ZX and Raypex 4 had closer results to working length when they were used with #15 K-files. In group II the best result was gained when #15 NiTi K-file was used with Root ZX while there was NaOCl in the root canals. In group III; both Root ZX and Raypex 4 had closer results to working length when they were used with #40 K-files. In group III the best result was gained when #40 NiTi K-file was used with Root ZX while there was NaOCl in the root canals.

It was found that both Root ZX and Raypex 4 could be used safely in clinically.

Key words: Root ZX, Raypex 4, electronic apex locator, working length

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Endodontik tedavinin en önemli evresi olan temizleme ve şekillendirme işlemlerinden önce gerçek kök kanal uzunluğunun tam olarak belirlenmesi gerekir. Tüm pulpa dokusunun, nekrotik materyal ve mikroorganizmaların kök kanalından uzaklaştırılması endodontik başarı için esastır (1). Kanal tedavisi aşamalarının, kök kanal sistemi sınırları içinde tutulması gerektiği kabul edilen bir görüştür. Çalışma boyunun apikal sınırı, kanal şekillendirilmesi sırasında hassas bir şekilde tespit edilmelidir. Bu nedenle kanal tedavisinde esas olan; kanal aletinin kök kanalında ne kadar ilerleyeceğinin ve kanal dolgusunun nerede sonlanacağıının belirlenmesidir (2).

Apikal darlık (minör foramen) olarak da tanımlanabilen sement-dentin sınırı; pulpanın sona erdiği ve periodontal ligamentin başladığı anatomik ve histolojik bir sınırdır. Kanal genişletme tekniklerinde, şekillendirme aşamasının apikal darlıkta sonlandırılması amaçlanır. Böylelikle doku yıkımı, devam eden iltihabi yanıt ve yabancı cisim reaksiyonu gibi komplikasyonlar azalır. Bununla birlikte; şekillendirme, yıkama ve doldurma işlemleri apikal daralmada sonlandırıldığında ideal bir periapikal doku iyileşmesi sağlanmış olur (2,3,4).

Kanal tedavisinde çalışma boyunun tespitinde, en yaygın olarak kullanılan yöntem geleneksel periapikal radyografilerdir. Bunun yanı sıra günümüzde teknolojik gelişmelere bağlı olarak, dijital radyografi cihazları ve elektronik apex locator'lar da kullanılmaktadır (4).

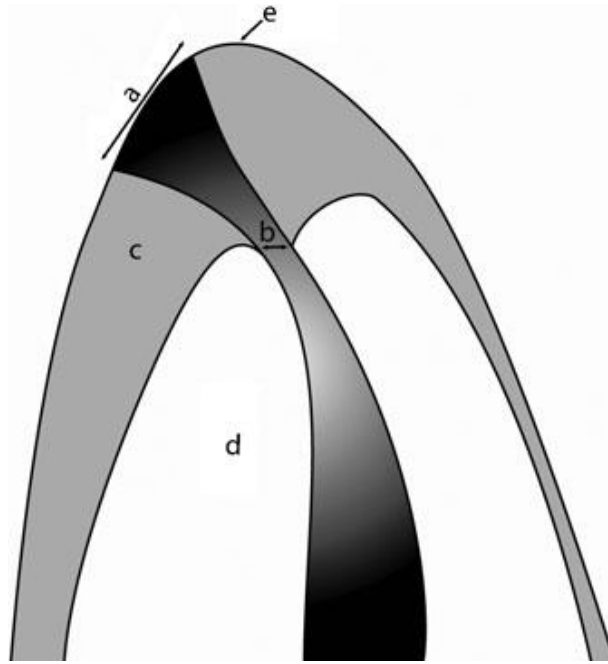
Apex locator'lar kullanılmaya başladığından beri; verdiği sonuçların doğrulukları araştırılmaktadır. Bu araştırmalarda çeşitli firmaların çıkardığı aletler incelenmiş ve birbiriyle kıyaslanmıştır. Kök kanallarının ıslak ve kuru olduğu durumda, sonuçlar incelenmiştir.

Çalışmamızda; çekilmiş insan dişlerinde, iki farklı tipte elektronik apex locator'ın (Root ZX ve Raypex 4) kök kanalları kuru iken ve NaOCI ile dolu iken; farklı tipte ve çaptaki kök kanalı aletleri kullanılarak doğruluklarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Apeksin Anatomisi

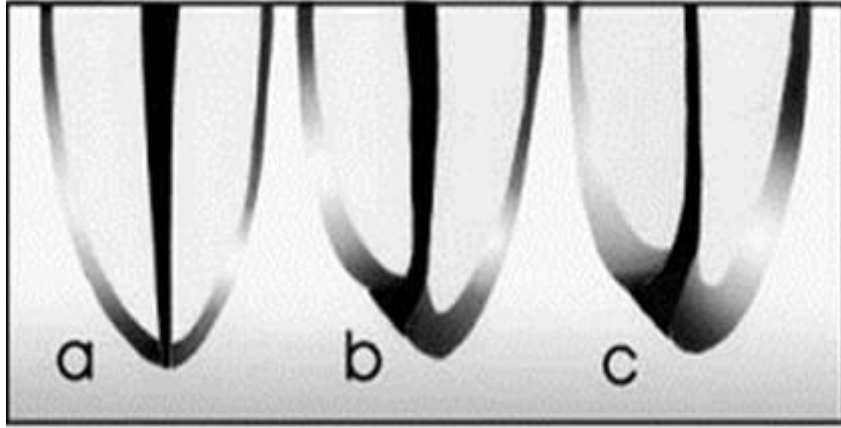
Kök kanalının; sement-dentin sınırından, periodontal ligamente kadar olan huni ya da tersine koni şeklindeki kısmı **Black aralığı** olarak tanımlanır(Resim 1). Black aralığının tabanını majör (apikal) foramen, tepesini ise sement-dentin sınırında ya da yakınında olduğu düşünülen sıklıkla apikal daralmaya denk gelen minör foramen oluşturur.



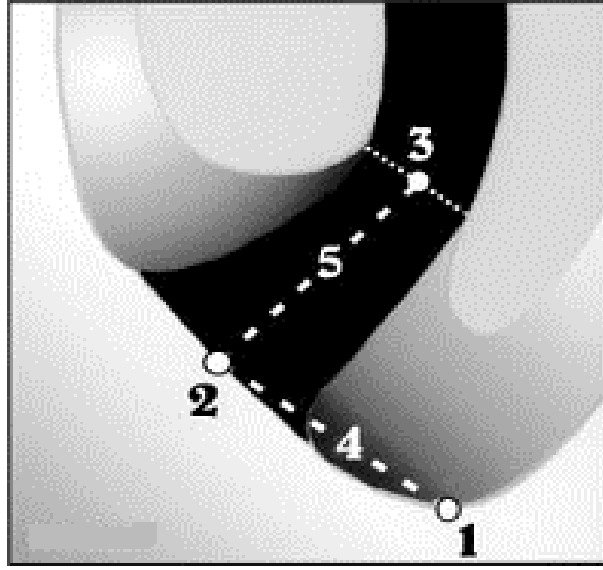
Resim 1. Black aralığı a: Foramen Apikale (majör foramen);
b: Apikal darlık (minör foramen) c: Sement; d: Dentin; e: Apeks

Çember ya da yuvarlak köşeli, huni ya da krater benzeri bir yapıda olan foramen apikale; kökün dış yüzeyindedir ve etrafı sekonder sementle çevrilidir. Foramen apikalenin anatomisi yaşa bağlı olarak değişir.

Foramen apikale çoğunlukla dişin kök ucunda bulunmakla birlikte bazen 0,5-3 mm sapma gösterebilir (5). Bu değişim çoğunlukla kök ucunda sekonder sement birikimi oluşan yaşlı diş gruplarında görülür. Çalışmalar, dişlerin %17-46'sında foramen apikalenin kökün tam ucunda bulunduğunu göstermiştir (6,7,8). Foramen apikalenin anatomisi yaşla değişir(Resim 2).



Resim 2 Foramen apikale: (a) Bir dişin kök ucu, (b) Genç bir insanın dişinin kök ucu, ve (c) Sert doku depolanmasından dolayı değişen yaşlı bir insanın dişinin kök ucu



Resim 3 Foramen apikale: (1) Dişin kök ucu, (2) Foramen apikale [majör foramen] ve (3) Apikal darlık [minör foramen] ki bu aynı zamanda sement-dentin birleşimi (SDB) olarak tanımlanır, (4) Kök ucu-foramen apikalenin ortası arası mesafe, (5) Foramen apikalenin ortası ile apikal darlık arası mesafe

Dummer ve ark. kökün ucu ile foramen apikale arası uzaklığın ön bölge dişlerde ortalama 0,36 mm olduğunu bildirmişlerdir (3). Kuttler'e göre ise, kökün ucu ile foramen apikale arası uzaklık genç bireylerde 0,48 mm yaşlı bireylerde ise, 0,6 mm'dir (9). Green; bu uzaklığın ön bölge dişlerde 0,3 mm, arka bölge dişlerde ise 0,43 mm olduğunu göstermiştir (10). Aynı araştırmacı incelediği 700 dişte, foramen apikalenin kökün ucundan yaklaşık 2 mm. uzaklıkta ve merkez dışı pozisyonda bulunduğunu bildirmiştir (11). Alaçam, çekilmiş 910 adet insan dişinde yaptığı stereomikroskopik incelemede foramen apikaleyi %83 olguda radyolojik apeksten değişik konumda ve ortalama 0,58 mm uzaklıkta bulmuştur (12).

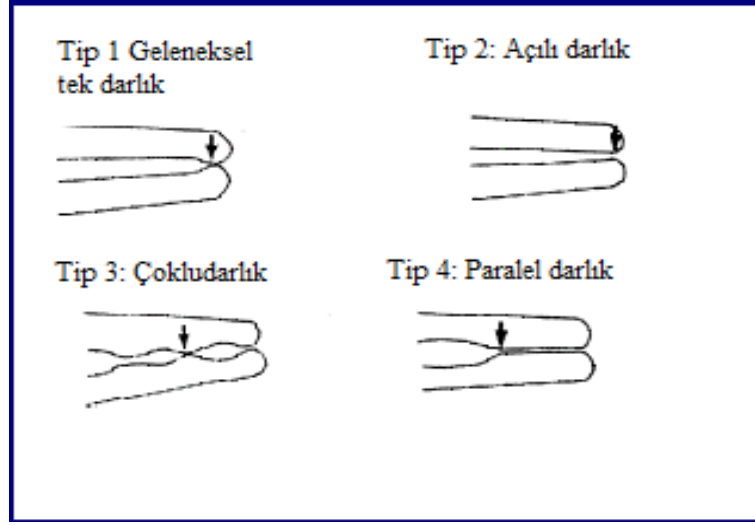
Genel olarak kabul gören, kök ucu ile foramen apikale arası mesafenin yaşlıların arka dişlerinde, gençlerin ön dişlerindeki kadar fazla olduğu şeklindedir. Foramen apikalenin apikal darlığa uzaklığı; tüm diş gruplarında genç bireylerde yaklaşık olarak 0,5 mm, yaşlı bireylerde ise 1.5 mm'dir (3,5,13).

Anatomik çalışmalarla ölçümler arasındaki bu farklılık, seçilen dişin tipinden ve yaşından, apikal patolojinin varlığından ve ya yokluğundan ve apikal darlığın çeşitliliğinden dolayı olabilir. Ölçümlerdeki farklılığın, apekteki patolojik bir değişimden kaynaklandığını gösteren herhangi bir çalışma yoktur. Kuttler, çalışmasında kullandığı dişlerin %95'inin yaşları bilinen kadavralardan olduğunu, hiçbirinde periapikal hastalık bulunmadığını, kök gelişimi tamamlanmış okluzyonda olan dişler olduğunu ancak bazılarının yüzeysel çürük içerdiğini belirtmiştir (5). Pineda ve Kuttler, pulpal değişimler veya periapikal hastalıklardan dolayı çekilmiş dişleri kullanmış ve dişleri yaşa göre de gruplandırmıştır (9).

Apikal darlık, kök kanalının içindeki en dar nokta olarak düşünülmektedir. Bu nokta aynı zamanda, dişhekimleri'nin kanalın genişletilmesi ve doldurulması işlemlerinin sonlandırılması gerektiği nokta olarak en sık kullandıkları referans noktasıdır. Apikal darlık (minör foramen), foramen apikalenin genellikle 0.5-1.5 mm gerisindedir (3,5).

Apikal darlığın lokalizasyonu, sement-dentin sınırı ile ilişkisi kökten köke değişiklik gösterir. Bunun sebebi, sement-dentin sınırının düzensiz yapıda olmasıdır (7).

Apikal darlık, tespit edilmesi çok zor olan, değişken bir morfolojik yapıya sahiptir. Dummer ve ark. tüm diş gruplarını kapsayan topografi çalışmalarında apikal daralmanın dört farklı şekilde görülebileceğini ortaya koymuşlardır (Resim 4) (3).



Resim 4. Apikal Darlığın Topografisi: Tip 1; Geleneksel tek darlık, **Tip 2;** Açılı darlık, **Tip 3;** Çokludarlak ve **Tip 4;** ise Paralel darlık olarak tanımlanmıştır. Araştırmacılar Tip 2'nin taşkın kanal dolgusuna, Tip 4'ün ise kısa kanal dolgusuna neden olabileceğini ileri sürmüşlerdir(Dummer ve ark. 1984).

Kök kanalının sonlanma noktası birçokları tarafından sement-dentin bileşimi olarak düşünülür (2,5,14). Ancak sement-dentin sınırı; sabit bir nokta olmaması ve sadece histolojik kesit alınarak tespit edilebilmesi nedeniyle klinik şartlarda kanal preparasyonu ve dolgusu için ideal sınır değildir.

Kanalın sonlanma noktasını sement-dentin sınırı olarak değil de apikal darlık olarak tanımlamak da sorunludur. Çünkü apikal darlığın topografisi değişkendir. Sement-dentin sınırı bir çizgi halindedir. Halbuki apikal darlık daha geniş bir alandır (3).

Klinikte; apikal darlık kanal sisteminin en dar bölgesi olması ve anatomik olarak daha uygun bir belirleyici nokta olması nedeniyle kanal tedavisinin sonlanması gereken nokta olarak önerilir (14).

2.2 Kök Kanallarının Şekillendirilmesi ve Doldurulmasında Apikal Sınır

2.2.1 Apikal Darlık

Kök oluşumunu tamamlamış dişlerde kökün en uç kısmında sekonder sement bulunur. Bu sement dokusu kökün ucundan kanalın içine doğru bir miktar uzanır; kökün en uç noktasından 1-1,5 mm kadar içeride dentin ile birleşir; bu birleşme yerine dentin sement birleşimi denir. Bu dentin sement birleşiminde, kök kanalının en dar yeri bulunur. Buraya **Apikal Darlık (AD)** denir (5).

Klasik bilgilerimize göre, pulpa dentin-sement sınırında sonlanır. Buradan fizyolojik foramen başlar, kökün ucuna doğru kum saati şeklinde genişler, içindeki bağ dokusu, periodontal membran haline geçer. Fizyolojik foramenin iç kısmında dentin yoktur, sekonder sement vardır. Kök kanalları temizlendikten sonra, şekillendirme işlemi yapılır. Bugün çoğunlukla kabul edilen, şekillendirme işleminin dentin-sement birleşiminde sonlanmasıdır. Bazı araştırmacılar, kök kanallarının şekillendirme ve doldurma işlemlerinin kökün ucunda sonlanması gerektiğini ileri sürmektedir (15).

Kuttler, foramen apikale'nin en dar yerinin kökün en uç noktasından 1-1.5 mm. mesafede olduğunu bildirmiştir. Kök kanallarının bu sınıra kadar şekillendirilip doldurulması, hem en az apikal genişliği sağlar, hem de aletlerin daha ileri gitmesiyle kanaldaki toksik ürünlerin duyarlı periapikal dokuların içine taşınmasını önler. Ayrıca, pulpa yarasının en küçük olduğu alanda, dokunun iyileşmesi de en kolay olacaktır. Biyolojik açıdan düşünülürse apikal darlığın kök tarafında, pulpa koparıldığı için hiç yumuşak doku yoktur, aletler kansız bir ortamda çalıştırılır. Kök ucu tarafındaki bol damarlı doku vücudun savunmasını sağlar (5).

Green incelediği 700 dişte, foramen apikale'nin kökün ucundan yaklaşık 2 mm. uzaklıkta ve merkezdışı pozisyonda bulunduğunu bildirmiştir. Lateral foraminalar kökün ucunda ve foramen apikale'nin bulunduğu uzaklığın yaklaşık iki katı uzaklıkta bulunur. Foramina 'lar daima kök ucundan 0.20-3.80 mm kadar uzakta olur (11)..

Foramina sayısı 1-6 arasında değişir. Foramina'lar kökün dört yüzeyinde de bulunabilir. Foramina'ların kök ucuna açılma yüzeyleri daima apekten daha kuronaldedir. Genç bir orta keser dişin pulpa odasının en geniş yeri 3. mm dir. Foramen apikale 0.4 mm genişliktedir (16,17,18).

2.2.2 Apikal Darlığın Topografisi

Pek çok endodonti kitabında, apikal darlık bir çizgi halinde, standart şemalarla gösterilir. Gerçekte, apikal bölgede, dentin-sement birleşimi, kanalın tüm duvarları boyunca aynı seviyede değildir. Bazı yerlerde kök ucuna daha yakın, bazı yerde de daha uzaktır (19,20,21).

Gerçekte kök kanallarını şekillendirirken apikal darlığın kuron tarafında kalan kısmı temizlenip şekillendirilecektir. Tedavinin başarısı için, apikal darlığa dokunmamak gerekir. Apikal darlıktan kökün ucuna kadar olan kısım genişletmeden korunmalıdır. Pulpası canlı olan bir dişte kanal tedavisi yapılıyorsa, pulpanın apikal darlıkta koparılması ile en küçük yara yüzeyi elde edilir. Histolojik açıdan, yara yüzeyi ne kadar küçük olursa iyileşmesi o kadar kolay olur (19,20).

2.3 Kanal Tedavisinde alışma Uzunluğunun nemi

Endodontik tedavinin en önemli evresi olan biyomekanik şekillendirme işlemlerinden önce gerçek kök kanal uzunluğunun tam olarak belirlenmesi gerekir. Tüm pulpa dokusunun, nekrotik materyal ve mikroorganizmaların kök kanalından uzaklaştırılması endodontik başarı için esastır. Ancak bu, diş boyunun ve kök kanalının şeklinin doğru olarak tespit edilmesi ile başarılabılır (1). Nekrotik pulpalı ve periapikal lezyonlu dişlerin kanal tedavisinin sonuçları kanal dolgusunun apikal seviyesinden anlamlı olarak etkilenmektedir (22). Geleneksel olarak, endodontik şekillendirme ve doldurmanın bitim noktası radyografi ile kesinlik kazanmaktadır. Radyografik yöntemler ve elektronik apeks bulucu aletlerin gelişimi, çalışma uzunluğunun değerini daha doğru ve tahmin edilebilir kılmaya yardım etmiştir (1).

Grove 1930'da; 'kök kanallarının doldurulması için uygun nokta, dentin ve sementin birleşme yeridir ve burada pulpanın periodontal membranla birleşme noktası koparılmalıdır' düşüncesini ileri sürmüştür (23).

Sement-dentin sınırı, pulpanın sona erdiği ve periodontal ligamentin başladığı anatomik ve histolojik bir sınırdır. Kök kanal şekillendirme teknikleri bu sınırı, kök kanalı ile apikal dokular arasında doğal bir bariyer olarak kullanmayı amaçlar (24). Kök kanalını şekillendirme ve doldurma aşamalarının, tam apikal darlık seviyesinde ya da bir miktar gerisinde sonlandırılması gerektiği, kabul edilen bir görüştür.

Histolojik çalışmalarda, kanal şekillendirme ve doldurma aşamalarının apikal daralmanın gerisinde sonlandırılmasının başarı için en çok tercih edilen durum olduğu; güta perka ve kanal patının apikal dokulara taşmasının ise şiddetli enflamatuvar reaksiyona yol açabileceği ortaya koyulmuştur (2).

Başarılı bir kanal tedavisi yapabilmek için diş hekiminin karşı karşıya olduğu asıl problem, apikal daralmayı ve buna bağlı olarak çalışma boyunu doğru bir şekilde nasıl tespit etmesi gerektiğidir. Epidemiyolojik çalışmalar; kanal tedavisi sonrası en iyi prognozun radyolojik apekte ya da 2mm gerisinde doldurulan kanallarda izlendiğini göstermiştir (22).

Langeland ve Ricucci; kanal tedavisi sonrasında periapikal dokuların durumunu değerlendirdikleri çalışmalarında, en uygun prognozun kanal tedavisinin apikal daralmanın ilerisinde sonlandırıldığında ortaya çıktığı sonucuna varmışlardır. Tedavi, apikal daralmanın 2 mm gerisinde bitirildiğinde ise ikinci en kötü prognoz gözlenmiştir. Periapikal dokularda, lateral kanallarda ya da apikal dallanmalarda kanal patı ya da güta perka olması çoğunlukla şiddetli enflamatuvar reaksiyona neden olur. Bununla birlikte araştırmacılar daralmanın klinik olarak tespit edilmesinin çok zor olduğunu kabul etmektedirler (2). Kanal tedavisi aşamalarının nerede sonlandırılması gerektiği konusundaki tartışmaların halen devam etmesi, kanal boyu tespitinde çeşitli yöntemlerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

2.4 Kanal Boyu Tespitinde Kullanılan Yöntemler

2.4.1. Parmak Hassasiyeti (Dokunma Duyusu)

Tecrübeli bir diş hekiminde duyarlı parmak hassasiyeti gelişir ve diş hekimi aletin kanal içinde ilerleyişinde ve bununla birlikte aldığı şekillere göre yorum yapabilir. Giriş kavitesinden kök ucuna doğru ilerleyen tecrübeli bir el, apekse ulaşıp ulaşmadığını çok az bir yanılıyla algılayabilir. Parmak hassasiyeti, deneyimli ellerde oldukça yararlı bir yöntem olmasına rağmen bir çok sıkıntısı vardır (4). Apikal darlığın lokalizasyonunda ki farklılıklar ve çapı, yaş ve dişin tipi, bu yöntemle yapılan kanal boyu tespitini güvenilir kılmaz. Bazı dişlerde kanal tıkalıdır veya darlık, enflamatuvar rezorpsiyon nedeniyle ortadan kalkmıştır (25). Örneğin; tıkalı bir kanalda tecrübeli bir el, aletin ilerlemesi için daha fazla güce gereksinim olduğunu anlar. Çünkü kanal içinde kanal aletinin ilerlemesini engelleyen bir direnç söz konusudur. Ulaşılması umulan apikal darlığa gelmeden önce kanal içinde kanal aleti ile değerlendirilebilen böyle değişiklikler olması sıklıkla karşılaşılan durumlardır. Kanal içi daralmalar orta 1/3 de başladıysa diş hekimi apikal'i asla parmak hassasiyeti ile belirleyemez. Bunun yanında birçok dişin apikal bölgesi daralma göstermez. Böyle durumlarda aletin kökün ucundan dışarı çıkma olasılığı çok fazladır (4). Seidberg ve ark. parmak hassasiyeti yöntemi ile deneyimli diş hekimlerinin bile dişlerin sadece %60'ında apikal darlığı tespit edebildiğini göstermişlerdir (26). Bu nedenle parmak hassasiyeti yöntemi kanal boyu tespitinde en az güvenilir yöntemdir. Bu yöntemin uygulanmaması gerekir (27).

2.4.2. Teşhis Radyografisinden Elde Edilen Tahmini Kanal Boyu

Teşhis radyografisindeki kök kanal uzunluğunun tahmini olarak kanal aletine taşınmasıyla elde edilen yöntemdir. Ortalama olarak radyografik apeksle apikal darlık arasındaki mesafe normalden fazla tutulur. Radyografik yanılığın peşinen kabul edildiği, ancak geçici çalışma boyutu olarak kullanılabilmesi; gerçekliliği ve güvenilirliği oldukça düşük bir yöntemdir (4).

2.4.3. Kağıt Konlarda Nemlenme

Kök kanalının biyomekanik şekillendirmesi tamamlandığında, kanalı kurutmak için kağıt konlar kullanılır. Kanal kurutulduktan sonra kağıt konun ucunda nemlenme ya da kanlanma olması kanal boyunun kaybedildiğinin ve genellikle apikalden periodontal dokulara doğru geçiş olduğunun işaretidir. Çok güvenilir olmamakla birlikte, doğrulanması gereken yardımcı bir yöntem olarak kullanılmaktadır (27).

2.4.4. Radyografik Yöntem

Radyografi; tanıdan, tedavi sonrası kontrollere kadar endodontik tedavinin tüm aşamalarında anahtar role sahip önemli bir yardımcı araçtır. Kök kanal uzunluğunun tespitinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Radyografiler diş görüntülerinin saklanması olanak tanıyan önemli belgelerdir. Aynı zamanda kök kanallarının morfolojik yapısı, diş çürükleri ve periapikal dokuların durumu, kök ve kanal sayısı hakkında bilgiler verirler. Ayrıca operasyon öncesi radyografilerden pulpa boşluğunun genişliği ve kök kanallarının eğrilikleri hakkında da önemli bilgiler alınabilir. Buna ek olarak radyografilerden kök kıvrımlarının ve kron kök arası açılarının ölçümü de yapılabilir. Bu nedenlerden dolayı apikal anatomi bilgisi ve doğru bir radyografik yorum kök kanal tedavisinin başarısında temel etkenler arasında sayılabilir (27).

Radyografiler üç boyutlu bir nesneyi sadece iki boyutta görüntüleyebilirler (28). Bu nedenle film düzlemine doğru olan kök kıvrımlarında ve sıklıkla karşımıza çıkan anatomik apeks ve apikal foramen değişikliklerinde sınırlı bilgiler verebilmektedirler. Levy ve Glatt, inceledikleri 122 dişte foramen apikalenin yanak veya damak yüzeyinde bulunma sıklığının mezial veya distal yüzeyde bulunması sıklığından 2 kat daha fazla olduğunu, başka bir deyişle foramen apikalenin %33.6 oranında yanak veya damak yüzeyinde konumlandığını bildirmişlerdir (29). Rutin radyografiler ara yüzeyler yönündeki sapmaları göstermelerine karşın, yanak ve damak yönündeki sapmaları göstermemektedirler. Bu tür sapmalarda 'SLOB' esaslarına göre alınıp incelenen radyografiler, bir ölçüye kadar yararlı olabilmektedir (30).

Buna bağlı olarak apikal bölgede, iki farklı mesafenin saptanması gerekmektedir. Birincisi, radyografik kök ucu ile foramen apikale, ikincisi ise foramen apikale ve apikal darlık arası mesafelerdir. Yapılan birçok çalışmada bunun başarılıp başarılılamayacağını araştırılmıştır (9,31).

Burch ve Hulen yaptıkları araştırmalar sonucunda, foramen apikalenin köklerin %50-97'sinde radyografik apekte lokalize olmadığını bulmuşlardır (31). Pineda ve Kuttler 4183 dişin 7275 kök kanalında yaptıkları radyografik incelemelerde, foramen apikale ile radyografik apeks arası mesafenin %83 dişte 2-3 mm kadar olduğunu grmuşlerdir (9).

Radyografi üzerinde kanal boyu belirlenmesinde başvurulabilecek değişik yöntemler vardır. Bunlar; basit bir orantı hesabına dayanan Oran-orantı yöntemi ve Ingle yöntemidir.

2.4.4.1 Oran-orantı Yöntemi:

Kanalın içine, tanı radyografisi rehber alınarak önceden boyu ölçülmüş bir kanal eğesi yerleştirilir ve radyografisi alınır. Radyografi üzerinde, aynı rehber noktasından başlayarak kanal aletinin ve dişin uzunluğu ölçülür. Elde edilen ölçümler ile tek bilinmeyenli bir denklem kurularak dişin gerçek boyu hesaplanır ve bu uzunluktan 1 mm çıkarılarak çalışma uzunluğu tespit edilir.

2.4.4.2 Ingle Yöntemi:

Teşhis radyografisi üzerinde dişin boyu ölçülür. Bulunan ölçümden 2-3 mm çıkarılarak, lastik stopla kanal aleti üzerinde istenen boyut belirlenir. Daha sonra kanal aleti işaretlenen seviyeye kadar kanala yerleştirilerek bir radyografi alınır. Radyografide kanal aleti ile kök ucu arasındaki mesafe ölçülür. Bu ölçümden 0,5 mm emniyet payı

çıkarılarak çalışma boyutu belirlenir. Ancak bu işlem de tahminlere dayanan bir yöntemdir (30).

2.4.5. Dijital Görüntüleme Yöntemleri

Radio-Visio-Graphy (RVG) denen dijital görüntüleme yöntemleri de kullanılmaktadır. Dijital yöntem, geleneksel yöntemlerden ve uygulamalardan, ağız içine film yerine elektronik bir alıcının yerleştirilmesi ve bu alıcıya düşen radyasyonun, değiştirici elektronik devrelerle bir ekran üzerinde görüntüye dönüştürülmesi biçiminde farklılık gösterir. Görüntü büyüme oranı, geleneksel radyografideki büyüme oranı kadardır. Ancak görüntünün istenilen bölümü, örneğin; kök kanal boyu tespit çalışmalarında periapeks, istenilen büyüklüğe getirilebilir. Bu uygulama endodontistler için kullanışlı olabilir. Çözünürlüğün azalması nedeniyle görüntü kalitesinin bozulmasına karşın, yeterli görüntü elde edilebilir (4,32,33).

Dijital yöntemin; radyografi alınması ve banyo işlemleri için harcanan zamandan kazanç sağlaması yanında, görüntülerinin lazer optik diskler sayesinde ve yıllarca hiç bozulmadan çok az yer kaplayarak saklanması da mümkündür.

RVG görüntülerinin inceleme ve araştırma için bu yolla saklanabilmesinin, görüntü ortaya çıkarması açısından normal radyografilere göre eşit düzeyde hatta bazı durumlarda daha da üstün oldukları gösterilmiştir (32).

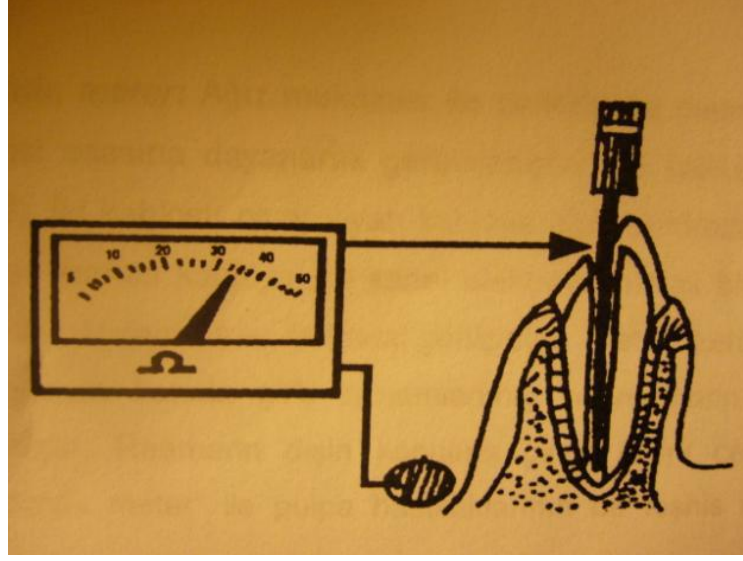
Bilgisayar yazılımındaki gelişmeler, RVG gibi dijital görüntülerin değişik yönlerden değerlendirilmesine de olanak sağlamaktadır. Garcia ve ark. tarafından dijital görüntüde iki nokta arasındaki mesafeyi ölçmeye imkan veren bir yazılım, çalışma boyutu tespitinde karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Geleneksel yöntemlerle aralarında, anlamlı bir fark bulunmadığı görülmüştür (34). Dijital görüntüleme yöntemlerinde de yukarıda anlatılan Radyografik yöntemde uygulananlar gibi; **Oran-Orantı yöntemi** veya **Ingle yöntemi** uygulanabilir.

2.4.6 Elektronik Yöntem

Endodonti’de ki en önemli buluşlardan biri, kök kanalının sonlanma noktasını tespit etmek için geliştirilen ve üretilen elektronik aletlerdir. Radyasyonun zararlı etkileri, radyografik teknikle ilişkili olarak ortaya çıkan teknik sorunlar nedeniyle kanal boyunun elektronik olarak tespiti, hem diş hekimleri, hem de endodontistler arasında popülaritesi giderek artan bir yöntemdir.

Uzun yıllar kanal boyunu belirlemede, ‘Elektronik Apex Locator’ (EAL) cihazlarından faydalanılmış, özellikle son yıllarda üretilen yeni tipleriyle daha fazla kullanılır hale gelmişlerdir. Yöntemin tarihine bir göz atılırsa yaklaşımın hiç de yeni bir fikir olmadığı görülebilir. Çalışma uzunluğu tespit etmek için elektronik bir metod yaklaşık 95 yıl önce ilk kez Custer(1918) tarafından araştırılmıştır (35).

Custer; apeksi çevreleyen dokuların elektrik iletkenliğinin, kanal içinin iletkenliğinden daha fazla olduğu gerçeğine dayanarak, elektrik iletimi yoluyla kök kanal boyunun tespit edilebileceği fikrini ortaya atmıştır. Custer, iletkenlik değerlerindeki bu farklılığın, kanal kuru ya da alkol gibi iletken olmayan bir sıvı ile dolu olduğunda, daha kolay tespit edilebildiğini bildirmiştir. Diğer bir deyişle; elektriksel direncin, foramen apikalenin yakınında kanalın koroner bölümüne göre çok daha az olduğunu bulmuştur (35). Bu yüzden Custer; oral mukozaya yerleştirdiği bir elektrot ve kök kanalına yerleştirdiği kanal aleti arasına bir voltaj uygulamış ve oluşan elektrik akımının değerini ölçerek foramen apikalenin yerini tespit etmiştir (35).



Resim 5. Ağız içine uygulanan elektrot ve kanal içine yerleştirilen timerfin, bir akım ölçere bağlanmasıyla oluşturulan devrenin şeması

Suzuki'nin oral mukoza ile periodontal ligament arasındaki elektrik direncini ölçen bir alet geliştirdiğini bildirdiği 1942 yılına kadar, Custer'in buluşu pek ilgi görmemiştir. Suzuki; köpek dişlerinde yaptığı çalışmasında; kanal içerisine yerleştirilen kanal aleti ile oral mukoza'ya yerleştirilen bir elektrot arasında elektriksel olarak 6,5 k Ω 'luk bir direncin varlığını ve bu direncin ağız içinde her yerde sabit olduğunu keşfetmiştir (36).

Sunada'nın hastalarda uyguladığı bir dizi çalışmasının sonuçlarını açıkladığı 1962 yılına kadar bu bulgu fazla incelenmemiştir.

Sunada yaptığı çalışmalarda; hastaların yaşlarına ya da dişlerin tipine ve şekline bağlı olmaksızın, kanal aletinin ucu apikal forameni geçerek periodontal membrana ulaştığında, müköz membran ile periodonsiyum arasındaki elektrik direncinin yaklaşık 6,5 k Ω olduğunu tespit etmiştir (37).

Sunada, aynı zamanda; kanal aleti, kanal duvarı ya da pulpa odası tabanını perfore edip periodontal membrana ulaştığında, oral müköz membranla periodontal membranın elektriksel direncinin apekstekine eşit olduğunu iddia etmiştir (37).

Bu temel kurala dayanılarak, direnç (rezistans) bazlı aletler, foramen apikalede periodontal dokuyu tespit edebilmelidir. Şüphesiz bunlar apeksin pozisyonunu tayin edemez ve isimlerinin elektronik apeks bulucu olması uygun değildir. Bunun yerine jenerik ismi olarak elektronik foramen bulucu ya da elektronik kanal boyu ölçüm cihazı olarak adlandırılması daha uygundur (38).

Yıllar sonra elektronik cihazlarda rezistans ölçme fikri bir elektrik prensibi olan empedans ölçme fikrine yerini bırakmış ve empedans tip elektronik apex locatorlar kliniklerde daha verimli kullanılmaya başlanmıştır. Çok kısa bir süre sonra bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak frekans tip ve orantı tip elektronik apex locatorlar endodontistlerin hizmetine sunulmuştur (1).

Bu dört tip elektronik cihaz 1. ,2. ,3. , ve 4. nesil apex locator olarak da isimlendirilebilmektedir (1). Bu 4 nesil apex locator **tablo.1** de görülmektedir.

Nesil	Ticari Adı
1. Nesil (Rezistans Tip)	Root Canal Meter, Endodontic Meter, Endo Meter
2. Nesil (Empedans Tip)	Sono Explorer, Sono Explorer Mark II, Foramatron 4, Endocator
3. Nesil (Frekans Tip)	Root ZX, Apit, Justy II, Endy 5000, Apex Pointer
4. Nesil (Orantı Tip)	Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, Bingo 1020, Raypex 4, AFA Apex Finder, Root ZX-II

Tablo 1. Elektronik Apex Locatorların Nesil Sınıflandırması

2.4.6.1. Birinci Nesil Apex Locatorlar (Rezistans Tip)

1969 yılında ilk rezistans tip elektronik apex locator olan **Root Canal Meter** (Onuki Medical Co, Tokyo, Japonya) geliştirilmiştir (1).

Sunada tarafından ilk kez kullanılmaya başlanılan bu cihaz oldukça basit tasarlanmıştır. Bu alet rezistans metodunu ve 150 Hz'lik aralıklı dalgalı alternatif akım kullanmaktaydı. Periodontal ligamentle oral mukoza arasında mevcut olan 6.5k Ω 'luk elektrik direnci hastanın dudağına yerleştirilen negatif uç ile kök kanalındaki pozitif uç olan kanal aleti arasında ölçülmektedir. Kanal içindeki kanal aleti periodontal ligamente temas edince devre tamamlanmakta ve cihazın analog veya dijital göstergesi 6.5k Ω 'u göstermektedir. Bu okuma foramen apikale olarak değerlendirilmekte ve çalışma boyutu bu ölçümden hesaplanmaktadır. Ancak bu tip cihazlarla kanal içinde çok az miktarda sıvı bulunsa bile apekse ulaşılmış gibi hatalı okumalar elde edilebilir. Çünkü kanal içindeki kanal aleti periodontal ligamente temas etmekte olan sıvıya dokununca devre tamamlanmakta ve kanal boyundan daha kısa rakamlar elde edilmektedir. Rezistans tip elektronik apeks locatorların birçoğunun kanal içinin kuru olduğu durumlarda doğru sonuç verdiği gösterilmesine rağmen aşırı kanama, cerehat ya da pulpa dokusu varlığında her seferinde doğru sonuç vermedikleri bildirilmiştir (39,40,41).

Bundan başka, rezistans tip cihazların kullanımına başlamadan önce kök kanal çapı tahmin edilmeli ve kanala tam uyan bir kanal aleti seçilmelidir. Doğal olarak bunun önceden tahmin edilmesi oldukça zordur ki bu tip cihazların ana problemlerinden birisi de budur. Diğer bir sorun da her ölçüme başlamadan önce bu aletlerin kalibre edilmesidir. Kalibrasyonda yapılacak hatalar, doğal olarak yanlış ölçümler verecektir. Ayrıca, kullanılan pilin zayıflaması da yanlış ölçümlerin elde edilmesine yol açmaktadır. Bu tip cihazların yetersiz kaldığı bir diğer durum da açık apeks ve periodontal lezyonun bulunduğu dişlerdir. Çünkü her iki durumda da kanal aleti periodontal ligamente temas edemez. Böylece normalinden uzun ölçümler elde edilebilir. Bu aletlerde doğru akım kullanılır. Doğru akım derin anesteziye rağmen bazı

hastalar tarafından sızlama şeklinde hissedilebilmektedir. Ayrıca bu doğru akım kalp pili taşıyan hastalarda tehlikeli olabilir (4).

Orijinal cihazda, yüksek akımlara bağlı ağrı hissedildiğinden bazı düzeltmeler yapılarak **Endodontic Meter** ve 5 μA 'dan daha az bir akım ile kullanılan **Endodontic Meter S II** (Onuki Medical Co) piyasaya çıkarılmıştır (4).

Birinci jenerasyondaki diğer aletler **Dentometer** (Dahlin Electromedicine, Copenhagen Denmark) ve **Endo Radar** (Elettronica Liarre, Imola Italy) dır. Bu aletlerle bulunan uzunluklar kabul edilen çalışma boyundan uzun ya da kısa olması nedeniyle radyografilerle karşılaştırıldığında güvenli bulunmamıştır (42).

2.4.6.2. İkinci Nesil Apex Locatorlar (Empedans Tip)

İkinci nesil apex locatorlar, kanaldaki lokalizasyonun ölçülmesinde rezistans yerine ölçülebilir değerleri kullanan tek frekanslı 'empedans' tipindeydiler. Bu cihazlar rezistans tip cihazların dezavantajlarının üstesinden gelmeyi başarmış farklı prensipte çalışan aletlerdir. Bu aletler dişi uzun dar ve ucu kapalı bir tüp olarak düşünülerek çalışacak şekilde planlanmıştır. Diş apikalde koronerden daha büyük olan ve kök kanalının duvarından geçen giderek artan bir elektriksel empedans sergilemektedir (4).

Sement-dentin birleşiminde veya kanalın en dar yeri olan apikal darlıkta kök kanal duvarından geçen empedansta çok ani bir düşme olmakta ve cihaz bu değişikliği tespit etmektedir. Bu da çalışma boyutu olarak kullanılabilir bir ölçümdür. İkinci nesil apex locatorların diğerlerinden farkı dudak klibi yerine elde tutulan bir parçanın olmasıdır. Bu özellik dudak klibinin tam temas etmemesinden kaynaklanan hataları engelleyeceği gibi enfeksiyon kontrolünde de önemli rol oynar. Diğer bir fark ise, kanal içinde çalışan kanal aleti yerine özel bir uç (Prob) kullanılmasıdır. Bu prob sadece uç kısmı açık kalacak şekilde plastik kaplamayla izole edilmiştir (4).

Kanalın tamamen kuru olma zorunluluğunu ortadan kaldıran bu prob, nemli kanallarda avantaj sağlarken kalınlığı nedeniyle dar kanallarda ölçüm verememektedir. Bu cihazların da birinci nesil apeks locatorlar gibi kullanılmadan önce kalibre edilmeleri gereklidir. Zayıflamış pil yanlış okumalara neden olabilir. Kalibrasyonu kolay olmasına rağmen kullanımda deneyim gerektirmesi klinik kullanımlarını zorlaştırmaktadır (4).

Inoue, 1972 yılında kanal aleti apekse ulaştığında, kullanıcıyı düşük frekanslı bir sesle uyaran ve alternatif akımla çalışan bir elektronik apex locator geliştirdiğini açıklamıştır.

1970-1980 yılları arasında en yaygın olarak kullanılan ve ikinci nesil elektronik apex locator olarak kabul edilen **Sono-Explorer** (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japonya) adlı bu cihazın temel çalışma ilkesi; diş eti oluşu ve periodontal ligament arasındaki frekansın aynı değer olduğu varsayımına dayanır (43,44).

Klomp diş eti oluşuna 0,5 mm girecek şekilde yerleştirilir, ardından kanal aleti ses elde edilinceye kadar kanalda ilerletilir. Kanal aleti periodontal ligamente ulaştığında aynı frekansta ses elde edilir. Bu cihazın en önemli dezavantajı, her kullanımda dişin periodontal sulkusunda kalibre edilmesinin gerekli olmasıdır (45).

Yüksek frekans (400 kHz) dalgalı bir ölçüm cihazı olan **Endocater** (Yamamura Seishokusku, Tokyo, Japonya) 1979 yılında Hasegawa ve ark. tarafından geliştirilmiştir. Endocater klasik nesil sınıflandırmasına göre ikinci nesil elektronik apex locator'dır. Ölçümde doğruluğu arttırmak amacıyla, üzeri teflon kaplı bir kanal aleti kullanılmış ancak; üzeri kaplanan kanal aleti dar kanallarda kullanılamamıştır. Ayrıca teflon kaplama sterilizasyon işlemleri sırasında aşınmıştır (46,47). Bu cihazın, yüksek frekansta elektrik akımı kullanıldığı için hastalarda rahatsızlık hissi uyandırması ve her kullanımdan önce kalibrasyon gerektirmesi gibi dezavantajları da vardır (48).

Ushiyama 1983 yılında, kanal aleti kanala yerleştirildiğinde empedansındaki değişikliği ölçmek için bir cihaz geliştirdiğini ileri sürmüştür. Bu cihaz, bipolar (çift kutuplu) elektrotlar ve 400 Hz'lik alternatif akım kullanarak empedans değerlerindeki değişiklikleri ekrana yansıtır. Ushiyama empedans değerinde ani bir sapmanın, kanal aletinin en dar kısmı olan apikal darlığa ulaştığı anlamına geldiği sonucuna varmıştır. Ushiyama aynı zamanda; gerilimde değişiklik yaratmaları nedeniyle güçlü elektrolitlerin kullanımının apikal daralmayı daha doğru bir biçimde tespit edebileceğini bildirmiştir. Bununla birlikte; özel bipolar elektrotların dar kanallara yerleştirilememeleri bu cihazların en büyük dezavantajıdır (49).

Hem apex locator olan hem de pulpa vitalite testleri yapabilen aletler de vardır:

Apex Finder (Analytic Tecnology, Redmond, WA) ve **Digipex I II III** (Mada Equipment Co, Carlstadt, NJ, ABD)

Endo Analyser (Analytic / Endo, Orange, CA, ABD) ise, görsel bir indikatörü olan kendinden ölçekli bir aygıttır. **Exact-A-Pex** (Ellmann International Hewllet, NY, USA) ses ve ışık yayan diyot (LED) göstergesine sahiptir. Hülsmann ve Pieper (1989), apeksifikasyon tedavisi gereken sürmemiş dişlerde daha kısa ölçüm yaptığını, fakat radyografik metoda göre doldurma sırasında doğru sonuçlar verdiğini bulmuşlardır (50).

Formation IV (Parkell Dental, Parmingdale, NY, USA) LED göstergesine sahip küçük basit bir cihazdır. Alternatif akımla çalışır ve kanal aletinin ucunun apeks'ten olan uzaklığının ölçülmesi için empedansı ölçer. Himel'e göre radyografik apeks'ten 0,5 mm'lik mesafede doğruluğu %65, 1 mm'de ise %83'tür (51).

2.4.6.3. Üçüncü Nesil Apex Locatorlar (Frekans Tip)

Birinci ve 2. nesil olarak da adlandırılan elektronik apex locatorlardaki en büyük eksiklik, kanalın elektrik ileten bir sıvı ile dolu ya da nemli olduğu durumlarda hatalı sonuçlar vermesiydi.

1990'ların başında Yamashita tarafından, değişken kanal koşullarında daha doğru bir kanal boyu ölçümüne olanak tanıyan yeni bir elektronik apex locator geliştirilmiştir (52). Bu cihazlar, kullanılan iki farklı (1 kHz ve 5 kHz) dalga boyuna bağlı olarak dudak klipi ile kanal aleti arasındaki maksimum empedans farkı prensibine göre çalışmaktadır (4).

Kanal aleti kanal içinde, apikale doğru ilerletildikçe empedans değerleri arasındaki fark açılmaya başlar ve apikal darlıkta en yüksek değere ulaşır. Cihaz bu değeri çalışma boyu olarak verir. 2 μ A gibi çok küçük voltajda çalıştığı için hastada bir rahatsızlık yaratmaz. K tipi kanal aleti ile kullanılması avantajdır. En büyük avantajı ise, doku artıkları ve sodyum hipoklorit gibi elektrik iletme özellikleri fazla olan sıvıların varlığında bile tutarlı ölçümler verebilmeleridir (4).

İlk orijinal 3. nesil elektronik apex locator olarak da tanımlanan bu cihaz, **Apit/Endex** (Osada Electric Co, Tokyo, Japonya) adıyla piyasaya sürülmüştür (53). 'Apit/Endex' i daha önceki apex locatorlardan ayıran en önemli özellik; iki farklı frekans kullanması ve kanal içinin elektrolit özellikte bir sıvı ile dolu olduğu durumda bile doğru ölçüm yapabilmesidir. Ancak bu cihazın, her kullanımdan önce kalibrasyon gerektirmesi gibi önemli bir dezavantajı vardır. 'Apit/Endex' ile ilgili yapılan çalışmalarda, $\pm 0,5$ mm'lik bir sapma ile apikal daralmayı %81 oranında doğru olarak tespit edebildiği görülmüştür (48). Frank ve Torabinejad ise Endex'i; apikal darlığı $\pm 0,5$ mm mesafede tespit etmede %89.64 oranında başarılı bulmuşlardır (53).

Üçüncü nesil olarak piyasaya sürülen diğer apex locatorlar, **Justy II** (Hager & Werken, Duisburg, Almanya), **Mark V Plus** (Moyco/Union Broach, Bethpage, NY,

ABD), **Endy 5000** (Loser, Leverkusen, Almanya) ve **Root ZX** (J Morita, Tokyo, Japonya)'dir (4).

1991 yılında Kobayashi ve ark. nemli ortamda kullanılabilen ve kendi kendini kalibre edebilen ilk modern elektronik apex locator olan **Root ZX** (J Morita, Tokyo, Japonya)'i piyasaya sürmüşlerdir. 'Root ZX' kanalın sonlanma noktasını tespit etmek için, aynı anda 0,4 ve 8 kHz'lik frekanslarda empedans değerlerini ölçerek birbirlerine oranlar. Kuvvetli mikroişlemcilerle sahip olduğu, matematiksel oranlama ve algoritma hesabı yapabildiği için daha doğru sonuçlar verdiği ifade edilmektedir (1).

Root ZX 'in güvenilirliğini incelemek için bir çok araştırmalar yapılmıştır (Tablo 2).

Araştırmacılar	Test Tipleri	Doğruluk(%)	Örnek
Daimi Dişlerde Klinik Doğruluk	İn vitro		
Czerw ve ark.(1995)	In vitro	100	30
White ve ark.(1996)	In vitro	84	51
Ounsi ve Naaman(1999)	In vitro	85	39
Solusyon varlığında Doğruluk			
Shabahang ve ark.(1996)	In vitro	96	26
Weiger ve ark.(1999)	In vitro	85	41
Meares ve ark.(2002)	In vitro NaOCI ile doğruluk	83	40
Daimi Dişlerde Klinik Doğruluk	İn vivo		
Vajrabhaya ve Tepmongkol(1997)	In vivo	100	20
Pagavino ve ark.(1998)	In vivo doğruluk - SEM	83	29
Mcdonald ve ark.(1999)	In vivo	95	20
Süt Dişlerinde Klinik Doğruluk			
Katz ve ark.(1996)	In vitro	100	20
Mente ve ark.(2002)	Rezorbe süt dişi- In vitro	98	24
Kielbassa ve ark.(2003)	In vivo	64	71

Tablo 2. Root ZX in güvenilirliğini inceleyen araştırmalar

2.4.6.4. Dördüncü Nesil Apex Locatorlar (Orantı Tip)

Prensip olarak cihaz, kanalda sıvı varken kanalın empedansı iki farklı dalga boyuna sahip iki elektriksel akımın anında ölçülmesi esasına göre çalışır. f_1 (8 khz) ve f_2 (400 Hz) olarak adlandırılan bu dalgalardan f_1 daha büyüktür. f_1 için ölçülmüş empedans Z_1 , f_2 için ölçülmüş empedans değeri de Z_2 olarak adlandırılmaktadır. Z_1 ile Z_2 arasındaki oran kanal aletinin ucunun kanal içindeki yeri hakkında bilgi verir. Bu iki empedansın oranları ölçüldüğünde her zaman $Z_1 < Z_2$ 'den küçüktür, yani Z_1 / Z_2 oranı 1'den azdır. Bu elektriksel ve kanal duvarının kapasitansına bağlı bir prensiptir. Kanal duvarı, foramen apikale'den daha düşük elektriksel kapasitansa sahip olduğu için kanal aletinin ucu foramen apikale'ye az bir mesafede olduğu durumda iki empedans oranı çok yakındır. Ancak, oran kanal aleti apikal darlığa ulaştıkça bir hayli düşmektedir. Bu yeni nesil cihaz da foramen apikale yakınlarındaki bu elektriksel değişimleri tespit edebilme prensibine göre çalışır (4).

1999 yılında; 400 Hz ve 8 kHz olmak üzere iki farklı frekans kullanan, ancak her defasında yalnızca tek bir frekanstan gelen sinyali değerlendiren, **Bingo 1020** (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, İsrail) adı verilen elektronik apex locator piyasaya sürülmüştür (38). Üreticiler, yalnızca bir frekans kullanımı ve ölçümlerde sinyallerin kök ortalama alan değerlerinin temel alınmasının ölçümlerin doğruluğunu ve cihazın güvenilirliğini arttırdığını iddia etmektedir. Bu cihaz daha sonradan Dentsply tarafından **Ray-Pex 4** (VDW, Münih, Almanya) olarak piyasaya sürülmüştür (1).

2003 yılında '**Elements Diagnostic Unit and Apex Locator**' (SybronEndo, Anaheim, CA, ABD) piyasaya sürülmüştür. Bu cihaz matematiksel algoritma ile empedans ölçümü yapmaz. Bunun yerine, ayrı ayrı direnç ve kapasitans'ı ölçerek iki farklı frekansta (0,5 ve 4 kHz) gelen sinyali bileşik bir sinyale çevirir ve kendi arama tablosundaki değerlerle karşılaştırarak kanal aletinin pozisyonunu tespit eder (54).

Vera ve Gutierrez (2004); '**Elements DU & Apex locator**' ile ölçüm yapılırken, kanal aletinin 00 çizgisinden 0.5 çizgisine çekilmesinin bu cihazı kullanmanın en doğru

yolu olduğunu bildirmişlerdir (55). Elektronik apex locatorların doğruluğunu daha da arttırmak için çalışmalar yapılmaktadır. Bunlardan biri, ikiden daha fazla frekans kullanarak empedans özelliğini ölçmektir.

İkiden fazla frekans kullanan ve 4. nesil olarak da adlandırılan bu cihazlar **Endo Analyzer 8005** (Analytic, Sybron Dental, Orange, CA), **AFA Apex Finder** (Analytic Technology, Redmond, WA), **ProPex** (Dentsply-Maillefer, Ballaigues İsviçre), **RayPex 4** (VDW, Münih, Almanya) adlarıyla piyasaya sürülmüşlerdir. Bu cihazların işleyişi empedans oran-bazlı elektronik apeks locatorlara benzerdir. Empedansın özellikleri olan kapasitans ve dirençteki ani değişiklikleri tespit etmek suretiyle, kanalın sonlanma noktasını belirlerler. **Endo Analyzer 8005** ve **AFA Apex Finder**, beş frekans kullanırlar ve her frekansta empedansın her iki özelliğini de (faz ve büyüklük) ölçerler. Ölçülen bu değerler (faz ve büyüklük), apikal darlığın yerini tespit etmek için analiz edilir. Welk ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada, Endo Analyzer 8005'in apikal darlığı belirlemedeki başarısını %34.4 bulmuşlardır (56). Hör ve ark (2005) RayPex 4'ün başarısını, dijital ekrandaki '0.0' çizgisinde %94.8, '0.5' çizgisinde %90.7, '1.0' çizgisinde ise %72.5 bulmuşlardır (57).

'ProPex', ikiden çok frekans kullanarak çalışma boyunu tespit eder. En önemli özelliği, hesaplamayı sinyalin enerjisini kullanarak yapmasıdır. Diğer multifrekanslı elektronik apeks locatorlar ise hesaplamayı sinyalin amplitüd'ünü kullanarak yaparlar. Üretici firma, enerji kullanarak yapılan ölçümün daha doğru olduğunu iddia etmektedir (58).

Elektronik apex locator'ların çoğunun temel kuralı, insan vücudunun elektriksel bileşenlerini (rezistans, empedans) ölçmek suretiyle kanalın sonlanma noktasını tespit etmeleridir. Bununla beraber; modern elektronik apeks locator'ların çoğu, kök kanalının dışında periodontal ligamentin başlama noktasını gösterebilir. Bu cihazlarla ilgili yapılan birçok araştırmada, kanal aletinin ucunun periodontal ligamente temas ettiği yeri ifade eden 0 çizgisine ulaşıldığında, kanal aletinin boyundan 0,5-1 mm çıkartılması önerilir. Ölçülen boydan 0,5-1 mm çıkarmak kanal aletinin tam apikal darlıkta

konumlandığı anlamına gelmemekle beraber, kanal aletinin kanal sınırları içinde ve periodontal ligamente yakın olduğunu ifade etmektedir (38).

Buraya kadar anlatılan çeşitli apex locator' ların avantaj ve dezavantajları da belirtilmiştir (Tablo 3).

Apeks Locator	Marka	Avantaj	Dezavantaj
Rezistans Tip	SonoExplorer, Neosono, Dentometer, Formatron, Endometer Endoradar	Kullanım kolaylığı, Dijital çıkış, Duyulabilir ses uyarısı, K tipi kanal aletinin kullanılabilirliği.	Kuru ortamın şart olması, Hastada duyarlılık, Kalibrasyon gerektirmesi.
Empedans Tip	Sono-Explorer Mark III, Exact-A-Pex, Endocater, Apex Finder, Neosono-D	Nemli ortamda çalışabilme, Analog gösterge, Hastada duyarlılık yok, Bazılarında dudak klipi yok.	Kullanımları zor, Dijital okuma yok, İzole edilmiş özel prob her kanala uygun değil.
Frekans Tip	Endex/Apit, Apex Finder AFA, Neosono Ultima EZ, Root ZX	Kullanım kolaylığı, Nemli ortamda çalışabilme, Duyulabilir ses uyarısı isteğe bağlı, Şarj edilebilir pille çalışması, Hastada duyarlılık yok	Dudak klibinin fazla teması
Orantı Tip	Bingo 1020, Ray pex 4, Elements DU Apex L	Kullanım kolaylığı, Dijital okuma dilimleri, Normal kalem pille çalışabilmesi, Nemli ortamda çalışabilme	Dudak klibinin fazla teması

Tablo 3. Farklı tipte apex locatorların avantaj ve dezavantajları

2.4.6.5. Elektronik Apex Locatorların Diğer Kullanım Alanları

Apeks locatorlar klinik olarak kabul edilebilir sınırlarda kanal perforasyonlarını saptayabilmekte ve geniş veya dar perforasyonları eşit şekilde ayırt edebilmektedir (59,60). Azabal ve ark. (2004), Justy II 'nin yatay kırıkları tespit edebildiğini, ancak dikey kırıkların ölçümünde başarısız olduğunu bulmuşlardır (61).

Kök kırığı, çatlak, iç ve dış rezorpsiyon gibi olgularda kök kanalı ve periodontal membran arası herhangi bir bağlantı apeks locator ile saptanabilir (62). Bir perforasyon, aletin devreyi tamamlamasına ve apekten dışarıda gözükmemesine neden olacağından; şüpheli periodontal ya da pulpal perforasyonlar tüm apeks locatorlar tarafından saptanabilmektedir (63).

2.4.6.6. Elektronik Apex Locatorların Ölçüm Doğruluğunu Etkileyebilen Faktörler

2.4.6.6.1 Pulpa Vitalitesi:

Çalışmaların çoğu pulpanın vitalitesinin, elektronik apeks locator'ların doğruluğu üzerinde etkisi olmadığını bildirmekle birlikte, bu konuda hala bazı fikir ayrılıkları vardır (64,65). Vital pulpanın, apikal darlığın tespitini etkileyip etkilemeyeceğine ilişkin, 'Endex' marka elektronik apeks locator ile yapılan bir in vivo çalışmaya göre; vital ve devital dişler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (66). Vajrabhaya ve Tepmongkol , 1997 , 'Root ZX' ile yaptıkları bir çalışmada yine benzer sonuçlar elde etmiştir (67). Dunlap ve ark. , 1998 , vital ve devital dişlerde 'Root ZX' ile yapılan kanal boyu tespitlerini karşılaştırmışlar ve bulgular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır (65). 'AFA Apex Finder' ile yapılan ölçümlerin pulpanın durumundan etkilenip etkilenmediğinin araştırıldığı bir çalışmada; cihazın vital dişlerde apikal darlığı tespit etme oranı %93,9 iken, devital dişlerde bu

oranın %76,6'ya düştüğü ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur (39).

2.4.6.6.2 Elektrik İleten Solüsyonlar

Empedans oranlı elektronik apex locatorların iddia edilen avantajlarından biri, kanalın sodyum hipoklorit gibi, iletkenlik özelliği yüksek bir solüsyon ile dolu olduğu durumlarda bile doğru sonuçlar verdiğidir (68).

Meares ve ark. , 2002 , sodyum hipoklorit'in farklı konsantrasyonlarının, '**Root ZX**' in ölçüm doğruluğunu etkileyip etkilemediğini araştırıldıkları bir çalışmaya göre, %2,625 ve %5,25'lik konsantrasyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamıştır (69). Tınaz ve ark. , 2002 , değişik konsantrasyonlarda (%5.25, %2.65, %1.00 ve %0.50) NaOCl'in '**Root ZX**' in ölçüm hassasiyetini etkilemediğini bildirmişlerdir (41). Jenkins ve ark. , 2001 , *in vitro* ortamda, %5,25 NaOCl, RC Prep, EDTA, %3 H₂O₂ ve Peridex'in, '**Root ZX**' in ölçüm doğruluğu üzerine etkileri olup olmadığı konusunda yaptıkları çalışmada; yıkama solüsyonunun ölçüm doğruluğu üzerine bir etkisi olmadığı sonucuna varmışlardır (70). Kim ve ark. , 2000 , elektronik apex locatorlar ile yapılan ölçümlerin, H₂O₂ gibi elektrik iletkenliği düşük bir solüsyon varlığında kısa, NaOCl gibi elektrik iletkenliği yüksek bir solüsyon varlığında ise uzun olma eğiliminde olduğunu ve bu durumun voltaj farkından kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir (71).

2.4.4.6.3. Süt Dişleri

Süt dişlerinde devam eden fizyolojik kök rezorpsiyonu nedeniyle, foramen apikale'nin lokalizasyonunun tespiti diş hekimi için oldukça güç bir durumdur. Katz ve ark. , 1996 , rezorpsiyonun farklı derecelerinde çekilmiş süt dişlerinde, çalışma uzunluğu tespitinde '**Root ZX**' ve radyografiyi karşılaştırdıkları çalışmalarında, gerçek kanal uzunluğu ile kullanılan yöntemler arasında bir fark bulamamışlardır. Ayrıca, diş

ve kanal tipinin, periapaksin durumunun ve klinik koşulların, **'Root ZX'** ile yapılan ölçümleri etkilemediği sonucuna varmışlardır (72).

Bodur ve ark. , 2008 , kök rezorpsiyonu bulunmayan süt dişlerinde $\pm 0,5$ mm mesafede **'Root ZX'** i %54.9, **'Endex'** i ise %58.8 oranında başarılı bulmuşlardır. Ayrıca; **'Root ZX'** ile yapılan ölçümlerin %72.5'i , **'Endex'** ile yapılan ölçümlerin de %64.6'sı gerçek kanal uzunluklarına göre 3 mm'ye kadar kısa bulunmuştur (73). Leonardo ve ark. , 2008 , **'Root ZX II'** ve **'Mini Apex Locator'** (Sybron Endo, Sybron Dental, Anaheim, CA) ile yaptıkları çalışmada süt dişlerinde başarılı sonuçlar elde etmişlerdir(74). Tosun ve ark. , 2008 , kök rezorpsiyonu bulunmayan süt dişlerinde kullandıkları **'Root ZX'** in apikal darlığa $\pm 0,5$ mm mesafedeki başarısını %89.28 bulurken, ± 1 mm'de %98.22 bulmuşlardır (75). Kielbassa ve ark. , 2003 , çalışmalarında kullandıkları süt dişlerinin %85 inde **'Root ZX'** in çalışma uzunluğuna göre 3 mm'ye kadar kısa ölçümler yaptığını bildirmişlerdir (76).

2.4.4.6.4. Kök Rezorpsiyonu

Kökü çevreleyen periodontal dokuların ve apikal darlığın yıkıma uğradığı enflamatuvar kök rezorpsiyonu olgularında, elektronik apeks locatorların kullanımını tartışmalı bir konudur. Tosun ve ark. , 2008 , rezorbe kök kanallarında **'Root ZX'** ve **'Tri Auto ZX'** in $\pm 0,5$ mm mesafedeki başarısını %83.33 ve %89.47 bulurken ± 1 mm'de ise; sırasıyla %98.95 ve %100 bulmuşlardır (75). Kielbasa ve ark. , 2003 , kök rezorpsiyonu olan ve olmayan süt dişleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmiştir (76). Mente ve ark. , 2002 , yaptıkları çalışmada, süt dişlerinde rezorpsiyon bulunmasının **'Tri Auto ZX'** in doğruluğunu etkilemediğini göstermiştir (77).

Bodur ve ark. , 2008 , kök rezorpsiyonu bulunan süt dişlerinde, **'Root ZX'** ve **'Endex'** i değerlendirdikleri çalışmalarında $\pm 0,5$ mm ve ± 1 mm mesafelerde **'Root ZX'** i sırasıyla %25.8 ve %63.4, **'Endex'** i ise %21.5 ve %48.4 oranlarında başarılı bulmuşlardır (73).

2.4.4.6.5. Foramen Apikale'nin Çapı

Elektronik apeks locatorlar ile kanal boyu tespiti yapılırken kullanılacak kanal aletinin çapının ya da foramen apikale'nin çapının ölçüm doğruluğu üzerine etkisi konusundaki genel kanı, kanal aletinin çapının kanal boyu ölçüm cihazlarının doğruluğunu etkilemediği yönündeydi (68,78). Nyguen ve ark. , 1996 , '**Root ZX**' kullanarak yaptıkları çalışmada 10 nolu kanal aleti ile ölçüm yaptıktan sonra kanalı döner aletlerle genişletmişler, 60 no lu kanal aleti ile tekrar ölçüm yapmışlar ve kanal aletinin çapının ölçüm sonuçlarını etkilemediği sonucuna varmışlardır (78). Kim ve ark. , 2002 , farklı diş gruplarında apex locator ile yaptıkları ölçümlerde foramenin çapına uygun olarak 25 no'lu kanal aletinden büyük ve küçük kanal aletleri kullanmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, kanal boyu tespitinde 25 no'lu kanal aletinden daha küçük veya büyük çaplarda kanal aleti kullanımı arasında, ölçüm sonuçlarının doğruluğu açısından herhangi bir farklılık yoktur (68). Bununla birlikte son yıllarda yapılan bazı çalışmalar uzunluk tespitinde kullanılan eğenin çapının elektronik apex locator'ın ölçüm doğruluğunu etkilediğini göstermektedir (79,80). Herrera ve ark. , 2007 , tarafından yapılan bir çalışmada kanal aletinin çapının başka bir deyişle apikalde sıkışan bir kanal aleti kullanımının '**Root ZX**' in ölçüm doğruluğunu etkilediği bulunmuştur (80).

2.4.4.6.6. Perforasyonlar ve Kök Kırıkları

Perforasyonlar (özellikle yanak-dil yüzeyindekiler) radyografide genellikle tespit edilemezler (59). Birçok araştırmacı; kök perforasyonlarının ve lateral kanalların, apex locatorlar ile tespit edilebileceğini ifade etmektedirler (62). Kaufman ve ark. , 1997 , '**Root ZX**' , '**Endex**' ve '**Sono Explorer**' Mark I in, kök yüzeyindeki perforasyonu tespit edebilme etkinliklerini karşılaştırmışlar ve araştırmada kullanılan tüm elektronik apex locatorların 0,6-0,06 mm geride perforasyonu tespit ettiklerini gözlemlemişlerdir (60). Azabal ve ark. , 2004 , *in vitro* ortamda yapay olarak horizontal ve vertikal kök kırığı oluşturdukları dişlerde '**Justy II**' nin etkinliğini araştırdıkları çalışmaya göre; '**Justy II**' nin yatay kök kırıklarını tespit edebilmesine rağmen, dikey kök kırıklarının tespitinde hatalı sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir (61).

2.4.7 Elektronik Apex Locatorlarla İlgili Çalışmalar

Berman ve Fleischman , 1984 , yaptıkları *in vivo* çalışmalarında, 24 adet kök oluşumu tamamlanmış, 5 adet kök oluşumu tamamlanmamış dişte '**Neosono-D**' (Amadent Corp., Cherry Hill, NJ) elektronik apex locator'ının foramen apikale'yi tespit etmedeki başarısını incelemişler. Gerçek kanal uzunlukları ışık mikroskobu altında ve radyografik yöntemlerle hesaplanmış. Çalışma sonunda araştırmacılar; '**Neosono-D**' nin kök oluşumu tamamlanmış dişlerde başarılı olduğunu fakat kök oluşum tamamlanmamış dişlerde iyi sonuç vermediğini bildirmişlerdir (81).

Inoue ve Skinner , 1985 , 201 diş üzerinde yaptıkları çalışmada, kök kanal uzunluklarını elektronik olarak ölçmek için '**Sono-Explorer Mark III**' marka elektronik apex locator'ı kullanmışlar. Daha sonra dişlerin radyografileri alınmış ve kanal aletinin ucu ile radyografik apex arası mesafeler hesaplanmış. Çalışmanın sonunda; elektronik yolla hesaplanan kanal uzunlukları, radyografik apex'e göre, kanalların %57.7 sinde 0-0.5 mm kısa, %26.8 inde 0.6-1 mm kısa, %15.2 sinde 1.1-3 mm kısa kalırken, kanalların %0.3 ünde (1 kanal) radyografik apex'in ötesinde yerleşmiştir (82).

Fouad ve Krell , 1989 , '**Exact-a-pex**' , '**Endocater**' , '**Neosono-D**' , '**Apex Finder**' ve '**Sono Explorer Mark III**' ü değerlendirdikleri çalışmalarında kanal uzunluklarını belirleme açısından, elektronik apex locator'lar arasında anlamlı bir fark bulamamışlar, en kötü sonuçları ise kanal içerisinde NaOCI ve kan bulunurken aldıklarını bildirmişlerdir (83). Kaufman ve ark. , 1989 , çalışma uzunluğunu belirlemede; '**Dentometer**' ve '**Sono-Explorer**' elektronik apex locatorlarını, radyografiler ile karşılaştırmışlar. '**Dentometer**' da, hem '**Sono-Explorer**' hem de radyografik çalışma uzunluğuna göre daha kısa ölçümler elde etmişler. '**Sono-Explorer**' ile radyografik çalışma uzunluğu arasında anlamlı bir fark bulunamazken, '**Sono-Explorer**' ve '**Dentometer**' arasında anlamlı bir fark bulunduğunu bildirmişlerdir (84).

Fouad ve ark , 1990 , yaptıkları çalışmada, '**Exact-a-pex**' , '**Endocater**' , '**Apex Finder**' , '**Neosono-D**' ve '**Sono Explorer Mark III**' elektronik apex locator'larının

linik performanslarını karşılaştırmışlar. Gerçek kanal uzunlukları; dişlerin çekilmesinden sonra, kanal aletinin ucunun foramen apikale'de görülene dek ilerletilmesiyle hesaplanmıştır. Elektronik apex locatorlar'ın, foramen apikale'den $\pm 0,5$ mm de %55 ile %75 arasında değişen oranlarda başarılı oldukları bildirilmiştir (85).

Ducain , 1991 , yaptığı çalışma sonucunda foramen apikale'ye $\pm 0,5$ mm de '**RCM Apex Locator**' ın %62, '**The "NO"X**' un ise %41 'lik başarı gösterdiğini bildirmiştir (86). Keller ve ark. , 1991 , 99 kanalda '**Endocater**' ın, ± 1 mm de apikal darlığı tespit edebilmedeki başarısının %67.7 olduğunu bildirmişlerdir. 59 kanalda elektronik olarak hesaplanan çalışma uzunlukları apikal darlığı 1 mm aşarken, 27 kanalda apikal darlığı 1 mm den daha fazla aşmıştır (87).

Hembrough ve ark. , 1993 , 26 adet üst büyük azı dişte, çalışma uzunluğunu hesaplamak için elektronik apex locator ve radyografileri karşılaştırmışlar. Radyografilerin %88.5, elektronik apex locator'ın ise %73.1 oranında başarılı olduğunu göstermişlerdir. Araştırmacılar; çalışmanın sonucu olarak endodontik tedavide elektronik aletlerin radyografilerin yerini almasını desteklemediklerini bildirmişlerdir (88). Rivera ve Seraji , 1993 , 30 adet kesici dişte; kök kanallarının şekillendirilmesi öncesi ve sonrası gerçek kanal uzunlukları ile elektronik olarak hesaplanmış kanal uzunluklarını karşılaştırmışlar. Kanallar #35 no kanal aletine kadar step-back tekniği ile şekillendirilmiş. Çalışma sonucunda; şekillendirme öncesi elektronik yolla hesaplanan çalışma uzunlukları gerçek uzunluklara göre kanalların %63 'ünde uzun, %23 'ünde aynı, %13 'ünde ise daha kısa olmuştur. Kök kanallarının şekillendirilmesi sonrasında ise, kanalların %30 'unda uzun, %70 'inde kısa ölçüm elde edilmiştir (89). Frank ve Torabinejad , 1993 , yaptıkları *in vivo* çalışmada '**Endex**' i, nemli kanallarda apikal darlığı $\pm 0,5$ mm sapma ile %89.64 başarılı bulmuşlardır (90).

Pallares ve Faus , 1994 , '**Endocater**' ve '**Odometer**' ile kuru ve ıslak kanallarda yaptıkları elektronik ölçümler sonucunda; '**Enocater**' ı kuru kanallarda %89.6, ıslak kanallarda %88.7 ; '**Odometer**' ı ise kuru kanallarda %84.8, ıslak kanallarda %79.3 başarılı bulmuşlardır (91). Kobayashi ve Suda , 1994 , farklı frekanslardaki empedans

oranlarının, kanal içindeki farklı elektrolit sıvılarıyla (NaOCI, ETDA, Serum fizyolojik) dolu olduğu durumlarda bile değişmediğini göstermişlerdir (92).

Czerw ve ark. , 1995 , *in vitro* çalışmada '**Digipex II**' yi '**Root ZX**' kadar güvenilir bulmuştur (93).

Shabahang ve ark. , 1996 , foramen apikale'den $\pm 0,5$ mm'lik bir sapmanın klinik koşullarda tolere edilebilir olduğunu, '**Root ZX**' in vakaların %92.6 'sında foramen apikale'yi tespit edebildiğini göstermişlerdir (94). Prattern ve ark. , 1996 , *in vitro* ortamda çekilmiş dişler üzerinde yaptıkları çalışmalarında konvansiyonel radyografi ve '**Endex**' marka elektronik apex locator ile yapılan boy ölçümlerini karşılaştırmışlardır. Gerçek kanal uzunluklarının apikal sınırını ışık mikroskou altında apikal darlık olarak belirleyerek; radyografik ve elektronik yöntemle yaptıkları ölçümleri gerçek çalışma uzunluk ölçümleri ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar elektronik apex locator ve radyografik yöntem arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve elektronik apex locator ile yapılan ölçümlerin gerçek çalışma uzunluk ölçümlerine daha yakın olması nedeniyle radyografik yöntemle göre daha güvenilir olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte bu sonucun klinik ortamda bir yöntemin diğerine göre daha üstün olduğu anlamına gelmeyeceğini ileri sürmüşlerdir (95).

Dunlap ve ark. , 1998 , '**Root ZX**' in apikal daralmayı tespit etmesinde vital ve devital pulpalı dişler arasında herhangi bir fark olmadığını ve '**Root ZX**' in apikal daralmayı $\pm 0,5$ mm'lik mesafede %82.3 lük oranda doğru tespit ettiğini bildirmiştir (65).

De Moor ve ark. , 1999 , '**Apex Finder AFA Model 7005**' , '**Neosono Ultima EZ**' ve '**Apit 2**' ile yaptıkları çalışmada, foramen apikale'ye en yakın sonucu $\pm 0,1$ mm ile '**Apex Finder AFA Model 7005**' in en uzak sonucu ise $\pm 0,5$ mm ile '**Apex Finder**' in verdiğini bildirmişlerdir (96). Ounsi ve Naaman , 1999 , yaptıkları *in vitro* çalışmalarında; kanal aletini, ucu foramen apikale'den görülene kadar ilerletmişler ve aletin ucu ile koroner referans noktası arasındaki mesafeyi gerçek uzunluk olarak kabul etmişlerdir. '**Root ZX**' in 'Apex' çizgisinde yapılan ölçümleri gerçek uzunlukla, '0.5'

çizgisinde yapılan ölçümleri ise gerçek uzunluktan 0.5 mm çıkarttıkları ölçümlerle karşılaştırmışlardır. $\pm 0,5$ mm değer aralığında başarı oranı '0.5' çizgisinde %50, 'Apex' çizgisinde ise %84.2 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak '**Root ZX**' in apikal darlığı tespit etmede yetersiz olduğunu ve foramen apikale'yi büyük bir kesinlikle tespit edebildiğini bildirmişlerdir (97).

Pommer , 2001 , apikal darlığı belirlemede '**AFA Apex Finder**' ve radyografileri karşılaştırdığı çalışmasının sonucunda; $\pm 0,5$ mm de radyografileri %77.2, '**AFA Apex Finder**' ı ise %98.5 oranında başarılı bulmuştur (98). Martinez-Lozano ve ark. , 2001 , *in vitro* olarak konvansiyonel, dijital radyografi ve apex locator ile yaptıkları kanal boyu ölçümlerini gerçek kanal uzunlukları ile karşılaştırmışlar ve gerçek kanal uzunluğunun apikal sınırını, foramen apikale olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar foramen apikale'ye $\pm 0,5$ mm uzaklıktaki ölçümleri başarılı ölçüm aralığı olarak belirlemişler ve bu aralıkta foramen apikale'yi tespit etme oranlarını RVG için %61.4, konvansiyonel radyografi için %50.6 ve '**Apit EM-S3**' için %67.8 olarak tespit etmişler ve yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır. Bu bulgulara dayanarak üç yöntemin de tam olarak gerçek kanal boyunu tespit edemediği sonucuna varmışlardır (99).

Meares ve Steiman , 2002 , NaOCI varlığında '**Root ZX**' in apikal darlığı tespit etmedeki başarısının %83 olduğunu belirtmişlerdir (69). Tınaz ve ark. , 2002 , *in vitro* bir çalışmada '**Bingo 1020**' nin doğruluğunun '**Root ZX**' kadar olduğunu ve yeni başlayanlar için önceden genişletilmiş kanallardaki kullanımının daha kolay olacağını belirtmişlerdir (100). Kaufman ve ark. , 2002 , çekilmiş dişler üzerinde iki elektronik apex locator ve konvansiyonel radyografiyle yapılan boy ölçümlerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada büyüteç altında foramen apikale tespit edilmiş ve kanal aletinin ucu foramen apikale'den görülene kadar ilerletilmiş ve gerçek uzunluk; foramen apikale ile koroner referans noktası arası olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar '**Root ZX**' ve '**Bingo 1020**' arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır. Ancak; konvansiyonel radyografi ölçümleri, her iki elektronik apex locator ve gerçek boy ölçümlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede uzun bulunmuştur. Araştırmacılar bu bulguların ışığında elektronik yöntemin radyografik yöntemle göre daha güvenilir olduğu sonucuna varmışlardır (101). ElAyouti ve ark. ,

2002 , *in vitro* ortamda yaptıkları çalışmalarında ‘**Root ZX**’ ve konvensiyonel radyografi ile yapılan kanal boyu tespitlerini gerçek kanal boyu ile karşılaştırmışlar gerçek boyu foramen apikale ile koroner referans noktası arası mesafe olarak belirlemişlerdir. Ölçümleri foramen apikaleden uzun ve kabul edilebilir olarak değerlendirmişlerdir. Kabul edilebilir ölçümlerin başarı oranları konvensiyonel radyografi için %50, ‘**Root ZX**’ için ise %79 olarak tespit edilmiş ve araştırmacılar bu bulgulara dayanarak küçük azı dişlerde elektronik apex locator ve radyografinin birlikte kullanımının çalışma uzunluğunun tespiti sırasında apeksten taşma riskini azaltacağı sonucuna varmışlardır (102).

Welk ve ark. , 2003 , ‘**Root ZX**’ ve ‘**Elements DU & AL**’ ın ölçüm doğruluğunu karşılaştırdıkları *in vivo* çalışmalarında apikal darlığın $\pm 0,5$ mm sapma ile belirlemesinde ‘**Root ZX**’ i %90.7, ‘**Elements DU & AL**’ ı ise %34.4 başarılı bulmuşlardır (56).

Lucena-Martin ve ark. , 2004 , yılında üç farklı elektronik apex locator’ın doğruluğunu *in vitro* olarak karşılaştırdıkları çalışmalarında; kanal aletinin ucu foramen apikale’den görülene kadar ilerletmişler ve aletin ucu ile kurondaki referans noktası arasındaki mesafeyi gerçek çalışma uzunluğu olarak kabul etmişlerdir. Araştırmacılar gerçek kanal uzunlukları ile elektronik apex locatorlar ile yapılan ölçümleri kliniğe uygunluk açısından $\pm 0,5$ mm de değerlendirdiklerinde başarı oranları; ‘**Root ZX**’ ve ‘**Justy II**’ için %85, ‘**Nesono Ultima**’ için %90 olarak tespit edilmiş ve foramen apikale’yi tespit etmede 3 cihaz arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (103). Hoer ve Attin , 2004 , yılında *in vivo* ortamda yaptıkları çalışmalarında, empedans tip elektronik apex locator’ların kullanımının, apikal darlığı tam olarak tespit edemediklerini, daha doğrusu klinik şartlarda yalnızca foramen apikale ile apikal darlık arasındaki bölgeyi tespit edebildiklerini göstermişlerdir. Gerçek kanal uzunluğunun apikal sınırını apikal darlık olarak seçmişler ve bu sınırı ışık mikroskobu altında belirlemişlerdir. Çalışmalarında; ‘**Justy II**’ ve ‘**Endex**’ marka 3.nesil empedans tip elektronik apex locator’ları kullanmışlar ve olguların %81-82.4 ‘ünde apikal darlık ve foramen apikale arasındaki bölge doğru olarak tespit edilmesine rağmen, kanalların

yalnızca %51-64.3 'ünde apikal darlığın yerinin doğru olarak tespit edildiğini göstermişlerdir (64).

Tselnik ve ark. , 2005 , apikal darlığın yerini belirlemek için kullandıkları '**Root ZX**' i $\pm 0,5$ mm de %75, ± 1 mm de %88.9 başarılı bulurken '**Elements DU & AL**' in ise $\pm 0,5$ mm de %75, ± 1 mm de %91.7 oranında başarılı olduğunu göstermişlerdir. Araştırmacılar başarı oranının yüksek olmasına rağmen olguların çoğunda '**Root ZX**' ile yapılan ölçümlerde kanal aletinin ucunun apikal darlığın ortalama 0,41 mm ilerisinde konumlandığını bildirmişlerdir (104).

Goldberg ve ark. , 2005 , kanal tedavisi tekrarı sırasında, çalışma uzunluğunun belirlenmesi için değerlendirdikleri elektronik apex locatorlardan '**Propex**' in %80, '**NovApex**' in %85, '**Root ZX**' in ise %95 oranında başarılı olduğunu göstermişlerdir (105). Alves ve ark. , 2005 , '**Tri Auto ZX**' in, kök kanalı dolgusunun uzaklaştırılması sırasında foramen apikale'yi belirlemesinde $\pm 0,5$ mm sapma ile %80 'in üzerinde başarılı olduğunu bildirmişlerdir (106).

D'Assuncao ve ark. , 2006 , foramen apikale'nin yerinin belirlenmesinde '**Root ZX**' ve '**NovApex**' i kullanmışlar. $\pm 0,5$ mm de '**Root ZX**' %89.7, '**NovApex**' ise %82.1 başarılı bulunmuştur (107). Fan ve ark. , 2006 , '**Root ZX**' , '**Propex**' ve '**Neosono Ultima EZ**' in, değişik çaplarda 48 adet cam tüpteki hassasiyetlerini karşılaştırmışlar. Elektronik apex locator'lara #15 no paslanmaz çelik K-file bağlanarak, tüpler kuruyken veya tüplerin içinde %0.9 NaCl, %3 H₂O₂, %2.5 NaOCI ya da %17 EDTA varken ölçümler yapılmış. '**Root ZX**' ve '**Propex**' in hassasiyetinin; tüplerin çapı arttıkça ve tüplerin içinde elektrolit varken düştüğü gösterilirken, tüplerin çapının ve tüplerin içinde elektrolit olup olmamasının '**Neosono Ultima EZ**' in doğruluğu üzerine etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Araştırmacılar; çalışmanın sonucunda '**Propex**' ve '**Neosono Ultima EZ**' in farklı koşullarda '**Root ZX**' e göre daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir (108). Platino ve ark. , 2006 , '**Root ZX**' , '**Elements Diagnostic Unit & Apex Locator**' ve '**Propex**' in ölçüm doğruluğunu karşılaştırdıkları *in vitro* çalışmalarında; kanal aletinin ucu foramen apikale'den görülene kadar ilerlettikten sonra aletin ucu ile lastik rondel arasındaki mesafeyi ölçmüşler ve bu uzunluktan

0,5 mm çıkartarak gerçek kanal uzunluğunu tespit etmişlerdir. Gerçek kanal uzunluğu ile elektronik apex locatorların ölçtüğü uzunlukların farkı alınmış, gerçek boydan uzun olan ölçümler pozitif, kısa olanlar ise negatif olarak değerlendirilmiştir. Gerçek uzunluk ile ölçülen kanal uzunlukları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. **'Root ZX'** ile **'Elements DU & AL'** arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ayrıca **'Propex'** in diğer elektronik apex locatorlara göre gerçek uzunluklardan daha ileride ölçüm yaptığı ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ifade edilmiştir. $\pm 0,5$ mm aralığında apikal darlığı tespit etme oranları ise **'Root ZX'** %97,3, **'Elements DU & AL'** %94.28, **'Propex'** ise %100 olarak bulunmuştur (58). Kadi ve ark. , 2006 , yaptıkları çalışma sonucunda **'Raypex 4'** ve **'Propex'** in yatay ve dikey kök kırıklarının belirlenmesinde çok başarılı sonuçlar verdiklerini bildirmişlerdir (109).

Bernardes ve ark. , 2007 , yaptıkları çalışmada **'Elements DU & Apex locator'** ı foramen apikale'ye 1mm'lik mesafede % 95 başarılı bulmuşlardır (110). Özsezer E. ve ark. , 2007 , çalışmalarında hemen pulpanın çıkarılması sonrası ve kök kanallarını çeşitli solüsyonlarla (NaOCI, %0.9 NaCl ve Klorheksidin glukonat) doldurarak **'ProPex'** in doğruluğunu incelemişler. İnceleme sonucunda gerçek kanal uzunluklarına en yakın sonuçları pulpanın çıkarılması sonrasında ve kök kanalında klorheksidin glukonat varken verdiği bildirilmiştir (111).

Ebrahim ve ark. , 2007 , **'Dentaport ZX'** , **'Propex'** , **'Foramatron D10'** , **'Apex NRG XFR'** (Medic NRG Ltd., Tel Aviv, İsrail) ve **'Apit 7'** yi kanal tedavisi tekrarı boyunca kullanmışlar, sonuç olarak **'Dentaport ZX'** , **'Propex'** ve **'Foramatron D10'** un çalışma uzunluklarını belirlemede **'Apex NRG XFR'** ve **'Apit 7'** ye göre daha başarılı olduklarını belirtmişlerdir (112).

D'Assuncao ve ark. , 2007 , çalışma uzunluklarını belirlemek amacıyla kullandıkları elektronik apex locatorlardan **'Mini Apex Locator'** ın $\pm 0,5$ mm de %100, **'Root ZX'** in ise $\pm 0,5$ mm de %97.44 başarılı olduğunu göstermişlerdir (113). Stavrianos ve ark. , 2007 , çalışma uzunluklarını belirlemek için kullandıkları

‘Dentaport ZX’ de $\pm 0,5$ mm de %95, ± 1 mm de %97.5 başarı bulurken; **‘Raypex 4’** de $\pm 0,5$ mm de %92.5, ± 1 mm de ise %95 oranında başarı bildirmişlerdir (114). Akisue ve ark. , 2007 , vital ve nekrotik dişlerde **‘Elements DU & AL’** ile çalışma uzunluklarını hesaplayıp karşılaştırmışlar. Çalışma sonucunda; vital dişlerde %94.8, nekrotik dişlerde %97 başarı bildirmişlerdir (115). Shanmugaraj ve ark. , 2007 , *in vivo* olarak; el hissiyatı, elektronik apex locator (**‘Foramatron IV’**) ve radyografik yöntemle hesaplanan çalışma uzunluklarını, *in vitro* olarak hesapladıkları çalışma uzunlukları ile karşılaştırmışlar. Araştırmacılar, en yüksek doğruluk ve güvenilirliği elektronik apex locator’ın gösterdiğini belirtmişlerdir (116). Wrbas ve ark. , 2007 , **‘Root ZX’** ve **‘Raypex 5’** (VDW, Münih, Almanya)’i karşılaştırdıkları çalışmalarında apikal darlığın $\pm 0,5$ mm sapma ile belirlenmesinde, **‘Root ZX’** i %75 , **‘Raypex 5’** i ise % 80 başarılı bulmuşlardır (117).

Lewinska ve ark. , 2008 , 102 kanalda, apikal darlığa $\pm 0,5$ mm de **‘Apex D.S.P.’** apex locator’ı ile yaptıkları ölçümlerde %88.2 başarı oranı göstermişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, en yeni jenerasyon apex locatorların kök kanal uzunluklarının belirlenmesinde hassas ve güvenilir yardımcılar olduklarını belirtmişlerdir (118). Goldberg ve ark. , 2008 , **‘Propex’** , **‘NovApex’** , **‘Root ZX’** ve **‘Elements DU & AL’** in yatay kök kırıklarının tespit edilmesindeki başarısını değerlendirmişler; $\pm 0,5$ mm ve ± 1 mm de **‘Propex’** sırasıyla %80 ve %95, **‘NovApex’** %70 ve %95, **‘Root ZX’** %60 ve %90, **‘Elements DU & AL’** ise %60 ve %85 oranlarında başarılı bulunmuştur (119). Kim ve ark. , 2008 , yaptıkları çalışmada, **‘Root ZX’** i tek başına ve radyografilerle kombine olarak kullanarak çalışma uzunluklarını belirlemişler. **‘Root ZX’** i tek başına kullandıklarında $\pm 0,5$ mm de %84 başarı elde ederken, **‘Root ZX’** i radyografilerle kombine olarak kullandıklarında başarı oranının %96 ya kadar çıktığını bildirmişlerdir (120).

Krajczar ve ark. , 2008 , çekilmiş üst büyük azı dişlerinin damak ve mesio-buccal kanallarında **‘Propex’** ve radyografileri, çalışma uzunluklarını belirlemeleri açısından karşılaştırmışlar. Radyografik metotta; mesio-buccal kanallarda kanal aletinin ucu ile radyografik apex arası ortalama mesafe 0.46 mm bulunurken, elektronik metotta bu

mesafe 0.23 mm bulunmuş. Damak kanallarında ise; bu mesafeler radyografik yöntemde 0.43 mm, elektronik yöntemde 0.31 mm olarak belirlenmiş (121). Krajczar ve ark. , 2008 , çekilmiş büyük azı dişlerin damak kanallarını kullandıkları çalışmalarında ‘**Propex**’ ve dijital radyografileri karşılaştırmışlar. Kanal aletinin ucu ile fizyolojik foramen arası mesafeler ölçülmüş; elektronik metod da ortalama mesafe 0.11 mm iken radyografi grubundaki ortalama mesafe 0.58 mm bulunmuştur (122). He ve ark. , 2008 , değişik solüsyonların (%0.9 NaCl, %5.25 NaOCI, kan ve %17 EDTA) varlığında ‘**Raypex 5**’ in çalışma uzunluğunu belirlemedeki hassasiyetini değerlendirmişler. ±0,5 mm de NaCl varlığında %91.5, NaOCI varlığında %91.5, kan varlığında %100 ve EDTA varlığında %97.8 doğruluk bildirmişlerdir (123). Briseno-Marroquin ve ark. , 2008 , #8, #10 ve #15 no lu K-file’lar ile birlikte kullandıkları ‘**Elements DU & AL**’ , ‘**Just II**’ , ‘**Raypex 5**’ ve ‘**Propex II**’ nin apikal darlığı belirlemedeki başarılarını değerlendirmişler. Yaptıkları çalışma sonucunda; çalışma uzunluğunun belirlenmesinde kullanılan, kanal aleti büyüklüğü ile apex locator’ın doğruluğu arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (124).

Ghaemmaghami ve ark. , 2008 , ‘**Root ZX**’ in, süt kesici dişlerindeki kanalların çalışma uzunluklarını belirlemedeki hassasiyetini incelemişler. Çalışmada, 150 adet süt kesici dişin çalışma uzunlukları önce *in vivo* olarak ‘**Root ZX**’ ile hesaplanmış, daha sonra dişler çekilip çalışma uzunlukları *in vitro* olarak ölçülmüş. ‘**Root ZX**’ ile hesaplanan çalışma uzunlukları, 98 kanalda (%65) *in vitro* olarak hesaplanan çalışma uzunluklarıyla aynı çıkmıştır. 24 kanalda (%16) *in vitro* olarak hesaplanan uzunluklara göre 0,5 mm daha kısa, 21 kanalda (%14) ise 0,5 mm daha uzun bulunmuştur. 5 kanalda (%3) *in vitro* hesaplanan çalışma uzunluklarını 1-1.5 mm aşarken, 2 kanalda (%1) 1 mm eksik çıktığı bildirilmiştir. Araştırmacılar; ‘**Root ZX**’ in, süt kesici dişlerin kanal uzunluklarının belirlenmesinde başarılı olduğunu belirtmişlerdir (125).

Lipski ve ark. , 2008 , ‘**Root ZX**’ ve ‘**Apex D.S.P.**’ (Septadont, Fransa) ‘ nin, çalışma uzunluklarının belirlenmesinde başarılı sonuçlar verdiklerini göstermişlerdir (126).

Zhang , 2009 , yaptığı çalışmada **‘Root ZX’** ve **‘Raypex 5’** in periodonsiyum’a uzanmayan dikey kök kırıklarını belirleyemediklerini, periodonsiyum’a uzanan kök kırıklarının belirlenmesinde ise **‘Root ZX’** in ± 1 mm de %97.5, **‘Raypex 5’** in de %100 başarılı sonuçlar verdiğini bildirmiştir (127). Siu ve ark. , 2009 , 28 dişte çalışma uzunluğunu belirlemek için 0.04 taper’lı #40-#20 no’lu ProFile döner aletlerini; **‘Root ZX II’** , **‘Apex NRG XFR’** ve **‘Mini Apex Locator’** a bağlamışlar. 28 dişin içinden 4 dişi kontrol grubu olarak seçmişler ve bu 4 dişin çalışma uzunluklarını paslanmaz çelik el aletleriyle tekrar hesaplamışlar. Çalışma sonucunda; **‘Root ZX II’** %50, **‘Apex NRG XFR’** %46.43, **‘Mini Apex Locator’** ise %39.29 oranında başarılı bulunmuş. Araştırmacılar; kontrol grubu olarak seçtikleri 4 dişin çalışma uzunluklarının belirlenmesinde el aletlerinin daha başarılı sonuç verdiğini bildirmişlerdir (128).

Angwaravong ve Panitvisai , 2009 , rezorbe süt dişlerinde inceledikleri **‘Root ZX’** in, $\pm 0,5$ mm de %96.7 başarılı olduğunu göstermişlerdir (129). Pascon ve ark. , 2009 , çalışma uzunluğunu belirlemek için **‘Dentaport ZX’** , **‘Raypex 5’** ve **‘Elements DU & AL’** ı kullanmışlar. Gerçek çalışma uzunluğuna $\pm 0,5$ mm ve ± 1 mm de; **‘Dentaport ZX’** sırasıyla %39 ve %90, **‘Raypex 5’** %31 ve %82, **‘Elements DU & AL’** %37 ve %73 oranlarında başarılı bulunmuş. Araştırmacılar; **‘Elements DU & AL’** ile diğer iki elektronik apex locator arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermişlerdir (130).

Nelson-Filho ve ark. , 2010 , kök rezorpsiyonu olan ve kök rezorpsiyonu olmayan süt dişlerinde değerlendirdikleri **‘Propex’** in, çalışma uzunluğunun belirlenmesinde başarılı olduğunu bildirmişlerdir (131).

Vieyra ve ark. , 2010 , **‘Root ZX’** , **‘Elements DU & AL’** ile radyografileri; kesici, küçük azı ve büyük azı dişlerinin kök kanallarında apikal darlığı belirleme başarıları açısından karşılaştırmışlar. **‘Root ZX’** ; kesici ve küçük azı dişlerinde %68, büyük azı dişlerinde %58 , **‘Elements DU & AL’** ; kesici ve küçük azı dişlerinde %58, büyük azı dişlerinde %49 , Radyografiler ise; kesici ve büyük azı dişlerinde %20, büyük azı dişlerinde %11 oranında apikal darlığı belirlemişlerdir. İki apex locator arasında anlamlı

bir fark bulunamazken, apex locatorlar'ın radyografiler'e göre anlamlı derecede başarılı sonuç verdiği araştırmacılar tarafından gösterilmiştir (132).

Cianconi ve ark. , 2010 , gerçek kanal uzunluğunun belirlenmesinde 'Endex' , 'Root ZX' ve 'Propex II' yi, dijital radyografilerle karşılaştırmışlar. Apex locatorları #10, #15, ve #20 no'lu K-file'lar ile kullanmışlar. Çalışma sonucunda; 'Endex' ve 'Propex II' , 'Root ZX' ye göre daha başarılı bulunmuş. Araştırmacılar ayrıca; kanal aletinin büyüklüğünün elektronik apex locator'ların doğruluklarını etkilemediğini bildirmişlerdir (133).

Aggarwal ve ark. , 2010 , kanal tedavisi sırasında kullandıkları 'Root ZX' ve 'Propex' i $\pm 0,5$ mm de sırasıyla %83.3 ve %93.3 oranlarında başarılı bulmuşlardır ve her iki apex locator'ın da, hem kök kanalının hazırlanması aşamasında hem de kanal tedavisi tekrarı sırasında yüksek oranda başarı gösterdiklerini belirtmişlerdir (134).

Mello-Moura ve ark. , 2010 , süt keser dişlerin kök kanalı uzunluğunun belirlenmesinde; el hissiyatı (T), geleneksel radyografiler (RAD), el hissiyatı ve geleneksel radyografiler (T+RAD), dijital radyografiler (DGID) ve 'Root ZX' elektronik apex locator'ını (EAL) kullanmışlar. Çalışmanın sonucu olarak; en doğru ve kabul edilebilir sonucu 'Root ZX' in (EAL) verdiği, bunu el hissiyatı ve geleneksel radyografilerin (T+RAD) kombine kullanımının takip ettiğini göstermişlerdir. Araştırmacılar; süt dişlerinde kök kanal uzunluğunun belirlenmesindeki en iyi yöntemin elektronik apex locator'ların kullanımı olduğunu bildirmişlerdir (135).

De Vasconcelos ve ark. , 2010 , Root ZX, RomiApex D-30 ve IpeX (NSK Ltd, Tokyo, Japonya) ' in foramen apikale (0.0mm) ve foramen apikale'nin 1mm gerisini belirlemesindeki hassasiyetlerini karşılaştırmışlar. 1.0 mm ve 0.0 mm mesafelerde; Root ZX sırasıyla %94.7 ve %97.4, RomiApex D-30 %78.9 ve %97.4, IpeX ise %76.3 ve %97.4 oranlarında başarılı bulunmuştur. Foramen apikale'nin (0.0mm) belirlenmesinde üç apex locator arasında anlamlı bir fark bulunamazken, foramen

apikale'nin 1 mm gerisini belirlemede Root ZX 'in diğer iki elektronik apex locator'a göre anlamlı derecede başarılı sonuç verdiği belirtilmiştir (136). Guise ve ark , 2010 , 40 adet tek köklü dişte yaptıkları çalışmada; $\pm 0,5$ mm de gerçek kanal uzunluğunun belirlenmesinde '**Root ZX II**' yi %97.5, '**Precision Apex Locator**' ı %95, '**Elements DU & AL**' ı ise %90 başarılı bulmuşlardır (137). Carvalho ve ark. , 2010 , çeşitli yıkama solüsyonlarının (%0.9 salin solüsyon, %1 NaOCI) varlığında '**Element DU & AL**' , '**Root ZX**' ve '**Apex DSP**' apex locator'larının hassasiyetlerini inceledikleri çalışma sonucu; '**Elements DU & AL**' ve '**Root ZX**' in, '**Apex DSP**' ye göre daha başarılı sonuç verdiğini bildirmişlerdir (138).

Sadeghi ve Abolghasemi , 2010 , '**Raypex 5**' in, #15 no paslanmaz çelik K-file ve 0.04 taper #10 no Mtwo nikel titanyum döner aleti ile kullanımındaki doğruluğunu inceledikleri çalışmada, gruplar arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır (139).

He ve ark , 2010 , çeşitli büyüklüklerdeki (#10 - #40) kanal aletlerinin, '**Raypex 5**' in hassasiyeti üzerine etkisini incelemişler. '**Raypex 5**' , $\pm 0,5$ mm de; #10 no lu kanal aleti ile kullanıldığında %85.4, #15 no lu kanal aleti kullanıldığında %75.6, #20 no lu kanal aleti kullanıldığında %85.4, #25 no lu kanal aleti kullanıldığında %90.2, #30 nolu kanal aleti kullanıldığında %73.2, #35 no lu kanal aleti kullanıldığında %68.3 ve #40 no lu kanal aleti kullanıldığında %63.4 başarılı bulunmuştur (140).

Real ve ark. , 2011 , '**Elements DU & AL**' , '**Root ZX**' , '**Just II**' elektronik apex locator'ları ve direk dijital radyografilerin, çalışma uzunluğunu belirlemede ki başarılarını değerlendirmişler ve çalışma sonucunda; ± 1 mm de '**Elements DU & AL**' in %94.6, '**Root ZX**' in %91.9, '**Just II**' nin %73 ve direk dijital radyografiler'in %64.9 oranında başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar; çalışma uzunluğunun belirlenmesinde, '**Root ZX**' ve '**Elements DU & AL**' in , '**Just II**' ve direk radyografilere göre daha başarılı olduklarını bildirmişlerdir (141).

Beltrame ve ark. , 2011 , kök rezorpsiyonu olan ve kök rezorpsiyonu olmayan süt dişlerinde '**Root ZX**' in çalışma uzunluğunun belirlenmesindeki başarısını

değerlendirmişler. *In vivo* olarak '**Root ZX**' ile çalışma uzunlukları belirlenmiş, daha sonra dişler çekilmiş ve *in vitro* olarak '**Root ZX**' ile yeniden ölçüm yapılmış. Araştırma sonucunda; $\pm 0,5$ mm de *in vivo* olarak '**Root ZX**' rezorbe süt dişlerinde %69, rezorbe olmayan süt dişlerinde %65 oranında başarılı bulunurken; *in vitro* olarak rezorbe süt dişlerinde %69, rezorbe olmayan süt dişlerinde ise %77 başarılı bulunmuştur. Ayrıca araştırmacılar; mesafe ± 1 mm olduğunda apex locatorların hassasiyetinin rezorbe süt dişlerinde %92, rezorbe olmayan süt dişlerinde de %94'e kadar yükseldiğini bildirmişlerdir (142).

Patino-Marin ve ark. , 2011 , süt dişlerinde çalışma uzunluğunun belirlenmesinde '**Root ZX**' , '**Propex**' ve geleneksel radyografileri SEM ile karşılaştırmışlar. Çalışmanın sonucunda en doğru ölçümü '**Root ZX**' in yaptığını, '**Root ZX**' i sırasıyla '**Propex**' ve geleneksel radyografilerin izlediğini belirtmişlerdir (143). Nelson-Filho ve ark. , 2011 , süt büyük azı dişlerinde yaptıkları çalışmada '**Ipex**' in, çalışma uzunluğunun belirlenmesinde başarılı bir apex locator olduğunu göstermişlerdir (144).

Vieyra ve ark. , 2011 , kesici, küçük azı ve büyük azı dişlerin kök kanallarında apikal darlığın belirlenmesinde; '**Root ZX**' , '**Elements DU & AL**' , '**Precision AL**' ve '**Raypex 5**' ile radyografileri karşılaştırmışlar. Kesici dişlerde; '**Root ZX**' %89.09 , '**Elements DU & AL**' %83.63 , '**Precision AL**' %85.45 , '**Raypex 5**' %81.81 , Radyografiler %32.72 ; Küçük azı dişlerinde; '**Root ZX**' %75 , '**Elements DU & AL**' %61.60 , '**Precision AL**' %64.28 , '**Raypex 5**' %61.60 , Radyografiler %32.14 ; Büyük azı dişlerinde ise; '**Root ZX**' %69.01 , '**Elements DU & AL**' %50.49 , '**Precision AL**' %65.40 , '**Raypex 5**' %43.93 , Radyografiler ise %14.59 oranında başarılı bulunmuşlardır. Araştırmacılar; apikal darlığın belirlenmesinde elektronik apex locator'ların radyografilere göre daha başarılı olduklarını bildirmişlerdir (145). Cimilli ve ark. , 2011 , Raypex 5'in; apikal darlığın belirlenmesindeki doğruluğunu *in vitro* olarak incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Raypex 5'in $\pm 0,5$ mm aralığında apikal darlığı %85 doğrulukla tespit ettiğini bildirmişlerdir (146).

Stöber ve ark. , 2011 , yaptıkları *in vivo* çalışmalarında '**Root ZX**' ve '**iPex**' in hassasiyetlerini karşılaştırmışlar. Gerçek çalışma uzunlukları SEM (scanning electron

microscope) altında hesaplanmış. $\pm 0,5$ mm %72, 'iPex' %57.8 başarılı bulunurken, ± 1 mm de her iki elektronik apex locator da %100 başarılı bulunmuştur (147).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızda 120 adet tek köklü, kök rezorpsiyonu bulunmayan, çürüksüz, çekilmiş insan dişi kullanılmıştır. Dişler 1 saat boyunca %2.5 NaOCI içerisinde tutulduktan sonra, kanal temizleme işlemi yapılıncaya kadar %0.9 steril saline içinde bekletilmiştir. Sabit bir referans noktası elde etmek amacıyla dişlerin kesici kenarları bir silindirik frez yardımı ile düzleştirilmiştir. Tüm dişlere standart endodontik giriş kaviteleri elmas yuvarlak ve çelik yuvarlak frezler kullanılarak açılmıştır. Endodontik giriş kaviteleri tamamlandıktan sonra, kök kanallarındaki pulpa dokusu turnerfler (Maillefer, Ballaigues, İsviçre) yardımıyla çıkarılmış ve kök kanallarının kuronal 1/3 lük kısımları 3, 4 ve 5 no'lu Gates Glidden (Maillefer, Ballaigues, İsviçre) frezlerle genişletilmiştir.

Dişler, her grupta 40'ar adet olacak şekilde 3 ana gruba ayrılmıştır:

1. gruptaki dişlere herhangi bir şekillendirme yapılmamış kök kanalı boşaltıldıktan sonra, #15 no'lu K tipi file kanala girecek şekilde bırakılmıştır.
2. gruptaki dişler; apikal darlıklarını geçmeyecek şekilde #40 no'lu K tipi file genişliğine dek şekillendirilmiştir.
3. gruptaki dişler ise; foramen apikale' nin genişliği, #40 no'lu K tipi file genişliğinde olacak şekilde kök ucuna kadar genişletilmiştir.

1. Grup

3.1.1. Gerçek Kanal Uzunluklarının Hesaplanması

Kök kanalları içerisine #15 no K tipi file (Maillefer, Ballaigues,İsviçre) yerleştirilerek aletin ucu, dental mikroskop (Carl Zeiss, Almanya) altında x12 büyütmede foramen apikalede görülene dek ilerletilmiştir. Lastik rondel kesici kenar üzerine gelecek şekilde ayarlanarak alet kanal içerisinden çıkarılmıştır. Bir dijital kumpas (Temak, İstanbul, Türkiye) kullanılarak lastik rondel ile kanal aletinin ucu arasındaki mesafe ölçülmüştür. Bulunan uzunluktan 0.5 mm çıkarılarak çalışma uzunluğu bulunmuştur (111). Tüm dişler için ölçümler 3'er kez tekrarlanarak ortalamaları alınmış ve çalışma uzunluğu olarak kaydedilmiştir.



Resim 6. Dental Mikroskop

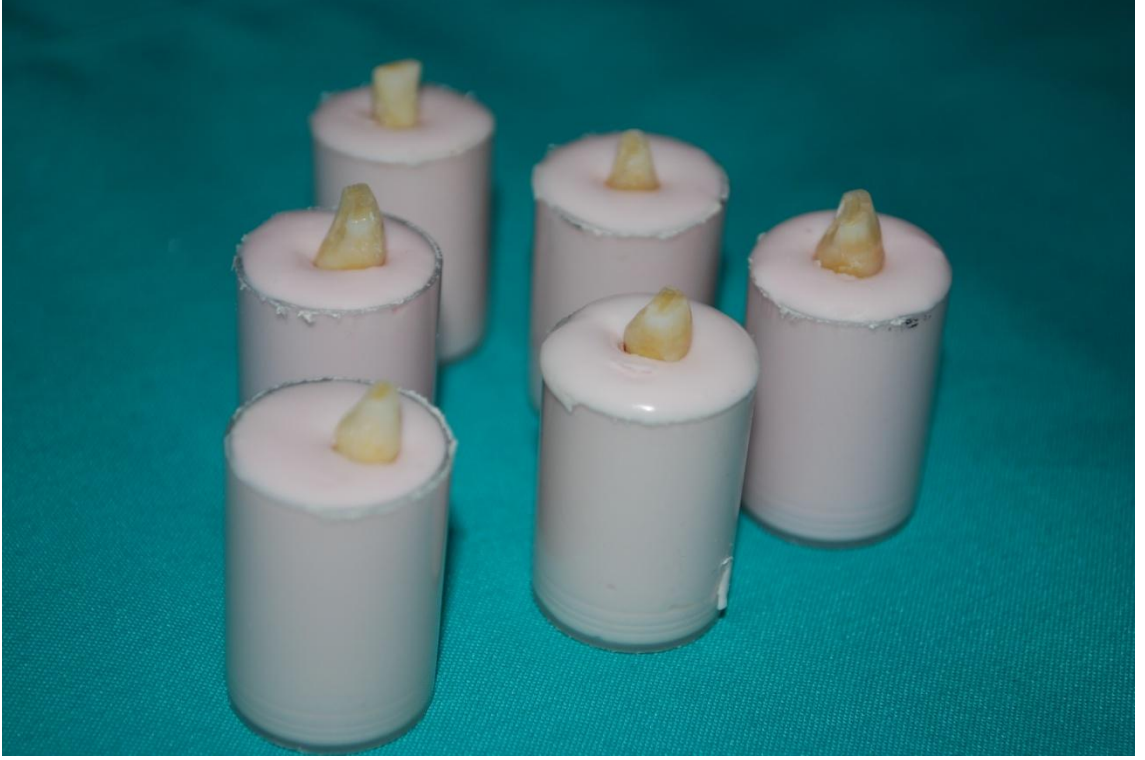


Resim 7. Dijital Kumpas

3.1.2. Çalışma Uzunluğunun Elektronik Apex Locatorlar ile Hesaplanması

'Root ZX' (J Morita Corp, Tokyo, Japonya) ve 'Raypex 4' (VDW, Münih, Almanya) elektronik apex locator'ları üretici firmaların tavsiyeleri doğrultusunda kullanılmıştır.

Dişler, içleri aljinat ile doldurulmuş olan silindir şeklinde plastik kutular içerisine yerleştirilmiştir. Kök kanalları kuruyken önce #15 no'lu paslanmaz çelik K-file ve sonra NiTi K-file' lar kök kanalları içerisine yerleştirilmiştir. Elektronik apex locator'ların dudak klib'i aljinat içerisine yerleştirilip, diğer ucu kanal aletine bağlanmıştır.



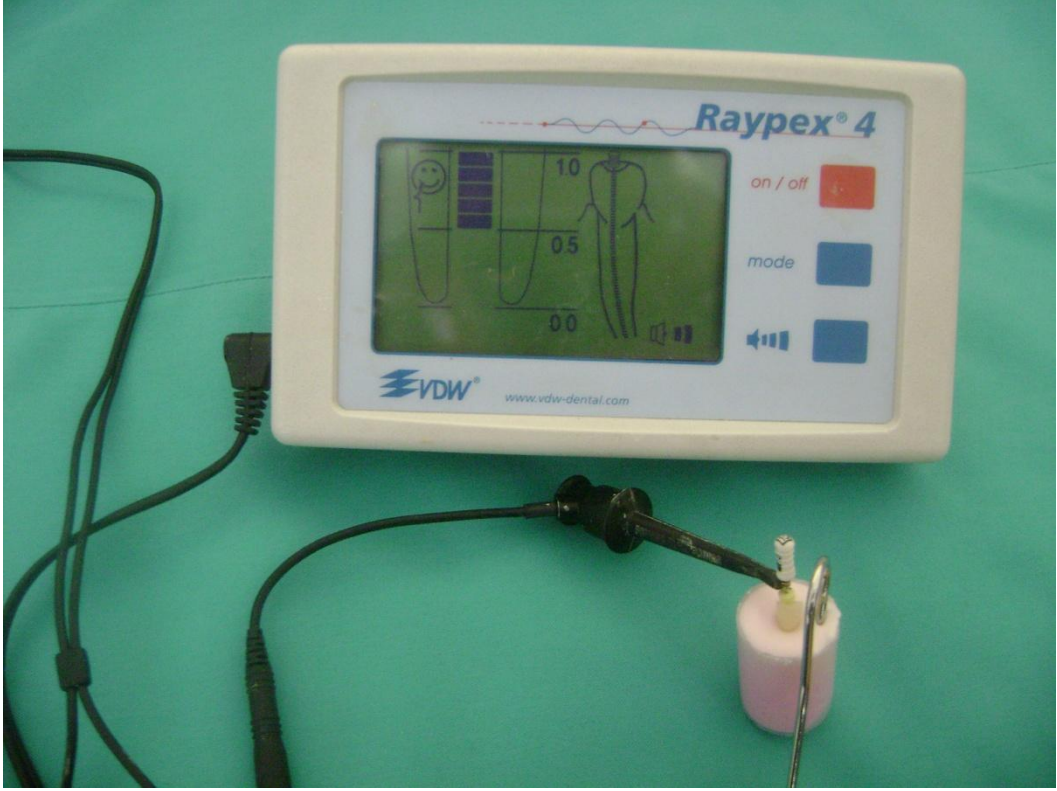
Resim 8. Aljinat içerisine yerleştirilen dişler

'**Root ZX**' ile kanal uzunluğu hesaplanırken; önce #15 no paslanmaz elik K-file, kök kanalına sokulmuştur. Kanal aleti apex'e ulaşıldığı sinyalinin alana dek ilerletilmiş daha sonra cihazın üzerindeki dijital ekrandaki gösterge '1' ile 'apex' arası mesafeyi (0.5mm) gösterene kadar geriye çekilmiştir. Sonra #15 no NiTi K-file kök kanalına sokulmuş, aynı şekilde, '**Root ZX**' ile ölüm yapılmıştır.



Resim 9. Root ZX ile kanal uzunluğu ölçümü

‘Raypex 4’ ile çalışırken de; önce #15 no paslanmaz çelik K-file kök kanalına yerleştirilmiştir. Kanal aleti, dijital ekranda ‘0.0’ yazısı okunup ekrandaki kırmızı sinyal ışığı yanıp sönene dek ilerletilmiş daha sonra alet ‘0.5’ yazısı görülene kadar geriye çekilmiştir. Daha sonra #15 no NiTi K-file kök kanalına yerleştirilerek, aynı şekilde, ‘Raypex 4’ ile ölçüm yapılmıştır (Resim: 10).



Resim 10. Raypex 4 ile kanal uzunluğu ölçümü

Kanal aletinin üzerindeki lastik rondel dişin kesici kenarı üzerine gelecek şekilde ayarlanarak, alet kök kanalı içerisinde çıkarılmış ve dijital kumpas kullanılarak lastik rondel ile alet ucu arasındaki mesafe hesaplanmıştır. Ölçümler her iki elektronik apex locator' la da 3 defa tekrar edilerek ortalamaları alınmış ve kaydedilmiştir.

Kök kanallarında sıvı bulunduğunda aletlerin ölçüm doğruluğunu değerlendirmek için: Kök kanalları içerisine %5 NaOCI doldurularak, sırası ile #15 no paslanmaz çelik K-file ve #15 no NiTi K-file kök kanallarının içerisine yerleştirilmiştir. Elektronik apex locator' ların dudak klibleri aljinat içine yerleştirilip diğer uçları ise kanal aletlerine bağlanarak elektronik ölçümler yapılmıştır. Dijital kumpas yardımıyla kök kanalı uzunlukları hesaplanmış, ölçümler her iki elektronik apex locator' la da 3 kez tekrar edilerek ortalamaları alınıp kaydedilmiştir.

2. Grup

3.2.1. Gerçek Kanal Boylarının Hesaplanması

Kök kanalları içerisine #15 no'lu bir K tipi file yerleştirilmiş ve x12 büyütmede dental mikroskop (Carl Zeiss, Almanya) altında kanal aletinin ucu foramen apikale'de görülene dek ilerletilmiştir. Lastik rondel kesici kenar üzerine gelecek şekilde ayarlanarak, rondel ile kanal aletinin ucu arasındaki mesafe ölçülmüştür. Elde edilen uzunluktan 0.5mm çıkarılarak çalışma uzunluğu bulunmuştur. Daha sonra kök kanalları; çalışma uzunluğunda, K tipi paslanmaz çelik file' lar ile #40 genişliğe kadar, şekillendirilmiştir. Her alet kullanımından sonra kök kanalları 2ml %5 NaOCl ile yıkanmıştır.

Şekillendirme sebebiyle çalışma uzunluğunda kayıp olabileceği düşünülerek #15 no K-file kanala sokularak dental mikroskop altında x12 büyütmede yeniden gerçek çalışma uzunlukları hesaplanarak kaydedilmiştir.

3.2.2. Çalışma Uzunluğunun Elektronik Apex Locatorlar ile Hesaplanması

Daha önce, kök kanalları #40 no kanal aletine kadar şekillendirilen dişler, içleri aljinat ile doldurulmuş olan silindir şeklindeki plastik kutulara yerleştirilmiştir. Kök kanallarının içi temiz ve kurudur. Elektronik apex locator' ın dudak klibi aljinat içerisine gömülmüş diğer uç ise kanal aletine bağlanmıştır.

'**Root ZX**' de; önce #40 no paslanmaz çelik sonra NiTi K-file' lar apex' e ulaşıldığı sinyali alana dek ilerletilmiş daha sonra '**Root ZX**' in dijital ekranındaki gösterge '1' ile 'apex' arası mesafeyi gösterene kadar geriye çekilmiştir.

'Raypex 4' de ise; paslanmaz çelik ve NiTi K-file' lar, ekranda '0.0' yazısı okunup kırmızı sinyal ışığı yanıp sönene dek ilerletilmiş daha sonra dijital ekranda '0.5 ' yazısı görülene kadar geriye çekilmiştir.

Her iki apex locator ile yapılan işlemlerin sonunda, lastik rondel kesici kenara gelecek şekilde ayarlanarak, rondel ve alet ucu arası mesafe dijital kumpas yardımı ile ölçülmüştür. İşlemler 3 defa tekrar edilerek ortalamaları alınmış ve kaydedilmiştir.

Kök kanallarında sıvı bulunduğunda, aletlerin ölçümlerini değerlendirmek için: Kök kanalları %5 NaOCl ile doldurulmuş ve sırası ile #40 no paslanmaz çelik K-file ve NiTi K-file'lar kanallar içerisine yerleştirilmiştir. Elektronik apex locator'ların dudak klib'leri aljinat içerisine gömülmüş diğer uçları ise kanal aletlerine bağlanmıştır.

'Root ZX' ve 'Raypex 4' ile elektronik ölçümler yapılmış, dijital kumpas kullanılarak çalışma uzunlukları hesaplanmış, işlemler 3 kez tekrarlanarak ortalamaları alınıp kaydedilmiştir.

Geniş kanallarda, ince alet kullanıldığında, apex locator' ların ölçüm değerleri de incelenmiştir: Kök kanalları önce, paper pointler ile kurularak kanallar kuru haldeyken daha sonra ise %5 lik NaOCl ile doldurulmuşken, sırasıyla #15 no paslanmaz çelik K-file ve NiTi K-file'lar kanalların içerisine yerleştirilmiş ve üretici firmaların tavsiyeleri doğrultusunda 'Root ZX' ve 'Raypex 4' elektronik apex locatorları kullanılarak dijital kumpasın da yardımı ile çalışma uzunlukları ölçülmüştür. İşlemler 3 defa tekrar edilerek ortalamaları alınmış ve kaydedilmiştir.

3. Grup

3.3.1. Gerçek Kanal Boylarının Hesaplanması

Dişler; kanal aletlerinin ucu foramen apikale' de görülecek şekilde, apikal darlığın ötesinde kökün ucuna kadar, #40 no K-file genişliğine sahip olacak şekilde genişletilmiştir. Her kanal aleti değişiminde kanallar 2ml %5 NaOCl ile yıkanmıştır. Tüm dişlerin genişletme işlemi bittikten sonra, #40 no K-file kanal içerisine yerleştirilerek, kanal aletinin ucu x12 büyütmede dental mikroskop altında foramen apikale' de görülene dek ilerletilmiş ve lastik rondel kesici kenar üzerine gelecek şekilde ayarlanmıştır. Kanal aleti kanal içerisinden çıkarılarak dijital kumpas kullanılarak rondel ile aletin ucu arası mesafe bulunmuştur.

Gerçek çalışma uzunluğunu bulmak için elde edilen uzunluktan 0.5mm çıkarılmıştır. İşlemler 3 defa tekrar edilerek ortalamaları alınmış ve gerçek çalışma uzunluğu olarak kaydedilmiştir.

3.3.2. Çalışma Uzunluğunun Elektronik Apex Locatorlar ile Hesaplanması

Daha önce şekillendirilen dişler aljinat ile doldurulmuş olan plastik kutular içerisine yerleştirilmiştir. Sırası ile #40 no paslanmaz çelik K-file ve NiTi K-file'lar kanallar kuru haldeyken kanal içerisine sokularak, cihazın dudak klipi aljinat içerisine yerleştirilmiş diğer ucu ise kanal aletine bağlanmıştır.

'Root ZX' ve 'Raypex 4' elektronik apex locator'ları üretici firmaların tavsiyesi doğrultusunda kullanılmıştır. Dijital kumpas ile çalışma uzunlukları hesaplanmış, ölçümler 3 kez tekrar edilerek ortalamaları alınmış ve kaydedilmiştir. Kanallar %5 NaOCl ile doldurularak, sırası ile #40 no paslanmaz çelik K-file ve NiTi K-file'lar kanalların içine yerleştirilmiştir.

'Root ZX' ve 'Raypex 4' cihazları ile elektronik ölçümler yapılmış, dijital kumpas yardımı ile dişlerin uzunlukları hesaplanmış, işlemler 3 kez tekrarlanarak ortalamaları alınıp kaydedilmiştir.

Geniş kanallarda ince alet kullanıldığında, apex locator' ların ölçüm değerleri de incelenmiştir: Kök kanalları paper pointler yardımı ile kurularak önce kuru daha sonra ise kök kanalları %5 NaOCl ile doldurulmuş haldeyken sırası ile #15 no paslanmaz çelik K-file ve NiTi K-file'lar kanalların içerisine yerleştirilmiştir. Üretici firmanın direktifleri doğrultusunda elektronik ölçümler yapılmış, dijital kumpas ta kullanılarak dişlerin uzunlukları hesaplanmıştır. Ölçümler 3 defa tekrar edilerek ortalamaları alınmış ve kaydedilmiştir.

Yapılan tüm ölçümler esnasında aljinat'ın nemini kaybetmemesi için, içleri aljinat ile doldurulmuş olan silindirik plastik kutular buzdolabında saklanmıştır.

4. BULGULAR

Grup I: #15 Genişlik

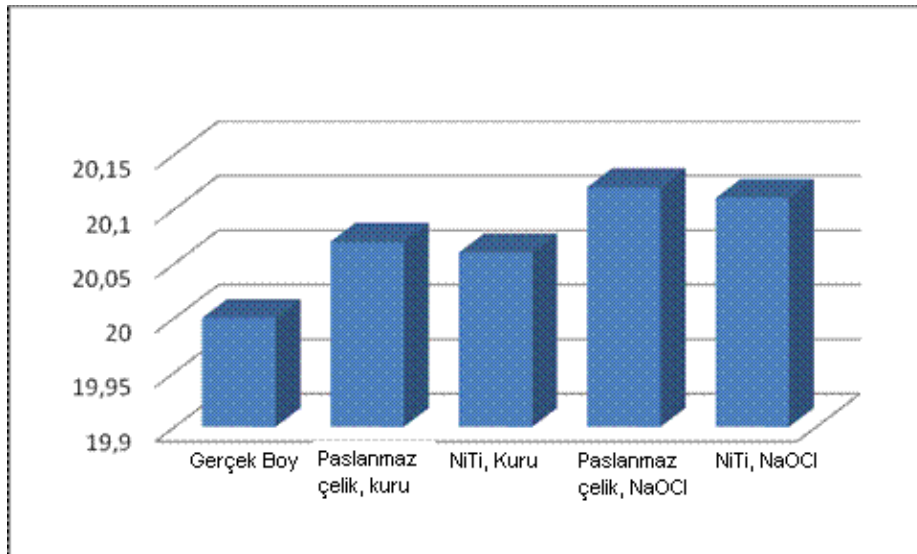
Grup I: #15 Genişlik; Kanalları hiç genişletmeden yapılan ölçümlerin, tabloları ve grafikleri aşağıdadır:

Tablo 4: RAYPEX 4 Grubunda (#15 Genişlik)

	Ort±SS	p değeri
¹ Gerçek Boy	20,00±1,23	
² Paslanmaz çelik, Kuru	20,07±1,24	0,097
³ NiTi, Kuru	20,06±1,24	0,160
⁴ Paslanmaz çelik, NaOCl	20,12±1,26	0,007**
⁵ NiTi, NaOCl	20,11±1,27	0,026*

Paired sample test * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ Ort: Ortalama SS: Standart Sapma

Grafik 1: RAYPEX 4 Grubunda (#15 Genişlik)



‘Raypex 4’ ile yapılan ölçümlerde; Tablo:4 incelendiğinde:

Kök Kanalı Kuru:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Kök Kanalı Islak:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). NiTi aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

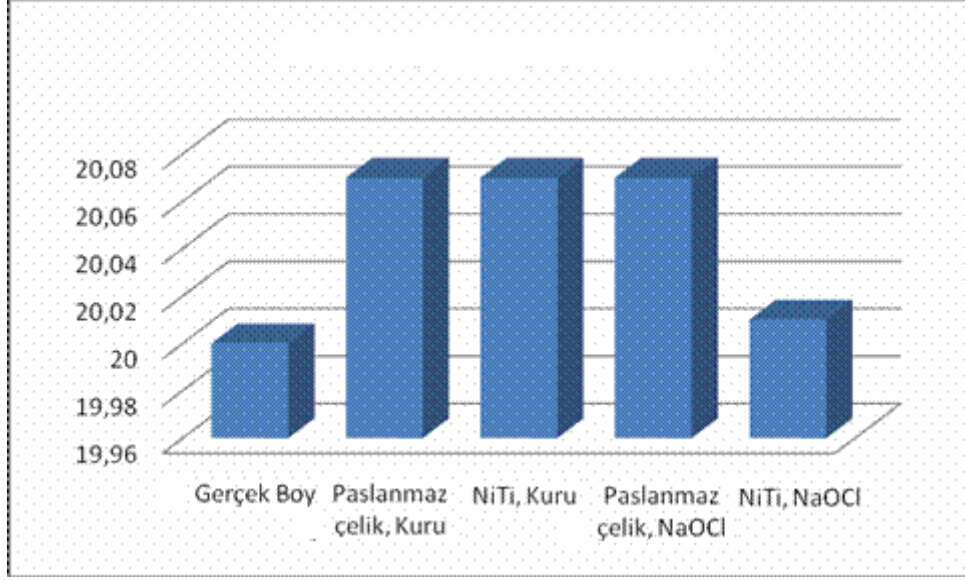
Tablo 5: ROOT ZX Grubunda (#15 Genişlik)

	Ort±SS	p değeri
¹ Gerçek Boy	20,00±1,23	
² Paslanmaz çelik, Kuru	20,07±1,22	0,086
³ NiTi, Kuru	20,07±1,23	0,124
⁴ Paslanmaz çelik, NaOCl	20,07±1,26	0,105
⁵ NiTi, NaOCl	20,01±1,26	0,950

Ort: Ortalama

SS: Standart Sapma

Grafik 2: Root ZX Grubunda (#15 Genişlik)



‘Root ZX’ ile yapılan ölçümlerde Tablo:5 incelendiğinde:

Kök Kanalı Kuru:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Kök Kanalı Islak:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Tablo 6: RAYPEX 4 ve ROOT ZX Gruplarının Karşılaştırılması (#15 Genişlik)

	RAYPEX 4	ROOT ZX	p değeri
	Ort±SS	Ort±SS	
Paslanmaz çelik, Kuru	20,07±1,24	20,07±1,22	0,982
NiTi, Kuru	20,06±1,24	20,07±1,23	0,709
Paslanmaz çelik, NaOCl	20,12±1,26	20,07±1,26	0,097
NiTi, NaOCl	20,11±1,27	20,01±1,26	0,002**

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test **p<0.01*

Raypex 4 ve Root ZX Gruplarının karşılaştırılması; Tablo:6 incelendiğinde:

Kök Kanalı Kuru:

Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik, aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Raypex ve Root ZX gruplarının NiTi, aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Kök Kanalı Islak:

Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Raypex ve Root ZX gruplarının NiTi aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Raypex grubunda NiTi aletlerle hesaplanan boy ortalaması, Root ZX grubundan anlamlı şekilde uzundur.

Grup II: #40 Genişlik ve #15 Genişlik (Apikal Darlığa Kadar)

Tablo 7: Raypex 4 Grubunda: #40 Genişlik (Apikal Darlığa Kadar)

	Ort±SS	p değeri
¹ Gerçek Boy	19,49±2,00	
² Paslanmaz çelik, Kuru (#40)	19,61±2,03	0,001**
³ NiTi, Kuru (#40)	19,59±2,01	0,001**
⁴ Paslanmaz çelik, NaOCl (#40)	19,62±2,02	0,001**
⁵ NiTi, NaOCl (#40)	19,55±2,03	0,022*

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test *p<0.05, **p<0.01*

‘Raypex 4’ ile yapılan ölçümlerde; Tablo:7 incelendiğinde (#40 Genişlik):

Kök Kanalı Kuru:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk gerçek boy ortalamasından uzundur. Bu uzunluk istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.01).

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p<0.01). NiTi aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

Kök Kanalı Islak:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p<0.01). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). NiTi aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

Tablo 8: Raypex 4 Grubunda: #15 Genişlik (Apikal Darlığa Kadar)

	Ort±SS	p değeri
¹ Gerçek Boy	19,49±2,00	
² Paslanmaz çelik, Kuru (#15)	19,60±2,04	0,003**
³ NiTi, Kuru (#15)	19,59±2,06	0,008**
⁴ Paslanmaz çelik, NaOCl (#15)	19,56±1,99	0,058
⁵ NiTi, NaOCl (#15)	19,48±1,97	0,888

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test **p<0.01*

‘Raypex 4’ ile yapılan ölçümlerde; Tablo:8 incelendiğinde (#15 Genişlik):

Kök Kanalı Kuru:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). NiTi aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

Kök Kanalı Islak:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

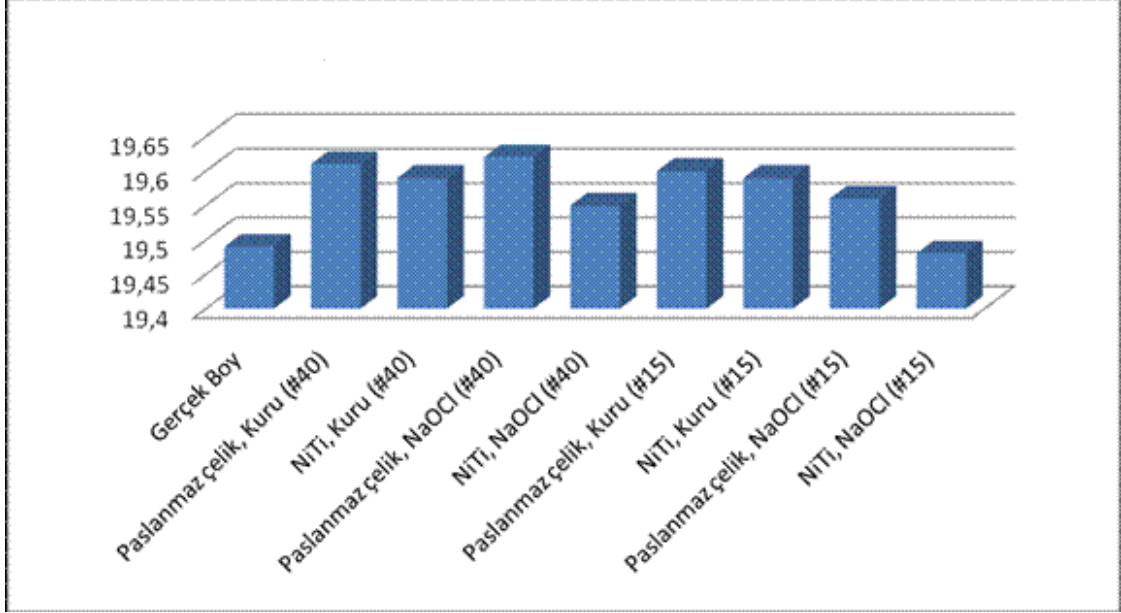
Tablo 9: RAYPEX 4 Grubunda (#40 ve #15) Kıyaslaması

	Ort±SS	p değeri
Paslanmaz çelik, Kuru (#40)	19,61±2,03	0,892
Paslanmaz çelik, Kuru (#15)	19,60±2,04	
NiTi, Kuru (#40)	19,59±2,01	0,981
NiTi, Kuru (#15)	19,59±2,06	
Paslanmaz çelik, NaOCl (#40)	19,62±2,02	0,056
Paslanmaz çelik, NaOCl (#15)	19,56±1,99	
NiTi, NaOCl (#40)	19,55±2,03	0,301
NiTi, NaOCl (#15)	19,48±1,97	

Ort: Ortalama SS: Standart Sapma

Grafik 3: Raypex 4 Grubunda (#40 Genişlik ve #15 Genişlik)

(Apikal Darlığa Kadar)



RAYPEX 4 Grubunda, (#40 ve #15) kıyaslaması için Tablo: 9 incelendiğinde:

Kök Kanalı Kuru:

#40 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ile #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.01$).

#40 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ile #15 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.01$).

Kök Kanalı Islak:

#40 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ile #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.01$).

#40 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ile #15 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.01$).

Tablo 10: ROOT ZX Grubunda: #40 Genişlik (Apikal Darlığa Kadar)

	Ort±SS	p değeri
¹ Gerçek Boy	19,49±2,00	
² Paslanmaz çelik, Kuru (#40)	19,62±1,99	0,001**
³ NiTi, Kuru (#40)	19,61±1,99	0,001**
⁴ Paslanmaz çelik, NaOCl (#40)	19,57±2,00	0,001**
⁵ NiTi, NaOCl (#40)	19,53±2,01	0,047*

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test * $p<0.05$, ** $p<0.01$*

'Root ZX' ile yapılan ölçümlerde; Tablo:10 incelendiğinde (#40 Genişlik):

Kök Kanalı Kuru:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). NiTi aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

Kök Kanalı Islak:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). NiTi aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

Tablo 11: ROOT ZX Grubunda: #15 Genişlik (Apikal Darlığa Kadar)

	Ort±SS	p değeri
¹ Gerçek Boy	19,49±2,00	
² Paslanmaz çelik, Kuru (#15)	19,52±2,01	0,049*
³ NiTi, Kuru (#15)	19,54±2,06	0,020*
⁴ Paslanmaz çelik, NaOCl (#15)	19,50±2,01	0,674
⁵ NiTi, NaOCl (#15)	19,50±2,01	0,789

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test *p<0.05*

‘Root ZX’ ile yapılan ölçümlerde; Tablo:11 incelendiğinde (#15 Genişlik):

Kök Kanalı Kuru:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). NiTi aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

Kök Kanalı Islak:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

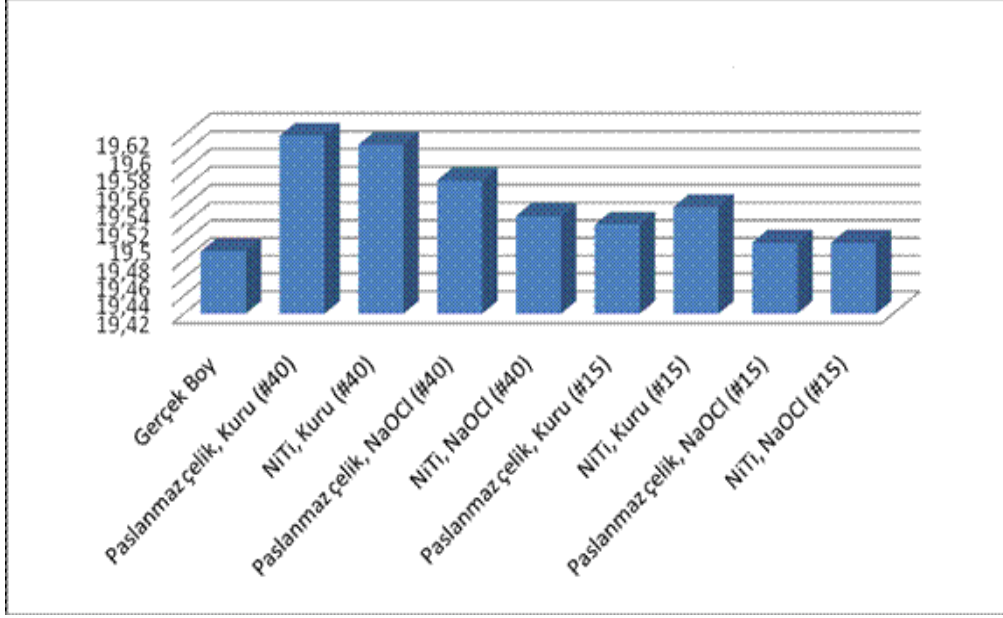
NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Tablo 12: ROOT ZX Grubunda (#40 ve #15 Genişlik) Kıyaslaması (Apikal Darlığa Kadar)

	Ort±SS	p değeri
Paslanmaz çelik, Kuru (#40)	19,62±1,99	0,001**
Paslanmaz çelik, Kuru (#15)	19,52±2,01	
NiTi, Kuru (#40)	19,61±1,99	0,002**
NiTi, Kuru (#15)	19,54±2,06	
Paslanmaz çelik, NaOCl (#40)	19,57±2,00	0,033*
Paslanmaz çelik, NaOCl (#15)	19,50±2,01	
NiTi, NaOCl (#40)	19,53±2,01	0,305
NiTi, NaOCl (#15)	19,50±2,01	

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test * $p<0.05$, ** $p<0.01$*

**Grafik 4: Root ZX Grubunda (#40 Genişlik ve #15 Genişlik)
(Apikal Darlığa Kadar)**



ROOT ZX Grubunda, (#40 ve #15) kıyaslaması için Tablo: 12 incelendiğinde;

Kök Kanalı Kuru:

#40 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk, #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı şekilde uzundur ($p<0.01$).

#40 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk, #15 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalamasından anlamlı şekilde uzundur ($p<0.01$).

Kök Kanalı Islak:

#40 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk, #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı şekilde uzundur ($p<0.05$).

#40 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ile #15 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.01$).

Tablo 13: RAYPEX 4 ve ROOT ZX Gruplarının Karşılaştırılması (Apikal Darlığa Kadar)

	RAYPEX 4	ROOT ZX	p değeri
	Ort±SS	Ort±SS	
Paslanmaz çelik, Kuru (#40)	19,61±2,03	19,62±1,99	0,793
NiTi, Kuru (#40)	19,59±2,01	19,61±1,99	0,154
Paslanmaz çelik, NaOCl (#40)	19,62±2,02	19,57±2,00	0,071
NiTi, NaOCl (#40)	19,55±2,03	19,53±2,01	0,401
Paslanmaz çelik, Kuru (#15)	19,60±2,04	19,52±2,01	0,020*
NiTi, Kuru (#15)	19,59±2,06	19,54±2,06	0,113
Paslanmaz çelik, NaOCl (#15)	19,56±1,99	19,50±2,01	0,004*
NiTi, NaOCl (#15)	19,48±1,97	19,50±2,01	0,759

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test * $p<0.05$*

'Raypex 4' ve 'Root ZX' Gruplarının (Apikal Darlığa Kadar) karşılaştırıldığı Tablo:13 incelendiğinde:

Kök Kanalı Kuru:

Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik (#40) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Raypex ve Root ZX gruplarının NiTi (#40) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). Raypex grubunda paslanmaz çelik (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalaması, Root ZX grubundan anlamlı şekilde uzundur.

Raypex ve Root ZX gruplarının NiTi (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Kök Kanalı Islak:

Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik (#40) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Raypex ve Root ZX gruplarının NiTi (#40) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). Raypex grubunda paslanmaz çelik (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalaması, Root ZX grubundan anlamlı şekilde uzundur.

Raypex ve Root ZX gruplarının NiTi (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Grup III: Raypex 4 ve Root ZX Gruplarında #40 Genişlik ve #15 Genişlik (Apikal Darlığın Ötesinde)

Tablo 14: RAYPEX 4 Grubunda: #40 Genişlik (Apikal Darlığın Ötesinde)

	Ort±SS	p değeri
¹ Gerçek Boy	19,79±1,82	
² Paslanmaz çelik, Kuru (#40)	19,83±1,85	0,095
³ NiTi, Kuru (#40)	19,83±1,86	0,107
⁴ Paslanmaz çelik, NaOCl (#40)	19,84±1,85	0,031*
⁵ NiTi, NaOCl (#40)	19,84±1,87	0,078

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test *p<0.05*

‘Raypex 4’ ile yapılan ölçümlerde; Tablo:14 incelendiğinde (#40 Genişlik):

Kök Kanalı Kuru:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Kök Kanalı Islak:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Tablo 15: RAYPEX 4 Grubunda: #15 Genişlik (Apikal Darlığın Ötesinde)

	Ort±SS	p değeri
¹ Gerçek Boy	19,79±1,82	
² Paslanmaz çelik, Kuru (#15)	19,91±1,85	0,001**
³ NiTi, Kuru (#15)	19,89±1,86	0,001**
⁴ Paslanmaz çelik, NaOCl (#15)	19,89±1,86	0,001**
⁵ NiTi, NaOCl (#15)	19,89±1,86	0,001**

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test **p<0.01*

‘Raypex 4’ ile yapılan ölçümlerde; Tablo:15 incelendiğinde (#15 Genişlik):

Kök Kanalı Kuru:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Paslanmaz aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). NiTi aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

Kök Kanalı Islak:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

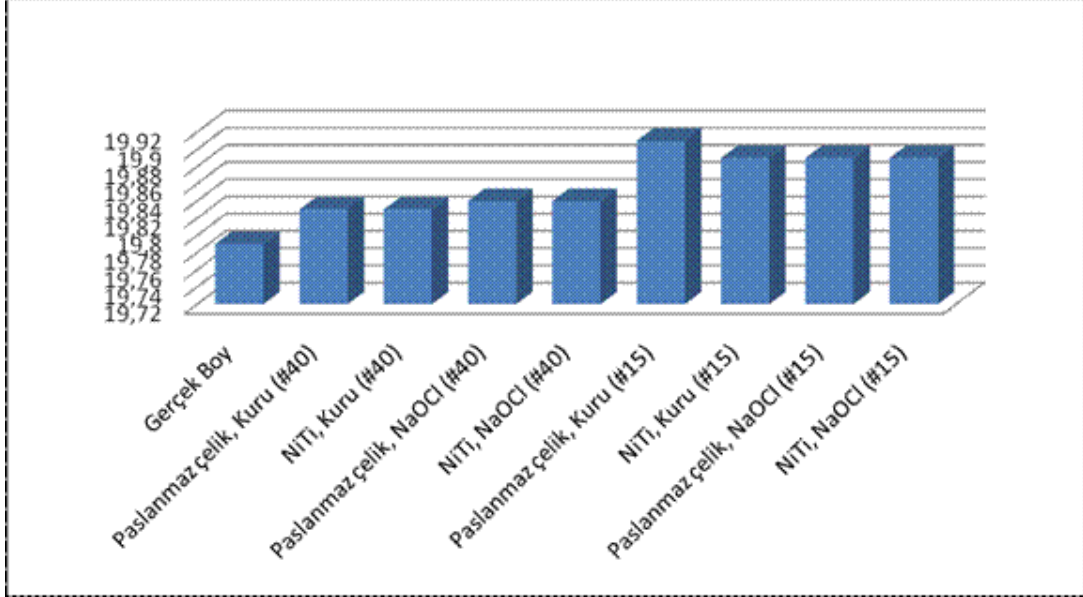
Tablo 16: RAYPEX 4 Grubunda (#40 ve #15 Genişlik) Kıyaslaması

	Ort±SS	p değeri
Paslanmaz çelik, Kuru (#40)	19,83±1,85	0,001**
Paslanmaz çelik, Kuru (#15)	19,91±1,85	
NiTi, Kuru (#40)	19,83±1,86	0,013*
NiTi, Kuru (#15)	19,89±1,86	
Paslanmaz çelik, NaOCl (#40)	19,84±1,85	0,089
Paslanmaz çelik, NaOCl (#15)	19,89±1,86	
NiTi, NaOCl (#40)	19,84±1,87	0,042*
NiTi, NaOCl (#15)	19,89±1,86	

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test * $p<0.05$, ** $p<0.01$*

Grafik 5: Raypex 4 Grubunda (#40 ve #15 Genişlik) Kıyaslaması

(Apikal Darlığın Ötesinde)



RAYPEX 4 Grubunda (#40 ve # 15) kıyaslaması için Tablo: 16 incelendiğinde;

Kök Kanalı Kuru:

#15 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk, #40 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı şekilde uzundur ($p<0.01$).

#15 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk, #40 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı şekilde uzundur ($p<0.05$).

Kök Kanalı Islak:

#15 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ile #40 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.01$).

#15 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk, #40 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı şekilde uzundur ($p<0.05$).

Tablo 17: ROOT ZX Grubunda: #40 Genişlik (Apikal Darlığın Ötesinde)

	Ort±SS	p değeri
¹ Gerçek Boy	19,79±1,82	
² Paslanmaz çelik, Kuru (#40)	19,85±1,83	0,002**
³ NiTi, Kuru (#40)	19,85±1,83	0,007**
⁴ Paslanmaz çelik, NaOCl (#40)	19,83±1,84	0,082
⁵ NiTi, NaOCl (#40)	19,80±1,84	0,837

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test ** $p<0.01$*

'Root ZX' ile yapılan ölçümlerde (Apikal Darlığın Ötesinde) Tablo:17 incelendiğinde (#40 Genişlik):

Kök Kanalı Kuru:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). NiTi aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

Kök Kanalı Islak:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Tablo 18: ROOT ZX Grubunda: #15 Genişlik (Apikal Darlığın Ötesinde)

	Ort±SS	p değeri
¹ Gerçek Boy	19,79±1,82	
² Paslanmaz çelik, Kuru (#15)	19,83±1,83	0,009**
³ NiTi, Kuru (#15)	19,85±1,85	0,001**
⁴ Paslanmaz çelik, NaOCl (#15)	19,83±1,85	0,037*
⁵ NiTi, NaOCl (#15)	19,83±1,84	0,042*

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test * $p<0.05$, ** $p<0.01$*

‘Root ZX’ ile yapılan ölçümlerde (Apikal Darlığın Ötesinde) Tablo:18 incelendiğinde (#15 Genişlik):

Kök Kanalı Kuru:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). NiTi aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

Kök Kanalı Islak:

Paslanmaz çelik aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). Paslanmaz çelik aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

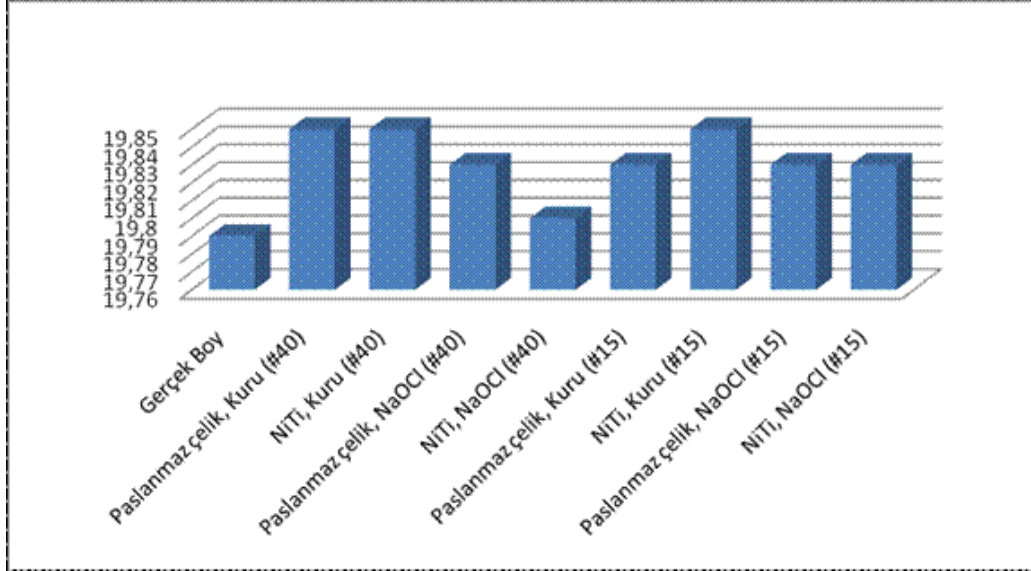
NiTi aletlerle hesaplanan uzunluk ile gerçek boy ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). NiTi aletler ile hesaplanan uzunluk, gerçek boy ortalamasından anlamlı şekilde uzundur.

Tablo 19: ROOT ZX Grubunda (#40 ve #15 Genişlik) Kıyaslaması (Apikal Darlığın Ötesinde)

	Ort±SS	p değeri
Paslanmaz çelik, Kuru (#40)	19,85±1,83	0,352
Paslanmaz çelik, Kuru (#15)	19,83±1,83	
NiTi, Kuru (#40)	19,85±1,83	0,836
NiTi, Kuru (#15)	19,85±1,85	
Paslanmaz çelik, NaOCl (#40)	19,83±1,84	0,927
Paslanmaz çelik, NaOCl (#15)	19,83±1,85	
NiTi, NaOCl (#40)	19,80±1,84	0,128
NiTi, NaOCl (#15)	19,83±1,84	

Ort: Ortalama SS: Standart Sapma

**Grafik 6: Root ZX Grubunda (#40 Genişlik ve #15 Genişlik)
(Apikal Darlığın Ötesinde)**



ROOT ZX Grubunda (#40 ve #15) kıyaslaması için Tablo: 19 incelendiğinde;

Kök Kanalı Kuru:

#40 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ile #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.01$).

#40 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ile #15 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.01$).

Kök Kanalı Islak:

#40 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ile #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.01$).

#40 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ile #15 no'lu NiTi kanal aleti için hesaplanan uzunluk ortalaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.01$).

Tablo 20: RAYPEX ve ROOT ZX Gruplarının Karşılaştırılması

	RAYPEX 4	ROOT ZX	p değeri
	Ort±SS	Ort±SS	
Paslanmaz çelik, Kuru (#40)	19,83±1,85	19,85±1,83	0,148
NiTi, Kuru (#40)	19,83±1,86	19,85±1,83	0,170
Paslanmaz çelik, NaOCl (#40)	19,84±1,85	19,83±1,84	0,491
NiTi, NaOCl (#40)	19,84±1,87	19,80±1,84	0,075
Paslanmaz çelik, Kuru (#15)	19,91±1,85	19,83±1,83	0,001**
NiTi, Kuru (#15)	19,89±1,86	19,85±1,85	0,032*
Paslanmaz çelik, NaOCl (#15)	19,89±1,86	19,83±1,85	0,003**
NiTi, NaOCl (#15)	19,89±1,86	19,83±1,84	0,013*

*Ort: Ortalama SS: Standart Sapma Paired sample test * $p<0.05$, ** $p<0.01$*

‘Raypex 4’ ve ‘Root ZX’ Gruplarının karşılaştırıldığı Tablo:20 incelendiğinde:

Kök Kanalı Kuru:

Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik (#40) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Raypex ve Root ZX gruplarının NiTi (#40) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Raypex grubunda paslanmaz çelik (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalaması, Root ZX grubundan anlamlı şekilde uzundur.

Raypex ve Root ZX gruplarının NiTi (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). Raypex grubunda NiTi (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalaması, Root ZX grubundan anlamlı şekilde uzundur.

Kök Kanalı Islak:

Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik (#40) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Raypex ve Root ZX gruplarının NiTi (#40) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.01$). Raypex grubunda paslanmaz çelik (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalaması, Root ZX grubundan anlamlı şekilde uzundur.

Raypex ve Root ZX gruplarının NiTi (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.05$). Raypex grubunda NiTi (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalaması, Root ZX grubundan anlamlı şekilde uzundur.

İstatistiksel İncelemeler

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için NCSS 2007&PASS 2008 Statistical Software (Utah, USA) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken normal dağılıma uygunluk gösteren parametrelerin grup içi karşılaştırmalarında 'paired sample t' testi kullanıldı. Parametreler arasındaki uyumluluğun tespitinde sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) hesaplandı. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda 120 adet çekilmiş, tek kök ve tek kanallı insan dışında; iki farklı nesil elektronik apex locator ile kök kanalları kuru iken ve kök kanallarında NaOCl varken, farklı tip ve genişlikteki kanal aletleri kullanılarak kanal uzunluğu ölçümleri yapıldı. Ölçümler, dental operasyon mikroskobu kullanılarak tespit edilen gerçek kanal uzunluğu ölçümleri ile karşılaştırılarak Root ZX ve Raypex 4'ün;

- Kök kanalları kuru iken ve kök kanallarında NaOCI varlığındaki
- Farklı tipte ve genişlikte kanal aletleri ile kullanılarak, apikal darlıkta kök kanal uzunluğu saptamadaki etkinlikleri değerlendirildi.

Kök kanallarının yeterli ve uygun olarak şekillendirilebilmesi, çalışma uzunluğunun ideal bir şekilde saptanabilmesiyle başarılabilir. Çalışma uzunluğunun doğru olarak saptanamaması; kök kanalını şekillendirme ve doldurma işlemlerinin yetersiz yapılmasına ve bu durum da tedavinin başarısız olmasına yol açabilir (22).

Kök kanalının şekillendirilmesi ve doldurulması aşamalarının apikal sınırı, endodontinin temel tartışma konularından biridir. Bazı araştırmacılar apikal darlık (minör foramen) ve foramen apikale (majör foramen) klinik olarak tespit etmek oldukça zor olduğu için, radyolojik apeksin daha güvenilir bir referans noktası olabileceğini ileri sürmüşlerdir (15).

Histolojik çalışmalarda, kanal şekillendirme ve doldurma aşamalarının apikal darlığın gerisinde sonlandırılmasının en iyi sonucu verdiği; gütta perka ve kanal patının apikal dokulara taşmasının ise şiddetli enflamatuvar reaksiyona yol açabileceği görülmüştür (20). Bu nedenle bazı araştırmacılar tarafından da; kök kanalını şekillendirme ve doldurma aşamalarının, tam apikal darlıkta veya bir miktar gerisinde sonlandırılması gerektiği ifade edilmektedir (20).

Elektronik apex locatorlar ile yapılan ölçümlerin gerçek kanal uzunlukları ile karşılaştırıldığı çalışmalarda gerçek kanal uzunluğunun apikal sınırı, bazı çalışmalarda foramen apikale (majör foramen), bazılarında ise apikal darlık (minör foramen) olarak belirlenmiştir (58,64,97,103,104,110).

Gerçek kanal uzunluğunun apikal sınırının foramen apikale(majör foramen) olarak kabul edildiği çalışmalarda, bir büyüteç ya da ışık mikroskobu altında foramen apikale tespit edilmiş ve kanal aleti foramenden görülene kadar ilerletilmiştir. Foramen apikale ile dişin kuronunda alınan referans noktası arası mesafe gerçek kanal boyu olarak belirlenmiştir (97,101,103,110).

Gerçek kanal uzunluğunun apikal sınırının apikal darlık olarak kabul edildiği çalışmalarda ise apikal darlık iki farklı şekilde tespit edilmiştir:

Bunlardan birincisinde; foramen apikale tespit edildikten sonra foramen apikale ve kuronda belirlenen rehber nokta arasındaki mesafe ölçülmüştür. Apikal darlığın foramen apikale'nin 0,5-1 mm gerisinde olduğu esas alınmıştır. Bu nedenle foramen apikale ve kuronda belirlenen rehber nokta arasındaki mesafeden 0,5 ya da 1 mm çıkartılarak elde edilen uzunluk, gerçek kanal uzunluğu olarak kabul edilmiştir (58,107,148).

İkincisinde ise; dişlerin kök ucundaki 3-4 mm'lik bölümünde, kanal aleti görülene kadar kökün uç bölgesinde aşındırma yapılarak ışık mikroskobu altında farklı büyütmelede apikal darlık görsel olarak tespit edilmiştir. Gerçek kanal uzunluğu, apikal darlık ile kuronda belirlenen referans noktası ya da foramen apikale arasındaki mesafe ölçülerek bulunmuştur (56,64,104).

Kanal şekillendirme ve doldurma aşamalarının ideal apikal seviyesinin, apikal darlık olması gerektiğini ileri süren literatür bilgilerinin ışığında (2,23); çalışmamızda gerçek kanal uzunluğunun apikal sınırını apikal darlık olarak belirledik ve apikal darlığın foramen apikale'nin 0,5-1 mm gerisinde olduğu bilgisi esas alınarak foramen

apikale ve kuronda belirlenen rehber nokta arasındaki mesafeden 0,5mm çıkararak elde ettiğimiz uzunluğu gerçek kanal uzunluğu (çalışma uzunluğu) olarak kabul ettik.

Bu çalışmada kök kanal uzunluğunu değerlendirmek için dişlerin aljinat içerisine gömüldüğü *in vitro* bir model kullanıldı. Huang apex locatorların değerlendirilmesinde *in vitro* modellerin kullanılmasını desteklemektedir (149). Huang dışında; Tınaz ve ark. (41), Meares ve ark. (69), Herrera ve ark. (80), Kaufmann ve Katz (150), Donnelly (151) ve Czerw ve ark. (152) da çalışmalarında *in vitro* aljinat modelleri kullanmışlardır.

Bu *in vitro* modelin avantajları; kullanım kolaylığı sağlaması ve test edilen deney koşullarının kontrol edilebilir olmasıdır (69). Hazırlanması kolaydır ve yüksek oranda stabilizasyon sağlar (80). Ayrıca bu yöntemle kısa sürede fazla sayıda kök kanalı test edilebilmektedir. Örneklerin aljinat içerisine gömülmesi ile dişlerin apex'leri görülemez duruma gelmektedir. Böylece klinik çalışma koşullarına daha yakın bir ortam sağlandığı düşünülmektedir. Ayrıca araştırmacının apex'i görmemesi taraflı davranmasını da engellemiş olabilir (149). Czerw ve ark. (152) ile Donnelly (151) aljinat modellerin, jelatin bazlı modellere göre apex locator'lar için daha iyi bir simülasyon sağladığını bildirmişlerdir. Bu nedenlerle araştırmamızda, dişler aljinat içine gömülmüştür.

Elektronik apex locator'lar ile yapılan ölçümlerin gerçek kanal boyu ile karşılaştırıldığı çalışmalarda başarı oranları % 51-92 arasında değişmektedir. Başarı oranlarındaki bu farklılığın nedenlerinden biri çalışmalarda farklı nesillerdeki elektronik apex locatorların kullanılmış olması olabilir. Bununla birlikte aynı nesil sınıflandırmasına giren elektronik apex locator'larla yapılan çalışmalarda da bu oranlar farklılıklar gösterebilmektedir (58,64,66,90,96,97,153,154). Bunun nedeni kullanılan yöntemlerdeki farklılıklar olabilir. Bizim çalışmamızda da tüm gruplar göz önüne alındığında Root ZX'in başarı oranı %92.5-95 arasında değişirken, Raypex 4'ün başarı oranı da %88.5-95 arasında değişmektedir.

Başarı oranları arasındaki farklılığın diğer bir nedeni de, gerçek kanal boyunun apikal sınırı ve tespit yönteminin standart olmamasıdır. Genellikle *in vivo* ortamda ve

gerçek kanal boyunun apikal sınırının apikal darlık olarak alındığı çalışmalarda elde edilen başarı oranları, *in vitro* ortamda ve gerçek kanal boyunun apikal sınırının foramen apikale olarak alındığı çalışmalarda elde edilen başarı oranlarından daha düşüktür (56,58,90,104).

Çalışmamızda uygulama kolaylığı ve kontrol edilebilir olmasından dolayı tek kök ve tek kanallı dişler kullanılmıştır.

Diğer birçok çalışmada (69,105,107,117) olduğu gibi bizim çalışmamızda da, kök kanallarının kural 1/3 lük kısımları #4, #3, #2 no'lu gates glidden frezlerle genişletilmiştir. Böylece kanal aletleri için daha düzgün ve rahat bir giriş sağlanmış ve elektronik apex locator'ların daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmüştür.

Çalışmamızda, gerçek kanal uzunluklarının belirlenmesi için diğer bir çok çalışmada da (57,110,137,155) olduğu gibi dental operasyon mikroskop'u kullandık.

Nguyen ve ark. (78) yaptıkları çalışmada, Root ZX ile elektronik olarak hesaplanan kanal uzunluklarının çoğunda, gerçek kanal uzunluklarına göre daha kısa ölçümler elde etmişlerdir. Ölçümler +0.20 mm ile -1.0 mm arasında değişmiştir.

Bizim çalışmamızda ise; kuru kanallarda Root ZX ile elektronik yolla hesaplanan kanal uzunluklarının %37.5'i, Raypex 4 ile hesaplanan kanal uzunluklarının %45.5'i; NaOCI bulunan kanallarda ise Root ZX ile elektronik yolla hesaplanan kanal uzunluklarının %33.5'i, Raypex 4 ile hesaplanan kanal uzunluklarının %45'i gerçek kanal uzunluklarına göre daha uzun çıkmıştır. Ölçümler; Root ZX için +0.46 mm ile -0.97 mm arasında değişirken, Raypex 4 için +0.67mm ile -0.96mm arasında değişmiştir. Bu durum, uygulanan prosedürler arası farktan kaynaklanmış olabilir.

Berman ve Fleischman, Hülsman ve Pieper, Saito ve Yamashita, Kaufman ve Katz ile Fouad ve ark. (50,52,81,150,153) yaptıkları çalışmalarda, geniş foramen apikale varlığında elektronik apex locator ile bulunan rakamların gerçek kanal uzunluklarına göre daha kısa olduğunu bildirmişlerdir. Nguyen ve ark. (78) ise #10 ve #60 nolu kanal

aletlerini kullanarak yaptıkları çalışmada bu bulguya ulaşamamışlardır. Bizim çalışmamızda Nguyen ve ark. çalışmalarını desteklemektedir.

Elektronik apex locator'lar ile yapılan çalışmaların çok büyük bir bölümünde apikal darlık ya da foramen apikale'nin 0.5 mm ilerisinde ve gerisinde yapılan ölçümler başarılı ölçüm olarak kabul edilmiştir (58,65,94,97,104,107,110). Bu çalışmalarda apikal darlık-foramen apikale arası ortalama uzaklık 0.5 mm olarak kabul edildiği için, gerçek kanal uzunluğu ve elektronik apex locator ile yapılan ölçümler $\pm 0,5$ mm'lik bir değer aralığında karşılaştırılmıştır. Klinik koşullarda kabul edilebilir bir aralık olduğu ileri sürülerek bu aralıktaki ölçümler başarılı olarak ifade edilmiştir.

Aaron Welk ve ark. (56); kanal uzunluğunu tespit etmek için iki frekans kullanan Root ZX ve beş frekans kullanan Elements'in ölçüm doğruluğunu karşılaştırdıkları *in vivo* çalışmalarında, ışık mikroskobu altında apikal darlığı tespit ederek, kanal aletinin ucu ile apikal darlık arasındaki mesafeyi ölçmüşlerdir. $\pm 0,5$ mm aralığında başarı oranlarını Root ZX için %90.7, Elements için %34.4 olarak tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda Welk ve ark. nin çalışmasını destekler niteliktedir. Root ZX ile yaptığımız ölçümler sonucunda; tüm gruplarda %92.5-%95 arasında değişen oranlarda başarı elde edilmiştir.

Plotino ve ark. (58); Root ZX, Elements Diagnostic Unit ve Propex'in ölçüm doğruluğunu karşılaştırdıkları *in vitro* çalışmalarında, kanal aletinin ucunu foramen apikale'den görülene dek ilerlettikten sonra kanal aletinin ucu ile lastik rondel arasındaki mesafeyi ölçmüşler ve bu uzunluktan 0.5 mm çıkartarak gerçek kanal uzunluğunu tespit etmişlerdir. Gerçek kanal uzunluğu ile elektronik apex locator'ların ölçtüğü uzunlukların farkı alınmış, gerçek boydan uzun olan ölçümler pozitif, kısa olanlar ise negatif olarak değerlendirilmiştir. Root ZX ile Elements arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Propex'in, Root ZX ve Elements apex locator'larına göre gerçek uzunluktan daha ileride ölçüm yaptığı ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ifade edilmiştir. $\pm 0,5$ mm aralığında apikal darlığı tespit etme oranları ise Root ZX %97.3, Elements %94.28, Propex %100 olarak

bulunmuştur. $\pm 0,5$ mm'de Root ZX ile elde ettiğimiz başarı oranı (%95), araştırmacıların elde ettikleri oranla (%97.3) çok yakın çıkmıştır.

Tselnik ve ark. (104); çekim endikasyonu konmuş dişler üzerinde *in vivo* ortamda yaptıkları çalışmada Root ZX ve Elements'in ölçüm doğruluğunu karşılaştırmışlar ve ışık mikroskobu altında apikal darlık ile kurondaki referans noktası arasındaki mesafeyi ölçerek gerçek kanal uzunluğunu tespit etmişlerdir. $\pm 0,5$ ve ± 1 mm'de başarı oranları Root ZX için %75 ve %88.9, Elements için %75 ve %91.7 olarak tespit edilmiş ve aradaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Araştırmacılar başarı oranının yükselmesine rağmen olguların çoğunda Root ZX ile yapılan ölçümlerde kanal aletinin ucunun apikal darlığın ortalama 0.41 mm ilerisinde konumlandığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda araştırmacıların bulgularından farklı olacak şekilde, Root ZX ile yaptığımız ölçümlerde $\pm 0,5$ mm'de başarı oranının %92.5-95 arasında olduğunu ve kanal aletinin ucunun;

1. Grup I (#15 genişlik): 40 dişin 21'inde apikal darlığın ortalama 0,161 mm ilerisinde,
2. Grup II (#40 genişlik, apikal darlığa kadar): 40 dişin 31'inde apikal darlığın ortalama 0,171 mm ilerisinde,
3. Grup III (#40 genişlik, apikal darlığın ötesinde): 40 dişin 23'ünde apikal darlığın ortalama 0,135 mm ilerisinde konumlandığını tespit ettik.

Araştırmacıların bulguları ile bizim bulgularımız arasındaki farkın; kullanılan prosedürler arası farktan kaynaklandığını düşünmekteyiz.

D'Assuncao ve ark. (107); foramen apikale'yi tespit etmede tek köklü çekilmiş dişlerde, Root ZX ve Novapex'in doğruluklarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, elektronik apex locator ölçümlerini gerçek kanal uzunlukları ile karşılaştırmışlar ve $\pm 0,5$ mm mesafede başarı oranlarının Root ZX için %89.7; Novapex için %82.1 olduğunu ve aralarındaki bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir. Lucena Martin ve ark. (103) üç farklı elektronik apex locator'ın doğruluğunu *in vitro* olarak karşılaştırdıkları çalışmalarında; kanal aletini foramen

apikale'den görülene kadar ilerletmişler ve kanal aletinin ucu ile kuronda ki referans noktası arasındaki mesafeyi gerçek kanal uzunluğu olarak kabul etmişlerdir. Gerçek kanal uzunluğu ile elektronik apex locator'lar ile yapılan ölçümleri kliniğe uygunluk açısından $\pm 0,5$ mm'de değerlendirildiklerinde; başarı oranları Root ZX ve Justy II için %85, Neosono Ultima için %90 olarak tespit edilmiş ve foramen apikale'yi tespit etmede üç cihaz arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu çalışmalardan başka; gerçek kanal uzunluklarına $\pm 0,5$ mm mesafede; Root ZX'i Stöber ve ark. (146) %72, Haffner ve ark. (156) %78, Dunlap ve ark. (65) %82.3, Goldberg ve ark. (105) %95, Shabang ve ark. (94) %96.2, D'Assuncao ve ark. (113) ise %97.44 oranında başarılı bulmuşlardır. Stavrios ve ark. da apikal darlığa $\pm 0,5$ mm mesafede Raypex 4 'ü %92.5 başarılı olarak bildirmişlerdir (114). Bizim çalışmamızda da bu çalışmalara yakın sonuçlar elde edilmiştir, kanallar kuru olduğunda hem #15 no'lu paslanmaz çelik hem de #15 no'lu NiTi kanal aletleri ile kullanıldıklarında Root ZX %95, Raypex 4 ise %92.5 başarılı bulunmuştur. Kök kanallarında NaOCI bulunduğu; #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aletleri ile kullanıldıklarında Root ZX %95, Raypex 4 %90; #15 no'lu NiTi kanal aletleri ile kullanıldıklarında ise Root ZX %92.5, Raypex 4 de %88.5 oranında başarılı bulunmuştur. İki alet tipi arasında önemli bir fark yoktur.

Apikal darlığa ± 1 mm lik mesafede yapılan çalışmalarda ise Root ZX'in doğruluğu %88.9-%100 arasında değişiklik gösterirken, Stavrios ve ark. yaptığı çalışmada Raypex 4 %95 lik bir başarı bulmuşlardır (104,119,127,141,146). Bizim çalışmamızda da apikal darlığa ± 1 mm mesafede hem Root ZX hem de Raypex 4 hem kuru kanalda hem de NaOCI varlığında, #15 no'lu ve #40 no'lu paslanmaz çelik kanal aletleri ile #15 no'lu ve #40 no'lu NiTi kanal aletleri'yle birlikte kullanıldıkları tüm gruplarda %100'lük başarılı olmuşlardır.

Briseno-Marroquin ve ark. (124) yaptıkları çalışmalarında; farklı genişliklerdeki K-tipi kanal aletlerini kullanarak, Elements Apex locator, Justy II, Raypex 5 ve Propex II elektronik apex locator'larının doğruluklarını incelemişler. Çalışmamız, Briseno-Marroquin ve ark. çalışmalarına benzemekle birlikte;

çalışmamızda 3. nesil (frekans tip) elektronik apex locator sınıflandırmasına giren Root ZX ve 4. nesil (orantı tip) elektronik apex locator sınıflandırmasına giren Raypex 4 ile birlikte K-tipi paslanmaz çelik ve NiTi kanal aletleri kullanılmıştır. Farklı marka elektronik apex locatorlar kullanılmış olmasına rağmen çalışmamızda Briseno-Marroquin ve ark. nın çalışmasındakine benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Briseno-Marroquin ve ark. yaptığı çalışmada; apikal darlığın tam yerinin belirlenmesinde;

- Elements apex locator: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %36.99, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %39.04, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %44.93 doğruluk
- Justy II: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %38.62, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %32.41, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %43.41 doğruluk
- Raypex 5: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %42.76, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %39.31, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %39.06 doğruluk
- Propex II: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %38.62, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %43.45, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %40.63 oranında doğruluk göstermişlerdir.

Bizim çalışmamızda; apikal darlığın tam yerinin belirlenmesinde kuru kanallarda;

Grup 1 (#15 genişlik):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %52.5, Raypex 4 %40 başarılı,
- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %37.5, Raypex 4 %42.5 oranında başarılı bulunmuştur.

Grup 2 (#40 genişlik, apikal darlığa kadar):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %75, Raypex 4 %52.5 başarılı,
- #40 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %47.5, Raypex 4 % 30 başarılı,
- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %52.5, Raypex 4 %32.5 başarılı,
- #40 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %40, Raypex 4 %37.5 oranında başarılı bulunmuştur.

Grup 3 (#40 genişlik, apikal darlığın ötesinde):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %72.5, Raypex 4 %40 başarılı,
- #40 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %60, Raypex 4 % 50 başarılı,
- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %62.5, Raypex 4 %27.5 başarılı,
- #40 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %45, Raypex 4 %45 oranında başarılı bulunmuştur.

Apikal darlığın tam yerinin belirlenmesinde NaOCI bulunan kanallarda;

Grup 1 (#15 genişlik):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %42.5, Raypex 4 %37.5 başarılı,
- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %40, Raypex 4 %32.5 oranında başarılı bulunmuştur.

Grup 2 (#40 genişlik, apikal darlığa kadar):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %57.5, Raypex 4 %35 başarılı,
- #40 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %45, Raypex 4 % 30 başarılı,
- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %47.5, Raypex 4 %37.5 başarılı,
- #40 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %55, Raypex 4 %37.5 oranında başarılı bulunmuştur.

Grup 3 (#40 genişlik, apikal darlığın ötesinde):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %60, Raypex 4 %35 başarılı,
- #40 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %55, Raypex 4 % 47.5 başarılı,
- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %55, Raypex 4 %60 başarılı,
- #40 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %47.5, Raypex 4 %52.5 oranında başarılı bulunmuştur.

Briseno-Marroquin ve ark. 'nın çalışmasında; apikal darlığa $\pm 0,5$ mm mesafede;

- Elements apex locator: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %85.62, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %82.19, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %85.51 başarılı,
- Justy II: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %73.10, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %80, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %85.27 başarılı,
- Raypex 5: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %80, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %82.07, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %85.59 başarılı,

- Propex II: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %83.45, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %88.28, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %91.41 oranında başarı görülmüştür.

Bizim çalışmamızda; Apikal darlığa $\pm 0,5$ mm mesafede kuru kanallarda;

Grup 1 (#15 genişlik):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında Root ZX %95, Raypex 4 %92.5 başarılı,
- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %95, Raypex 4 %92.5 oranında başarılı bulunmuştur.

Grup 2 (#40 genişlik, apikal darlığa kadar):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %92.5, Raypex 4 %95 başarılı,
- #40 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; hem Root ZX hem de Raypex 4 % 95 başarılı,
- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; hem Root ZX hem de Raypex 4 % 95
- #40 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; hem Root ZX hem de Raypex 4 % 95 oranında başarılı bulunmuştur.

Grup 3 (#40 genişlik, apikal darlığın ötesinde):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %95, Raypex 4 %92.5 başarılı,
- #40 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; hem Root ZX hem de Raypex 4 % 95 başarılı,

- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; hem Root ZX hem de Raypex 4 % 95 başarılı,
- #40 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; hem Root ZX hem de Raypex 4 % 95 oranında başarılı bulunmuştur.

Apikal darlığa $\pm 0,5$ mm mesafede NaOCI bulunan kanallarda;

Grup 1 (#15 genişlik):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %95, Raypex 4 %90 başarılı,
- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %92.5, Raypex 4 %88.5 oranında başarılı bulunmuştur.

Grup 2 (#40 genişlik, apikal darlığa kadar):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %92.5, Raypex 4 % 90 başarılı,
- #40 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %95, Raypex 4 % 92.5 başarılı,
- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %92.5, Raypex 4 % 90 başarılı,
- #40 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; Root ZX %92.5, Raypex 4 % 95 oranında başarılı bulunmuştur.

Grup 3 (#40 genişlik, apikal darlığın ötesinde):

- #15 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; hem Root ZX hem de Raypex 4 % 95 başarılı,
- #40 no paslanmaz çelik kanal aletleri kullanıldığında; hem Root ZX hem de Raypex 4 % 95 başarılı,

- #15 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; hem Root ZX hem de Raypex 4 % 95 başarılı,

- #40 no NiTi kanal aletleri kullanıldığında; hem Root ZX hem de Raypex 4 % 95 oranında başarılı bulunmuştur.

Briseno-Marroquin ve ark. çalışmalarında; apikal darlığa ± 1 mm mesafede;

- Elements apex locator: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %93.84, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %95.21, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %96.38 başarılı,

- Justy II: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %84.83, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %90.34, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %96.12 başarılı,

- Raypex 5: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %96.55, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %95.17, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %96.88 başarılı,

- Propex II: #8 no kanal aleti ile kullanıldığında %93.79, #10 no kanal aleti ile kullanıldığında %95.86, #15 no kanal aleti ile kullanıldığında %97.66 oranında başarı belirlenmiştir.

Bizim çalışmamızda; apikal darlıktan ± 1 mm mesafede hem kuru kanallarda hem de NaOCI bulunan kanallarda;

- Root ZX ve Raypex 4 elektronik apex locatorları ile yapılan tüm ölçümlerde %100 lük başarı elde edilmiştir.

Shabahang ve ark. (94) yaptıkları çalışmada, kuru kök kanallarında apikal darlığa $\pm 0,5$ mm mesafede Root ZX'in doğruluğunun %96.2 olduğunu bildirmişlerdir. Guise ve ark. (119) çalışmalarında gerçek kanal uzunluklarına $\pm 0,5$ mm mesafede Root ZX'i %97.5, Precision Apex Locator'ı %95, Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator'ı ise %90 oranında başarılı bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda bulunan sonuçlar da Shabang ve ark. ile Guise ve ark.'nın çalışmalarını desteklemektedir:

Kuru kanallarda apikal darlığa $\pm 0,5$ mm mesafede Root ZX hem #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aletleri ve hem de #15 no'lu NiTi kanal aletleri ile birlikte kullanıldığında %95 lik doğruluk gösterirken, Raypex 4 hem #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aletleri ve hem de #15 no'lu NiTi kanal aletleri ile birlikte kullanıldığında %92.5 lik doğruluk göstermiştir.

Jenkins ve ark. (70) *in vitro* ortamda, %5,25 NaOCl, RC Prep, EDTA, %3 H₂O₂ ve Peridex'in, Root ZX'in ölçüm doğruluğu üzerine etkileri olup olmadığı konusunda yaptıkları çalışma sonucunda; çok çeşitli yıkama solüsyonlarının varlığında, Root ZX'in kanal uzunluğunun belirlenmesinde faydalı ve başarılı bir alet olduğunu bildirmişlerdir.

Tınaz ve ark. (41) %5.25, %2.65, %1.00 ve %0.50 konsantrasyonlarındaki NaOCl varlığında Root ZX'in doğruluğunu inceledikleri araştırma sonucunda; gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmadığını ve Root ZX'in çeşitli NaOCl konsantrasyonlarında güvenli bir şekilde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda, bu çalışmaları destekler niteliktedir. Hem Root ZX hem de Raypex 4 yıkama solüsyonu varlığında doğru sonuçlar vermişlerdir.

Fan ve ark. (108) çalışmalarında, farklı çaplardaki (0.25mm, 0.40mm, 0.60mm, 0.80mm, 1.0mm) 48 adet cam tüp kuru haldeyken ve tüplerin içinde çeşitli yıkama solüsyonları varken Root ZX, Propex ve Neosono Ultima EZ'in doğruluklarını incelemişler. Elektronik apex locator'lar #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aleti ile kullanılmıştır. Kuru olan tüplerde; gerçek uzunluklara $\pm 0,5$ mm mesafede Root ZX %75-%91.7, ± 1 mm mesafede %100 başarılı bulunurken, Propex ve Neosono Ultima EZ $\pm 0,5$ mm mesafede %100 doğruluk göstermişlerdir. Kuru tüplerde, cam tüplerin çaplarındaki artış Root ZX, Propex ve Neosono Ultima EZ'in doğruluklarında bir değişikliğe neden olmamıştır. Tüplerde %2.5 NaOCl varlığında; tüplerin çapları artınca Root ZX'in doğruluğunda azalma olmuştur. Gerçek uzunluklara $\pm 0,5$ mm ve ± 1 mm mesafede Root ZX'in doğruluğu, Propex ve Neosono Ultima EZ'e göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük çıkmıştır. Tüp geniş olduğunda, tüp'ün içindeki yıkama solüsyonları Propex'in doğruluğunu artırırken, tüp'ün çapı ve içindeki yıkama solüsyonu varlığı Neosono Ultima EZ'in doğruluğu üzerine etki etmemiştir. Bizim çalışmamızda, kök kanalları kuru olduğunda gerçek kanal uzunluklarına $\pm 0,5$ mm

mesafede Root ZX ve Raypex 4 hem #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aletleri hem de #15 no'lu NiTi kanal aletleri ile birlikte kullanıldığında tüm gruplarda %92.5-95, ±1 mm mesafede de %100 lük doğruluk göstermişlerdir. Kök kanallarında NaOCI varlığında, #15 genişliğindeki kanallarda; Root ZX ve Raypex 4 #15 no'lu paslanmaz çelik kanal aletleri ile kullanıldıklarında doğruluklarında bir değişiklik gözlenmezken, #15 no'lu NiTi kanal aletleri ile birlikte kullanıldıklarında ise doğruluklarında azalma olduğu görülmüştür. Genişletilen kanal gruplarında; kök kanallarında NaOCI varken, #15 no'lu paslanmaz çelik ve #15 no'lu NiTi kanal aletleri ile birlikte kullanıldıklarında Root ZX ve Raypex 4'ün doğruluklarında %2.5 lik azalma olduğu görülmüştür.

Ebrahim ve ark. (157) NaOCI varlığında Root ZX'in doğru ölçümler yaptığını ve hem küçük kanal aletleriyle hem de geniş kanal aletleriyle benzer kanal boyu uzunlukları elde ettiklerini bildirmişlerdir. Biz de çalışmamızda, kullandığımız hem #15 hem de #40 nolu kanal aletleriyle birbirine çok yakın sonuçlar elde ettik.

Nyugen ve ark. (78) ile Ebrahim ve ark. (157) çalışmalarında, kanal aletinin kanalın çapından çok daha küçük olduğunda Root ZX'in doğru ölçümler verdiğini belirtmişlerdir.

Bizim çalışmamızda; apikal darlığa dek #40 'a kadar genişletilen diş grubunda (grup II) Nyugen ve Ebrahim'in çalışmalarında elde ettikleri sonuçlara benzer veriler elde edilmiştir. Hem Root ZX hem de Raypex 4 de; kanalın genişliğinden daha küçük olan #15 no'lu paslanmaz çelik ve NiTi kanal aletleri ile yapılan ölçümler, gerçek kanal uzunluklarına daha yakın çıkmıştır. Hem #15 hemde #40 no lu kanal aletleriyle Root ZX çalışma uzunluğuna yakın sonuçlar vermiştir. Apikal darlığı aşacak şekilde #40 a kadar genişletilen diş grubunda (grup III) hem Root ZX hem de Raypex 4 de; #40 nolu paslanmaz çelik ve #40 no'lu NiTi kanal aletleri ile çalışma uzunluğuna daha yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmamızda Raypex 4 ile elde edilen ölçümlerin ortalaması Root ZX ile elde edilen ölçümlerin ortalamasından daha uzun olarak bulundu. Bu fark iki elektronik apex locator'ın arasındaki çalışma prensibi farkından olabileceğini düşünmekteyiz.

6. SONUÇLAR

Grup I: #15 Genişlik Grubu

- Kuru kanallarda apikal darlıktan ± 0.5 mm mesafede; paslanmaz çelik ve NiTi kanal aletleri kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda Root ZX %95, Raypex 4 %92.5 oranında doğruluk göstermiştir.

- NaOCI kullanılan kanallarda apikal darlıktan ± 0.5 mm mesafede; paslanmaz çelik kanal aleti kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda; Root ZX %95 oranında Raypex 4 %90, NiTi kanal aleti kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda ise; Root ZX %92.5, Raypex 4 %88.5 oranında başarılı bulunmuştur.

- NaOCI kullanılan kanallardaki; Raypex ve Root ZX gruplarının NiTi aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur, diğer gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

- Çalışma uzunluklarına en yakın sonuç; Root ZX'in #15 no'lu NiTi kanal aletleriyle birlikte kullanıldığı, NaOCI bulunan kanallarda elde edilmiştir.

Grup II: #40 Genişlik (Apikal Darlığa Kadar)

- Kuru kanallarda apikal darlıktan ± 0.5 mm mesafede; paslanmaz çelik ve NiTi kanal aletleri kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda; hem Root ZX hem de Raypex 4 %95 oranında başarılı bulunmuştur.

- NaOCI kullanılan kanallarda apikal darlıktan ± 0.5 mm mesafede; paslanmaz çelik kanal aleti kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda; Root ZX %95 oranında Raypex 4 %92.5, NiTi kanal aleti kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda ise; Root ZX %92.5, Raypex 4 %95 oranında başarılı bulunmuştur.

Grup II: #15 Genişlik (Apikal Darlığa Kadar)

- Kuru kanallarda apikal darlıktan ± 0.5 mm mesafede; paslanmaz çelik kanal aleti kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda; Root ZX %92.5 oranında Raypex 4 %95, NiTi kanal aleti kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda ise; hem Root ZX hem de Raypex 4 %95 başarılı bulunmuştur.

- NaOCI kullanılan kanallarda apikal darlıktan ± 0.5 mm mesafede; paslanmaz çelik ve NiTi kanal aletleri kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda Root ZX %92.5, Raypex 4 %90 oranında doğruluk göstermiştir.

- Kuru ve NaOCI bulunan kanallardaki; Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur, diğer gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

- Hem Root ZX hem de Raypex 4, #15 no'lu kanal aletleriyle kullanıldıklarında #40 no'lu kanal aletlerine göre çalışma uzunluklarına daha yakın sonuç elde edilmiştir. Çalışma uzunluklarına en yakın sonuç; Root ZX'in #15 no'lu NiTi kanal aletleriyle birlikte kullanıldığı, NaOCI kullanılan kanallarda bulunmuştur.

Grup III: #40 Genişlik (Apikal Darlığın Ötesinde)

- Kuru kanallarda apikal darlıktan ± 0.5 mm mesafede; paslanmaz çelik ve NiTi kanal aletleri kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda; hem Root ZX hem de Raypex 4 %95 oranında başarılı bulunmuştur.

- NaOCI kullanılan kanallarda apikal darlıktan ± 0.5 mm mesafede; paslanmaz çelik ve NiTi kanal aletleri kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda; hem Root ZX hem de Raypex 4 %95 oranında başarılı bulunmuştur.

Grup III: #15 Genişlik (Apikal Darlığın Ötesinde)

- Kuru kanallarda apikal darlıktan ± 0.5 mm mesafede; paslanmaz çelik ve NiTi kanal aletleri kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda; hem Root ZX hem de Raypex 4 %95 oranında başarılı bulunmuştur.

- NaOCI kullanılan kanallarda apikal darlıktan ± 0.5 mm mesafede; paslanmaz çelik ve NiTi kanal aletleri kullanılarak yapılan elektronik ölçümler sonucunda; hem Root ZX hem de Raypex 4 %95 oranında başarılı bulunmuştur.

- Kuru ve NaOCI bulunan kanallardaki; Raypex ve Root ZX gruplarının paslanmaz çelik (#15) ve NiTi (#15) aletlerle hesaplanan boy ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur, diğer gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

- Hem Root ZX hem de Raypex 4, #40 no'lu kanal aletleriyle kullanıldıklarında #15 no'lu kanal aletlerine göre çalışma uzunluklarına daha yakın sonuç göstermişlerdir.

- Çalışma uzunluklarına en yakın sonuç; Root ZX'in #40 no'lu NiTi kanal aletleriyle birlikte kullanıldığı, NaOCI bulunan kanallarda görülmüştür.

- Çalışma sonucunda hem Root ZX hem de Raypex 4 elektronik apex locotor'larının klinik olarak kabul edilebilecek ölçümler yaptıkları tespit edilmiştir.

7. KAYNAKLAR

1. *Gordon MPJ, Chandler NP.* Electronic apex locators. *Int Endod J*, 37: 425-37, 2004
2. *Ricucci D , Langeland K.* Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J*, 31:394-409, 1998
3. *Dummer PM, McGinn JH, Rees DG.* The position and topology of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J*, 17: 192-8, 1984
4. *Tınaz CA.* Kanal tedavisinde çalışma boyutu. *GÜ Dişhek Fak Derg*, 18: 31-7, 2001
5. *Kuttler Y.* Microscopic investigation of root apexes, *J Am Dent Assoc*, 50:544-52,1955
6. *Burch JG, Hulén S.* The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 34: 262, 1972
7. *Gutierrez JH, Aguayo P.* Apical foraminal openings in human teeth: number and location. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 79: 769, 1995
8. *Vertucci FJ.* Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 58: 589, 1984
9. *Pineda F, Kuttler Y.* Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 33: 101-10, 1972
10. *Green D.* A stereomicroscopic study of 400 root of maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 9: 1224-32, 1956

11. *Green D.* A stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 13: 728-33, 1960
12. *Alaçam T.* Foramen apikalenin diş köklerinin anatomik apeksleriyle ilişkisi. *GÜ Dişhek Fak Derg* 4, 67, 1987
13. *Stein TJ, Corcoran JF.* Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 69: 238-42, 1990
14. *Ponce EH, Vilar Fernandez JA.* The cemento-dentinal junction, the apical foramen and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *J Endod*, 29: 214, 2003
15. *Wu Min-Kai, Wesselink P.R, Walton RE.* Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 89: 99-103, 2000
16. *Green D.* Morphology of the pulp cavity of the permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 8: 743-59, 1955
17. *Gutierrez JH, Aquayo P ve Chile C.* Apical foraminal openings in human teeth, number and location. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 79: 769-77, 1955
18. *Ingle JI, Beveridge EE, Lueble RG, Walton R and Zidell JD.* Endodontic Cavity preparation, In: Ingle JI and Baveridge EE, editors. *Endodontics*. Malvern: Lea & Febiger, p.101-215, 1976
19. *Ricucci D.* Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1, literature review. *Int Endod J*, 31: 384-93, 1998
20. *Ricucci D and Langeland K.* Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2, literature review. *Int Endod J*, 34: 394-409, 1998

21. *Weine FS*. Intracanal treatment procedures, basic advanced topics, Endodontic therapy, USA: St. Louis, p.288-295, 1989
22. *Sjögren U, Hagglund B, Sandqvist G, Wing K*. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod*, 16: 498-504, 1990
23. *Grove C*. Why canals should be filled to dentinocemental junction. *JADA*, 17: 293-6,1930
24. *Schilder H*. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am*, 11: 723-44,1967
25. *Stock C*. Endodontics-position of the apical seal. *Br Dent J*, 176: 329, 1994
26. *Seidberg BH, Alibrandi BV, Fine H, Louge B*. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and digital-tactile sense. *JADA*, 90: 379-87, 1975
27. *Cohen S, Burns RC*. Pathways of the pulp, 6th edition Mosby St. Louis, *West JD, Roane JB, Goering AC*. p:200, 1994
28. *Shearer AC, Horner K, Wilson NHF*. RadioVisioGraphy for length estimation in root canal treatment: an in vivo comparison conventional radiography. *Int Endod J*, 24: 233-9, 1991
29. *Leavy AB and Glatt L*. Deviation of the apical foramen from the radiographic apex. *J New Jersey Dental Society*, 41: 12-3, 1970
30. *Alaçam T*. Endodonti, Barış Yayınları Yayınları Ankara, s.230-2, 2000
31. *Burch JG, Hulen S*. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 34: 262-268, 1972

- 32.** *Mouyen F, Benz C, Sonnabend E.* Presentation of physical evaluation of RadioVisioGraphy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 68: 238-40, 1989
- 33.** *Sanderik GCH, et al.* Image quality of direct digital intraoral x-ray sensors in assessing root canal length. *Oral Sur Oral Med Oral Pathol*, 78: 125-32, 1994
- 34.** *Garcia AA, Navarro LF, Castello VU, Laliga RM.* Evaluation of digital radiography to estimate working length. *J Endod*, 23: 363-5, 1997
- 35.** *Custer C.* Exact methods for locating the apical foramen. *J Nat Dent Assoc*, 5: 815-9, 1918
- 36.** *Suziki K.* Experimental study on iontophoresis. *Jap J Stomatol*, 16: 411-29, 1942
- 37.** *Sunada I.* New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 41: 375-87, 1962
- 38.** *Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH.* The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J*, 39: 585-609, 2006
- 39.** *Pommer O, Stamm O, Attin T.* Influence of the canal contents on the electrical associated determination of the length of root canals. *J Endod*, 2: 83-5, 2002
- 40.** *Suchde RV, Talim SD.* Electronic ohmmeter: an electronic device for the determination of the root canal length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 42: 141-9, 1977
- 41.** *Tinaz AC, Sevimli SL, Gorgul G, Turkoz EG.* The effects of sodium hypochlorite concentrations on the accuracy of an apex locating device. *J Endod*, 28: 160-2, 2002
- 42.** *Tidmarsh BG, et al.* Establishing endodontic working length: a comparison of radiographic and electronic methods. *New Zealand Dent J*, 81: 93-6, 1985

43. *Kim E, Lee J.* Electronic apex locator. *Dent Clin North Am*, 43: 35-54, 2002
44. *Inoue N.* Dental stethoscope measures root canal. *Dent Surv*, 48: 38-9, 1972
45. *Inoue N.* An audiometric method for determining the length of root canals. *Journal of Canadian Dent Assoc*, 39: 630-6, 1973
46. *Hasegawa K, et al.* A new method and apparatus for measuring root canal length. *J Nihon Uni Dent*, 28: 117-28, 1986
47. *Keller M, Brown CJ, Newton C.* A clinical evaluation of the Endocater-an electronic apex locator. *J Endod*, 17: 271-4, 1991
48. *Christie W.* Clinical observation on a newly designed electronic apex locator. *Can Dent J*. 59: 756-62, 1994
49. *Ushiyama J.* New principle and method for measuring the root canal length. *J Endod*, 9: 97-104, 1983
50. *Hülsmann M, Pieper K.* Use of an electronic apex locator in the treatment of the teeth with incomplete root formation. *Endod Dent Traumatol*, 15: 238-41, 1989
51. *Himel V.* An evaluation of two electronic apex locators in a dental student clinic. *Quint Int*, 24: 803-6, 1993
52. *Saito T, Yamashita Y.* Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device – influence of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. *Dentistry in Japan*, 27: 65-72, 1990
53. *Frank AL, Torabinejad M.* An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod*, 19: 177-9, 1993

- 54.** *Serota KS, Vera J, Barnett F, Nahmias Y.* The new era of foramenal location. *Endodontic Practice*, 7: 17-22, 2004
- 55.** *Vera J, Gutierrez M.* Accurate working-length determination using fourth-jeneration apex locator. *J Contemp Endod*, 1: 4-8, 2004
- 56.** *Aaron R, Welk, J, Baumgartner C and Marshall G.* An in vivo Comparison of Two Frequency-based Electronic Apex Locators. *J Endod*, 29: 497-500, 2003
- 57.** *Hör D, Krusy S, Atin D.* Ex vivo comparison of two electronic apex locators with different scales and frequencies. *Int Endod J*, 38: 855-9, 2005
- 58.** *Plotino G, Grande NM, Brigante L, Lesti B, Somma F.* Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and Propex. *Int Endod J*, 39: 408-14, 2006
- 59.** *Fuss Z, Assooline LS, Kaufman AY.* Determination of location of root perforations by electronic apex locators. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 82: 324-9, 1996
- 60.** *Kaufman AY, Fuss Z, Keila S.* Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations in vitro. *Int Endod J*, 30: 403-7, 1997
- 61.** *Azabal M, Garcia-Otero D, Macorra JC.* Accuracy of the Justy II apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures. *Int Endod J*, 37: 174-7, 2004
- 62.** *Nahmias Y, Aurelio JA, Gerstein H.* Expanded use of the electronic canal length measuring devices. *J Endod*, 9: 347-9, 1983
- 63.** *Ingle J, Himel VT, Hawrish CE.* Endodontic cavity preparation, In Ingle J, Backland I eds, *Endodontics*. Hamilton, Ontario, BC Decker, p:517-525, 2002
- 64.** *Hoer D, Attin T.* The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J*, 37: 125-31, 2004

- 65.** *Dunlap C , Remeikis N, BeGole E, Rauschenberger C.* An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. *J Endod*, 24: 48-50, 1998
- 66.** *Mayeda DL, Simon JH, Aymar DF, Finley K.* In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *J Endod*, 19: 545–8, 1993
- 67.** *Vajrabhaya L, Tepmongkol P.* Accuracy of apex locator. *Endod Dent Traumatol*, 13: 180-2, 1997
- 68.** *Kim E, Lee SJ.* Electronic apex locator. *Dent Clin North Am*, 48: 35-54, 2002
- 69.** *Meares A. W, Steiman R.* The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod*, 28: 595–8, 2002
- 70.** *Jenkins JA, Walker AW, Schindler WG, Flores CM.* An in vitro evaluation of the accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. *J Endod*, 27: 209-11, 2001
- 71.** *Kim DW, Nam KC, Lee SJ.* Development of a frequency-dependent-type apex locator with automatic compensation circuit. *Crit Rev Biomed Eng*, 28: 473-9, 2000
- 72.** *Katz A, Mass E, Kaufman AY.* Electronic apex locator: a useful tool for root canal treatment in the primary dentition. *J Dent Child*, 63: 415-7, 1996
- 73.** *Bodur H, Odabaş M, Tulunoğlu Ö, Tınaz AC.* Accuracy of two different apex locators in primary teeth with and without root resorption. *Clin Oral Invest*, 12: 137-41, 2008
- 74.** *Leonardo MR, Silva LAB, Nelson-Filho P, Silva RAB, Raffaini SGG.* Ex vivo evaluation of the accuracy of two electronic apex locators during root canal length determination in primary teeth. *Int Endod J*, 41: 317-21, 2008
- 75.** *Tosun G, Erdemir A, Eldeniz U, Sermet U, Sener Y.* Accuracy of two electronic apex locators in primary teeth with and without apical resorption: a laboratory study. *Int Endod J*, 41: 436-41, 2008

- 76.** *Kielbassa AM, Muller U, Munz I, Monting JS.* Clinical evaluation of the measuring accuracy of Root ZX in primary teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 95: 94-100, 2003
- 77.** *Mente J, Seidel J, Buchalla W, Koch MJ.* Electronic determination of root canal length in primary teeth with and without root resorption. *Int Endod J*, 35: 447-52, 2002
- 78.** *Nyguen HQ, Kaufman AY, Komorowski RC, Friedman S.* Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. *Int Endod J*, 29: 359-64, 1996
- 79.** *Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H.* An in vitro evaluation of the accuracy of Dentaport ZX apex locator in enlarged root canals. *Aust Dent J*, 52: 193-7, 2007
- 80.** *Herrera M, Abalos C, Planas AJ, Liams R.* Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. *J Endod*, 33: 995-8, 2007
- 81.** *Berman HL, Fleischman SB.* Evaluation of the Accuracy of the Neosono-D electronic apex locator. *J Endod*, 10: 164-7, 1984
- 82.** *Inoue N, Skinner DH.* A Simple and Accurate Way of Measuring Root Canal Length. *J Endod*, 11: 421-7, 1985
- 83.** *Fouad AF, Krell KV.* An in vitro comparison of five root canal length measuring instruments. *J Endod*, 15: 573-7, 1989
- 84.** *Kaufmann AY, Szajkis S, Niv N.* The efficiency and reliability of the Dentometer for detecting root canal length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 67: 573-7, 1989
- 85.** *Fouad AF, Krell KV, McKendry DJ, Koorbusch GF, Olson RA.* Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endod*, 16: 446-9, 1990
- 86.** *Ducoin F.* Accuracy of two electronic canal length measuring instruments. *Rev Fr Endod*, 10: 27-33, 1991

- 87.** Keller ME, Brown CE Jr, Newton CW. A clinical evaluation of the Endocater – an electronic apex locator. J Endod, 17: 271-4, 1991
- 88.** Hembrough JH, Weine FS, Pisano JV, Eskoz N. Accuracy of an electronic apex locator: a clinical evaluation in maxillary molars. J Endod, 19: 242-6, 1993
- 89.** Rivera EM, Seraji MK. Effect of recapitulation on accuracy of electronically determined canal length. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 76: 225-30, 1993
- 90.** Alfred L Frank, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. J Endod, 19: 177-9, 1993
- 91.** Pallares A, Faus V. An in vivo comparative study of two apex locators. J Endod, 20: 576-9, 1994
- 92.** Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio metod. J Endod, 20: 111-4, 1994
- 93.** Czerw RJ, et al. In vitro evaluation of the accuracy of several electronic apex locator. J Endod, 21: 572-5, 1995
- 94.** Shabang S, Goon W, Gluskin A. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. J Endod, 22: 616-18, 1996
- 95.** Prattern DH, McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths, J Endod, 22: 173-6, 1996
- 96.** De Moor RJ, Hommez GM, Martens LC, De Boever JG. Accuracy of four apex locator: an in vitro evaluation. Endod Dent Traumatol, 15: 77-82, 1999
- 97.** Ounsi HF, Naaman A. In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. Int Endod J, 32: 120-3, 1999

- 98.** *Pommer O.* In vitro comparison of an electronic root canal length measuring device and the radiographic determination of working length. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 111: 1165-70, 2001
- 99.** *Martinez-Lozano MA, Forner-Navarro, Sanchez-Cortes JL, Llana-Puy C.* Methodological considerations in the determination of working length. *Int Endod J*, 34: 371-6, 2001
- 100.** *Tinaz AC, Maden M, Aydin C, Turkoz E.* The accuracy of three electronic root canal measuring devices: an in vitro evaluation. *J Oral Sci*, 44: 91-5, 2002.
- 101.** *Kaufman AY, Keila S, Yosphe M.* Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *Int Endod J*, 35: 186-92, 2002
- 102.** *ElAyouti A, Weiher R, Löst C.* The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length, *J Endod*, 28: 116-9, 2002
- 103.** *Lucena-Martin C, Rbls-Gjion V, Ferrer-Luque C.M, Navajas-Rodriguez J.M.* In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators, *J Endod*, 30: 231-3, 2004
- 104.** *Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG.* An evaluation of Root ZX and Elements diagnostic apex locators. *J Endod*, 31: 507-9, 2005
- 105.** *Goldberg F, Marroquin BB, Frajlich S, Dreyer C.* In vitro evaluation of the ability of three apex locators to determine the working length during retreatment. *J Endod*, 31: 676-8, 2005
- 106.** *Alves AMH, Felipe MCS, Felipe WT, Rocha MJC.* Ex vivo evaluation of the capacity of the Tri Auto ZX to locate the apical foramen during root canal retreatment. *Int Endod J*, 38: 718-24, 2005
- 107.** *D'Assuncao FL, De Albuquerque DS, De Queiroz Ferrerira LC.* The ability of two apex locators to locate the apical foramen: an in vitro study. *J Endod*, 32: 560-2, 2006

- 108.** *Fan W, Fan B, Gutmann JL, Bian Z, Fan MW.* Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. *Int Endod J*, 39: 127-35, 2006
- 109.** *Al Kadi H, Sykes LM, Vally Z.* Accuracy of the Raypex 4 and Propex apex locators in detecting horizontal and vertical root fractures: an in vitro study. *J Endod*, 61: 244-7, 2006
- 110.** *Bernardes RA, Duarte MAH, Vasconcelos BC, Moraes IG, Bernerdineli N, Garcia RB, Baldi JV, Victorino FR, Bramante CM.* Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and RomiAPEX D-30. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 104: 91-4, 2007
- 111.** *Özsezer E, İnan U, Aydın U.* In vivo evaluation of ProPex electronic apex locator. *J Endod*, 33: 974–7, 2007
- 112.** *Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H.* In vitro evaluation of the accuracy of five different electronic apex locators for determining the working length of endodontically retreated teeth. *Aust Endod J*, 33: 7-12, 2007
- 113.** *D'Assuncao FL, De Albuquerque DS, Salazar-Silva JR, De Queiroz Ferrerira LC, Bezerra PM.* The accuracy of root canal measurements using the Mini Apex Locator and Root ZX II: an evaluation in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 104: 50-3, 2007
- 114.** *Stavrianos C, Vladimirov SB, Vangelov LS, Papadopoulos C, Bouzala A.* Evaluation of the accuracy of electronic apex locators Dentaport ZX and Raypex 4 under clinical conditions. *Folia Med*, 49: 75-9, 2007
- 115.** *Akisue E, Gavini G, Figueiredo JA.* Influence of pulp vitality on length determination by using the Elements Diagnostic Unit and Apex Locator., *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 104 : 129-32, 2007
- 116.** *Shanmugaraj M, Nivedha R, Mathan R, Balagopal S.* Evaluation of working length determination methods: an in vivo / ex vivo study. *Indian J Dent Res*, 18: 60-2, 2007

- 117.** *K. T. Wrbas, A. A. Ziegler, M. J. Altenburger and J. F. Schirrmeyer.* In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locators. *Int Endod J*, 40: 133-8, 2007
- 118.** *Lewinska E, Lipski M, Marciniak-Paradowska M, Wozniak K, Lichota D.* The evaluation of the ability of Apex D.S.P. to determine the length of root canal: In vitro study. *Ann Acad Med Stein*, 54: 37-40, 2008
- 119.** *Goldberg F, Frajlich S, Kuttler S, Manzur E, Briseno-Marroquin B.* The evaluation of four electronic apex locators in teeth with simulated horizontal oblique root fractures. *J Endod*, 34: 1497-9, 2008
- 120.** *Kim E, Marmo M, Lee CY, Oh NS, Kim IK.* 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 Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 105: 79-83, 2008
- 121.** *Krajczar K, Marada G, Gyulaj G, Toth V.* Comparison of radiographic and electronic working length determination on palatal and mesio-buccal root canals of extracted upper molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 106: 90-3, 2008
- 122.** *Krajczar K, Soltész MZ, Gyulaj G, Marada G, Szabo G, Toth V.* Direct comparison of working length determination by Propex electronic apex locator and radiographic method – an in vitro study. *Fogorv Sz.* 101: 107-11, 2008
- 123.** *He L, Hu TQ, Zhao H, Lin JQ, Li P.* Effect of four different solutions on the accuracy of electronic apex locators. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*, 17: 304-7, 2008
- 124.** *Briseno-Marroquin B, Frajlich S, Goldberg F, Willershausen B.* Influence of instrument size on the accuracy of different apex locators: an in vitro study. *J Endod*, 34: 698-702, 2008
- 125.** *Ghaemmaghami S, Eberle J, Dupéron D.* Evaluation of the Root ZX locator in primary teeth. *Pediatr Dent*, 30: 496-8, 2008

- 126.** *Lipski M, Wozniak K, Lichota D, Jamroszczyk K, Nowicka A, Gora M, Trabska-Swistelnicza M, Sobolewska E, Tomasik M, Buczkowska-Radliniska J.* A comparative evaluation of Apex D.S.P. and Root ZX apex locators: an in vitro study. *Ann Acad Med Stetin*, 54: 33-6, 2008
- 127.** *Zhang P.* An in vitro study of two kinds of root apex locators to diagnose vertical root fracture. *Hua Xi Kou Yi Xue Za Zhi*, 27: 528-30, 2009
- 128.** *Siu C, Marshall JG, Baumgartner JC.* An in vivo comparison of the Root ZX II, the Apex NRG XFR, and Mini Apex locator by using rotary nickel-titanium files. *J Endod*, 35: 962-5, 2009
- 129.** *Angwaravong O, Panitvisai P.* Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. *Int Endod J*, 41: 115-21, 2009
- 130.** *Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA.* An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators., *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 108: 147-51, 2009
- 131.** *Nelson Filho P, Lucisano MP, Leonardo MR, da Silva RA, da Silva LA.* Electronic working length determination in primary teeth by Propex and Digital Signal Processing. *Aust Endod J*, 36: 105-8, 2010
- 132.** *Vieyra JP, Acosta J, Mondaca JM.* Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators. *Int Endod J*, 43: 16-20, 2010
- 133.** *Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, Mancini M.* Accuracy of three apex locators compared with digital radiography: an ex vivo study. *J Endod*, 36: 2003-7, 2010
- 134.** *Aggarwal V, Singla M, Kabi D.* An in vitro evaluation of performance of two electronic root canal length measurement devices during retreatment of different obstructing materials. *J Endod*, 36: 1526-30, 2010

- 135.** *Mello-Moura AC, Moura-Netto C, Araki AT, Guedes-Pinto AC, Mendes FM.* Ex vivo performance of five methods for root canal length determination in primary anterior teeth. *Int Endod J*, 43: 142-7, 2010
- 136.** *De Vasconcelos BC, do Vale TM, de Menezes AS, Pinheiro-Junior EC, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, Hungaro Duarte MA.* An ex vivo comparison of root canal length determination by three electronic apex locator apex locators at positions short of the apical foramen. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 110: 57-61, 2010
- 137.** *Guisse GM, Goodell GG, Imamura GM.* In vitro comparison of three electronic apex locators. *J Endod*, 36: 279-81, 2010
- 138.** *Carvalho AL, Moura-Netto C, Moura AA, Marques MM, Davidowicz H.* Accuracy of three apex locators in the presence of different irrigating solutions. *Braz Oral Res*, 24: 394-8, 2010
- 139.** *Sadeghi S, Abolghasemi M.* The accuracy of the Raypex 5 electronic apex locator using stainless-steel hand files K-file versus nickel-titanium rotary Mtwo file. *Med Oral Pathol Oral Cir Bucal*, 15: 788-90, 2010
- 140.** *He L, Hu TQ, Bu P, Pan LL, Lin JQ.* The sizes of measurement files on accuracy of electronic apex locator. *Shagai Kou Qiang Yi Xue*, 19: 206-8, 2010
- 141.** *Real DG, Davidowicz H, Moura-Netto C, Zenkner Cde L, Pagliarin CM, Barletta FB, de Moura AA.* Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 111: 44-9, 2011
- 142.** *Beltrame APCA, Triches TC, Sartori N, Bolan M.* Electronic determination of root canal working length in primary molar teeth: an in vivo and ex vivo study. *Int Endod J*, 44: 402-6, 2011
- 143.** *Patino-Marin N, Zavala-Alonso NV, Martinez-Castanon GA, Sanchez-Benavides N, Villanueva-Gordillo M, Loyola-Rodriguez JP, Medina-Solis CE.* Clinical evaluation of the accuracy of conventional radiography and apex locators in primary teeth. *Pediatr Dent*, 33: 19-22, 2011

- 144.** *Nelson-Filho P, Romualdo PC, Bonifacio KC, Leonardo MR, Silva RAB, Silva LAB.* Accuracy of the iPex multi-frequency electronic apex locator in primary molars: an ex vivo study. *Int Endod J*, 44: 303-6, 2011
- 145.** *Vieyra JP, Acosta J.* Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. *Int Endod J*, 44: 510–8, 2011
- 146.** *Cimilli H, Aydemir S, Kartal N.* Ex vivo Evaluation of the Accuracy of Raypex 5 in Determining The Minor Diameter. *Cumhuriyet Dent J*, 14: 101-105, 2011
- 147.** *Stöber EK, Sindreu FD, Mercade M, Vera J, Bueno R.* An evaluation of Root ZX and Ipex Apex locators: an in vivo study. *J Endod*, 37: 608-10, 2011
- 148.** *Venturi M, Breshi L.* A comparison between two apex electronic locators: an ex vivo investigation. *Int. Endod. J*, 40: 362-73, 2007
- 149.** *Huang L.* An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *J Endod*, 13: 60-4, 1987
- 150.** *Kaufman AY, Katz A.* Reliability of Root ZX apex locator tested by an in vitro model. *J Endod*, 19: 201, 1993
- 151.** *Donnelly JC.* A simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. *J Endod*, 19: 579-80, 1993
- 152.** *Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnelly JC.* An in vitro test of a simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. *J Endod*, 20: 605-6, 1994
- 153.** *Fouad AF, Riveira EM, Krell KV.* Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. *J Endod* 19: 63-7, 1993
- 154.** *Weiger R, John C, Geigle H, Lost C.* An in vitro comparison of two modern apex locators. *J Endod*, 25: 765-8, 1999

155. *O. Uzun, O. Topuz, C. Tinaz, M. H. Nekoofar, P. M. H. Dummer.* Accuracy of two root canal length measurement devices integrated into rotary endodontic motors when removing gutta-percha from root-filled teeth. *Int. Endod J*, 41: 725-32, 2008

156. *Haffner C, Folwaczyny M, Galler K, Hickel R.* Accuracy of electronic apex locators in comparison to actual length- an in vivo study. *J Dent*, 33: 619-25, 2005

157. *Ebrahim AK, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H.* 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. *Aus Dent Journal*, 51: 153-7, 2006

8. ÖZGEÇMİŞ

Melih Bayrakcı 26.01.1981 tarihinde Bafra'da doğmuştur. İlköğrenimini Bafra Merkez İlkokulunda, Orta öğrenimini Samsun Ar Kolejinde tamamladı. Lise öğrenimini Bafra Lisesinde tamamladıktan sonra, 1999 yılında Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi'nde yüksek öğrenimine başlamıştır. 2005 yılında Diş Hekimliği Fakültesi'nden mezun olmuş, bir yıl sonra Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı'nda doktora programına başlamıştır.