

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**DİŞLERDE YAPAY OLARAK OLUŞTURULMUŞ YATAY VE DİKEY
KÖK KIRIKLARININ TESPİTİNDE KULLANILAN YÖNTEMLERİN
İRDELENMESİ**

İRMAK EROĞLU

**DANIŞMAN
PROF. DR. FEYZİ BATUR**

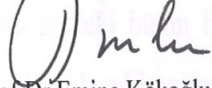
**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
ENDODONTİ PROGRAMI**

İSTANBUL-2009

TEZ ONAYI

Aşağıda tanıtımı yapılan tez, jüri tarafından başarılı bulunarak Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

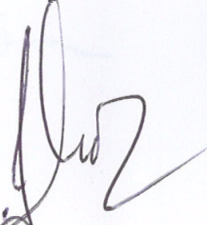
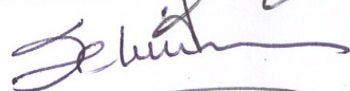



24/03/2009


Prof. Dr. Emine Kökoğlu
Enstitü Müdürü

Kurum : İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Program Adı : Endodonti
Programın seviyesi : Yüksek Lisans Doktora
Anabilim Dalı : Endodonti
Tez Sahibi : Dt. Irmak Eroğlu
Tez Başlığı : Dişlerde Yapay Olarak Oluşturulmuş Yatay ve Dikey Kök Kırıklarının Tespitinde Kullanılan Yöntemlerin İrdelenmesi.
Sınav Yeri : Diş Hek Fak Prof. Dr. Altan Gülhan Özerkan Top Sal
Sınav Tarihi : 19 / 03 / 2009

Tez Sınav Jürisi

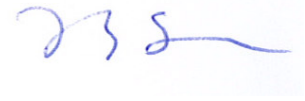
Ünvanı Adı Soyadı Üniversitesi, Fakültesi, Anabilim Dalı

1. Prof. Dr. H. Feyzi Batur (Danışman) İ.Ü. Diş Hek Fak Endodonti Anabilim Dalı 
2. Prof. Dr. Selmin Aşçı İ.Ü. Diş Hek Fak Endodonti Anabilim Dalı 
3. Prof. Dr. Seçkin Dindar İ.Ü. Diş Hek Fak Endodonti Anabilim Dalı 
4. Prof. Dr. Nimet Gençoğlu M.Ü. Diş Hek Fak Endodonti A.B.D 
5. Prof. Dr. Faruk Haznedaroğlu İ.Ü. Diş Hek Fak Endodonti Anabilim Dalı 

BEYAN

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

Irmak Eroğlu



İTHAF

Aileme ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince bana her konuda destek ve yardımcı olan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Feyzi Batur başta olmak üzere, kürsümüzün tüm öğretim üyelerine ve çalışma arkadaşlarıma;

Bana her zaman, her şekilde destek olan ve sevgileriyle yanımda olduklarını her zaman hissettiren canım aileme;

teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	İİ
BEYAN.....	İİİ
İTHAF.....	İV
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
TABLolar LİSTESİ.....	Vİİİ
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ.....	Xİ
ÖZET	Xİİ
ABSTRACT.....	Xİİİ
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1.Çalışma uzunluğu tespitinin önemi.....	3
2.2.Kök kırıkları.....	4
2.2.1.Yatay kök kırıkları.....	5
2.2.2.Dikey kök kırıkları.....	5
2.3.Kök perforasyonları.....	7
2.4.Çalışma boyu tespitinde kullanılan yöntemler.....	8
2.4.1.Radyografi.....	8
2.4.2.El hassasiyeti.....	10
2.4.3.Elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazlar.....	10
2.5.Elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazların çalışma prensibi.....	11
2.5.1.Atom yapısı.....	11
2.5.2.İyonlar ve elektrolit.....	12
2.5.3.Elektrik yükü, voltaj ve akım.....	12
2.5.4.Ohm kanunu.....	14
2.5.5.Doğru akım ve alternatif akım.....	15
2.5.6.Kapasitör.....	15
2.5.7.Diş yapısının elektriksel özellikleri.....	16
2.6.Elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazlar.....	17

2.6.1.Rezistans temelli elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazlar.....	18
2.6.2.Düşük frekans salınımlı elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazlar...	20
2.6.3.Kapasitans temelli yüksek frekanslı elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazlar.....	21
2.6.4.Kapasitans ve rezistans temelli elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazlar.....	21
2.6.5.Değişken voltajlı elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazlar (empedansa üç düğümlü değişkenlik).....	22
2.6.6.İki frekanslı empedans farklı elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazlar.....	22
2.6.7.İki frekanslı empedans oranlı elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazlar.....	23
2.6.8.Multifrekanslı elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazlar.....	25
3. GEREÇ VE YÖNTEM	26
3.1.Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator.....	30
3.2.Raypex 4.....	31
3.3.Root ZX.....	32
4. BULGULAR.....	34
5. TARTIŞMA	48
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	66

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Dişlerde cihazların saptadığı kırık seviyeleri ve kırığın gerçek seviyesi.....	35
Tablo 2 : Apikalinde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları.....	38
Tablo 3: Apikal 1/3'ünde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri.....	39
Tablo 4: Orta 1/3'ünde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları.....	40
Tablo 5: Orta 1/3'ünde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri.....	41
Tablo 6: Kuralinde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları.....	41
Tablo 7: Kuralinde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri.....	42
Tablo 8: Apikalinde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları.....	43
Tablo 9: Apikal 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri.....	44
Tablo 10: Orta 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları.....	44
Tablo 11: Orta 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri.....	45

Tablo 12: Kuralinde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları.....	46
Tablo 13: Kural 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri.....	47

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Kullanılan dişlerin bukkolingual yönden alınmış radyografileri.....	26
Şekil 2. Kullanılan dişlerin mesiobukkal yönden alınan radyografileri.....	27
Şekil 3. Elements Apex Locator and Diagnostic Unit.....	30
Şekil 4. Raypex 4.....	31
Şekil 5. Root ZX.....	33

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

Ω ohm

Q elektrik yükü

4-META/MMA-TBB 4-metakriloksietil trimellitta anhidrid

I akım

V voltaj

R direnç

ρ mukavemet

l uzunluk

A kesit alan

f frekans

Hz hertz

D uzaklık

ϵ dielektrik sabiti

Z empedans

$f(H)$ yüksek frekans

$f(L)$ düşük frekans

NaOCl sodyum hipoklorit

EDTA etilendiamintetrasetikasit

H₂O₂ hidrojen peroksit

LCD liquid crystal display

DA dikey apikal

DO dikey orta

DK dikey kuronal

YA yatay apikal

YO yatay orta

YK yatay kuronal

ÖZET

Eroğlu, I. (2009). Dişlerde yapay olarak oluşturulmuş yatay ve dikey kök kırıklarının tespitinde kullanılan yöntemlerin irdelenmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Bu tez çalışmasının amacı, yatay ve dikey kırıkların teşhisinde elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazların kullanımının güvenilirliğinin karşılaştırılmasıdır. Çalışmada çürük ve restorasyon içermeyen 72 adet tek köklü sürekli diş kullanılmıştır. Bu dişlerin kuron kısımları elmas bir frezle kaldırıldıktan sonra dişler altı gruba ayrılmıştır. 12 dişin apikalinde dikey, 12 dişin apikalinde yatay bir kırık separey yardımıyla oluşturulmuştur. Aynı şekilde 12 dişin orta 1/3'ünde yatay kırık, 12 dişin orta 1/3'ünde dikey kırık, 12 dişin kuronalinde yatay kırık, 12 dişin kuronalinde ise dikey kırık oluşturulmuştur. Daha sonra in vitro bir modele yerleştirilen dişler, 15 numaralı bir K-file ile her bir cihaz ile kırığa kadar ölçülmüş, ve ölçümler 3 kere tekrarlanmıştır.

Cihazların, kabul edilebilir sınır değeri ± 0.5 mm olarak kabul edilmiş ve sonuçlar varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Çalışmamızda apikalde oluşturulan dikey kırıklarda her üç cihazda da % 50 oranla doğru sonuçlar alınmıştır. Apikalde oluşturulan yatay kırıklarda da % 66.7, % 75 ve % 83.4 oranla doğru sonuçlar alınmıştır. En başarılı ölçümlerin % 83.3 ile dikeyde oluşturulan kuronal kırıklarda alındığı gözlenmiştir. Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator ise en başarılı sonuçları vermiştir. Bu çalışmanın sonuçları, apikal forameni belirlemede ne kadar başarılı olsalar da elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazların kırık teşhisinde kullanılması için daha fazla çalışma yapılması gerektiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: çalışma uzunluğu, kırık, Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator, Raypex 4, Root ZX

ABSTRACT

Eroglu, I. (2009) An evaluation of the methods in indicating the simulated horizontal and vertical root fractures. İstanbul University, Institute of Health Science, Department of Endodontics. PhD thesis. İstanbul.

The aim of this thesis study is to evaluate and to compare the effectiveness of electronic apex locators in locating simulated horizontal and vertical fractures. In this study, 72 single rooted teeth with no visible restorations nor decays. The crowns of the teeth were removed with a water cooled diamond disk and the teeth were then grouped into 6 randomly. Vertical fractures were simulated in 12 teeth apically, in 12 teeth coronally and in 12 teeth in the 1/3 middle portion. Horizontal fractures were simulated in 12 teeth apically, in 12 teeth coronally and in 12 teeth in the 1/3 middle portion. To establish the electrical circuit, the labial clip was introduced in the alginate and the lengths were determined with a size 15 K-file. The measurements were made three times.

The acceptable range for the apex locators were assumed ± 0.5 mm and ANOVA tests were used for the calculations. In this study, in apically made vertical fractures, all three apex locators were % 50 effective. In apically made horizontal fractures, the results were % 66.7, % 75 and % 83.4. The best results were % 83.3 in vertical coronal fractures. Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator gave the most effective results.

Key Words: working length, fracture, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, Raypex 4, Root ZX

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kök kanal tedavisinin başarısı için, kök kanalındaki tüm pulpa dokusunun, nekrotik materyalin ve mikroorganizmaların kanaldan uzaklaştırılması gereklidir, bu sebeple kök kanalının hangi uzunlukta şekillendirilip doldurulacağıın bilinmesi önemlidir (98,118).

Eksik şekillendirme veya taşkın kök kanalı dolgusu tedavinin başarısız olmasına neden olacağından, tedavi sırasında çalışma boyunu belirlemek önemlidir (7). Çalışma uzunluğunun belirlenmesi için çeşitli yöntemler vardır, bunlar arasında en geleneksel yöntem radyografidir (70). Ancak bu yöntem zaman alıcıdır ayrıca hem hasta, hem de hekim her radyografide ışın alır. Günümüzde ise 'apex locator' adı verilen ve çalışma uzunluğunu elektronik olarak belirleyen ve hekimi sesle veya görüntüyle uyararak kanal aletinin periodonsiyumla temas ettiği noktayı gösteren aletler geliştirilmiştir (16).

Apex ölçücü cihazlar ağız mukozası ve periodontal ligament arasındaki elektriksel rezistansın 6.5 k Ω 'a eşit olması prensibine dayanarak geliştirilmiş aletlerdir (33, 104). Buna göre kanal içerisindeki eğenin ucu apikal darlığa geldiğinde periodonsiyumla temas gerçekleşeceğinden, bu noktada ölçülen rezistans, aletin dudak klipsi yoluyla iletilen ağız mukozasının rezistansına eşit olacaktır ve apex ölçücü cihaz uyarı verecektir. İlk çıkan apex ölçücü cihazların ölçüm doğruluğu kanal içi eksuda ve kandan etkilenirken, yeni jenerasyon apex ölçücü cihazlarda bu sorun da büyük oranda aşılmıştır (4, 33, 84).

Eğer kökte bir perforasyon, rezorbsiyon, kırık veya yan kanal varsa, kanal eğesi bu noktalarda periodonsiyumla ilişkiye geçecek ancak değişmiş kök ucu anatomisi nedeniyle apex ölçücü cihazın uyarıyı doğru noktada verme olasılığı azalacaktır (17).

Bu tez çalışmasının amacı farklı apex ölçücü cihazların yapay olarak oluşturulmuş yatay veya dikey kök kırıklarının yerini belirleyip belirlemediğini saptamak ve gerçek değerlerle karşılaştırarak ne kadar doğru sonuç verdiğini değerlendirmektir. Bunun için çekilmiş dişlerde yapay olarak yatay ve dikey kök kırıkları oluşturulmuş ve farklı apex ölçücü cihazların ölçüm doğruluğu karşılaştırılmıştır. Böylelikle klinikte karşılaştığımız

yatay ve dikey kök kırıklarının tespitinde ve tedavinin devamında apex ölçücü cihaz kullanımının gerekliliği ve bu aletlerin ölçümdeki etkinlikleri değerlendirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. ÇALIŞMA UZUNLUĞU TESPİTİNİN ÖNEMİ

Pulpa nekrozunun ve periapikal lezyonların birincil etiyolojik etkenlerinin bakteriler ve bakteri ürünleri olduğu kabul edilmektedir (106), dolayısıyla kök kanal tedavisinin en önemli basamaklarından birisi bunların eliminasyonudur (82). Endodontik başarı için tüm pulpa dokusunun, nekrotik materyalin ve kök kanalındaki mikroorganizmaların kanaldan temizlenmesi şarttır, bu da ancak dişin kök kanalının uzunluğunun doğrulukla belirlenmesiyle mümkündür. Nekrotik pulpalı ve periapikal lezyonlu köklerin tedavisinin geleceği kök dolgusunun apikal düzeyiyle doğrudan ilişkilidir (97).

Kök kanallarının doldurulması gereken nokta, dentin ve sementin birleştiği noktadır ve pulpa, periodontal membranla birleştiği noktada koparılmalıdır (35). Sement-dentin birleşimi, periodontal ligamanın başladığı ve pulpanın sona erdiği anatomik ve histolojik noktadır. Şekillendirme teknikleri bu doğal bariyeri korumalı ve kanal içi ile kök ucundaki dokuları birbirinden ayırmalıdır. Genel olarak şekillendirme ve kanal dolumunun apikal darlıktan kısa olması veya tam o noktada olması gerektiği kabulü yaygındır (93). In vivo yapılmış histolojik çalışmalar göstermiştir ki, en ideal histolojik şartlar şekillendirme ve kanal dolumu apikal darlıktan kısa yapıldığında gerçekleşmektedir ve taşkın kalan her guta perka ve kanal patı ağrıya yol açmasa bile her zaman ciddi iltihabi reaksiyona yol açmaktadır. Apikal darlık, kan akımının en ufak çapta olduğu ve şekillendirme bu noktada sınırlı tutulursa, iyileşecek yara alanının en ufak olacağı yerdir, dolayısıyla en uygun iyileşme koşulları da bu durumda sağlanmış olacaktır (59, 88).

Kök kanal tedavisinin başarısında şekillendirmenin uzandığı noktanın önemi büyüktür. Apikal darlığa kadar şekillendirilebilen kanallardaki periodontal lezyonlarda iyileşme oranı % 90 iken, tüm uzunluğunda şekillendirilememiş kanallarda bu oran %69'a kadar inmektedir. En iyi prognoz kanalın apexten 0- 2mm uzağına kadar şekillendirilip doldurulduğu dişlerde gözlenmektedir, bu sebeple tedaviye başlarken

çalışma uzunluğunun tespiti tedavinin başarısına doğrudan katkıda bulunacaktır (97). Diş apekslerinin anatomik yapısında yaşla ve diş tipine bağlı çeşitlilikler olması tedavinin bu aşamasını daha da güçleştirmektedir (33). Apikal darlığın yeri kökten köke değişebilmektedir ve sementodontinal birleşimle olan ilişkisi de bu birleşim noktasının kimi zaman aynı kökün bir duvarında diğer duvarına oranla 3mm yüksekte olmasından dolayı değişmektedir (36).

Apikal kök anatomisinin klasik konseptinde üç anatomik ve histolojik nokta vardır; bunlar apikal darlık, sementodontinal birleşim, ve foramen apikaledir (59). Tüm modern kanal şekillendirme teknikleri apikal darlığı kanal içi ile kök ucu dokuları arasında doğal bir bariyer olarak kullanmayı hedeflese de kök ucunun karmaşık yapısı buna her zaman izin vermeyebilmektedir. Apikal darlığın topografyası ve yeri çeşitli dişlerde farklılıklar göstermektedir, geleneksel tek bir daralma noktası olabildiği gibi, açılı daralım noktası, çoklu daralım ve paralel daralım gibi farklı yapılar da gözlenmiştir (14).

2.2. KÖK KIRIKLARI

Her bir dişin kırılma riski, dişin anatomisinden etkilenmektedir. Alt ve üst kesici dişler kırılma direnci en az olan dişler iken, üst kanin dişlerin kırılmaya en dirençli dişler olduğunu bilmekteyiz. Dişin uzunluğu arttıkça, kırılmaya olan direnç de artmaktadır. Ayrıca minede daha önceden varolan bir çatlak, önceden geçirilmiş bir travma, veya minede abrazyon, kırığa olan direncin azalmasına sebep olmaktadır. Stabilite kaybında çürüksüz servikal lezyonların okluzal abrazyondan daha çok etkisi olduğu da bilinmektedir. Amalgam restorasyonlarla karşılaştırıldığında, kompozit restorasyonların dişin stabilizasyonunu arttırdığı da bilinmektedir (92).

Kök kırıklarının etiolojisini iki grupta inceleyebiliriz: 1) endodontik tedavi görmüş dişler ve 2) endodontik tedavi görmemiş dişler. İlk grup daha sıklıkla görülür ve kanal doldurulması sırasında uygulanan kondansasyon kuvvetinin çokluğuna veya post hazırlığına bağlıdır. Sonuç genellikle dikey kök kırığıdır ve prognoz kötüdür.

2.2.1. Yatay Kök Kırıkları

Yatay kök kırıkları tüm travmatik yaralanmaların % 0.5'i ile % 7.1'ini oluşturur ve en sıklıkla üst ön bölge dişleri etkilenir. Acil tedavi koronal bölümün yerine yerleştirilmesini ve splintlemeyi gerektirir, bu yöntem özellikle orta ve apikal 1/3'te gözlenen vakaların % 80'inde başarılıdır (22, 85).

Bir kırığın tedavisi klinik olarak bulunduğu yere ve kökün ne kadarında yer aldığına bağlı olarak değişir. Alveol kemiğinin altında kalan kök kırıklarının konservatif tedavisi yer değiştirmiş fragmanın çıkartılmasını, immobilizasyonu, ve okluzyondan çıkartmayı içerir (7).

Kök kırıklarının prognozu kırık çizgisinin uzandığı noktaya, pulpanın durumuna, okluzyona, fragmanların birbirinden ayrılıp ayrılmamasına, ve hastanın genel sağlık durumuna göre değişir. Tedavinin en önemli amacı dişin canlılığını korumaktır. Kökte kırık teşhisi konulduysa, acil tedavi, kırık fragmanlarının birbirine mümkün olduğunca yakın olacak şekilde yeniden pozisyonlandırılmalarını ve yanındaki dişlere 2- 4 ay süresince splintlenmelerini gerektirir (77, 112). Buna karşılık hiç tedavi edilmeden, kendiliğinden iyileşen yatay kök kırığı vakaları da mevcuttur (2, 78).

2.2.2. Dikey Kök Kırıkları

Dikey kök kırıkları, kök boyunca uzanan ve periodonsiyuma ulaşan kırıklar olarak tanımlanır (83). Dikey kök kırığı kökün tüm uzunluğunca olabildiği gibi, kökün sadece bir kısmını da içerebilir. Kökün tek bir tarafında da her iki tarafında da olabilir (69).

Dikey kök kırıklarına sebep olan bir çok faktör hekim tarafından değiştirilemez veya kontrol edilemez. Bu faktörler arasında çiğnemeyle meydana gelen kazalar, doğal sıkı tüberkül-fossa ilişkisi, derin tüberküller ve bruksizm vardır (67).

Dikey kök kırıkları kök kanal tedavisinin şekillendirme, kanal doldurulması, veya post yerleştirme aşaması gibi çeşitli zamanlarında gerçekleşebilir (27). Kök kanal boşluğunun hem lateral hem de vertikal kondansasyon teknikleriyle doldurulması sırasında kırılması riski, dolum sırasında fazla kuvvet uygulanması durumunda yükselir. Benzer şekilde post yerleştirilirken, yerleştirme sırasında veya simantasyon esnasında, özellikle de post açılı ise kırık riski artar (1, 113).

V şeklinde derin kemik defektlerinin(dehisens) eşlik ettiği kanal tedavili bir dişte derin periodontal cep bulunması veya tatlı yiyeceklerde ağrı duyulması gibi subjektif bir semptom dikey kök kırığı şüphesini artırır. Bunun yanında derin oluklar, ağız içi ısı derecesinde devamlı iniş çıkışlar, zayıf kavite preperasyon şekli ve dolgu malzemelerinin hatalı seçimi gibi morfolojik, fiziki veya iyatrojenik faktörler, arka dişlerdeki tam olmayan kırıklarda hazırlayıcı sebep olarak rol oynar (38, 60, 108).

Dikey kök kırıkları kök kanalının gereğinden fazla şekillendirildiği, kanala çok fazla açı verildiği zaman da görülebilir. Kök kanalından pulpası çıkarılmış dişlerde %9'luk bir nem kaybı olduğu bildirilmiştir, bu sebeple kanalları aşırı şekillendirmekten kaçınılmalı, doldururken ve post yerleştirirken pasif bir güç uygulanmalıdır (38).

Dikey kök kırıkları hastanın ana şikayetlerini dinleyerek ve hastayı dikkatlice muayene ederek ve periapikal ve bitewing radyografileri inceleyerek teşhis edilebilir (80).

Dikey kök kırığı olan dişlerin tedavisi zordur ve kırığın uzandığı yere, süresine ve yerine bağlı olabildiği gibi dişin tipine de bağlıdır. Dikey kök kırıklarının çoğunluğu dişeti cebini de içine alır ve hemen hemen tüm dişlerde bakteri girişi sebebiyle periodonsiyumdan kırığın apikalde uzandığı noktaya kadar yıkıma sebep olur. Genel olarak tek köklü dişlerde prognoz kötüdür ve çekim çoğu zaman tek tedavi yöntemidir, ancak çok köklü dişlerde kırık kök rezeke edilerek, kök amputasyonu veya hemisection yapılarak sağlam olan kökler kurtarılabilir (69) .

Tedavide cam fiber postlar ve kompozit rezinler denenmekte ve başarılı sonuçlar alınmaktadır (23).

Vertikal kök kırıklarının tedavisinde 4-META/MMA-TBB rezini kullanılarak kırık parçalarının birbirine yapıştırılması gibi tedaviler de denenmektedir (26). Bu yapıştırma teknikleri yönlendirilmiş doku rejenerasyonu (34) ve mine matriks türevleriyle (37) desteklenirse çok daha başarılı sonuçlar alınacaktır (103).

Bukkal ve lingual olarak geniş ancak mesial ve distal olarak daha ince olan dişler kırılmaya daha meyillidir. Özellikle alt kesici ve küçük azılar, üst ikinci küçük azılar, üst büyük azıların mesial kökleri, ve alt büyük azıların mesial ve distal kökleri kırılmaya yatkındır. Üst kesici dişler, üst büyük azıların palatinal kökleri ve üst kanin dişler daha yuvarlaklardır ve dikey kök kırıklarına daha dirençlidirler (61).

Endodontik tedavi sırasında kırık meydana gelmesi veya daha önceden diş kökünde bir kırığın bulunması kök kanal tedavisinin başarısını olumsuz yönde etkileyeceğinden, tedavi sırasında kökteki kırığın yerinin tespit edilmesi önemlidir. Buna karşın gözle görülemeyen bir kırığın endodontik tedavi sırasında tespiti ve tedavisi zordur (48).

2.3. KÖK PERFORASYONLARI

İyatrojenik kök perforasyonları, kök kanal sistemi ile periodontal dokular arasındaki yapay bir geçiştir. Genellikle, cerrahi olmayan endodontik tedavi sırasında giriş kavitesi hazırlanırken veya kanal şekillendirmesinde kullanılan endodontik el aletleri veya döner enstrümanların kullanımı sırasında gerçekleşir. Kök kanal morfolojisinin yanlış değerlendirilmesi ve kuron-kök açılması da post veya pin yerleştirilmesi amacıyla kök kanal boşluğu hazırlanırken kök perforasyonuna sebep olabilir (58). Kök perforasyonları değerlendirildiğinde, kanal eğiminin en sık görülen sebep olduğu bildirilmiştir, özellikle strip perforasyonlar Gates-Glidden frez kullanımıyla ilişkilendirilmiştir (18).

Kök perforasyonları, kök kanal tedavilerinin % 3-10'unda gözlenen ciddi bir komplikasyondur (43, 49). Periodontal ligamanın perforasyonları nerede olursa olsun dişin uzun dönem prognozuna olumsuz etki yaptığından, erken teşhis ve en kısa zamanda tedavi prognozu belirgin bir şekilde geliştirir (51).

Kök perforasyonlarının tanısı, semptomatik bulguların klinik gözlemlerle ve çeşitli tanı araçlarıyla birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Elektronik kök kanal boyu ölçücü cihazların kök perforasyonlarını belirlemede de etkili bir araç olduğu belirlenmiştir (51). Perforasyonların belirlenmesinde radyografinin özellikle de bukkal veya lingual yüzeylerde kısıtlamaları olduğu gösterilmiştir (27).

2.4. ÇALIŞMA BOYU TESPİTİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Kök kanal tedavisinde başarılı olabilmek için, kök kanalının uzunluğunu doğrulukla tespit etmek şarttır (118). Ne yazık ki, hekimin el hissi veya radyografi kanal uzunluğuna dair net bir ölçüm vermemektedir (100).

Kök kanal tedavisi sırasında kök boyunun tespiti için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kök kanal boyunu belirlemede elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici aletlerin kullanılmasının dışında, kanal boyunu radyografi ile belirlemek, el hassasiyeti ile çalışmak, kağıt konlarda hemoraji ve nem olup olmadığına bakarak kanal boyu tespiti yapmak da mümkündür ancak bu yöntemlerin sağlıklı ve güvenilir ölçüm sonuçları verdiği tartışmalıdır.

2.4.1. Radyografi

Kök kanal tedavisi sırasında kanal boyunun ölçülmesi amacıyla en sıklıkla kullanılan yöntem geleneksel ağız içi radyografidir, günümüzde dijital görüntüleme tekniklerinin kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Dişin görüntüsünü elde etmek ve arşivlemek, kök anatomisiyle ilgili bilgi edinmek, kökün boyu, eğimi ve kök sayısı ile ilgili bilgi almak, ayrıca da pulpa odasının büyüklüğü, kurondaki yerleşimi ve çürüğe

veya dolguya olan uzaklığı hakkında da bilgi edinmemize yardımcı olur. Ancak radyografi bize üç boyutlu bir objeye ait iki boyutlu bir görüntü sunar. Kökün bukkolingual yöndeki eğimini veya apikal foramenin tam yerini gösteremez, çünkü anatomik apeks ile foramen apikalenin yeri aynı olmayabilir (64).

Foramen apikale kökün bukkal veya lingual yöndeki duvarından terkettiğinde bunu radyografi ile saptamak güçleşir. Olson ve arkadaşları, el aletlerini çekilmiş dişlerde foramene kadar yerleştirdiklerinde, aslında sadece % 82'sinin foramen apikalede olduğunu bildirmişlerdir (75).

Kemiğin yoğun olması ve anatomik yapılar kimi zaman apeksi kapatarak, kanal eğelerinin görülmesini güçleştirmektedir. Zigomatik arkın superpozisyonu, üst çene 1. büyük azı dişlerinin % 20'sinde ve üst çene 2. büyük azı dişlerinin de % 42'sinde gözlenmektedir (107).

Sekonder dentin ve sement yığılımı apikal darlığın yerini, şekillendirme hatalarına sebebiyet verecek derecede kabul edilebilir limitlerin uzağına taşıyabilir (101).

Kök kanal tedavisi sırasında kullanılan lastik örtünün, özellikle üst azılardan alınan radyografilerin kalitesini olumsuz etkilemesine sebep olmasının yanı sıra, radyografi alırken anatomik noktaların köke superpoze olması ile istenilen kalitede bir görüntü elde edilemediği bir gerçektir (52).

Günümüzde radyasyon ile ilgili hassasiyetler sebebiyle geleneksel radyografinin yerini dijital radyografi yöntemleri almaktadır. Hasta kayıtlarının elektronik ortamda saklanması da değişik tipte dijital radyografi makinalarının piyasaya sürülmesine etken olmuştur. Bu makinalar film yerine sensor kullanılmaktadırlar, ve geleneksel radyografi yöntemine göre, hastayı daha az radyasyona maruz bırakma, görüntünün elde

edilmesindeki hızın artması, ve görüntü üzerinde değişiklikler yapabilme gibi birtakım avantajlar sağlamaktadır (96).

Günümüzde direk dijital radyografi geleneksel radyografi yöntemini kalite olarak geçmese de görüntünün elde edilmesinde sağladığı hız ve azalan radyasyon oranı gibi avantajları sebebiyle yararlıdır (63).

2.4.2. El Hassasiyeti

El hassasiyeti ile kanal çalışma boyuna karar vermek önerilen bir metot değildir, çünkü el aletleri kendi uzunluklarının herhangi bir yerinde kanal duvarlarına sıkışabilirler (14) veya apeksi perfore edebilirler (47).

Deneyimli ellerde yararlı olsa da el hassasiyeti ile çalışma boyu uzunluğuna karar vermenin pek çok sınırlamaları bulunmaktadır. Apikal darlığın yeri, büyüklüğü, diş tipi ve hastanın yaşı saptanan çalışma boyunu güvenilir olmaktan çıkarmaktadır. Bazı vakalarda kanal tıkalı olabilir veya iltihabi rezorbsiyon sonucu apikal darlık zarar görmüş olabilir (33). Seidberg ve arkadaşları deneyimli klinisyenlerin bile sadece % 60'ının apikal darlığı doğrulukla bulabildiğini bildirmişlerdir (94). Benzer amaçla yapılan bir çalışma da göstermiştir ki, kanal şekillendirmesi sırasında kanal ağzını önceden genişletmek apikal darlığı bulma oranını % 75'e çıkartmaktadır (99).

2.4.3. Elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazlar

Kök kanal uzunluğunu elektronik bir metotla belirlenmesi ilk olarak 1918 yılında Custer tarafından araştırılmıştır (10, 33). Bu düşünceyi 1942 yılında Suzuki köpek dişlerinde yaptığı deneyler ile geliştirmiştir. Kök kanalındaki bir alet ile oral muköz membrandaki bir elektrod arasındaki elektriksel direncin sabit olduğunu ve bunun kök kanal boyunu belirleyeceğini bildirmiştir. (33, 105). Sunada bu prensiplere dayanarak kanal uzunluğunu ölçmek için doğru akımı kullanan bir cihaz geliştirmiştir. Bu cihaz, periodonsiyumun ve muköz membranın elektriksel direncinin, kişinin yaşına,

dış tipine ve periodonsiyumunun yerine bağlı olmaksızın 6.5 kΩ değerinde olması prensibine dayanmaktadır. Doğru akım kullanılması, ölçümde istikrarsızlığa sebep oldu ve ege ucunun polarizasyonu ölçüm değerini değiştirdi (104).

2.5. ELEKTRONİK KÖK KANAL BOYU BELİRLEYİCİ CİHAZLARIN ÇALIŞMA PRENSİBİ

2.5.1. Atom yapısı

Elektroniğin temelini anlayabilmek için, maddeyi oluşturan en küçük partikül olan atomu tanımlamak gerekir. Atomlar, elektronlar, protonlar ve nötronlardan meydana gelir. Klasik Bohr modeline göre, atomlar gezegenlere benzer, bir çekirdeğin etrafında dönen elektronlardan yapıldır. Çekirdek, pozitif yüklü protonlardan ve yüklenmemiş partiküller olan nötronlardan oluşur. Negatif yüklü temel parçacıklar ise elektron olarak adlandırılır (70).

Elektronlar, atomun çekirdeğine belirli bir mesafede kalarak çekirdeği yörünge olarak alırlar. Çekirdeğe daha uzakta kalan elektronlar, çekirdeğe yakın olan elektronlara oranla daha gevşek bağlıdırlar. Bunun sebebi pozitif yüklenmiş çekirdek ile negatif yüklenmiş elektronlar arasındaki çekim kuvvetinin çekirdekten uzaklaştıkça azalmasıdır. Dolayısıyla, atomun en dış kabuğunda yer alan elektronlar göreceli olarak atoma daha az sıkı bağlanmışlardır. Örneğin bakır atomunda, en dıştaki kabukta tek bir elektron vardır ve bu elektron yeterli termal enerji kazanırsa ana atomdan ayrılarak serbest elektron haline geçebilir. Oda sıcaklığındaki bakır atomunda, hiçbir atoma bağlı olmayan çok sayıda serbest elektron mevcuttur. Serbest elektronlar bakırı mükemmel bir iletken yapar ve bu da elektrik akımını mümkün kılar. Diğer iletken materyaller de benzer özelliklere sahiptir ancak kendi atomlarının yapısı ile belirlenen düşük iletkenlik dereceleri vardır (70).

2.5.2. İyonlar ve elektrolit

Bir atomun elektron sayısı değiştiğinde, elektrik yükü de değişir. Atom bir elektron kazanırsa, negatif yükün daha çok olduğu bir konuma geçer ve negatif yüklenmiş olur. Eğer atom bir elektron kaybederse, bu sefer denge tam tersi yöne kayar ve atom pozitif yüklenir. Her iki durumda da elektriksel yükün büyüklüğü kazanılan veya kaybedilen elektronun sayısıyla aynı olacaktır. Elektrik yükü taşıyan atomlara, negatif ya da pozitif olduklarına bakılmaksızın iyon adı verilir. Katyon, elektron kaybetmiş ve pozitif yüklenmiş bir iyonlara verilen isimken, anyon ise elektron kazanmış ve negatif yüklenmiş iyonlara verilen isimdir (70).

Elektronlar sadece bir teldeki elektrik akımında hareket etmez, aynı zamanda iyon içeren bir solusyonla da taşınabilirler. Bir teldeki elektriğe benzer Şekilde elektriği ileten iyonik solusyonlara elektrolit adı verilir. Elektrolitin iletkenliği solusyon içinde elektroda doğru hareket eden iyonların hareketi sonucudur. Bir solusyondaki iki elektrod, tamamlanmış bir elektrik devresinin parçasıysa, (+) yüklü katyonlar negatif kutup olan katoda, (-) yüklü anyonlar ise pozitif kutup olan anoda çekilirler (70).

Herhangi bir partiküler iyonun iletkenliği, su boyunca ne kadar kolaylıkla hareket ettiğinden etkilenecektir. Bir iyonun bir solusyonda ne kadar kolaylıkla hareket ettiği iyonun büyüklüğü ve toplam yükü gibi birtakım faktörlere bağlıdır; büyük iyonlar, küçük iyonlara oranla elektrolitin içinde harekete daha büyük bir direnç gösterirler. Varolan iyonların sayısı arttıķa, solusyonun elektriksel iletkenliği de artacaktır (70).

2.5.3. Elektrik yükü, voltaj ve akım

Elektrik yükü pozitif veya negatif olabilir ve Q ile sembolize edilir. Elektron, negatif elektrik yükü taşıyan en küçük partiküldür. Maddenin içinde elektron fazlası varsa, negatif elektrik yükü vardır ve tam tersi durumda maddede elektron eksiki varsa

pozitif elektrik yükü mevcuttur. Karşıt yüke sahip maddeler birbirini çeker, ve aynı yüke sahip maddeler de birbirini iter (70).

Kuvvetleri yenmek ve yüklü parçaları birbirinden uzaklaştırmak için iş formunda belli bir enerji harcanmalıdır. Tüm zıt yüklerin aralarındaki farklılık sebebiyle belirli bir potansiyel enerjisi vardır. Yüklerin potansiyel enerjisindeki farklılık voltaj olarak adlandırılır. Voltaj, elektrik devrelerinde akımı oluşturur. Voltajın birimi volt'tur. Bu elektriksel hareket I ile karakterize edilir ve elektrik devresinde yapılan işi gösterir. Akımın birimi de amperdir (70).

Bir maddede serbest elektronların bir akımı söz konusuysa, elektronlar sıklıkla atoma çarparlar. Bu çarpışmalar, elektronların bir kısım enerjisini yitirmesine sebep olur ve hareketlerini kısıtlar. Çarpışmalar arttıkça, elektronların akışı o kadar kısıtlanır. Bu kısıtlanma, maddenin cinsine ve R ile gösterilen ve birimi ohm (Ω) olan direncin niteliğine bağlıdır. Buna rağmen, elektrik akımı iyonlarla oluşturulduğunda, akım başka sebeplerden kısıtlanabilir. Elektrolit içindeki iki nokta arasına bir potansiyel fark uygulandığı zaman, iyonlar zıt yük tarafından çekilecek ve iki nokta arasında hareket ederek bir akım oluşturacaktır. Böyle elektrolitik solusyonların direnci iyonların konsantrasyonuna ve mevcut iyonların doğasına, özellikle de yüklerine ve hareketliliklerine bağlıdır. Bunun sonucu olarak direncin, konsantrasyona bağlı bir değişken olduğu söylenebilir. Bu fiziksel etki ρ ile gösterilir ve mukavemet olarak tanımlanır. Her bir maddenin belirli sıcaklıkta belirli bir mukavemeti vardır. Buna göre, bir maddenin direnci 3 faktöre bağlıdır: 1) mukavemet, 2) uzunluk ve 3) kesit alanı.

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

Uzunluğunun kesit alanına oranı A olan bir materyalin direnci için formül;

Formül direncin, mukavemetle ve uzunlukla doğru orantılı, kesit alanla ters orantılı olduğunu göstermektedir. Aslında, mukavemet, iletken materyalleri yalıtkan olanlardan ayırmaya yarayan değişkendir. Yalıtkan maddeler elektrik akımını iletmezler çünkü tüm elektronları atomlarına sıkıca bağlıdır. En iyi yalıtkanlar oda sıcaklığında yüksek direnç gösterirler. Örneğin, insan toraks kemiğinin normal sıcaklıklardaki mukavemeti

$16\ 000\ \Omega\ m^{-1}$ iken (30, 70) kan için bu değer yaklaşık olarak 100 kere daha azdır, $162\ \Omega\ m^{-1}$ değerindedir (70). Buna göre kemik, kana göre çok daha iyi bir iletkenidir.

Vücuttan geçen akım, elektriksel şokun sebebidir. Vücuttaki bir nokta voltajla karşılaşır ve diğer bir nokta farklı bir voltajla karşılaşır; bir noktadan diğerine bir akım olacaktır. Meydana gelen elektriksel şokun derecesi voltajın değerine ve vücutta izlediği yola bağlıdır(6). İnsan vücudunda akımın etkilerini ölçmek için akımın miktarı hesaplanmalıdır. Bu, potansiyel farka, potansiyel farka yol açan empedansa ve vücuttaki iki kontak nokta arasındaki dirence bağlıdır (73). İnsan vücudunun direnci vücudun kitlesine, cildin nemine ve voltaj potansiyeli olan noktalara bağlıdır. İnsan vücudu, birkaç miliamperden az olan akımları hissetmez (29). Ancak, yüz miliamper kadar bir akım, özellikle de birkaç saniyeden daha uzun süre maruz kalınırsa ölüme kadar gidebilen ciddi hasara yol açacaktır (6).

2.5.4. Ohm kanunu

Ohm kanunu bir devredeki voltaj, akım ve direnç arasındaki matematiksel ilişkiyi açıklar. Ohm'a göre, eğer, bir rezistördeki voltaj artarsa, rezistördeki akım da artmakta ve voltaj azalınca akım da azalmaktadır. Ohm kanunu ayrıca göstermiştir ki voltaj sabit tutulursa, daha fazla akımda daha az direnç oluşmakta, daha az akımda ise daha fazla direnç oluşmaktadır. Ohm kanunu şöyle özetlenebilir: $V = I \times R$. Metal iletkenler de elektrolitik solusyonlar da Ohm kanununa uymaktadır. Elektrolitik solusyonlardaki iyonik durum, katı nesneleredeki elektrik iletimine benzer. İlkinde yükler, iyon olarak hareket ederken, ikincisinde elektronlar iyon çekirdeği olmadan hareket eder. Suyun kendisi zayıf bir iletken olmasına rağmen, solusyon içindeki iyonların varlığı direnci anlamlı derecede azaltmaktadır. Böyle elektrolitik solusyonların direnci, iyonların konsantrasyonuna ve ortamdaki iyonların doğasına ve büyüklüğüne bağlıdır (70).

2.5.5. Doğru akım ve alternatif akım

Doğru akım, birim zamandaki sabit miktardaki akımken, değişken bir akımın miktarı zamanla da değişir. Sinüs eğrisi alternatif voltajın temel tipidir. Sinüzoidal voltaj kaynağı, dirençsel bir devreye uygulanırsa, değişken bir sinüzoidal akıma sebep olacaktır. Akım ya da voltaj zamanla değişkenlik gösterir, sıfırdan başlar, pozitif maksimum bir değere ulaşır, sıfıra döner ve tekrar sıfırlanmadan önce negatif maksimum bir değer olarak tam bir devreyi tamamlar. Bir sinüs eğrisi için gereken saniye cinsinden zaman periyod olarak tanımlanır. Bir sinüs dalgasında bir saniyede tamamlanan siklüs sayısı ise frekans olarak tanımlanır. Bir saniyede tamamlanan dalga sayısı arttıkça, frekans da artar. Frekans, f ile sembolize edilir ve Hertz (Hz) birimiyle ölçülür (70).

2.5.6. Kapasitör

İki iletken materyalin aralarında bir yalıtkanla oluşturdukları yapı kapasitör adında elektriksel bir cihaz oluşturur. En basit formuyla kapasitör, dielektrik adında bir yalıtkan materyal ile ayrılmış birbirine paralel iki metal plakadan yapılır. Bir kapasitör, doğru akım kaynağına bağlandığı zaman, elektronlar bir plakadan diğerine hareket eder, ve böylelikle bir plaka negatif yüklenirken, diğeri pozitif yüklenmiş olur. Voltaj kaynağının bağlantısı kesildiği zaman, kapasitör depolanmış yükü korumaya devam eder ve iki taraf arasındaki voltaj değişmez. Kapasitörün depolayabildiği yük miktarı onun kapasitansını belirler (70).

Bir kapasitörün kapasitansını belirlemede şu değişkenler önemlidir: plaka alanı (A), plaka aralığı (d) ve dielektrik sabiti (ϵ). Plaka alanının geniş olması, kapasitansı artırır, plaka alanının küçük olması ise kapasitansı azaltır. Bunun tersine, plaka aralığı kapasitansla ters orantılıdır, plakalar arası mesafe arttıkça kapasitans azalır. Son olarak, plakalar arasındaki yalıtkan materyal (dielektrik) kapasiteyi direk olarak etkilemektedir. Yalıtkan madde sebebiyle, kapasitör sabit direk akımı engelleyecektir. Ancak,

kapasitansa ve akımın frekansına bağlı bir direnişle alternatif akımın geçmesine izin verir. Bu direnişe kapasitif reaktans adı verilir (70).

Bir materyalin empedans değerini ölçmek için çeşitli yollar mevcuttur. En temel metod, materyale elektrik akımı uygulamak ve çıkan voltajı ölçmektir. Ohm kanununa göre, voltaj değerinin akım değerine oranı empedans değerini verir. Eğer materyal sadece direnç elemanları içeriyorsa, doğru akım bu ölçüm için yeterli olacaktır. Ancak kapasitif elemanların varlığında empedansın hem kapasitif hem de dirençsel elemanlarını alternatif akım vurgular (70).

2.5.7. Diş yapısının elektriksel özellikleri

Kök kanalları elektrik akımını yalıtan dentin ve sementle çevrelenmişlerdir. Buna karşın minör apikal foramende, kanal içindeki iletken materyal ile elektrik akımını ileten periodontal membranı birbirine bağlayan küçük bir delik mevcuttur. Kanal içinde mukavemeti olan dirençli materyal (dentin, doku ve sıvılar) bir rezistör oluşturur, ve bu rezistörün değeri uzunluğa, kesit alana ve materyallerin mukavemetine bağlıdır. Endodontik bir ege kanalda ilerletildiğinde ve kanal ucuna yaklaştığında, kanal ucu ile eğin sonu arasındaki direnç azalır, çünkü kanal içindeki dirençli materyalin etkili uzunluğu azalmış olacaktır (70).

Dirençsel özellikler kadar, diş yapısı da kapasitif özelliklere sahiptir. Kanal içindeki doku ve doku sıvıları, sement ve kanal duvarındaki dentinle birlikte, iki iletken plakanın seperatörleri olarak değerlendirilebilir ve dielektrik sabitini belirler. Bu yapı, bir kapasitörü oluşturur. Belli bir yüzey alanıyla ege kapasitörün bir ucu olarak kabul edilirse dentin dışındaki iletken materyal (periodontal membran) de kapasitörün diğer plakası olacaktır (70).

Kök kanalının elektriksel yapısı ise anlatılan dirençli ve kapasitif üyelerden çok daha karmaşıktır. Meredith ve Gulabivala kök kanalının dirençli ve kapasitif üyeleriyle karmaşık bir elektriksel ağ gibi davrandığını bulmuşlardır (68).

2.6. ELEKTRONİK KÖK KANAL BOYU BELİRLEYİCİ CİHAZLAR

Elektronik kök kanal boyu belirleyici cihazların ortaya çıkışı, insan dokularının elektriksel komponentler kullanılarak modellenebileceği varsayımı ile olmuştur (70).

Custer 1918 yılında, kök apeksini çevreleyen dokuların elektriksel iletkenliğinin, kök kanalının içindeki iletkenlikten büyük olduğu gerçeğini temel alarak kanal ucunu bulmak için yeni bir elektriksel yaklaşım geliştirmiştir. Custer, iletkenlikteki bu farkın, kanal kuru olduğunda veya alkol gibi iletken olmayan bir sıvı varlığında daha kolay tespit edilebildiğini bildirmiştir. Diğer bir deyişle, iletkenliğin tersi bir değer olan elektriksel direncin, kök kanalının foramen yakınlarında, kuronal kısımdan çok daha az olduğunu bulmuştur. Custer, foramenin yerini, kök apeksinin karşısındaki kemik ile pulpa içindeki eğe arasına bir voltaj uygulayarak ve elektrik akımının değerini ölçerek tespit etmiştir. Eğe, foramene yaklaştıkça, elektriksel iletkenliğin belirgin derecede artması sebebiyle akım artmaktadır ve bunun sonucu olarak da ampermetrenin göstergesi oynamaktadır. Custer bu işaretin akımla orantılı olduğunu ve foramenin yerini belirlemede güvenilir bir rehber olacağını iddia etmiştir (10, 70).

Daha sonraları Suzuki, köpek dişlerinde yaptığı bir iyontoforez deneyi ile göstermiştir ki, kök kanalına yerleştirilen bir kanal eğesi ile ağız içi muköz membrana yerleştirilen bir elektrod arasındaki elektriksel direnç sabit bir değer göstermektedir (105).

Suzuki'nin bulgularına dayanarak, Sunada kök kanal ucunun yerini belirleyen belirli bir direnç değeri bildirmiştir. Endodontik eğenin ucu apikal foramenden doğru periodontal membrana ulaştığında, eğe ile ağız içi muköz membran arasındaki elektriksel direncin $6.5 \text{ k}\Omega$ değerinde olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, eğenin, kanal duvarını veya pulpa odasını perfore ettiği ve periodontal membrana ulaştığı durumlardaki elektriksel direncin de, hemen hemen eğenin apekse ulaştığı zamanki değerine eşit olduğunu belirlemiştir (104).

İlk in vivo deneyinde Sunada, 71 kanalın uzunluğunu ölçmek amacıyla basit bir ampermetre kullanmıştır. Mikro ampermetrenin iki elektrodu bulunmaktaydı, biri ağız içi müköz membrana bağlı, diğeri ise kök kanalındaki endodontik enstrümana bağlıydı; direnç, eğe kök apeksine ulaştığı sırada ölçülüyordu, dişin uzunluğu ise geleneksel radyografi ve tel ile ölçerek bulunuyordu; periodontal membranın direnci ise cihazın ölçtüğü akım, voltaja bölünerek hesaplanıyordu. Burada dentin, mine ve sementin elektriksel iletken, periodontal membran gibi yumuşak dokuların ise birer yalıtkan olarak görev yaptığını bilmekteyiz. Cihaz, ağız içinde kendinden kaynaklanan bir akım oluşturmakta, bağlı bulunduğu prob yardımıyla endodontik egeden geçmekte, foramenden doğru kanal dışına ve periodontal membrana ulaşmaktaydı. Akım, hastanın mukozasını takip etmekte, ve cihaza bağlı olan bir dudak klibiyle sonlanmaktaydı (104).

Sunada ayrıca, hastanın yaşının, dişin tipinin veya şeklinin veya da kanalın çapının sonuçları etkilemediğini bildirmiştir. Kanal ucuyla dudak klibi arasındaki akımın direncinin ortalama değeri $6.5 \text{ k}\Omega$ 'dur (104).

2.6.1 Rezistans temelli elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazlar

Rezistans temelli elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazlar endodontik eğe ve dudak klibi arasındaki akımın basit bir rezistif devre tarafından modellenebileceği varsayımına dayanmaktaydı. Bu sebeple, devreye bir doğru akım

verilerek voltaj ölçümü yapılmıştır. Voltaj değerinin, akım değerine bölünmesiyle, devrenin direnç değeri hesaplanmaktaydı (70).

Aynı prensipleri kullanarak çok sayıda elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihaz, o zamandan bugüne piyasaya sürülmüştür. Aralarındaki fark, temel olarak, elektrik devrelerinin dizaynı ve göstergelerindeki değişikliklerdir. Ancak hepsi “rezistans temelli elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazlar” olarak adlandırılır. Her ne kadar rezistans temelli elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazların kuru kanallarda güvenilirliği bildirildiyse de, güçlü elektrolitler, aşırı hemoraji, pü, veya pulpa dokusu varlığında her zaman doğru sonucu vermeyebilmektedirler (71, 86, 102, 110).

Kanal eğesi elektrolite temas eder etmez, doğru akım voltajı dokuları polarize eder ve mukavemetini değiştirir, bu da cihazın yanlış olarak minör apikal foramene geldiğini göstermesine sebep oluyordu (70, 102). Doğru akımın bir başka dezavantajı ise hastanın elektrik şoku hissetmesiydi (55). Doğru akımın sebep olduğu bu dezavantajları ortadan kaldırabilmek için Suchde ve Talim rezistansı ölçmek için alternatif akım kullanmayı önermişlerdir. Ancak basit rezistans metodunun dezavantajlarını yine basit bir elektronik ohmmetre, bir köprü devresi kullanarak aşmaya çalıştılar. Alternatif akımın avantajları, dokuya daha az zarar vermesi ve elektrolitlerin mukavemeti daha stabil olacağı için ıslak durumlarda daha kullanışlı olmasıdır (102).

Buna karşılık, bir sürü değişkene bağlı olarak değişen kanalın kapasitif komponenti, devre üzerinde fazladan bir etkiye sahip olacaktır. Dolayısıyla, nemli ortamda kapasitif komponent daha baskın ise, bu cihazların güvenilirliği şüpheyeye düşecektir (68, 102).

2.6.2. Düşük frekans salınımlı elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazlar

Endodontik enstrümanın yapısı, kanal ve dokular hem rezistif hem de kapasitif karakteristiklere sahiptir. Bu da, basit rezistif karakterde bir devre modellenmesini güçleştirmektedir (45, 65, 68). Bu kapasitif karakteristikler değişkendir ve kanalın şekli ve kanal içindeki sıvıların dielektrik sabiti gibi fiziksel parametrelerle değişebilir (70).

Bu görüşü temel alarak, Inoue, farklı türde bir elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihaz geliştirmiştir, bu cihaz elektriksel rezistans prensibiyle çalışmaktadır ancak sesli uyarı sistemi eklenerek modifiye edilmiştir. Bu cihazla kök kanal uzunluğu ölçümü, ağız içi muköz membran ve dişeti cebi arasında üretilen rezistans ve kapasitansla üretilen düşük frekans salınıminin, ağız içi muköz membran ve periodontal ligaman arasındaki frekansa eşit olması varsayımına dayanmaktadır (44).

Kanal eğesi, kanal ucuna ulaştığı zaman, dişeti cebi ve kanal ucu tarafından üretilen salınımlı tonlar çakışıyordu. Kök kanalının empedansı bir çok değişkene bağlıdır ve değişik kanallarda aynı değildir. Ancak dişeti cebi ve ağız içi muköz membran arasındaki empedansın, kanal sonlanması ile ağız içi muköz membran arasındaki empedansla aynı olduğu kabul edilebilir. Bu varsayıma dayanarak çalışan Sono Explorer, iki empedansı ölçmekte ve okuma değerleri birbirine yaklaşıncaya kanal sonlanmasını belirlemektedir (70).

Bu cihazın en önemli dezavantajı, her bir dişin periodontal aralığında ayrı ayrı kalibrasyon gerektirmesiydi. Teknik, silikon plastik bir kılıflı bir eğenin, dişin dişeti aralığına yerleştirilerek ölçülmesini gerektirmekteydi ve elde edilen ses, “dişeti aralığı sesi” olarak tanımlanmaktaydı. Daha sonra geleneksel tipte bir kanal eğesi, kök kanalına yerleştiriliyor ve elde edilen ses “dişeti aralığı sesi” ile aynı olana kadar ilerletiliyordu, bu noktada lastik bir rondel referans noktasıyla aynı hizaya getiriliyor ve ölçüm yapılıyordu (70).

2.6.3. Kapasitans temelli yüksek frekanslı elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazlar

1979 yılında Hasegawa, Endocater adında, 400 kHz değerinde yüksek bir frekansla çalışan bir cihaz kullanmaktaydı (24, 65, 79).

Ölçümlerdeki değişken kapasitif karakteristiklerin etkisini daha fazla azaltabilmek için yalıtılmış eğelerin kullanımı denenmiştir. Burada, yalıtkan malzeme kapasitans değerini düşürmek için kanal eğesinin yüzeyinin büyük bir kısmını kaplamaktadır. Ancak, kaplanmış eğe, dar kanallarda kullanılamamaktadır, çünkü kaplanan materyal kolaylıkla aşınmaktadır, bu da ölçümü olumsuz etkilemektedir (53). Himel ve Schott ise daha sonraları göstermiştir ki, yalıtkan kaplamanın kalitesi otoklavlama sonrasında azalmaktadır (40).

2.6.4. Kapasitans ve rezistans temelli elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazlar

2003 yılında piyasaya sürülen Elements Diagnostic Unit (SybronEndo, Anaheim, CA, USA), kapasitansı ve rezistansı ayrı ayrı ölçmektedir (33, 117).

Cihaz, sistemin rezistansını ve kapasitansını ölçmek amacıyla iki frekanslı karma bir sinyal kullanmaktadır ve daha sonra ölçülen değerleri, eğenin yerini tespit etmek amacıyla ortalama değerlerle karşılaştırmaktadır. Yine de, tüm elektronik kök kanalı uzunluğu ölçücü cihazların temel prensipleri aynıdır. Vera ve Gutierrez, klinik gözlemlerine dayanarak, Elements Diagnostic Unit'i kullanırken, eğenin 0.5mm noktasında değil, 0.0 noktasında geri çekilmesinin, apikal darlığın belirlenmesinde daha doğru sonuç verdiğini bildirmişlerdir (117). Dolayısıyla eğeyi 0.0 işaretini görene kadar ilerletip daha sonra 0.5mm geri çekmek, bu cihazın kullanımında en doğru sonucu verecektir (70). Vera ve Gutierrez ayrıca, eğe kanalda ilerletilmeden önce giriş kavitesinin kurutulmasını önermiştir (117).

2.6.5. Değişken voltajlı elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazlar (empedansda üç düğümlü değişkenlik)

Kanal sonlanmasının yerini tespit edebilmek için sabit bir elektriksel rezistans veya empedans belirlemek amaçlı çeşitli araştırmalar yapılmıştır, Sunada bu çalışmaların sonunda rezistansı 6.5 k Ω olarak belirlemiştir (104).

Buna karşılık Meredith ve Gulabivala tüm kök kanalları için sabit bir referans empedansının veya sabit bir rezistansın olmadığını bildirmiştir(68). Rezistans temelli cihazların, vakaların çoğunda işe yaramasının sebebi, pulpanın rezistans değeri ile periodontal birleşimin rezistans değeri arasında kanal içi pozisyonlara kıyasla belirgin bir fark olmasıdır (70).

Bu gerçeği temel alarak, Ushiyama kök kanalına bir ege yerleştirildiğinde empedanstaki değişimleri ölçmek için bir metod önermiştir. Bu cihaz bipolar elektrodlar kullanarak ve 400 Hz değerinde alternatif akım uygulayarak, empedans değerindeki değişimleri gözlemlemiştir. Ushiyama, değerlerdeki ani değişimlerin eğin kök kanal sisteminin en dar yeri olan apikal darlanmada olduğunu gösterdiğini de eklemiştir. Güçlü elektrolitler varlığında, değişken voltaj metodunun apikal darlığı doğrulukla tespit ettiğini de bildirmiştir. Buna karşın, dar kanallarda bipolar özel bir elektrodun kullanımının zorluğu, bu cihazın dezavantajlarından biridir. Ushiyama'nın deneysel olarak hazırladığı cihaz ticari olarak piyasaya sürülmemiştir (115).

2.6.6. İki frekanslı, empedans farklı elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazlar

Yamaoka 1984 yılında ölçüm için iki frekans kullanan bir ölçüm cihazı geliştirmiştir (70, 91). Bu cihaz empedans değerini iki değişik frekansta ölçer ve iki değer arasındaki farkı hesaplar: $Z(f_H) - Z(f_L)$. Aslında, ölçülen asıl değer, frekansların voltajları arasındaki farktır, bu da empedans değerleri arasındaki farkla orantılıdır. Kök

kanal sisteminin kuronal kısmında, kanal içindeki dielektrik materyalin herhangi bir etkisini elimine etmek için cihaz kalibre edilmelidir (70).

Eğe, kanal ucuna yaklaştığı zaman, kökün apikal kısmının morfolojisindeki değişim nedeniyle kapasitans değeri çok keskin biçimde artar. Saito ve Yamashita'ya göre, serum, % 5'lik NaOCl, % 14'lük EDTA ve %3'lük H₂O₂ endodontik eğenin ve apikal foramenin boyutundan bağımsız olarak, ölçümleri etkilememektedir (70, 91). Frank ve Torabinejad da nemli koşullarda kanal sonlanmasının yerinin tespit edilebileceğini onaylamışlardır, ancak açık devre olmasından dolayı, Apit kuru kanallarda kanal sonlanmasını doğrulukla tespit edememektedir (25, 70). Ancak bu fenomen, kanal dolumundan önce kök kanal sisteminin kuru olup olmadığını kontrol etmede kullanılabilir (12, 70).

2.6.7. İki frekanslı, empedans oranlı kök kanal uzunluğunu belirleyici cihazlar

Empedans oran temelli kök kanal uzunluğunu belirleyici cihazlarda, alternatif akım kaynağı yine iki frekanslı bir kaynaktır, biri yüksek biri alçak frekans olmak üzere iki sinüs dalgası içerirler. Modelin empedansı her iki frekansta da ölçülür ve kanal eğesinin yeri bu iki empedans arasındaki oranla ölçülür. Kobayashi ve Suda göstermiştir ki, oranın kullanılan frekanslarla belirlenen kesin bir değeri vardır ve oran kanal içindeki eğenin yerini belirler. İki empedansın katsayısı, kanal eğesinin ucu apikal sonlanmaya yakınken neredeyse 1'dir. Kanal eğesi minör apikal foramende değilken, kapasitans modelinin plakaları arasındaki uzaklık yüksektir. Böylelikle, kapasitansın büyüklüğü ihmal edilebilir. Kanal sonlanmasına yakın olan pozisyonlarda ise, empedansın kapasitif karakteristikleri ortaya çıkmaya başlar (56).

Kapasitansın genel empedans üzerindeki etkisi, ölçümün frekansıyla orantılıdır. Yüksek frekanslarda genel empedans değeri, düşük frekanstaki değerinden çok düşüktür. Bu da, apikal darlık oranının daha küçük değer alma eğiliminde olduğunu gösterir (56), ancak bu fenomen, apikal darlığın morfolojisiyle ilgilidir. Açık apeks

sebebiyle apikal darlanmanın eksikliği (32) veya tıkalı kanallar (42, 89) kanal ucunun yerini belirlemede birer engel olarak bildirilmiştir (74).

İki empedans arasındaki oranı veren yukarıdaki denklem, kanal içindeki elektrolitten bağımsızdır. Elektrolitik materyaldeki bir değişim, her iki frekans değerini de eşit etkileyeceğinden oran sabit kalacaktır. Oran esaslı elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazların ticari ilk örneği olan Root ZX'in temelini bu konsept oluşturmaktadır (57). Bu da canlı pulpalı dişlerle nekrotik pulpalı dişler arasında (15) veya değişik irrigasyon solusyonlarıyla yıkandığında kökün apikal darlığını tespit etmede neden istatistiksel olarak belirgin bir fark olmadığını açıklayabilir (46).

Dunlap ve arkadaşlarının Root ZX'in canlı ve nekroze dişlerde apikal darlığı tespit yeteneğinde istatistiksel olarak bir fark olmadığını bildirmişlerdir (15). Root ZX % 82.3 doğrulukla apikal darlığı 0.5mm sınırları içerisinde tespit edebilmektedir. Bu, cihazın kök kanal sistemindeki sodyum hipokloritten neden olumsuz etkilenmediğini de açıklayabilir (57, 66).

Ex vivo yapılan bir çalışmada Root ZX'in apikal darlanmayı tespit edemediği, sadece majör forameni belirleyebildiği bildirilmiştir (76). Empedans oran esaslı elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazların, apikal darlığın kesin yerini belirlemediğini, klinik koşullarda sadece majör ve minör foramen arasındaki bölgeyi belirleyebildiği de bildirilmiştir (41). Aynı çalışmada, apikal darlanmanın kesin belirlenebilmesi kanalların ancak % 51 ila 64.3'ünde mümkün olmuştur, buna karşılık minör ve majör foramen arasındaki alan ise, vakaların % 81 ila 82.4'ünde doğrulukla saptanmıştır. Shabahang ve arkadaşları göstermiştir ki, foramenin ± 0.5 mm hata payı ile belirlenmesi klinik olarak tolere edilebilir bir aralıktır, buna göre Root ZX vakaların % 96.2'sinde foramenin yerini doğrulukla tespit etmektedir (95).

2.6.8. Multifrekanslı elektronik kök kanal uzunluğunu belirleyici cihazlar

Elektronik kök kanal uzunluğunu belirleyici cihazların ölçüm doğruluğunu arttırmak için çeşitli denemeler yapılmıştır. Bu denemelerden biri ikiden fazla frekans kullanarak empedans karakteristiklerini ölçmekti. Endo Analyzer 8005'te (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, USA) ve AFA Apex Finder 7005'te (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, USA) beş değişik frekans kullanılmış ve her frekansta cihaz, empedansın hem fazını hem de genliğini ölçmektedir. Bu değerler daha sonra, minör konstiksüyonun yerini belirlemek için analiz edilmektedir (119).

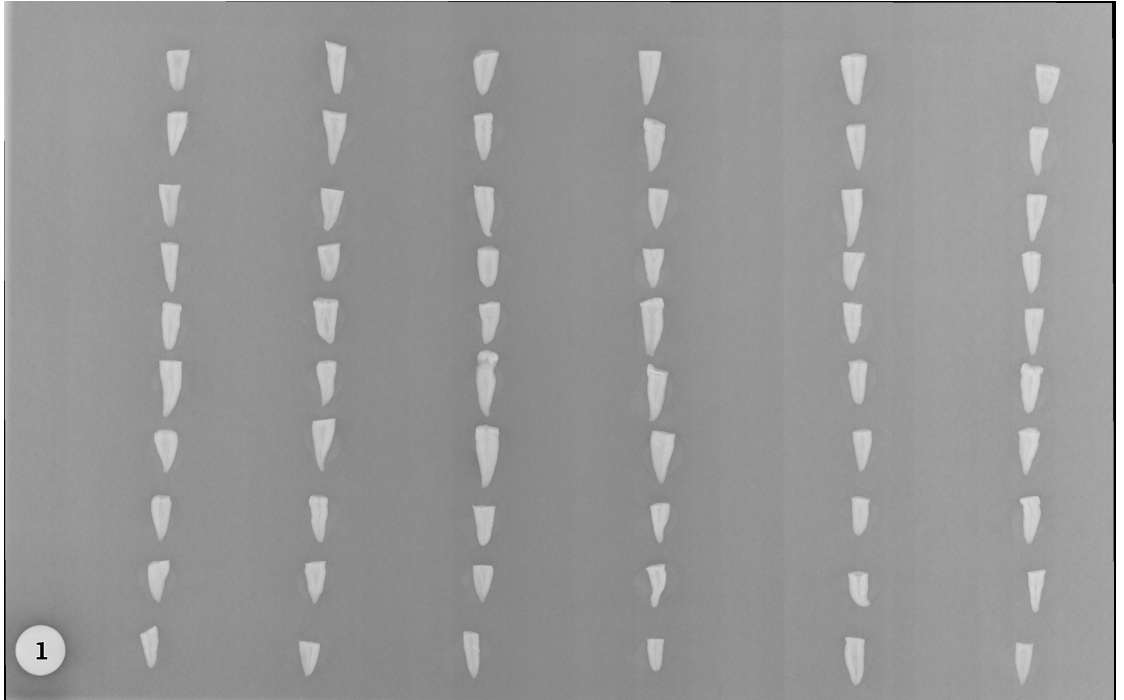
Bu cihaz aslında empedans oran esaslı elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazlarla benzer çalışma prensibine sahiptir. Empedansın baskın karakteristiğindeki (kapasitif veya rezistif) ani bir değişim kanal darlanmasını saptamada kullanılır.

Welk ve arkadaşları empedans oran esaslı elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazlarla (Root ZX), Endo Analyzer'ı ölçüm doğruluğu açısından kıyasladıkları çalışmalarında elektronik olarak tespit edilen apikal darlığın yeri ile minör çap arasındaki ortalama uzaklığın Endo Analyzer için 1.03mm, Root ZX içinse 0.19 mm olduğunu bulmuşlardır, apikal darlığı tespit etme oranları da % 34.4 ve % 90.7 dir (119).

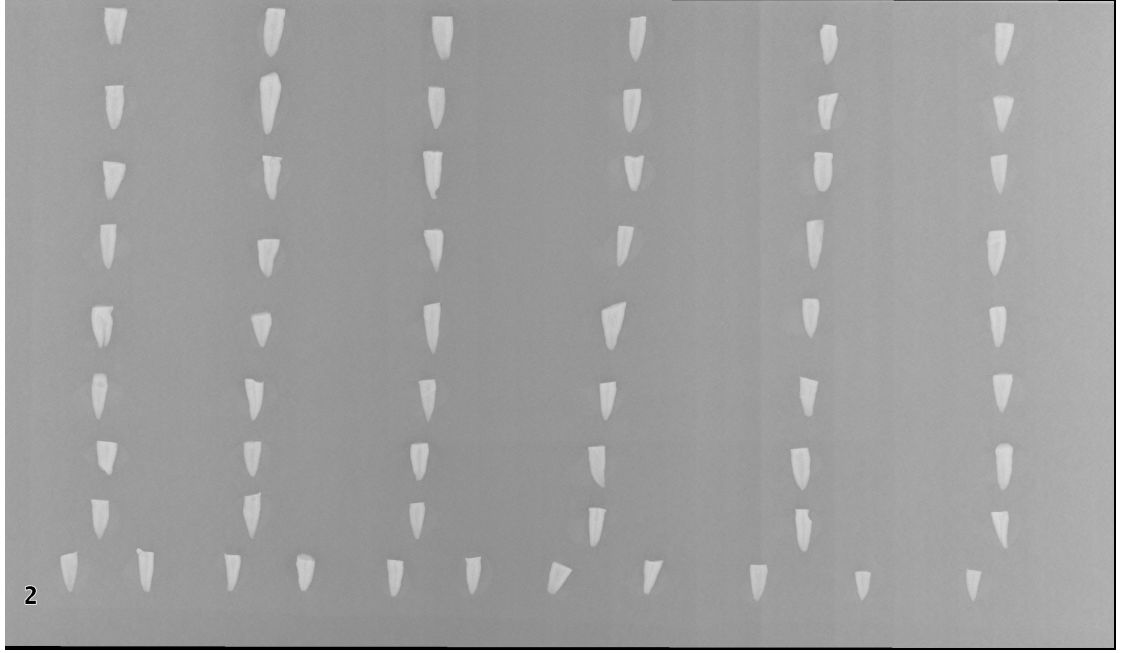
Pommer ve arkadaşları ise AFA Apex Finder 7005'in ölçüm doğruluğuna pulpa canlılığının bir etkisi olup olmadığını araştırmışlardır ve canlı dişler ile nekrotik dişlerde yapılan ölçümler arasında belirgin farklılıklar olduğunu ve AFA Apex Finder'ın canlı dişlerde çok daha güvenilir olduğunu bildirmişlerdir (86).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında üç farklı apex ölçücü cihazın in vitro olarak kök kırıklarını saptamadaki güvenilirliklerinin ölçülmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla çürük ve restorasyon içermeyen 72 adet tek köklü sürekli diş kullanılmıştır. Deney öncesi dişler; periodontal ligamanın ayrışması için 2 saat boyunca % 5.25'lik NaOCl solüsyonunda bekletilmiş, daha sonra % 10'luk formol solüsyonunda saklanmıştır. Köklerin dış yüzeyinde kalan bütün organik yapıların bir küret yardımıyla temizlenmesinin ardından dişler musluk suyunda yıkanmıştır. Dişler daha sonra 30 büyütme bir stereomikroskop altında (Leica MZ 75 1.0 büyütme) kök kırığı olup olmadığı yönünden incelenmiştir. Kök kanal anatomisini belirlemek ve kök kanalı anatomisi gözlenemeyen dişlerin araştırmadan çıkarılması için bukkolingual ve mesiodistal yönlerden 2 radyografi alınarak dişler incelenmiştir. Kök anatomisi radyografik olarak gözlenemeyen dişler araştırmadan çıkarılmıştır (16).



Şekil 1: Kullanılan dişlerin bukkolingual yönden alınmış radyografileri



Şekil 2: Kullanılan dişlerin mesiodistal yönden alınmış radyografileri

Bütün ölçümlerin sabit ve net bir referans yüzeyine göre yapılabilmesi için dişlerin kuron kısmı elmas bir frezle uzaklaştırılmış, dişlerin kök uzunluğu 15mm'ye sabitlenmiştir (16). Dişlerin kanal ağzları belirlendikten sonra, kanalı tıkalı olan dişleri araştırmadan çıkarmak için kök kanalları 10 numaralı K-file eğe kullanılarak kontrol edilmiş ve ardından pulpa dokusu bir turnerf yardımıyla temizlenmiştir, ancak kanallar genişletilmemiştir. Organik artıkların temizlenmesi için kök kanalları 5 ml % 5.25'lik NaOCl ile yıkanmıştır.

Çekilmiş dişler 6 farklı gruba ayrılmış ve dişlerde separeyle veya frezle yapay olarak kırık oluşturulmuştur. Her bir grup dişte oluşturulan kök kırığı farklı seviyelerdedir. Gruplardan üçünde yatay kök kırığı oluşturulmuş, üçünde ise dikey kök kırığı oluşturulmuştur. Kök kırığı oluşturmak için seçilen dişler, kırığın oluşturulacağı yere göre de sınıflandırılmıştır.

Buna göre,

1. Grup; kuronal 1/3'te yatay kök kırığı oluşturulan dişler
2. Grup; orta 1/3'te yatay kök kırığı oluşturulan dişler
3. Grup; apikal 1/3'te yatay kök kırığı oluşturulan dişler
4. Grup; kuronal 1/3'te dikey kök kırığı oluşturulan dişler
5. Grup; orta 1/3'te dikey kök kırığı oluşturulan dişler
6. Grup; apikal 1/3'te dikey kök kırığı oluşturulan dişler olarak adlandırılmıştır (16).

Dişlerde yapay olarak kırık oluşturma işlemi tamamlandıktan sonra 30 büyütme bir stereomikroskop altında 15 numaralı bir K-file eğe (Dentsply, Maillefer) kırık noktasından çıkana kadar ilerletilmiş, ve eğenin ucu kırık çizgisine teğet olana kadar geri çekilmiştir. Ölçümlerin sabit bir noktaya göre alınabilmesi için önceden seçilen referans noktasına göre silikon bir stop ayarlanmıştır. Silikon rondelin tabanı ile eğenin ucu arasındaki mesafe, 4,5 büyütme altında, 0,25mm aralıklı bir milimetrik cetvel ile ölçülmüş ve her ölçüm 3 kere tekrarlanmıştır. Tüm ölçümler için 3 ölçümün ortalaması alınarak "gerçek uzunluk değeri" kaydedilmiştir.

Referans olarak kullanılacak "gerçek uzunluk değeri"leri saptandıktan sonra, dişler, elektronik olarak çalışma boyunu ağız dışında saptayabilme imkanı veren özel olarak geliştirilmiş ve aljinattan yapılmış bir modele gömülmüştür (109). Bütün ölçümler aljinatın nemli kalabilmesi için modelin hazırlanmasından sonraki 2 saat içinde yapılmıştır (62).

Kullandığımız apex ölçücü cihazlar şunlardır: Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator, Root ZX, Raypex 4.

Her apex ölçücü cihaz, firmanın önerdiği şekilde kullanılmış ve referans olarak cihazda "apex" işaretinin gösterildiği yer alınmıştır. Kırık noktasında eğe, periodontal ligamanla temas ettiği için bu noktayı cihaz da "apex" noktası olarak göstermiştir. Her

ölçümde 15 numaralı K-file ege kullanılmış, kanallar önce % 5.25'lik NaOCl ile yıkanmış ve diş yüzeyi pamuk peletler ile kurulanmıştır (62).

Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator'la ölçüm yapılırken, ege göstergedeki foramen işaretinden (0. 0 noktası) biraz ilerletilmiş daha sonra ise, 0. 5 göstergesine kadar geri çekilmiştir.

Root ZX ile ölçüm yapılırken ege, kanaldan dışarı çıkıldığını belirtecek şekilde sesli uyarı verdiğinde ve göstergede "apex" uyarısı gözleendiği ana kadar ilerletilmiş, daha sonra ege geri çekilmiştir.

Raypex 4 ile ölçüm yapılırken ise egenin kanaldan dışarı çıktığını belirten uyarı gözükene kadar ege ilerletilmiş, daha sonra göstergedeki kök ucu seviyesine kadar geri çekilmiştir.

Ölçümlerin geçerli sayılabilmesi için egenin aynı değerde en az 5 saniye sabit kalması beklenmiştir, aksi takdirde cihazın sabit bir değer okuyamadığı kabul edilmiş ve ölçüm güvenilir olarak kaydedilmiştir.

Tüm ölçümler için sabit silikon rondelin boyu ile egenin ucu arasındaki mesafe 4,5 büyütme altında 0.25mm aralıklı bir milimetrik cetvel ile ölçülmüştür. Bu ölçümler dişlerin gerçek uzunluğunu bilmeyen 2 ayrı birey tarafından yapılmış ve ölçümler 3 kere tekrarlanarak kaydedilmiştir. Her bir cihaz için her diştten alınan ölçümler kaydedilmiş ve ölçümlerin ortalaması hesaplanarak bu değer kullanılmıştır.

"Gerçek uzunluk değeri"leri ile cihaz ölçümleri karşılaştırılmıştır. Her diş için, "gerçek uzunluk değeri"i elektriksel cihaz ölçüm değerlerinden çıkartılmış, pozitif değerlerin gerçek uzunluğu geçen ölçümleri gösterdiği kabul edilmiş, negatif değerlerin ise gerçek uzunluktan kısa değerleri gösterdiği kabul edilmiştir. Her cihaz için gerçek uzunluk ve cihazın saptadığı uzunluğun arasındaki farkların ortalaması alınmıştır (84).

Her bir ölçüm için, ölçüm değerlerindeki sapma, dişte oluşturulan kırığın gerçek yeri ile elektronik apex ölçücü cihazın ölçtüğü değer arasındaki mutlak fark ile hesaplanmıştır (4, 16).

İstatistiksel olarak; ölçümler arasındaki farkın 2 mm'lik bir önemlilik taşıması ve varyansın 4 mm olması halinde; % 95 güven düzeyi ve % 80 güç ile her bir grup için n=12 şer örnek alınması uygun bulunduğundan 6 grup için toplam 72 diş kullanılmış ve değerlendirmeler eşlendirilmiş konumlar için ANOVA ve tek yönlü ANOVA testleri ile yapılmıştır (16).

3.1. Elements Diagnostic Unit and Apex Locator



Şekil 3. Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator

2003 yılında SybronEndo firması tarafından (SybronEndo, Anaheim, CA, USA) piyasaya sürülen Elements Diagnostic Unit and Apex locator, empedans bilgisini,

matematiksel bir algoritma olarak işlemez, bunun yerine, rezistans ve kapasitans ölçümlerini alır ve bunları kök kanalının apeksine olan uzaklığı ölçmek için veritabanıyla karşılaştırır. 0.5 ve 4 kHz'lik iki dalgaformlu sinyal kullanır. Root ZX'de 8 ve 0.4 kHz'lik olan bu sinyaller, analog bir sinyale çevrilmek için dijitalden analoga dönüştürücü bir birimden ve güçlendiriciden geçerek rezistor ve kapasitörün paralel olduğu varsayılan devre modeline gider. Geri dönen sinyaller daha sonra ses azaltıcı bir devreden geçer. Üretici firma bu şekilde ölçüm başına daha az hata olacağını ve daha tutarlı okumaların gerçekleşeceğini iddia etmektedir (19).

3.2. Raypex 4



Şekil 4: Raypex 4

Raypex 4, 4. kuşak elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazların ilkidir ve VDW firması tarafından piyasaya sürülmüştür. Grafik ekranında kanal içinde ilerleyen eğenin o andaki pozisyonu ve bazı temel bilgiler gösterilmektedir. Eğe ucunun pozisyonu, kullanılan tek sinyalin karekökünün ortalaması olan değerlere dayanarak hesaplanmaktadır (87).

Eğe, kanal içine yerleştirilirken, dudak klipsi de hastanın dudağına konulur ve bu ikisi cihazdaki çengel aracılığıyla birbirine bağlanır. El ile ayarlama gerektirmeyen cihaz, şarj edilebilir bir pil ile çalışmaktadır.

Raypex 4, kök kanalının ıslak veya kuru oluşundan etkilenmeden foramen apikaleyi doğrulukla saptamaktadır. Foramen apikaleye doğru eğe ilerlerken, sesli sinyaller artmaktadır ve tam apexe geldiğinde sinyaller sabit bir tonda kalmaktadır. Eğe, apeksi geçtiğinde ise kırmızı ışık ekranda belirir, ve sinyaller kısa kısa şekilde duyulmaktadır.

Kalp pili kullanan hastalarda, kullanımı henüz test edilmediği için Raypex 4 kullanımı önerilmemektedir (87).

3.3. Root ZX

J Morita USA firmasının ürünü olan Root ZX, empedans oranlı kök kanal uzunluğu ölçücü cihazlardandır. Kalibrasyon gerektirmemesi, ve kanal içi nem veya sıcaklıktan etkilenmeden otomatik kalibrasyon yapabilme özelliği sayesinde güvenilir ölçüm yapabilmektedir.



Şekil 5: Root ZX

Root ZX, kanal eğesini kanal içinde ilerlediği süre boyunca gösterdiğinden eğenin pozisyonu belirlenebilir. Geniş LCD ekranı sayesinde sonuç kolaylıkla okunabilir (90).

4. BULGULAR

Bu çalışmada, çekilmiş dişlerde üç ayrı elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihaz ile ölçümler yapılmış ve yapay olarak oluşturulan yatay ve dikey kök kırıklarının stereomikroskop altında belirlenen gerçek yerinin aynı dişte farklı cihazlar tarafından ne kadar doğrulukla saptanabildiği değerlendirilmiştir.

Deney sonucu elde edilen veriler tablo şeklinde gösterilmiştir. Deney sonuçlarına göre veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve cihazlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

İstatistiksel olarak ölçümler varyans analizi ile yapılmıştır (16). Ölçümler arasındaki farkın 0,5 mm'lik bir önemlilik taşıması ve varyansın 1 mm olması halinde; % 95 güven düzeyi ve % 80 güç ile her bir grup için 12 örnek kullanılmıştır. Ölçümler mm cinsinden ortalama ve standart sapma olarak sunulmuştur.

Tablo 1'de elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazların her bir dişte tespit ettiği kırık seviyesi ve dişlerde kırığın gerçek yeri gösterilmiştir. Bu tabloda 6 farklı gruba ait ölçümler gösterilmiştir. 1. grup olan apikalinde dikey kırık oluşturulan dişler için DA, 2. grup olan orta 1/3'ünde dikey kırık oluşturulan dişler için DO, 3. grup olan kuronalinde dikey kırık oluşturulan dişler için DK, 4. grup olan apikalinde yatay kırık oluşturulan dişler için YA, 5. grup olan orta 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişler için YO ve 6. grup olan kuronalinde yatay kırık oluşturulan dişler için YK kısaltmaları kullanılmıştır.

Tablo 1: Dişlerde cihazların saptadığı kırık seviyeleri ve kırığın gerçek seviyesi

Diş numarası	Elements Diagnostic Unit	Root ZX	Raypex 4	Gerçek Uzunluk
DA 1	10 mm	11 mm	11 mm	8 mm
DA 2	7,5 mm	7,5 mm	7,5 mm	6,5 mm
DA 3	8 mm	8 mm	8 mm	8 mm
DA 4	10 mm	10 mm	11 mm	10mm
DA 5	13 mm	14 mm	13 mm	9,5mm
DA 6	9,5 mm	10 mm	10 mm	9,5mm
DA 7	8 mm	7 mm	7 mm	7 mm
DA 8	8 mm	8 mm	8 mm	8 mm
DA 9	12 mm	12,5 mm	12 mm	12 mm
DA 10	10 mm	14 mm	10 mm	8mm
DA 11	6,5 mm	7 mm	7 mm	6 mm
DA 12	7 mm	7 mm	7,5mm	8 mm
DO 1	2 mm	4 mm	5 mm	3,8mm
DO 2	10 mm	14 mm	12 mm	3 mm
DO 3	4 mm	7,5 mm	4 mm	3,8mm
DO 4	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	2,3mm
DO 5	8 mm	9 mm	12 mm	2,8mm
DO 6	6 mm	8 mm	5 mm	3 mm
DO 7	8 mm	9 mm	8 mm	3 mm
DO 8	9,5 mm	9,5 mm	10 mm	4 mm
DO 9	5 mm	7,5 mm	8 mm	3,8mm
DO 10	12 mm	16 mm	13 mm	7,2mm
DO 11	9 mm	2 mm	4 mm	4 mm
DO 12	9 mm	7 mm	7 mm	4 mm

DK 1	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0 mm
DK 2	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0 mm
DK 3	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0 mm
DK 4	1 mm	0,5 mm	0,5 mm	0 mm
DK 5	1 mm	0,5 mm	1 mm	0 mm
DK 6	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0 mm
DK 7	0,5 mm	0,5 mm	1 mm	0 mm
DK 8	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0 mm
DK 9	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0 mm
DK 10	1 mm	0,5 mm	1 mm	0 mm
DK 11	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0 mm
DK 12	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0 mm
YA 1	7 mm	7 mm	8 mm	7,5mm
YA 2	6 mm	6 mm	7 mm	6,5mm
YA 3	8 mm	8 mm	8 mm	7,9mm
YA 4	12 mm	7 mm	7 mm	6,7mm
YA 5	8 mm	8 mm	8 mm	9 mm
YA 6	7 mm	8 mm	7 mm	7,8mm
YA 7	10 mm	9 mm	10mm	10,5mm
YA 8	10 mm	10 mm	10,5 mm	10 mm
YA 9	9 mm	9 mm	8 mm	9,1mm
YA 10	9 mm	9 mm	9 mm	8,6mm
YA 11	8 mm	8 mm	8 mm	8,3mm
YA 12	9 mm	9 mm	8 mm	8,8mm
YO 1	10 mm	9 mm	9 mm	7,1mm
YO 2	13 mm	4 mm	4 mm	4,9mm
YO 3	10 mm	6 mm	8 mm	6,1mm

YO 4	7 mm	6 mm	6 mm	6,9mm
YO 5	9 mm	6,5 mm	7 mm	4 mm
YO 6	9,5 mm	3 mm	5 mm	4 mm
YO 7	6 mm	13 mm	7 mm	5 mm
YO 8	6,5 mm	6 mm	6,5 mm	5,8mm
YO 9	6 mm	6 mm	6 mm	6,1mm
YO 10	13 mm	4 mm	5 mm	3 mm
YO 11	12 mm	6 mm	7 mm	6,9mm
YO 12	7 mm	0,5 mm	2 mm	3 mm
YK 1	2,5 mm	0,5 mm	2,5 mm	2 mm
YK 2	2,5 mm	0,5 mm	2 mm	2,9mm
YK 3	2 mm	0,5 mm	3 mm	2,3mm
YK 4	8 mm	3 mm	5 mm	3 mm
YK 5	4 mm	3 mm	4 mm	3 mm
YK 6	3 mm	3 mm	3 mm	3 mm
YK 7	5 mm	5 mm	5 mm	4,1mm
YK 8	4 mm	0,5 mm	3 mm	3,4mm
YK 9	2 mm	0,5 mm	2 mm	2,5mm
YK 10	2 mm	0,5 mm	0,5 mm	2 mm
YK 11	2 mm	0,5 mm	2 mm	2,1mm
YK 12	2,5 mm	1 mm	6 mm	2,8mm

Tablo 2’de apikalinde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları gösterilmiştir.

Tablo 2: Apikalinde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları:

Gerçek uzunluğa olan mesafe(mm)	Elements Diagnostic Unit and Apex Locator n=12	%	Root ZX N=12	%	Raypex 4 n=12	%
<1	0	0	0	0	0	0
-1,00 ile -0,51	1	8.3	1	8.3	0	0
-0,50 ile 0,00	5	41.7	4	33.3	5	41.7
0,01 le 0,50	1	8.3	2	16.7	1	8.3
0,51 ile 1,0	2	16.7	2	16.7	3	25
>1	3	25	3	25	3	25

Tablo 2’ye göre ölçümlerin tüm cihazlar için ayrı ayrı yalnız % 50’si $\pm 0,5$ mm kabul edilebilir sınır değer içindedir. Ayrıca her üçünde de % 50 oranında kabul edilebilir sınırların dışında, ölçümde yanıltıcı uzunluk sapması tespit edilmiştir. Bu oran orta 1/3’teki dikey kırıklarda % 83,3 ve % 91,7 gibi çok yüksek oranlara ulaşmaktadır (Tablo 4).

Tablo 3’de apikal 1/3’ünde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri gösterilmektedir.

Tablo 3: Apikal 1/3’ünde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri

	ORTALAMA DEĞER	STANDART SAPMA DEĞERİ	İKİLİ KIYASLAMA
Elements Diagnostic Unit and Apex Locator- Asıl Uzunluk	9,1250	1,990	,326
Root ZX- Asıl Uzunluk	9,6667	2,683	,170
Raypex 4-Asıl Uzunluk	9,3333	2,093	,226

Apikal 1/3’ünde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandığında bu grupta $p > 0,05$ olduğundan anlamlılık olmadığı görülmüştür.

Tablo 4’te orta 1/3’ünde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları gösterilmiştir.

Tablo 4: Orta 1/3'ünde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları:

Gerçek uzunluğa olan mesafe(mm)	Elements Diagnostic Unit and Apex Locator n=12	%	Root ZX N=12	%	Raypex 4 n=12	%
<1	2	16,7	2	16,7	1	8,3
-1,00 ile -0,51	0	0	0	0	0	0
-0,50 ile 0,00	1	8,3	0	0	2	16,7
0,01 le 0,50	0	0	1	8,3	0	0
0,51 ile 1,0	0	0	0	0	0	0
>1	9	75	9	75	9	75

Orta 1/3'ünde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümlerin, Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator için % 8,3'ü, Root ZX için % 8,3'ü, ve Raypex 4 için % 16,7'si \pm 0,5mm sınırları içindedir. Ancak ölçümlerde cihazlar için sırasıyla %91,7, % 91,7 ve % 83,3 oranlarında kabul edilebilir değerler dışı sonuçlar alınmıştır. Ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandığında Root ZX'in ölçtüğü değerler ile asıl uzunluk değerleri arasında anlamlılık olduğu gözlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5'de orta 1/3'ünde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri gösterilmektedir.

Tablo 5: Orta 1/3'ünde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri

	ORTALAMA DEĞER	STANDART SAPMA DEĞERİ	İKİLİ KİYASLAMA
Elements Diagnostic Unit and Apex Locator- Asıl Uzunluk	6,9167	3,456	,006
Root ZX- Asıl Uzunluk	7,8333	4,407	,005
Raypex 4-Asıl Uzunluk	7,3750	3,856	,005

Tablo 6: Kronalinde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları:

Gerçek uzunluğa olan mesafe(mm)	Elements Diagnostic Unit and Apex Locator n=12	%	Root ZX N=12	%	Raypex 4 n=12	%
<1	0	0	0	0	0	0
-1,00 ile -0,51	0	0	0	0	0	0
-0,50 ile 0,00	0	0	0	0	0	0
0,01 le 0,50	9	75	12	100	9	75
0,51 ile 1,0	3	25	0	0	3	25
>1	0	0	0	0	0	0

Tablo 6’da kuronalinde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları belirtilmiştir

Buna göre ölçümlerin, Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator için % 75’i, Root ZX için % 100’ü, ve Raypex 4 için % 75’i $\pm 0,5$ mm sınırları içindedir.

Tablo 7’de kuronalinde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri belirtilmiştir.

Tablo 7: Kuronalinde dikey kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri

	ORTALAMA DEĞER	STANDART SAPMA DEĞERİ	İKİLİ KIYASLAMA
Elements Diagnostic Unit and Apex Locator- Asıl Uzunluk	,6250	,226	P= ,000*
Root ZX- Asıl Uzunluk	,5000	,000	P değeri hesaplanamamaktadır.
Raypex 4-Asıl Uzunluk	,6250	,226	P= ,000*

* $p < 0,01$ kabul edildiğinden ileri derecede anlamlılık vardır.

Kuronalinde dikey kırık oluşturulmuş dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandığında, asıl uzunluk değerleri ile Elements Diagnostic Unit, Raypex 4 ve Root ZX cihazlarının ölçtüğü değerlerin üçünün de kendi içinde ileri derecede anlamlılık gösterdiği görülmüştür.

Tablo 8'te apikalinde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları gösterilmiştir.

Tablo 8: Apikalinde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları:

Gerçek uzunluğa olan mesafe(mm)	Elements Diagnostic Unit and Apex Locator n=12	%	Root ZX N=12	%	Raypex 4 n=12	%
<1	0	0	1	8,3	1	8,3
-1,00 ile -0,51	2	16,7	1	8,3	3	25
-0,50 ile 0,00	6	50	5	41,7	2	16,7
0,01 le 0,50	3	25	5	41,7	6	50
0,51 ile 1,0	0	0	0	0	0	0
>1	1	8,3	0	0	0	0

Apikalinde yatay kırık oluşturulan dişlerde yapılan ölçümlerin Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator için % 75'i, Root ZX için % 83,4'ü ve Raypex 4 için % 66,7'si $\pm 0,5$ mm sınırları içindedir (Tablo 8).

Tablo 9'da apikal 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri gösterilmektedir.

Tablo 9: Apikal 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri

	ORTALAMA DEĞER	STANDART SAPMA DEĞERİ	İKİLİ KIYASLAMA
Elements Diagnostic Unit and Apex Locator- Asıl Uzunluk	8,5833	1,621	,745
Root ZX- Asıl Uzunluk	8,1667	1,115	,639
Raypex 4-Asıl Uzunluk	8,2083	1,117	,703

Tablo 10: Orta 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları:

Gerçek uzunluğa olan mesafe(mm)	Elements Diagnostic Unit and Apex Locator n=12	%	Root ZX n=12	%	Raypex 4 n=12	%
<1	0	0	1	8,3	0	0
-1,00 ile -0,51	0	0	4	33,3	3	25
-0,50 ile 0,00	1	8,3	2	16,7	1	8,3
0,01 le 0,50	1	8,3	1	8,3	1	8,3
0,51 ile 1,0	2	16,7	1	8,3	2	16,7
>1	8	66,7	3	25	5	41,7

Tablo 9'daki, yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri incelendiğinde $p > 0,05$ olduğundan anlamlılık olmadığını görüyoruz.

Tablo 10'da orta 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları gösterilmiştir

Tablo 10'daki ölçümlerin Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator için % 16,6'sı, Root ZX için % 25'i ve Raypex 4 için % 16,6'sı $\pm 0,5$ mm sınırları içindedir.

Tablo 11'de orta 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri gösterilmektedir.

Tablo 11: Orta 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri

	ORTALAMA DEĞER	STANDART SAPMA DEĞERİ	İKİLİ KIYASLAMA
Elements Diagnostic Unit and Apex Locator- Asıl Uzunluk	9,0833	2,618	,000
Root ZX- Asıl Uzunluk	5,8333	3,092	,550
Raypex 4-Asıl Uzunluk	6,0417	1,864	,252

Tablo 11'deki, yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri incelendiğinde sadece Elements Diagnostic Unit adlı cihazın asıl uzunluk değerleriyle anlamlı sonuçlar verdiğini görüyoruz.

Tablo 12’de kuronalinde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları gösterilmiştir.

Tablo 12: Kuronalinde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluğa olan mesafeler ve ölçüm sonuçlarının bu değerler içindeki sayıları:

Gerçek uzunluğa olan mesafe(mm)	Elements Diagnostic Unit and Apex Locator n=12	%	Root ZX n=12	%	Raypex 4 n=12	%
<1	0	0	8	66,7	1	8,3
-1,00 ile -0,51	0	0	0	0	1	8,3
-0,50 ile 0,00	7	58,3	3	25	4	33,3
0,01 le 0,50	1	8,3	0	0	1	8,3
0,51 ile 1,0	3	25	1	8,3	3	25
>1	1	8,3	0	0	2	16,7

Tablo 12’deki ölçümlerin Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator için % 64,6’sı, Root ZX için % 25’i, Raypex 4 için % 41,6’sı $\pm 0,5$ mm sınırları içindedir.

Tablo 13’de kuronal 1/3’ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri gösterilmektedir.

Tablo 13: Kural 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri

	ORTALAMA DEĞER	STANDART SAPMA DEĞERİ	İKİLİ KIYASLAMA
Elements Diagnostic Unit and Apex Locator- Asıl Uzunluk	3,2917	1,777	,337
Root ZX- Asıl Uzunluk	1,5417	1,544	,019
Raypex 4-Asıl Uzunluk	3,1667	1,572	,412

Kural 1/3'ünde yatay kırık oluşturulan dişlerdeki gerçek uzunluklar ve elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazla yapılan ölçümler arasındaki ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandığında bu grupta $p > 0,05$ olduğundan anlamlılık olmadığı görülmüştür.

5. TARTIŞMA

Kanal tedavisi sırasında, eksik şekillendirme veya taşkın kök kanalı dolgusu tedavinin başarısız olmasına neden olacağından, kök kanalı çalışma uzunluğunun tespiti önemlidir (7, 9, 101, 118).

Eğer kökte bir perforasyon, rezorbsiyon, kırık veya yan kanal varsa, kanal eğesi bu noktalarda periodonsiyumla ilişkiye geçecek ve tedavinin başarısız olma ihtimali artacaktır, bu sebeple tedavi sırasında bu durumları belirlemek önem kazanmaktadır ancak kırık veya perforasyon durumunda kök ucu anatomisinin değişmesi söz konusu olduğundan apex ölçücü cihazın uyarıyı foramen apikalede verme olasılığı da azalacaktır (17).

Bu tez çalışmasının amacı farklı kök kanal boyu belirleyici cihazların yapay olarak oluşturulmuş yatay veya dikey kök kırıklarının yerini doğrulukla belirleyip belirlemediğini saptamak ve gerçek değerlerle karşılaştırarak ne kadar doğru sonuç verdiğini değerlendirmektir.

Bu çalışmada kabul edilebilir sınır değer olarak $\pm 0,5\text{mm}$ seçilmiştir, bu değer çoğu çalışmada kabul edilebilir en katı sınır değeridir (24, 55). Bu sebeple, bu sınır değerleri içindeki ölçümler güvenilir kabul edilmiştir. Bununla birlikte bazı araştırmacılar sınır değerini 1 mm olarak kullanmayı tercih etmişlerdir, bunda kök kanallarının her zaman net bir foramen apikale ile sonlanmamasının etkisi vardır (32, 54, 95).

Bu çalışmada kök kanal uzunluğunun tespiti için her dişte 15 numaralı K-file eğeler kullanılmıştır. Bu konuda yapılan araştırmalar göstermiştir ki, kullanılan kanal eğesinin numarasının ölçümün güvenilirliğine etkisi yoktur (72). Felipe ve arkadaşları göstermiştir ki, 15 numaralı kök kanal eğesi ile yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar, kanal çapının büyüklüğündeki eğeler ile yapılan ölçümlerde elde edilen sonuçlar ile

aynıdır veya 0,5mm farklıdır (21). Bu çalışmada kök kanalları genişletilmeden çalışılmıştır, bu sebeple daha kalın bir eğenin foramen apikaleye veya kırık noktasına ulaşması mümkün görünmediğinden, değerlendirme için 15 numaralı kanal eğesi kullanılmıştır.

Elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazlar ile yapılan in vitro araştırmalarda insan periodonsiyumunun etkisinin göz ardı edilmesinin ortaya çıkarabileceği problemleri ortadan kaldırmak için deneysel modeller geliştirilmiştir. Bu modellerden ilki plastik bir kapta % 0.9'luk sodyum klorid solusyonudur (11, 13, 46). Daha sonra bu model geliştirilmiş ve aljınatın, taşıyıcı olarak kullanıldığı bir model piyasaya sunulmuştur (28, 51, 79). Çeşitli araştırmalarda taşıyıcı olarak agar, aljinat ve jelatin gibi malzemeler kullanılmaktadır (3, 13, 50, 109, 117). Bizim araştırmamızda ise çekilmiş dişler ölçümlerin yapılabilmesi için aljinat bir modelin içine gömülmüştür. Bu model elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazların in vitro olarak değerlendirilebilmesi amacıyla geliştirilmiş bir modeldir (109). Bu modelde, dişler bir fantom çeneye gömülme ve ölçümler sırasında aljınatın kurumaması için aljinat devamlı olarak serumla nemlendirilmektedir. Aljinat doğru kanal boyu ölçümü için gerekli elektrik akımını sağlamak için uygun bir taşıyıcıdır çünkü insan periodonsiyumunun empedansını iyi taklit eder (51). Bu modelin güvenilirliği diğer çalışmalarla da test edilerek bu amaçla kullanıma uygun olduğu bildirilmiştir (5, 84). Ayrıca serum ile nemli tutulabildiği takdirde bu modelin 45 saate kadar kullanım süresi bulunmaktadır (110).

In vitro olarak yapılan çalışmalarda kullanılmak üzere üretilen modellerden biri de ısıtılmış agar solusyonu ile hazırlanan modeldir ancak bu modelde agarın sertleşmesi için bir süre beklenmesi gerekmektedir, ayrıca bu modelde ölçüm yapılırken dişi elle tutmak gerektiğinden çok dikkat gerektirmektedir, bununla birlikte dişin kökü ve kullanılan eğenin kanaldan çıkışı görülebilir olduğundan önyargılı sonuçlara sebebiyet verebilir (13) . Bizim kullandığımız modelde ise kök uçları görünmediğinden böyle bir risk yoktur. Bir başka modelde ise kullanılan taşıyıcı malzemenin foramen apikaleden sızması sebebiyle erken okumalar görülebilmektedir (11). Kullandığımız modeldeki

aljinatın sert bir malzeme olması ise bu olasılığı ortadan kaldırmıştır, bu da daha güvenilir sonuçlar almamızı sağlamaktadır (11, 24, 84).

Ebrahim AK, agar solusyonu kullanarak yaptığı çalışmasında Root ZX'in yatay kırıklarda $\pm 0,5$ mm sınır değerler içinde % 100, % 93.3 ve % 100 doğru ölçüm sonuçları verdiğini göstermiştir. Ancak bu çalışmada örnek sayısı bizim dış sayımızdan daha fazladır, bu da daha güvenilir sonuçların ortaya çıkmasına sebep olmuş olabilir. Buna karşılık aynı çalışmada dikey kırıklarda cihazın güvenilir sonuçlar vermediği gözlenmiştir (16).

Teoride elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazlar, gerçek forameni değil, periodontal iletinin olduğu ilk alanı apeks olarak işaretler. Bu alan bir kırık, fissür, perforasyon veya yan kanal (31) olabilir (28, 79). Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator ile ilgili yapılmış literatürler değerlendirildiğinde, cihazın kök kanal uzunluğunu belirlemedeki güvenilirliğini araştıran bir çalışmada $\pm 0,5$ mm tolerans değeri içinde % 75 doğruluk gösterdiği bildirilmiştir (114).

Yatay kırıklardaki ölçüm doğruluğunu araştıran diğer çalışmalarda alınan sonuçlara göre kırığın yerini 1mm uzun gösteren ölçümlerin oranı, % 3.2 (4), % 8.8 (16) ve % 6.6 (16)'dır. Bizim çalışmamızda ise bu değerler Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator için % 5.5, Root ZX için % 5.5 ve Raypex 4 için % 19.5'tir. Aynı şekilde kırığın yerini gerçek uzunluktan 0,5mm fazla hesaplayan ölçümlerin oranı ise % 3.2 (4), % 8.8 (16) ve % 6.6 (16) iken bizim çalışmamızda Elements Diagnostic Unit % 35 gibi yüksek bir oranla 0.5mm uzun ölçüm yapmıştır. Root ZX ile yaptığımız ölçümlerde bu oran %16.6 iken Raypex 4 ile yaptığımız ölçümlerde bu oran %19.5' tir.

Kırığın yerini asıl yerinden 1mm kısa olarak hesaplayan ölçümlerin oranları ise % 3.2 (4), % 6.6 (16), % 6.6 (16) ve % 11.6'dir (16). Bizim çalışmamızda ise bu ölçümlerin oranı Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator için % 11, Root ZX için % 13.8 ve Raypex 4 için % 16.6'dır.

Yatay kırıklarda kırığın yerini tam doğrulukla saptayan ölçümlerin oranı ise Azabal ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada % 74.2 iken, Ebrahim ve arkadaşlarının

yaptığı ölçümlerin sırayla % 82.2 si (Root ZX), % 71.6'sı (Foramatron D10) ve % 68.8'i tam doğrulukla hesaplanmıştır (16). Bizim çalışmamızda ise Root ZX ve Raypex 4 ile yapılan ölçümlerin sadece % 16.6'sı ve Elements Diagnostic Unit ve Apex locator ile yapılan ölçümlerin ise sadece % 5.5'i tam doğrulukla hesaplanmıştır. Bu durumda Root ZX ve Raypex 4'ün yatay kırıkları saptamada Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator ile kıyaslandığında daha güvenilir sonuçlar verdiğini söyleyebiliriz ancak yine de bu cihazlarla yapılan ölçümlerde en fazla oranın 0.5mm uzun olarak hesaplanan ölçümlerde toplandığı göz önünde bulundurulacak olursa bu cihazların da yatay kırık tespitinde kullanımlarının güvenilirliği düşmektedir.

Kökün kural 1/3'ünde oluşturulan dikey kırıklar incelendiğinde, çalışmamızda yapılan ölçümlerin asıl uzunluk değerinden daha uzun olarak hesaplandığını, asıl uzunluk değerini tam doğrulukla ölçen hesaplama yapılamadığını görmekteyiz. Ebrahim ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da uzunluklar gerçek değerinden daha uzun olarak hesaplanmıştır, hatta bu çalışmada Root ZX ile yapılan ölçümlerin % 20'sinin 10.5mm uzun, % 13.3'ünün 10mm uzun, % 13.3'ünün 11mm uzun, ve yine % 13.3'ünün 12.5mm uzun olarak ölçüldüğü görülmüştür. Aynı çalışmada Foramatron D10 adlı cihazın yaptığı ölçümlerin de % 20'si 12.5mm uzun, % 20'si 13.5mm uzun, % 13.3'ü 11mm uzun ve % 13.3'ü de 12mm uzun olarak hesaplanmıştır. Bir diğer cihaz Apex NRG ile yaptıkları ölçümlerde de ölçümlerin % 20'sini 12mm uzun, % 26.6'sını 13mm uzun olarak hesaplamışlardır (16). Bu ölçümlere göre kuralda oluşturulan dikey kırıklarda ölçümlerin güvenilir olmadığını söylemek mümkündür, bu sonuç apex locator ile dikey kırıklarda güvenilir bir tespit yapılamayacağını söyleyen Azabal ve arkadaşlarının çalışmasının sonuçlarıyla da desteklenmektedir. Buna göre, kırığın yeri göz önünde bulundurulmadan dikeyde oluşturulan kırıklar değerlendirildiğinde, Azabal ve arkadaşlarının ölçümlerinde apex locator değerleri asıl uzunluk değerinden uzun olarak hesaplanmış ve dişlerin % 9.7'si 9mm, % 9.7'si 7mm, % 9.7'si ise 12.5mm uzun olarak ölçülmüştür (4).

Dikey ölçümlerde orta bölümde oluşturulan kırıklar karşılaştırıldığında ise, çalışmamızda yapılan ölçümlerin % 83'ünün asıl uzunluktan fazla hesaplandığı görülmüştür. Bu hesaplamalarda asıl uzunluğu tam doğrulukla ölçen sadece bir hesaplama Raypex 4 cihazı kullanılarak yapılmıştır, yine hem Elements Diagnostic Unit

ve Apex locator hem de Root ZX birer ölçümü asıl uzunluktan kısa hesaplamıştır. Ebrahim ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir (16).

Apikalde oluşturulan dikey kırıklarda yapılan ölçümler karşılaştırıldığında, sonuçların, kuronalde oluşturulan kırıklardaki kadar farklı olmadığını, sapmaların daha düşük olduğunu görmekteyiz. Ebrahim ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada alınan sonuçlara göre Root ZX ile yapılan ölçümlerde % 60 oranla 1mm uzun, ve % 40 oranla 1,5mm uzun hesaplamalar yapılmıştır. Aynı şekilde Foramatron D 10 adlı cihazda % 80 oranında 2mm uzun ölçümler yapılmıştır. Apex NRG adlı cihazda ise % 73.3 oranda 2mm uzun ölçümler vardır. Bizim çalışmamızda ise Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator ile % 41 oranında tam doğrulukla ölçüm yapılırken, % 16 oranında 1mm uzun ölçüm ve % 16 oranında da 2mm uzun ölçüm hesaplanmıştır. Root ZX ile yaptığımız ölçümlerde ise % 33.3 oranında tam doğrulukla ölçüm , % 16 oranında 1mm uzun ölçüm, ve yine % 16 oranında 2mm uzun ölçüm yapılmıştır. Raypex 4 ile yaptığımız ölçümlerin de % 33.3'ü tam doğrulukla kırığın yerini belirleyebilmiştir. Ölçümlerin % 25'i ise 1mm uzun hesaplanan ölçümlerdir. Bu durumda dikey kırıklar karşılaştırıldığında, apikalde yer alan kırıkların tespitinin, orta 1/3 alanda ve kuronalde yer alan dikey kırıklara kıyasla daha güvenilir olarak tespit edilebileceğini söylemek mümkündür. Buna karşın Topuz ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada Tri Auto ZX ve TCM Endo V adlı cihazlar karşılaştırılmış ve dikey kırıklar çok yüksek bir doğrulukla tespit edilmiştir (111).

Literatürlerde Root ZX'in güvenilirliğini değerlendiren çalışmalara baktığımızda, kabul edilebilir sınır değer ± 0.5 mm olarak alındığında Root ZX'in foramen apikaleyi % 75 (114)'ten % 91.7'e (20) değişen oranlarda doğrulukla saptadığını görmekteyiz.

Raypex 4 ile yapılan ve apikal rezeksiyon geçirmiş dişlerde elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazların güvenilirliğini araştıran bir çalışmada ise, kabul edilebilir sınır değer ± 1 mm olarak alındığında Raypex 4'ün % 74 oranında doğruluk gösterdiği, aynı çalışmada Root ZX'in ise % 90 oranda doğru uzunluğu hesapladığı bildirilmiştir (17). Bir başka çalışmada ise, Root ZX'in güvenilirliği % 97, Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator ise % 94 olarak bildirilmiştir (84).

Bizim çalışmamızda ise apikalde oluşturulan dikey kırıklarda her üç cihazda da % 50 oranla doğru sonuçlar alınmıştır. Apikalde oluşturulan yatay kırıklarda da % 66.7, % 75 ve % 83.4 oranla doğru sonuçlar alınmıştır. En başarılı ölçümlerin % 83.3 ile dikeyde oluşturulan kuronal kırıklarda alındığı gözlenmiştir. Yine en başarılı ölçümler Elements Diagnostic Unit ve Apex Locator ile yapılmıştır.

Elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazların kanal uzunluğunu tespit etmedeki başarısını araştırmış pek çok araştırma bulunmaktadır ve kabul edilebilir sınır değer 0,5mm olarak alındığında, foramen apikaleyi % 75'ten (24, 39) % 91.7'e (20, 116) değişen oranlarda belirlediği bildirilmiştir. Bu kadar yüksek oranlarda doğru sonuçlar alabildiğimiz bu cihazların daha pek çok avantajı bulunmaktadır. Kanalda çalışma uzunluğunu doğru tespit etmek mümkün olduğundan, eksik şekillendirme veya taşkın kanal dolgusu yapma gibi riskleri en aza indirmek mümkündür. Çalışma boyunu belirlemek için radyografi alma zorunluluğu da olmyacağından hem hekimin çalışma süresi kısılacak, hem de hastanın ve de hekimin maruz kalacağı radyasyonun dozu düşecektir (81).

Kullandığımız radyografilerin, üç boyutlu olan diş yapısını iki boyutlu bir filme yansıtmada yetersiz kaldığı gerçeği de, foramen apikalenin belirlenmesinde elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazların tercih sebeplerinden bir diğeridir. Kullanılan radyografi tekniği ve dşin yeri gereği, dişlerde süperpozisyonlar oluşabilmekte, ve bu da farklı hekimlerin aynı radyografiyi farklı farklı yorumlamalarına yol açabilmektedir, dolayısıyla objektif ve tekrarlanabilir bir değerlendirmeden uzak kalınmakta, bu da radyografilerin güvenilirliğini düşürmektedir.

Elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazlarla yapılan ölçümlerin farklı hekimler tarafından değerlendirilmesi istendiğinde ise, elektronik ölçümlerin tekrarlanabilir olduğu ve objektif sonuçlar verdiği bildirilmiştir(62).

Kök kanal uzunluğunu belirlemede her iki yöntemi kullanan hekimlerin sonuçlar birbirini tutmadığında elektronik kök kanal uzunluğu ölçücü cihazlarla ölçülen değere

mi, radyografiye mi güvenecekleri konusunda da radyografilerden ziyade elektronik cihazda alınan sonuca göre hareket edilmesi gerektiği fikrindeyiz.

Muhtemel bir kök kırığını veya kök perforasyonunu ise radyografiyle tespit etmek çok daha zor olmaktadır, bu durumda elektronik cihazlar periodonsiyuma ulaştığı noktada sinyal vereceğinden hekimi uyaracaktır. Dolayısıyla ayırıcı tanı gerektiğinde el hissiyatı veya radyografiyle alınması muhtemel değişken yorumlardan ziyade, elektronik kök kanal ölçücü cihazların tanısına güvenmenin daha doğru olacağını düşünmekteyiz.

Elektronik kök kanal uzunluğu belirleyici cihazlar rutin bir kök kanal tedavisi sırasında kullanıldıkları sürece, çok yüksek yüzdelerle 0.5mm sınır değer içinde uyarı vermektedirler, kök kırıklarında ise henüz bu kadar yüksek yüzdelerle kesin sonuçlar veremeseler de özellikle yatay kırıklarda teşhis için güvenilebilirler.

KAYNAKLAR

1. Alhadainy HA, Himel VT. Evaluation of the sealing ability of amalgam, Cavit, and glass ionomer cement in the repair of furcation perforations. *Oral Surgery, Oral medicine, and Oral Pathology* 1993; **75**: 362- 7.
2. Artvinli LB, Dural S. Spontaneously healed root fracture: report of a case *Dental Traumatology* 2003; **19**: 64–6.
3. Aurelio JA, Nahmias Y, Gerstein H. A model for demonstrating an electronic canal length measuring device. *Journal of Endodontics* 1983; **9**: 568- 9.
4. Azabal M, Garcia-Otero D, De La Macorra JC. Accuracy of the Justy II Apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures. *International Endodontic Journal* 2004; **37**: 174–77.
5. Bodur H, Odabas M, Tulunoglu O, Tinaz AC. Accuracy of two different apex locators in primary teeth with and without root resorption. *Clinical Oral Investigations* 2008; **12**: 137- 41.
6. Bridges JE. Non-perceptible body current ELF effects as defined by electric shock safety data. *Bioelectromagnetics* 2002 ; **23** : 542-4.
7. Certosimo FJ, Milos MF, Walker T. Endodontic working length determination--where does it end? *General Dentistry* 1999; **47**: 281- 6.
8. Cobankara FK, Ungor M. Spontaneously healed horizontal root fracture in maxillary first premolar: report of a case *Dental Traumatology* 2007; **23**: 120–22.
9. Cohen S, Burns RC. Pathways of the pulp. 6th ed. Mosby. 1994, p. 200
10. Custer LE. Exact methods of locating the apical foramen. *Journal of the National Dental Association* 1918; **5** : 815-9.
11. Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnelly JC, Walmann JO. In vitro evaluation of the accuracy of several electronic apex locators. *Journal of Endodontics* 1995; **21**: 572–5.

12. Dahlin J. Electrometric measuring of the apical foramen. A new method for diagnosis and endodontic therapy. *Quintessence International* 1979; **10**, 13–22.
13. Donnelly JC. A simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. *Journal of Endodontics* 1993; **19**: 579- 80.
14. Dummer PMH, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *International Endodontic Journal* 1984; **17**: 192–8.
15. 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. *Journal of Endodontics* 1998; **24**: 48–50.
16. Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. Accuracy of three different electronic apex locators in detecting simulated horizontal and vertical root fractures. *Australian Endodontic Journal* 2006; **32**: 64- 9.
17. ElAyouti A, Kimionis I, Chu A.-L, Löst C. Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: a comparative ex vivo study. *International Endodontic Journal* 2005; **38**: 827–33.
18. Eleftheriadis GI, Lambrianidis TP. Technical quality of root canal treatment and detection of iatrogenic errors in an undergraduate dental clinic. *International Endodontic Journal* 2005; **38**: 725–34.
19. Elements Diagnostic Unit kullanım kılavuzu
20. Fan W, Fan B, Gutmann JL, Bian Z, Fan MW. Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. *International Endodontic Journal* 2006; **39**: 127-35.
21. Felipe MC, Soares IJ. In vitro evaluation of an audiometric device in locating the apical foramen of teeth [abstract]. *Endodontics and Dental Traumatology* 1994; **10**: 220–2.
22. Ferrari PHP, Zaragoza RA, Ferreira LE, Bombana AC. Horizontal root fractures: a case report. *Dental Traumatology* 2006; **22**: 215–17.

23. Fidel SR, Sassone L, Álvares GR, Guimarães RPS, Fidel RAS. Use of glass fiber post and composite resin in restoration of a vertical fractured tooth. *Dental Traumatology* 2006; **22**, 337-39.
24. Fouad A, Krell K, McKendry D, Koobusch G, Olson R. Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *Journal of Endodontics* 1990; **16**: 446-9.
25. Frank AL, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *Journal of Endodontics* 1993; **19**: 177-9.
26. Funato A, Funato H, Matsumoto K. Treatment of a vertical root fracture. *Dental Traumatology* 1999; **15**: 46- 7.
27. Fuss Z, Lustig J, Tamse A. Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. *International Endodontic Journal* 1999; **32**: 283-6.
28. Fuss Z, Assouline LS, Kaufman AY. Determination of location of root perforations by electronic apex locators. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 1996; **82**: 324-9.
29. Gandhi OP. Electromagnetic fields: human safety issues. *Annual Review of Biomedical Engineering* 2002; **4**: 211- 34.
30. Geddes LA, Baker LE. The specific resistance of biological material—A compendium of data for the biomedical engineer and physiologist. *Medical and Biological Engineering and Computing* 1967 ; **5**: 271-93.
31. Goldberg F, Artaza IP, DeSilvio A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. *Journal of Endodontics* 2001; **27**. 362-4.
32. Goldberg F, De Silvio A, Manfre S, Natri N. In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. *Journal of Endodontics* 2002; **28**: 461-3.
33. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. *International Endodontic Journal* 2004; **37**: 425-37.

34. Gottlow J, Nyman S, Lindhe J, Karring T, Wennstrom FM. New attachment formation in the human periodontium by guided tissue regeneration. Case reports. *Journal of Clinical Periodontology* 1986; **13**: 604–16.
35. Grove C. Why canals should be filled to the dentinocemental junction. *Journal of the American Dental Association* 1930; **17**: 293–6.
36. Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics* 1995; **79**: 769- 77.
37. Heijl L. Periodontal regeneration with enamel matrix derivative in one human experimental defect. A case report. *Journal of Clinical Periodontology* 1997; **24**: 693–96.
38. Helfer AR, Melnick S, Schilder H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surgery* 1972; **34**: 661- 67.
39. Hembrough JH, Weine FS, Pisano JV, Eskoz N. Accuracy of an electronic apex locator: a clinical evaluation in maxillary molars. *Journal of Endodontics* 1993; **19**: 242- 46.
40. Himel V, Schott R. An evaluation of the durability of apex locator insulated probes after autoclaving. *Journal of Endodontics* 1993; **19**: 392–4.
41. Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *International Endodontic Journal* 2004; **37**: 125–31.
42. Ibarrola J, Chapman B, Howard J, Knowles K, Ludlow M. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. *Journal of Endodontics* 1999; **25**: 625–6.
43. Ingle JI, Bakland LK. *Endodontics*, London: BC Decker Inc; 2002. 777-783.
44. Inoue N, Skinner DH. A simple and accurate way of measuring root canal length. *Journal of Endodontics* 1985; **11**: 421–7.
45. Inoue N. An audiometric method for determining the length of root canals. *Journal of the Canadian Dental Association* 1973; **39**: 630–6.

46. Jenkins J, Walker W, Schindler W, Flores C. An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. *Journal of Endodontics* 2001; **27**: 209–11.
47. Jenkins SM, Hayes SJ, Dummer PMH. A study of endodontic treatment carried out in dental practice within the UK. *International Endodontic Journal* 2001; **34**: 16–22.
48. 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. *Journal of the South African Dental Association* 2006; **61**: 7.
49. Kapalas A, Lambrianidis T. Factors associated with root canal ledging during instrumentation. *Endodontic Dental Traumatology* 2000; **16**: 229–31.
50. Katz A, Kaufman AY, Szajkis S. An in vitro model for testing the accuracy of apex locators [abstract]. *Revue Francaise D'endodontie*. 1992; **11**: 67.
51. Kaufman AY, Fuss Z, Keila S, Waxenberg S. Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations in vitro *International Endodontic Journal* 1997; **30**: 403–7.
52. Kazzi D, Horner K, Qualtrough AC, Martinez-Beneyto Y, Rushton VE. A comparative study of three periapical radiographic techniques for endodontic working length estimation. *International Endodontic Journal* 2007; **40**: 526–31.
53. Keller M, Brown CJ, Newton C. A clinical evaluation of the Endocater – an electronic apex locator. *Journal of Endodontics* 1991; **17**: 271–4.
54. Kielbassa AM, Muller U, Munz I, Monting JS. Clinical evaluation of the measuring accuracy of root ZX in primary teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral radiology and Endodontics* 2003; **95**: 94- 100.
55. Kim E, Lee SJ. Electronic apex locator. *Dental Clinics of North America* 2004; **48**: 35–54.
56. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *Journal of Endodontics* 1994; **20**: 111–4.
57. Kobayashi C. Electronic canal length measurement. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 1995; **79**: 226–31.

58. Kosti E, Molyvdas I, Lambrianidis T. An unusual case of root perforation caused by surgical trephination. *International Endodontic Journal* 2008; **41**: 516–23.
59. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *Journal of the American Dental Association* 1955; **50**: 544– 52.
60. Lewinstein I, Grajower R. Root dentin hardness of endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics* 1981; **7**: 421- 4.
61. Lommel TJ, Meister F, Gerstein H, Davies EE, Tilk MA. Alveolar bone loss associated with vertical root fractures. Report of six cases. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral radiology and Endodontics* 1978; **45**: 909- 19.
62. Lucena-Martin C, Robles-Gijon V, Ferrer-Luque M, Navajas-Rodriguez de Mondelo JM. In Vitro evaluation of the Accuracy of Three Electronic Apex Locators. *Journal of Endodontics* 2004; **30**: 231- 33.
63. Martinez-Lozano MA, Forner-Navarro L, Sanchez-Cortes JL, Llana-Puy. Methodological considerations in the determination of working length. *International Endodontic Journal* 2001; **34**: 371– 6.
64. Mc Donald NJ. The electronic determination of working length. *Dental Clinics of North America* 1992; **36**: 293- 307.
65. McDonald NJ, Hovland EJ. An evaluation of the Apex Locator Endocater. *Journal of Endodontics* 1990; **16**: 5–8.
66. Meares W, Steiman H. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics* 2002; **28**: 595–8.
67. Meister F, Lommel TJ, Gerstein H. Diagnosis and possible causes of vertical fractures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 1980; **49**: 243- 53.
68. Meredith N, Gulabivala K. Electrical impedance measurement of root canal length. *Endodontics and Dental Traumatology* 1997; **13**: 126–31.
69. Moule AJ, Kahler B. Diagnosis and management of teeth with vertical root fractures. *Australian Dental Journal* 1999; **44**: 75- 87.

70. Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PM. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *International Endodontic Journal* 2006; **39**: 595–609.

71. Nekoofar MH, Sadeghi K, Sadaghi Akha E, Namazikhah MS. The accuracy of the Neosono Ultima EZ apex locator using files of different alloys: an in vitro study. *Journal of the California Dental Association* 2002; **30**: 681–4.

72. Nguyen HQ, Kaufman AY, Komorowski RC, Friedman S. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. *International Endodontic Journal* 1996; **29**: 359–64.

73. Niple J, Daigle J, Zaffanella L, Sullivan T, Kavet R. A portable meter for measuring low frequency currents in the human body. *Bioelectromagnetics* 2004; **25**: 369–73.

74. Oishi A, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Electronic detection of root canal constrictions. *Journal of Endodontics* 2002; **28**: 361–4.

75. Olson AK, Goerig AC, Cavataio RE, Luciano J. The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen. *International Endodontic Journal* 1991; **24**: 28–35.

76. Ounsi H, Naaman A. In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. *International Endodontic Journal* 1999; **32**: 120–3

77. Özbek M, Serper A, Çalt S. Repair of untreated horizontal root fracture: a case report. *Dental Traumatology* 2003; **19**: 296–297.

78. Öztan MD, Sonat B. Repair of untreated horizontal root fractures: two case reports. *Dental Traumatology* 2001; **17**: 240–3.

79. Pallares A, Faus V. An in vivo comparative study of two apex locators. *Journal of Endodontics* 1994; **20**: 576–9.

80. Peciuliene V, Rimkuvienė J. Vertical Root Fractures in Endodontically Treated Teeth: A Clinical Survey. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal*, 2004; **6**: 77–80.

81. Pilot TF, Pitts DL. Determination of impedance changes at varying frequencies in relation to root canal file position and irrigant. *Journal of Endodontics* 1997; **23**: 719- 24.

82. Pinheiro ET, Gomes BP, Ferraz CC, Sousa EL, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *International Endodontic Journal* 2003; **36**: 1-11.

83. Pitts DL, Natkin E. Diagnosis and treatment of vertical root fractures. *Journal of Endodontics* 1983; **9**: 338-346.

84. 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. *International Endodontic Journal* 2006; **39**: 408–14.

85. Poi WR, Manfrin TM, Holland R, Sonoda CK. Repair characteristics of horizontal root fracture: a case report. *Dental Traumatology* 2002; **18**: 98–102.

86. Pommer O, Stamm O, Attin T. Influence of the canal contents on the electrical associated determination of the length of root canals. *Journal of Endodontics* 2002; **2**: 83–5.

87. Raypex 4 kullanım kılavuzu

88. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2.A histological study. *International Endodontic Journal* 1998; **31**: 394-409.

89. Rivera E, Seraji M. Effect of recapitulation on accuracy of electronically determined canal length. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 1993; **76**: 225–30.

90. Root ZX kullanım kılavuzu

91. 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* 1990; **27**: 65–72.

92. Schatz D, Alfter G, Göz G. Fracture resistance of human incisors and premolars: morphological and patho-anatomical factors. *Dental Traumatology* 2001; **17**: 167– 73.

93. Schilder H. Filling the root canal in three dimensions. *Dental Clinics of North America* 1967; **11**: 723- 44.
94. Seidberg BH, Alibrandi BV, Fine H, Logue B. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. *Journal of the American Dental Association* 1975; **90**: 379– 87.
95. Shabahang S, Goon W, Gluskin A. An *in vivo* evaluation of Root ZX electronic apex locator. *Journal of Endodontics* 1996; **22**: 616–8.
96. Shearer AC, Horner K, Wilson N. Radiovisiography for length estimation in root canal treatment: an in-vitro comparison with conventional radiography. *International Endodontic Journal* 1991; **24**: 233– 9.
97. Sjögren U, Haggund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics* 1990; **16**: 498-504.
98. Souza RA. The Importance of Apical Patency and Cleaning of the Apical Foramen on Root Canal Preparation. *Brazilian Dental Journal* 2006; **17**: 6- 9.
99. Stabholz A, Rotstein I, Torabinejad M. Effect of preflaring on tactile detection of the apical constriction. *Journal of Endodontics* 1995; **21**: 92– 4.
100. Steffen H, Splieth CH, Behr K. Comparison of measurements obtained with hand files or the Canal Leader attached to electronic apex locators: an in vitro study. *International Endodontic Journal* 1993; **32**: 103– 7.
101. Stein TJ, Corcoran JF. Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1990; **69**: 238– 42.
102. Suchde RV, Talim SD .Electronic ohmmeter: an electronic device for the determination of the root canal length. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology* 1977; **43**: 141–9.
103. Sugaya T, Kawanami M, Noguchi H, Kato H, Masaka N. Periodontal healing after bonding treatment of vertical root fracture. *Dental Traumatology* 2001; **17**: 174–9.
104. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *Journal of Dental Research* 1962; **41**: 375–87.

105. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *Journal of Stomatology* 1942; **16**: 411-29.
106. Takahashi K. Microbiological, pathological, inflammatory, immunological and molecular biological aspects of periradicular disease. *International Endodontic Journal* 1998; **31**: 311– 25.
107. Tamse A, Kaffe I, Fishel D. Zygomatic arch interference with correct radiographic diagnosis in maxillary molar endodontics. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1980; **50**: 563– 6.
108. Tidmarsh BG. Restoration of endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics* 1976; **2**: 374- 6.
109. Tinaz AC, Alaçam T, Topuz Ö. A simple model to demonstrate the electronic apex locator. *International Endodontic Journal* 2002; **35**: 940- 5.
110. Tinaz AC, Sibel Sevimli L, Gorgul G, Turkoz EG. The effects of sodium hypochlorite concentrations on the accuracy of an apex locating device. *Journal of Endodontics* 2002; **28**: 160–2.
111. Topuz O, Uzun O, Tinaz AC, Bodrumlu E, Gorgul G. Accuracy of two Apex-locating Handpieces in Detecting Simulated Vertical and Horizontal Root Fractures. *Journal of Endodontics* 2008; **34**: 310-3.
112. Trope M, Chivian N, Sigurdsson A, Van WF Jr. Traumatic injuries. İçinde Cohen S, Burns RC, editors. *Pathways of the pulp*, St. Louis: Mosby; 2002. p. 603– 23 ve 567–73.
113. Trope M, Rosenberg ES. Multidisciplinary approach to the repair of vertically fractured teeth. *Journal of Endodontics* 1992; **18**: 460- 5.
114. Tselnik M, Baumgartner CJ, Marshall GJ. An evaluation of Root ZX and Elements Diagnostic Apex Locators. *Journal of Endodontics* 2005; **31**: 507- 9.
115. Ushiyama J. New principle and method for measuring the root canal length. *Journal of Endodontics* 1983; **9**: 97–104.
116. Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an ex vivo investigation. *International Endodontic Journal*, 2007; **40**: 362-73.

117. Vera J, Gutierrez M. Accurate working-length determination using a Fourth-generation apex locator. *Contemporary Endodontics* 2004; **1**: 4–8.
118. Weine F. Determination of the working length. İçinde Weine F, editor. *Endodontic Therapy*, London, 6th edn. Mosby-Year Book, Inc; 1996: 365–9.
119. Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *Journal of Endodontics* 2003; **29**: 497–500.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Irmak	Soyadı	Eroğlu
Doğ.Yeri	Kdz. Ereğli	Doğ.Tar.	22.05.1981
Uyruğu	T.C.	TC Kim No	11532078344
Email	irmakeroglu@gmail.com	Tel	(532) 603 39 95

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mez. Yılı
Doktora		
Yük.Lis.	İstanbul Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi	2004
Lisans		
Lise	Karadeniz Ereğli Anadolu Lisesi	1998

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1.			-
2.			-
3.			-

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*	KPDS/ÜDS Puanı	(Diğer) Puanı
İngilizce	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi	83.750	

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
LES Puanı	62.938	64.969	66.999
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
MS Office programları	iyi