

# Elektronik Apeks Bulucular

## Electronic Apex Locators

Mehmet Emin Kaval<sup>1</sup>, Hicran Dönmez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Endodonti AD, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Adnan Menderes Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Endodonti AD, Aydın, Türkiye

Kanal tedavisi uygulamalarında çalışma boyu tespiti başarıyı önemli ölçüde etkilemektedir. Elektronik apeks bulucuların çalışma boyu tespitinde kullanımı radyografik yöntemle alternatif olarak gündeme gelmiş ve son yıllarda kullanım oranı oldukça artmıştır. Günümüzde teknolojik ilerlemelerle paralel olarak çalışma mekanizmaları geliştirilen yeni nesil elektronik apeks bulucuların başarı oranları oldukça yükselmiş ve klinik uygulamaların olmazsa olmazları arasına girmişlerdir. Bu derlemenin amacı elektronik apeks bulucuların çalışma prensiplerinin, kullanım alanlarının ve bu cihazlardaki gelişmelerin değerlendirilmesidir.

**Anahtar Kelimeler:** Apikal foramen, çalışma boyu tespiti, elektronik apeks bulucular

### Abstract

*During the root canal treatment procedure the accuracy of working length determination affects the success of the endodontic therapy directly. Using electronic apex locators (EALs) to determine working length is an alternative method to radiographic working length determination and EALs have gained increasing popularity in recent years. Nowadays accuracy of new generation EALs has been increased with the improvement of their working mechanisms which have advanced concurrent to the technological evolution, contributing significantly to dental practice. The purpose of this article is to review the development, working principles and application areas of EALs.*

**Key words:** Apical foramen, working length determination, electronic apex locators

### Giriş

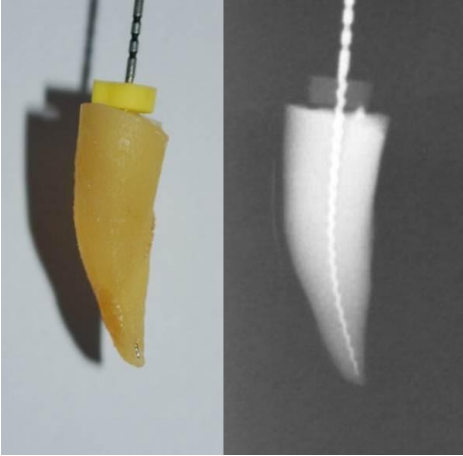
Kanal tedavisi uygulamalarında çalışma boyunun doğru tespit edilmesi, başarıyı önemli ölçüde etkileyen faktörlerin başında gelmektedir.<sup>1</sup> Yapılan şekillendirme ve dezenfeksiyon istenilen noktadan geride olursa, dezenfekte edilemeden kalmış alanlarda yeniden mikroorganizmalar çoğalırken; gerekli çalışma boyundan daha uzun çalışılırsa periapekte meydana gelen iritasyona bağlı kanal tedavisinin başarısız olması olası bir durumdur.<sup>2</sup>

Literatür incelendiğinde çalışma boyu tespit edilirken çeşitli referans noktalarının göz önünde bulundurulduğu görülmektedir.<sup>3</sup> Bu noktalardan birisi olan dentin-sement birleşimi (DSB), periodontal ligamentin başladığı ve pulpa dokusunun sonlandığı yer olarak tarif edilmektedir.<sup>4</sup> Bu anatomik noktanın kanalın şekillendirilip doldurulması için en ideal nokta olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir.<sup>1,4,5</sup> Ancak bu noktanın tespiti klinik olarak oldukça zordur. Lee ve ark.<sup>6</sup> mikroskop altında histolojik kesitler alarak inceledikleri dişlerin % 50'sinde dentin-sement birleşiminin oldukça düzensiz ve tespit edilemez olduğunu rapor etmişler ve tespitinin güçlüğüne vurgulamışlardır.

Black aralığının en tepe noktası olan minör foramen kök kanallarının biyomekanik şekillendirmesinde sıklıkla apikal limit olarak hedeflenen anatomik referans noktalarından biridir.<sup>5</sup> Bu noktanın 0,524–0,659 mm apikalinde ve anatomik apeksin 0,20–3,80 mm daha koronal kısmında yer alan majör foramen de klinisyenlere çalışma boyu tespiti esnasında katkı sağlayan bir diğer referans noktadır.<sup>7,8</sup>

Yukarıda belirtilen anatomik referans noktalarının lokalizasyonları geçmişten günümüze çeşitli yöntemlerle tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu yöntemler parmak hassasiyeti, kâğıt kondaki nemlilik, radyografik yöntem ve elektronik apeks bulucu (EAB) kullanımı şeklinde sıralanabilir. Parmak hassasiyeti ile kanal boyunun tespiti oldukça zor bir yöntem olup apikal daralmanın yeterli düzeyde olmadığı dişlerde başarısız sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Benzer şekilde kâğıt konda apikal foramene denk gelen noktada kan ya da eksudanın oluşturduğu iz ile kanal boyunun tahmin edilmesi de oldukça zordur ve klinik uygulamalarda güvenilir bir yöntem değildir.<sup>9</sup> Günümüzde klinik uygulamalarda en yaygın yöntem radyografi ile kanal boyunun tespit edilmesidir. Bu yöntemde iki boyutlu radyografik görüntü

üzerinde izlenen radyolojik apeks yardımıyla major ve minör foramenin lokalizasyonu tahmin edilip çalışma boyu belirlenmektedir. Radyografi ile elde edilen iki boyutlu görüntülerde anatomik varyasyonlar, süperpozisyonlar ve distorsiyonlar nedeniyle doğru referans noktalarının her zaman tespit edilememesi (Resim 1), hastanın röntgen ışınlarına maruz kalması gibi dezavantajları çalışma boyu tespitinde alternatif yöntemlerin aranılmasına neden olmuş ve EAB ile çalışma boyu tespiti yöntemi gündeme gelmiştir.



**Resim 1 Gerçekte apikal üçlüde kök kanalının dışında olduğu gözlenen kanal eğesinin, iki boyutta veriler elde edilebilen periapikal filmde ise kanalın içindeymiş gibi izlendiği görülmektedir.**

Kök kanal boyu tespiti için elektrik yöntem kullanılması düşüncesini ilk kez 1918 yılında Custer,<sup>10</sup> gündeme getirmiştir ancak bu cihazların kullanılabilirliğinin ortaya konması 1942 yılında Suzuki'nin,<sup>11</sup> köpekler üzerinde yaptığı deneysel çalışma ile mümkün olmuştur. Suzuki,

yaptığı çalışma ile oral mukoza ile periodontal membran arasında 6,5 k $\Omega$ 'luk bir direncin olduğunu ve bu direncin ağız içerisinde her yerde sabit olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca araştırmacı bu değer hastanın yaşı, dişin türü ve hastanın bayan ya da erkek olması gibi değişkenlerden etkilenmediğini ortaya koymuştur.<sup>11</sup>

1962 yılında Sunada,<sup>12</sup> ise Suzuki'nin prensibinden yola çıkarak, direkt akım ile kök kanal boyu ölçen bir cihaz tanıtmış ve EAB'lerin temelini atmıştır. Yıllar içinde, EAB'lerde kullanılan teknolojiler geliştirilmiş ve daha başarılı sonuçlar elde edilmesine yönelik cihazlar üretilmiştir. Geçmişten günümüze dek kullanılan EAB'ler üretici firmaların verdiği bilgiler ve yapılan bilimsel araştırmalar çerçevesinde çeşitli şekillerde sınıflandırılmıştır (Tablo 1,2).<sup>9,14,15</sup> EAB'lerin gelişimsel süreçleri göz önünde bulundurulduğunda dört temel grup göze çarpmaktadır:

#### **REZİSTANS TİP ELEKTRONİK APEKS BULUCULAR (BİRİNCİ NESİL) :**

Sunada,<sup>12</sup> 1962 yılında The Root Canal Meter (Onuki Medical Co, Tokyo, Japonya) isimli cihazı kullandığı çalışmasıyla, oral mukoza ve periodontal ligament arasındaki sabit elektriksel rezistans farkı kullanılarak kök kanal boyunun ölçülebileceğini ortaya koymuştur. Kullanılan cihaz periodontal ligament ile oral mukoza arasında 6,5 k $\Omega$ 'luk elektrik direncinin varlığı prensibi temel alınarak tasarlanmıştır. Rezistans tip EAB'lerde dudak klipsi ve endodontik eğe arasındaki rezistans farkı basit bir devre yardımıyla ölçülür ve 6.5 k $\Omega$ 'luk değere ulaşıldığında eğenin diş ile periodontal ligamentin birleşme sınırında olduğu kabul edilir.<sup>13,12</sup>

The Root Canal Meter'in yanı sıra aynı üretici firma tarafından benzer tasarım ile çalışan Endodontic Meter ve Endodontic Meter S 2 cihazları kullanıma sunulmuştur.

<i>1. Nesil</i>	<i>2. Nesil</i>	<i>3. Nesil</i>	<i>4. Nesil</i>
Root Canal Meter	Sono-Explorer	Endex /Apit	Bingo 1020/Ray-Pex 4
Endodontic Meter	Digipex I, II & III	Root ZX	AFA Apex Finder
Endodontic Meter S II	Endo Analyzer	Neosono Ultima EZ	Elements Diagnostic Unit- Apex Locator
Endo Radar	Endocater	Endy 5000	ProPex
Dentometer	Formatron IV	Apex Pointer	Endo Analyzer
	Forameter	Justy II	

**Tablo 1.** Farklı marka EAB'ler Gordon ve Chandler'in sınıflandırmasına<sup>15</sup> göre dört nesil altında değerlendirilmiştir.

Üretilen bu yeni cihazlarda kullanılan akım  $5\mu A$ 'e düşürülerek The Root Canal Meter ile ölçüm yapılan hastalarda meydana gelen elektrik şoku yakınmalarının azaltılması hedeflenmiştir.<sup>15</sup>

MEKANİZMA	EAB'İN TİCARİ ADI
Rezistans Tip	Endodontic Meter
	Endometer
	Faramatron 4
	Apex Finder
Düşük Frekanslı Titreşim Tip	Sono-Explorer
	Sono-Explorer Mark II
Kapasitans Tip	Endocater
Kapasitans ve Rezistans Tip	Elements_Diagnostic unit
İki Frekanslı Empedans Farkı	Apit (Endex)
	Apex Pointer
	Root ZX
Empedans Oranı	Justy II
	Endy 5000
Multifrekanslı Empedans Oranlı	Endo Analyzer_ (8005)
	AFA Apex Finder_ (7005)

**Tablo 2:** EAB'lerin çalışma mekanizmalarına göre sınıflandırılması.<sup>14</sup>

Rezistans tip EAB'lerin en büyük dezavantajı ise kanal egesinin kanal içinde irigasyon solüsyonu veya canlı pulpa dokusu gibi bir iletkenle teması halinde cihazın yanlış ölçüm yapmasıdır.<sup>12,16</sup> Bu sorunun nedeni bu tip cihazların kanal içerisindeki sıvıdan, doku artıklarından etkilenmesi ve sanki devre tamamlanmış gibi algılamasıdır. Bu durumda EAB ege ile minör foramene ulaşmadan, ulaşılmış gibi algılar ve çalışma boyu ölçümü başarısız olur.<sup>16</sup> Bu cihazların diğer bir dezavantajı kullanılan pil

zayıfladığında yapılan ölçümlerin başarısız olmasıdır. Ayrıca kullanılan doğru akımın kalp pili taşıyan hastalarda ciddi problemler ortaya çıkarabileceği de bilinmektedir. Rezistans tip EAB'lerin kullanımdan önce kalibrasyonları yapılmalıdır. Kalibrasyondaki hatalar yanlış ölçümlerin gerçekleşmesine neden olur. Ayrıca açık apeksli ve periodantal lezyonlu dişlerde, devre net olarak tamamlanamaz ise başarısız ölçümler ortaya çıkabilmektedir.<sup>9</sup>

### İMPEDANS TİP ELEKTRONİK APEKS BULUCULAR (İKİNCİ NESİL) :

Kök kanalında koronerden apikale doğru uzanan ve apikale gittikçe artan elektriksel bir impedans mevcuttur.<sup>9</sup> Kanalın en dar yeri olan apikal daralmada kök kanal duvarından geçen impedanstaki ani düşüş, cihazlar tarafından tespit edilip, çalışma boyu tespiti gerçekleştirilmektedir.<sup>9</sup> 1971 yılında bu prensiple çalışan ilk cihaz olan Sono-Explorer (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japonya) Inoue tarafından kullanıma sunulmuştur.<sup>12</sup> Sono Explorer, iki empedansı ölçmekte ve okuma değerleri birbirine yaklaşıncaya kanal sonlanmasını saptamaktadır ve ege apekse ulaştığında, kullanıcıyı düşük frekanslı bir sesle uyarmaktadır. 1986 yılında ise Hasegawa ve ark. tarafından yüksek frekanslı bir devre (400 kHz) kullanan Endocater cihazı tanıtılmıştır.<sup>15,17</sup> Bu cihazda iletken sıvı varlığında da doğru ölçüm yapılabilmesi amacıyla, üzeri teflon (yalıtkan) kaplı bir ege kullanılarak yalıtım sağlanmaya çalışılmış; ancak üzerine kaplanan ege dar kanallarda kullanılamamıştır.<sup>18,19</sup> Himel ve Schott,<sup>19</sup> teflon kaplamanın sterilizasyon işlemleri sırasında zarar gödüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca bu cihazın diğer bir dezavantajı da hastalarda ağrıya benzer bir rahatsızlık hissi yaratması (kullandığı yüksek elektrik akımından kaynaklı) ve her kullanımdan önce yeniden kalibrasyon gerektirmesidir.<sup>20</sup>

İmpedans tip cihazlarda, rezistans tip cihazlarda gözlenen dudak klipsinin temasında doğan sıkıntılıların üstesinden gelinbilmesi amacıyla dudak klipsi yerine elde tutulan bir parça dizayn edilmiştir. Bu sayede daha ergonomik ve enfeksiyon kontrolünün daha kolay sağlandığı bir düzenek oluşturulmuştur.<sup>9</sup>

### FREKANS TİP ELEKTRONİK APEKS BULUCULAR ( ÜÇÜNCÜ NESİL )

Üçüncü nesil EAB'ler kanalın sonlandığı noktayı belirlerken iki farklı frekans ve empedans ölçümünü değerlendirirler.<sup>9,15</sup> Bu cihazlar ikinci nesil EAB'lerden daha güçlü mikro-işlemcilerle sahip olup, doğru ölçüm yapılabilmesi için gerekli olan matematiksel algoritmik ölçümleri başarıyla gerçekleştirirler.<sup>15</sup>

1990 yılında, Yamashita tarafından, birinci ve ikinci nesil EAB'lerin en büyük sıkıntısı olan değişken kanal koşullarında dahi doğru bir kanal boyu ölçümüne olanak tanıyan yeni bir EAB tasarlanmıştır.<sup>21</sup> Bu cihaz iki farklı frekanstaki impedans değerini ölçer ve düşük ve yüksek frekanstaki değerler arasındaki farklılıkları hesaplayarak kanal boyu ölçümünü gerçekleştirir. Kanal eğesi apikal foramene ulaştığında, iki impedans değeri arasındaki fark aniden artar. Frank ve Torabinejad,<sup>22</sup> bu grupta yer alan Apit /Endex (Osada Electric Co., Tokyo, Japonya) cihazını kanalın nemli olduğu durumlarda kullanmışlar ve yüksek oranda başarılı ölçüm (%89) yapabildiğini rapor etmişlerdir. Ancak bu cihazın, her kullanımdan önce kalibrasyon gerektirmesi gibi önemli bir dezavantajı vardır.

1991 yılında Kobayashi ve ark.<sup>23</sup> nemli ortamda kullanılabilen ve otomatik kalibrasyon sağlayan ilk modern EAB olan Root ZX'i (J. Morita, Tokyo, Japonya) tanıtmışlardır. Root ZX, kanalın sonlanma noktasını tespit etmek için, aynı anda 0,4 ve 8 kHz'lik frekanslarda impedans değerlerini ölçerek birbirlerine oranlar. Kuvvetli mikroişlemcilerle sahip olduğu, matematiksel oranlama ve algoritma hesabı yapabildiği için daha doğru sonuçlar verdiği rapor edilmektedir.<sup>15,24</sup>

Kobayashi ve Suda,<sup>25</sup> farklı frekanslardaki empedans oranlarının, kanallarda farklı elektrolit sıvıların (NaOCl, distile su, EDTA gibi) varlığında bile değişmediğini göstermişlerdir.

Dunlap ve ark.<sup>26</sup> Root ZX'in canlı ve nekroze pulpalı kanallarda %82,3 oranında başarılı ölçümler yapabildiğini; Shabahang ve ark.<sup>27</sup> ise Root ZX 'in vakaların % 96,2'si gibi yüksek bir oranda doğru ölçüm yaptığını bildirmişlerdir. Tespit edilen yüksek doğruluk oranları Root ZX'in bir dönem yapılan çalışmalarda referans olarak kabul edilmesine neden olmuştur.<sup>15</sup>

#### **ORANTI TİP ELEKTRONİK APEKS BULUCULAR (DÖRDÜNCÜ NESİL)**

Farklı frekanslar için ölçülen impedans değerlerinin oranlanması prensibine dayanarak çalışan bu cihazlarda çalışma prensibi birbirine benzer olmakla birlikte kullanılan frekans sayısı, verilerin işlenmesi ve değerlendirilmesi ile ilgili farklılıklar göze çarpmaktadır. Örneğin beş farklı frekans kullanan Endo Analyzer 8005 (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, ABD) ve AFA Apex Finder 7005 (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, ABD) cihazlarının yanında her seferinde tek bir frekansı dikkate alan, Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, İsrail) cihazı da dördüncü nesil EAB olarak kabul edilmektedir.<sup>15</sup> Üretici firma her seferinde tek frekanslı sinyal kullanım

kombinasyonun, cihazın güvenilir ölçüm yapma ihtimalini yükselttiğini iddia etmiştir.<sup>15</sup> Tınaz ve arkadaşları Bingo 1020 cihazının doğruluğunun Root ZX cihazına benzer olduğunu yaptıkları in vitro çalışma ile göstermişlerdir.<sup>28</sup> 2003 yılında kullanıma sunulan Elements Diagnostic Unit Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, CA, ABD) rezistans ve kapasitansı ayrı ayrı ölçer ve ölçtüğü kapasitans ve rezistans değerlerinden ortak bir sinyal oluşturur.<sup>15,29</sup> Elde edilen değerleri kendi tablosundaki değerlerle kıyaslayarak eğenin kanal içindeki yerini bu yöntemle belirler.<sup>30</sup> Cihazın modern elektronik digital devrelerinin cihaza güvenilir ölçüm yapabilme özelliği sağladığı iddia edilmektedir.<sup>15,29,31</sup> Bu nesilde yer alan diğer bir EAB ise çoklu frekans temelli Propex'dir (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre). Kanal boyu tespiti için diğer çoklu frekans kullanan modern cihazlarla aynı prensibi kullanır. ProPex'in en karakteristik özelliği cihazın kanal boyu ölçümünün sinyalin enerjisine bağlı olmasıdır; diğer EAB'lerde ise kanal boyu ölçümü sinyalin amplitüdüne (genişliğine) bağlıdır. Üretici firma enerji ölçümünün daha hassas kanal boyu tespiti yapılmasını sağladığını iddia etmektedir ancak cihazın teknik özellikleri ile ilgili net bir bilgi vermemektedir.<sup>31</sup>

#### **ELEKTRONİK APEKS BULUCULARIN KULLANIM ALANLARI**

Dişlerdeki anatomik varyasyonlar, fizyolojik ya da patolojik kalsifikasyonlar, hekimin tecrübesizliği gibi nedenlerden dolayı bazı olgularda kanal aranırken furkasyon perforasyonu gerçekleşebilmektedir. EAB'ler kanal boyu tespitinin yanında perforasyonların tespitinde de klinisyenlere katkı sağlamaktadırlar. Devital dişlerde perforasyon alanında kanamanın başlaması hekimin kolayca perforasyon varlığını tespit etmesini sağlarken vital dişlerde perforasyonun tespiti daha zor olmaktadır. Eğer oluşan perforasyon kanal girişi zannedilerek genişletme ve irigasyon işlemlerine geçilirse oldukça dramatik tablolar oluşabilmektedir.<sup>32</sup> Perforasyon alanına kanal eğesinin temas ettirilmesi ve eğenin EAB ye bağlanması sonrası EAB göstergesinde eğenin kanalın dışında olduğunda alınan sinyale benzer bir sinyal alınır ve perforasyon varlığı kolaylıkla tespit edilir.

Aşırı eğimli köklere sahip dişlerde kanal preparasyonu esnasında doğru teknik ve aletler kullanılmazsa kanal anatomisiyle paralel bir şekillendirme yapılamaz ve basamak oluşumu, devamında da perforasyon oluşumu gerçekleşir. Bu gibi durumlarda EAB'ler perforasyonun lokalizasyonunun tespitini kolaylaştırır.

Apikal rezeksiyon uygulanmış dişlerde kanal tedavisi yenilenmesi gereken durumlarda kanal boyu tespiti zorlaşmaktadır; özellikle kökün eğimli olarak kesildiği

olgulara radyografik yöntemle boy tespiti güvenli olmayabilir. ElAyouti ve ark.<sup>33</sup> yaptıkları çalışmada EAB'lerin kanalın sonlandığı noktayı kabul edilebilir düzeyde başarılı bir şekilde tespit ettiğini rapor etmişler, en başarılı sonucun % 90 lık doğruluk oranıyla Root ZX'e ait olduğunu bildirmişlerdir.

Horizontal kök kırıklarının lokalizasyonunun tespitinde EAB'lerin kullanımı değerlendirilmiş ve oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır.<sup>34-36</sup> Oblik şekilde oluşan kırıklarda kanalın devamlılığının bozulduğu noktanın lokalizasyonunun tespiti iki boyutlu radyografide oldukça zordur ve EAB'lerin kullanımı daha güvenli bir şekilde tedavinin sürdürülmesine katkı sağlamaktadır.

EAB'lerin kalp pili taşıyan hastalarda kullanımına şüpheyle yaklaşılmaktadır. Üretici firmalar özellikle kullanılmamalarını önermektedirler.<sup>37</sup> Ancak konuyla ilgili literatür incelendiğinde yeni nesil EAB'lerin kalp pili taşıyan hastalarda kullanılabilmesi vurgulanmakta, ancak kardiyoloji uzmanının onayı ve yönlendirmesiyle hastada yer alan kalp pilinin çalışma dizaynı gözden geçirilerek tedaviye başlanması önerilmektedir.<sup>38-40</sup>

### Sonuç

Günümüzde teknolojik ilerlemelerle paralel olarak çalışma mekanizmaları geliştirilen yeni nesil EAB'ler yardımıyla yüksek başarı oranı ile çalışma boyu belirlenebilmekte ve bu cihazların kullanımı hekimlerin daha az periapikal film çekerek güvenli bir şekilde endodontik tedavi uygulamalarına olanak tanımaktadır.

### Kaynaklar

1. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1967; 723-44.
2. Chugal NM, Clive JM, Spångberg LS. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 96: 81-90.
3. Certosimo FJ, Milos MF, Walker T. Endodontic working length determination--where does it end? *Gen Dent* 1999; 47: 281-6.
4. Grove C. Why canals should be filled to the dentino-cemental junction. *JADA* 1930; 17: 293-6.
5. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J* 1998; 31: 384-93.
6. Lee SJ, Nam KC, Kim YJ, Kim DW. Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit. *J Endod* 2002; 28: 706-9.
7. Kuttler Y. Microscopic investigation of root pexes. *J Am Dent Assoc* 1955; 50: 544-52

8. Martos J, Ferrer-Luque CM, Gonza' lez-Rodríguez MP, Castro LAS. Topographical evaluation of the major apical foramen in permanent human teeth. *Int Endod J* 2009; 42: 329-334.
9. Tınaz CA. Kanal tedavisinde çalışma boyutu. *GÜ Dişhekimliği Fak Derg* 2001; 18: 31-37.
10. Custer C. Exact methods for locating the apical foramen. *J Nat Dent Assoc* 1918; 5: 815-9.
11. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *Jpn J Stomatol* 1942; 16: 411-29.
12. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962; 41: 375-87.
13. Ebrahim AK, Wadachi, R, Suda, H. Electronic apex locators—a review. *J Med Dent Sci* 2007; 54: 125-36.
14. Nekoofar MH, Ghandi M M, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J* 2006; 39: 595-609.
15. Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J* 2004; 37: 728-33.
16. Suchde RV, Talim SD. Electronic ohmmeter: an electronic device for the determination of the root canal length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Endod* 1977; 42: 141-9.
17. Inoue N. Dental stethoscope measures root canal. *Dent Surv* 1972; 48: 38-9.
18. Fouad A, Krell K, McKendry D, Koobusch G, Olson R. Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endod* 1990; 16: 446-9
19. Himel V, Schott R. An evaluation of the durability of apex locator insulated probes after autoclaving. *J Endod* 1993; 19: 392-4.
20. Christie W. Clinical observation on a newly designed electronic apex locator. *Can Dent J* 1994; 59: 756-22.
21. 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. *Dent Jpn* 1990; 27: 65-72.
22. Frank AL, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod* 1993; 19: 177-9.
23. Kobayashi C, Matoba K, Suda H, Sunada I. New practical model of the division method electronic root canal length measuring device. *J Jpn Endod Assoc* 1991; 12: 143-8.
24. Lucena-Martín C, Robles-Gijón V, Ferrer-Luque CM, de Mondelo JM. In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. *J Endod* 2004; 30: 231-3.
25. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod* 1994; 20: 111-4.

26. Dunlap C, Remeikis N, BeGole E, Rauschenberger C. An *in vivo* evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. *J Endod* 1998; 24: 48–50.
27. Shabahang S, Goon W, Gluskin A. An *in vivo* evaluation of Root ZX electronic apex locator. *J Endod* 1996; 22: 616–8.
28. Tınaz AC, Sibel Sevimli L, Gorgul G, Turkoz EG. The effects of sodium hypochlorite concentrations on the accuracy of an apex locating device. *J Endod* 2002; 28: 160-2.
29. Vera J, Gutierrez M. Accurate working-length determination using fourth-jeneration apex locator. *J Contemp Endod* 2004; 1: 4-8.
30. Serota KS, Vera J, Barnett F, Nahmias Y. The new era of foraminal location, *Endodontic Practice* 2004; 7: 17-22.
31. Plotino G, Grande NM, Brigante L, Lesti B, Somma F. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and Propex. *Int Endod J* 2006; 39: 408-414.
32. Gatot A, Arbelle J, Leiberman A, Yanai-Inbar I. Effects of sodium hypochlorite on soft tissues after its inadvertent injection beyond the root apex. *J Endod* 1991; 17: 573-4
33. ElAyouti A, Weiher R, Löst C. The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *J Endod* 2002; 28: 116-9.
34. Azabal M, Garcia-Otero D, Macorra JC. Accuracy of the Justy II Apeks locator in determining working length in simulated horizontal and verticak root fractures. *Int Endod J* 2004; 37: 174-7.
35. ElAyouti A, Weiher R, Löst C. The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *J Endod* 2002; 28: 116-9.
36. Goldberg F, Frajlich S, Kuttler S, Manzur E, Briseño-Marroquín B. The evaluation of four electronic apex locators in teeth with simulated horizontal oblique root fractures. *J Endod* 2008; 34: 1497-9.
37. Root ZX operating instructions. Tustin, CA: J Morita Corp.
38. Beach CW, Bramwell JD, Hutter JW. Use of an electronic apex locator on a cardiac pacemaker patient. *J Endod* 1996; 22: 182-4.
39. Gomez G, Duran-Sindreu F, Jara Clemente F, Garofalo RR, Garcia M, Bueno R, Roig M. The effects of six electronic apex locators on pacemaker function: an *in vitro* study. *Int Endod J* 2013; 46: 399-405.
40. Garofalo RR, Ede EN, Dorn SO, Kuttler S. Effect of electronic apex locators on cardiac pacemaker function. *J Endod* 2002; 28: 831-3.

---

#### Yazışma Adresi

Dr. Mehmet Emin KAVAL  
Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı  
35100 İzmir  
Tel: +902323114608  
e-mail: mehmetkaval@hotmail.com