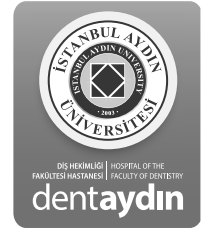




# Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>



## ELEKTRONİK KÖK KANAL UZUNLUĞU ÖLÇÜM CİHAZLARI

DergiPark  
AKADEMİK

Uzm. Dt. Nilay BUDAK<sup>1</sup>, Prof. Dr. Rüstem Kemal SÜBAY<sup>1</sup>, Dr. Öğr. Üyesi Celalettin, TOPBAŞ<sup>1</sup>

### ABSTRACT

Performing root canal treatment procedures within the anatomical borders of the root canal system is fundamental for a successful treatment. To achieve this, working length must be recorded precisely. It is generally accepted that ideal end point of the root canal treatment procedure is apical construction (minor foramen). Several techniques have been used for determining the working length such as finger sensitivity, paper point technique, conventional and digital radiography and electronic method.

Nowadays, electronic root canal length measurement is a popular and established method, using for working length determination. Electronic root canal length measurement devices (ERCLMDs) were developed based on the idea that dentine and cement which are electrically nonconductive, and periodontal ligamentum and the conductive fluids in the root canal can act a complex electrical network. It is found that the electrical resistance between oral mucous membrane and periodontal ligament is 6,5 kΩ and the devices which can measure the length of root canal were developed by using this constant resistance.

The aims of this paper are to present the electrical principles of ERCLMDs and to evaluate the working accuracies of these devices.

**Keywords:** apex locators, working length, endodontics

### ÖZET

Kök kanal tedavisi işlemlerinin, kanal sisteminin anatomik sınırları içerisinde kalarak gerçekleştirilmesi tedavinin başarısında esastır. Bunu gerçekleştirebilmek için çalışma boyunun doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir. Kök kanal şekillendirilmesi ve dolgusu için ideal bitim sınırının kök kanalının en dar yeri olan “apikal daralım” (AD) olduğu genel olarak kabul edilmiş bir görüştür. Geçmişten günümüze kadar, çalışma boyunu belirlemek için; parmak hassasiyeti, kâğıt kon yöntemi, konvansiyonel ve dijital radyografi ve elektronik yöntem gibi teknikler kullanılmıştır.

Kök kanal uzunluğunun elektronik olarak ölçümü, çalışma boyu belirlenmesinde kullanılan ve günümüzde popülerliği artmakta olan bir yöntemdir. Elektronik kök kanal uzunluğu ölçüm cihazları (EKKUÖC), elektrik akımına karşı yalıtkan olan dentin ve sement dokuları, elektrik akımını iletebilen periodontal ligament ve kök kanalı içindeki iletken maddelerin karmaşık elektriksel bir devre gibi davrandığı düşüncesinden yola çıkılarak geliştirilmiştir. Oral müköz membran ile periodonsiyum arasındaki elektrik direncinin yaklaşık 6,5 kΩ olduğu bulunmuş ve bu sabit direnç değeri kullanılarak, kök kanal uzunluğunu ölçen elektronik cihazlar geliştirmiştir.

Bu derlemenin amacı EKKUÖC’ nın elektriksel çalışma prensiplerini ve günümüze kadar üretilen EKKUÖC tiplerinin özelliklerini ve klinik çalışma etkinliklerini değerlendirmektir.

**Anahtar Kelimeler:** apeks bulucular, çalışma boyu, endodonti

<sup>1</sup> İstanbul Aydın Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı

## GİRİŞ

Kök kanal tedavisi işlemlerinin, kanal sisteminin anatomik sınırları içerisinde kalarak gerçekleştirilmesi tedavinin başarısında esastır.<sup>1</sup> Belirlenen sabit bir koronal referans noktası ile kök kanal dolgusunun bitirilmesi gereken ideal nokta arasındaki uzunluk olarak tanımlanan çalışma boyunun doğru olarak belirlenmesi, tedavinin başarısında önemli bir rol oynar.<sup>2,3</sup>

Kök kanal şekillendirilmesi ve dolgusu için ideal bitim sınırının kök kanalının en dar yeri olan AD olduğu genel olarak kabul edilmiş bir görüşür.<sup>4,5</sup> Kanal dolgusu AD'de bitirildiğinde olası en küçük yara dokusu oluşmakta ve iyileşme uygun bir şekilde gerçekleşmektedir.<sup>6</sup> Referans noktası ile bu nokta arasındaki mesafeyi, yani çalışma boyunu belirlemek için; parmak hassasiyeti, kâğıt kon yöntemi, konvansiyonel ve dijital radyografi ve elektronik yöntem gibi teknikler kullanılmıştır.<sup>7</sup>

Kök kanal uzunluğunun belirlenmesinde en sık kullanılan yöntem radyografidir. Ancak radyografide üç boyutlu yapıların iki boyutlu görüntüsünün elde edilmesi ve bazı anatomik yapıların görüntü üzerine süperpoze olabilmesi nedeniyle çalışma boyunu tespit etmek zordur. Röntgen ışınının projeksiyonuna bağlı olarak oluşabilecek distorsiyonlar kanal boyunun hatalı tespitine sebep olabilir.<sup>8,9</sup> Ayrıca, periapikal radyografi esnasında yayılan radyasyon dozu düşük olsa da, insan sağlığına zararlıdır. Radyografinin bu dezavantajları ve diğer kanal boyu tespit yöntemlerinin yetersizlikleri nedeniyle, kanal tedavisinde çalışma uzunluğunu belirlemek için EKKUÖC kullanım yaygınlığı günümüzde artmaktadır.<sup>10,11</sup>

İlk olarak, 1942 yılında Suzuki, oral mukoza ile periodontal ligament arasında 6,5 k $\Omega$ 'luk sabit bir elektriksel direnç olduğunu saptamıştır. Bu bilgiden yararlanarak, Sunada 1962 yılında ilk EKKUÖC'ni geliştirmiştir.<sup>16,17</sup> İlk üretilen cihazlar rezistansı hesaplayarak kök kanal uzunluğunu belirlerken, ilerleyen yıllarda düşük frekanslı titreşim kullanarak, empedans hesaplayarak, 2 farklı frekans kullanarak ve multifrekans kullanarak kök kanal uzunluğunu belirleyen cihazlar geliştirilmiştir.<sup>5</sup>

Bu derleme çalışmasının amacı geçmişten günümüze kadar geliştirilen EKKUÖC'lerin elektriksel çalışma özelliklerini ve endodontik çalışma başarılarını değerlendirmektir.

### Apikal kanal bölgesinin anatomisi

Kök kanal sistemi, en uç noktası olan majör apikal foramenden başlayarak daralmaya başlar ve kanalın en dar noktası olan minör apikal foramene veya diğer ismiyle apikal daralma (AD) kadar bu daralma devam eder.<sup>4,5</sup> Apikal foramenden minör apikal foramen kadar olan bölge tersine konik bir şekil oluştururken, bu bölgede pulpa dokusu periodontal dokuya dönüşmeye başlar ve yine bu bölgede sement dokusu bulunur.<sup>4</sup> Minör apikal foramenden sonra kuronale doğru ise kanal tekrar genişlemeye başlar.<sup>4</sup> Teorik olarak kanal duvarlarında sementin olmadığı ve dentinin başladığı nokta sement-dentin sınırındadır ve kanal dolgusunun bu noktada bitirilmesi gerektiği günümüze kadar kabul edilen bir düşüncedir.<sup>4</sup> Diğer taraftan klinik olarak sement-dentin sınırını belirlemek mümkün değildir. Ayrıca, birçok dişte sement dokusunun apikal daralımın kuronale yani kök kanalının içerisine doğru ilerleyebildiği gösterilmiştir.<sup>4,5</sup> Bu nedenlerle, günümüzde endodontik tedavi işlemlerinin ideal bitim sınırının apikal daralım olması gerektiği düşüncesi genel olarak kabul edilmektedir.<sup>5</sup>

### **Elektrik enerjisinin ve dış dokularının elektriksel özellikleri**

Atomların yörüngelerinde negatif yüklü elektronlar, çekirdeklerinde ise pozitif yüklü protonlar ve yüksüz nötronlar bulunur. Atomun en dış yörüngesinde bulunan elektronlar, atoma daha gevşek bağlıdırlar ve bu elektronlar yeterli termal enerjiye sahip olduğunda ana atomdan ayrılarak serbest elektron haline geçebilmektedir. Serbest elektronlar elektrik iletkenliği sağlar. Elektronlar elektriksel bir devrede tel üzerinde akabildikleri gibi, iyonlar içeren solüsyonlar boyunca da taşınabilmektedirler. Bir atomda elektronlar protonlardan fazla ise, elektriksel olarak negatif yüklenir. Bunun tersine, elektronlar daha az olursa, atom pozitif elektriksel yüke sahip olur. Farklı polariteye sahip maddeler birbirini çekerken, aynı polariteye sahip maddeler birbirini itmektelerdir.<sup>5</sup>

Çekim kuvvetlerinin üstesinden gelmek ve yükleri belli bir mesafeye kadar ayırmak için bir miktar enerji gereklidir. Tüm zıt yükler, aralarındaki çekim kuvveti nedeniyle belirli bir potansiyel enerjiye sahiptir. Yüklerin potansiyel enerjileri arasındaki farklar voltaj olarak tanımlanır. Voltaj, elektronlara veya iyonlara, onların devre boyunca hareketini sağlayan enerjiyi verir. Bu hareket bir elektrik devresinde, yapılan iş ile sonuçlanan elektrik akımıdır. Bir maddede serbest elektron akımı olduğunda, elektronlar zaman zaman atomlarla çarpışmakta ve enerjilerinin bir kısmını kaybetmektedir. Bu enerji kaybı elektron hareketlerini kısıtlamaktadır. Bu kısıtlama maddenin tipine göre değişmektedir ve bu özellik direnç (rezistans) olarak tanımlanır.<sup>5</sup>

İnsan vücudundaki bir nokta yüksek voltaj ile temas ederse ve diğer bir nokta ise düşük voltaj ile temas ederse, vücutta bu iki nokta arasında bir elektrik akımı meydana gelir.<sup>5,12</sup>

Vücut kütlesi, deri nemliliği, voltaj potansiyeli ve vücudun temas noktaları gibi pek çok faktöre bağlı bir dirence sahiptir, bu nedenle birkaç miliamperlik düşük akımları hissetmez.<sup>5,13</sup>

Doğru akım ve alternatif akım olmak üzere iki farklı akım mevcuttur. Doğru akımda birim zamandaki akım miktarı sabittir, buna karşın alternatif akımda ise akım miktarı zamanla değişir. Akım-zaman grafiğinde alternatif akım, sinüs dalgası şeklinde bir eğri oluşturur. Bir sinüs dalgasının bir saniyede tamamladığı devir sayısı frekans olarak tanımlanır.<sup>5</sup>

Kondansatör, dielektrik adı verilen yalıtkan bir materyal ile ayrılmış, birbirine paralel iki iletken metal plakadan oluşur. Kondansatör bir doğru akım voltaj kaynağına bağlandığında, elektronlar (negatif yükler) bir plakaya negatif yük, diğerine de pozitif yük kazandırarak birinden diğerine hareket etmektedir. Voltaj kaynağının bağlantısı kesildiğinde, kondansatör depolanmış yükü korur ve voltaj olduğu gibi devam eder. Kondansatörün depolayabileceği yük miktarı kapasitans olarak tanımlanmaktadır.<sup>5</sup> Kondansatör sabit doğru akımı bloke ederken, alternatif akımın geçişine izin vermektedir. Fakat kapasitans büyüklüğüne ve alternatif akımın frekansına bağlı olarak bir miktar direnç oluşabilir. Bu direnç kapasitif reaktans olarak isimlendirilir. Kondansatörü ve rezistörü olan bir devre alternatif akım devresine bağlandığında, alternatif akıma karşı oluşan toplam direnç empedans olarak adlandırılır.<sup>5</sup>

Kök kanalları, elektrik akımına karşı yalıtkan olan dentin ve sement ile çevrelenmiştir. Ancak minör apikal foramende, kanal içindeki iletken maddeleri periodontal ligamente bağlayan ve elektrik akımını ileten dar ve küçük bir aralık vardır. Kanalın dirençli

maddeleri (dentin ve sıvı) kendilerine özgü dirençlilikleri ile; uzunluk, kesit alanı ve materyallerin dirençliliği gibi faktörlere bağlı bir rezistör oluştururlar.<sup>5</sup>

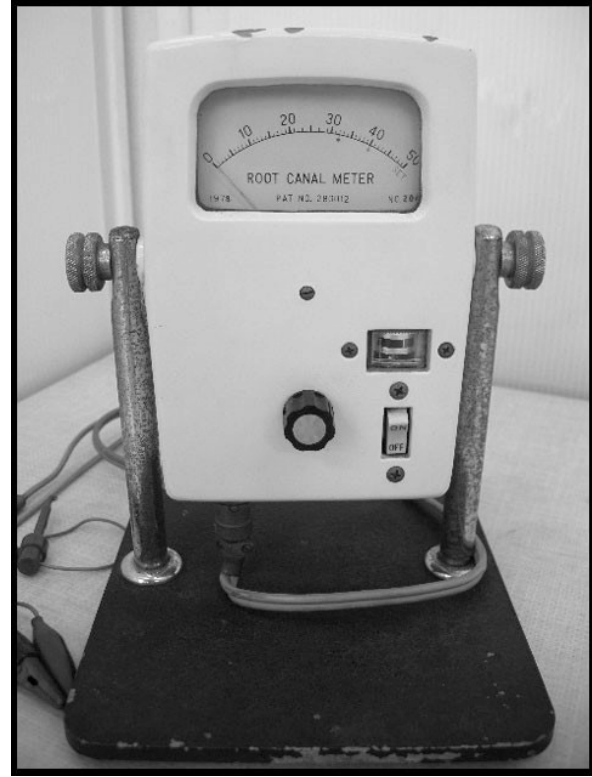
Diş dokuları, direnç özelliğinin yanı sıra kapasitif özellikler de taşımaktadır. Belirli bir yüzeysel alanı olan kanal eğesi kondansatörün bir plakası, dentin dışındaki iletken madde (örn.periodontal ligament) kondansatörün diğer plakası olarak düşünüldüğünde; kanal içerisindeki doku ve sıvı, kanal duvarının sement ve dentinine ilave olarak, iki iletken plakanın ayırıcıları olarak fonksiyon görmektedir. Bu yapı, karışık bir kondansatör yapısını oluşturmaktadır.<sup>5</sup> Meredith ve Gulabivala, periapikal dokuları da içeren ve kök kanal sistemini örnekleyen eşit bir devre tanımlamışlardır. Kök kanalının, dirençli ve kapasitif elemanları ile karmaşık elektriksel bir devre gibi davrandığını ileri sürmüşlerdir.<sup>14</sup>

### 1.Rezistans tip EKKUÖC

Rezistans tip EKKUÖC, endodontik eğe ile dudak klipsi arasındaki devrenin, basit bir dirençli devre ile oluşturulabileceği görüşüne dayanmaktadır.<sup>5</sup> Bu devreye uygulanan doğru akıma karşı oluşan direnci hesaplayarak ölçüm yapmaktadır.<sup>18</sup>

İlk rezistans tip cihaz Sunada tarafından 1962 yılında geliştirilmiştir (Resim 1). The Root Canal Meter (Onuki Medical Co, Tokyo, Japonya) isimli cihazın oral mukozaya temas eden birinci elektrotu ile kanal içinden periodontal ligamente ulaşan kanal eğesine bağlanan ikinci elektrotu arasındaki elektriksel rezistansın farkı ölçülmektedir.<sup>17</sup> Cihazın göstergesi, daha önceden tespit edilmiş olan sabit değeri (6.5 k $\Omega$ ) gösterdiğinde, bu okuma apikal foramen olarak

değerlendirilmektedir.<sup>17,19</sup> Orijinal cihazda yüksek akımlar nedeniyle acı hissedildiği için, geliştirmeler yapılarak, 5 $\mu$ A'dan daha düşük akım kullanan Endodontic Meter ve Endodontic Meter S II (Onuki Medical Co.) piyasaya sürülmüştür.<sup>20,21</sup>



Resim 1: Root Canal Meter

Rezistans tip EKKUÖC'lerin birçoğunun, kanal içinin kuru olduğu durumlarda doğru sonuç verdiği gösterilmesine rağmen, kanal içinde kanama, cerahat, pulpa dokusu varlığında ölçüm doğruluklarının azaldığı gösterilmiştir. Kanal aleti, kanal ile periodontal ligament arasında bağlantı oluşturan iletken sıvıya temas ettiğinde, rezistanslı cihazın bu noktayı periodontal ligament olarak algılaması nedeniyle devre tamamlanır ve erken okuma oluşabilir.<sup>22,23,24</sup> Doğru akımın

bir diğer dezavantajı da hasta tarafından elektrik şokunun hissedilmesidir.<sup>10</sup> Doğru akımın dezavantajlarını ortadan kaldırmak için, alternatif akımın kullanımı önerilmiştir.<sup>22</sup> Alternatif akım dokuda daha az hasar oluşturur ve ıslak ortamda çalışma yapma olanağı sağlar. Diğer taraftan, ıslak ortamda kanalın kapasitif bileşeninin daha baskın hale gelmesi nedeniyle, cihaz güvenilirliği etkilenmektedir.<sup>5,14,22</sup>

Rezistans tip cihazlar arasında Dentometer (Dahlin Electromedicine, Copenhagen, Denmark) ve Endo Radar da (Elettronica Liarre, Imola, İtaly) bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda, bu cihazlar güvenli bulunmamıştır.<sup>25</sup>

## 2. Empedans tip EKKUÖC

Bu cihazlar, ege ile dudak klipsi arasında oluşan elektrik devresine alternatif akım uygulandığında, akıma karşı oluşan direnci yani empedansı hesaplayarak ölçüm yapar.<sup>20</sup>

İnoue ve Skinner, periodontal ligament ile gingival sulkus arasındaki empedansın, periodontal ligament ve oral mukoza arasındaki empedansla aynı olması fikrinden yola çıkarak, Sono Explorer (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japonya) isimli cihazı geliştirmiştir (Resim 2).<sup>26</sup> Bu cihazın bir elektrotu gingival sulkusa yerleştirilerek empedans ölçümü yapılır. Ölçülen empedansın oluşturduğu düşük frekanslı titreşimler sese dönüştürülür. Cihazın diğer elektrotuna bağlanan kanal egesi kanal içinde ilerletilirken, gingival sulkusta yapılan ölçüm ile oluşan sesin aynısı elde edilirse, periodontal ligamente ulaşılmış olduğu kabul edilir. Bu cihazın en önemli dezavantajı, her ölçüm için gingival sulkusta yeni bir kalibrasyonun gerekmesidir.<sup>5,26</sup>



Resim 2: Sono Explorer

1979 yılında Hasegawa ve arkadaşları tarafından geliştirilen Endocater (Yamaura Seisokushu, Tokyo, Japonya) isimli cihazda yüksek frekans dalgası kullanılmıştır.<sup>27</sup> Bu cihazda ayrıca, ölçüm doğruluğunu arttırmak için, kapasitif değeri azaltarak yalıtılmış eğerler kullanılmaktadır. Ancak yalıtım materyali kolayca ayrılabilirdiği için dar kanallarda kullanılması uygun değildir.<sup>28</sup> Buna ek olarak, sterilizasyon sonrası materyalin yalıtım özelliğinin azaldığı bildirilmiştir.<sup>29</sup>

Formatron IV (Parkell Deantal, Farmingdale, NY, ABD), Digipex I, II ve III (Mada Equipment Co., Carlstadt, NJ, ABD), Endo Analyzer (Analytic/Endo, Orange, CA, ABD) ve Exact-A-Pex (Ellman International, Hewlett, NY, ABD) cihazları da empedans tip cihazlar arasındadır.<sup>20</sup> Bu tip cihazların en önemli dezavantajı, rezistans tip cihazlarda da olduğu gibi, kanal içinde elektrik iletensıvıların varlığında doğru ölçüm yapamamasıdır.<sup>30</sup>

### 3. Frekans tip EKKUÖC

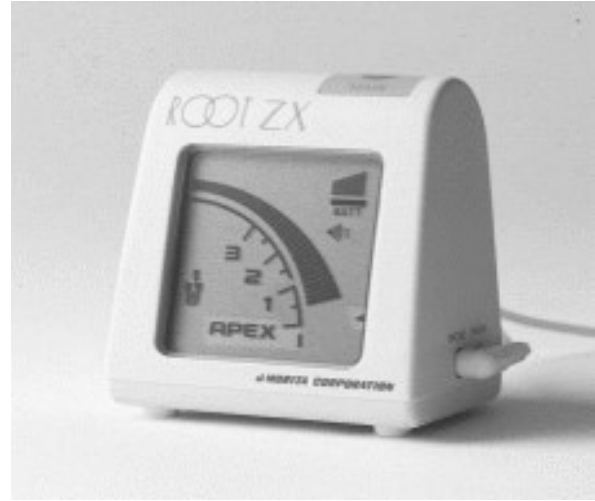
Bu tip cihazlar empedans tip cihazlara benzerler, ancak kök ucunu belirlemek için birden fazla frekansta akım kullanarak empedans ölçümü yaparlar.<sup>31</sup>

Yamaoka, Apit/Endex (Osada Electric Co, Tokyo, Japonya) ismiyle piyasaya sürülen, iki farklı frekansta empedans ölçümü yapıp bu ölçümlerin farkını hesaplayan bir cihaz geliştirmiştir (Resim 3). Kanal eğesi apikal foramene ulaştığında iki empedans ölçümü arasındaki fark aniden artar, bu sayede kanal boyu belirlenir.<sup>32</sup> Bu cihazın en önemli avantajı, kanal içinde elektrolit varlığında ölçüm yapabilesidir. Ancak her kullanımda kalibrasyon gerektirmesi ve kuru ortamda tutarlı ölçümler yapmaması gibi dezavantajları vardır.<sup>33,34</sup>

Apit/Endex ile ilgili yapılan çalışmada, cihazın  $\pm 0,5$  mm'lik aralıkta apikal forameni %81 oranında doğru olarak belirlediği bildirilmiştir.<sup>32</sup> Frank ve Torabinejad ise, Endex'i apikal darlığı  $\pm 0,5$  mm aralığında tespit etmede %89.64 oranında başarılı bulmuşlardır.<sup>34</sup>



Resim 3: Apit/Endex



Resim 4: Root ZX

Root ZX (J Morita, Tokyo, Japonya) Kobayashi ve ark. tarafından geliştirilmiştir (Resim 4).<sup>35</sup> Root ZX aynı anda 0,4 ve 8 kHz'lik frekanslarda empedans değerlerini ölçüp oranlayarak kanal boyunu belirler.<sup>35</sup> Root ZX'in nemli ortamlarda ölçüm yapabilesi ve kalibrasyon gerektirmemesi öne çıkan bir özelliğidir.<sup>36</sup>

Root ZX, piyasaya sürüldüğü zamandan beri literatürde birçok çalışmada yer almıştır. Bulgular apikal foramen ya da sement-dentin birleşiminden  $\pm 0.5$  mm sapma aralığında %90 doğruluk oranı vermiştir. Sapma miktarının  $\pm 1.0$  mm olarak kabul edildiği birçok çalışmada doğruluk oranı %100 tespit edilmiştir.<sup>37</sup>

Frekans tip cihazların diğer örnekleri şunlardır: The Neosono Ultima EZ (Satelec Inc., Mount Laurel, NJ, ABD), Justy II (Yoshida Co., Tokyo, Japonya), Mark V Plus (Moyco/Union Broach, Bethpage, NY, ABD), Endy 5000 (Loser, Leverkusen, Germany).<sup>20</sup>

#### 4. Orantı tip EKKUÖC

2003 yılında, devrenin kapasitans ve rezistansını ayrı ayrı hesaplayan, Elements Diagnostic Unit isimli cihaz piyasaya sürülmüştür. Cihaz yaptığı kapasitans ve rezistans ölçümlerini kendi veri tabanındaki değerlerle karşılaştırarak kanal eğesinin apekse olan uzaklığını belirler. Üretici firma, modern elektronik dijital devrelerin bir sonucu olarak bu cihazın daha önceki cihazlardan daha tutarlı ölçümler yaptığını iddia etmektedir.<sup>38</sup>

Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, İsrail), 400 Hz ve 8 kHz' lik iki farklı frekans kullanan, ancak her defasında yalnızca tek bir frekanstan gelen sinyali değerlendirerek kanal uzunluğunu hesaplayan bir cihazdır.<sup>20</sup> In vitro bir çalışmada Bingo 1020'nin Root ZX kadar güvenilir olduğu gösterilmiştir.<sup>39</sup>

Bingo 1020 daha sonra Dentsply tarafından Raypex 4 (VDW, Münih, Almanya) olarak piyasaya sunulmuştur (Resim 5). 40RayPex 4'ün başarısını, dijital ekrandaki '0.0' çizgisinde %94.8, '0.5' çizgisinde %90.7, '1.0' çizgisinde ise %72.5 bulunmuştur.<sup>40</sup>



Resim5: Raypex 4

#### 5. Multifrekans tip EKKUÖC

EKKUÖC' nın ölçüm doğruluğunu arttırmak için geliştirilen sistemlerden biri de, ikiden fazla frekans kullanarak empedans ölçümü yapmaktır.<sup>20</sup> Endo Analyzer 8005 (Analytic Endodontics, Sybron Dental, Orange, CA, ABD) ve AFA Apex Finder 7005 (Analytic Endodontics, ABD) beş farklı frekansta empedans ölçümü yapar, daha sonra bu ölçümler AD' yi tespit etmek için cihaz tarafından analiz edilir.<sup>41</sup> Yapılan bir çalışmada AFA Apex Finder, vital pulpalı dişlerin %93.9'unda efektif çalışmıştır, diğer taraftan nekrotik kanalların %76.6'sında AD' yi doğru olarak saptamıştır.<sup>24</sup> Welk ve ark.yaptıkları çalışmada, Endo Analyzer 8005'in AD' yi belirlemedeki başarısını %34.4 bulmuşlardır.<sup>41</sup>

Diğer bir multifrekans tip EKKUÖC olan ProPex (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, İsviçre), ikiden fazla frekans kullanarak çalışma boyunu belirler. ProPex 'i diğer cihazlardan ayıran en önemli özelliği, hesaplamayı sinyalin enerjisini kullanarak yapmasıdır. Diğer multifrekanslı EKKUÖC ise hesaplamayı sinyalin amplitüdünü kullanarak yaparlar. Üretici firma, enerji kullanarak yapılan ölçümün daha doğru olduğunu iddia etmektedir.<sup>42</sup> Üretici firma daha sonra aynı prensiple çalışan Propex II ve Propex Pixi (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, İsviçre) cihazlarını piyasaya sunmuştur (Resim 6-7).<sup>42</sup>



Resim 6: Propex II



Resim 7: Propex Pixi

Yüksek frekansta ölçüm yaparken, vücuttaki organlardan düşük frekanslı elektrik sinyalleri yayılarak bir internal elektronik gürültü oluşur ve bu gürültü EKKUÖC'nin ölçüm yapmasını zorlaştırır.<sup>43</sup> Üretici firmaya göre, Propex II'nin internal elektronik gürültüyü azaltabilmesi nedeniyle çalışma doğruluğu artmıştır.<sup>43,44,45</sup> Propex Pixi ise 2013 yılında piyasaya çıkmış, cep boyutunda, multifrekans tip bir EKKUÖC'dir. Propex II'deki gibi sinyal enerjisini baz alarak ölçüm yapar.<sup>46</sup> Firma eski sürüm cihazlarına göre, cihazın teknik özelliklerinden çok ergonomisine dikkat çekmektedir. Avuç içine sığacak kadar küçük ve hafif olan avantajları ile tanıtılmıştır.<sup>46</sup>

Raypex 6 (VDW, Munich, Almanya), taşınabilir bir mikroçip ile kontrol edildiğinden kalibrasyon gerektirmeyen multifrekans bir cihazdır.<sup>31</sup> Joypex5 (Denjoy Dental Corporation, Changsha City, Çin) ve Root ZX II (J. Morita, Irvine, CA, ABD) cihazları da multifrekans tip cihazlar arasındadır.<sup>47</sup>

Multifrekans cihazların, kanal içinde iletken solüsyonların varlığında da başarılı ölçüm

yapabildiği, ancak kanal içinin tamamen kuru olduğu durumlarda ölçüm doğruluğunun azaldığı bildirilmiştir.<sup>18</sup>

## 6. Adaptif tip EKKUÖC

Bu cihazlar geliştirme aşamasında olan EKKUÖC'dir. Bu tip cihazların en önemli özelliği kanal nemlilik koşullarına uyum sağlayabilmesidir. Adaptif tip EKKUÖC'nin özellikle kuru kanallarda ölçüm doğruluğu azalan multifrekans cihazların bu dezavantajının üstesinden geldiği belirtilmektedir.<sup>18</sup> Bu cihazların, ölçüm öncesi kanal kurutma veya nemlendirme ihtiyacını ortadan kaldırdığı, kanalda pulpa, kanama veya eksuda varlığında doğru ölçüm yapabildiği ileri sürülmektedir.<sup>31</sup> Literatürde henüz bu cihazlar hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır.

## Tartışma

Endodontik tedavinin amacı kanal sisteminin içini dezenfekte edip sızdırmaz bir şekilde doldurarak, periapikal dokularda oluşabilecek iltihapsal değişiklikleri önlemektir.<sup>1</sup> Bunu sağlamanın ilk ve önemli aşamalarından biri de çalışma boyunu doğru olarak belirlemektir. Çalışma boyu normalden eksik hesaplanıp şekillendirme işlemleri yapıldığında kanal içindeki enfekte dokular tam olarak temizlenemez, kanal boyundan uzun hesaplandığında ise preparasyona bağlı olarak periapikal dokular zarar görür.<sup>2,3</sup>

Endodontik tedavi prosedürlerinin kök kanalının en dar bölgesi olan AD'de bitirilmesi düşüncesi yaygın olarak kabul görmüştür.<sup>4,5</sup> Kanal şekillendirmesi ve dolgusu AD'de bitirildiğinde hem kanal içerisinde vital pulpa dokusu veya enfekte pulpa kalmaz hem de şekillendirme sırasında periapikal dokularda oluşan yara küçük çaplı olduğu için iyileşme uygun bir şekilde gerçekleşebilir.<sup>1</sup>



Yapılan histolojik çalışmalarda, AD'yi aşan şekillendirme ve dolgu işlemlerinin şiddetli iltihapsal reaksiyona yol açabildiği gösterilmiştir.<sup>1</sup>

Kanal şekillendirmenin bitim noktasını yani AD'yi belirlemek ve kök kanal boyunu hesaplamak için; parmak hassasiyeti, kâğıt kon yöntemi, konvansiyonel ve dijital radyografi ve elektronik yöntem gibi birçok farklı yöntem kullanılmıştır.<sup>7</sup> Bu yöntemlerden en popüler olanı radyografik metottur. AD'nin radyografik apeksten 0,5-1 mm geride bir mesafede olduğu kabul edilen bir görüş olmakla beraber, bu anatomik noktaların birbiriyle ilişkisi, eksik veya taşkın preparasyona neden olabilecek şekilde dişten dişe farklılıklar gösterebilir.<sup>8</sup> Çalışmalarda radyografik olarak belirlenmiş kanal uzunluklarının, gerçek kanal uzunluklarından önemli şekilde sapma gösterdiğini bildirilmiştir.<sup>8,9</sup>

Modern EKKUÖC'nin başarı oranı %90'ın üzerindedir.<sup>48,49</sup> Ancak yapılan farklı çalışmalarda EKKUÖC'nin ölçüm doğruluğunun apikal foramenin çapı, kullanılan kanal aletinin çapı, kök rezorbsiyonu, kanal içinde iletken sıvıların varlığı gibi birçok faktörden etkilendiği bildirilmiştir.<sup>10,20,48,49</sup> Örneğin Ebrahim ve ark. yaptıkları çalışma sonucunda, apikal foramenin çapı arttıkça, küçük numaralı aletle ölçülen uzunlukların kısalacağını belirtmişlerdir ve apikal çapa uyan kanal aletleriyle daha doğru ölçümler yapıldığını bildirmişlerdir.<sup>19</sup> Başka bir çalışmada apikal foramen çapının EKKUÖC başarısını anlamlı derecede etkilediği bildirilmiştir.<sup>50</sup> Kanal içerisinde iletken sıvı varlığının EKKUÖC'nin başarısı üzerine etkisini değerlendiren bir çalışmada araştırmacılar kanal içinde bulunan iletken solüsyonların empedansı büyük ölçüde düşürerek cihazlarda erken okuma eğilimi oluşturduğunu bildirmişlerdir.<sup>21</sup>

EKKUÖC çalışma boyunu tespit etmenin yanı sıra, kök perforasyonları, yatay ve dikey kök kırıkları gibi durumların tespitinde de kullanılabilir. <sup>10,20,48</sup> Farklı elektronik cihazların perforasyon tespiti açısından karşılaştırıldığı bir in vitro çalışmada, 30 adet çekilmiş diş köklerinin orta bölümünden perfore edildikten sonra aljinata gömülmüştür. K tipi eğelerle yapılan elektronik ölçümler sonucunda kullanılan EKKUÖC perforasyonları tespit etme başarısının yüksek olduğu ve perforasyonların yerini saptamak için klinikte etkin bir şekilde kullanılabileceği ileri sürülmüştür.<sup>39</sup>

İlk üretilen cihazlarda kullanılan akıma bağlı olarak hastanın ağrı duyması, kanal içindeki kan veya solüsyon varlığında yanlış ölçüm oranının artması, her klinik uygulama öncesinde kalibrasyon gerektirmesi gibi dezavantajlar bulunmaktadır.<sup>20,21</sup> Daha sonraki yıllarda geliştirilen cihazlarla bu dezavantajların giderilmesine çalışılmıştır. Son yıllarda üretilen multifrekans tip cihazlar kalibrasyon gerektirmemekte; hassasiyet olmaksızın rahat bir klinik çalışma sağlanmakta; kanal içinde NaOCl gibi nispeten yüksek iletkenlik özelliği bulunan solüsyonların varlığında çalışma başarısı etkilenmemekte ve hem çelik hem de nikel titanyum kanal aletleri kullanılarak başarılı ölçümler yapılmaktadır.<sup>18</sup> Diğer taraftan, klinik çalışma sırasında, ilgili diş üzerinde bulunan metalik dolgu ve restorasyonlar EKKUÖC'nin çalışmasını bozmaktadır. Bu nedenle EKKUÖC ile çalışmaya başlamadan önce diş üzerindeki metalik yapıların kaldırılması gerekmektedir. Ölçüm yapılan dişlerin apeks çapına uygun olarak bir numara düşük çaplı kanal eğeleriyle ölçüm yapılması daha başarılı sonuçlar vermektedir. Diğer önemli bir nokta ise geniş ve immatür açık apeksli dişlerde çalışma başarısının azalmasıdır.

EKKUÖC'nin çalışma boyunun tespit etmedeki başarısı, diğer yöntemlere belirgin biçimde üstünlük sağlamaktadır.<sup>10,20</sup> Ayrıca kullanımının kolay olması, hassasiyet ve ağrı oluşturmaması, tedavi süresini kısaltması, çekilen röntgen sayısını azalması, bulantı refleksi olan hastalarda çalışma boyu tespitini kolaylaştırması gibi avantajları vardır. Ancak günümüzde piyasada bulunan EKKUÖC kök ucundaki periodondal ligamenti tespit etmektedir.<sup>5</sup> Kök ucunda periodontal ligamentin bulunduğu nokta, cihaz ekranlarının büyük bir kısmında 0.0 mm veya apeks olarak gösterilmektedir. Cihazların üzerinde bulunan 0.0-0.5, 1-2 mm veya değişik renklerle apeks uzaklığını gösteren alanlar gerçek milimetrik uzaklığı göstermemektedir.<sup>5</sup> Bu nedenle firmalar kullanım klavuzlarında, kanal aletinin 0.0 veya apeks noktasına kadar ilerletilmesini ve bu noktanın cetvel yardımıyla hesaplanmasından sonra 0.5 mm çıkartılmasını ve çalışma boyunun bu şekilde sabitlenmesini önermektedir.

Sonuç olarak, apikal anatomi hakkında yeterli bilgi sahibi olunması, EKKUÖC'nin doğru kullanılması ve şüpheli olgularda EKKUÖC ile elde edilen uzunluğun radyografik olarak desteklenmesi ile başarılı bir şekilde çalışma boyu tespit edilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal obturation. Part 2. Ahistological study. *Int Endod J* 1998; 31: 394-409.
- [2] Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term resultsof endodontic treatment. *J Endod* 1990; 16:498-504.
- [3] Budak N. (2017) Eğri ve düz kanallı dişlerde çalışma boyu belirlenmesinde kullanılan elektronik kök kanal uzunluğu ölçüm cihazlarının çalışma doğruluklarının değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi.
- [4] Langeland K. The histopathologic basis in endodontic treatment. *Dent Clin North Am. Philadelphia and London: WB Saunders Co* 1967; 491-520.
- [5] Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J*2006; 39: 595-609.
- [6] Tınaz AC. Kanal tedavisinde çalışma boyutu. *GÜ Dişhek Fak Derg*, 2001; 18: 31-7.
- [7] Cohen S, Burns RC. Pathways of the pulp, 6th edition Mosby St. Louis 1994; p:200.
- [8] Pratten DH, & McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. *J Endod* 1996; 22: 173-76.
- [9] ElAyouti A, Weiger R, Löst C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *J Endod* 2001;27:49-52.
- [10] Kim E, Lee SJ. Electronic apex locator. *Dent Clin North Am* 2004; 48: 35-54.
- [11] ElAyouti A, Weiger R, &Löst C. The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *J Endod* 2002; 28: 116-19.

- [12] Bridges JE. Non-perceptible body current ELF effects as defined by electric shock safety data. *Bioelectromagnetics* 2002; 23: 542-4.
- [13] Gandhi OP. Electromagnetic fields: human safety issues. *Ann Rev Biomed Eng* 2002; 4:211-34.
- [14] Meredith N, Gulabivala K. Electrical impedance measurement of root canal length. *Endod Dent Traumatol* 1997; 13: 126-31.
- [15] Custer LE. Exact methods of locating the apical foramen. *J National Dent Assoc* 1918; 5: 815-9.
- [16] Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *Japan J Stomatol* 1942; 16: 411-29.
- [17] Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962; 41: 375-87.
- [18] Bhatt, A., Gupta, V., Rajkumar, B., & Arora, R. Working length determination—the soul of root canal therapy: a review. *Int J Dent Health* 2015; 2: 105-15.
- [19] Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. Electronic Apex Locators—A Review *J Med Dent Sci* 2007; 54: 125–36.
- [20] Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J* 2004; 37: 1-13.
- [21] Kobayashi C. Electronic canal length measurement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, Endod* 1995; 79, 226–31.
- [22] Suchde RV, Talim SD. Electronic ohmmeter : an electronic device for the determination of the root canal length. *Oral Surg, Oral Med Oral Pathol* 1977; 43: 141-9.
- [23] Tınaz AC, Sevimli LS, Görgül G, Türköz EG. The effects of sodium hypochloride concentrations on the accuracy of an apex locating device. *J Endod* 2002; 28:160-2.
- [24] Pommer O, Stamm O, Attin T. Influence of the canal contents on the electrical assisted determination of the length of root canals. *J Endod.* 2002; 28: 83–5.
- [25] Tidmarsh BG, Sherson W, Stalker NL. Establishing endodontic working length: a comparison of radiographic and electronic methods. *New Zealand Dent J* 1985; 81: 93-6
- [26] Inoue N, Skinner DH. A simple and accurate way of measuring root canal length. *J Endod* 1985; 11:421–7.
- [27] Hasegawa K, Lizuka H, Takei M, Goto N, Nihei M, Ohashi M. A new method and apparatus for measuring root canal length. *J Nihon Univ Sch Dent* 1986; 28:17-28.
- [28] Keller M, Brown CJ, Newton CA. Clinical evaluation of the Endocater – an electronic apex locator. *J Endod* 1991; 17: 271-4.
- [29] Himel VT, Schott RN. An evaluation of the durability of apex locator insulated probes after autoclaving. *J Endod* 1993; 19 : 392-4
- [30] Fouad AF, Krell KV. An in vitro comparison of five root canal length measuring instruments. *J Endod* 1989; 15:573-7.
- [31] Sonal Soi, Sumit Mohan, Vineet Vinayak, Prabhjot Kaur, “Electronic Apex Locators” *J Dent Sci & Oral Rehabil* 2013; 15:24-7.
- [32] 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 in Japan* 1990; 27: 65–72.
- [33] Kaval ME, Dönmez H. Elektronik Apeks Bulucular. *EÜ Dişhek Fak Derg,* 2013; 32:73-8.

- [34] Frank AL, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod* 1993;19: 177-9.
- [35] Kobayashi C, Okiji T, Kaqwashima N, Suda H, Sunada I. A basic study on the electronic root canal length measurement: Part 3. Newly designed electronic root canal length measuring device using division method. *Japan J Conserv Dent* 1991; 34: 1442-8.
- [36] Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod* 1994; 20: 111-4.
- [37] Pagavino G, Pace R, Baccetti T. A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod* 1998; 24: 438-41.
- [38] Serota KS, Vera J, Barnett F, Nahmias Y. The new era of foraminal location. *Endod Pract* 2004; 7: 17-22.
- [39] Kaufman AY, Keila S. Conservative treatment of root perforations using apex locator and thermatic compactor case study of a new method. *J Endod* 1989;15: 267-72.
- [40] Hör D, Krusy S, Atin D. Ex vivo comparison of two electronic apex locators with different scales and frequencies. *Int Endod J* 2005; 38: 855-9
- [41] Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vitro comparison of two frequency-based electronic apex locators, *J Endod*, 2003; 29:497-500.
- [42] 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: 408-14
- [43] Mancini M, Felici R, Conte G, Costantini M, & Cianconi L. Accuracy of three electronic apex locators in anterior and posterior teeth: an ex vivo study. *J Endod*, 2011;37: 684-7.
- [44] Parente LA, Levin MD, Vivan RR, Bernardes RA, Duarte MAH, & Vasconcelos BCD. Efficacy of electronic foramen locators in controlling root canal working length during rotary instrumentation. *Braz Dent J* 2015; 26: 547-1.
- [45] Kim PJ, Kim HG, & Cho BH. Evaluation of electrical impedance ratio measurements in accuracy of electronic apex locators. *Rest Dent Endod* 2015;40: 113-22.
- [46] Bonilla M, Sayin TC, Schobert B, & Hardigan P. Accuracy of a new apex locator in ex-vivo teeth using scanning electron microscopy. *Endod Pract* 2014;16:14-20.
- [47] Soares RMV, Silva EJNL, Herrera, DR, Krebs, RL, Coutinho-Filho, TS. Evaluation of the Joypex 5 and Root ZX II: an in vivo and ex vivo study. *Int Endod J* 2013;46: 904-9.
- [48] 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. *Int Endod J* 2004;37: 174-7.
- [49] Mayeda DL, Simon JH, Aimar DF, Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *J Endod* 1993;19: 545-8.
- [50] Sübay RK, Kara Ö, Sübay MO. Comparison of four electronic root canal length measurement devices. *Acta Odontol Scand*, 2017;75.5: 325-31.