

Geçmişten Günümüze Elektronik Apeks Bulucular

Electronic Apex Locators from Past to Present

Dr. Öğr. Üyesi Duygu KÜLAHCI

İstanbul Kent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı

Orcid ID: 0000-0002-7163-4268

Doç. Dr. Ayça YILMAZ

İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı

Orcid ID: 0000-0002-9254-7710

Geliş tarihi: 17.07.2022

Kabul tarihi: 16.01.2023

doi: 10.5505/yeditepe.2024.13284

Yazışma adresi:

Dr. Öğr. Üyesi Duygu Külahcı

Adres: İstanbul Kent Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı

Cihangir Sıraselviler Cd. No:71 34433

Beyoğlu/İstanbul

Tel: 0530 300 87 03

E-posta: dutluduygu@gmail.com

duygu.kulahci@kent.edu.tr

ÖZET

Endodontik tedavinin başarısında önemli rol oynayan kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi işlemleri öncesi, çalışma uzunluğunun doğru olarak tespit edilmesi gerekir. Kök kanallarının çalışma uzunluğunun ölçülmesinde ve kök ucunun pozisyonunun belirlenmesinde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Anatomik ortalamaların kullanımı, parmak hassasiyeti, kağıt kondaki nemlilik ve radyografik yöntem gibi geleneksel yöntemlerin yanı sıra, günümüzde artık radio visio graphy (RVG) gibi dijital görüntüleme yöntemleri ile elektronik apeks bulucular gibi yeni yöntemlerin gittikçe artan kullanımları gündeme gelmiştir. Yaklaşık 100 yıl önce ilk kez elektrik akımı kullanılması fikri ile birlikte ortaya çıkan elektronik apeks bulucular, gelişen teknoloji ile birlikte kliniklerde aktif bir şekilde yerini almaya başlamıştır. Bu cihazların kullanımı, hekimlerin daha az periapikal film çekerek, daha kısa sürede, güvenli endodontik tedavi uygulamaları yapmalarına olanak tanımaktadır. Bugün, her neslin bir öncekine göre üstün olduğunu iddia ettiği elektronik apeks bulucuların daha etkin kullanılabilmesi için çalışma prensiplerinin iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu derlemenin amacı, elektronik apeks bulucuların geçmişten günümüze incelenip; tarihçesi, çalışma metodolojisi, sınıflandırılması, cihazın çalışmasını etkileyen faktörler ve güvenilirlikleri hakkında kapsamlı bilgi sunmaktır.

Anahtar Kelimeler: Apikal foramen, çalışma uzunluğu, elektronik apeks bulucu.

ABSTRACT

The working length must be accurately determined as a first step before the cleaning and shaping of the root canals, which play a crucial role in the success of endodontic treatment. Many different methods are used to measure the working length of root canals and to determine the position of the root apex. In addition to traditional methods such as the use of anatomical averages, tactile sensation, moisture in the paper point, and radiographic method, the increasing use of new methods such as digital imaging methods such as radio visio graphy (RVG) and electronic apex locators has come to the fore. Electronic apex locators, which emerged with the idea of using electric current for the first time about 100 years ago, have started to take an active place in clinics with the developing technology. The use of these devices allows clinicians to perform safe endodontic treatment applications in a shorter time by taking less periapical film. Today, the working principles of electronic apex locators, which each generation claims to be superior to the previous one, should be well understood in order to be used more effectively. The aim of this review is to examine electronic apex locators from the past to the present. The aim is to provide comprehensive information about the history, working methodology, classification, factors affecting the operation of the device, and their reliability.

Keywords: Apical foramen, electronic apex locator, working length determination.

GİRİŞ

Başarılı bir endodontik tedavi; doğru teşhise, kök kanallarının etkili bir biçimde temizlenmesine, şekillendirilmesine, dezenfeksiyonuna ve sızdırmaz bir şekilde doldurulmasına bağlıdır.¹

Kök kanal uzunluğunun belirlenmesi ve biyolojik sınırlar içerisinde tedaviye devam edilmesi endodontik tedavide karşılaşılan önemli problemlerden biri olmakla birlikte, bu konuda süregelen tartışmalar yıllardır devam etmektedir.² Apikal foramenin lokasyonunun belirlenmesinde ve kök kanallarının çalışma uzunluğunun ölçülmesinde birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Elektronik cihazların üretimi ve gelişimi sayesinde bu alanda önemli ölçüde yenilikler olmuş ve elektronik apeks bulucu cihazlar modern endodonti çalışmalarına hızla entegre edilmiştir.³

Çalışma uzunluğunun doğru hesaplanabilmesi için öncelikle apikal foramenin anatomisi doğru bir şekilde değerlendirilmelidir.⁴

Bu derlemenin amacı, elektronik apeks bulucuların geçmişten günümüze tarihçesi, çalışma metodolojisi, sınıflandırılması, cihazın çalışmasını etkileyen faktörler ve güvenilirlikleri hakkında kapsamlı bilgi sunmaktır.

Apikal Foramen Anatomisi

Apikal kök anatomisi kavramı; apikal foramen, sement-dentin birleşimi ve apikal daralım olmak üzere üç anatomik ve histolojik dönüm noktasından oluşur. Kutler⁴ tarafından kök apeksi anatomisinin incelendiği çalışmada, kanal ağızlarından başlayıp apikal daralıma kadar ilerleyen ve genellikle apikal foramenden 0,5-1,5 mm içeride sonlanan "kök kanalı" tanımından bahsedilmiştir. Kök kanalı sınırı, birçok araştırmacı tarafından sement-dentin birleşimi olarak kabul edilir.⁴⁻⁷ Sement-dentin birleşimi, pulpa dokusunun bitip periodontal dokuya dönüştüğü ve pulpa ile periodontal dokunun buluştuğu noktadır.⁸ Teorik olarak sement-dentin birleşimi, kök kanalı tedavisi için uygun apikal sınırdır. Çünkü bu noktada periapikal dokular ve kök kanalı dolgu materyali arasındaki temas minimum seviyede ve yara yüzeyi ise en küçük boyutlarda olacağı için optimal iyileşme sağlanacaktır.^{2,8-10} Fakat sement-dentin birleşimi, histolojik bir bölgedir. Ancak çekilmiş dişlerde kesitlemenin ardından tespit edilebilmektedir, klinik koşullarda konumunu belirlemek imkansızdır. Ayrıca, sement-dentin birleşimi sabit veya tutarlı özellik göstermez. Apikal daralımdan kanalın içine doğru ilerledikçe sementin kök kanalına uzanması değişebilir.⁶ Bu değişkenlik, sement-dentin birleşiminin ve apikal daralımın genellikle aynı alan olmadığını açıkça ortaya çıkarmıştır ve bu nedenle ideal bir referans noktası değildir.

Apikal daralımın topografyası çeşitli morfolojik varyasyonlara sahip olabileceği için, kök kanalının apikal sınırını, sement-dentin birleşimi yerine apikal daralım olarak belirlemek de doğru değildir.¹¹ Klinik uygulamada, minör apikal foramen, kanal sisteminin en dar kısmı olarak kabul edilebilecek daha tutarlı bir anatomik özellik sergiler ve dolayısıyla apikal son nokta için tercih edilen referans noktasıdır.^{6,10} Diş hekimleri tarafından kanal preparasyonu sırasında şekillendirme, temizleme ve doldurma prosedürlerinin sonlandırılması gereken alan olarak en sık kullanılan referans noktasıdır.¹²

Çalışma Uzunluğunun Önemi

Çalışma uzunluğu, "koronal bir referans noktasından kanal hazırlığı ve obtürasyonun sona ermesi gereken noktaya olan mesafe" olarak tanımlanır.¹³ Tüm pulpa dokusunun, nekrotik doku artıklarının, bakteri ve bakteriyel ürünlerin kök kanalından uzaklaştırılması endodontik tedavinin başarısını doğrudan etkileyen bir unsurdur. Çalışma uzunluğunun yanlış hesaplanması; taşkın kanal dolgusuna ya da eksik enstrümantasyon nedeniyle enfekte materyalin tam uzaklaştırılmayarak eksik kanal dolgusuna, ağrıya ve prognozun olumsuz yönde seyretmesine neden olur.² Bu nedenlerle klinisyenlerin çalışma uzunluğunu doğru olarak belirlemesi, maksimum başarıya ulaşmak için önemli bir kriterdir.^{14,15}

Diş hekimi veya endodontistin kök kanalı tedavisi esnasında direkt olarak göremediği ancak tedavinin başarısı için önem arz eden bu noktanın doğru tespiti çok titiz bir çalışmayı gerektirmektedir. Çalışma uzunluğunu belirlemek için anatomik ortalamaların kullanımı, parmak hassasiyeti, kağıt kondaki nemlilik ve radyografik yöntem gibi geleneksel yöntemlerin yanı sıra günümüzde artık radio visio graphy (RVG) gibi dijital görüntüleme yöntemleri ve yüzyılın endodonti buluşu olarak değerlendirilen elektronik apeks bulucular gibi yeni yöntemler de kullanılmaktadır.¹⁶

Elektronik Apeks Bulucuların Çalışma Metodolojisi

Kanalın elektriksel yapısı, dirençli ve kapasitif elementlerden oluşan karmaşık bir devredir.¹⁷ Diş bir kapasitör gibi düşünüldüğünde, belirli bir yüzey alanına sahip ege kapasitörün bir plakası gibi davranırken, dentinin dışındaki iletken malzeme (örneğin periodontal ligament) kapasitörün diğer plakası gibi davranır. Kökün, elektrik akımına karşı yalıtkan olan sement ve dentin ile çevrili yapısına ek olarak kanal içerisindeki doku ve sıvı, iki iletken plakanın ayırıcıları olarak kabul edilebilir ve dielektrik sabitini (yalıtkan materyal) belirler. Bir endodontik ege ile kanalda çalışılırken kök ucuna yaklaştıkça, egenin ucu ile kanalın apikal kısmı arasındaki direnç, kanal içerisindeki dirençli materyalin etkin uzunluğunun azalmasına bağlı olarak azalır. Bu yapı aslında basitçe ifade edilmesin-

den çok daha karmaşık, modellenmesi zor bir kapasitör oluşturur.¹⁸

Elektronik Apeks Bulucuların Tarihçesi

Kök uzunluğunun tespiti için elektronik yöntem ilk olarak Custer¹⁹ tarafından 1918 yılında araştırılmaya başlanmıştır. Bu fikir, 1942'de köpeklerin dişlerinden doğru akımın akışını inceleyen Suzuki²⁰ tarafından yeniden ele alınmıştır. Suzuki²⁰, kök kanalına yerleştirilen kanal aleti ile ağız mukoza zarındaki bir elektrot arasına voltaj uyguladığında elektrik direncinde tutarlı değerler elde etmesi sonucu bu şekilde kanal uzunluğunun ölçülebileceği fikrini ileri sürmüştür. 1962'de Sunada²¹ bu ilkeleri kullanarak doğru akım kullanan basit bir cihaz tasarlamıştır. Mukoza zarının ve periodonsiyumun elektrik direncinin, hastaların yaşı, cinsiyeti veya dişlerin şekli, tipi değişmekle birlikte, periodonsiyumun herhangi bir yerinde 6,0 kΩ olduğu prensibine dayanarak çalışan bu cihaz rezistans tip apeks bulucuların temelini oluşturmuştur.²¹

Elektronik cihazlarda yıllar geçtikçe bir elektrik prensibi olarak empedans ölçme fikri, rezistans ölçme fikrinin yerini almaya başlamıştır. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerin hızına bağlı olarak kısa süre sonra frekans tip ve oran tip apeks bulucular da klinisyenlerin hizmetine sunulmuştur.²²

Elektronik Apeks Bulucuların Sınıflandırılması

1. Birinci Nesil Elektronik Apeks Bulucular (Rezistans Tip)

Rezistans tip apeks bulucular olarak da bilinen birinci nesil apeks bulucu cihazlar, doğru akıma karşı oluşan direnci ölçerler. Eğenin ucu kanalda apikal foramene ulaştığında, cihazın göstergesi oral mukoza ve periapikal dokuların her yerinde sabit olan elektriksel direncini yani 6,5 kΩ'u gösterir. Bu cihazların dezavantajı, yüksek elektrik akımları nedeniyle ağrının sıklıkla hissedilmesidir.²³ Ayrıca radyografilerle karşılaştırıldığı çalışmalarda güvenilir olmadığı ve ölçümlerin çoğunun kabul edilen çalışma uzunluğundan önemli ölçüde daha uzun veya daha kısa olduğu bildirilmiştir.²⁴ Birinci nesil apeks bulucu cihazların çoğu günümüzde piyasada bulunmamaktadır.²³ Birinci nesildeki cihazlar Root Canal Meter (Onuki Medical Co., Tokyo, Japonya), Endodontic Meter ve the Endodontic Meter S II (Onuki Medical Co.), Dentometer (Dahlin Electromedicine, Kopenhag, Danimarka) ve Endo Radar (Elettronica Liarre, Imola, İtalya) olarak sıralanabilir.²²

2. İkinci Nesil Elektronik Apeks Bulucular (Empedans Tip)

Empedans tip apeks bulucular olarak da bilinen ikinci nesil apeks bulucular, alternatif akıma karşı oluşan direnci yani empedansı ölçerler.²⁵ Frekans değişimini ölçme yönteminden yola çıkarak Inoue²⁶ tarafından 1971'de Sono-Explorer (Hayashi Dental Supply, Tokyo, Japonya)

geliştirilmiştir ve her dişin periodontal cebinde kalibre edilerek, osilatör döngüsünün geri bildirimini ölçmüştür.²⁶ Empedans tip cihazların en büyük dezavantajı, doğru ölçüm sağlayabilmek için kök kanalından elektro iletken materyallerin elimine edilmesi gerekliliğidir. Kanalda doku ve elektro iletken irigasyon maddelerin bulunması, elektriksel özellikleri değiştirerek hatalı, çoğunlukla da daha kısa ölçümlere yol açar.²⁷

İkinci nesil cihazlara Endocater (Yamaura Seisokushu, Tokyo, Japonya), 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) örnek verilebilir.²²

3. Üçüncü Nesil Elektronik Apeks Bulucular

(Frekansa Bağlı Karşılaştırmalı Empedans Tip)

Üçüncü nesil apeks bulucular, apikal foramenden olan mesafeyi ölçerken birden fazla frekans kullanmaları dışında ikinci nesil apeks buluculara benzerlik gösterirler. Bu cihazlar daha güçlü mikroişlemcilerle sahiptir ve dolayısıyla doğru ölçüm yapabilmek için gereken matematiksel işlemleri ve algoritma hesaplamalarını işleyebilecek özelliktedirler.²³

Frekansa bağımlı yöntem, kanala 1 kHz doğrusal dalga uygulandığında filtreler tarafından alınan iki doğrudan potansiyel arasındaki farkı hesaplayarak apikal daralımın yerini tespit eder.²⁸ Saito ve Yamashita²⁸ tarafından açıklanan yöntem, orijinal üçüncü nesil apeks bulucu olan Apit'i (Osada Electric Co. tarafından Endex olarak pazarlanmaktadır) geliştirmek için kullanılmıştır.²⁹ Apit, kanalda elektrolitlerin varlığında dahi çalışma uzunluğunu doğru ölçebilir ancak her kanalda kalibre edilmesi zorunluluğu bulunmaktadır.²²

Root ZX (J. Morita, Tokyo, Japonya), Kobayashi tarafından tarif edilen, çift frekans ve karşılaştırmalı empedans ilkesini kullanan bir cihazdır. Aynı anda kanal içinde iki frekansa (8 kHz ve 0,4 kHz) iki empedansı ölçen cihaz, elektronik yöntem olarak oran yöntemini kullanmaktadır. Root ZX, temel olarak apikal foramenin yakınında meydana gelen elektrik kapasitansındaki değişikliği tespit eder. Root ZX'in kalibrasyon gerektirmemesi ve kanalda güçlü elektrolitlerin varlığında veya kanal boş ve nemli olduğunda kullanılabilmesi büyük avantaj sağlamaktadır.^{22,23,30} Root ZX piyasaya sunulmasından bugüne literatürde büyük ilgi görmüştür. Diğer apeks bulucuların karşılaştırdığı bir kriter haline gelen Root ZX'in kullanımda olan apeks bulucular içerisinde %95 dünya pazar payına sahip olduğu belirtilmiştir.³¹

Frekansa bağımlı apeks buluculara Justy II (Yoshida Co., Japonya), Apex Finder AFA Model 7005 (EIE Analytic Endodontics, ABD), Apex Finder (Endo Analyzer 8001; Analytic Technology, ABD), Neosono-D (Amadent Med-

ical and Dental, Co, ABD) 5. Apit 7 (Osada, Japonya), ProPex (Dentsply Maillefer, Ballaiques, İsviçre), Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies), Elements-Diagnostic (Sybronendo, Anaheim, CA, ABD), Raypex-5 (VDW, Münih, Almanya) cihazları da dahildir.³²

4. Dördüncü Nesil Elektronik Apeks Bulucular (Orantı Tip)

Dördüncü nesil cihazlar empedans ölçümünü, iki veya daha çok frekansı farklı zamanlarda kullanarak, bu değerlerin oranlanması yöntemi ile yaparlar.³³ Bu cihazlar empedans bilgilerini matematiksel algoritma olarak işlemek yerine direnç ve kapasitans değerlerini alarak bunları bir veri tabanı ile karşılaştırır.²² Kuru veya kuruya yakın kanallarda tutarlı ölçümler bildirilmesine karşılık elektrolit, nem, kan, eksuda varlığında yanlış sonuçlar verebilirler.³⁴ AFA Apex Finder (Ana-lytic Endodontics, Orange, CA, ABD), Elements Diagnostic Unit and Apex Locator (Sybron Endo), Propex (Dentsply Maillefer), Root ZX II (J. Morita) bu kategoriye girerler. 0,5 ve 4 kHz'lik iki sinyalden oluşan bir bileşik dalga biçimi kullanılarak oluşturulan sinyaller bir dijital-analog dönüştürücüden analog bir sinyale geçer ve daha sonra amplifikasyondan hasta devre modeline geçer.²⁷ Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, İsrail) ise 400 Hz ve 8 kHz'lik iki farklı frekans kullanan, ancak her seferinde yalnızca tek bir frekanstan gelen sinyali değerlendirerek ölçüm yapan bir cihazdır. Bingo 1020 daha sonra Raypex 4 (VDW) olarak piyasaya sürülmüştür.²²

5. Beşinci Nesil Elektronik Apeks Bulucular (Multifrekans Tip)

Önceki nesil apeks buluculara dair problemlerle başa çıkabilmek adına, kanalın elektriksel karakteristiğinden alınan verilerin ve ek matematiksel işlemlerin karşılaştırılmasına dayanan yeni bir ölçüm yöntemi geliştirilmiştir.³² Elektrik devresinin, kapasitans ve rezistansını ayrı ayrı ölçerler. Dördüncü nesil apeks buluculardan farklı olarak kanaldaki sıvı varlığından etkilenmezler fakat kuru kanallarda çalışırken zorluklar yaşanmıştır.³⁵

6. Altıncı Nesil Elektronik Apeks Bulucular (Adaptif Tip)

Adaptif özelliğe sahip olan bu cihazların kullanımında dördüncü ve beşinci nesil apeks bulucuların dezavantajlarının üstesinden gelinmiştir. Kanallar kuru durumda ve kanallardaki nem, pü ve kan bulunmasının engellenemediği durumlarda güvenilir ölçümler yaptıkları bildirilmiştir. Raypex 6 (VDW) ve Propex Pixi (Dentsply Maillefer) bu gruba dâhil cihazlardır.³⁶

Elektronik Apeks Bulucuların Ölçüm Güvenilirliği Üzerine Çalışmalar

Pulpa vitalitesinin, apeks bulucuların ölçüm güvenilirliği üzerine etkisinin araştırıldığı birçok çalışma sonucunda; pulpal canlılığın ölçüm güvenilirliğini etkilemediği bildi-

rilmiştir.³⁷⁻⁴¹

Kök kanallarındaki farklı elektrolitlerin ölçüm güvenilirliğini etkileyip etkilemediğine dair şüpheler ise halen devam etmektedir.⁴² Yeni nesil apeks bulucular ile yapılan çalışmalarda, endodontik yıkama solüsyonlarının varlığında⁴³⁻⁴⁵, NaOCl'nin farklı konsantrasyonlarda kullanımında⁴⁶, kanal tedavisi tekrarında kullanılan solventlerin varlığında⁴⁷ güvenilir ölçümler elde edilirken; kanal içi medikament varlığında⁴⁸ tutarsız ölçümler elde edilmiştir.

Klinik olarak elektronik apeks bulucu ile ilk uzunluk ölçümü yapılırken apikal foramen çapı ve kullanılan eğe boyutunun güvenilirliği etkileyip etkilemediğine dair literatürde fikir birliğine varılamamıştır.^{40,49-52} Genel olarak apikal foramen çapı arttıkça, küçük boyutlu eğe kullanılarak yapılan ölçümlerin kısa ölçümlere yol açması nedeniyle kök kanal çapına tahmini olarak uyacak eğe ile ölçümlerin yapılması gerekliliği vurgulanmıştır.^{49,50,52-54}

Horizontal kök kırıklarının tespitinde oldukça başarılı kabul edilen apeks bulucuların güvenilirliği, yapay yatay kök kırığı oluşturularak yapılan çalışmalarla desteklenmiştir.⁵⁵⁻⁵⁷ Ek olarak tüm modern apeks bulucular, kök ve furkasyon perforasyonlarını, perforasyonun küçük ya da büyük olması farketmeksizin saptayabilmektedir ve kullanımları güvenli kabul edilmiştir.⁵⁸

Klinikte Elektronik Apeks Bulucular Kullanılırken Dikkat Edilmesi Gerekenler

Hızla değişen ve kararsız elektronik sinyaller apeks bulucu cihazlarla çalışılırken en sık görülen problemdir. Genellikle eğe metal restorasyonlara temas edince veya subgingival çürük kaynaklı servikal bir sızıntı olduğunda meydana gelir. Metalik restorasyonu kaviteden tamamen uzaklaştırmak veya kontamine ıslak hazneye basitçe hava püskürtülmesi ile çoğu zaman problem çözülür.⁴²

Bir apeks bulucunun normal çalışması esnasında, kornalden apikale doğru ilerledikçe sinyalin sakin ve tutarlı hareketi ekranda gözükür. Bazen sinyal "apeks" işaretinden uzakta kalır ve apikal foramene ulaşıldığında aniden hızla düşer. Bu durum çoğu zaman kanalın aşırı kuru olması kaynaklı yüksek frekanslarda dahi çok az elektrik teması olması veya hiç olmaması kaynaklıdır. Kanalda irigasyon yapılmasıyla cihazın normal çalışması sağlanacaktır. Kanal dolgusu öncesi son çalışma uzunluğunun kontrolünün yapıldığı durumlarda, klinisyen keskin düşüşten uygun lokasyonu dikkatlice saptamalıdır.⁴²

Apeks bulucu sinyallerinin tahmini kanal uzunluğundan çok önce "apeks" işaretine ulaştığı durumlar da söz konusu olabilir. Bu genellikle aşırı kanama ve kanaldan aktif şekilde pü akışı olması dolayısıyla kanalda çok fazla elektrolit olması kaynaklıdır. Kanamanın veya drenajın kontrol altına alınana kadar irigasyon yapılması, bazı durumlarda kanalın kurutulması ile problem ortadan kalkar. Bazen de

açık apekse sahip dişlerde, apeks bulucular apikal foramenin yerini gerçekten kısa okuma eğilimindedir.⁴²

Elektronik apeks bulucuların kalp pillerinin çalışma ritmini etkileme potansiyeli de bulunmaktadır.⁵⁹ Elektronik apeks bulucuların üreticisi, kalp pili olan hastalarda kullanımlarına karşı özellikle uyarıda bulunmaktadır. İlerleyen teknolojiyle birlikte birçok kalp pili türü bulunduğundan kalp pillerinin apeks bulucu kullanımından etkilenmediği de belirtilmiştir.⁶⁰ Fakat bu çalışma klinik olmadığı için tedaviden önce hastanın takipte olduğu kardiyoloji ile konsültasyon yapılması daha tedbirli bir yaklaşım olacaktır.⁶¹

Günümüzde teknolojik gelişmelere paralel olarak çalışma mekanizmaları geliştirilen yeni nesil elektronik apeks bulucular çalışma uzunluğunun yüksek başarı oranı ile saptanabilmesini sağlamaktadır. Bu cihazların kullanımı, hekimlerin daha az periapikal film çekerek, daha kısa sürede, güvenli endodontik tedavi uygulamaları yapmalarına olanak tanımaktadır.⁶²

SONUÇ

Elektronik apeks bulucular, endodontik tedavide kök kanallarının çalışma uzunluğunun doğru belirlenmesinde devrim niteliğinde bir araç olarak ortaya çıkmıştır.^{19,20} Başlangıçta doğru akıma karşı direnci ölçen bu cihazlar, zamanla empedans ve frekans ölçümleri gibi daha sofistike yöntemlere evrilmiştir.^{23,25} Her yeni nesil, öncesine göre daha yüksek doğruluk ve kullanım kolaylığı sunarak, endodontik tedavilerin başarısını artırmıştır.^{31,32} Sonuç olarak, elektronik apeks bulucular, modern endodonti pratiğinde vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir.⁶² Teknolojinin gelişmesi ile birlikte bu cihazların doğruluğu ve güvenilirliği artmış, klinisyenlerin daha hızlı ve güvenli tedavi yapmalarına olanak tanımıştır.^{42,62} Bu derlemenin ışığında, elektronik apeks bulucuların çalışma prensipleri ve klinik kullanımı konusundaki bilgiler, diş hekimlerinin bu cihazları daha etkin ve güvenli bir şekilde kullanmalarına katkı sağlayacaktır.^{42,62}

KAYNAKLAR

1. Deplazes P, Peters O, Barbakow F. Comparing Apical Preparations of Root Canals Shaped by Nickel-Titanium Rotary Instruments and Nickel-Titanium Hand Instruments. *J Endod* 2001; 27(3): 196-202.
2. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J* 1998; 31(6): 394-409.
3. Ravanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trial. *J Endod* 2010; 36(11): 1753-1756.
4. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc* 1955; 50(5): 544-552.

5. Kuttler Y. A precision and biologic root canal filling technic. *J Am Dent Assoc* 1958; 56(1): 38-50.
6. Ponce EH, Fernández JAV. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *J Endod* 2003; 29(3): 214-219.
7. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J* 1998; 31(6): 384-393.
8. Seltzer S. *Endodontology: Biologic Considerations in Endodontic Procedures*. 2nd ed., Philadelphia, Lea and Febiger; 1988.
9. Palmer MJ, Weine FS, Healey HJ. Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. *J Can Dent Assoc (Tor)* 1971; 37(8): 305-308.
10. Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991; 72(2): 238-242.
11. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J* 1984; 17(4): 192-198.
12. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Topics* 2005; 10(1): 3-29.
13. American Association of Endodontists (AAO). *Glossary of Endodontic Terms*, 2020. <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>; Access Date: 28.06.2022.
14. Walton RE, Torabinejad M. *Principles and practice of endodontics*. 2nd ed., Philadelphia, W.B. Saunders Co; 1996.
15. Cohen S, Burns RC. *Pathways of the Pulp*. 6th ed., St. Louis, Mosby; 1994.
16. Çalışkan MK. *Endodontide Tanı ve Tedaviler*. 3. Baskı., İstanbul, Nobel Tıp Kitabevleri Limited Şirketi; 2014.
17. Meredith N, Gulabivala K. Electrical impedance measurements of root canal length. *Endod Dent Traumatol* 1997; 13(3): 126-131.
18. Nekoofar M, Ghandi M, Hayes S, Dummer P. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J* 2006; 39(8): 595-609.
19. Custer L. Exact methods of locating the apical foramen. *J Natl Dent Assoc* 1918; 5(8): 815-819.
20. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *Jpn J Stomatology* 1942; 16: 411-429.
21. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962; 41(2): 375-387.
22. Gordon M, Chandler N. Electronic apex locators. *Int Endod J* 2004; 37(7): 425-437.
23. Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. Electronic apex locators-a review. *J Med Dent Sci* 2007; 54(3): 125-136.
24. Tidmarsh BG, Sherson W, Stalker NL. Establishing

- endodontic working length: a comparison of radiographic and electronic methods. *N Z Dent J*. 1985; 81(365): 93-96.
- 25.** McDonald NJ. The electronic determination of working length. *Dent Clin North Am* 1992; 36(2): 293-307.
- 26.** Inoue N. An audiometric method for determining the length of root canals. *J Can Dent Assoc (Tor)* 1973; 39(9): 630-636.
- 27.** Fouad AF, Krell KV. An in vitro comparison of five root canal length measuring instruments. *J Endod* 1989; 15(12): 573-577.
- 28.** Saito T, Yamashita Y. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device. Influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. *Dent Jpn (Tokyo)* 1990; 27(1): 65-72.
- 29.** Frank AL, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod* 1993; 19(4): 177-179.
- 30.** Kalhan A, Choudhary R, Chokshi S, Vaidya R. Evolution of apex locators. *The Journal of Ahmedabad Dental College and Hospital* 2010; 1(1): 4-7.
- 31.** Lively B. Personal communication. Product Manager Diagnostic Products. Anaheim, CA, USA: Sybron Endo, 2003.
- 32.** Khadse A, Shenoi P, Kokane V, Khode R, Sonarkar S. Electronic apex locators-an overview. *Indian J Conserv Endod* 2017; 2(2): 35-40.
- 33.** Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *J Endod* 2003; 29(8): 497-500.
- 34.** Vera J, Gutierrez M. Accurate working length determination using a fourth generation apex locator. *Oral Health* 2008; 98(11): 85.
- 35.** Soi S, Mohan S, Kaur VVP. Electronic apex locators. *Small*. 2013; 16: 17.
- 36.** Dimitrov S, Roshkev D. Sixth generation adaptive apex locator. *Journal of IMAB-Annual Proceeding (Scientific Papers)* 2009; 15(2009): 75-78.
- 37.** Mayeda DL, Simon JH, Aymar DF, Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *J Endod* 1993; 19(11): 545-548.
- 38.** Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnelly JC, Walmann JO. In vitro evaluation of the accuracy of several electronic apex locators. *J Endod* 1995; 21(11): 572-575.
- 39.** Vajrabhaya L, Tepmongkol P. Accuracy of apex locator. *Endod Dent Traumatol* 1997; 13(4): 180-182.
- 40.** Lee SJ, Nam KC, Kim YJ, Kim DW. Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit. *J Endod* 2002; 28(10): 706-709.
- 41.** Akisue E, Gavini G, de Figueiredo JAP. Influence of pulp vitality on length determination by using the Elements Diagnostic Unit and Apex Locator. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 104(4): e129-e132.
- 42.** Kim E, Lee SJ. Electronic apex locator. *Dent Clin North Am* 2004; 48(1): 35-54.
- 43.** Jenkins JA, Walker WA 3rd, Schindler WG, Flores CM. An in vitro evaluation of the accuracy of the root ZX in the presence of various irrigants. *J Endod* 2001; 27(3): 209-211.
- 44.** Sübay RK, Kara Ö, Sübay MO. Comparison of four electronic root canal length measurement devices. *Acta Odontol Scand* 2017; 75(5): 325-331.
- 45.** Chukka RR, Bellam MD, Marukala NR, Dinapadu S, Konda NK, et al. Efficiency of an integrated apex locator in determining working length in various irrigating solutions: An in vivo study *J Pharm Bioallied Sci* 2020; 12(Suppl 1): S410-S414.
- 46.** 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(3): 160-162.
- 47.** Al-Hadlaq SM. Effect of chloroform, orange solvent and eucalyptol on the accuracy of four electronic apex locators. *Aust Endod J* 2013; 39(3): 112-115.
- 48.** Ustun Y, Uzun O, Er O, Canakçı BC, Topuz O. The effect of residual calcium hydroxide on the accuracy of a contemporary electronic apex locator. *Acta Odontol Scand* 2015; 73(2): 132-136.
- 49.** Ebrahim A, Wadachi R, Suda H. Ex vivo evaluation of the ability of four different electronic apex locators to determine the working length in teeth with various foramen diameters. *Aust Dent J* 2006; 51(3): 258-262.
- 50.** Ebrahim A, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged root canals: an in vitro study. *Aust Dent J* 2006; 51(2): 153-157.
- 51.** Briseño-Marroquín B, Frajlich S, Goldberg F, Willershausen B. Influence of instrument size on the accuracy of different apex locators: an in vitro study. *J Endod* 2008; 34(6): 698-702.
- 52.** Kolanu SK, Bolla N, Varri S, Thummu J, Vemuri S, et al. Evaluation of Correlation Between apical Diameter and File Size Using Propex Pixi Apex Locator. *J Clin Diagn Res* 2014; 8(12): ZC18-20.
- 53.** Herrera M, Ábalos C, Lucena C, Jiménez-Planas A, Llamas R. Critical diameter of apical foramen and of file size using the Root ZX apex locator: an in vitro study. *J Endod* 2011; 37(9): 1306-1309.
- 54.** Akisue E, Gratieri SD, Barletta FB, Caldeira CL, Grazzotin-Soares R, et al. Not all electronic foramen locators are accurate in teeth with enlarged apical foramina: an in vitro comparison of 5 brands. *J Endod* 2014; 40(1): 109-112.
- 55.** 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(3): 174-177.

56. al Kadi H, Sykes LM, Vally Z. Accuracy of the Raypex-4 and Propex apex locators in detecting horizontal and vertical root fractures: an in vitro study. *SADJ* 2006; 61(6): 244-247.

57. 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(12): 1497-1499.

58. Li YH, Zhou Z, Zheng YQ, Gan N, Tang YY, et al. [Accuracy of three different electronic apex locators in determination of perforation with various conditions in vitro]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2011; 29(3): 272-275.

59. Woolley LH, Woodworth J, Dobbs JL. A preliminary evaluation of the effects of electrical pulp testers on dogs with artificial pacemakers. *J Am Dent Assoc* 1974; 89(5): 1099-1101.

60. Beach CW, Bramwell JD, Hutter JW. Use of an electronic apex locator on a cardiac pacemaker patient. *J Endod* 1996; 22(4): 182-184.

61. Garofalo RR, Ede EN, Dorn SO, Kuttler S. Effect of electronic apex locators on cardiac pacemaker function. *J Endod* 2002; 28(12): 831-833.

62. Kaval ME, Dönmez H. Elektronik Apeks Bulucular. *EÜ Dişhek Fak Derg* 2013; 34(2): 73-78.