

Özgün araştırma makalesi

Genişletilmiş apikal foramenlere sahip dişlerde multi-frekans elektronik apeks bulucuların doğruluğunun karşılaştırılması: *ex vivo*

Mügem Aslı Ekici,* Bağdagül Helvacıoğlu Kıvanç,
Adil Ekici

Endodonti Anabilim Dalı, Diş Hekimliği Fakültesi, Gazi
Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ÖZET

AMAÇ: Bu çalışmanın amacı, farklı çaplarda apikal foramenlere sahip dişlerde yeni geliştirilmiş multi-frekans elektronik apeks bulucu iPex II ile üç farklı multi-frekans elektronik apeks bulucunun doğruluğunun karşılaştırılmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM: Çalışmada 26 adet çekilmiş alt çene küçük azı dişi kullanıldı. Dişlerin kronlarının uzaklaştırılmasından sonra kök kanalları koronal olarak genişletildi. Gerçek çalışma boyu tespiti, #15 K-tipi eğenin ucu apikal foramende görünür hale gelene kadar ilerletilerek yapıldı. Gerçek çalışma boyu, lastik stoper ve eğe arasındaki uzunluktan 0.5 mm kısa olarak kabul edildi. ProTaper F1, F2 ve F3 (Dentsply Maillefer) eğeler ile apikal açıklıktan 1 mm ilerde taşkın preparasyonlar yapıldı. Dişler, koronal 5 mm'leri açıkta kalacak şekilde aljinat ile teflon kaplılara gömüldü. Raypex 5 (VDW), Raypex 6 (VDW), iPex (NSK Inc.) ve iPex II (NSK Inc.) elektronik apeks bulucular kullanılarak elektronik çalışma boyu ölçümleri yapıldı. Elektronik ve gerçek çalışma boyları arasındaki farklar hesaplandı. Elektronik apeks bulucuların doğruluklarının istatistiksel değerlendirmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanıldı ($\alpha=0.05$).

BULGULAR: Gruplar-arası karşılaştırmada, elektronik apeks bulucuların doğrulukları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmedi ($p>0.05$). Grup-içi karşılaştırmada, farklı apikal foramen çaplarına göre elektronik apeks bulucuların doğrulukları arasında yine istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmedi ($p>0.05$).

SONUÇ: Apikal foramenleri genişletilmiş dişlerde, iPex II ve diğer elektronik apeks bulucuların çalışma boyu ölçümleri arasında farklılık olmadığı görüldü. Kullanılan tüm elektronik apeks bulucuların çalışma boyu ölçümlerinin klinik

olarak kabul edilebilir olduğu bulundu.

ANAHTAR KELİMELER: Apikal foramen; dişler; kök kanal tedavisi

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN: Ekici MA, Helvacıoğlu Kıvanç B, Ekici A. Genişletilmiş apikal foramenlere sahip dişlerde multi-frekans elektronik apeks bulucuların doğruluğunun karşılaştırılması: *ex vivo*. Acta Odontol Turc 2018;35(1):17-22

EDITÖR: Güven Kayaoğlu, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

YAYIN HAKKI: © 2018 Ekici ve ark. Bu eserin yayın hakkı [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) ile ruhsatlandırılmıştır. Sınırsız kullanım, dağıtım ve her türlü ortamda çoğaltım, yazarlar ve kaynağın belirtilmesi kaydıyla serbesttir.

[Abstract in English is at the end of the manuscript]

GİRİŞ

Çalışma boyunun doğru tespit edilmesi başarılı bir endodontik tedavinin ana kriterlerinden biridir.¹ Koronal referans noktasından kanal preparasyonunun ve kanal dolgusunun bitirilmesi gerektiği noktaya kadar olan mesafe çalışma boyu olarak tanımlanabilir.² Kök kanal enstrümantasyonunun ve buna bağlı olarak kök kanal dolgusunun çalışma boyundan kısa olması mikroorganizmalardan temizlenemeyen alanlar kalmasına neden olabilmektedir. Bununla birlikte çalışma boyunun uzun ölçülmesiyle yapılan taşkın enstrümantasyon, kök ucunun doğal anatomisinin zarar görmesine, apikal tıkanmanın ve hermetik kök kanal dolgusunun yapılamamasına ve endodontik tedavinin başarısızlığına neden olabilmektedir.³ Geleneksel olarak kök kanalının çalışma boyunun tespit edilmesinde, kanal aletlerinin kanal içine yerleştirilmesinden sonra alınan radyografilerden yararlanılmaktadır. Geleneksel radyografilerin sınırlamaları arasında tekniğin hassasiyeti, subjektif olması ve radyografide görüntülerin magnifikasyonu, distorsiyonu ve anatomik yapıların süperpozisyonu nedeniyle oluşan hatalar bulunmaktadır.⁴ Radyografilerin bir diğer olumsuzluğu ise iyonize radyasyon tehlikesidir.⁵ Bu dezavantajların önüne geçebilmek için çalışma boyunun belirlenmesinde elektronik bir yöntem geliştirilmiştir ve bu yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır.⁶ Elektronik

Makale gönderiliş tarihi: 23 Mayıs 2017; Yayına kabul tarihi: 24 Eylül 2017

*İletişim: Dr. Mügem Aslı Ekici, Endodonti Anabilim Dalı, Diş Hekimliği Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Bişkek Caddesi, 06510, Emek, Ankara, Türkiye; E-posta: muuagem@hotmail.com

apeks bulucuların geliştirilmesi çalışma boyunun doğru ve tahmin edilebilir ölçülmesini sağlamaya yardımcı olmaktadır ve radyografilerden daha doğru ölçümlere olanak sağlamaktadır.^{7,8}

Apikal foramen çapı ve elektronik apeks bulucuların doğruluğu arasındaki ilişki birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir.^{9,10} Anatomik özellikler, taşkın preparasyon, kök rezorpsiyonları ve tamamlanmamış apikal kök formasyonu sonucunda apikal foramen genişleyebilir ve bu durum kök kanal tedavisi sırasında elektronik çalışma boyunun (EÇB) doğru ölçümünü etkileyebilir.¹¹ Bazı çalışmalarda apikal foramen çapının artmasıyla elektronik apeks bulucuların doğruluğunun azaldığı bildirilmiştir.^{9,10}

Günümüzde farklı tiplerde elektronik apeks bulucular (rezistans, empedans, frekans ve multi-frekans) kullanılmaktadır.^{8,12} Modern elektronik apeks bulucular, empedans bilgisi olarak matematiksel algoritmayı işlemeyip bunun yerine kök kanalının apeksine olan mesafeyi değerlendirmek için rezistans ve kapasitans ölçümlerini ayrı ayrı tespit edip, veri tabanı ile karşılaştırmaktadır.¹² Multi-frekans elektronik apeks bulucular farklı frekansları kullanarak, her empedans için farklı elektrik oranları arasındaki oranı tespit ederek çalışmaktadır.¹³

iPex II (NSK Inc., Kanuma, Japonya) piyasaya yeni girmiş multi-frekans tipi bir elektronik apeks bulucudur. Literatür taramasında, iPex II'nin doğruluğu ile ilgili sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmanın amacı, apikal foramenleri farklı boylarda genişletilmiş dişlerde iPex II ile birlikte 3 farklı multi-frekans tip elektronik apeks bulucunun doğruluğunun değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma için Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulunun onayı alındı (referans no: 36290600/22).

İstatistiksel kuvvet analizi

Çalışma öncesi yapılan kuvvet analizinde örneklem genişliği için, tip 1 hata (α) = 0.05 (%95 güven düzeyi), Tip II hata (β) = 0.20, testin kuvveti ($1-\beta$) = 0.80 ve testin etki büyüklüğü 0.41 olarak alındı. Buna göre çalışmada kullanılacak minimum diş sayısı 25 olarak belirlendi. Olası kayıplar göz önünde tutularak 30 adet diş kullanılmasına karar verildi.

Dişlerin seçimi ve hazırlanması

Yeni çekilmiş 26 adet düz köke sahip tek kanallı alt çene küçük azı dişi seçildi ve dişler kullanılabildiği kadar %1 timol solüsyonunda saklandı. Sert ve yumuşak doku artıkları ultrasonik uçlar yardımıyla uzaklaştırıldı. Kök yüzeyinde ve apikal bölgede rezorpsiyon, çatlak ve kırık olmadığının doğrulanması dental büyüteç kullanılarak $\times 4$ büyütme altında yapıldı. Dişlerin tek, düz ve kalsifiye olmayan kanallara sahip olduğu meziodistal ve bukkolingual yönlerden alınan radyografilerle doğrulandı. Ölçümlerde

sabit bir referans noktası oluşturmak için her bir dişin kronu mine-sement sınırından elmas diskler kullanılarak uzaklaştırıldı. Kanal girişleri döner eğe ProTaper SX (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile genişletildi. Apikal açıklık #08 K-tipi (Dentsply Maillefer) eğe ile kontrol edildi. Kanallar 5 mL %2.5 sodyum hipoklorit (NaOCl) ile yıkandı.

Gerçek çalışma boyu (GÇB) tespiti

Dişler 1'den 26'ya rastgele numaralandırıldı ve ölçümler için çift lastik stoper takılmış #15 K-tipi eğe (Dentsply Maillefer) kullanıldı. Eğe, apikal foramenden $\times 4$ büyütme altında görünür hale gelene kadar kök kanalında ilerletildi. Eğe bu noktadan 0.5 mm geri çekildi. Eğe ucu ve stoper arasındaki uzunluk dijital kumpasla ölçülüp gerçek çalışma boyu (GÇB) olarak kaydedildi.

Elektronik çalışma boyu (EÇB) tespiti

ProTaper S1 ve S2 (Dentsply Maillefer) kullanılarak GÇB'nin tespit edilmesinin ardından dişler prepare edildi. Ardından EÇB ölçümleri öncesi $\times 4$ büyütme altında sırasıyla ProTaper F1, F2 ve F3 (Dentsply Maillefer) eğeler ile apikal açıklıktan 1 mm ilerde taşkın preparasyonlar yapıldı. Böylece EÇB ölçümleri sırasında sırasıyla dişlerde 0.27 mm, 0.33 mm ve 0.39 mm apikal foramen çapları elde edildi. Çalışmanın tamamında aynı 26 diş kullanıldı. Kök kanalları enstrümantasyon sırasında %2.5 NaOCl ile yıkandı. Yeterli miktardaki aljinatın teflon kalıplar içerisine yerleştirilmesinden sonra örnekler koronal 5 mm'si açıkta kalacak şekilde aljinat içerisine gömüldü. Tüm EÇB ölçümleri aljinatın yeterli seviyede nemi sağlayabildiği 2 saat içerisinde yapıldı. İlgili elektronik apeks bulucunun dudak klibi EÇB ölçümleri sırasında aljinat içerisine yerleştirildi ve 0.27 mm, 0.33 mm ve 0.39 mm çapında apikal foramenlerde sırasıyla #25, #30 ve #35 numaralı K-tipi el eğeleri ile EÇB ölçümleri yapıldı. Diş yüzeyleri pamuk peletler kullanılarak kurulandı. Elektronik apeks bulucular EÇB'nin ölçülmesi sırasında üretici firma talimatlarına uygun olarak kullanıldı. Raypex 5 (VDW, Munich, Almanya) ve Raypex 6'nın (VDW) kullanımında, tüm yeşil çubuklar yanana kadar eğe ilerletildi. iPex (NSK Inc.) ve iPex II'nin (NSK Inc.) kullanımında, sesli sinyal duyuluncaya ve 0.5 mm sinyali ekranda görülünceye kadar eğe kanal içerisinde ilerletildi. Elektronik apeks bulucular ile ölçüm yapılmasından sonra lastik stoperler referans noktasına göre ayarlandı. Daha sonra eğe kanal içerisinden çıkarılarak eğenin ucu ile referans noktası arasındaki mesafe dijital kumpasla ölçüldü. Tüm ölçümler her bir kök için 3 kez tekrarlandı ve bu ölçümlerin aritmetik ortalaması alındı. EÇB ve GÇB arasındaki fark belirlendi. Pozitif değerler GÇB'den uzun, negatif değerler GÇB'den kısa ve ± 0.5 mm'lik değerler uygun ölçümler olarak değerlendirildi. EÇB ile GÇB arasındaki farklılıkların istatistiksel değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $\alpha = 0.05$ olarak belirlendi.

Tablo 1. Gerçek çalışma boyuna göre ± 0.5 mm aralığındaki, 0.5 mm'den kısa ve 0.5 mm'den uzun ölçümlerin gruplara göre dağılımları

Apikal çap	Gruplar (n=26)	<0.5 mm	± 0.5 mm	>0.5 mm	p-değerleri*
0.27 mm	Raypex 5	2 (%7.69)	17 (%65.39)	7 (%26.92)	0.404
	Raypex 6	6 (%23.08)	18 (%69.23)	2 (%7.69)	
	iPex	2 (%7.69)	15 (%57.69)	9 (%34.62)	
	iPex II	4 (%15.38)	16 (%61.54)	6 (%23.08)	
0.33 mm	Raypex 5	3 (%11.54)	20 (%76.92)	3 (%11.54)	0.562
	Raypex 6	4 (%15.38)	20 (%76.92)	2 (%7.69)	
	iPex	8 (%30.8)	18 (%65.35)	1 (%3.85)	
	iPex II	3 (%11.54)	18 (%69.23)	5 (%19.23)	
0.39 mm	Raypex 5	1 (%3.85)	20 (%76.92)	5 (%19.23)	0.635
	Raypex 6	3 (%11.54)	19 (%73.07)	4 (%15.38)	
	iPex	1 (%3.85)	22 (%84.62)	3 (%11.54)	
	iPex II	2 (%7.69)	19 (%73.08)	5 (%19.23)	

*Gruplar-arası karşılaştırmalara ait p-değerleridir

BULGULAR

İşlemler sırasında meydana gelen alet kırıkları nedeniyle 4 diş çalışmadan çıkartıldı; 26 adet diş ile çalışmaya devam edildi. Apeks bulucuların GÇB'ye göre ± 0.5 mm aralığındaki ölçümlerinin dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir. Her bir apikal foramen çapında elektronik apeks bulucuların doğruluğunun gruplar-arası karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı görüldü ($p > 0.05$). Aynı şekilde her bir elektronik apeks bulucunun doğruluğunun grup-içi karşılaştırılmasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı görüldü ($p > 0.05$; Tablo 1).

TARTIŞMA

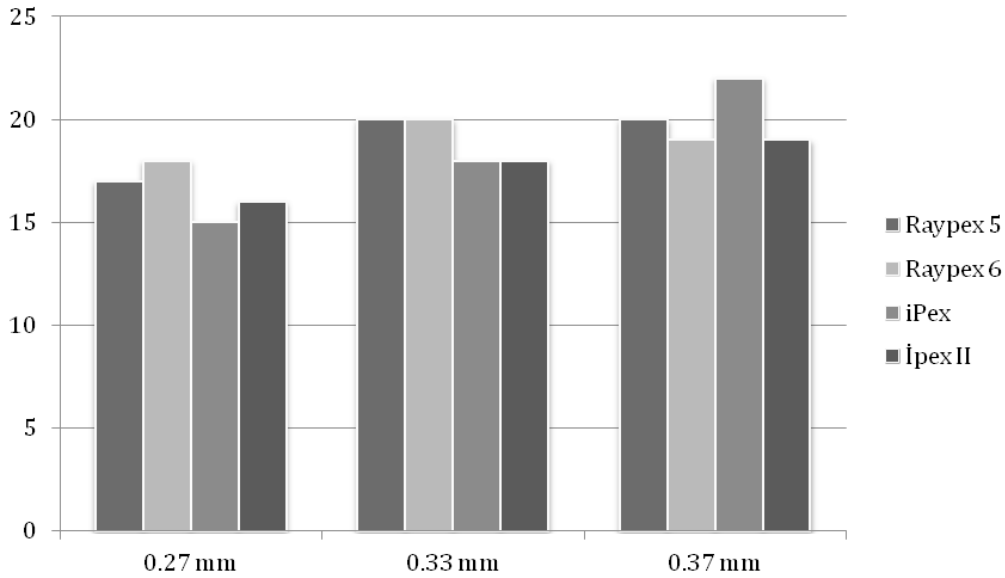
Aljimat modelin ve çekilmiş dişlerin kullanımı elektronik apeksbulucuların test edilmesine olanak sağlayan in vitro yöntemlerden biridir.¹⁴ Ucuz ve basit olması, saatlerce bozulmaması ve kök apekslerinin görülmemesi aljimat modelin avantajları arasındadır. Yanlış ölçümlere neden olabilen kök kanalı içerisine sıvı akışı aljimat modelin göreceli sertliği ile önlenmektedir.¹⁴ Elektronik apeks bulucuların doğruluklarının NaOCl, etilendiamin tetraasetik asit ve klorheksidin gibi sıklıkla kullanılan yıkama solüsyonlarından etkilenmediğini gösteren çalışmalar mevcuttur.^{12,15} Bu çalışmada kök kanallarının preparasyonu ve EÇB ölçümleri sırasında NaOCl kullanıldı. Elektronik apeks bulucuların doğruluklarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için aynı dişlerin kullanılması önemlidir.¹⁶ Bu nedenle, bu çalışmada da GÇB ve EÇB ölçümleri sırasında aynı dişler kullanıldı.

Yapılan birçok *in vivo* ve *in vitro* çalışmada kanalın apikal çapına uygun eğe seçiminin ölçümlerde doğruluğu artırdığı gösterilmiştir.¹⁷⁻¹⁹ Ebrahim ve ark.⁹ apikal çapa uygun olan eğelerin kullanılmasının apeks bulucularla elde edilen EÇB ölçümlerinin doğruluğunu artırdığını bildirmişlerdir. Akisue ve ark.¹¹ genişletilmiş apikal foramene sahip dişlerde doğru EÇB ölçümlerinin uygun eğe kullanımıyla ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte geniş apikal çaplara sahip dişlerde, apikal çapa uygun olmayan küçük eğelerin kullanılması sırasında, aşırı elektrik akımı olduğundan hatalı EÇB ölçümlerine neden olabileceği öne sürülmüştür.⁹

Elektronik apeks bulucuların doğruluğunun değerlendirildiği birçok çalışmada EÇB ölçümlerinde paslanmaz çelik el eğeleri kullanılmıştır.^{10,11} Gehlot ve ark.²⁰ paslanmaz çelik el eğeleri ile yapılan EÇB ölçümlerinin doğruluğunun Ni-Ti eğelerin ölçümlerinden istatistiksel olarak daha fazla olduğunu bildirmiştir. Bu amaçla çalışmada, genişletilmiş apikal foramenlerde, köklerin apikal uçlularına uygun paslanmaz çelik el eğeleri ile EÇB ölçümleri yapıldı.

Apikal foramene olan ± 0.5 mm uzaklık kök kanalının sıklıkla kabul edilen en dar noktasıdır.^{14,21} Diğer taraftan, kökkanalları her zaman apikal daralımdan sonlanmayabilir. Bu nedenle, bazı araştırmacılar ± 1 mm'lik mesafeyi kabul edilebilir olarak tercih etmişlerdir.^{22,23} Bu çalışmada elektronik apeks bulucuların doğruluğunu değerlendirmek ve karşılaştırmak için GÇB'den ± 0.5 mm'lik uzaklık kullanıldı.

Bu çalışmada, apikal foramenlerin taşkın



Şekil 1. Apeks bulucuların gerçek çalışma boyuna göre ± 0.5 mm aralığındaki ölçümlerinin dağılımlarının grafiksel gösterimi (n=26)

preparasyon yapılarak genişletilmesinde döner aletlerin tercih edilmesinin nedeni döner aletlerin kök kanal tedavilerinde sıklıkla kullanılmasıdır. Akisue ve ark.,¹¹ Aydın ve ark.²⁴ ve Herrera ve ark.¹⁰ taşkın preparasyon yapılmış kök kanallarında elektronik apeks bulucuların doğruluklarını değerlendirdikleri çalışmalarında taşkın preparasyon sırasında da el eğelerini kullanmışlardır. Bu araştırmacılar apikal foramen çapının artmasıyla elektronik apeks bulucuların doğruluklarının azaldığını bildirmişlerdir.^{10,11,24} Yine aynı araştırmacılar apikal foramen çaplarının 0.32 mm, 0.47 mm ve 0.60 mm'den dar olduğu durumlarda elektronik apeks bulucuların doğruluklarının kabul edilebilir olduğunu göstermişlerdir.^{10,11,24} Fouad ve ark.²⁵ yaptıkları çalışmada apikal foramenin kritik çapının 0.3-0.4 mm olduğunu ve daha geniş apikal foramenlerde hatalı ölçümlerin artacağını bildirmişlerdir. Bu çalışmada, ProTaper F1, F2 ve F3 ile taşkın preparasyon yapıldıktan sonra apikal foramen boyutlarının sırasıyla 0.27, 0.33 ve 0.39 mm olduğu ve grup-İçi analizde EÇB ölçümleri arasında farklı apikal foramen çaplarına göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı görüldü.

Elektronik apeks bulucuların doğruluklarının %35 ile %100 arasında değiştiği bildirilmiştir.^{26,27} Bu çalışmada, aralarında anlamlı fark bulunmamasıyla birlikte test edilen elektronik apeks bulucuların doğruluklarının %57.69 ile %84.62 arasında değiştiği görüldü. Martins ve arkadaşlarının²⁸ derlemesinde elektronik apeks bulucuların doğruluklarının değerlendirildiği çalışmalarda çeşitli oranların (%43.9-%81.9) elde edildiği, ve apeks bulucuların endodonti pratiğinde

sıklıkla kullandığımız radyografilerden (%14.6-%32.72) daha doğru sonuçlar gösterdiği öne sürülmüştür. Bu nedenle çalışmamızda kullanılan elektronik apeks bulucuların klinik olarak kabul edilebilir doğruluk oranlarına sahip olduğu söylenebilir.

Elektronik apeks bulucuların uzun ve kısa ölçümler de yaptığı görülürken doğru ölçümlerin sayıca fazla olduğu belirlendi. Swapna ve ark.²⁹ EÇB tespitinde #15 K-tipi eğe kullandıkları çalışmalarında kapalı apeksli dişlerde Raypex 5'in doğruluğunun %93.2 olduğunu bildirmiştir. Somma ve ark.³⁰ Raypex 5, Propex II ve Dentaport ZX'in doğruluklarını karşılaştırdıkları çalışmalarında Raypex 5'in ± 0.5 mm aralıktaki doğruluğunu %20 olarak bildirmiştir. Moscoso ve ark.³¹ Raypex 6'nın doğruluğunu %88.22 bulmuş ancak eğeyi kök kanalı içerisinde elektronik apeks bulucunun ekranında kırmızı çubuklar yanana kadar ilerletmişlerdir. Bununla birlikte Duran-Sindreu ve ark.³² kapalı apekse sahip dişlerde iPex'in doğruluğunun %42.8 olduğunu bildirmiştir. Bu araştırmacıların bulgularıyla mevcut çalışmanın bulguları birbir uyum göstermemektedir. Çalışmalar sırasında kullanılan eğelerin farklılığı, dişlerde taşkın preparasyon yapılmaması ve elektronik apeks bulucularla ölçümlerde farklı standartların kullanılması farklılıklarının nedenleri arasında sıralanabilir. Literatür taramalarında iPex II'nin doğruluğunu değerlendiren sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Aggarwal ve ark.³³ iPex II'nin doğruluğunu farklı ebatlardaki eğeler kullanarak Propex ve Root ZX II ile karşılaştırdıkları çalışmalarında eğe

ebatlarından bağımsız olarak iPex II'nin doğruluğunu ortalama %70 olarak tespit etmişlerdir. Aggarwal ve arkadaşlarının³³ çalışmalarındaki metodoloji farklılığı nedeniyle mevcut çalışmanın sonuçları paralellik göstermemektedir. Aggarwal ve ark.³³ çalışmalarında iPex II'nin kullanımı sırasında 0.0 değerini referans noktası olarak kabul etmişlerdir. Mevcut çalışmada hem iPex ile standardizasyonun sağlanması hem de üretici firma talimatına bakıldığında 0.0 ile 0.5 değerleri arasında 'hassas bölge' olarak nitelendirilmesi üzerine iPex II'nin kullanımı sırasında 0.5 değeri referans noktası olarak kabul edildi. Bununla birlikte her iki çalışmanın bulgularına göre iPex II'nin kullanılan diğer elektronik apeks buluculardan anlamlı şekilde farklı sonuç vermediği görülmektedir.

SONUÇ

Bu *ex vivo* çalışmanın kısıtlamaları altında, üç multi-frekans elektronik apeks bulucu ile iPex II'nin taşkın preparasyon yapılan dişlerde elektronik çalışma boyu ölçümlerinin benzer olduğu görüldü. Test edilen tüm elektronik apeks bulucuların doğruluğunun klinik kullanımda kabul edilebilir olduğu söylenebilir.

TEŞEKKÜR VE ANMA

Bu çalışma 15-17 Mayıs 2014 tarihinde İstanbul'da düzenlenen Türk Endodonti Derneği 12. Uluslararası Kongresi'nde sözlü olarak sunulmuştur.

Çıkar çatışması: Yazarlar bu çalışmayla ilgili herhangi bir çıkar çatışmalarının bulunmadığını bildirmişlerdir.

KAYNAKLAR

- Inoue N, Skinner DH. A simple and accurate way to measuring root canal length. *J Endod* 1985;11:421-7.
- American Association of Endodontists. Glossary of Endodontic Terms. Available at: <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/aae/endodonticglossary/index.php>. Accessed April 9, 2015.
- Chugal NM, Clive JM, Spangberg LS. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Sug Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:81-90.
- Real DG, Davidowicz H, Moura-Netto C, Zenkner Cde L, Pagliarin CM, Barletta FB, et al. Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography. *Oral Sug Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;111:e44-9.
- Koçak S, Koçak MM, Sağlam BC. Efficiency of 2 electronic apex locators on working length determination: A clinical study. *J Conserv Dent* 2013;16:229-32.
- Chakravarthy Pishipati KV. An in vitro comparison of Propex II apex locator to standard radiographic method. *Iran Endod J* 2013;8:114-7.
- Pratten DH, McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. *J Endod* 1996;22:173-6.
- 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;28:116-9.
- Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. An in vitro evaluation of the accuracy of Dentaport ZX apex locator in enlarged root canals. *Aust Dent J* 2007;52:193-7.
- Herrera M, Abalos 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;37:1306-9.
- Akisue E, Grateri SD, Barletta FB, Caldeira CL, Graziotin-Soares

R, Gavini G. Not all electronic foramen locators are accurate in teeth with enlarged apical foramina: an in vitro comparison of 5 brands. *J Endod* 2014;40:109-12.

- Gordon MP, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J* 2004;37:425-37.
- Lee M, Winkler J, Hartwell G, Stewart J, Caine R. Current trends in endodontic practice: emergency treatments and technological armamentarium. *J Endod* 2009;35:35-9.
- Fouad AF, Krell KV, McKendry DJ, Koorbusch GF, Olson RA. Clinical evaluation of five electronic root canal length measurements. *J Endod* 1990;16:446-9.
- Duran-Sindreu F, Stöber E, Mercadé M, Vera J, Garcia M, Bueno R, et al. Comparison of *in vivo* and *in vitro* readings when testing the accuracy of the Root ZX apex locator. *J Endod* 2012;38:236-9.
- Wrbas KT, Ziegler AA, Altenburger MJ, Schirmeister JF. *In vivo* comparison of working length determination with two electronic apex locators. *Int Endod J* 2007;40:133-8.
- McDonald NJ. The electronic determination of working length. *Dent Clin North Am* 1992;36:293-307.
- Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. *Ex vivo* evaluation of the ability of four different apex locators to determine the working length in teeth with various foramen diameters. *Aust Dent J* 2006;51:258-62.
- Renner D, Graziotin-Soares R, Gavini G, Barietta FB. Influence of pulp condition on the accuracy of an electronic foramen locator in posterior teeth: an *in vivo* study. *Braz Oral Res* 2012;26:106-11.
- Gehlot PM, Manjunath V, Manjunath MK. An in vitro evaluation of the accuracy of four electronic apex locators using stainless-steel and nickel-titanium hand files. *Restor Dent Endod* 2016;41:6-11.
- ElAyouti A, Kimionis I, Chu AL, Löst C. Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: a comparative *ex vivo* study. *Int Endod J* 2005;38:827-33.
- Gutmann JL, Leonard JE. Problem solving in endodontic working-length determination. *Compend Contin Educ Dent* 1995;16:288-94.
- Ounsi HF, Naaman A. In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. *Int Endod J* 1999;32:120-3.
- Aydın U, Karataslioglu E, Aksoy F, Yildirim C. In vitro evaluation of Root ZX and Raypex 6 in teeth with different apical diameters. *J Conserv Dent* 2015;18:66-9.
- Fouad AF, Rivera EM, Krell KV. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. *J Endod* 1993;19:63-7.
- Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An *in vivo* comparison of two frequency-based electronic apex locators. *J Endod* 2003;29:497-500.
- 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* 2006;39:408-14.
- Martins JN, Marques D, Mata A, Caramês J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. *J Endod* 2014;40:759-77.
- Swapna DV, Krishna A, Patil AC, Rashmi K, Pai VS, Ranjini MA. Comparison of third generation versus fourth generation electronic apex locators in detecting apical constriction: An *in vivo* study. *J Conserv Dent* 2015;18:288-91.
- Somma F, Castagnola R, Lajolo C, Paternò Holtzman L, Marigo L. *In vivo* accuracy of three electronic root canal length measurement devices: Dentaport ZX, Raypex 5 and ProPex II. *Int Endod J* 2012;45:552-6.
- Moscoso S, Pineda K, Basilio J, Alvarado C, Roig M, Duran-Sindreu F. Evaluation of Dentaport ZX and Raypex 6 electronic apex locators: an in vitro study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2014;19:e202-5.
- Duran-Sindreu F, Gomes S, Stöber E, Mercadé M, Jané L, Roig M. *In vivo* evaluation of the iPex and Root ZX electronic apex locators using various irrigants. *Int Endod J* 2013;46:769-74.
- Aggarwal V, Singla M, Bhasin SS. Influence of instrument size and varying electrical resistance of root canal instruments on accuracy of three electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J* 2017;50:506-11.

Comparison of the accuracies of multi-frequency electronic apex locators in teeth with enlarged apical foramina: *ex vivo*

ABSTRACT

OBJECTIVE: The aim of this study was to compare the accuracy of a newly developed multi-frequency electronic apex locator iPex II with three different multi-frequency electronic apex locators in teeth with different sizes of apical foramina.

MATERIALS AND METHOD: Twenty-six extracted mandibular premolars were used in this study. The teeth were decoronated, and the root canals were coronally flared. Actual working length was determined by inserting a #15 K-file until the tip was visualized just within apical foramen. Actual working length was established 0.5 mm short of the distance between the rubber stopper and the file tip. Using Protaper F1, F2 and F3 files (Dentsply Maillefer), over-instrumentation 1 mm beyond the apical foramen

was done. The teeth were embedded in teflon molds with alginate exposing the coronal 5 mm. Electronic working length measurements were done by using Raypex 5 (VDW), Raypex 6 (VDW), iPex (NSK Inc.) and iPex II (NSK Inc.) electronic apex locators. Differences between the electronic and actual working lengths were calculated. One-way analysis of variance (ANOVA) was used for the statistical analysis of the accuracies of the electronic apex locators ($\alpha=0.05$).

RESULTS: Inter-group comparisons revealed that there was no statistically significant difference between the accuracies of the different electronic apex locators ($p>0.05$). Intra-group comparisons also revealed that there was no statistically significant difference between different apical foramen sizes ($p>0.05$).

CONCLUSION: iPex II and the other electronic apex locators provided similar endodontic working length measurements in teeth with enlarged apical foramina. All electronic apex locators tested in this study were found clinically acceptable for working length determination.

KEYWORDS: Apical foramen; root canal therapy; teeth