

ارزیابی دقت Electronic apex locator (EAL) در تعیین طول کانال دندانهای شیری تحلیل رفته در آزمایشگاه

دکتر علیرضا حیدری*#، دکتر حجت الله جلالی یکتا**

* استادیار گروه دندانپزشکی کودکان دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی زاهدان

** دندانپزشک

تاریخ ارائه مقاله: ۸۶/۷/۸ - تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۲/۲۸

Title: Evaluation of the in Vitro Accuracy of an Electronic Apex Locator in Measuring Resorbed Root Canal Length in Primary Teeth

Authors: Headari AR*#, JalaliYekta H**

** Assistant Professor, Dept of Pediatric Dentistry, Dental School, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran.

** Dentist

Introduction: Radiography is the most common method for measurement of working length, but it is not the ideal method. The application of radiography in children is more dangerous and difficult in respect to radiation hazard, technical problems, superimposition of permanent teeth bud on primary teeth, and so on. Electronic Apex Locator (EAL) is a device for determination of working length. In the present study, we evaluated the in vitro accuracy of EAL in Measuring resorbed root canal length in primary teeth.

Materials & Methods: This analytical-descriptive study was conducted on 112 canals of extracted primary teeth that had at least 2/3 of root length. After preparation of the access cavity and removing pulp chamber tissue, the lengths of the canals were measured by Dentaport ZX and the real length of the canals were determined straightly with 0.5 mm accuracy. Then two measurements were compared. Data were analyzed by paired T test and intra class correlation and $p < 0.05$ was considered as the limit of significance.

Results: The accuracy of Dentaport ZX for carefully determination of apical foramen was 52.7% and in the range of 0.5 to +0.5 mm from apical foramen was 91.1%. There were a straight powerful linear correlation between measurements by eye and Dentaport ZX.

Conclusion: According to the results of this study, using Dentaport ZX in endodontic treatment for primary teeth especially for non-cooperative children is recommended.

Key words: Electronic apex locator, Primary teeth, Endodontic treatment, Working length.

Corresponding Author: a1001hei@zdmu.ac.ir

Journal of Mashhad Dental School 2008; 32(2): 117-22.

چکیده

مقدمه: رادیوگرافی رایج ترین روش محاسبه طول کارکرد به شمار می رود اما ایده آل نیست. کاربرد رادیوگرافی در کودکان با توجه به خطرات اشعه، مشکلات تکنیکی، سوپرایمپوز شدن جوانه دندان دائمی بر روی ریشه دندانهای شیری و ... خطرناک و مشکل است. Electronic apex locator وسیله ای برای اندازه گیری طول کانال دندان می باشد. هدف از این مطالعه ارزیابی دقت Electronic apex locator (EAL) در تعیین طول کانال دندانهای شیری تحلیل رفته در شرایط In vitro می باشد.

مواد و روش ها: مطالعه به صورت توصیفی-تحلیلی و بر روی ۱۱۲ کانال از دندانهای شیری کشیده شده که حداقل دو سوم طول ریشه آنها باقی مانده بود انجام شد. پس از تهیه حفره دسترسی و برداشتن بافت پالپی طول کانالها با Dentaport ZX تعیین شدند. سپس طول واقعی کانالها از طریق دید مستقیم با دقت ۰/۵ میلیمتر اندازه گیری شدند. اطلاعات با استفاده از آزمون T زوجی و ضریب همبستگی درون گروهی و سطح معنی داری $P < 0/05$ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته ها: دقت Dentaport ZX جهت تعیین طول دقیق کانال ۵۲/۷٪ و در محدوده $\pm 0/5$ میلی متر از فورامن آپیکال ۹۱/۱٪ تعیین گردید. بین اندازه گیری با چشم و با دستگاه Dentaport ZX یک رابطه خطی مستقیم قوی وجود داشت.

نتیجه گیری: بر اساس نتایج این مطالعه استفاده از Dentaport ZX در درمان دندانهای شیری بخصوص در کودکان غیر همکار توصیه می شود.

واژه های کلیدی: Electronic apex locator، دندان شیری، پالپکتومی، طول کارکرد.

مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۳۸۷ / دوره ۳۲ / شماره ۲ : ۱۱۷-۲۲.

مقدمه

تاکنون روشهای متعددی برای محاسبه طول کارکرد در کانالهای ریشه دندانهای دائمی ارائه گردیده است که از آن جمله می توان کاربرد میانگین طول دندانها به صورت آماری، استفاده از احساس دست و رادیوگرافی را نام برد. گرچه در تعیین طول کانال استفاده از رادیوگرافی روش کارآمدی بوده و پاسخ کلینیکی قابل قبولی دارد ولی وجود مشکلات و محدودیتها موجب می شود که این روش ایده آل نباشد.^(۱) از طرف دیگر با توجه به خطرات تابش اشعه خصوصاً در دوران کودکی و مشکلات انجام رادیوگرافی در افراد معلول و عقب مانده و کودکان خردسال، محققان را بر این فکر واداشت که اگر وسیله ای بتواند در هنگام تعیین طول کانال به جای رادیوگرافی استفاده شده و به طور مؤثر میزان تابش اشعه به بیمار را کاهش دهد بسیار ارزشمند خواهد بود و این امر سبب شد که انگیزه ای برای تهیه و توسعه ابزارهای الکترونیکی تعیین موقعیت آپکس بوجود آید.

هم اکنون این دستگاهها جای خود را به خوبی در درمان اندودنتیکس دندانهای دائمی پیدا کرده اند. Dentaport ZX (J. Morita MFG > CORP, Tokyo, Japan) یک نوع (EAL) Electronic Apex Locator نسل چهارم است که می تواند طول ریشه را در شرایط خشک و مرطوب تعیین کند.

پالپکتومی در کودکان نیز تقریباً از اصول مشابه درمان ریشه دندانهای دائمی بزرگسالان تبعیت می کند و تعیین طول کارکرد قدم اول معالجه می باشد.^(۲)

برای به حداقل رساندن امکان صدمه به پری آپیکال و دندان جانشین، طول ریشه باید به دقت و بدون گذشتن از آپکس تعیین شود. چون برای پر کردن کانال دندانهای شیری معمولاً از ZOE استفاده می شود که خواص آنتی سپتیک محدودی دارد به همین دلیل طول کانال باید برای تمیز کردن کاملاً مشخص شود.^(۲)

از جانب دیگر وجود تحلیل در دندانهای شیری درمان ریشه این دندانها را تحت تأثیر قرار می دهد. چرا که با وجود تحلیل آپیکال تعیین طول دندان از طریق رادیوگرافی مخصوصاً در تحلیل جانبی دچار مشکلاتی می شود که

ارزیابی طول ریشه را دچار خطا می کند.^(۳)

از طرفی انجام رادیوگرافی در کودکان که هم اکنون به طور روتین استفاده می شود بسیار مشکل می باشد. دقت دستگاههای آپکس یاب الکترونیکی در دندانهای دائمی در مطالعات متعددی مورد ارزیابی قرار گرفته است ولی در دندانهای شیری بخصوص دندانهای شیری تحلیل رفته مطالعات بسیار اندکی صورت گرفته است. لذا بر آن شدیم تا طی تحقیقی این فن آوری نوین علم اندودنتیکس را در دندانپزشکی کودکان نیز بکار ببریم تا دقت آن را در تعیین طول کانال دندانهای شیری تحلیل رفته مورد بررسی قرار دهیم.

مواد و روش ها

در این مطالعه توصیفی-تحلیلی ابتدا دندان های شیری کشیده شده یس از جدا کردن و پاک کردن نسوج اطراف ریشه و ضدعفونی کردن به مدت ۲۴ ساعت با هیپوکلریت، در نرمال سالین نگهداری شدند. دندانهایی در این مطالعه وارد شدند که حتماً دارای تحلیل ریشه بوده و حداقل ۲/۳ طول ریشه باقی مانده بود. به هر دندان کدی داده شد و حفره دسترسی تهیه گردید. دندانها در ژلی (محلول آگار حرارت داده شده در باز سالین فسفات BPS به نسبت ۲ گرم در صد میلی لیتر، غلظت ۰.۲٪ آگار) که نقش پرپودنشوم را بازی می کرد قرار داده شده و طول کانالها با استفاده از دستگاه Dentaport ZX تعیین شدند. بدین صورت که ابتدا دستگاه در وضعیتی تنظیم گردید که زمان رسیدن نوک فایل به فورامن آپیکال (تماس با نسوج پری آپیکال)، Alarm دهد. نقاطی روی سطح اکلوزال بعنوان محل قرارگیری رابراستاپ جهت اندازه گیری طول کانال مشخص یا تراش داده شدند.

برای جلوگیری از نفوذ ژل به داخل کانال از طریق فورامن آپیکال، نسوج داخل کانال تخلیه نگردید. یک فایل K-Type ۱۵ به فایل نگهدار و گیره لپی به میله ای که با ژل در تماس بود متصل می گردید، سپس فایل داخل کانال قرار گرفته و به آرامی در داخل کانال پیش برده می شد.

پس از رسیدن نوک فایل به انتهای کانال و Alarm دادن دستگاه Rubber stop با محل رفرنس اکلوزالی تطابق داده

فراوانی مقادیر تفاضل اندازه گیریها از طریق چشم و با دستگاه نشان می دهد که در بیشتر موارد (۵۲/۶۷٪) اندازه گیری با چشم و دستگاه با یکدیگر تطابق دارند. البته در ۸/۹٪ موارد تفاضل حاصل ۱- میلیمتر و در ۳۴/۸٪ موارد ۰/۵- میلی متر بوده است که اینها شاخص ترین تفاضل ها از نظر فراوانی بوده اند.

تفاضل های بدست آمده از لحاظ میزان اختلاف از طول واقعی (طول مشخص شده با چشم) به چهار گروه دسته بندی شدند: بدون انحراف (صفر)، انحراف ۰/۵+ میلیمتر، انحراف ۰/۵- میلیمتر و انحراف بیشتر از ۰/۵ میلیمتر (بیشتر از ۰/۵ میلیمتر و کمتر از ۰/۵- میلیمتر).

در دندانهای E و D بالاترین فراوانی میزان انحراف از طول واقعی کانال در حد فاصل ۰/۵+ تا ۰/۵- میلیمتر بود (۰/۵+، صفر، ۰/۵-). دقت دستگاه در دندانهای E جهت تعیین طول دقیق کانال (تفاضل=صفر) ۵۲/۹٪ و در محدوده ± 0.5 میلیمتر از فورامن آپیکال ۸۷/۱٪ بود. در دندانهای D دقت دستگاه در تعیین دقیق طول کانال (تفاضل=صفر) ۵۲/۴٪ و در محدوده ± 0.5 از فورامن آپیکال ۹۷/۶٪ بود و در نهایت در مجموع ۱۱۲ کانال ارزیابی شده دقت دستگاه در محدوده ± 0.5 میلیمتر از فورامن آپیکال ۹۱/۱٪ بود. (جدول ۱)

بر اساس آزمون T زوجی دقت اندازه گیری دستگاه به نوع دندان بستگی ندارد. ($P=0.2$)

بین اندازه گیری های با چشم و با دستگاه Dentaport ZX طبق ضریب همبستگی درون گروهی یک رابطه خطی مستقیم قوی وجود داشت. میزان ضریب هماهنگی اندازه گیری ها با چشم و با دستگاه با اطمینان ۹۵٪ در فاصله ۰/۹۷ تا ۰/۹۹ قرار می گیرد. یعنی انتظار می رود در ۹۷٪ تا ۹۹٪ از موارد اندازه گیری با دستگاه و با چشم برای هر کانال با هم تطبیق داشته باشند.

شده، فایل خارج می شد، فاصله نوک فایل تا را بر استاپ با دقت ۰/۵mm اندازه گیری شده و به عنوان طول کانال ثبت می گردید.

اندازه طول کانالها و محل رفرنس برای هر کانال هر دندان کدبندی شده جهت بررسی های بعدی یادداشت می شد. سپس دندان های کدبندی شده بدون این که شخص آزمایشگر اطلاعی از طول های اندازه گیری شده با دستگاه داشته باشد جهت تعیین طول به روش مستقیم مورد ارزیابی قرار گرفتند.

فایل ۱۵ K-Type داخل کانال قرار داده شده فایل آنقدر پیش برده می شد که نوک فایل در محل تحلیل ریشه توسط ذره بینی با بزرگنمایی ۴ برابر دیده شود.

سپس رابراستاب فایل با محل رفرنس اکلوزالی کانال که یادداشت شده بود تطابق داده شده سپس فایل خارج گردیده و طول نوک فایل تا رابراستاب با دقت ۰/۵ میلیمتر اندازه گیری می شد. این اندازه به عنوان طول واقعی کانال یادداشت گردیده و تفاوت اندازه گیری بین دو روش در هر کانال مشخص می گردید. در کل این مراحل چون از وسیله اندازه گیری با دقت ۰/۵ میلیمتر استفاده می شد تمام اندازه های بینابینی تا ۰/۵ میلیمتر گرد شدند.

برای توصیف و ارائه داده ها از جداول فراوانی و برای تحلیل داده ها از آزمون T زوجی و ضریب همبستگی درون گروهی با $P < 0.05$ استفاده شد.

یافته ها

در این مطالعه ۱۱۲ کانال مورد بررسی قرار گرفتند که ۷۰ کانال مربوطه به دندانهای E و ۴۲ کانال مربوطه به دندانهای D بودند.

نتایج بدست آمده بیانگر آن بود که میانگین تفاضل اندازه گیری های طول کانال دندانهای شیری از دو طریق دید مستقیم با چشم و دستگاه Dentaport ZX 0.35 ± 0.2438 میلیمتر است.

جدول ۱: فراوانی حدود اختلاف اندازه گیری ها با چشم و با دستگاه Detaport ZX به تفکیک دندانها

متغیر	انحراف از طول حقیقی									
	۰		+۰/۵		-۰/۵		بیشتر از ۰/۵		کل	
تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد		درصد
E	۳۷	۵۲/۹	۱	۱/۴	۲۳	۳۲/۹	۹	۱۲/۹	۷۰	۱۰۰/۰
D	۲۲	۵۲/۴	۴	۹/۵	۱۵	۳۵/۷	۱	۲/۴	۴۲	۱۰۰/۰
کل	۵۹	۵۲/۷	۵	۴/۵	۳۸	۳۳/۹	۱۰	۸/۹	۱۱۲	۱۰۰/۰

بحث

از زمان معرفی دستگاه های EAL مطالعات متعددی در زمینه بررسی دقت این دستگاه ها صورت گرفته است که اکثر این مطالعات بر روی دندانهای دائمی بوده است. مطالعات اندکی نیز روی دقت این دستگاهها در تعیین طول کانال دندانهای شیری انجام شده است.

در اکثر مطالعات انجام شده در چند دهه اخیر تعداد کانالهای مورد مطالعه به جز چند مورد کمتر از ۷۰ کانال بوده، ولی بدلیل اینکه بیشتر بودن تعداد نمونه ها سبب افزایش قابلیت تعمیم نتایج می گردد. لذا براساس مطالعات پیشین و به منظور بالا بردن دقت کار و قابلیت تعمیم مطالعه، تعداد ۱۱۲ کانال در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند.

اساسی ترین مسأله مورد تحقیق در رابطه با دستگاه های EAL دقت این دستگاه ها در تعیین طول کانال دندان می باشد. در این زمینه مطالعات بسیار فراوانی صورت گرفته است.

در مطالعه حاضر دقت دستگاه Dentaport ZX برای تعیین دقیق فورامن آپیکال ۵۲/۷٪ و در فاصله $\pm 0/5$ میلیمتر از فورامن آپیکال ۹۱/۱٪ بدست آورده شد (جدول ۱)، نتایج این مطالعه در رابطه با دقت دستگاه EAL از دو مطالعه Pagavino^(۳) و Dunlap^(۴) به میزان مختصری بیشتر و نسبت به مطالعه Shabhang^(۵) به میزان مختصری کمتر می باشد. ۳ مطالعه فوق بر روی کانال دندانهای دائمی صورت گرفته است ولی مطالعه حاضر بر روی کانال دندانهای شیری بوده است که همراه با تحلیل بوده اند. همچنین تفاوت در نحوه کار عمل کننده ها و دستگاه مورد استفاده می تواند در نتایج، اثرگذار باشد. همچنین In vivo یا In vitro بودن مطالعات

می تواند در نتایج تأثیرگذار باشد.

در مطالعات Vajrabhaya^(۶) و Jenkins^(۷) دقت ۱۰۰٪ بدست آمده است. در این موارد نیز علت عمده تفاوت نتایج با مطالعه حاضر را می توان به کم بودن تعداد نمونه های مطالعات Vajrabhaya (۲۰ کانال) و Jenkins (۳۰ کانال) و تفاوت نوع دندانها (هر دو مطالعه روی دندانهای دائمی بوده است) نسبت داد. همه اینها می توانند علت تفاوت نتایج مطالعه حاضر با این دو مطالعه باشند.

در رابطه با تأثیر تحلیل ریشه بر دقت دستگاه های EAL در تعیین طول کانال دندان مطالعات اندکی صورت گرفته است. در این زمینه بیشتر مطالعات تأثیر باز یا بسته بودن Apex یا قطر فورامن آپیکال را مورد مطالعه قرار داده اند.

Stein و همکارانش و Vajrabhaya متوجه شدند که با افزایش قطر فورامن آپیکال دقت تعیین طول کانال ریشه به روش الکترونیکی کاهش می یابد.^(۶و۸)

Mente، Seidal و شهرابی و همکاران طی تحقیقاتی بر روی دندانهای شیری به صورت In vitro عنوان کردند که وجود تحلیل در دندانهای شیری بر دقت EAL در شرایط In vitro تأثیر ندارد.^(۹و۱۰) همچنین شهرابی و همکاران در مطالعه دیگری دقت EAL در شرایط In vivo را مورد بررسی قرار دادند و عنوان نمودند که دقت دستگاه در تعیین طول کانال در حد فاصل $\pm 0/5$ میلی متر از فورامن آپیکال ۹۲/۱۷٪ می باشد.^(۱۱)

در مطالعه حاضر دقت دستگاه Dentaport ZX در کانالهایی مورد تحقیق قرار گرفت که تحلیل داشتند و دقت دستگاه در محدوده $\pm 0/5$ میلیمتر از فورامن آپیکال حدود

نفوذ کرده باعث شود که دستگاه طول کانال را کوتاهتر نشان دهد.

نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به مطالعه حاضر استنباط می شود دستگاه Dentaport ZX برای تعیین طول کانال دندانهای شیری مفید بوده و به نظر می رسد در صورتی که از یک رادیوگرافی اولیه به منظور تشخیص مناسب بودن دندان جهت درمان ریشه استفاده گردد و سپس طول ریشه توسط EAL تعیین گردد، نتیجه مناسبی حاصل می شود.

با توجه به راحتی استفاده از این وسیله، بخصوص در کودکان، می توان آن را در مکانهای آموزشی و بخش های کودکان دانشکده های دندانپزشکی استفاده کرد. به ویژه آشنایی دانشجویان دندانپزشکی با این دستگاه می تواند کمکی در جهت بالا بردن دانش آنها در مورد وسایل و تجهیزات نوین اندودنتیک، تکنیک ها و امکانات موجود در این زمینه باشد. از آنجا که از این دستگاه ها در موارد متفاوت از جمله تعیین طول کارکرد، یافتن پرفوراسیون های ریشه، یافتن تحلیل های جانبی و ... می توان استفاده کرد، می توان ادعا کرد که آشنا شدن با این دستگاه و کاربرد آنها، تشخیص، طرح درمان و تکنیک کار را تحت تأثیر قرار خواهد داد.

از جمله محدودیتهای استفاده از این نوع دستگاه ها ناآشنایی دندانپزشکان به نحوه کارکرد آن و قیمت نسبتاً بالای آن می باشد.

از آنجا که بطور کلی تحقیقات در زمینه استفاده از این دستگاه ها در دندانهای شیری محدود بوده است، نیاز به مطالعات بیشتر مخصوصاً به صورت In vivo و به خصوص در دندانهایی با تحلیل ریشه در این زمینه مشهود است.

۹۱/۱ بدست آمد که مشابه تحقیق دوم شهرابی و همکاران در شرایط In vivo می باشد که نشانگر بی تأثیر بودن تحلیل در دقت دستگاه است.

معیار دیگری که در اکثر مطالعات قبلی به آن اشاره شد میانگین اندازه گیری ها توسط دستگاه EAL می باشد.

در تحقیقاتی که Kaufman ، Pratten و Elayoute بر روی دقت دستگاههای EAL در دندانهای دائمی انجام دادند عنوان نمودند که روش تعیین طول با EAL بیشتر تمایل به کوتاهتر تعیین نمودن طول کانال نسبت به طول کارکرد صحیح دارد. (۱۲-۱۴)

در این مطالعه تفاضل اندازه گیری های بین چشم و دستگاه (انحراف از طول واقعی کانال) ۰/۲۴۳۸- میلیمتر می باشد که نشانگر این مطلب است که Dentaport ZX به صورت غالب تمایل به کوتاهتر نشان دادن طول کانال از طول واقعی آن دارد. این نتیجه با مطالعات قبلی در این زمینه هماهنگی دارد.

کوتاهتر نشان دادن طول کانال توسط دستگاه EAL را می توان اینگونه توجیه کرد که دستگاه هنگامی Alarm می دهد که نوک فایل با نسوج اطراف آپکس تماس یابد. در اغلب موارد نسوج اطراف آپکس مقداری (هر چند اندک) به داخل فضای کانال نفوذ کرده اند که این نفوذ در مورد تحلیل ها و آپکس های باز و گشاد بیشتر است. در نتیجه نوک فایل در فاصله ای کوتاهتر از فورامن آپیکال با نسوج پری آپیکال تماس می یابد و در نتیجه دستگاه EAL به طور غالب طول را کوتاهتر نشان می دهد.

در مطالعه حاضر نیز ریشه دندانها تحلیل رفته اند لذا فورامن آپیکال گشادتری دارند و در نتیجه زلی که تهیه شده می تواند مقداری در داخل کانال مشابه با نسج پری آپیکال

منابع

1. Griffiths BM. Comparison of three techniques for assessing endodontic working length. Int End J 1992; 25(6): 279-83.
2. Guide line for pulp therapy for primary and young permanent teeth. American Academy of pediatric Dentistry. Available at: <http://www.hon.ch/conduct.html>. Accessed March 12, 2006.

3. Pagavino G, Pace R, Baccetti T. A SEM study of in vivo accuracy of Root ZX electronic apex locator. J Endod 1998; 24(6): 438-41.
4. Dunlap CA, Remeikis NA, Begole EA, Rauschenberger CR. An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals J Endod 1998; 24(1): 48-50.
5. Shabahang S, Goon WW, Gluskin AH. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. J Endod 1996; 22(11): 616-8.
6. Vajrabhaya L, Tepmongkol P. Accuracy of apex locator. Endod Dent Traumatol 1997; 13(4): 180-2.
7. Jenkis JA, Walker WA, Schindler WG. An in vivo evaluation of Accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. J Endod 2001; 27(3): 102-5.
8. Stein TJ. Influence of the major and minor foramen diameters on apical electronic probe measurement. J Endod 1990; 16(11): 540-2.
9. Mente J, Sidale J, Buchalla W, Koch MJ. Electronic determination of root canal length in primary teeth with and without root resorption. Int Endod J 2002; 35(5): 447-52.
10. Shahabi M, Seraj B, Nekoofar MH, Moshrefian Sh, KharaziFard MJ. An evaluation on the accuracy of an electronic apex locator (EAL) in the determination of working length in primary teeth (in-vitro). Journal of Dentistry Tehran University of Medical Sciences 2004; 17(1): 32-40.
11. Shahrabi M, Seraj B, Heidari A. Invivo evaluation of the accuracy of an electronic apex locator in root canal length determination in primary teeth. Journal of Dentistry Tehran University of Medical Sciences 2006; 19(1): 79-83.
12. Pratten DH, Mc Donald NJ. Comparison of radiography and electronic working length. J Endod 1996; 22(4): 173-6.
13. Kaufman AY. Reliability of different electronic apex locators to detect root perforation in vivo. Int Endod 1997; 30(6): 403-7.
14. Elayoute A, Weiger R, Lost C. The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. J Endod 2002; 28(2): 116-9.