

ارزیابی دقت دو دستگاه آپکس یاب الکترونیکی (Electronic Apex Locator) از نسل چهارم در تعیین طول کانال (In-vivo)

دکتر علویه وحید[†] - دکتر احمد بهرامی نیا^{**} - دکتر محمدجواد خرازی فرد^{***}
* دانشیار گروه آموزشی اندودنتیکس دانشکده دندانپزشکی و مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی

و خدمات بهداشتی، درمانی تهران

** دندانپزشک

*** مشاور آمار و تحقیقات دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران

Title: Evaluation of two electronic apex locator of 4th generation, Raypex4 and Apit7, in canal length determination.

Authors: Vahid A. Associate Professor*, Bahraminia A. Dentist, Kharazi Fard MJ. Research Consultant **

Address: * Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences

** Faculty of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences

Background and Aim: Determining correct working length in root canal therapy is of great importance in successful treatment. The purpose of this study was to compare the accuracy of two electronic apex locators of fourth generation, Raypex4 and Apit7, in determining working length in vivo.

Materials and Methods: In this test evaluation study performed at Dental School of Tehran University, a total of 32 single canal vital teeth planned for extraction because of orthodontic and prosthetic reasons were selected. Working length determination by each of the two electronic apex locators was performed by two different dentists. These measurements were compared with direct visual measurement after tooth extraction. The dentists working with devices and the endodontist who determined the working length of the extracted teeth as well as the statistician, all were blind regarding the results. The data were compared using binominal distribution test with $P < 0.05$ as the limit of significance.

Results: The accuracy of actual length determination of Raypex4 was 68.8% in the limit of ± 0.5 and 83.3% in the limit of ± 1 . From the actual length measurements, 75.1% were within the tolerance of +0.5 to -1. The accuracy of the working length determination by Raypex4 was 68.8% within the tolerance of ± 0.5 and 84.3% within the tolerance of ± 1 . Taking the tolerance of + 0.5 to -1 mm into account, the accuracy of the instrument was about 78.8%. The accuracy of actual length determination of Apit7 was 65.7% in the limit of ± 0.5 and 78.3% in the limit of ± 1 . Compared to the visual length determination, 78.8% of the actual length measurements were within the tolerance of +0.5 to -1. The accuracy of the working length determination was 62.6% within the tolerance of ± 0.5 and 81.3% within the tolerance of ± 1 . Taking the tolerance of + 0.5 to -1 mm into account, the accuracy of the instrument was about 75.1%.

Conclusion: Raypex4 and Apit7 had similar accuracy in determining the actual length. However, they still can not replace the routine methods of actual length determination.

Key Words: Electronic apex locators; Root length determination; Apit7; Raypex4

Journal of Dentistry. Tehran University of Medical Sciences (Vol. 18; No. 4; 2006)

[†] مؤلف مسؤول: نشانی: تهران - دانشگاه علوم پزشکی تهران - دانشکده دندانپزشکی - گروه آموزشی اندو
تلفن: ۰۲۶۴۰۶۶۴ پست الکترونیکی vahidala@sina.tums.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: اندازه‌گیری دقیق طول کارکرد در درمانهای ریشه از اهمیت بالایی در موفقیت درمان برخوردار است. چنانچه این اندازه‌گیری با دقت انجام نگیرد، مقداری از نسج پالپ در کانال ریشه باقی می‌ماند و یا کار درمان و رای کانال ریشه با تجاوز به محدوده پرپودنتال صورت می‌گیرد که هر دو حالت می‌تواند توأم با عدم موفقیت باشد. مطالعه حاضر با هدف مقایسه دقت دو دستگاه آپکس یاب الکترونیکی (EAL) از نسل چهارم یعنی Apit7 (یک دستگاه شناخته شده) با دستگاه جدید Raypex4 در اندازه‌گیری طول واقعی (Actual Length: AL) و طول کارکرد (Working Length: WL) در بیماران و مقایسه نتایج حاصله با اندازه‌گیری عینی این دندانها پس از خارج نمودن آنها انجام شد.

روش بررسی: در این مطالعه که به روش بررسی تست‌های تشخیصی انجام شد، ۳۲ دندان تک‌کانال توسط دو دندانپزشک که به صورت مستقل با یکی از دستگاه‌های EAL کار می‌کردند، مورد بررسی قرار گرفتند. این دندانها پس از کشیده شدن تمیز و کدگذاری شده و برای بار سوم به طور عینی توسط یک اندودنتیست طول واقعی و طول کارکرد آنها اندازه‌گیری و یادداشت شد. این تحقیق در تمام مراحل تا بررسیهای آماری به صورت کور انجام گرفت. پس از تعیین درصد دقت، با استفاده از آزمون توزیع دو جمله‌ای، درصد دقت دستگاه‌ها با یکدیگر مقایسه شدند. $P < 0.05$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: دقت دستگاه Raypex4 در تعیین طول واقعی، نسبت به مشاهده عینی در محدوده ± 0.5 میلی‌متر 68.8% و در محدوده ± 1 میلی‌متر 83.3% بود. با پذیرش خطای 0.5 تا 1 میلی‌متر، دقت در اندازه‌گیری AL حدود 75.1% در مقایسه با مشاهده عینی بود. دقت این دستگاه در تعیین طول کارکرد نسبت به مشاهده عینی با محدوده ± 0.5 میلی‌متر، 68.8% و با ± 1 میلی‌متر 84.3% بود. با پذیرش خطای 0.5 تا 1 میلی‌متر 71.9% بود. دقت دستگاه Apit7 در تعیین طول واقعی نسبت به مشاهده عینی 65.7% در فاصله ± 0.5 میلی‌متر و در فاصله ± 1 میلی‌متر 78.3% بود. با پذیرش خطای 0.5 تا 1 میلی‌متر، دقت دستگاه Apit7 78.8% بود. در تعیین طول کارکرد با محدوده ± 0.5 میلی‌متر، دقت 62.6% و در ± 1 میلی‌متر، دقت 81.3% و در فاصله 0.5 تا 1 میلی‌متر، دقت 75.1% بود. نتایج اختلاف آماری معنی‌داری را بین دو دستگاه نشان نداد ($P > 0.05$)؛ در حالی که در مقایسه با اندازه‌گیری عینی نیز از دقت بالایی برخوردار نبود.

نتیجه‌گیری: دقت دو دستگاه اندازه‌گیری تقریباً مشابه یکدیگر بود؛ ولی در مجموع هیچ یک به تنهایی کافی و مورد اطمینان نبود.

کلید واژه‌ها: اندازه‌گیری طول کانال؛ دستگاه‌های آپکس یاب الکترونیکی؛ Raypex4, Apit7

وصول: ۸۳/۱۲/۱۷ اصلاح نهایی: ۸۴/۰۲/۱۰ تأییدچاپ: ۸۴/۰۳/۲۸

مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران (دوره ۱۸، شماره ۴، سال ۱۳۸۴)

مقدمه

۱۸-۲۵ سال 0.507 میلی‌متر کوتاهتر از فورامن در انتهای ریشه قرار دارد و در افراد ۵۵ سال و بزرگتر 0.784 میلی‌متر کوتاهتر از فورامن است (۲). به عقیده Seltzer و همکاران نقطه مورد قبول در انسداد کانال ریشه $0.5-1$ میلی‌متر کوتاهتر از فورامن اپیکال است (۴).

انتهای کانال توسط فضای قیف ماندی به فضای پرپودنتال می‌پیوندد. این قیف در یک طرف باریکتر (تنگه اپیکال) و در انتهای دیگر عریض‌تر است (فورامن اپیکال) (۱).

به منظور تهیه و تمیز نمودن مؤثر سیستم کانال ریشه، از نظر بیومکانیکی و سپس مسدود نمودن، لازم است طول کانال به دقت تعیین گردد (۱). محققان اعتقاد دارند که محل اتصال سمنتوم به عاج* (CDJ) در انتهای ریشه نقطه ایده‌آلی برای ختم مراحل تهیه و بعد مسدود نمودن کانال می‌باشد (۳، ۲)؛ به طوری که طبق تحقیق CDJ, Kuttler در افراد

* Cemento-Dentinal Junction (CDJ)

با لیگامان پریودنتال در فورامن کوچتر (باریکترین قسمت فورامن) را گزارش نمود؛ در حالی که نسل بعدی دستگاه EAL کوچکترین قطر کانال را در تنگه اپیکال نشان داد. به طور کلی این دستگاه‌ها از سه اصل اساسی رزیستانس، فرکانس و امپدانس در تعیین طول استفاده می‌کنند (۱۲).

مطالعه حاضر با هدف مقایسه دقت دو دستگاه EAL از نسل چهارم یعنی Apit7 با دستگاه جدید Raypex4 در اندازه‌گیری طول واقعی (Actual Length: AL) و طول کارکرد (Working Length: WL) در بیماران و مقایسه نتایج حاصله با اندازه‌گیری عینی این دندانها پس از خارج نمودن آنها انجام شد.

روش بررسی

تحقیق حاضر با روش بررسی تست‌های تشخیصی in-vivo در سال تحصیلی ۸۲-۸۱ در دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام شد. ۳۵ دندان زنده تک‌ریشه‌ای که قرار بود به دلایل ارتودنتیک یا پروتز خارج شوند، مورد بررسی قرار گرفتند. از این تعداد، ۳ دندان به دلیل شکستن از بررسی حذف گردید.

دندانهایی که برای مطالعه انتخاب شدند، فاقد درمان ریشه قبلی یا پوسیدگی بسیار بزرگ و یا تحلیل‌های داخلی یا خارجی بودند. ریشه همه دندانها کامل شده و بدون انحنای شدید یا انسداد بود. بعد از گرفتن رضایت‌نامه و تهیه تاریخچه پزشکی و دندانپزشکی از بیمار و دادن بی‌حسی لازم، حفره دسترسی استاندارد تهیه شد. بعد از استفاده از رابردم، حفره دسترسی تخلیه و شستشو و کاملاً خشک شد؛ سپس طول واقعی ریشه و طول کارکرد به وسیله دستگاه‌های مورد مطالعه (هر دستگاه توسط یک دندانپزشک) تعیین و یادداشت گردید؛ سپس دندان مورد نظر خارج شده و سطح آن تمیز و دندان کدگذاری شد. از دندانها تا زمان اندازه‌گیری به طور عینی، در محلول هیپوکلریت سدیم نگهداری شد. در واقع در

تنها نقطه قابل مشاهده در رادیوگرافی، انتهای ریشه یا vertex است که اغلب مترادف با عریض‌ترین یا باریکترین قسمت از قیف مذکور یا CDJ نیست (۵). نقطه انتهایی از سیستم کانال ریشه یک نقطه بافت شناختی است نه مورفولوژیک (۶،۲) که ممکن است در تنگه اپیکال قرار گیرد. به هر حال بسیار مشکل است که بتوان نقطه ختم کانال را از روی کلیشه رادیوگرافی تعیین نمود (۷،۲)؛ علاوه بر این که بسیاری از محدودیتهای تکنیکی (از جمله دو بعدی بودن رادیوگرافی در مقابل سه بعدی بودن ریشه دندان، قرار گرفتن تصویر شاخص‌های آناتومیک بر روی انتهای ریشه، زاویه تابش اشعه ایکس، نحوه قرار دادن فیلم و کیفیت ظهور و ثبوت آن) مانع از تعیین طول دقیق به وسیله رادیوگرافی می‌شوند؛ همچنین می‌توانند بر چگونگی رادیوگرافی و نیز تعیین محل خروج کانال و پیوستن آن به فضای پریودنتال اثرگذار باشند (۸).

Suzuki نشان داد که بین لیگامان پریودنتال و مخاط دهان، مقاومت الکتریکی وجود دارد که حدود ۶/۵ کیلو اهم است (۹). این مقدار ثابت بعدها توسط Sunada جهت ساخت اولین آپکس یاب الکترونیکی[†] (EAL) مورد استفاده قرار گرفت (۱۰). از آن زمان انواع دستگاه‌های EAL معرفی شدند که از معروفترین آنها RootZX از نسل سوم و Endex در آمریکا (Apit7 در این مطالعه) از نسل چهارم هستند. ادعا شده است Apit7 حتی در حضور الکترولیت‌های قوی می‌تواند طول صحیح کانال را تعیین نماید (۷). روشهای عملی اندازه‌گیری طول با EAL در طی سالها از راههای مختلفی از جمله اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی با جریان مستقیم، متناوب و جریان با فرکانس بالا تا اندازه‌گیری گرادیان ولتاژ و محاسبه نسبت بین امپدانس دو جریان انجام شده است (۱۱).

نسل اول EAL تماس بین وسیله داخل کانال (probe)

[†] Electronic Apex Locator

الکترونیکی می‌باشند. صفحه نمایشگر این وسیله حرکت فایل را در طول کانال نشان می‌دهد و با رسیدن فایل به ۱ میلیمتری فورامن، انتهای ریشه در ده قسمت روی صفحه نمایشگر نمایان می‌گردد که هر قسمت نشان‌دهنده ۰/۱ میلیمتر است. طول کامل ریشه دهمین قسمت است. در مطالعه حاضر ۰/۵ میلیمتر یا پنج قسمت مانده به طول واقعی ریشه به عنوان طول کارکرد در نظر گرفته شد.

اطلاعات حاصل از اندازه‌گیریهایی انجام شده با هر یک از دو وسیله و همچنین به روش عینی، جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. دقت دستگاه‌ها با استفاده از آزمون توزیع دو جمله‌ای مقایسه و $P < 0.05$ به عنوان سطح معنی‌داری در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در این مطالعه در مجموع ۳۵ کانال مورد ارزیابی قرار گرفت که ۳ مورد آن به دلیل شکستن دندان حذف شد.

دقت دستگاه Raypex4 در محدوده ± 0.5 میلیمتر از طول واقعی کانال 68.8% و در محدوده ± 1 میلیمتر 83.3% محاسبه گردید. در محدوده $+0.5$ تا -1 میلیمتر این دستگاه 75.1% نسبت به طول عینی دقت داشت.

دقت دستگاه Apit7 در محدوده ± 0.5 میلیمتر از طول واقعی کانال 65.7% و در محدوده ± 1 میلیمتر حدود 78.3% محاسبه گردید که در محدوده $+0.5$ تا -1 میلیمتر 78.8% نسبت به طول عینی دقت داشت.

دقت دستگاه Raypex4 در محدوده ± 0.5 میلیمتر از طول کارکرد 68.8% و با پذیرش خطای ± 1 میلیمتر 84.3% محاسبه گردید که با پذیرش خطای $+0.5$ تا -1 دقت 71.9% بود.

دقت دستگاه Apit7 در محدوده ± 0.5 میلیمتر از طول کارکرد 62.6% و در محدوده ± 1 میلیمتر 81.3% محاسبه گردید. در محدوده $+0.5$ تا -1 این دستگاه دقتی برابر

این مطالعه دندانهای کشیده شده به عنوان شاهد جهت مقایسه تعیین طول دو دستگاه عمل کردند. پس از جمع‌آوری دندانها طول آنها با استفاده از فایل شماره ۱۰ یا ۱۵ از نوع K که حفره دسترسی و سپس کانال دندان را طی کرده بود، اندازه‌گیری شد.

یک دندانپزشک اندودنتیست با استفاده از ذره‌بین با بزرگنمایی و نور کافی ابتدا نوک فایل را در انتهای ریشه مشاهده نمود. به دنبال این مشاهده، فایل کمی عقب کشیده شد؛ به نحوی که نوک آن قابل مشاهده و در فورامن اپیکال قرار داشته باشد (۱۳)؛ ولی به هیچ وجه توسط سر سوند احساس نگردد. به این طریق اطمینان حاصل شد که سر فایل در ناحیه انتهای خارجی قیف (major foramen) قرار دارد؛ سپس لاستیک اندازه‌گیری با یک نقطه بارز تاجی (مثل لبه برنده دندانهای قدامی یا رأس کاسپ در دندانهای نیش یا پرمولر) در تماس قرار گرفت. پس از خارج کردن فایل این طول به عنوان طول واقعی ثبت گردید (۱۳). 0.5 میلیمتر کوتاهتر از این طول به عنوان طول کارکرد در مشاهده عینی ثبت شد (۲). در این مطالعه از دستگاه آپکس یاب الکترونیکی Apit7 (نام مورد استفاده در سوئیس و آلمان) یا Endex (در آمریکا) (Electronic Los-Angeles CA Osada) که دستگاهی شناخته شده بود، استفاده شد. این دستگاه دو فرکانس جریان به میزان ۱ و ۵ کیلو هرتز را به فایل منتقل می‌کند. عمل فایل در این حالت جستجوی باریکترین قسمت کانال با اندازه‌گیری اختلاف فیدبک در امپدانس بین دو حالت است. شدت جریان در تنگه اپیکال بیشترین و در فورامن اپیکال (عریض‌ترین قسمت) کمترین است (۱۴).

دستگاه دوم Raypex4 یا Bingo 1020 (VDW Co. GmbH Munchen, Germany) بود که فرکانس‌های مورد استفاده در آن ۴۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز است. این دستگاه هر بار تنها از یک فرکانس استفاده می‌کند (۱۵). هر دو این دستگاه‌ها از نسل چهارم دستگاه‌های آپکس یاب

دندان و طول کارکرد تعیین و با طول به دست آمده از دندانهای کشیده شده یا gold standard مقایسه شود تا صحت عمل این دو دستگاه مورد بررسی قرار گیرد. AL عبارت است از فاصله نقطه رجوع تاجی (reference) تا رأس اپیکال دندان (۱۳)؛ در حالی که WL توسط دستگاه Apit7 نشان داده می‌شود. در دستگاه Raypex4 و همچنین در تعیین طول به طور عینی بعد از مشخص شدن طول واقعی دندان، ۰/۵ میلی‌متر از آن کاسته و به عنوان WL محسوب گردید.

از نتایج به دست آمده با دستگاه Raypex4 در این تحقیق، ۳۷/۵٪ از موارد (۱۲ کانال) در مقایسه با مشاهده عینی بین ۰-۰/۵ میلی‌متر کوتاهتر از طول واقعی کانال بودند؛ در حالی که ۳۱/۳٪ از موارد (۱۰ کانال) ۰-۰/۵ میلی‌متر بلندتر از مشاهده مستقیم بودند.

در تحقیق به وسیله Apit7، ۲۱/۹٪ از موارد (۷ کانال) بین ۰-۰/۵ میلی‌متر نسبت به مشاهده مستقیم کوتاهتر از طول واقعی کانال بودند؛ همچنین ۴۳/۸٪ از موارد (۱۴ کانال) بین ۰-۰/۵ میلی‌متر بلندتر از مشاهده عینی بودند؛ بنابراین لازم است در اندازه‌گیری طول با این وسیله همیشه ۰/۵ میلی‌متر کوتاهتر از طول داده شده به وسیله دستگاه، به عنوان طول کارکرد در نظر گرفته شود؛ ولی بر اساس توصیه کارخانه

۷۸/۸٪ نسبت به اندازه‌گیری عینی داشت. بین درصد دقت دو دستگاه در هیچ کدام از محدوده‌ها و در مورد هیچ کدام از طولهای کارکرد یا واقعی اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نگردید ($P > 0.05$)، (جدول ۱).

بحث و نتیجه‌گیری

قصور در تعیین طول کانال می‌تواند منجر به کوتاهتر شدن طول کارکرد از طول اصلی کانال شود که در نتیجه مقداری از نسج در کانال باقی می‌ماند و یا منجر به کار کردن بلندتر یا خارج از محدوده کانال شود که به نسج اطراف ریشه صدمه می‌زند (۱۶)؛ بنابراین مشخص نمودن انتهای واقعی کانال و تنگه اپیکال هدف کلینیکی بسیار مهمی است (۱۷).

سه نقطه بسیار مهم در آپکس دندان وجود دارد:

۱- آپکس رادیوگرافیک یا آناتومیک (vertex)

۲- فورامن اپیکال (قطر بزرگتر)

۳- تنگه اپیکال (قطر کوچکتر) (۱۶)

در این بین آخرین نقطه مهمترین آنها است. این نقطه به طرق متفاوتی تعیین می‌گردد؛ مانند حس لمس، استفاده از مخروط کاغذی، رادیوگرافی‌ها و آپکس یاب الکترونیکی. در مطالعه حاضر سعی شد با استفاده از دو دستگاه تعیین‌کننده طول کانال از نسل چهارم (ratio type)، طول کامل

جدول ۱- توزیع فراوانی نسبی و مطلق (به ترتیب) اختلاف طولهای به دست آمده از دستگاه های Raypex4 و Apit7 با مشاهده عینی

Apit7 WL	Apit7 AL	Raypex4 WL	Raypex4 AL	
(۱)٪ ۳/۱	(۱)٪ ۳/۱	-	-	۱/۵-۱ میلی‌متر کوتاهتر
(۴)٪ ۱۲/۵	(۳)٪ ۹/۴	(۱)٪ ۳/۱	(۲)٪ ۶/۳	۱-۰/۵ میلی‌متر کوتاهتر
(۶)٪ ۱۸/۸	(۷)٪ ۲۱/۹	(۸)٪ ۲۵/۱۰	(۱۲)٪ ۳۷/۵	۰/۵-۰ میلی‌متر کوتاهتر
(۱۴)٪ ۴۳/۸	(۱۴)٪ ۴۳/۸	(۱۴)٪ ۴۳/۸	(۱۰)٪ ۳۱/۳	۰/۵-۰ میلی‌متر بلندتر
(۲)٪ ۶/۳	(۱)٪ ۳/۱	(۴)٪ ۱۲/۵	(۲)٪ ۶/۳	۱-۰/۵ میلی‌متر بلندتر
(۱)٪ ۳/۱	(۳)٪ ۹/۴	(۳)٪ ۹/۴	(۳)٪ ۹/۴	۱/۵-۱ میلی‌متر بلندتر
(۴)٪ ۱۲/۵	(۳)٪ ۹/۴	(۲)٪ ۶/۳	(۳)٪ ۹/۴	بیش از ۱/۵ میلی‌متر بلندتر

اشکال مواجه نماید (۲۱). Ounsi و Haddad گزارش کردند که Endex با رادیوگرافی تقریباً نتایج مشابهی ارائه می‌دهد (۲۲).

Fouad و همکاران در تحقیق خود بر روی پنج دستگاه EAL، دریافتند که در ۵۵-۷۵٪ از موارد پاسخ صحیح وجود دارد (۲۳) که به نتایج تحقیق حاضر بسیار نزدیک است.

مطابق بررسی Mayeda و همکاران بر روی Endex، طول حاصله در حدود دوسوم از موارد ورای تنگه اپیکال است که بسیار با مطالعه حاضر مشابهت دارد؛ به عقیده این محققان حتی با پذیرفتن اندازه $\pm 0/5$ مشخص نیست که اندازه مورد نظر دریافت شده روی LCD کوتاهتر یا بلندتر از تنگه اپیکال باشد (۱۸).

در نهایت به نظر می‌رسد نتایج حاصل از دو دستگاه EAL مشابهت زیادی از نظر دقت در اندازه‌گیری طول کانال با یکدیگر دارند؛ با این وجود به نظر می‌رسد دستگاه‌های EAL از جمله دستگاه‌های مورد تحقیق در مطالعه حاضر، هیچ‌گاه به تنهایی قابل اتکا نیستند و در بهترین شرایط بهتر است به عنوان یک وسیله جنبی و کمکی طی درمانهای اندودانتیکس در نظر گرفته شوند.

سازنده، باید در استفاده از Apit7 وقتی موقعیت آپکس (فورامن آناتومیک) صفر در نظر گرفته می‌شود، طول کارکرد در دندان با پالپ زنده $0/4 \pm 0/8$ - و در دندانهای عفونی WL $0/6 \pm 0/7$ - طول ایده‌آل در نظر گرفته شود.

مطالعه Mayeda و همکاران بر روی دقت Endex نشان داد که همه اندازه‌گیریها در مرز $0/16$ - تا $0/5$ + قرار می‌گیرند (۱۸)؛ در تحقیق حاضر در همین محدوده یعنی $0/5$ + تا $0/8$ + برای Apit7 دقت دستگاه $0/8$ + و برای Raypex4 دقت دستگاه، $0/1$ + در مقایسه با مشاهده عینی بود.

در مجموع شاید بهتر باشد هنگام کار با این دستگاه‌ها $0/5$ میلیمتر کوتاهتر از طول ارائه شده به وسیله دستگاه به عنوان WL در نظر گرفته شود.

Saito و Yamashita در تحقیق خود نشان دادند که مواد شستشودهنده، قطر فایل و قطر فورامن تأثیری بر دقت دستگاه Endex ندارد (۱۹).

امپدانس کانال ریشه ممکن است با عوامل بسیار متفاوتی تحت تأثیر قرار گیرد؛ به عنوان مثال نتایج حاصل از فورامن اپیکال بسته (closed) با باز (open apex) متفاوت است (۲۰)؛ همچنین تجمع دبری‌ها می‌تواند اندازه‌گیری را با

منابع:

- 1- Keller ME, Brown CE, Newton CW, A clinical evaluation of the endocator-an electronic apex locator. JOE 1991; 17(6); 271-24
- 2- Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. J Am Dental Asso 1955; 50 544-52.
- 3- Kuttler Y. A percision and biologic root canal filling technique. J Am Den Asso 1958; 56: 38-49.
- 4- Seltzer S, Bender IB, Smith J, Freedman I, Nazimov H. Endodontic failure-an analysis based on clinical, roentgen graphic, and histological findings. Oral Surg Oral Med Oral Path 1967; 23: 517-30.
- 5- Stein TJ, corcoran JF. Radiographic "working length" revisited. Oral Surg Oral Med Oral Path 1999; 74: 796-800.
- 6- Cohen S, Burns RC. Pathways of the Pulp. 7th ed 5st louis CV. Mosby; 2002.
- 7- Dunlap CA, Rameikis NA, Be Gole EA, Rauschenberger CR. An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. JOE 1998; 24 (1): 48-51.
- 8- Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Endodontic success: who's reading the radiograph? Oral Surg Oral Med Oral Path 1972; 33: 432-7.
- 9- Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. J Jap stome 1942; 16: 411-17.

- 10- Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962; 41(2): 375-87.
- 10- Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *JOE* 1994; 20(): 111-14.
- 12- Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnelly JC. An in vitro evaluation of the accuracy of seven electronic apex locators. *JOE* 1995; 21 572-75.
- 13- Elayouti A, Weiger R, Lost C. The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *JOE* 2002; 28: 116-19.
- 14- Lauper R, Lutz F, Barbakow F. An in vivo comparison of gradient and absolute impedance electronic apex locators. *JOE* 1996; 22 260-63.
- 15- Kaufman AY, Keila S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *Int Endod J* 2002; 35: 186-92.
- 16- Certosimo FJ., Milos MF, Walker T. Endodontic working length determination-where does it end? *General Dentistry* 1999; 47: 28-88.
- 17- Nguyen HQ, Kaufman AY, Komorowski RC, Friedman S. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canal. *Int Endod* 1996; 29 359-64.
- 18- Mayeda DL, Simon JHS, Aimer DF., Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the endex apex locator. *JOE* 1993 19: 545-48.
- 19- Saito, 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 root canal. *Dent Jpn-Tokyo* 1998; 27(1): 65-72.
- 20- Nagai SA. Study of distinction between closed apex and patent apex at root canal by using square waved pulse. *Jpn J Conserv Dent* 1987; 30: 969-79.
- 21- Rivera EM, Seraji MK. Effect of recapitulation on accuracy of electronically determined canal length. *Oral Surg* 1993; 76: 225-30.
- 22- Ounsi HF, Haddad G. In vitro evaluation of the reliability of the endex electronic apex locator. *JOE* 1998; 24(2): 120-3.
- 23- Fouad AF, Krell KV, Mckendry DJ, Koorbusch GF, Olson BA. A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instrument. *J Endod* 1990; 16: 446-9.