مقایسه قابلیت اطمینان اندازه‌گیری محل ۰/۵ و اپکس با دو دستگاه الکترونیکی اپکس لوکیتور مبتنی بر دو فرکانس عملکردی

۱-۱- چکیده

مقدمه: یک دستگاه اندازه‌گیری باید علاوه بر دقیق بودن، قابل اعتماد نیز باشد. این تحقیق به مقایسه قابلیت اعتماد[۱] اندازه‌گیری دو نشانگر ۰,۵ و اپکس[۲] با استفاده از دو دستگاه اپکس لوکیتور الکترونیکی (Electronic apex locators) مبتنی بر بهره امپدانسی می‌پردازد.

روش‌ها: صد و چهار دندان پریمولار[۳] انسانی در این تحقیق استفاده شده است. بعد از آماده‌سازی اولیه، دندان‌ها در یک مدل آلژینات[۴] جاسازی شدند. با استفاده از دو اپکس لوکیتور (Root ZX and I-Root)، طول کانال دندان در دو نشانگر ۰,۵ و اپکس با فایل‌های K اندازه‌گیری شد. سپس فایل‌ها در محل خود سیمانی[۵] و محکم شدند و سه تا چهار میلی‌متری اپیکال زیر میکروسکوپ، تراش داده و فاصله بین سر فایل تا فورامن بزرگ (MF[۶]) اندازه‌گیری شد. ضریب شباهت درون کلاسی (ICC[۷])، نمودار Blant-Altman و نمودار جعبه ای برای مقایسه قابلیت اطمینان اندازه‌گیری‌ها، گزارش شده است.

نتایج: ضریب شباهت درون کلاسی از ۰,۹۷۶ تا ۰,۹۹۴ متغیر است که نشان دهنده مطابقت[۸] عالی در دو نشانگر ۰,۵ و اپکس است. نمودارهای Blant-Altman نشان داد که محدوده تطابق (۰,۵∓ standard deviation) به اندازه کافی کوچک است و این نتیجه بیانگر این است که هر دو نشانگر (۰,۵ و اپکس) آناتومیک اندازه‌گیری شده با دو دستگاه اپکس لوکیتور می‌تواند در اهداف کلینیکی استفاده شود. توزیع اندازه‌گیری‌ها و نمونه‌های خارج از محدوده با نمودار جعبه ای بررسی شد و به این نتیجه رسید که تفاوت چشم‌گیری بین دو نشانگر ۰,۵ و اپکس وجود ندارد.

---

[۱] Reliability
[۲] APEX
[۳] Premolar
[۴] Alginate
[۵] Cement
[۶] Major foamen
[۷] Intraclass correlation coefficient
[۸] Agreemnet

نتیجه گیری: تفاوت آشکاری در قابلیت اطمینان بین دو نشانگر ۰,۵ و اپکس برای محل یابی MF در دو دستگاه وجود ندارد. بر این اساس، در محاسبه طول کانال، دانستن اینکه هر نشانگر (۰,۵ و اپکس) کجا قرار دارد مهم تر از این است که کدام نشانگر انتخاب شود.

کلید واژه: اپکس لوکیتور الکترونیکی، قابلیت اطمینان، Root ZX، طول کاری کانال

۱-۲- مقدمه

در درمان ریشه دندان، تعیین ناحیه اپیکالی همواره با چالش همراه بوده است. اپکس لوکیتورهای الکترونیکی (EALs)، راحت تر و دقیق تر می‌توانند طول کاری کانال را مشخص کنند (۱،۲). اساس کار این EALs ها بر این یافته استوار است که هدایت الکتریکی بافت‌هایی که اپکس ریشه دندان را احاطه کرده‌اند، بیشتر از هدایت الکتریکی درون کانال است (۳،۴). اکثر اپکس لوکیتورها بدین صورت عمل می کنند و تولید کنندگان آنها نیز ادعا می‌کنند که این دستگاه‌ها می‌توانند محل AC[۹] دندان را پیدا کنند. دستگاه Root ZX (Morita Mfg Corp, Kyoto, Japan) .نمونه ای از این دستگاه‌ها است که امپدانس را با دو فرکانس ۰,۴ و ۸khz به صورت هم‌زمان و همچنین ضریب امپدانس‌ها را محاسبه می‌کند. نسبت محاسبه شده بیانگر محل فایل درون کانال می‌باشد. با توجه به دستورالعمل تولید کننده (۵)، نشانگر ۰,۵ که دستگاه نشان می‌دهد، نشان دهنده رسیدن فایل تا محل AC است. بسیاری از نویسندگان (۶-۱۰) نشانگر ۰,۵ را به عنوان طول کاری کانال در نظر می‌گیرند زیرا به این نتیجه رسیده‌اند که طول کاری کانال تا نقطه AC است (۱۱). با این حال وجود یک AC ممکن است مفهومی باشد تا واقعی، زیرا کمتر از نصف دندان‌ها تنها یک AC دارند (۱۲). علاوه بر این، اغلب هیچ AC وجود ندارد (۱۳) به خصوص با پوسیدگی آپیکال و ریزش پذیری ریشه (۱۴). در اینگونه موارد اطلاعات کمی در مورد محل دقیق ۰,۵ وجود دارد، بعلاوه نشانگری که دستگاه به عنوان ۰,۵ نشان می‌دهد، ممکن است AC نباشد بلکه نقطه‌ای فراتر از AC باشد (۶،۷،۱۵،۱۶). این موضوع در تحقیق دیگری با اپکس لوکیتورهای الکترونیکی دیگری نیز گزارش شد (۱۷). بر خلاف ادعای تولید کننده‌ها، نتایج نشان داد که نشانگر ۰,۵ دستگاه‌ها بیانگر AC نیست بلکه تنها بیانگر کرونال MF است. Gulabivala and Stock (۱۸) پیشنهاد کردند که برای به‌دست آوردن بهترین صحت، اپکس لوکیتورهای الکترونیکی باید مقدار صفر را گزارش کنند به این دلیل که ویژگی‌های امپدانسی کورونال کانال تا ناحیه اپیکالی MF نمی‌تواند به درستی تنظیم شود.

یک دستگاه اندازه‌گیری باید هم دقیق و هم قابل اطمینان باشد. قابل اطمینان بودن بدین معناست که یک اندازه‌گیری با بیشترین ثبات و کمترین واریانس باشد. اگرچه در اکثر مقالات گذشته، نویسندگان تنها به گزارش صحت اپکس لوکیتورهای الکترونیکی بسنده کرده‌اند و گزارشی از قابلیت اطمینان اندازه‌گیری‌ها ندادند.

[۹] Apical construction

تحقیق پیش رو، قابلیت اطمینان در اندازه‌گیری دو نشانگر ۰٫۵ و اپکس را با دو دستگاه اپکس لوکیتور الکترونیکی مبتنی بر بهره امپدانسی مقایسه کرده است.

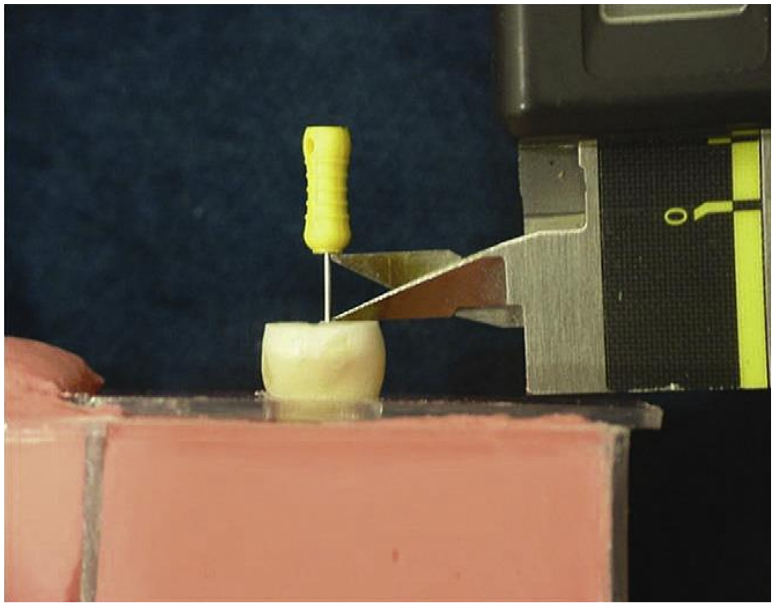
۱-۳- مواد و روش‌ها

دو دستگاه Root ZX و i-Root (S-Denti, Seoul, Korea) در این تحقیق استفاده شده‌اند. دستگاه i-Root نیز مشابه دستگاه Root ZX عمل می‌کند با این تفاوت که در دستگاه i-Root از دو فرکانس متفاوت ۰٫۵ و ۵kh استفاده می‌شود. در هر دو دستگاه نیز دو نشانگر ۰٫۵ و اپکس بر روی نمایشگر دستگاه نشان داده می‌شوند.

در این تحقیق صد و چهار دندان پریمولار maxillary و mandibular استفاده شدند. دندان‌ها در سالین (salin) نگهداری شده و قبل از استفاده نیز به طور کامل با آب شستشو داده شدند. یک سوم کرونال تاج دندان به عنوان نقطه مرجع برای تمام اندازه‌گیری‌ها تعیین شد. بعد از باز کردن محل عبور فایل از سر دندان، با یک فایل k-۱۰ راه عبور کانال تا اپیکال MF باز شد. تیغه‌های Gates Glidden دو و سه برای flare کردن یک سوم کرونال هر کانال استفاده شد. دندان‌ها در مدل آلژینات که به منظور تست اپکس لوکیتورها طراحی شده بودند قرار داده شدند (۱۹). دندان‌ها به صورت تصادفی به دو گروه تقسیم شدند و هر گروه به یک دستگاه اختصاص داده شد.

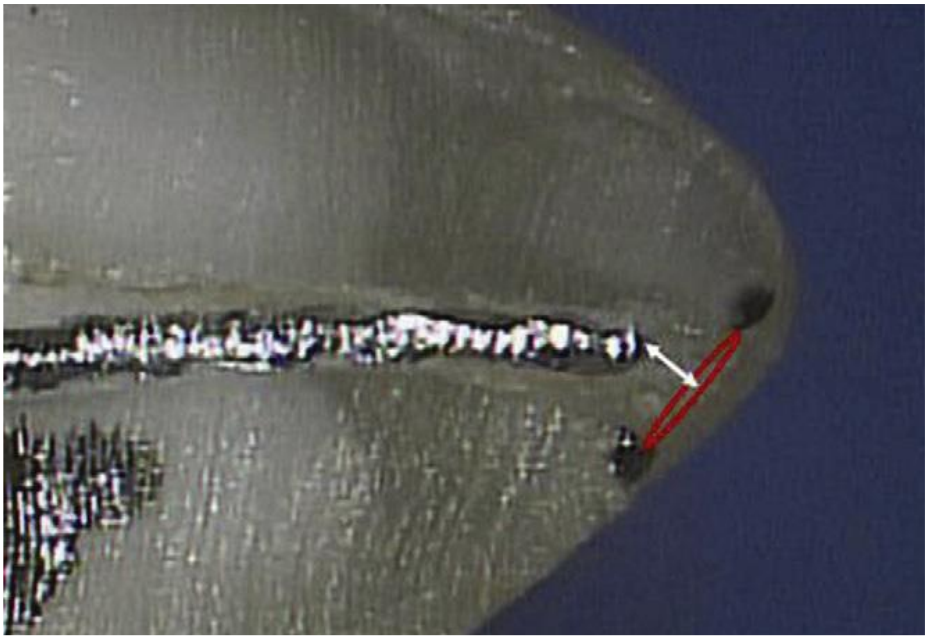
طول کاری الکترونیکی، بسته به طول کانال به وسیله دو فایل ۱۵ و ۲۵ مشخص شد. فایل K در کانال فشار داده شد تا زمانی که نمایشگر دستگاه نشانگر ۰٫۵ را نشان داد.

سپس فاصله بین سطح اکلوزال دندان و انتهای دسته فایل با دقت نزدیک به ۰٫۰۱میلی‌متر با کلیپرزهای دیجیتالی اندازه‌گیری شد (Mitutoyo, Kawasaki, Kanakawa, Japan) (شکل ۱). بدون در آوردن فایل از داخل کانال، فایل کمی بیشتر به داخل کانال فشار داده شد تا زمانی که دستگاه اپکس لوکیتور بر روی نمایشگر ناحیه اپکس را نشان داد. در این لحظه اندازه‌گیری دیگری با همان روش قبلی بدست آمد (L۲).



شکل۱: در نشانگر ۰٫۵، فاصله بین اکلوزال سطح دندان تا انتهای دسته فایل (L۱) با دقت نزدیک به ۰٫۰۱ میلی‌متر با کلیپرزهای دیجیتالی به‌دست آمد. بدون در آوردن فایل از داخل کانال، فایل کمی بیشتر به داخل کانال فشار داده شد تا زمانی که دستگاه اپکس لوکیتور بر روی نمایشگر ناحیه اپکس را نشان داد. در این لحظه اندازه‌گیری دیگری با همان روش قبلی بدست آمد (L۲).

در انتها مقدار $L۳ = L۲ - L۱$ به عنوان فاصله بین نقطه ۰٫۵ تا اپکس محاسبه شد. بعد از انجام تمام این اندازه‌گیری‌ها، فایل درون دندان با سیمان آینومر شیشه‌ای روشن (GC Corp, Tokyo, Japan) محکم شد. بخش سه تا ۴ میلی‌متری اپیکال، به وسیله یک تیغه الماسی مناسب و دیسک‌های Soflex تراش داده شد (۳M Espe, St Paul, MN). تا فایل درون کانال قابل مشاهده باشد و سپس مابقی اضافات دندان با دقت برش داده شد تا زمانی که انتهای فایل و ریشه دندان در زیر میکروسکوپ OPMI Pico (Carl Zeiss, Thornwood, NY) با بزرگنمایی ۲۱٫۲ برابری نمایان شد. عکس دیجیتالی grid بندی شده از فایل و ریشه کانال، گرفته شد. فاصله بین نوک فایل در نشانگر اپکس تا نقطه MF به وسیله i-solution اندازه‌گیری شد (شکل ۲). اگر نوک فایل به MF نرسیده باشد مقدار اندازه گیری شده منفی و اگر نوک فایل فراتر از MF باشد این مقدار اندازه‌گیری شده مثبت در نظر گرفته می‌شود. فاصله از نوک فایل تا نشانگر ۰٫۵ نیز با اضافه کردن این مقدار به L۳ به‌دست می‌آید.



شکل۲: آماده سازی ۴ میلی‌متری ناحیه اپیکالی. فاصله بین نوک فایل تا MF با iSolution اندازه گیری شد.

۱-۴- تحلیل‌های آماری

برای تحلیل‌های آماری زبان برنامه نویسی R (۲۰) استفاده شد. مقدار normality فاصله بین MF و گزارشات اپکس لوکیتورهای الکترونیکی، به وسیله تست Shapiro-Wilk و نمودارهای Q-Q normality به دست آمد و نشان دهنده normality و عدم وابستگی بین خطاها بود. ضریب شباهت و نمودار Bland-Altman (۲۱) برای مقایسه قابلیت اطمینان، استفاده شد. ضریب شباهت درون کلاسی (ICC) (۲۲) برای نشان دادن میزان تطابق بین MF و محل نوک فایل در هر دو اندازه‌گیری (۰,۵ و اپکس)، محاسبه شد. برای نشان دادن توزیع فاصله بین نوک فایل در هر دو اندازه‌گیری (۰,۵ و اپکس) و MF و محدوده بالا و پایین انطباق برای هر دو نقاط اندازه‌گیری، نمودار Bland-Altman (۲۱) استفاده شد. نمودار جعبه‌ای نیز برای مشاهده میزان خطاها گزارش شد.

۱-۵- نتایج

جدول ۱ میانگین فاصله از نوک فایل تا MF را نشان می‌دهد. ضریب شباهت درون کلاسی از ۰,۹۷۶ تا ۰,۹۹۴ متغیر است (جدول ۲) که نشان دهنده مطابقت عالی است. شکل ۳، تفاوت بین دو دستگاه در اندازه‌گیری‌های دو نشانگر ۰,۵ و اپکس نشان می‌دهد. به طور میانگین، اندازه‌گیری‌هایی که در دو نشانگر ۰,۵ و اپکس با دو دستگاه Root ZX و i-Root انجام شد، به ترتیب ۰,۲۶ و ۰,۲۹ میلی‌متر نرسیده به MF بوده است. به نظر می‌رسد فاصله بین اپکس تا MF تقریبا در محدوده ای کمی بیشتر و

کمتر از صفر است. حدود مطابقت[۱۰] (میانگین +- انحراف استانداردها) به اندازه کافی کوچک بود که این اطمینان را به ما بدهد که هر دو نشانگر ۰,۵ و اپکس هر دو دستگاه می‌تواند در اهداف کلینیکی استفاده شود. توزیع اندازه‌گیری‌ها و داده‌های پرت به وسیله نمودارهای جعبه ای محاسبه شد و نشان داد که تفاوت چندانی بین دو نشانگر نیست (شکل ۴).

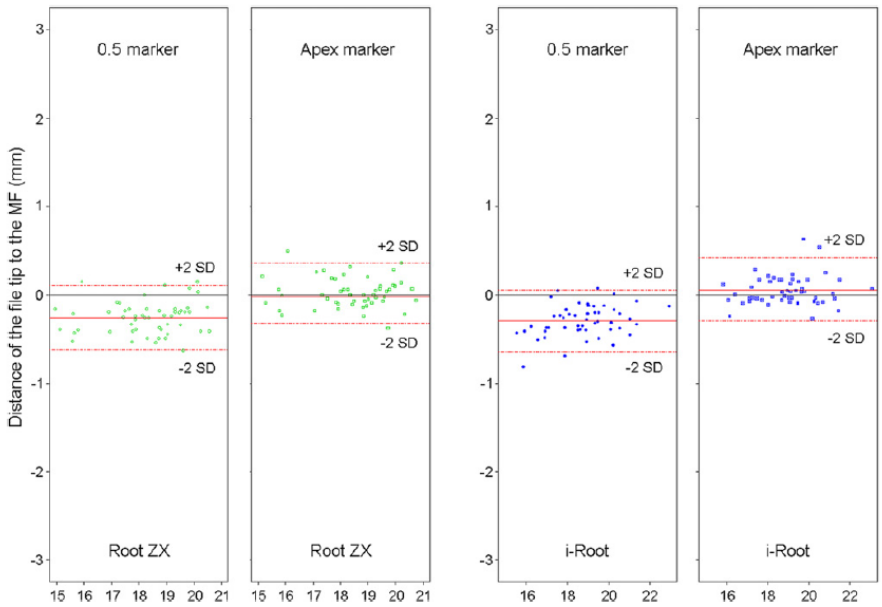
جدول ۱: فاصله از نوک فایل تا MF بر اساس نشانگر نمایش داده شده روی دستگاه

	i-Root			Root ZX		
نشانگر	میانگین فاصله	RSD	۹۵٪ Confidence interval	میانگین فاصله	RSD	۹۵٪ Confidence interval
۰,۵	-۰,۲۹	۰,۱۷	-۰,۳۴ to -۰,۲۴	-۰,۲۶	۰,۱۸	-۰,۳۱ to -۰,۲۱
اپکس	۰,۰۶	۰,۱۸	۰,۰۱ to ۰,۱۱	۰,۰۲	۰,۱۷	-۰,۰۲ to ۰,۰۷

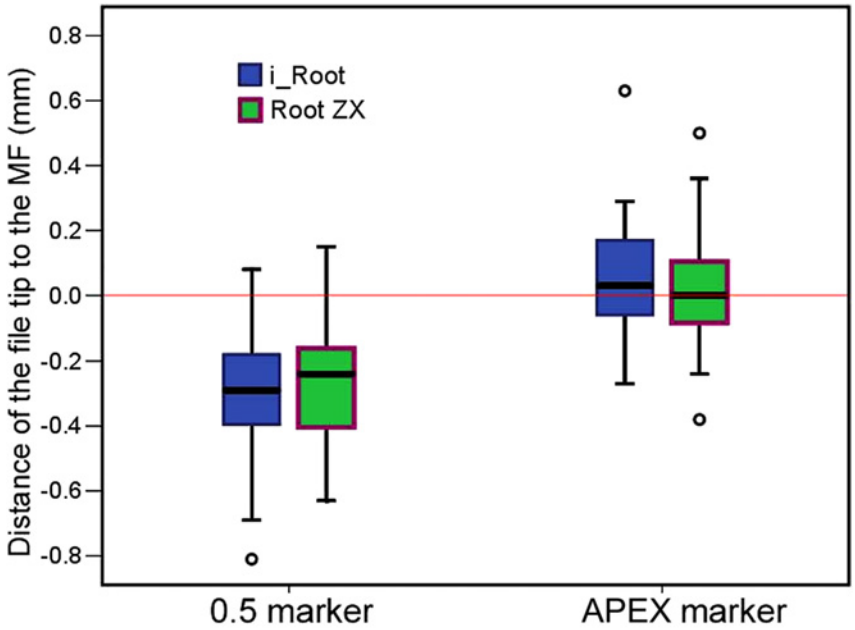
جدول ۲: ضریب شباهت درون کلاسی (ICC) بین نوک فایل تا MF

	i-Root		Root ZX	
نشانگر	P value	ICC	P value	ICC
۰,۵	<۰,۰۰۰۱	۰,۹۸۰	<۰,۰۰۰۱	۰,۹۷۶
اپکس	<۰,۰۰۰۱	۰,۹۹۴	<۰,۰۰۰۱	۰,۹۹۳

[۱۰] Limits of agreements



شکل ۳: نمودار Bland-Altman فاصله نوک فایل تا MF با توجه به نشانگری که دو دستگاه Root ZX و i-Root نشان می‌دهند. نمودار افق طول واقعی MF و نمودار قائم فاصله نوک فایل تا MF را نشان می‌دهد. حدود انطباق (میانگین+- انحراف استاندارد) به وسیله خطوط افقی قرمز رنگ مشخص شده‌اند. این شکل تصادفی بودن RSD ها و همچنین عدم وجود داده های پرت را نشان می‌دهد.



شکل ۴: فاصله بین نوک فایل و MF که در دو نشانگر ۰,۵ و اپکس محاسبه شده است. دایره‌های کوچک بیانگر داده‌های پرت می‌باشد.

۱-۶- بحث

انتخاب بین دو نشانگر ۰٫۵ و اپکس در تعیین طول کاری کانال، بیشتر از همه به تجربه شخصی بستگی دارد. هدف اصلی این تحقیق تهیه یک راهنما برای کسانی بود که میخواهند در اهداف کلینیکی یکی از این نقاط را استفاده کنند. این تحقیق بر اساس دو فرضیه بنا شده بود. اولا، نقطه‌ای که به نام ۰٫۵ مشخص می‌شود به جای اینکه بیانگر محل AC باشد، ممکن است بیانگر محلی کمی بالاتر از MF باشد که از تفاوت ضریب امپدانس الکتریکی دستگاه ناشی شده است. در ثانی، محل AC در بیشتر کانال‌ها وجود ندارد (۱۲-۱۴) که در این شرایط نشانگر ۰٫۵ اندازه‌گیری غیر مشخص و غیر دقیقی نشان می‌دهد. تحقیق میکروسکوپیک پیشین نشان می‌دهد که فاصله بین AC و MF بزرگتر از ۰٫۵ میلی‌متر است. هر چند در این تحقیق میانگین فاصله بین ۰٫۵ تا MF برابر با ۰٫۲۶ میلی‌متر با دستگاه Root ZX و ۰٫۲۹ میلی‌متر با دستگاه i-Root بوده است که فرضیه اول را تایید می‌کند. سوال بعدی این بود که کدام یک از این دو نشانگر (۰٫۵ و اپکس) قابل اعتمادترین مشخصه امپدانسی را به‌دست می‌دهد. اگرچه AC به دلیل عدم قطعیت در وجود داشتن آن در تمامی کانال‌ها، نمی‌تواند به عنوان نقطه مرجع برای دست‌یابی به نشانگر ۰٫۵ باشد.

ضرایب اطمینان از صفر تا ۱ متغیر هستند به طوری‌که ضریب شباهت درون کلاسی ۱ به معنای "قابلیت اطمینان تقریبا عالی" است. در این تحقیق، ضریب شباهت درون کلاسی هر دو نشانگر ۰٫۵ و اپکس نزیدک به ۱ بوده‌اند (جدول ۲) و بدین معنا هستند که هر دو نشانگر می‌توانند به عنوان معیاری برای محل‌یابی MF باشند. هر چند قصد بر این نیست که نشانگر ۰٫۵ به عنوان معیاری برای محل MF باشد اما می‌توان با یک بایاس ثابت ۰٫۲۶ میلی‌متر برای Root ZX و ۰٫۲۹ میلی‌متر برای دستگاه i-Root از این نشانگر برای محل یابی MF استفاده کرد. نمودار Bland-Altman ابزاری مناسب برای جستجوی داده‌های پرت و بایاس در مجموعه دادگان است. این نمودار محدوده تطبیق‌پذیری را که برابر با میانگین+- انحراف استاندار است را به دست می‌دهد که می‌تواند معیاری مناسب برای مناسب بودن روش‌های تحلیلی در اهداف کلینیکی باشد. در این تحقیق نمودار Bland-Altman نشان داد که محدوده بالا و پایین نشانگر اپکس در دستگاه Root ZX برابر با ۰٫۳۶ و ۰٫۳۲- است (شکل ۳) که نشان‌دهنده این مطلب است که اندازه‌گیری نشانگر اپکس ممکن است ۰٫۳۶ میلی‌متر فراتر از محل MF یا ۰٫۳۲ میلی‌متر نرسیده به محل MF باشد. با توجه به این که محدوده تغییرات در حد چند صدم میلی‌متر بوده اند به همین دلیل نشانگر اپکس می‌تواند به عنوان معیاری از محل MF باشد. این نتایج برای دستگاه i-Root نیز صدق می‌کند و تفاوت چندانی با دستگاه Root ZX ندارد.

از طرفی دیگر، در مورد نشانگر ۰٫۵ نیز اگر بایاس دو دستگاه (۰٫۲۶ میلی‌متر برای Root ZX و ۰٫۲۹ میلی‌متر برای i-Root) در نظر گرفته شود، محدوده بالا و پایین مقدار بسیار ناچیزی دارند (شکل ۳) به همین دلیل با احتساب بایاس دو دستگاه، نشانگر ۰٫۵ نیز می‌تواند به عنوان معیار قابل قبولی از نشانگر ۰٫۵ باشد.

مقایسه باقیمانده انحراف معیار[۱۱] (RSD) نیز کمک بزرگی در بدست آوردن قابلیت اطمینان اندازه‌گیری‌های انجام شده می‌کند. هر چقدر RSD مقدار کمتری داشته باشد به معنای اطمینان بیشتر اندازه‌گیری‌ها است (۲۴). مقدار RSD هر دو نشانگر ۰٫۵ و اپکس در این تحقیق با یکدیگر برابر بودند (جدول ۱). همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است پراکندگی در اندازه‌گیری دو نشانگر ۰٫۵ و اپکس مشابه یکدیگر هستند. به طور کلی، این تحقیق نتوانست به طور دقیق تعیین کند که کدام نشانگر به عنوان معیار برتری در تعیین محل MF است. اگرچه نشان دادن اینکه هر نشانگر کدام محل در کانال را مشخص می‌کند مهم تر از این است که کدام نشانگر انتخاب شود.

محل نشانگر اپکسی که دو دستگاه i-Root و Root ZX نشان می‌دهند به عنوان معیاری ثابت برای تعیین محل MF است اما نشانگر ۰٫۵ با فواصل ۰٫۲۶ و ۰٫۲۹ میلی‌متر از MF به ترتیب برای دو دستگاه i-Root و Root ZX می‌تواند بیانگر محل MF باشد. اگر این مقادیر بایاس دو دستگاه مورد نظر در اندازه‌گیری‌ها لحاظ شود، می‌توان گفت تفاوتی بین دو نشانگر ۰٫۵ و اپکس در اندازه‌گیری MF وجود ندارد.

۱-۷- مراجع

[۱] ElAyouti A, Weiger R, Lost C. The ability of root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. J Endod ۲۰۰۲; ۲۸:۱۱۶–۹.

[۲] Pratten DH, McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. J Endod ۱۹۹۶; ۲۲:۱۷۳–۶.

[۳] Kim E, Lee SJ. Electronic apex locator. Dent Clin North Am ۲۰۰۴;۴۸:۳۵–۵۴.

[۴] Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PM. The fundamental operating prinprinciples of electronic root canal length measurement devices. Int Endod J ۲۰۰۶;۳۹:

[۵] J. Morita Corp. Root ZX operation instructions. Kyoto, Japan, ۲۰۰۴:۱۰.

[۶] Shabahang S, Goon WW, Gluskin AH. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. J Endod ۱۹۹۶; ۲۲:۶۱۶–۸.

[۷] Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of root ZX and elements diagnostic apex locators. J Endod ۲۰۰۵; ۳۱:۵۰۷–۹.

[۸] Baldi JV, Victorino FR, Bernardes RA, et al. Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locators. J Endod ۲۰۰۷; ۳۳:۴۷۶–۹.

[۹] Siu C, Marshall JG, Baumgartner JC. An in vivo comparison of the Root ZX II, the Apex NRG XFR, and Mini Apex Locator by using rotary nickel-titanium files. J Endod ۲۰۰۹; ۳۵:۹۶۲–۵.

[۱۱] Residual standard deviation

[۱۰]Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators Int Endod J ۲۰۰۹; ۴۲:۱۰۲۶–۳۱.

[۱۱]Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part ۲: a histological study. Int Endod J ۱۹۹۸; ۳۱:۳۹۴–۴۰۹.

[۱۲]Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. Int Endod J ۱۹۸۴; ۱۷:۱۹۲–۸.

[۱۳]Lee SJ, Nam KC, Kim YJ, Kim DW. Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit. J Endod ۲۰۰۲; ۲۸:۷۰۶–۹.

[۱۴]Mayeda DL, Simon JH, Aimar DF, Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. J Endod ۱۹۹۳; ۱۹:۵۴۵–۸.

[۱۵]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 ۱۹۹۸; ۲۴:۴۸–۵۰.

[۱۶]Wrbas KT, Ziegler AA, Altenburger MJ, Schirrmeister JF. In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locators. Int Endod J ۲۰۰۷; ۴۰:۱۳۳–۸.

[۱۷]Hor D, Krusy S, Attin T. Ex vivo comparison of two electronic apex locators with different scales and frequencies. Int Endod J ۲۰۰۵; ۳۸:۸۵۵–۹.

[۱۸]Gulabivala K, Stock C. Root canal system preparation. In: Gulabivala K, Stock C, Walker RT, eds. Endodontics. ۳rd ed. Edinburgh; New York: Elsevier, Mosby; ۲۰۰۴:۱۴۲–۴.

[۱۹]Kaufman AY, Keila S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. Int Endod J ۲۰۰۲; ۳۵:۱۸۶–۹۲.

[۲۰]R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; ۲۰۰۹.

[۲۱]Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet ۱۹۸۶; ۱:۳۰۷–۱۰.

[۲۲]Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. New York: John Wiley & Sons; ۱۹۸۵:۸.

[۲۳]Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. J Am Dent Assoc ۱۹۵۵;۵۰: ۵۴۴–۵۲.

[۲۴]Seo S-H, An H, Lee S-J, Lim WH, Kim B- R. Mixed dentition analysis using a multivariate approach. Korean J Orthod ۲۰۰۹; ۳۹:۱۱۲–۹.