REVIEW ARTICLE

Accuracy of Ipex-I and Root ZX Mini Electronic Apex Locators and Conventional Radiography in Determining Root Canal Length in Primary Molars with Root Resorption: A Narrative Review

Samaneh Hemmati[1],
Nadia Elyassi Gorji[2],
Seyed Jaber Mousavi[3],
Banafsheh Soleimani[1]

[1] Assistant Professor, Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] Dentistry Student, Student Research Committee, Faculty of Dentistry, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[3] Associate Professor, Department of Community Medicine, Faculty of Medicine, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received August 22, 2020 ; Accepted February 22, 2021)

Abstract

Background and purpose: One of the main goals in pediatric dentistry is to maintain deciduous teeth until the permanent teeth grow. In cases where the pulp of deciduous teeth is involved, pulpectomy is needed which requires determining the correct working length of the canals and cleaning and filling their interior space using a proper filling material. The principles of successful endodontic treatment in permanent teeth are well known, but, determining the anatomy of the canal of deciduous teeth is difficult due to the resorption and deposition of hard tissue in the root canal, the shape, dimensions, and variable conditions of root apex. Therefore, in this narrative review, we investigated the accuracy of Ipex-I and Root ZX mini electronic apex locators and conventional radiography in root canal length determination in resorbed primary molars. A thorough search was conducted in Science Direct, Google Scholar, PubMed, Scopus, Irandoc, SID, Magiran, and Iranmedex covering the articles published in 2000–2020. According to findings, all techniques mentioned were found to have almost similar accuracy in determining the working length in resorbed deciduous molars. However, obtaining radiography images may be difficult in children, therefore, apex locators are more preferable to the conventional method.

Keywords: working length, accuracy, electronic apex locator, deciduous tooth

J Mazandaran Univ Med Sci 2021; 31 (196): 189-201 (Persian).

* **Corresponding Author: Banafsheh Soleimani -** Faculty of Dentistry, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran (E-mail: Banafsheh.soheimani@yahoo.com)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

مجلـــه دانـشـگاه عـــلـــوم پـزشـکـــی مـــازنـــدران
دوره سی و یکم شماره ۱۹۶ اردیبهشت سال ۱۴۰۰ (۲۰۱-۱۸۹)

صحت اندازه گیری اپکس لوکیتور های Root ZX mini ، Ipex- I و رادیوگرافی کانونشنال در تعیین طول کارکرد مولرهای شیری تحلیل رفته: یک مرور نقلی

سمانه همتی[۱]
نادیا الیاسی گرجی[۲]
سید جابر موسوی[۳]
بنفشه سلیمانی[۱]

چکیده

سابقه و هدف: یکـی از اهـداف مهـم در دندانپزشکی کودکان حفظ و نگهداری دندان‌های شیری تـا زمـان رویـش دنـدان‌هـای دایمـی جانشین است. در مواردی که پالپ دندان‌های شیری درگیر می‌شود، مجبور به انجام پالپکتومی خواهیم بود که انجام چنین درمانی مستلزم تعیین طول کارکرد صحیح کانال‌ها، پاکسازی و پر کردن فضای داخلی آن، با استفاده از ماده پرکننده مناسب می‌باشد. اصول درمان اندودونتیک موفق در دندان‌های دائمی کاملا مشخص است ولی به‌دلیل تحلیـل و رسوب بافت سخت در کانال ریشه دندان های شیری، شکل، ابعاد و وضعیت آپکس ریشه، متغیر می‌باشـد کـه در نتیجه آن، تعیین آناتومی کانال دندان‌های شیری امری دشوار به شمار می‌رود. لذا بر آن شدیم تا در مطالعه مـروری نقلـی حاضـر به بررسی صحت اندازه‌گیـری اپکـس لوکیتـور هـای Ipex-I ، Root ZX mini و رادیـوگرافی کانونشـنال در تعیـین طـول کارکرد دندان‌های شیری تحلیل رفته بپردازیم. بدین منظور جهت شناسایی مطالعات منتشرشده طی سال‌های ۲۰۰۰ تـا ۲۰۲۰ از پایگـاه داده‌هـای Science Direct، Google scholar، PubMed، Scopus، Irandoc SID، Magiran و Iranmedex استفاده شد و نشان داده شد که روش‌های مورد مطالعه درتعیین طول کارکرد مولرهای شـیری تحلیـل رفتـه، غالبـا از دقـت مشابهی برخوردار هستند ولی از آن‌جایی‌که تهیه رادیوگرافی از کودک ممکن است دشـوار باشـد، لـذا اسـتفاده از اپکـس لوکیتورها بر روش کانوشنال ارجحیت دارد.

واژه های کلیدی: طول کارکرد، دقت، اپکس لوکیتور الکترونیکی، مولرهای شیری

مقدمه

یکـی از اهـداف مهـم در دندانپزشـکی کودکـان حفـظ و نگهداری دندان‌های شیری تـا زمـان رویـش دنـدان‌هـای دایمـی جانشین می‌باشد(۱). در مواردی کـه پالپ دندان‌های شیری درگیر می‌شود، مجبـور بـه انجـام پالپکتومی خواهیم بود که انجـام چنـین درمـانی مسـتلزم تعیین طول کـارکرد صـحیح کانـال‌هـا، پاکسـازی و پـر کـردن فضـای داخلـی آن، بـا اسـتفاده از مـاده پرکننـده مناسب می‌باشد(۲).

اصـول درمـان انـدودونتیک موفـق در دنـدان‌هـای دائمی کاملا مشخص است ولی به دلیل تحلیل و رسوب

مولف مسئول: بنفشه سلیمانی– ساری: بلوار خزر ،جنب کلینیک طوبی،دانشکده دندانپزشکی، بخش اطفال E-mail: Banafsheh.soleimani@yahoo.com
۱. استادیار، گروه دندانپزشکی اطفال، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری ، ایران.
۲. دانشجوی دندان پزشکی ، کمیته تحقیقات دانشجویی ، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری
۳. دانشیار پزشکی اجتماعی،گروه پزشکی اجتماعی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری ، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۹/۶/۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات :۱۳۹۹/۶/۴ تاریخ تصویب : ۱۳۹۹/۱۲/۴

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

بافت سخت در کانال ریشه دنـدان‌هـای شـیری، شـکل، ابعاد و وضعیت آپکس ریشه متغیر می باشد که در نتیجه آن، تعیین آناتومی کانال دندان‌های شیری امری دشـوار به شمار می‌رود. بنابراین برای به حداقل رسـاندن امکـان صدمه به بافت پری اپیکال و جوانه دندان جانشین، طول ریشه باید با دقت و بدون گذشتن ZOE از اپکس تعیـین گردد(۳).

مطلوب‌ترین مکـان برای تعیین طول کارکرد ریشه، تنگه اپیکالی یـا کوچک‌ترین قطر آپیکالی ریشه می‌باشد که در آن ناحیه، بافت پالپی به بافت اپیکالی تغییر ماهیت داده و تحـت عنـوان Cemento-Dentinal Junction (CDJ) نامیده می‌شود(۴). معمـولاً تعیـین مکـان واقعی تنگه اپیکالی در دندان‌های شیری که تحلیل فیزیولوژیک خـود را آغاز نموده‌اند و یا به دلیل عفونت، ترومای دنـدانی یـا نیروهای بـــیش از حـــد ارتودنسی دچار روند تحلیل پاتولوژیک شده‌اند، با مشکلاتی رو به رو مـی‌باشـد(۵). از سویی دیگـر، با گذشـت زمـان شکل و موقعیت اپکس در دنـدان‌های شیری به‌طـور مرتـب در حال تغییر مـی‌باشـد؛ بنـــابراین تعیـین مکان دقیق فـورامن اپیکـال (AF:Apical Foramen) امری دشوار تلقی می‌شود(۵). به‌طور معمـول از روش‌هـای مختلفی برای تعیین طول کارکرد استفاده می‌شود که در این میـان، رادیـوگرافی کانونشـنال رایـج‌تـرین روش بـه شمار می‌رود(۶)، اما استفاده از این تکنیک در اطفـال بـه دلیل وابستگی رادیوگرافی به مسیر و گسـترش انحنـای ریشه، دشـواری تعیـین موقعیـت دقیـق فـورامن اپیکـالی خصوصاً در مواردی که ریشه دچار تحلیل جـانبی شـده است، حساس بودن رادیوگرافی طی مراحل اکسـپوزر و تفسیر، تهیه تصویری ۲ بعدی از یـک سـاختار ۳ بعـدی، معایـب اشـعه ایکـس ناشـی از تهیـه رادیـوگرافی، عـدم همکاری بیمار و کوچک بـودن حفـره‌ی دهـان آن هـا، همواره با مشکلاتی همراه است(۱۰-۷).

امروزه استفاده از آپکس لوکیتورهـای الکترونیـک به جزء لاینفکی از درمان اندودونتیک تبدیل شده اسـت که تعیین محـل آپکـس ریشـه دنـدان شـیری را تسـهیل می‌کند(۱۱). بزرگ‌ترین مـزیت آن ها، تعیین محل تنگـه اپیکالی (AC:Apical Constriction) بـه جـای آپکـس رادیوگرافیک می‌باشد(۴) بنابراین با این روش طول ریشـه تا انتهای واقعی فـورامن اپیکـال مشـخص مـی‌شـود(۱۲)، خصوصـا در مـــواردی کـــه فـــورامن اپیکـــال در بعـــد مزیودیستالی قابل رویت نمی‌باشد، آپکس‌لوکیتورها مفید واقع می‌شـوند(۷). همچنـین امکـان شناسـایی زودهنگـام پرفوریشن‌های ساختگی را حین انجام درمان پالپ فراهم می‌کنند(۱۴،۱۳). مطالعات آزمایشـگاهی و بـالینی کـه در زمینه استفاده از آپکـس لوکیتـور هـای الکترونیکـی در دندان‌های شیری انجام شده است، نشـان داده اسـت کـه استفاده از این دستگاه‌ها باعث کاهش مدت زمان درمان، کاهش میزان اشعه دریافت شده توسط بیمار و همچنین منجر به بهبود تعیـین طـول کانـال ریشـه دنـدان می‌شود(۴). بنابراین با توجه به اهمیت اندازه‌گیـری دقیـق طول کارکرد در دندان‌های شیری، خصوصا دندان‌هـای شیری تحلیل رفته بـه‌منظـور درمـان پـالپکتومی، در ایـن مطالعه مروری بر آن شده‌ایم تا به بررسـی دقـت اپکـس لوکیتورهای Root ZX mini به نمایندگی از EAL های نسـل۳ ، Ipex-I بـه نماینـدگی از EAL هـای نسـل ۴ و رادیـــوگرافی کانونشـــنال کـــه غالبـــا مـــورد اســـتفاده دندانپزشکان قرار می گیرند، بپردازیم.

مواد و روش ها

در این مطالعه مرور نقلی، مقالات علمی- پژوهشـی منتشرشـده از سـال ۲۰۰۰ تـا ۲۰۲۰ در ژورنـال‌هـا و بانـک‌هـای اطلاعـاتی بـین‌المللـی Science Direct، Google scholar، PubMed، Scopus، Irandoc SID، Magiran و Iranmedex با کلیـدواژه‌هـای انگلیسـی از قبیـــل "electronic apex locator، Accuracy، Primary molars، Working length، Root ZX و Ipex" و کلیدواژه‌های فارسـی از جملـه "اپکـس لوکیتورهـای الکترونیک، دقت، مولرهای شیری، طول کـارکرد، اپکـس لوکیتور Root zx و اپکس لوکیتور Ipex" بـا محوریـت

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

ارزیابی صحت اندازه‌گیری اپکس لوکیتورهای Ipex-I، Root ZX mini و رادیوگرافی کانونشنال در تعیین طول کارکرد دندان‌های شیری تحلیل رفته، مورد بررسی قرار گرفتند و یافته‌های حاصل از آن‌ها به صورت طبقه‌بندی گزارش شد.

یافته ها

مکانیسم عملکرد اپکس لوکیتور ها

برای اولین بار در سال ۱۹۱۸، Custer گزارش کرد که می‌توان با استفاده از جریان الکتریکی طول کارکرد را اندازه کرد(۱۵) اما در مطالعه دیگری این‌گونه بیان شد که مقادیر ثابتی از مقاومت الکتریکی بین غشای موکوسی و پریودنشیوم وجود دارد که با استفاده از آن می‌توان طول ریشه را تخمین زد. علاوه بر این نشان داد که اگر اینسترومنت اندودونتیک متصل به اهم متر، درون کانال قرار گیرد و تا زمانی که اهم متر ۴۰ میکرو آمپر را نشان دهد، به‌سمت انتهای اپیکالی ریشه حرکت داده شود؛ نوک اینسترومنت به لیگامنت پریودنتال واقع در فورامن اپیکالی رسیده است. این دستگاه و نتایج حاصل از این مطالعه اساس بیش‌تر اپکس لوکیتورهای الکترونیک می‌باشد(۱۶).

تمام EAL ها از بدن انسان برای تکمیل مدار الکتریکی استفاده می‌کنند به گونه‌ای که یک سمت از مدار اپکس لوکیتورها، به واسطه گیره لبی(Lip Clip) به مخاط دهان متصل می شود و در سمت دیگر فایل قرار می‌گیرد. در این روش فایل درون کانال دندان قرار داده می‌شود و تا زمانی که با بافت پریودنتال تماس یابد، به سمت اپیکال حرکت داده می‌شود، بدین ترتیب مدار الکتریکی کامل می‌شود و مقاومت الکتریکی EAL ها با مقاومت الکتریکی بین فایل و مخاط دهان برابر می‌شود. در این حالت، دستگاه موقعیت اپکس را نشان می‌دهد. علاوه بر این شواهدی وجود دارد مبنی بر این‌که EAL ها به جای اندازه‌گیری امپدانس بافتی، به طور عمده امپدانس الکترود probing (امپدانس تماسی با همان مایع) را اندازه می‌گیرند.

در مطالعه دیگری گزارش شد که اصول اندازه‌گیری این دستگاه را می‌توان به تنهایی با قوانین فیزیک الکتریسته توضیح داد. از طرفی دیگر برخی دیگر از پژوهشگران، روش Voltage Gradient را ارائه دادند و توانستند اندازه‌گیری دقیقی از طول کانال‌هایی که با الکترولیت پر شده بودند، داشته باشند. عیب عمده این روش آن است که برای اندازه‌گیری باید از الکترودهای ۲ قطبی مخصوصی استفاده شود که برای ورود به کانال‌های باریک ریشه، حجیم می‌باشند(۱۶).

طبقه‌بندی انواع اپکس لوکیتور ها

در حالت کلی روش‌های طبقه‌بندی‌های مختلفی برای EAL ها ذکر شده است که در ادامه به آن پرداخته شده است(۱۷،۹،۶) (جدول شماره ۱).

مقایسه دقت روش های رادیوگرافیک و الکترونیک در تعیین طول کارکرد:

پیرامون این موضوع Brum و Adriano گزارش کرده‌اند که به دلیل تشابه دقت در روش رادیوگرافیک و الکترونیک، استفاده از اشعه ایکس برای تعیین طول کارکرد ضرورتی ندارد چرا که استفاده از اپکس لوکیتورها سریع‌تر است و از طول درمان و استرس کودک می‌کاهد(۱۸،۱) این در حالی است که Krishnan و Sreedharan بر این باور بودند که استفاده از روش الکترونیک در تعیین طول کانال‌ها دقت بیش‌تری نسبت به روش رادیوگرافیک دارد(۱۹). علی‌رغم پیشرفت‌هایی که در زمینه پیشگیری از پوسیدگی‌های دندانی در دندانپزشکی اطفال انجام شده است، همچنان بروز پوسیدگی‌هایی که منجر به درگیری پالپ و از دست رفتن زودهنگام دندان‌های شیری می‌شوند، مشکل شایعی قلمداد می‌شود(۲۰) و پالپکتومی در دندان‌های شیری که التهاب برگشت‌ناپذیر پالپی دارند یا پالپ آن‌ها نکروز شده است، درمان معقولی برای حفظ دندان شیری به شمار می‌رود(۲۲). به دلیل تفاوت مورفولوژی

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

جدول شماره ۱: طبقه بندی اپکس لوکیتورها بر اساس نوع جریان الکتریسیته، مقاومت و یا امپدانس در برابر جریان و تعداد فرکانس های استفاده شده در هر دستگاه(۱۵، ۲۱، ۲۲).

نسل	نوع اپکس لوکیتور	نحوه تعیین تنگه اپیکالی	معایب و مزایا	مثال
یک (Resistance-based)	بر اساس مقاومت	اندازه گیری میزان مقاومت در برابر شدت جریان مستقیم	معایب : ۱.دقت کمی دارند ۲.به دلیل استفاده از جریان زیاد (جریان متناوب سینوسی ۱۵۰ هرتز) برای بیمار دردناک است.	- Root canal meter - Endodontic Meter - Endodontic Meter S II
دو (Impedance-based)	با فرکانس کم	اندازه گیری امپدانس (مقاومت در برابر جریان متناوب) یک فرکانس	معایب: ۱.قبل از کار باید کالیبره شوند ۲.در حضور الکترولیت ها و بافت پالپی درون کانال دقت کمی دارند	- Sono-Explorer - SonoExplorer II
	با فرکانس بالا	اندازه گیری امپدانس (مقاومت در برابر جریان متناوب) یک فرکانس	عیب: دارای فایل اختصاصی می باشند مزیت: در حضور الکترولیت ها و بافت پالپی درون کانال، اندازه گیری دقیقی دارند	- Endocater
سه (Comparative Impedence-Type)	دو فرکانسی	از تفریق دو امپدانس ایجاد شده توسط دو فرکانس مختلف (۴۰۰ Hz و ۸ KHz، ۰/۶۷ حاصل می شود	مزیت: در حضور سالین، هیپوکلریت سدیم، EDTA و بافت پالپی، اندازه گیری بهتری نسبت به سایر آپکس لوکیتور ها دارند	- Endex - Root zx - Reypex - Apex Finder - Ipex
چهار	چند فرکانسی	تقسیم دو امپدانس ایجادشده بین دو الکترود مختلف (بر خلاف نسل سوم تنها از امپدانس به عنوان یک الگوریتم ریاضی برای تعین WL استفاده نمیکند؛ بلکه از مقاومت و ظرفیت استفاده میکند و سپس آن ها را با date base مقایسه میکند) میزان RMS سیگنال اندازه گیری می شود؛ نه دامنه یا فاز آنها.	مزایا: ۱.Accuracy بالا ۲.reliability بالا ۳.sampling error کمتر ۴.consistent reading بیشتر عیب: در کانال های خشک یا نسبتا خشک کاربرد دارند؛ بنابراین در صورت وجود اگزودا یا خونریزی زیاد، غیر قابل استفاده هستند	
پنج (Dual Frequency Ratio Type)	Dual frequency Ratio Type	علی رغم ادعایی که مبنی بر برتری عملکرد آنها وجود دارد ؛ ولی هیچ وجه تمایز مشخصی به لحاظ فنی نسبت به نسل ۴ وجود ندارد.	مزیت: در صورت وجود اگزودا یا خونریزی در داخل کانال،کارایی خوبی دارند	
شش		علی رغم ادعایی که مبنی بر برتری عملکرد آنها وجود دارد؛ ولی هیچ وجه تمایز مشخصی به لحاظ فنی نسبت به نسل ۴ وجود ندارد.	مزایا: ۱.سایز کوچک(کوچکتر از کف دست دندانپزشک) ۲.دارای نمایشگر مولتی مدیا و رنگی می باشند	

ریشه و کانال‌ها در مولرهای شیری(۲۳)، یکی از نگرانی‌های دندانپزشکان در خصوص درمان اندودونتیک دندان‌های شیری،تاثیر درمان بر تکامل جوانه دندان دائمی زیرین می‌باشد؛ بنابراین دستکاری نا به جای اپکس این دندان‌ها، می‌تواند منجر به بروز اختلالاتی در جوانه دندان‌های دائمی گردد(۲۴).

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه دقت اپکس لوکیتورها انجام شده است ولی تحقیقات اندکی در ارتباط با قابلیت تکرار آن‌ها وجود دارد(۲۵). قابلیت تکرار حاکی از بدست آوردن نتایج مشابه، در شرایط مشابه برای اندازه گیری یک متغیر خاص توسط دو یا چند تکنیک می‌باشد(۲۵). در مطالعاتی که تکرارپذیری دستگاه‌های اپکس لوکیتور را در تعیین طول کانال ارزیابی می‌کنند ممکن است خطاهای متعددی رخ دهد و اندازه‌گیری طول کارکرد را با مشکل مواجه کند؛این موارد عبارتند از عدم انطباق رابر استاپ با رفرنس تاجی، حرکت رابر استاپ بر روی فایل در حین اندازه‌گیری طول، موازی نبودن فایل‌ها و ابزار اندازه‌گیری و همچنین تشخیص نادرست طول فایل(۲۵). همچنین مطالعات متعددی پیشنهاد کرده اند که دقت EAL ها در فورامن اصلی مورد ارزیابی قرار گیرد چرا که به نظر می‌رسد این شاخص از تنگه اپیکالی قابل اعتماد تر و تکرارپذیرتر باشد(۲۷،۲۶)، این امر بدین‌صورت توجیه شده است که اپکس لوکیتورهایی که براساس ظرفیت و مقاومت عمل می‌کنند، نیازمند تماس نوک فایل با PDL می‌باشند(۲۸). علاوه بر این برخی از محققین گزارش کرده‌اند که تنگه اپیکالی ساختار یکسانی ندارد و آناتومی ناحیه اپیکال در اپکس دندان‌ها با یکدیگر متفاوت می‌باشد(۲۹).

مطالعه بالینی Miletic و همکاران در رابطه با تکرارپذیری EAL ها نشان داد که ۴۳ درصد از تفاوت‌ها در محدوده ۰/۵ mm±، ۶۸/۷ درصد در محدوده ۱ mm± و در ۳۱/۳ درصد موارد اختلافی بیش‌تر از ۱ mm± داشته است. دلیل این اختلاف را می‌توان تفاوت در نوع مطالعه در نظر گرفت زیرا در شرایط آزمایشگاهی می‌توان کنترل و دقت بیش‌تری نسبت به شرایط بالینی داشت(۳۰).

در سال ۱۹۹۴ اپکس‌یاب Root ZX معرفی شد که نحوه کار آن براساس ratio method می‌باشد. این وسیله

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

از دو فرکانس متفاوت استفاده می‌کند تا بتواند به‌طور همزمان امپدانس‌های داخل کانال را مورد ارزیابی قرار دهد، سپس خارج قسمت را با تقسیم امپدانس ایجاد شده توسط فرکانس ۸ کیلوهرتز بر امپدانس ایجاد شده توسط فرکانس ۴۰۰ هرتز محاسبه می‌کند و زمانی که عدد حاصل از آن برابر با ۰/۶۷ گردد، تنگه‌اپیکالی را نشان می‌دهد(۳۱). طبق مشخصات کارخانه سازنده، Root zx mini و Root zx با تکنولوژی یکسانی ساخته شده‌اند(۳۲). Root ZX mini حتی در حضور الکترولیت‌هایی از قبیل سدیم هیپوکلریت، سالین، آب یا هیدروژن پر اکساید نیز از دقت خوبی برخوردار می‌باشد(۳۳). از طرفی دیگر Root ZX در نبود تنگه اپیکال آناتومیک در کانال‌های گشاد نیز، می‌تواند باریک ترین قطر کانال را تشخیص دهد و اندازه به‌دست آمده، با فایل کوچک و بزرگ قابل قیاس است(۳۴). Ipex نیز آخرین مدل از نسل ۴ اپکس لوکیتورهای چند فرکانسی می‌باشد که به‌طور همزمان ظرفیت و مقاومت را برای تعیین موقعیت نوک فایل در داخل کانال، اندازه‌گیری می‌کند(۳۵). مطالعه Dandempally و همکاران نشان داد که مقادیر به دست آمده از روش الکترونیک در محدوده صفر الی یک میلی‌متری از اپکس رادیوگرافیک برای اپکس لوکیتور Root ZX ۸۷/۳۳ درصد و برای Ipex ۸۱/۳۳ درصد می‌باشد که این میزان به لحاظ بالینی قابل قبول است(۳۶) و نتایج آن با نتایج مطالعه Nelson-Filho (۳۵) هم راستا می‌باشد. Beltram و همکاران نیز که دقت اپکس لوکیتور Root ZX را در شرایط ex vivo و in vivo بر روی دندان‌های شیری بررسی کرده بودند، گزارش کردند که اپکس لوکیتور Root ZX می‌تواند طول کارکرد ریشه دندان‌های شیری را صرف نظر از وجود یا عدم وجود تحلیل ریشه با دقت ۱± mm ، تا بیش از ۹۰ درصد به درستی اندازه‌گیری کند(۳۷).

همچنین Bhat و همکاران، دقت Ipex را در فاصله ۰/۵± mm از اپکس، ۷۰/۸ درصد و در ۱± mm، ۹۰/۸ درصد گزارش کردند(۲۴). از طرفی دیگر Krajczar و همکاران نیز از ۲ روش رادیوگرافی و الکتریکی برای تعیین طول کانال پالاتال و مزیوباکال مولرهای دائمی ماگزیلا در شرایط آزمایشگاهی استفاده کرده‌اند که اختلاف آماری معناداری بین این دو روش در کانال پالاتالی یافت نشد اما در ارتباط با کانال مزیوباکال، این اختلاف معنادار بود (P=۰/۰۴۸)(۳۸)؛ علت این تفاوت ممکن است به‌دلیل کم‌تر بودن تعداد نمونه‌ها، نوع دستگاه، تفاوت دقت دستگاه در دندان‌های شیری یا دائمی، تفاوت در شرایط آزمایشگاهی و همچنین تفاوت در روش‌های آماری مورد استفاده در مطالعات مختلف باشد. بدین‌ترتیب یافته‌های حاصل از اندازه‌گیری EALها در محیط آزمایشگاهی، تفاوت هایی با یکدیگر دارند که به دلیل تاثیر عواملی از قبیل نوع محیط انتخاب شده، دقت و کیفیت دستگاه‌های اپکس لوکیتور مورد بررسی و شرایط دندان‌های انتخاب شده می‌باشد(۳۹). همچنین لازم به ذکر است که مطالعه Kielbassa و همکاران در تعیین طول کارکرد دندان‌های شیری نشان داد که در اکثر موارد Root ZX طول کانال را منطبق یا کوتاه‌تر از طول واقعی کانال اندازه‌گیری می‌کند (۱/۷۵±۰/۹۸ mm) و تنها در ۱/۹ درصد موارد، طول کارکرد بیش‌تر از طول واقعی کانال گزارش شده است(۵)؛ همچنین بیان کردند که شرایط کلینیکی داخل کانال از جمله وایتال بودن/نبودن پالپ، وجود/عدم وجود تحلیل ریشه و نوع دندان و کانال ریشه تاثیر معناداری بر عملکرد دستگاه ندارد(۵). Mente و شهرابی نیز طی تحقیقاتی که به‌صورت in vitro بر روی دندان‌های شیری انجام داده‌اند، عنوان کردند که در شرایط آزمایشگاهی وجود تحلیل در دندان‌های شیری بر دقت EALها تاثیری ندارد(۴۰،۴۱). در همین راستا کوتاه‌تر نشان داده شدن طول کانال توسط EAL ها را می‌توان اینگونه توجیه کرد که هنگام تماس نوک فایل با نسوج اطراف اپکس، آلارم می‌دهد. در اغلب موارد نسوج اطراف اپکس مقداری (هر چند اندک) به درون فضای کانال نفوذ می‌کند که این میزان در مواردی که تحلیل وجود دارد یا اپکس‌ها باز و گشاد

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

هستند، بیش‌تر می‌باشد؛ در نتیجه نوک فایل در فاصله‌ای کوتاه‌تری از فورامن اپیکال با نسوج پری اپیکال تماس می‌یابد و به طور غالب طول کارکرد کوتاه‌تر نشان داده می‌شود ولی از آن‌جایی‌که در پالپکتومی دندان‌های شیری، طول کارکرد کم‌تر از طول واقعی کانال می‌باشد، به نظر می‌رسد که طول گزارش شده کم تر توسط دستگاه، در این زمینه مطلوب باشد(۴۲). این در حالی است که در محیط آزمایشگاهی، ژل یا آلژیناتی که به‌عنوان ماده electro-conductive به منظور شبیه‌سازی بافت پریودنشیوم اطراف ریشه استفاده می‌شوند، نمی‌توانند مانند نسوج پری اپیکال به فضای داخل کانال پیشروی کنند؛ بنابراین توانایی نفوذ به درون کانال ریشه‌های تحلیل رفته و فاقد تحلیل، را نخواهند داشت. از این‌رو EAL ها نمی‌توانند در شرایط آزمایشگاهی تفاوتی را بین این دو وضعیت (ریشه تحلیل رفته و بدون تحلیل) قائل شوند(۴۳).

بنابر بررسی‌های Huang، الگوهای تجربی جهت ارزیابی دقت اپکس لوکیتورها نشان داد که ثابت بودن مقاومت الکتریکی بین غشای مخاطی وبافت‌های پریودنتال، تنها یک ویژگی فیزیکی قلمداد می‌شود نه یک پدیده زیست شناختی و تکامل یافته؛ بدین ترتیب پژوهش‌های گوناگونی، در محیط‌های مختلفی که مقاومت الکتریکی مشابهی با پریودنشیوم دارند، انجام شده است(۳۹). در همین راستا می‌توان مواد electro-conductive متعددی از قبیل آگار، ژلاتین، نرمال سالین، آلژینات و ... را به منظور شبیه‌سازی محیط in vivo و جهت ارزیابی دقت EAL ها مورد استفاده قرار داد؛ با این حال از بین موارد فوق الذکر، آلژینات بیش‌تر ترجیح داده می‌شود چراکه خاصیت electro-conductive آن می‌تواند لیگامنت پریودنتال را شبیه‌سازی کند، دندان را محکم در بر بگیرد، به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است، کار با آن راحت‌تر است و ریشه را به‌طور کامل می‌پوشاند که همین امر از ایجاد سوگیری حین اندازه‌گیری پیشگیری می‌کند(۴۴).

سایر فاکتورهای تاثیر گذار بر دقت اپکس لوکیتورها

حین درمان ریشه، مواد متعددی با خواص آنتی‌باکتریال، لوبریکنت (لغزنده‌کننده) به هدف کنترل اسمیر لایر و توانایی حل کردن بافت‌های ارگانیک و غیر ارگانیک به‌کار می‌روند(۴۵) که عبارتند از سدیم هیپوکلریت(NaOCl)، کلرهگزیدین، اتیلن دی آمین تترااستیک (EDTA)، MTAD، Rc-Preb، کلسیم هیدروکساید و... (۴۶). برخی از محققین بر این عقیده‌اند که صحت اندازه‌گیری EAL ها مستقل از غلظت هیپوکلریت سدیم می‌باشد و به دلیل خاصیت بالای آن در هدایت جریان الکتریکی و توانایی نفوذ به توبول‌های عاجی دیواره‌های کانال، از امپدانس الکتریکی می‌کاهد و باعث می‌شود تا تماس الکتریکی بهتری با بافت پری‌اپیکال برقرار شود(۴۷). کلسیم هیدروکساید نیز از داروهای داخل کانال می‌باشد که به عنوان ماده آنتی‌باکتریال، در بین جلسات درون کانال‌ها قرار داده می‌شود و از خاصیت آنتی‌باکتریال قابل توجهی علیه اکثر گونه‌های عفونت‌زای باکتریایی برخوردار است. در حالت کلی این فرضیه وجود دارد که هر چه تماس بین فایل و دیواره عاجی ریشه بیش‌تر باشد، نتایج به‌دست آمده از EAL دقت بیش‌تری دارد ولی در اثر استفاده از کلسیم هیدروکساید، طول کانال کوتاه‌تر از طول واقعی گزارش می‌شود که این امر ممکن است با تماس ناکامل بین دیواره عاجی و فایل توجیه شود(۴۸). در راستای نتایج این مطالعه، Uzunoglu گزارش کرد که بقایای کلسیم هیدروکساید درون کانال، بر دقت تعیین طول کارکرد بواسطه اپکس لوکیتورها، تاثیر منفی می‌گذارد(۴۹)، این در حالی است که برخی از مطالعات نشان داده‌اند که حتی با وجود کلسیم هیدروکساید(۵۰) و irrigator هایی از قبیل سدیم هیپوکلریت، کلر هگزیدین، نرمال سالین، ماده بی‌حسی، چرک و یا بافت‌های نکروتیک درون کانال، تعیین طول کارکرد با استفاده از EALها از صحت بالایی برخوردار است(۵۱) و برای دستیابی به این میزان از دقت در اندازه‌گیری، ضروری است که دندانپزشک

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

به خوبی از آناتومی کانال و variation های احتمالی آن، آگاه باشد(۱). علاوه بر موارد فوق‌الذکر، از جمله مواردی که ممکن است بر دقت اپکس لوکیتورها در تعیین طول کارکرد اثر بگذارد، قطر فایل می‌باشد(۵۲). بر اساس مطالعات قبلی، هر چه قطر فایل افزایش یابد، دقت دستگاه اپکس لوکیتور نیز حین اندازه‌گیری طول کانال افزایش می‌یابد(۵۳،۴۴). Ayranci و همکاران نیز نشان دادند که هرچه قطر فایلی که در باریک‌ترین قسمت کانال ریشه قرار می‌گیرد بیش‌تر باشد، بر دقت اندازه‌گیری با اپکس لوکیتور نیز افزوده می‌شود(۴۸). همچنین ارتباط دقت اپکس لوکیتور با curve ریشه هم مطرح شده است که بنابر مطالعه Sharma و همکاران، دقت اپکس لوکیتور زمانی که ریشه curve ملایمی داشته باشد، نسبت به زمانی که curve متوسط تا شدید باشد، بیش‌تر می‌باشد(۵۴) اما ساعتچی نظر مخالفی دارد و انحنای ریشه را با دقت اپکس لوکیتور مرتبط نمی‌داند(۵۵).

در انتها مطلب دیگری که در زمینه دقت اپکس لوکیتورها مطرح می‌شود، تداخل الکترومغناطیس می‌باشد. از آن‌جایی‌که امروزه استفاده از تلفن‌های همراه بخش مهمی از زندگی ما را تشکیل می‌دهند، این فرضیه مطرح شده است که امواج radiofrequency حاصل از آن می‌تواند به تداخل الکترومغناطیس (EMI: Electro Magnetic Interference) بیانجامد که تحت عنوان تداخل radiofrequency (RFI: Radio frequency Interference) نیز نامیده می‌شود و بر هدایت جریان در مدار تولید شده توسط EAL اثر می‌گذارد. این اختلال ممکن است از جریان مدار بکاهد و یا حتی عملکرد آن را متوقف کند(۵۶).

مطالعه Patel و همکاران نشان داد که تلفن‌های همراه می‌توانند بدون نگرانی از ایجاد EMI بین تلفن همراه و EAL، استفاده شوند(۵۵).

Jain و همکاران نیز مطالعه مشابهی با هدف ارزیابی تداخل تلفن همراه هوشمند (Iphone 5s) حین تعیین طول کارکرد با اپکس لوکیتور Root zx و Ipex II انجام دادند و گزارش کردند که در اپکس لوکیتورهای مورد مطالعه، اثر مهاری یا مداخله ای ناشی از تلفن‌های همراه مشاهده نشده است(۳۱) که این نتایج با یافته‌های مطالعات Gohil (۵۷)، Sindhu (۵۸) و Hurstel (۵۹) هم راستا بود. در حالی که Madhureema گزارش کرد زمانی که تلفن همراه در مجاورت EAL قرار داده شود، تشعشعات حاصل از آن می‌تواند در عملکرد دستگاه تداخل ایجاد کند؛ بنابراین توصیه کرد که تمام تلفن‌های همراه، خصوصا در زمان استفاده از EAL ها، در حالت stand by قرار بگیرند(۶۰).

بحث

در این مطالعه مروری نشان داده شد که روش‌های مورد مطالعه در تعیین طول کارکرد مولرهای شیری تحلیل رفته، غالباً از دقت مشابهی برخوردار هستند. علی‌رغم فاکتورهای احتمالی تاثیرگذار بر دقت اندازه‌گیری اپکس لوکیتورها، استفاده از آن‌ها سریع، راحت، بدون درد غیرتهاجمی و ایمن می‌باشد و مزایای متعددی دارد ولی از نیاز ما به رادیوگرافی اولیه نمی‌کاهد چراکه برای تشخیص درست،ارزیابی میزان تحلیل ریشه، تعیین curve ریشه و نشان دادن موقعیت دندان شیری نسبت به جوانه دندان دائمی در معاینات اولیه کمک کننده می‌باشد(۱) و در مواردی‌که تفاوت در روش‌های متفاوت اندازه‌گیری، بیش از ۲ میلی‌متر باشد، ممکن است ضرورت داشته باشد تا برای تعیین طول، مجددا یک گرافی پری‌اپیکال تهیه شود تا احتمال هرگونه پرفوراسیون یا نقص در عملکرد دستگاه، رد شود(۶۰). با این حال به دلیل ۲ بعدی بودن تصویر رادیوگرافیک، تعیین طول کارکرد با این روش، همواره مشکلاتی را در پی داردکه تفسیر رادیوگرافیک را با مشکل مواجه می‌کند چراکه تحلیل ممکن است از طریق ریشه به داخل کانال‌ها گسترش یابد و راه‌های ارتباطی بیش‌تری غیر از فورامن اپیکال یا کانال‌های جانبی و فرعی با بافت پری‌اپیکال برقرار کند. خصوصا این‌که این فرآیند در

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

تمام سطوح ریشه رخ می‌دهد(۶۱). از طرفی دیگر ممکن است که اپیکـال فـورامن بـه جـای ایـن‌کـه بـه صـورت apico-central قرار بگیرد، به صورت لترالی واقع شـود. همچنین تشـخیص موقعیـت آن در رادیـوگرافی، زمـانی که در سطح فاشیال یا لینگوال ریشه قرار گرفته باشد نیـز دشوار است و محدودیت‌هایی را به‌دنبـال دارد کـه عبارتنـد از دیستورشـن(Distortion) یـا بدشـکلی تصـویر، سـوپر ایمپوزیشن(Super-imposition) ریشه و/یا سـاختارهای آناتومیک مثل جوانـه‌هـای دنـدان هـای دائمـی زیـرین، اکسپوژر اشعه یونیزه، افزایش طول مدت درمان و کنترل بیمار. همچنـین یکـی دیگـر از مشـکلات مهمـی کـه در ارتباط با رادیوگرافی داخل دهـانی پـری اپیکـال وجـود دارد، نحوه قرار دادن فـیلم درون دهـان بیمـار و مراحـل ظهور و ثبوت فیلم می‌باشد(۲۴). به همین ترتیب اسـتفاده از اپکس لوکیتورها بر روش کانوشنال ارجحیت دارد.

سپاسگزاری

این مقاله مشتق از پایان‌نامه درجـه دکتـری عمـومی دندانپزشکی خانم نادیا الیاسی به شماره ۲۵۱۷ مـی‌باشـد که با کـداخلاق IR.MAZUMS.REC.1398.5148 در سامانه سیات به ثبت رسیده است. بدین‌وسیله از معاونـت تحقیقـات دانشـگاه علـوم پزشـکی مازنـدران بـه دلیـل حمایت‌ها و همکاری در این پایـان نامـه کمـال تقـدیر و تشکر به عمل می‌آید.

References

1. Brum ICS, Maia CA, Diniz MVT, Fernandes AM, Fernandes MLDMF. Agreement Between Working Length Measurements in Primary Teeth Obtained by Radiographs or Apical Locators. Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada 2020; 20(7): e4525.
2. Coll James A, Vargas K, Marghalani AA, Chen CY, Alshamali S, Dhar V, et al. A systematic review and meta-analysis of nonvital pulp therapy for primary teeth. Pediatr Dent 2020; 42(4): 256-461.
3. Abdullah A, Singh N, Rathore MS, Tandon S, Rajkumar B. Comparative evaluation of electronic apex locators and radiovisiography for working length determination in primary teeth in vivo. Int JClin Pediatr Dent 2016; 9(2): 118-123.
4. Chhil H. Apex locators-Review. World Journal of Advanced Scientific Research 2020; 3(1): 9-22.
5. Kielbassa AM, Muller U, Munz I, Monting JS. Clinical evaluation of the measuring accuracy of ROOT ZX in primary teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003; 95: 94-100.
6. Adriano LZ, Barasuol JC, Cardoso M, Bolan M. In vitro comparison between apex locators, direct and radiographic techniques for determining the root canal length in primary teeth. European Archives of Paediatric Dentistry 2019; 20(5): 403-408.
7. Kim E, Marmo M, Lee CY, Oh NS, Kim IK. An in vivo comparison of working length determination by only root-ZX apex locator versus combining root-ZX apex locator with radiographs using a new impression technique. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology 2008; 105(4): e79-e83.
8. Krajczár K, Marada G, Gyulai G, Tóth V. Comparison of radiographic and electronical working lengthdetermination on palatal and mesio-buccal root canals of extracted upper molars. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

2008; 106(2): 90-93.

9. Gordon M, Chandler N. Electronic apex locators. International Endodontic Journal 2004; 37(7): 425-437.
10. Akisue E, Gavini G, de Figueiredo JAP. Influence of pulp vitality on length determination by using the Elements Diagnostic Unit and Apex Locator. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology 2007; 104(4): 129-132.
11. Tufenkci P, Kalaycı A. Evaluation of the accuracy of different apex locators in determining the working length during root canal retreatment. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects 2020; 14(2): 125-129.
12. Chukka RR, Bellam MD, Marukala NR, Dinapadu S, Konda NK, Nagilla J. Efficiency of an integrated apex locator in determining working length in various irrigating solutions: An in vivo study. Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences 2020; 12(Suppl 1): S410-414.
13. Bilaiya S, Patni PM, Jain P, Pandey SH, Raghuwanshi S, Bagulkar B. Comparative Evaluation of Accuracy of Ipex, Root Zx Mini, and Epex Pro Apex Locators in Teeth with Artificially Created Root Perforations in Presence of Various Intracanal Irrigants. Eur Endod J 2020; 5(1): 6-9.
14. Neena I, Ananthraj A, Praveen P, Karthik V, Rani P. Comparison of digital radiography and apex locator with the conventional method in rootlength determination of primary teeth. Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry 2011; 29(4): 300-304.
15. Custer C. Exact methods for locating the apical foramen. J Nat Dent Assoc 1918; 5: 815-819.
16. Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. Electronic apex locators—a review. Journal of Medical and Dental Sciences 2007; 54(3): 125-136.
17. McDonald RE, Avery DR. Dentistry for the Child and Adolescent. 8th ed. Mosby Incorporated; 2004: 391-412.
18. Adriano L, Barasuol J, Cardoso M, Bolan M. In vitro comparison between apex locators, direct and radiographic techniques for determining the root canal length in primary teeth. European Archives of Paediatric Dentistry 2019; 20(5): 403-408.
19. Krishnan IS, Sreedharan S. A comparative evaluation of electronic and radiographic determination of root canal length in primary teeth :An in vitro study. Contemp Clin Dent 2012; 3(4): 416-420.
20. Ahamed SSS, Reddy VN, Krishnakumar R, Mohan MG, Sugumaran DK, Rao AP. Prevalence of early loss of primary teeth in 5–10-year-old school children in Chidambaram town. Contemporary Clinical Dentistry 2012; 3(1): 27.
21. Singh H, Kapoor P. Generations of apex locators: which generation are we in? Stomatological Dis Sci 2019; 3: 4.
22. Dimitrov S, Roshkev D. Sixth generation adaptive apex locator. Journal of IMAB-Annual Proceeding (Scientific Papers) 2009; 15(2009): 75-78.
23. Ahmed H. Anatomical challenges, electronic working length determination and current developments in root canal preparation of primary molar teeth. International Endodontic Journal 2013; 46(11): 1011-1022
24. Bhat KV, Shetty P, Anandakrishna L. A comparative evaluation of accuracy of new-generation electronic apex locator with conventional radiography to determine working length in primary teeth: an in vivo study. International Journal of Clinical Pediatric Dentistry 2017; 10(1): 34-36.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

25. Yusefi MH, Attar AR, Mokhtari F. An In-vitro Comparison of Two Electronic Apex Locators of Root ZX and Smarpex. Yazd Journal of Dental Research 2014; 2(1): 38-45 (Persian).
26. Nekoofar M, Ghandi M, Hayes S, Dummer P. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. International Endodontic Journal 2006; 39(8): 595-609.
27. Adorno C, Yoshioka T, Suda H. The effect of working length and root canal preparation technique on crack development in the apical root canal wall. International Endodontic JournaL 2010; 43(4): 321-327.
28. de Vasconcelos BC, do Vale TM, de Menezes AST, Pinheiro-Junior EC, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, et al. An ex vivo comparison of root canal length determination by three electronic apex locators at positions short of the apical foramen. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology 2010; 110(2): e57-e61.
29. Herrera M, Ábalos C, Planas AJ, Llamas R. Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. J Endod 2007; 33(8): 995-998.
30. Miletic V, Beljic-Ivanovic K, Ivanovic V. Clinical reproducibility of three electronic apex locators. International Endodontic Journal 2011; 44(8): 769-776.
31. Mosharafian S, Mollaie N, Shoul MA, Shahrabi MS. In Vitro Comparison of, Accuracy of Raypex 5 and Root ZXII Apex Locators, for Working Length Determination in Primary Teeth. J Evolution Med Dent Sci 2020; 9(20): 1594-1599.
32. Jain AS, Asrani H, Singhal AC, Asrani A, Deshmukh P, Jain D. Do mobile phones cause interference on electronic apex locators? An in vitro study. Endodontology 2017; 29(2): 142-145.
33. Varsha L, Pradeep S. Accuracy of apex locators in determining working length in single-rooted teeth-A histologic analysis. Drug Invention Today 2019; 11(12): 3184-3188.
34. Ayranci L, Çetinkaya A, Özkan S. The Effect of Calcium Hydroxide and File Sızes on the Accuracy of the Electronic Apex Locator in Simulated Immature Teeth. Middle Black Sea Journal of Health Science 2019; *5*(3): 273-278.
35. Nelson-Filho P, Romualdo P, Bonifácio K, Leonardo M, Silva R, Silva L. Accuracy of the iPex multi-frequency electronic apex locator in primary molars: an ex vivo study. International Endodontic Journal 2011; 44(4): 303-306.
36. Dandempally A, Muppa R, Duddu M, Bhupatiraju P, Nallanchakrava S. Formulating a regression equation fordetermination of working length in primary molars using apex locators: a clinical study. European Archives of Paediatric Dentistry 2013; 14(6): 369-374.
37. Beltrame AP, Triches TC, Sartori N, Bolan M. Electronic determination of root canal working length in primary molar teeth: An invivo and ex vivo study. Int Endod J. 2011; 44(5): 402-613.
38. Krajczár K, Marada G, Gyulai G, Tóth V. Comparison of radiographic and electronical working length determination on palatal and mesio-buccal root canals of extracted upper molars. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2008; *106*(2): e90-e93.
39. Tabrizizadeh M, Jabraeil H. An in Vitro Evaluation of Accuracy of Two Electronic Apex Locators (Foramatron V, DMG) for Tooth Length Measurement in Dry and Wet

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

Conditions. Journal of Dentistry 2002; 3(1-2): 12-20.

40. Shahrabi M, Seraj B, Nekoofar M, Moshrefian S, KharaziFard M. An evaluation on the accuracy of an electronic apex Locator (EAL) in the determination of working length inprimary teeth (In-vitro). Journal of Dental Medicine 2004; 17(1): 32-40 (Persian).
41. MenteJ, Seidel J, Buchalla W, Koch M. Electronic determination of root canal length in primary teeth with and without root resorption. International Endodontic Journal 2002; 35(5): 447-452.
42. KaramiNogorani M, ZareJahromi M, Dehghan Z, Talaei R. Clinical Accuracy of Ipex Apex Locator for Measurement of Root Canal Length of Primary Molars. J Islam Dent Assoc Iran 2014; 26(1): 13-17 (Persian).
43. Heydari A, Shahrabi M, Seraj B. Accuracy of Dentaport ZX in length determination of resorbed roots and non-resorbed roots in primary teeth. Zahedan J Res Med Sci 2008; 10(1): e94748 (Persian).
44. Jadhav GR, Mittal P, Patil V, Kandekar P, Kulkarni A, Shinde S, et al. Accuracy of Different Apex Locators in Teeth with Simulated Apical Root Resorption :an In Vitro Study. Folia Medica 2018; 60(4): 624-631.
45. 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. Australian Dental Journal 2006; 51(2): 153-157.
46. Torabinejad M, Walton RE. Endodontics Principles and Practice. 5th ed. St. Louis: Pat Joiner-Myers. Elsevier; 2015. p. 273-300.
47. Tınaz AC, Sevimli LS, Görgül G, Türköz EG. The effects of sodium hypochloride concentrations on the accuracy of an apex locating device. Journal of Endodontics 2002; 28(3): 160-162.
48. Ayranci L, Çetinkaya A, ÖzkanS. The Effect of Calcium Hydroxide and File Sızes on the Accuracy of the Electronic Apex Locator in Simulated Immature Teeth. Middle Black Sea Journal of Health Science 2019; 5(3): 273-278.
49. Uzunoglu E, Eymirli A, Uyanik MÖ, Çalt S, Nagas E. Calcium hydroxide dressing residues after different removal techniques affect the accuracy of Root-ZX apex locator. Restorative Dentistry & Endodontics 2015; 40(1): 44-49.
50. Shojaee NS, Zaeri Z, Shokouhi MM, Sobhnamayan F, Adl A. Influence of calcium hydroxide residues after using different irrigants on the accuracy of two electronic apex locators: An in vitro study. Dental Research Journal 2020; 17(1): 48 (Persian).
51. Abdullah A, Singh N, Rathore MS, Tandon S, Rajkumar B. Comparative evaluation of electronic apex locators and radiovisiography for working length determination in primary teeth in vivo. Int J Clin Pediatr Dent 2016; 9(2): 118-123.
52. De Sarkar M, Kundabala M, Shetty N. Effect of cell phone radiation on electronic apex locator. International Journal of Development Research 2018; 8 (02): 19056-19058.
53. Herrera M, Ábalos C, Lucena C, Jimenez-Planas A, Llamas R. Critical diameter of apical foramen and of file size using the Root ZX apex locator: an in vitro study. Journal of Endodontics 2011; 37(9): 1306-1309.
54. Sharma A, Tangu A. Intricate Estimation of Effects of Different Root Canal Curvatures on Accuracy Of Apex Locator: An (In-Vitro) Original Study. J Adv Med Dent Scie Res 2019; 7(5): 21-24.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

55. Saatchi M, Iravani Sh, Akhavan Khaleghi M, Mortaheb A. Influence of Root Canal Curvature on the Accuracy of Root ZX Electronic Foramen Locator: An In Vitro Study. Iranian Endodontic Journal 2017; 12(2): 173-178.
56. Patel S, Attur K, Bagda K, Desai D, Kubavat R. Evaluation of Electromagnetic Interference of Smartphone on Apex Locators: An in Vivo Study. International Journal of Research and Review 2020; 7(2): 192-200.
57. Gohil UK, Parekh VV, Kinariwala N, Oza KM, Somani MC. Can active signals of cellphone interfere with electronic working length determination of a root canal in a dental clinic? An in vivo study. Journal of Conservative Dentistry 2017; 20(3): 170-173.
58. Sidhu P, Shankargouda S, Dicksit DD, Mahdey HM, Muzaffar D, Arora S. Evaluation of interference of cellular phones on electronic apex locators: An in vitro study. J Endod 2016; 42(4): 622-625.
59. Hurstel J, Guivarc'h M, Pommel L, Camps J, Tassery H, Cohen S, etal. Do cell phones affect establishing electronic working length? J Endod 2015; 41(6): 943-946.
60. 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(2): 116-119.
61. Cohen S, Burns R. Pathways of the Pulp. 10th ed. St. Louis: Mosby Co; 2010. p. 654-610.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]