

مقایسه‌ی فیلم‌های پرتونگاری معمولی و خود ظهور (Self developing) در برآورد طول کارکرد کانال

شیرین سخدری*، ایمان مهرورزفر**، مرجان جهان تیغ***، مریم میرزائی****

* استادیار گروه رادیولوژی دهان، فک و صورت، دانشکده‌ی دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی آزاد اسلامی تهران، تهران، ایران
 ** استادیار گروه اندودنتیکس، دانشکده‌ی دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی آزاد اسلامی تهران، تهران، ایران
 *** دندانپزشک عمومی
 **** دستیار گروه رادیولوژی دهان، فک و صورت، دانشکده‌ی دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی آزاد اسلامی تهران، تهران، ایران

چکیده

بیان مساله: تعیین طول کارکرد کانال اهمیت ویژه‌ای در موفقیت درمان‌های ریشه دارد. روش‌های گوناگونی به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد و در این میان پرتونگاری شایع‌ترین روش است.

هدف: هدف از پژوهش کنونی، مقایسه‌ی فیلم‌های معمولی و خود ظهور (Self developing) نسبت به روش استاندارد طلایی در برآورد طول کارکرد کانال بود.

مواد و روش: در این بررسی توصیفی به منظور تعیین طول کارکرد کانال، با دو گونه فیلم معمولی و خود ظهور در شرایط آزمایشگاهی از ۴۵ کانال مزوباکال دندان‌های مولر نخست فک بالا که در فانتوم هد مانت شدند پرتونگاری فراهم گردید. فیلم‌های معمولی در پروسسور خودکار ظاهر و فیلم‌های خود ظهور بر پایه‌ی روش پیشنهادی کارخانه‌ی سازنده آماده شدند. تصاویر توسط سه اندودنتیست و یک رادیولوژیست به گونه‌ی دو سوپه کور (Double blind) ارزیابی گردید. طول کارکرد حقیقی (نمایه طلایی) بر روی دندان‌های کشیده شده مشخص شد و سپس اختلاف میان طول کارکرد در دو روش پرتونگاری با یکدیگر و با طول کارکرد حقیقی تعیین گردید. نتایج با آزمون‌های آماری تی (t) و تی زوج (Paired t) ارزیابی شد.

یافته‌ها: میانگین تفاوت طول کارکرد میان روش پرتونگاری با فیلم معمولی و نمایه‌ی طلایی برابر با ۰/۳۳ میلی‌متر و میانگین تفاوت طول کارکرد میان روش پرتونگاری با فیلم‌های خود ظهور و نمایه‌ی طلایی ۰/۱۴ میلی‌متر بود، که این اختلاف از نظر آماری معنادار نبود ($p = ۰/۰۶$) و ($p = ۰/۰۷$). همچنین اختلاف آماری معنادار میان دو روش پرتونگاری در برآورد طول کارکرد کانال دیده نشد ($p = ۰/۴$).

نتیجه‌گیری: گرچه اختلاف معنادار میان این دو گونه فیلم در تعیین طول کارکرد وجود نداشت، بررسی‌ها نشان می‌دهد، که فیلم‌های خود ظهور نتایج آماری بهتری دارند. بنابراین، در شرایطی که به تاریکخانه و محلول ظهور و ثبوت دسترسی نیست، می‌توان از این گونه فیلم به جای فیلم معمولی استفاده کرد.

واژگان کلیدی: طول کارکرد، کانال ریشه، فیلم خود ظهور، فیلم پرتونگاری معمولی

درآمد

یکی از دشواری‌های رایج در درمان ریشه‌ی دندان، اندازه‌گیری درست طول کارکرد کانال است، زیرا طول کارکرد تعیین کننده‌ی میزان پاکسازی و شکل دهی کانال و آشکار کننده‌ی حد نهایی پرکردگی ریشه است. اگر اندازه‌گیری به گونه‌ی درست انجام نشود به آماده‌سازی ناقص و پرکردگی نامناسب کانال می‌انجامد^(۱). پرکردگی بیشتر از اندازه‌ی کانال (Over filling) یا پرکردگی ناقص کانال (Under filling) موفقیت کلی درمان ریشه را کاهش خواهد داد^(۲). گرچه جای دقیق پایان درمان ریشه از دید پژوهشگران گوناگون متفاوت است، ولی بسیاری بر این باور هستند، که آماده‌سازی و پر کردن کانال باید در جای اتصال عاج و سمان (CDJ) پایان گیرد، که در واقع جای تنگ شدگی طبیعی کانال دندان (Apical constriction) است^(۳).

بر پایه‌ی بررسی‌های انجام شده جای تنگ‌ی اپیکالی ۰/۵ تا ۱ میلی‌متر کوتاه‌تر از آپکس پرتونگاری است^(۳). به منظور اندازه‌گیری دقیق فاصله‌ی میان فورامن اپیکال و تنگ‌ی اپیکالی بررسی‌های کالبدی گوناگونی انجام شده است. امروزه به گونه‌ی معمول برای این امر از فیلم‌های پرتونگاری با سرعت E یا D استفاده می‌شود، که نمونه‌های گوناگونی ساخت کارخانه‌های معتبر وجود دارد. در سال‌های اخیر بهره‌گیری از پیشرفت‌های پرتونگاری و روش‌های گوناگون آن از مهم‌ترین اولویت‌ها در مراکز پرتونگاری است. ناگزیر باید از سیستمی بهره‌جست، که سرعت کار را بالا ببرد و همچنین کیفیت کار را افزایش دهد^(۴).

یکی از معایب دستگاه‌های تصویربرداری دیجیتال هزینه‌ی بالای نصب و راه اندازی آن است^(۵).

گونه‌ی نوینی از فیلم‌های درون دهانی با عنوان خود ظهور عرضه شده که از جهاتی با فیلم معمولی متفاوت است. فیلم‌های خود ظهور به آسانی در دست هستند. در یک انتهای پاکت این فیلم‌ها کیسه‌ی ظهور و ثبوت وجود دارد که پس از تابش به فیلم با فشار انگشت روی کیسه و هدایت آن به سمت فیلم پرتونگاری باعث ظهور و ثبوت فیلم می‌شود. زمان آماده شدن فیلم کوتاه بوده و از نظر اندازه همانند فیلم‌های معمولی هستند^(۶). گرچه بیشتر پرتونگاری به عنوان استاندارد در اندازه‌گیری‌های بالینی استفاده می‌شود اما بررسی‌ها نشان داده است که پرتونگاری همیشه با موقعیت واقعی فورامن اپیکال هماهنگ نیست^(۷).

با توجه به کاستی‌های موجود در بررسی‌های پیشین در مورد تعیین طول کانال تصمیم بر آن شد، که در این بررسی با شیوه‌ای متفاوت، دقت فیلم‌های خود ظهور جهت تعیین طول کارکرد در شماری از دندان‌های کشیده شده‌ی مولر نخست فک بالا مورد ارزیابی قرار گیرد تا با بهره‌گیری از این روش بتوان با سرعت و دقت بیشتر به تعیین طول کانال پرداخت.

مواد و روش

پس از گردآوری و بررسی ۱۰۰ دندان مولر نخست فک بالا، ۴۵ دندان با این مشخصات انتخاب گردیدند:

- آپکس دندان‌ها کاملاً بسته شده باشد.
- در کانال ریشه انسداد یا کلسیفیکاسیون وجود نداشته باشد.
- دندان‌ها بی شکستگی ریشه یا پوسیدگی در سطح ریشه باشند.
- فرسودگی درونی و بیرونی در دندان‌ها وجود نداشته باشد.
- ریشه‌ی دندان‌ها دارای انحنای شدید نباشند.

در این بررسی ریشه‌ی مزبو باکال دندان‌های مولر نخست فک بالا مورد استفاده قرار گرفت.

برای از میان بردن دبری‌های سطحی و گندزدایی، همه‌ی نمونه‌ها در محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد (ساخت کارخانه گلرنگ) به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شد. سپس، همه‌ی دندان‌ها را در اتوکلاو قرار داده و دندان‌ها پس از شست و شوی فراوان با آب در ظرفی محتوی نرمال سالین ۰/۹ درصد و در درجه‌ی حرارت اتاق نگهداری گردیدند^(۸ و ۹). در هنگام بررسی جرم‌های موجود بر روی سطح‌های گوناگون برداشته و به این ترتیب هر ۴۵ دندان جهت بررسی آماده شدند.

برای کانال مزبو باکال این ۴۵ دندان یک سطح صاف و هموار به عنوان نقطه‌ی مرجع ثابت اکلوزالی در نظر گرفته شد، که در همه‌ی اندازه‌گیری‌های بعدی از آن استفاده گردید. دندان‌ها به گونه‌ی تصادفی کدبندی و به ترتیب در فانتوم هد مانت شد. سپس، برای برآورد طول کارکرد کانال، از هر دندان به وسیله‌ی فیلم پرتونگاری معمولی (E Speed, Kodak, USA) و با استفاده از فیلم نگهدار اندورای (Endoray) (ساخت ایران) یک کلیشه‌ی پرتونگاری فراهم شد^(۴ و ۱۰). سپس یک حفره‌ی دسترسی در دندان‌ها توسط فرز الماسی ۰۰۸ ایجاد گردید. طول کانال از کلیشه روی فایل K-Type شماره‌ی ۱۵ (Switzerland) Maillefer, Densply، اندازه زده شد و سپس فایل کانال وارد و دسته‌ی فایل در محل ثابت شد.

در پرتونگاری با فیلم معمولی میزان اختلاف فاصله‌ی انتهایی فایل تا آپکس به گونه‌ی متوسط $1/0.1$ میلی‌متر است، که $0.33/$ با مقدار واقعی تفاوت دارد ولی این تفاوت از نظر آماری معنادار نیست ($p = 0.06$). همچنین، در پرتونگاری با فیلم‌های خود ظهور فاصله‌ی انتهایی فایل تا آپکس به گونه‌ی متوسط $0.81/$ میلی‌متر است، که $0.14/$ با مقدار واقعی تفاوت دارد ولی این تفاوت نیز از نظر آماری معنادار نیست ($p = 0.07$).

جدول ۱ میانگین اختلاف فاصله‌ی انتهایی فایل تا نوک آپکس در دو روش پرتونگاری با فیلم معمولی و خود ظهور در کانال مزیوباکال دندان‌های مولر نخست فک بالا

روش پرتونگاری	انحراف معیار \pm میانگین (میلی‌متر)	آزمون تی زوج
فیلم معمولی ($n = 45$)	0.33 ± 0.12	0.4
خود ظهور ($n = 45$)	0.14 ± 0.43	

در جدول ۱ مقایسه‌ی نگاره‌های فراهم شده با فیلم خود ظهور و فیلم معمولی نشان می‌دهد، که میانگین فاصله‌ی انتهایی فایل تا نوک آپکس در هر یک از روش‌ها در مقایسه با نمایه‌ی طلایی اختلافی میان $0.14/$ تا $0.33/$ را داراست و پرتونگاری معمولی میزان تفاوتی حدود دو برابر پرتونگاری با فیلم خود ظهور را دارد ولی مقایسه‌ی دو روش نشان داد این تفاوت از نظر آماری معنادار نیست ($p = 0.04$).

جدول ۲ میزان طول حقیقی کانال، طول کارکرد پرتونگاری و اختلاف واقعی میان انتهایی فایل تا آپکس در کانال مزیوباکال دندان‌های مولر نخست فک بالا

نمایه‌ها	انحراف معیار \pm میانگین (میلی‌متر)
طول کانال ($n = 45$)	19.07 ± 1.9
طول کارکرد ($n = 45$)	18.4 ± 2.22
اختلاف واقعی انتهایی فایل تا آپکس (نمایه‌ی طلایی)	0.67 ± 1.38

در جدول ۲ دیده می‌شود، که به گونه‌ی متوسط طول فایل‌ها با طول کانال $0.67/$ میلی‌متر اختلاف دارند و معمولاً طول فایل به گونه‌ی متوسط کوتاه‌تر از طول کانال قرار گرفته است.

بحث

اندازه‌گیری دقیق طول کارکرد کانال یک اصل مهم در

از هر دندان در آغاز به کمک فیلم نگهدار یک پرتونگاری با فیلم معمولی و با زمان تابش $0.3/$ ثانیه با تکنیک موازی فراهم و در پروسسور خودکار آشکار گردید^(۱۱). سپس تحت همان شرایط ژئومتری یک پرتونگاری دیگری با فیلم خود ظهور (Ergonom-X, Italy) با رعایت معیارهای تابشی این فیلم‌ها، فراهم شد^(۱۲). با توجه به این‌که در انتهایی فیلم‌های خود ظهور کیسه‌ی محلول ظهور و ثبوت قرار داده شده است، پس از تابش پرتو با وارد کردن فشار و هدایت محلول به پیرامون فیلم و حرکت دادن آن توسط انگشتان به مدت دو دقیقه فیلم ظاهر و سپس با آب شسته می‌گردد.

سپس، همه‌ی فیلم‌ها توسط سه اندودونتیسست و یک رادیولوژیست در شرایط استاندارد بروی نگاتوسکوپ بررسی شدند. فاصله‌ی انتهایی فایل تا نوک آپکس ارزیابی و در صورت نیاز از ذره‌بین استفاده گردید. همچنین، طول کارکرد پرتونگاری برای هر دندان، در هر روش تعیین و اندازه‌ها در برگه‌ی اطلاعاتی وارد شد. سپس دندان‌ها را از فانتوم بیرون آورده و به کمک اندومتر از روی فایل طول واقعی اندازه‌گیری گردید. به این گونه‌ی که فایل را درون کانال برده و پس از دیدن نوک آن در ناحیه‌ی آپکس $0.5/$ میلی‌متر از طول آن کم کرده و این طول به عنوان استاندارد طلایی در برگه‌ی اطلاعاتی جداگانه‌ای ثبت شد^(۱۳). سپس، اختلاف طول برآورد شده در هر یک از روش‌ها با استاندارد طلایی ارزیابی و داده‌ها به وسیله‌ی نرم افزار آماری (SPSS 10 (Inc. Chicago IL USA) واکاوی گردید. توزیع طبیعی داده‌ها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف ارزیابی شد. از آنجا که داده‌ها کمی هستند و به گونه‌ی دو به دو مقایسه می‌شوند، جهت استنتاج داده‌ها از آزمون‌های تی و تی زوج استفاده شد.

یافته‌ها

در این بررسی طول کارکرد کانال مزیوباکال ۴۵ دندان مولر نخست فک بالا با خمیدگی متوسط به روش‌های پرتونگاری با فیلم‌های معمولی و پرتونگاری با فیلم‌های خود ظهور ارزیابی و با استاندارد طلایی مقایسه گردید. میانگین نتایج مشاهده کنندگان در برآورد فاصله‌ی نوک فایل تا انتهایی آپکس در جدول‌های ۱ و ۲ دیده می‌شود. نتایج به دست آمده از هر روش اندازه‌گیری، جداگانه توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شدند و آشکار گردید، که همه‌ی اندازه‌گیری‌ها دارای توزیع طبیعی هستند.

گرچه از نظر آماری این اختلاف معنادار نیست. افزون بر این، $\pm 0/5$ میلی‌متر اختلاف از نظر اندودنتیست‌ها پذیرفتنی است. فیلم‌های خود ظهور در مقایسه با فیلم‌های معمولی دارای کنتراست پرتونگاری کمتری هستند. اجزای تصویری بسیار ظریف همچون ترابکول‌های استخوانی یا انتهای نوک فایل به دلیل ضخامت و دانسیته‌ی بسیار کم تنها در شرایطی که پرتونگاری کنتراست کمی دارد، دیده می‌شوند. از سویی، سرعت این فیلم‌ها به گفته‌ی کارخانه‌ی سازنده D بوده که این نیز دلیل دیگری بر افزایش روشنی تصاویر پرتونگاری این فیلم است. در نتیجه با توجه به ویژگی‌های فیلم خود ظهور همچون سرعت بیشتر در به دست آوردن تصاویر، نیاز نداشتن به داروی ظهور و ثبوت و هزینه‌ی کمتر نسبت به سیستم دیجیتال، می‌توان از آن به جای فیلم معمولی بهره گرفت.

بررسی شیفر (Sheaffer) و همکاران، نشان داد که تفاوت معنادار از نظر خطاهای اندازه‌گیری اندودنتیک در استفاده از انواع فیلم‌های درون دهانی (Direct exposure) D، E و F وجود ندارد^(۱۹). در بررسی کنونی نیز با وجود سرعت متفاوت فیلم‌ها اختلاف معنادار دیده نشد و به نظر می‌رسد ریخت شناسی کانال ریشه از اهمیت بیشتری برخوردار است. در این بررسی برای مقایسه‌ی اندازه‌ی حاصل از فیلم معمولی و فیلم خود ظهور با استاندارد طلایی یا طول حقیقی، اندازه‌گیری‌ها با اندومتر انجام گرفت که مزیتی بر بررسی‌های انجام شده است.

برای دندانپزشکان معمولاً این پرسش مطرح است که فیلم‌های معمولی بهتر است یا نگاره‌های دیجیتال؟ برای این پرسش پاسخ ساده‌ای وجود ندارد. کار با دستگاه RVG نیاز به دانستن اطلاعات پایه از دستگاه دیجیتال دارد. همچنین فراگیری کارکرد نرم افزارهای این دستگاه مقداری وقت گیر است. در بررسی رادل (Radel) و همکاران، نشان داده شد که تفاوتی میان دو دستگاه دیجیتال و فیلم معمولی در اندازه‌گیری طول کارکرد نیست و فایل ۲۰ و ۲۵ طول کارکرد دقیق‌تری را نشان می‌دهند^(۲۰). حال آنکه دندانپزشکان در اندازه‌گیری طول کارکرد در ریشه‌های مزوباکال مولرهای فک بالا معمولاً فایل ۱۵ را به کار می‌برند. در این بررسی نیز از این فایل استفاده شد.

در بررسی روشتن (Rushton) و همکاران، ده روش پرتونگاری برای تعیین طول کارکرد مقایسه شده است، که هیچ تفاوت معنادار میان فیلم معمولی D و E دیده نشد. همچنین این

موفقیت درمان ریشه است. با وجود به کارگیری آپکس یاب الکترونیک، تعیین طول کارکرد به طور کلی توسط روش‌های پرتونگاری و به ویژه پرتونگاری معمولی درون دهانی انجام می‌شود. دقت فیلم‌های پرتونگاری بالاست و توانایی نمایش جزئیات ظریف همچون انتهای فایل‌های اندودنتیک را دارد. همچنین قادر است، که طول کارکرد کانال و میزان آماده سازی کانال و استاپ اپیکالی را نشان دهد. بی دقتی در تعیین طول کارکرد موجب پرفوراسیون اپیکالی، پر کردگی فرای کانال ریشه (Over filling) و افزایش احتمال وقوع درد پس از درمان می‌شود^(۱۴ و ۱۵). افزون بر این، دقیق نبودن طول کارکرد کانال، سبب افزایش زمان بهبودی و باعث شکست درمان به علت نبود بازسازی کامل سمان و لیگامان پیوندتال و استخوان آئوتول می‌گردد^(۱۶). همچنین کاربرد وسایل فرای انتهای کانال ریشه (Over instrumentation) باعث عفونت پایدار، کاربرد وسایل کوتاه‌تر از طول کانال ریشه (Under instrumentation) باعث ایجاد شکاف، اگزودا و ایجاد محیطی جهت پایداری ریزجاندارن می‌شود^(۱۷ و ۱۸). پر کردگی کانال کوتاه‌تر از طول کارکرد (Under filling) باعث تخریب بافت‌ها، ایجاد خونریزی، شکست درمان و دردهای مزمن و برجا ماندن بافت در کانال می‌شود. در پر کردگی کانال فرای انتهای کانال ریشه (Over filling) مواد پر کننده وارد بافت شده که هم به گونه‌ی مکانیکی و هم به گونه‌ی شیمیایی باعث ایجاد درد پس از درمان می‌شوند^(۱ و ۱۶). بنابراین دقت در تعیین طول کارکرد یک اصل مهم در موفقیت درمان ریشه است.

بررسی‌های آماری در این پژوهش نشان داد، که دقت فیلم معمولی و خود ظهور تفاوت چشمگیری در نمایش انتهای فایل اندودنتیک نشان نمی‌دهند. گرچه نتایج فیلم خود ظهور به طول واقعی نزدیکتر است اما هر دو تقریباً در یک محدوده هستند.

ایکنبرگ (Eikenberg) و واندره (Vandre)، به مقایسه‌ی فیلم‌های معمولی و خود ظهور با پرتونگاری دیجیتال پرداختند و به این نتیجه رسیدند، که اختلاف معنادار میان روش‌ها در دیدن انتهای آپکس وجود ندارد و همواره روشی که سرعت بیشتر، هزینه‌ی کمتر و استفاده نکردن از سیستم‌های ظهور و ثبوت دستی را به همراه داشته باشد برتر است^(۴). پژوهش کنونی نشان می‌دهد، که فیلم‌های خود ظهور فاصله‌ی نوک فایل تا آپکس پرتونگاری را در مقایسه با فیلم معمولی دقیق‌تر نشان می‌دهند،

دستگاه‌های تصویربرداری دیجیتال است و همچنین نیاز به تجهیزات ظهور و ثبوت متفی شده است.

نتیجه گیری

گرچه در طی این بررسی دیده شد، که فیلم پرتونگاری خود ظهور با گذشت زمان تغییر چشمگیر می‌کند و کنتراست آن نامطلوب و کیفیت آن کاهش می‌یابد، اما با توجه به اینکه اختلاف معنادار میان فیلم‌های معمولی و خود ظهور در مشاهده‌ی نوک فایل و انتهای آپکس دیده نشد، همچنین با توجه به ویژگی‌های فیلم خود ظهور مانند آسانی کاربرد در شرایط ویژه همچون دسترسی نداشتن به تجهیزات تاریک خانه و ظهور و ثبوت دستی و شرایط فوری در درمان‌های ریشه می‌توان این فیلم را جایگزین فیلم معمولی کرد.

بررسی تاکید می‌کند، که فیلم‌های E-Speed و D-Speed دارای ارزشی مساوی برای اندودنتیست‌ها هستند^(۲۱) و در بررسی کنونی هم اختلاف معنادار دیده نشد.

بررسی منتز (Mentes) و همکاران، این نتیجه را در برداشت که دقت هر دو پرتونگاری دیجیتال و معمولی نزدیک به طول درست است، اما دقت روش دیجیتال در تعیین طول کانال با افزایش خمیدگی کانال افزایش می‌یابد^(۸). در بررسی کنونی هم به علت اینکه ریشه‌های مزیبوکال انتخاب شده، دارای انحنای متوسط بودند، طول کارکرد در هر دو روش به واقعیت نزدیک بود. دستگاه‌های دیجیتال به علت نیاز نداشتن به مواد شیمیایی ظهور و ثبوت، کاهش آلودگی محیط زیست را نیز به همراه دارد ولی هزینه‌ی دستگاه و تهیه‌ی فیلم با این روش نسبت به روش معمولی زیاد است. در مورد فیلم‌های خود ظهور سرعت عمل در تهیه‌ی کلیشه‌ها و بررسی‌های حین کار در درمان ریشه، همانند با

References

1. Ingle JI, Backland LK. Endodontics. 4th ed., Philadelphia: Williams & Wilkins; 1994. p. 92-227.
2. McDonald NJ. The electronic determination of working length. Dent Clin North Am 1992; 36: 293-307.
3. Torabinejad M, Walton RE. Principles and practice of endodontics. 2nd ed., Philadelphia: W.B Saunders Co; 1989; p. 9-11, 131-148, 188-193, 191-195.
4. Eikenberg S, Vandre R. Comparison of digital dental X-ray systems with self-developing film and manual processing for endodontic file length determination. J Endod 2000; 26: 65-67.
5. White SC, Pharoah MJ. Oral Radiology: Principles and interpretations. 6th ed., China: Mosby CO; 2009. p.78.
6. Eikenberg S, Dolley G. Detection of interproximal caries using methods applicable to a field environment: digital radiography, manually processed film, and self-developing film. Mil Med 2001; 166: 338-341.
7. Cohen S, Burns RC, Hargreaves KM. Pathways of the pulp. 6th ed., Mosby-Elsevier: St Louis; 2006. p. 254-256.
8. Menten A, Gencoglu N. Canal length evaluation of curved canals by direct digital or conventional radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002; 93: 88-91.
9. Hedrick RT, Dove SB, Peters DD, McDavid WD. Radiographic determination of canal length direct digital radiography versus conventional radiography. J Endod 1994; 20: 320-326.
10. Greene KJ, Krell KV. Clinical factors associated with ledged canals in maxillary and mandibular molars. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1990; 70: 490-497.
11. Hintze H, Christoffersen L, Wenzel A. In vitro comparison of Kodak Ultra-speed, Ektaspeed, and Ektaspeed Plus, and Agfa M2 Comfort dental x-ray films for the detection of caries. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1996; 81: 240-244.

12. Crawley DA, Longbottom C, Cole BE, Ciesla CM, Arnone D, Wallace VP, Pepper M. Terahertz pulse imaging: a pilot study of potential applications in dentistry. *Caries Res* 2003; 37: 352-359.
13. Lucena-Martín C, Robles-Gijón V, Ferrer-Luque CM, de Mondelo JM. In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. *J Endod* 2004; 30: 231-233.
14. Ingle JI. *Endodontics*. 3rd ed., Philadelphia: Lea & Febiger; 1985; p.180-95.
15. Ingle JI, Bakland LK. *Endodontics*. 4th ed., Philadelphia: Williams & Wilkins; 1994; p.33-35.
16. Avinash M, Kamath PM. Canal Length Estimation in Curved Root Canals-A Comparison between Conventional and Direct Digital Radiography. *Endodontology* 2002; 14: 52-59.
17. Franklin SW. *Endodontic therapy*. 4th ed., St. Louis: Mosby, 1989. p. 295-301.
18. Cohen S, Burns RC. *Pathways of the pulp*. 3rd ed., St. Louis: CV Mosby; 1984. p. 94-96, 186-190.
19. Sheaffer JC, Eleazer PD, Scheetz JP, Clark SJ, Farman AG. A comparison of D-, E-, and F-speed conventional intraoral radiographic films in endodontic measurement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 93: 337-340.
20. Radel RT, Goodell GG, McClanahan SB, Cohen ME. In vitro radiographic determination of distances from working length files to root ends comparing Kodak RVG 6000, Schick CDR, and Kodak insight film. *J Endod* 2006; 32: 566-568.
21. Rushton VE, Shearer AC, Horner K, Czajka J. An in vitro comparison of 10 radiographic methods for working length estimation. *Int Endod J* 1995; 28: 149-153.