

مقایسه میزان ریزش دندان‌های با ریشه باز و با استفاده از پلاگ Mineral Trioxide Aggregate در یک و دو جلسه

دکتر سیدمحسن هاشمی‌نیا*، دکتر بهناز برکتین**، دکتر احمد نصراله***، فریبا حیدری****

چکیده

سابقه و هدف: روش معمول استفاده از MTA تأمین رطوبت از طریق کن کاغذی مرطوب برای حداقل ۴ ساعت می‌باشد. با توجه به اشاره بعضی مطالعات به کافی بودن رطوبت حاصل از بافت‌های پری‌اپیکال برای ست شدن MTA، این مطالعه با هدف مقایسه درمان یک جلسه‌ای و دو جلسه‌ای اپکسیفیکاسیون با استفاده از پلاگ MTA انجام گردید.

مواد و روشها: در این مطالعه تجربی آزمایشگاهی، تعداد ۷۰ دندان تک کاناله کشیده شده انسان مورد بررسی قرار گرفت. تاج دندانها و ۲ میلی‌متر آپکس آنها قطع شد. پس از آماده‌سازی کانال‌ها تا شماره ۱۰۰ در ناحیه آپیکال، دندان‌ها به طور تصادفی به دو گروه ۲۵ تایی و دو گروه ۱۰ تایی کنترل مثبت و منفی تقسیم شدند. ۳ میلی‌متر پلاگ MTA در انتهای کانال‌ها قرار داده شد. در گروه اول کانال‌ها بلافاصله پر شدند و در گروه دوم قبل از پر کردن یک کن کاغذی مرطوب برای ۲۴ ساعت داخل کانال قرار داده شد. سطح ریشه‌ها به جز ۲ میلی‌متر آپیکال با دو لایه لاک ناخن پوشانده شدند. تمام دندان‌ها به ظروفی حاوی محلول محیط کشت (Brain Heart Broth) BHI استریل منتقل شده، محلول حاوی انتروکوک فکالیس ۳ روز یک بار به سیستم تزریق گردید. زمان وقوع کدورت در مورد هر نمونه تا ۹۰ روز ثبت گردید. توسط روش Kaplan-Meier احتمال بقای تجمعی در هر گروه تعیین و با کمک آزمون آماری Lag Rank مقایسه بین گروه‌ها انجام شد.

یافته‌ها: میانگین زمان بقا در گروه یک جلسه‌ای (۲۵/۶۹-۰) ۱۲/۷۷ روز و در گروه دو جلسه‌ای (۱/۳-۷/۰۱) ۴/۱۶ روز بود. منحنی بقا در دو گروه از نظر آماری اختلافی نشان نداد.

نتیجه‌گیری: اپکسیفیکاسیون با استفاده از پلاگ MTA یک جلسه‌ای می‌تواند جایگزین پلاگ MTA دو جلسه‌ای باشد. کلید واژگان: پلاگ، Mineral Trioxide Aggregate (MTA) ریزش.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۶/۶/۳ تاریخ اصلاح نهایی: ۱۳۸۷/۱/۲۵ تاریخ تأیید مقاله: ۱۳۸۷/۳/۷

مجله دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دوره ۲۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۷، ۳۳۹-۳۳۴

مقدمه

روش‌های متعددی جهت تشکیل سد انتهای کانال پیشنهاد شده است. اپکسیفیکاسیون با هیدروکسید کلسیم روش معمول و رایج درمان دندان‌های نابالغ با پالپ نکروز می‌باشد که موفقیت بالایی داشته است (۴). معایب روش هیدروکسید کلسیم این است که نیاز به یک دوره طولانی مدت درمان از ۳ الی ۲۴ ماه دارد (۵). در طول این زمان کانال ریشه مستعد عفونت مجدد از طریق ترمیم تاجی است که ممکن است سبب ایجاد پرپودنتیت آپیکالی شود و روند

صدمات ضربه‌ای به دندان‌های دائمی در ۳۰٪ کودکان رخ می‌دهد (۱). اکثریت این صدمات قبل از تشکیل کامل ریشه به وقوع پیوسته، سبب التهاب یا نکروز پالپ می‌گردند (۲). مهمترین هدف در درمان ریشه دندان‌های با آپکس باز و پالپ نکروز، به دست آوردن سیل آپیکالی مطلوب می‌باشد. فوران باز نیاز به حجم بالایی از ماده پرکننده دارد که ممکن است به بافت‌های پری‌اپیکال نفوذ کرده و سبب واکنش جسم خارجی و به هم خوردن سیل آپیکالی شود (۳).

* دانشیار گروه اندودانتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

** نویسنده مسئول: استادیار گروه اندودانتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

*** دندانپزشک.

**** کارشناس میکروبیولوژی، مرکز تحقیقات علوم دندانپزشکی پروفیسور ترابی‌نژاد، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان.

جهت ضد عفونی نگهداری شدند و در طول مطالعه در محلول سالین قرار گرفتند. جهت تسهیل ارزیابی و استاندارد کردن نمونه‌ها، تاج دندان‌ها از ناحیه CEJ و ۲ میلی‌متر انتهای اپکس توسط دیسک الماسی (D&Z) دو طرفه قطع شد و طول متوسط ریشه‌ها ۱۳ میلی‌متر در نظر گرفته شد.

طول کارکرد با استفاده از یک فایل شماره ۲۵ (5011896600, Mani, Utsunomiya, Japan) از زمانی که نوک فایل از انتهای دندان دیده شد، بدست آمد. سپس با استفاده از روش Step-back و با استفاده از فرز گیتس گلیدن (5011696300, Mani, Utsunomiya, Japan) کانال دندان‌ها تا MAF شماره ۱۰۰ آماده‌سازی گردید به طوری که انتهای فایل ۱۰۰ از اپکس رد شود. شستشو حین کار با هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵٪ صورت گرفت. سپس دندان‌ها بصورت تصادفی به دو گروه ۲۵ تایی و یک گروه ۱۰ تایی کنترل مثبت و یک گروه ۱۰ تایی کنترل منفی تقسیم شدند.

MTA (5004913, Dentsply, Tulsa Dental, Konstanz, Germany) با نرمال سالین مخلوط گردید تا قوام بتونه‌ای پیدا کند. سپس با استفاده از یک MTA کریر استاندارد شده، در کانال دندان‌های دو گروه حمل گردید و درحالی که دندان‌ها در یک Foam مرطوب قرار داشتند با استفاده از پلاگر دستی در انتهای کانال متراکم شد، به طوری که ۳ میلی‌متر پلاگ MTA حاصل گردید. این میزان با استفاده از گرافی چک شد (از رطوبت موجود در اسفنج برای ست شدن MTA استفاده شد).

سپس در گروه اول کانال‌ها بلافاصله با استفاده از گوتاپرکا (آریادنت، تهران، ایران) و سیلر AH26 (0611000152, Dentsply, Konstanz, Germany) پر شدند. در گروه دوم یک کن کاغذی مرطوب برای ۲۴ ساعت داخل کانال قرار داده شد، بعد از آن دندان‌ها با گوتاپرکا و سیلر AH26 پر شدند. در این ۲۴ ساعت بالای کانال با استفاده از Cavit (گلچای، تهران، ایران) سیل گردید.

گروه کنترل منفی با گوتاپرکا و سیلر AH26 و گروه کنترل مثبت با یک کن گوتاپرکای واحد پر شدند.

بعد از آن دندان‌ها برای ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ °C نگهداری شدند تا سیلرها بطور مناسب سخت شوند. در مرحله بعد سطح ریشه‌ها به جز ۲ میلی‌متر انتهای اپیکال با دو لایه لاک

ترمیم را متوقف سازد. بعلاوه Andreasen (۲۰۰۲) گزارش کرد که ممکن است شکستگی دندان‌های نابالغ بوسیله درمان طولانی مدت با هیدروکسید کلسیم ایجاد شود (۶). روش دیگر اپکسیفیکاسیون تکنیک یک مرحله‌ای با استفاده از ایجاد سد آپیکالی مصنوعی می‌باشد. اپکسیفیکاسیون یک جلسه‌ای به صورت فشردن غیرجراحی یک ماده با سازگاری نسبی در انتهای آپیکالی کانال ریشه شرح داده شده است که امکان تشکیل یک سد آپیکالی برای پر کردن فوری کانال ریشه را فراهم می‌سازد (۷).

MTA جهت اپکسیفیکاسیون یک جلسه‌ای پیشنهاد شده است و محققین متعددی آن را توصیه کرده‌اند (۸). درمان فوری با MTA مزایایی را برای بیمار به همراه دارد (۹). توانایی سیل MTA در دندان‌های با آپکس باز در مطالعه‌ای *in vitro* که توسط Hachmeister (۲۰۰۲) انجام شد، گزارش شده است (۱۰). MTA در درمان‌های مختلف از پالپ کپ گرفته تا ترمیم پرفوریشن فورکا به کار رفته است (۱۱). این کاربرد وسیع مربوط به خصوصیات مطلوب MTA شامل سازگاری نسبی (۱۲)، توانایی خوب سیل کانال (۱۱) و توانایی رژنراسیون بافت‌های پری رادیکولر و پالپ می‌باشد (۱۳). Felipe و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند وقتی MTA به عنوان پلاگ آپیکالی به کار رود، اپکسیفیکاسیون مطلوب و ترمیم پری آپیکالی ایجاد می‌کند که ربطی به استفاده خمیر هیدروکسید کلسیم قبل از کاربرد آن ندارد (۱۴). بنابراین مزایای اپکسیفیکاسیون با MTA شامل بستن قابل اطمینان آپیکال ریشه و کاهش زمان درمان، تعداد جلسات و رادیوگرافی‌ها بخصوص در بیماران جوان می‌باشد. بنابراین این مطالعه با هدف مقایسه درمان یک جلسه‌ای و دو جلسه‌ای اپکسیفیکاسیون با استفاده از پلاگ MTA طراحی گردید.

مواد و روشها

در این مطالعه تجربی آزمایشگاهی تعداد ۷۰ دندان کشیده شده بالغ انسان بدون پوسیدگی با ریشه کاملاً تشکیل شده مورد مطالعه قرار گرفتند. همگی این دندان‌ها تک کاناله بودند. سطح ریشه‌ها با استفاده از کویترون تمیز شده و همگی برای ۲۴ ساعت در محلول هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵٪

به شیوه Kaplan-Meier استفاده شد. نمودار ۱ منحنی بقاء بروز کدورت در دو گروه مورد بررسی را نشان می‌دهد. از نمودار ۱ دو نکته قابل برداشت است: ۱- احتمال وقوع کدورت در گروه دوجلسه‌ای بیشتر از گروه یک جلسه‌ای است. ۲- گروه دوجلسه‌ای زودتر از گروه یک جلسه‌ای دچار کدورت می‌شوند. در جدول ۲ میانگین و ۹۵٪ اطمینان آن و میانه بقا (عدم وقوع کدورت) در دو گروه ارائه شده است. از این جدول چنین برداشت می‌شود که ۵۰٪ نمونه‌های گروه یک جلسه‌ای تا روز دوازدهم دچار کدورت نمی‌شوند در حالی که ۵۰٪ از نمونه‌های گروه دوجلسه‌ای تا روز چهارم دچار کدورت نمی‌شوند.

جدول ۱- توزیع فراوانی نمونه‌ها به تفکیک گروه و وضعیت کدورت

گروه	با کدورت		بدون کدورت	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد
یک جلسه‌ای	۱۳	۵۲	۱۲	۴۸
دو جلسه‌ای	۱۹	۷۶	۶	۲۴
کنترل مثبت	۱۰	۱۰۰	۰	۰
کنترل منفی	۰	۰	۱۰	۱۰۰

جدول ۲- مقایسه میانگین و میانه بقا (عدم وقوع کدورت) بین دو گروه مورد بررسی

گروه	میانگین بقا (۹۵٪ حدود اطمینان)	میانه بقا
گروه یک جلسه‌ای	۱۲/۷۷ (۰-۲۵/۶۹)	۱۱/۷
گروه دو جلسه‌ای	۴/۱۶ (۱/۳-۷/۰۱)	۳/۹۳

برای مقایسه احتمال تجمعی عدم وقوع کدورت بین دو گروه از آزمون آماری Log Rank استفاده شد که اختلاف مشاهده شده بر سطح خطای $\alpha=0/05$ از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد.

بحث

در این مطالعه برای مقایسه دو گروه از نفوذ باکتری‌ها استفاده شد که وسیله‌ای مطمئن‌تر و نزدیک‌تر به شرایط

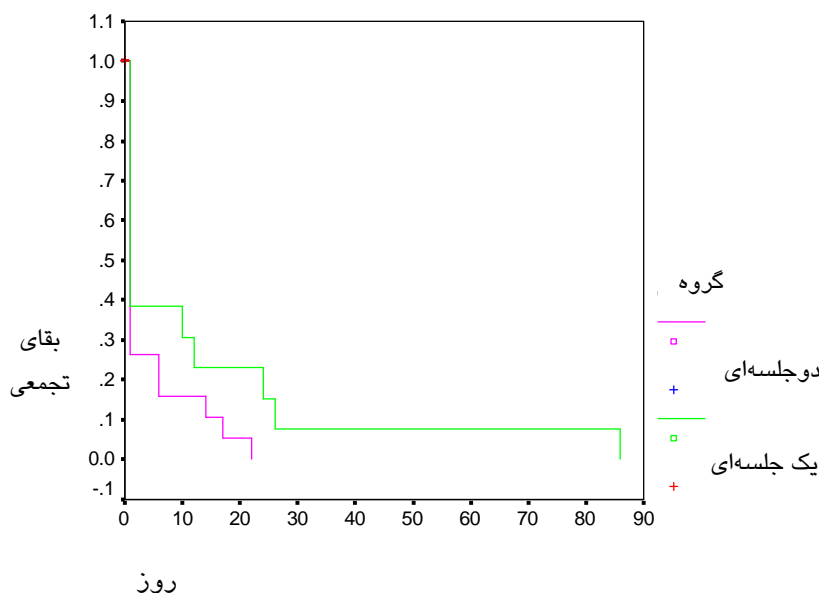
ناخن پوشانده شدند (در گروه کنترل منفی تمام سطح ریشه دندان پوشانده شد).

سپس دندان‌ها جهت ارزیابی میزان ریزش کرونال در دستگاهی قرار گرفتند. در این دستگاه ابتدا ریشه‌ها از داخل یک میکروپیپت (اپندروف) عبور داده شدند و محل اتصال آنها توسط دو لایه چسب سیانوآکریلات و یک لایه لاک ناخن سیل گردید. بعد از آن میکروپیپت از سوراخ در شیشه آنتی‌سرم که حاوی ۱۰ CC از (Merck, Brain Heart BHI (Infusion, Darmstadt, Germany استریل بود، عبور داده شد، طوری که حداقل ۲ میلی‌متر اپیکالی ریشه در محلول قرار گیرد. سپس دستگاه‌های تهیه شده توسط گاز اتیلن اکساید (شرکت 3M، آلمان) به مدت ۲۴ ساعت استریل شدند و جهت اطمینان از این مطلب به مدت ۳ روز در انکوباتور (بهداد، تهران، ایران) قرار گرفتند. بروز کدورت در محلول نشانه آلوده شدن نمونه‌ها بود که در این صورت از مطالعه خارج می‌شدند. تمام این مراحل داخل دستگاه هود (بهداد، تهران، ایران) انجام گرفت تا آلودگی به حداقل برسد. در قسمت بالای دستگاه (داخل میکروپیپت) ۱CC محلول BHI حاوی ۱۰۹ باکتری انتروکوک فکالیس تزریق شد و نمونه‌ها در انکوباتور (بهداد، تهران، ایران) در دمای 37°C نگهداری شدند. محلول تازه حاوی انتروکوک هر سه روز یک بار به سیستم تزریق گردید. ریزش باکتری‌ها توسط ایجاد کدورت در BHI درون شیشه ارزیابی شد و تمام نمونه‌ها به مدت ۹۰ روز، روزانه بررسی شدند و زمان وقوع کدورت در مورد هر نمونه ثبت گردید. محلول کدر شده هر نمونه کشت داده می‌شد تا اطمینان حاصل شود که عامل آلودگی تنها باکتری انتروکوک فکالیس باشد. در نرم‌افزار SPSS ویرایش ۱۱/۵ احتمال تجمعی عدم وقوع کدورت با استفاده از روش آماری تحلیل بقا به شیوه Kaplan Meier، تعیین و با آزمون آماری Lag Rank مقایسه گردید. سطح معنی داری آماری $\alpha=0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در جدول ۱ فراوانی نسبی وقوع کدورت پس از ۹۰ روز در دو گروه مورد بررسی ارائه شده است. به منظور بررسی زمان وقوع کدورت در دو گروه از روش آماری آنالیز بقاء

تابع بقا



نمودار ۱- منحنی بقای بروز کدورت در دو گروه مورد بررسی

و پلاگ ۵ میلی‌متر، MTA خاکستری و سفید، روش یک جلسه‌ای و دو جلسه‌ای پلاگ (MTA) با هم مقایسه شدند، نتیجه نهایی در مورد عامل سوم چنین گزارش شده که روش دو جلسه‌ای نشت کمتری نسبت به روش یک جلسه‌ای داشته است (۱۷). نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه حاضر همخوانی ندارد و این می‌تواند به روش مورد استفاده در دو مطالعه مربوط باشد زیرا در مطالعه حاضر از نفوذ میکروبی استفاده شده، در حالی که در مطالعه Matt و همکاران (۲۰۰۴) از Dye penetration استفاده شده و یا اینکه این تفاوت می‌تواند به تعداد نمونه‌ها و مدت مطالعه مربوط باشد. در توافق با نتایج این مطالعه Withersponn و Ham (۲۰۰۱) روش یک جلسه‌ای را بر دو جلسه‌ای برتر دانسته‌اند. آنها عنوان کردند رطوبت موجود در محیط اطراف ریشه جهت ست شدن MTA کافی است و نیازی به رطوبت اضافی از طرف پنبه مرطوب نمی‌باشد (۱۸). از آنجا که مایعات بافتی آپکس باز می‌توانند رطوبت کافی جهت ست شدن مطلوب MTA را فراهم کنند، می‌توان کانال را بلافاصله نیز پر نمود (۱۹). Martin و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه خود از روش اپکسیفیکاسیون با MTA استفاده کردند. در یک گروه یک پلاگ MTA ۲ تا ۵ میلی‌متری در

کلینیکی می‌باشد (۱۵) و برای بدست آوردن نتایج آماری قابل قبول دوره مطالعه ۹۰ روز در نظر گرفته شد (۱۶، ۱۵). در این مطالعه درصد کدورت ایجاد شده در گروه یک جلسه‌ای (۵۲ درصد نمونه‌ها) پائین‌تر از دو جلسه‌ای (۷۶ درصد نمونه‌ها) بود ولی با توجه به آزمون مورد استفاده این اختلاف معنی‌دار نبود. مفهومی که از این اختلاف درک می‌شود این است که یا اینکه به طور واقعی تفاوتی بین دو روش مورد استفاده وجود ندارد، یا اینکه با افزایش تعداد نمونه‌ها و زمان مطالعه این تفاوت معنی‌دار می‌گردد. در ضمن در گروه یک جلسه‌ای نمونه‌هایی وجود داشتند که در روز ۸۶ مطالعه آلوده شدند، در حالی که در گروه دو جلسه‌ای بعد از روز ۲۲ دیگر هیچ نمونه‌ای آلوده نشد و این نشان می‌دهد که با افزایش زمان مطالعه احتمال اینکه نتایج این مطالعه برعکس شود یا حداقل تغییر کند وجود دارد. البته در شرایط کلینیکی شاید به این خاطر روش یک جلسه‌ای بهتر باشد که در این گروه نیازی به گذاشتن ترمیم موقت وجود ندارد و در همان جلسه سیل کامل می‌شود، بنابراین در این روش از احتمال آلودگی کانال با انواع میکروارگانیسم‌های موجود در بزاق جلوگیری می‌شود. در مطالعه Matt و همکاران (۲۰۰۴) سه عامل (پلاگ ۲ میلی‌متر

عنوان One-visit معروف شده است.

نتیجه‌گیری

از آنجا که نتایج این مطالعه نشان دهنده تفاوت معنی‌داری بین کاربرد یک جلسه‌ای و دو جلسه‌ای MTA در درمان دندان‌های آپکس باز نمی‌باشد و از طرفی درمان‌های ریشه به سوی یک جلسه‌ای شدن پیش می‌روند، بنابراین روش یک جلسه‌ای MTA جهت درمان دندان‌های آپکس باز پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با شماره طرح ۳۸۵۳۶۷ به حمایت مالی معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شده است. محققان بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از همکاری بی‌دریغ ایشان اعلام می‌دارند.

Reference

1. Andreasen JO, Bakland LK, Matras RC, Andreasen FM: Traumatic intrusion of permanent teeth. Part 1. An epidemiological study of 216 intruded permanent teeth. *Dent Traumatol* 2006;22:83-89.
2. Andreasen JO, Andreasen FM: Textbook and color Atlas of traumatic injuries to the teeth. 3rd Ed. Copenhagen, Munksgaard, 1994;Chap3:171.
3. Rafter M: Apexification: a review. *Dent Traumatol* 2005;21:1-8.
4. Van Hassel HJ, Natkin E: Induction of root end closure. *J Dent Child* 1970;37:57-59.
5. Frank AL: Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *J Am Dent Assoc* 1966;72:87-93.
6. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC: Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol* 2002;18:134-137.
7. Steining TH, Regan JD, Gutman JL: The use and predictable placement of mineral trioxide aggregate in one-visit apexification cases. *Aust Endod J* 2003;29:34-42.
8. Shabahang S, Torabinejad M: Treatment of teeth with open apices using mineral trioxide aggregate. *Pract Periodont Aesthet Dent* 2000;12:315-320.
9. Hayashi M, Shimizu A, Ebisu S: MTA for obturation of mandibular central incisors with open apices: case report. *J Endod* 2004;30:120-122.
10. Hachmister DR, Schindler WG, Walker WA, Thomas DD: The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *J Endod* 2002;28:386-390.
11. Torabinejad M, Chivian N: Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1999;25:197-205.

انتهای کانال قرار دادند و بقیه کانال را با گوتاپرکا پر نمودند. در گروه دیگر تمام کانال را با MTA پر کردند و از روش فیلتراسیون مایع جهت بررسی نشت استفاده نمودند. اگرچه تفاوت معنی‌داری بین دو گروه مشاهده نشد اما گروهی که در آن تمام کانال با MTA پر شده بودند، سیل بهتری نسبت به گروه دیگر از خود نشان داد (۲۰). در اکثریت قاطع مطالعات دیگر از روش متداول دو جلسه‌ای استفاده شده است. به این صورت که روش هیدروکسید کلسیم با روش پلاگ MTA دو جلسه‌ای مقایسه گردیده و مطالعاتی برای مقایسه پلاگ MTA یک جلسه‌ای و پلاگ MTA دو جلسه‌ای (بجز دو مطالعه ذکر شده) صورت نگرفته است. آنچه در بیشتر مطالعات به عنوان One-visit ذکر می‌شود، در واقع پلاگ MTA دو جلسه‌ای می‌باشد نه یک جلسه‌ای (۱۷-۱۹). در این مطالعه درمان One-visit معنای One-step را دارد. در مقایسه با روش هیدروکسید کلسیم که تعداد جلسات خیلی زیاد است، تکنیک پلاگ MTA کلاً به

12. De-Deus G, Ximenes R, Gurgel-Filho ED, Plotkowski MC, Coutinho-Filho T: Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate and Portland cement on human ECV 394 endothelial cells. *Int Endod J* 2005;38:604-609.
13. Menezes R, Bramante CM, Letra A, Cavalho VG, Garcia RB: Histologic evaluation of pulpotomies in dog using two types of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements as wound dressings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 98:376-379.
14. Felipe WT, Felipe MCS, Rocha MJC: The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2006;39:2-9.
15. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD: In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod* 1990;16:566-569.
16. Khademi AA, Ravandoost Y, Tabibian A: The ability of five root canal sealers against *E. Faecalis*. *Endod Practice J* 2004;7:31-34.
17. Matt GD, Thrope JR, Strother JM, McClanahan SB: Comparative study of white and gray mineral trioxide aggregate (MTA) simulating a one or two step apical barrier technique. *J Endod* 2004;30:876-879.
18. Witherspoon DE, Ham K: One-visit apexification: technique for inducing root- end barrier formation in apical closures. *Pract Proceed Aesthet Dent* 2001;13:455-460.
19. Cohen S, Hargreaves K, Keiser K: *Pathways of the pulp*. 9th Ed. St. Louis: The C.V. Mosby Co. 2006; Chap16: 622.
20. Martin RL, Monticelli F, Brackett WW, Loushine RJ, Rockman RA, Ferrari M, et al: Sealing properties of mineral trioxide aggregate orthograde apical plugs and root fillings in an in vitro apexification model. *J Endod* 2007;33: 272-275.