

بررسی آزمایشگاهی قدرت سیل کنندگی MTA و سرامیک سرد با روش نفوذ باکتری

دکتر فاطمه مختاری^۱ - دکتر کاظم کوپایی^۲ - دکتر جلیل مدرسی^۱ - دکتر حمیدرضا همتی^۳ - دکتر هنگامه زندی^۴

۱- دانشیار گروه آموزشی اندودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران

۲- دندانپزشک، یزد، ایران

۳- دستیار تخصصی گروه آموزشی اندودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران

۴- استادیار گروه آموزشی میکروب شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی شهید صدوقی، یزد، ایران

Experimental evaluation of the sealing ability of MTA and cold ceramic by using bacterial leakage method

Fatemeh Mokhtari¹, Kazem Koopaei², Jalil Modaresi¹, Hamid Reza Hemati^{3†}, Hengameh Zandi⁴

1- Associate Professor, Department of Endodontics, School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

2- Dentist, Yazd, Iran

3- Post-Graduate Student, Department of Endodontics, School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran (hr.hemati94@gmail.com)

4- Assistant Professor, Department of Microbiology, School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Background and Aims: The purpose of this study was to evaluate the sealing ability of MTA and cold ceramic by using bacterial leakage method.

Materials and Methods: In this experimental study, fifty human single root extracted teeth were chosen. In group A, 20 teeth were filled with MTA and in group B, 20 teeth were filled with cold ceramic. Five teeth were used as a positive control (obtured using gutta-percha without sealer), and five teeth were used as negative control (obtured using gutta-percha with AH26 sealer and coated with two layers of nail varnish). A bacterial leakage model utilizing *Enterococcus faecalis* was used for evaluation of the sealing ability. The teeth were placed in test tubes, so that they formed two upper and lower compartments. The cultured bacteria in the upper chamber were in contact with the coronal area of the tooth. The root end was placed in the lower chamber containing sterile culture media. In this case, the filling of the root canal was only the communication path between the upper and lower chambers. In this method, the presence of turbidity in the lower chamber indicated that bacteria had penetrated through barrier and reached the medium. The leakage was measured. The acquired data was analyzed using Chi-square test.

Results: In group A (MTA), 7 samples and in group B (Cold ceramic), 4 samples should the leakage. In regarding the leakage, there was no statistically significant difference between MTA and cold ceramic. (P=0.288)

Conclusion: The results showed that the sealing ability of MTA and cold ceramic was similar as root filling materials.

Key Words: Bacterial leakage, Cold ceramic, MTA, Root canal filling materials, Seal

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2017;30(3):150-155

† مؤلف مسؤول: نشانی: یزد- بلوار دهه فجر- دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی - گروه آموزشی اندودنتیکس
 تلفن: ۳۶۲۵۵۸۸۱ نشانی الکترونیک: hr.hemati94@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: هدف این مطالعه بررسی توانایی قدرت سیل کنندگی MTA و سرامیک سرد به روش نفوذ باکتری بود.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی، تعداد ۵۰ عدد دندان تک ریشه مستقیم کشیده شده انسان انتخاب شدند. در گروه اول، ۲۰ دندان با MTA پر شدند. در گروه دوم، ۲۰ دندان با سرامیک سرد پر شدند. از ۵ دندان به عنوان کنترل مثبت (کانال با گوتا پرکای منفرد و بدون سیلر پر شد) و ۵ دندان به عنوان کنترل منفی (کانال با گوتا پرکا و سیلر پر و با دو لایه لاک ناخن پوشانده شدند) استفاده شد. یک مدل میکرو لیکچ باکتری از باکتری های خانواده نشت باکتری از باکتری انتروکوکوس فکالیس جهت ارزیابی قدرت سیل کنندگی مورد استفاده قرار گرفت. دندانها در لوله های آزمایش قرار داده شدند به طوری که دو محفظه فوقانی و تحتانی تشکیل دادند. باکتری های کشت شده در محفظه فوقانی و در تماس با ناحیه کروئالی دندان قرار گرفتند و انتهای ریشه در محفظه تحتانی که حاوی یک محیط کشت استریل بود قرار گرفتند. در این حالت تنها مسیر ارتباطی بین محفظه فوقانی و تحتانی، پرکردگی کانال ریشه بود. در این روش در صورت مشاهده کدورت در محفظه تحتانی، مشخص می شد که باکتری ها توانسته اند از سد موجود عبور کنند و به محیط کشت برسند و با این روش نشت اندازه گیری شد. داده های به دست آمده با استفاده از تست Chi-Square آنالیز شدند.

یافته ها: در گروه اول (MTA) ۷ نمونه و در گروه دوم (سرامیک سرد) ۴ نمونه نشت داشتند. از نظر نشت، تفاوت آماری معنی داری بین MTA و سرامیک سرد وجود نداشت ($P=0/288$).

نتیجه گیری: توانایی سیل کنندگی سرامیک سرد و MTA به عنوان مواد پرکننده ریشه مشابه است.

کلید واژه ها: نشت باکتریایی، سرامیک سرد، MTA، مواد پرکردگی کانال ریشه، سیل

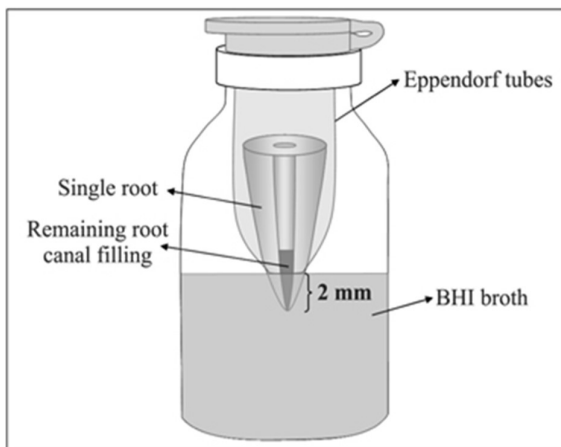
وصول: ۹۵/۱۲/۱۵ اصلاح نهایی: ۹۶/۰۸/۰۱ تأیید چاپ: ۹۶/۰۸/۱۱

مقدمه

سیلیکات، تری کلسیم سیلیکات، تری کلسیم آلومینات و تتراکلسیم آلومینوفریت است (۶). سیمان از یک پودر هیدروفیلیک که در حضور رطوبت سخت می شود، تشکیل شده است (۶). وقتی این سیمان با آب ترکیب شود مخلوط حاصله در عرض ۴ ساعت به توده محکم و سفتی تبدیل می شود (۷). pH اولیه مخلوط ۱۰/۲ است که ۳ ساعت بعد از مخلوط کردن به ۱۲/۵ افزایش می یابد (۶). کلسیم هیدروکسید مهم ترین ترکیبی است که MTA در آب آزاد می کند (۶). تطابق مارجینال (Marginal Adaptation) در MTA بهتر از آمالگام، IRM و Super-EBA می باشد (۷). همچنین سیتوتوکسیسیته کمتری نسبت به سایر مواد دارد (۷). به هر حال MTA علی رغم مزایای زیاد از دو نظر مورد انتقاد واقع شده است: ۱- مشکل بودن handling آن ۲- واکنش ستینگ آهسته که می تواند منجر به نشت، تجزیه سطحی و از بین رفتن تطابق لبه ای و پیوستگی ماده شود (۸). اخیراً ماده دیگری به نام سرامیک سرد (Cold Ceramic) معرفی شد. این ماده پرکننده ریشه با پایه کلسیم هیدروکساید و به صورت پودر و مایع بوده که پس از مخلوط شدن دو جز استفاده می شود. از نتایج به دست آمده از آزمایش فلورسانس اشعه ایکس مشهود است، چهار ترکیب: اکسید کلسیم، اکسید سیلیسیم، اکسید باریوم و اکسید گوگرد در مجموع حدود ۹۳٪ ترکیب شیمیایی این ماده را تشکیل می دهد. نتایج آزمایش تفرق اشعه

هدف اصلی در درمان ریشه دندان، حذف و یا کاهش میکروارگانیسم های داخل کانال ریشه می باشد. این هدف با اینسترومنت کردن کانال ها، استفاده از مواد ضد میکروبی و پرکردن کامل فضاهای خالی کانال انجام می گیرد (۱،۲). حذف کامل تمام میکروارگانیسم ها به علت پیچیدگی آناتومی کانال ریشه حتی با پیشرفته ترین وسایل و تکنیک های پاکسازی امکان پذیر نخواهد بود. اگر میکروارگانیسم ها در داخل کانال زنده بمانند و رشد کنند و به بافت های پری اپیکال دندان گسترش یابند، می توانند عدم موفقیت درمان ریشه را به دنبال داشته باشند (۳،۴). بنابراین هدف نهایی درمان ریشه دندان ایجاد یک سیل کامل در سراسر طول کانال از مدخل تاجی تا انتهای اپیکالی ریشه و تطابق هرچه بهتر ماده پرکردگی با دیواره کانال برای پیشگیری از آلودگی دوباره کانال ریشه است. پس از آماده سازی کانال ریشه، ماده ای به عنوان مسدود کننده در کانال قرار می گیرد. از مهم ترین خصوصیات این ماده ممانعت از نفوذ عوامل محرک از داخل کانال ریشه به بافت های پری اپیکال است (۵). در گذشته مواد مختلفی به این منظور استفاده می شد که هر یک دارای مزایا و معایبی بودند MTA (Mineral Trioxide-Aggregate) در سال ۱۹۹۳ در دانشگاه لومالیندای آمریکا معرفی شد. این سیمان متشکل از دی کلسیم

پر شدند، به این صورت که MTA و سرامیک سرد را با MTA carrier (Dentsply Maillefer) در داخل کانال قرار داده و با پلاگر (Dentsply Maillefer) پک شدند، به صورتی که ۱۰ میلی‌متر از ۱۶ میلی‌متر کانال پر شد. ۶ میلی‌متر باقیمانده با پنبه مرطوب و 3M cavit (ESPE, Germany) پوشانده شد. در گروه کنترل مثبت کانال‌ها با گوتا پرکا (META, Korea) single cone بدون سیلر پر و در گروه کنترل منفی کانال‌ها با گوتا پرکا و سیلر (Dentsply, Tulsa, AH-26) (ok) پر و در نهایت انتهای اپکس با دو لایه لاک ناخن پوشانده شدند. سپس از هر دندان رادیوگرافی تهیه شد تا از تراکم مواد پرکننده اطمینان حاصل شود. هر دندان جداگانه در ویال پلاستیکی با رطوبت ۱۰۰٪ قرار داده و سیل شدند. سپس نمونه‌ها در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت جهت set شدن مواد قرار گرفتند. سپس دو لایه لاک ناخن جهت پوشش روی ریشه به جز ۲ میلی‌متر انتهایی زده شد و حفره دسترسی کروئالی باز شد. نمونه‌ها در تیوب‌های شیشه‌ای (glass tubes) دارای سر (microcap) و حاوی Brain Heart Infusion (BHI) (شرکت داروآش، تهران، ایران) قرار گرفتند، به طوری که یک سوراخ در مرکز سر تیوب‌ها ایجاد شده و دندان‌ها دقیقاً از محل CEJ که قبلاً قطع شده، در داخل تیوب‌ها قرار داده شدند و درز بین دندان و سوراخ سر تیوب با موم چسب سیل شد و محفظه فوقانی شکل گرفت و ۲ میلی‌متر انتهایی اپکس در داخل BHI قرار گرفت و محفظه تحتانی تشکیل شد (شکل ۱). پس از تکمیل نمونه‌ها، تمامی آن‌ها توسط گاز دی‌اکسید اتیلن استریل شدند. سپس جهت بررسی میزان نشت



شکل ۱- تصویر شماتیک از قرار دادن نمونه‌ها در تیوب‌های شیشه‌ای

اپکس، فاز اصلی این ماده را به ثبت رساند. فاز اصلی ثبت شده برای این ماده Ca_2SiO_4 و BaSO_4 (باریت، لارنیت و کلسیم سیلیکات) است. فاز اصلی هر ماده، خواص اساسی آن ماده را تعیین می‌کند (۹). زمان ست شدن اولیه حدود ۱۵ دقیقه بوده و پس از ۲۴ ساعت کاملاً ست می‌شود (۱۰). مطالعه‌ای که واکنش بافتی در برابر MTA و سرامیک سرد را مقایسه کرده، نشان داده است که هر دو ماده به خوبی تحمل می‌شوند (۱۱). هدف این مطالعه بررسی توانایی قدرت سیل کنندگی MTA و سرامیک سرد به روش نفوذ باکتری بود.

روش بررسی

در این مطالعه تجربی-آزمایشگاهی قدرت سیل کنندگی MTA و سرامیک سرد مقایسه شد. تعداد ۵۰ عدد دندان تک ریشه کشیده شده انسانی مورد استفاده قرار گرفت. این دندان‌ها عمدتاً به علت مشکلات پرپودنتال کشیده شده بودند. ملاک انتخاب، وجود یک کانال ریشه، عدم وجود ترک، شکستگی، پوسیدگی ریشه، و یا تحلیل بود. تمامی ریشه‌ها آپکس بالغ (تکامل یافته) داشته و کانال‌ها مستقیم بوده و کلسیفیکاسیون دیستروفیک نداشتند. روش کار به این صورت انجام شد که دندان‌ها در هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵٪ (کلران، ایران) به مدت ۳۰ دقیقه به منظور حذف دبری‌های سطحی غوطه‌ور شدند (۱۲). تاج دندان‌ها به نحوی قطع شدند که طول ریشه باقیمانده در هر یک از نمونه‌ها مساوی ۱۶ میلی‌متر شد. با قرار دادن (Dentsply, Maillefer, Tulsa, Ok) k-file سایز ۱۵ در داخل کانال به طوری که فایل از ناحیه اپیکال فورامن قابل رویت بوده و با کم کردن ۱ میلی‌متر از آن، طول کارکرد تعیین شد. سپس کانال‌ها به روش step back تا فایل ۲۵ آماده سازی و با فایل F2 و F3 سیستم Protaper (Dentsply Maillefer, Switzerland) اینسترومنت شد. در هنگام پاکسازی، کانال با هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵٪ شست و شو داده شد. بعد از آماده سازی، کانال با EDTA ۱۷٪ به مدت ۳ دقیقه جهت حذف لایه اسمیر شسته و مجدداً کانال با ۵ میلی لیتر هیپوکلریت سدیم ۵/۲۵٪ شست و شو داده شد. در نهایت کانال با ۵ میلی لیتر آب مقطر شسته و با کن‌های کاغذی استریل خشک شد. دندان‌ها به دو گروه آزمایشی ۲۰ تایی اول و دوم و همچنین دو گروه کنترل ۵ تایی مثبت و منفی تقسیم شدند. کانال‌ها در گروه اول با MTA (Angelus, USA) و در گروه دوم با سرامیک سرد (یزد، ایران)

دارد از قبیل نفوذ رنگ، نفوذ باکتری، بررسی الکتروشیمیایی، رادیوایزوتوپ‌ها که هر کدام دارای مزایا و معایبی می‌باشد (۱۴). به عنوان مثال انجام روش الکتروشیمیایی مستلزم تخریب ساختار دندان بوده و نمی‌توان در شرایط *in vivo* از این روش استفاده نمود (۱۵). نفوذ رنگ و رادیوایزوتوپ‌ها شایع‌ترین روش‌های ارزیابی توانایی سیل کنندگی مواد پرکننده انتهایی ریشه هستند. علی‌رغم رایج بودن و استفاده آسان، نفوذ رنگ دارای معایبی نیز می‌باشد: (۱) همانند رادیوایزوتوپ‌ها، اندازه مولکول‌های رنگ کوچک‌تر از اندازه باکتری‌ها است. (۲) بیشتر مطالعات نفوذ رنگ، میزان سیل را در یک سطح بررسی می‌کنند و توانایی بررسی سیل کلی را ندارند. (۳) در مقایسه با شرایط کلینیکی، مطالعات آزمایشگاهی نفوذ رنگ، استاتیک بوده و نمی‌توانند ارتباط دینامیک بین دیواره‌های کانال و بافت پری اپیکال را نشان دهد (۱۶). از آنجا که میکروارگانسیم‌ها مهم‌ترین عامل بیماری‌های پالپ و پری اپیکال می‌باشند، مطالعه ریزنشست میکروارگانسیم‌ها و فرآورده‌های آن‌ها بر روش‌های دیگر بررسی ریزنشست ارجح است و با شرایط کلینیکی تطابق بیشتری داشته و نتایج آن معتبرتر است (۱۷). در مدل نشست باکتری فقط تغییرات کیفی اندازه‌گیری می‌شود اما تعداد باکتری‌های نفوذ کرده به دست نمی‌آید. در شرایط کلینیکی، تعداد باکتری‌ها و دفاع میزبان عوامل مهمی در تعیین نوع پاسخ به محرک‌های داخل کانال می‌باشند (۱۸). همچنین در مطالعاتی که از ریزنشست میکروبی استفاده می‌شود عواملی از قبیل نحوه آماده‌سازی دندان‌ها، نوع میکروپ مورد استفاده و قدرت تحرک آن و خاصیت ضد میکروبی سیلر و ماده پرکننده کانال می‌توانند بر روی نفوذ میکروب تأثیر داشته باشند. بنابراین باید تفسیر نتایج و تعمیر آن به شرایط کلینیکی با احتیاط صورت گیرد (۱۹). در مطالعه حاضر از باکتری انتروکوک فکالیس جهت ارزیابی سیل استفاده شده است زیرا حذف آن از کانال ریشه دشوار بوده و در شرایط کلینیکی می‌تواند منجر به عفونت‌های مقاوم اپیکالی شود. همچنین این میکروارگانسیم به اثرات ضد میکروبی مواد پرکننده کانال مقاوم است. نشان داده شده است که این باکتری منجر به عفونت توبول‌های عاجی تا عمق نفوذ ۳۰۰-۴۰۰ میکرون می‌شود (۲۰، ۲۱). مطالعات متعدد با روش‌های متفاوت بررسی قدرت سیل کنندگی مواد، نشان داده اند که سرامیک سرد توانایی سیل کنندگی بیشتری نسبت به کلسیم هیدروکساید، آمالگام و گلاس آینومر دارد (۲۲-۲۴). Modaresi و همکاران (۲۳) در مطالعه‌ای با بررسی نفوذ

باکتریایی در گروه‌های مورد مطالعه محیط کشت مولر- هینتون (Muller-Hinton) حاوی باکتری E-faecalis MTCC 439 (Himedia, India) به میزان 5.0×10^8 به پالپ چمبر دندانی که در تیوب فوقانی قرار داشته و ۲ میلی‌متر انتهای اپکس آن در تیوب تحتانی در داخل BHI استریل غوطه‌ور است اضافه شد. جهت اطمینان از زنده بودن باکتری هر دو روز یک بار، به میزان 5.0×10^8 محلول باکتری تازه به چمبر بالایی اضافه می‌شد. کدورت محیط کشت تیوب تحتانی با روش مقایسه‌ای، وجود یا عدم وجود کدورت، به صورت روزانه و به مدت ۳۰ روز بررسی شد. به دلیل این که تنها مسیر ارتباطی بین محفظه فوقانی و تحتانی، پرکردگی کانال ریشه بود. در این روش در صورت مشاهده کدورت در محفظه تحتانی، مشخص می‌شد که باکتری‌ها توانسته‌اند از سد موجود عبور کنند و به محیط کشت برسند و با این روش نشست اندازه‌گیری شد در نهایت داده‌های به دست آمده توسط آزمون آماری Chi-Square جهت بررسی میزان ریزنشست مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

داده‌های حاصل نشان داد که از مجموع ۲۰ نمونه سرامیک سرد تعداد ۴ نمونه نشست داشته و تعداد ۱۶ نمونه فاقد نشست بوده است. همچنین از مجموع ۲۰ نمونه MTA تعداد ۷ نمونه دارای نشست و ۱۳ نمونه فاقد نشست بوده است. طبق نتایج به دست آمده از این مطالعه پس از ۳۰ روز در ۲۰ درصد نمونه‌های آزمایشی گروه سرامیک سرد و ۳۵ درصد نمونه‌های آزمایشی گروه MTA آثار کدورت دیده شد که نشان دهنده وقوع نشست میکروبی بود. محاسبات آماری با استفاده از تست Chi-Square تفاوت معنی‌داری بین میزان ریزنشست دو گروه نشان نداد ($P=0/288$).

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی در درمان ریشه دندان، حذف و یا کاهش میکروارگانسیم‌های داخل کانال ریشه می‌باشد. بنابراین طی درمان ریشه دندان تلاش می‌شود تا یک سیل کامل در سراسر طول کانال از مدخل تاجی تا انتهای اپیکالی ریشه برای پیشگیری از آلودگی دوباره کانال ایجاد شود (۱۳). روش‌های مختلفی برای ارزیابی سیل کانال ریشه وجود

و در محیط خشک و محیط آلوده به بزاق خصوصیات سیل کنندگی مشابهی دارند. آن‌ها پیشنهاد کردند با توجه به خاصیت زیست سازگاری مشابه و Setting time اولیه سریع‌تر سرامیک سرد نسبت به MTA، سرامیک سرد می‌تواند به عنوان یک ماده پرکننده انتهایی ریشه استفاده شود. اگر چه در این مطالعه از روش نفوذ رنگ استفاده شده است ولی نتایج آن با نتیجه به دست آمده در مطالعه حاضر همخوانی دارد به این صورت که قدرت سیل کنندگی سرامیک سرد و MTA با دیواره حفره در محیط خشک تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سرامیک سرد به عنوان ماده‌ای با توانایی سیل کنندگی مناسب و سایر خصوصیات مطلوب که در مطالعات متعدد نشان داده شده است را می‌توان به عنوان ماده پرکننده انتهایی کانال در نظر گرفت.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه عمومی به شماره ۷۶۰ دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد می‌باشد.

رنگ نشان دادند که سرامیک سرد نسبت به کلسیم هیدروکساید در ایجاد سد اپیکالی در دندان‌های با اپکس باز برتری دارد. در مطالعه‌ای توانایی سیل کنندگی سرامیک سرد و گلاس آینومر با روش الکتروشیمیایی مقایسه شد. نتیجه حاصل از این مطالعه بیان کرد که سرامیک سرد نسبت به گلاس آینومر سیل اپیکالی بهتری ایجاد می‌کند (۲۲). نتیجه مطالعه‌ای با روش نفوذ باکتری گزارش کرد که MTA به عنوان ماده پرکننده انتهایی ریشه، نشت کمتری نسبت به آمالگام، IRM و Super-EBA دارد (۲۵). با توجه به نوظهور بودن سرامیک سرد تاکنون مطالعات اندکی به مقایسه قدرت سیل کنندگی این ماده با MTA پرداخته است. مطالعه‌ای میزان ریزش سرامیک سرد را با MTA و آمالگام بررسی نمود. نتایج گزارش شده نشان داد که سرامیک سرد میزان ریزش کمتری نسبت به سایر مواد مورد آزمایش از جمله MTA دارد (۲۶). در مطالعه‌ای که Hasheminia و همکاران (۱۰) خصوصیات سیل کنندگی MTA و سرامیک سرد را به عنوان ماده پرکننده انتهایی ریشه در محیط‌های مختلف مقایسه کردند نشان دادند که در محیط آلوده به خون سرامیک سرد توانایی سیل اپیکالی بیشتری نسبت به MTA دارد

منابع:

- 1- Reit C, Dahlen G. Decision making analysis of endodontic treatment strategies in teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*. 1988;21(5):291-9.
- 2- Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjogren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1998;85(1):86-93.
- 3- Nair PN, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005;99(2):231-52.
- 4- Baer J, Maki JS. In vitro evaluation of the antimicrobial effect of three endodontic sealers mixed with amoxicillin. *J Endod*. 2010;36(7):1170-3.
- 5- Torabinejad M, Pitt Ford TR. Root end filling materials: a review. *Endod Dent Traumatol*. 1996;12(4):161-78.
- 6- Parioikh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod*. 2010;36(3):400-13.
- 7- Torabinejad M, Parioikh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod*. 2010;36(2):190-202.
- 8- Parioikh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod*. 2010;36(1):16-27.
- 9- Modaresi J, Talakoob M. Comparison of two root-end filling materials. *J Isfahan Dent Sch*. 2015; 11(5): 379-386.
- 10- Hasheminia SM, Nejad SL, Dianat O, Modaresi J, Mahjour F. Comparing the sealing properties of mineral trioxide aggregate and an experimental ceramic based root end filling material in different environments. *Indian J Dent Res*. 2013;24(4):474.
- 11- Modaresi J, Yavari S, Dianat SO, Shahrabi S. A Comparison Of Tissue Reaction To MTA And An Experimental Root-End Restorative Material In Rats. *Aust Endod J*. 2005;31(2):69-72.
- 12- Mohammadi Z, Khademi A. An evaluation of the sealing ability of MTA and Resilon: A bacterial leakage study. *Iran Endod J*. 2007;2(2):43.
- 13- WU MK, Wesselink P. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endodo J*. 1993;26(1):37-43.
- 14- Verissimo DM, Vale MSd. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *J Oral Sci*. 2006;48(3):93-8.
- 15- Taylor M, Lynch E. Microleakage. *J Dent*. 1992;20(1):3-10.
- 16- Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Ford TRP. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod*. 1995;21(3):109-12.
- 17- Zarabian M, Aligholi M, Shokouhi Nejad N. Evaluation of bacterial leakage of four root-end filling materials: Gray pro Root MTA, White pro root MTA, Root MTA and Portland cement (type I). *J Dent Med*. 2005;18(3):15-23.

- 18- Torabinejad M, Ford T. Root end filling materials: a review. *Dent Traumatol.* 1996;12(4):161-78.
- 19- Tabrizzadeh M, Mohammadi Z, Bafruyi B. Comparison of the apical leakage of root canals filled with MTA with those filled with gutta percha and lateral condensation technique. *J Dent Med.* 2007;20(4):263-7.
- 20- Saleh I, Ruyter I, Haapasalo M, Ørstavik D. Survival of *Enterococcus faecalis* in infected dentinal tubules after root canal filling with different root canal sealers in vitro. *Int Endod J.* 2004;37(3):193-8.
- 21- Kearns A, Freeman R, Lightfoot N. Nosocomial enterococci: resistance to heat and sodium hypochlorite. *J Hosp Infect.* 1995;30(3):193-9.
- 22- Modaresi J, Aghili H. Sealing ability of a new experimental "cold ceramic" material compared to glass ionomer. *J Clin Dent.* 2005;17(3):64-6.
- 23- Modaresi J, Bahrololoomi Z, Astaraki P. In vitro comparison of the apical microleakage of laterally condensed gutta percha after using calcium hydroxide or cold ceramic as apical plug in open apex teeth. *Shiraz Univ Dent J.* 2006;7(1, 2):63-9.
- 24- Modaresi J, Shahsavari M. Comparison of microleakage of amalgam and cold ceramic in repairment of furca perforation by color penetration method. Dental field. Thesis No 529. School of dentistry. Yazd University of Medical Sciences. 2000.
- 25- Sheikhezai MS, Sarraf P, Nekoofar MH, Mohammadi A. The sealing ability of different thicknesses of orthograde apical plugs of mineral trioxide aggregate in comparison with gutta-percha and sealer AH26. *J Dent Med.* 2013;25(4).
- 26- Mozayani MA, Farzim MR. Comparison of the bacterial leakage of three current root's end filling materials (amalgam, MTA & cold ceramic). Thesis No 1036. Dental field. School of dentistry. Shahid Beheshti University of Medical Sciences. 2001