

مقایسه آزمایشگاهی زمان سخت شدن اولیه و تخلخل سطحی دو نوع

Mineral Trioxide Aggregate

دکتر سپیده بانوا^۱ - دکتر زهره جانفشان^۲ - دکتر محمدعلی صغیری^۳

۱- استادیار گروه آموزشی دندانپزشکی ترمیمی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران

۲- دندانپزشک

۳- استادیار گروه آموزشی مواد دندانی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران

چکیده

زمینه و هدف: استفاده از سمان‌هایی بر پایه MTA معیاری همچون زمان سخت شدن طولانی و کاربرد نامناسب را به دنبال دارد. به همین جهت هدف از مطالعه حاضر بررسی زمان سخت شدن اولیه و تخلخل سطحی دو نوع MTA می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه آزمایشگاهی دو نوع سمان MTA در دو گروه ۱: Pro root MTA و گروه ۲: Angelus MTA مورد بررسی قرار گرفتند. زمان سخت شدن اولیه پنج نمونه از هر یک از دو نوع MTA بر اساس استاندارد ISO 6876:2001 با ملد استنلس استیل به ابعاد ده میلی‌متر قطر و یک میلی‌متر ضخامت، در انکوباتور 1 ± 37 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بیش از ۹۵٪ با دستگاه Gilmore needle ارزیابی شد. پس از تنظیم نهایی تخلخل سطحی نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی با بزرگنماییهای دو هزار و پنج هزار بررسی شدند. داده‌ها با آزمونهای آماری t-test ارزیابی گردیدند.

یافته‌ها: زمان سخت شدن اولیه مواد مورد بررسی بر حسب دقیقه عبارت بودند از: گروه ۱: $38/72 \pm 0/61$ ، گروه ۲: $22/46 \pm 0/61$. آزمون آماری نشانگر معنی‌دار بودن تفاوت بین زمان سخت شدن اولیه گروهها بود ($P < 0/001$). بررسی با میکروسکوپ الکترونی نشان داد که Pro root MTA دارای خصوصیات سطحی مطلوبتری نسبت به Angelus MTA می‌باشد.

نتیجه‌گیری: Angelus MTA زمان سخت شدن اولیه کمتری نسبت به Pro root MTA داشت، ولی سمان Pro root MTA دارای خواص سطحی بهتر و تخلخل کمتر پس از تنظیم نهایی بود.

کلید واژه‌ها: سمان MTA - زمان سخت شدن اولیه - میکروسکوپ الکترونی

وصول مقاله: ۱۳۹۰/۳/۱۹

اصلاح نهایی: ۱۳۹۰/۹/۱۷

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۱۸

نویسنده مسئول: دکتر سپیده بانوا، گروه آموزشی دندانپزشکی ترمیمی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران

e.mail:sbanava@yahoo.com

مقدمه

مزایای این ماده می‌توان به تسهیل بازسازی استخوان، سمنتوم، ساخت مجدد یاف پریودنتال و ساخت سد عاجی یک پارچه، حداقل پاسخ التهابی، سازگاری بیولوژیکی خوب، رادیوپاک بودن و هیدروفیل بودن آن اشاره کرد. (۴)، از موارد کاربرد MTA می‌توان به درمان اپکس ناکامل (Apexogenesis, Apexification)، پوشش مستقیم پالپ، ترمیم سوراخ شدگیهای داخل اتاقت پالپ و داخل کانال که به محیط دهان اکسپوز نیست، ایجاد Apical plug از طریق Orthograde و ماده پرکننده انتهای ریشه اشاره کرد. (۴-۶)،

سمان Mineral Trioxide Aggregate (MTA) که نخستین بار در سال ۱۹۹۳ توسط Torabinejad معرفی شد (۱)، مخلوطی از دی کلسیم سیلیکات، تری کلسیم سیلیکات، تری کلسیم آلومینات و تتراکلسیم آلومینوفریت است. (۲)، از ترکیب این ماده با آب، ژل کلونیدال حاوی هیدروکسید کلسیم ایجاد می‌شود که پس از سخت شدن سد نفوذ ناپذیری ایجاد می‌کند. (۳)، MTA از زمان معرفی به عنوان ماده پرکننده انتهای ریشه کاربردهای متنوعی در جهت ترمیم ریشه و استخوان در اندودنتیکس پیدا کرده است. از

در حدود ۱۱ می‌باشد. زمان سخت شدن اولیه MTA برای کاربرد کلینیکی در درمانهای پالپ کپینگ یک جلسه‌ای بسیار طولانی است. بنابراین نیاز به درمان بیش از یک جلسه خواهد بود و چون ماده در زمان طولانی سخت می‌شود، به راحتی در اثر فشار یا شستشو و یا حتی دمای نگهداری (۱۲) از محیط عمل خارج می‌گردد و نمی‌توان ماده ترمیمی را روی آن قرار داد. (۱، ۱۳)، به دلیل زمان سخت شدن اولیه طولانی لازم است دندانپزشک پس از کاربرد سمان بر روی آن پنبه مرطوب بگذارد و پس از ۲۴ ساعت اقدام به ترمیم نهایی نماید. این مسئله خود سبب افزایش زمان درمان بیمار و صرف هزینه و وقت می‌شود. در صورتی که این سمان از نظر کلینیکی دارای زمان سخت شدن اولیه کوتاه و قابل قبولی باشد، می‌تواند برای درمانهایی همچون پالپ کپینگ یک جلسه‌ای در درمانهای ترمیمی به کار رود و از طرف دیگر زمان کاربرد آن در درمانهای ریشه نیز کاهش می‌یابد. شرکتهای تولید کننده تلاش کرده‌اند تا با افزودن برخی مواد تسریع کننده، سمانهای MTA با زمان سخت شدن کوتاهتر تهیه نمایند. کاربرد برخی مواد همچون سولفات کلسیم دی هیدرات و کلسیم کلراید در پودر و اسید تارتاریک در مایع از جمله مواد مؤثر در تسریع و اکنش شیمیایی مواد دندانی هستند که در برخی محصولات افزوده شده‌اند. (۱۴-۱۵)

در بروشور هر ماده فقط زمان سخت شدن نهایی سمان ارائه می‌شود و به زمان سخت شدن اولیه اشاره‌ای نمی‌شود. زمان سخت شدن نهایی سمان Pro root MTA از کارخانه Dentsply دو ساعت و ۴۵ دقیقه و برای Angelus MTA که یک محصول برزیلی است ۱۵ دقیقه اعلام شده است. در بروشور این دو ماده که در بازار ایران وجود دارند، هیچ گونه اطلاعاتی درباره زمان سخت شدن اولیه این دو سمان که برای کاربرد در پالپ کپینگ یک جلسه‌ای پیشنهاد شده‌اند ارائه نشده است. تنها تحقیق Islam نشان داده است که این زمان برای Pro root MTA حدود ۲۸ دقیقه است. (۱۰)

با توجه به نامشخص بودن زمان سخت شدن اولیه این دو

MTA به عنوان ماده پرکننده انتهای ریشه در تماس با مایع میان بافتی قرار می‌گیرد و در اثر ترکیب یون‌های کلسیم موجود در هیدروکسید کلسیم حاصل از ترکیب MTA با آب، با یون‌های فسفر موجود در مایع میان بافتی بلورهای هیدروکسی آپاتیت تشکیل می‌شود. (۳)

زمان سخت شدن سمان MTA همچون سایر سمان‌های مورد استفاده در دندانپزشکی دارای اهمیت کلینیکی بسیاری است زیرا ویژگیهای مکانیکی مناسب مواد پس از پایان زمان سخت شدن به دست می‌آید. بنابراین برای انجام درمانهای دندانپزشکی، مواد باید دارای کمترین زمان سخت شدن اشاره شده در استانداردها باشند. زمان سخت شدن به دو دسته اولیه و نهایی تقسیم می‌شود. (۷)، زمان سخت شدن اولیه (Primary setting time) یک سمان بر اساس استاندارد Iso 6876:2001، مدت زمان اندازه‌گیری شده پس از پایان مخلوط کردن سمان تا زمانی است که نوک دستگاه Gilmore needle (دستگاه ارزیابی کننده زمان سخت شدن) اثر دندانه‌ای، دایره شکل بر سطح نمونه برجا نگذارد ولی زمان سخت شدن نهایی (Final setting time) یک سمان ممکن است طولانی بوده و بیش از ۲۴ ساعت تا یک هفته طول بکشد. (۸)، زمان سخت شدن اولیه یک سمان نباید بیش از اندازه کم باشد و گرنه زمان کار برای دندانپزشک کوتاه خواهد بود و نیز نباید بیش از اندازه طولانی باشد تا وقت بیمار و دندانپزشک تلف نشود. (۹-۱۰)

کوتاه بودن زمان سخت شدن سمان‌های دندانی در برخی درمانها اهمیت کلینیکی بسیاری دارد. درمان پالپ کپینگ یا پوشش پالپ که به دنبال اکسپوز شدن پالپ دندانی رخ می‌دهد به‌طور رایج توسط ماده کلسیم هیدروکساید انجام می‌شود. کلسیم هیدروکساید با pH بالای خود (۱۲/۵) سبب ترشح سد عاجی سخت می‌شود. (۱۱)، ولی این ماده در محیط دهان و در زیر ترمیمها دارای حلالیت است و از طرفی، پل عاجی تشکیل شده معمولاً دارای تخلخل می‌باشد. (۳)، در چند سال اخیر ماده MTA به عنوان ماده‌ای جهت پالپ کپینگ معرفی گردیده است، این ماده دارای pH بالایی

ماده، هدف از این مطالعه مقایسه آزمایشگاهی زمان سخت شدن اولیه دو نوع MTA هم‌رنگ دندان و بررسی تخلخل سطحی آنها با میکروسکوپ الکترونی می‌باشد.

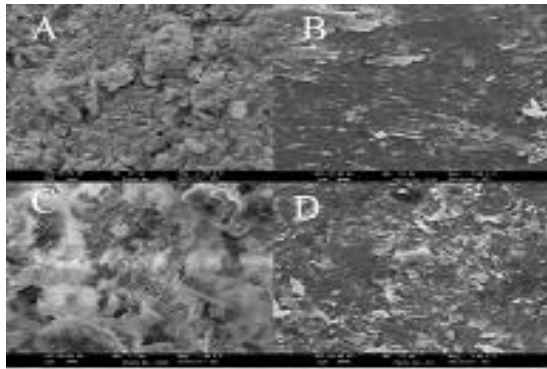
روش بررسی

در این مطالعه تجربی آزمایشگاهی دو نوع Pro root MTA (ساخت کارخانه USA, Dentsply Tulsa Dental و MTA Angelus از Londrina Brazil) مورد استفاده قرار گرفتند. تمامی مراحل کار بر اساس استاندارد ISO 6876:2001 که ویژه اندازه‌گیری زمان سخت شدن اولیه سمان‌هایی با بیس آبی است، انجام شد. پنج نمونه از هر دو نوع MTA مورد آزمایش در این مطالعه تهیه گردید. در مورد هر نوع MTA هم‌رنگ دندان، ابتدا پودر چند ساشه و مایع MTA مذکور در هر گروه با Batch number یکسان تهیه شد. سپس برای تهیه مخلوط هر یک از دو سمان، پودر به نسبت 3:1 با مایع همراه، مخلوط گردید. پس از آن ماده در داخل مولد قرار گرفت. مولد بر اساس استاندارد ISO 6876:2001 به شکل استوانه و با قطر ده میلی‌متر و ارتفاع یک میلی‌متر از جنس استنلس استیل تهیه شده بود. (۸) بر اساس استاندارد گفته شده، وسایل مورد استفاده در آماده‌سازی نمونه‌ها برای اطمینان از تمیز بودن، قبل از استفاده با برس کاملاً شسته، خشک شده و استریل شدند تا آزمایش انجام شود. مواد و تمامی وسایل مورد استفاده و اسلب شیشه‌ای پهن و اسپاتول‌ها پیش از انجام آزمایش به مدت یک ساعت در انکوباتور با دمای 37 ± 1 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. مولد مورد استفاده و دستگاه Gilmore needle (Humboldt, USA) پیش از انجام آزمایش به مدت یک ساعت در انکوباتور 37 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حداقل ۹۵٪ نگهداری شدند و سپس آزمایش انجام شد. پس از مخلوط کردن هر یک از مواد در هر دو گروه طبق ادعای کارخانه سازنده، ابتدا زمان سنج (کرونومتر AKAI timer china با دقت $1/100$ ثانیه) بر روی صفر تنظیم گردید و پس از خاتمه زمان مخلوط کردن

زمان سنج روشن شد و MTA آماده شده توسط اسپاتول محکمه و پلاستیک اینسترومنت به صورت Over fill درون مولد فشرده گردید. در مرحله بعد سطح آن با اسپاتول محکمی که با آب مقطر پاک شده بود هموار شد تا سطحی یکنواخت به وجود آید. پس از این کار، اندازه‌گیری زمان سخت شدن اولیه نمونه، با دستگاه Gilmore با وزن نشانگر 100 ± 0.5 گرم و نوک سوزن به صورت استوانه‌ای با قطر دو میلی‌متر و طول پنج میلی‌متر استفاده گردید. بر اساس استاندارد، پس از گذشت 10 ± 120 ثانیه از خاتمه زمان مخلوط کردن ماده موجود در مولد، می‌بایست مجموعه در داخل دستگاه انکوباتور با دمای 37 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حداقل ۹۵٪ قرار داده شود. نوک دستگاه در فواصل زمانی سی ثانیه (طبق استاندارد ISO 6876:2001) بر روی سطح افقی ماده به مدت پنج ثانیه طبق وزن خود دستگاه قرار گرفت و اثر دندان‌های و یا فرورفتگی در ماده مورد بررسی، نشانه سخت شدن ماده بود و به این ترتیب پس از سی ثانیه دوباره این عمل تکرار شد تا زمانی که دستگاه هیچ‌گونه اثری بر روی ماده بر جا نگذاشت. (۱۰) در این هنگام، زمان سنج خوانده شده و زمان به‌عنوان زمان سخت شدن اولیه ثبت شد. این عمل برای تمام نمونه‌های هر دو گروه انجام گردید.

در مرحله بعد اجازه داده شد تا زمان سخت شدن نهایی مواد طبق بروشور ماده بگذرد. پس از آن جهت ارزیابی خصوصیات سطحی توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM)، دو نمونه از هر گروه انتخاب شده و سطح آنها توسط دستگاه polaron Sputter Coater, (Quorum Technologies, Newhaven, UK) با بیست نانومتر طلا پوشیده گردید. در ادامه نمونه‌های آماده شده در زیر میکروسکوپ الکترونی (LED 440i, Leo Electron Microscopy Ltd, Cambridge, UK, SEM) با بزرگنمایی هزار و پنج هزار مورد بررسی قرار گرفتند. از روی عکسهای تهیه شده، میزان تخلخل سطحی و یکنواختی دو ماده مورد بررسی پس از سخت شدن نهایی مورد بررسی قرار گرفت. جمع آوری

سطحی پس از سخت شدن نهایی مربوط به ماده (Dentsply) Pro root MTA می‌باشد. (شکل ۱)



شکل ۱: (A,B) میکروگراف Pro root MTA و (C, D) Angelus MTA در دو بزرگنمایی دو هزار و پنج هزار

بحث

این مطالعه نشان داد که زمان سخت شدن اولیه سمان‌های MTA هم‌رنگ دندان مورد بررسی به طور معناداری با یکدیگر و با ادعای کارخانه‌های سازنده‌شان متفاوت است. اما با توجه به میزان تخلخل سطحی کمتر Pro root MTA نسبت به Angelus MTA شاید این نوع MTA ماده مناسبتری به این منظور باشد.

نتایج مطالعه حاضر مشابه تحقیق Islam و همکارانش در سال ۲۰۰۶ بود. (۱۰)، زمان سخت شدن اولیه Pro root MTA به دست آمده در مطالعه کنونی کاملاً با نتایج تحقیق Islam (۲/۹۴ ± ۴۰ دقیقه) همخوانی داشت که نشان دهنده وجود شرایط کاملاً کنترل شده و دقیق و تبعیت از استاندارد یکسان است. در هر دو تحقیق از اصول استاندارد ISO 6876:2001 که ویژه اندازه‌گیری زمان سخت شدن اولیه سمان‌هایی با بیس آبی مورد استفاده در درمان ریشه می‌باشد استفاده شده است. سمان Angelus MTA یک سمان برزیلی است و در مقالات موجود هیچ تحقیق مشابهی درباره ویژگی‌های این سمان از جمله زمان سخت شدن اولیه یافت نشد. در بروشور این ماده زمان سخت شدن اولیه ده دقیقه و زمان سخت شدن نهایی ۱۵ دقیقه اعلام شده بود

داده‌ها صورت گرفته و سپس از آزمون t-test برای تفسیر داده‌ها استفاده شد.

یافته‌ها

مطالعه روی دو نوع MTA هم‌رنگ دندان انجام گرفت. یافته‌های این مطالعه در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. آزمون Kolmogorov Smirnov نشان داد که توزیع داده‌ها در تمامی گروه‌ها نرمال است ($p > 0.05$)، جدول ۱ میانگین و انحراف معیار زمان سخت شدن اولیه دو نوع MTA را نشان می‌دهد. آزمون t-test نشان داد که تفاوت بین زمان سخت شدن اولیه دو نوع MTA مورد بررسی معنادار است ($p < 0.001$) و Angelus MTA زمان سخت شدن اولیه کوتاهتری دارد.

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار زمان سخت شدن نمونه‌ها به تفکیک نوع MTA (دقیقه)

نوع ماده	تعداد	میانگین	انحراف معیار
Pro root MTA	۵	۳۸/۷۲	۰/۶۱
Angelus MTA	۵	۲۲/۴۶	۰/۶۱

آزمون t-test نشان داد که زمان سخت شدن اولیه MTA‌های مورد بررسی در این مطالعه با ادعای کارخانه سازنده‌شان به طور معناداری تفاوت دارد. (جدول ۲)

جدول ۲: مقایسه زمان سخت شدن اولیه Pro root و Angelus MTA ، با ادعای کارخانه سازنده آن

P.V	میانگین اختلاف	درجه آزادی	MTA
۰/۰۰۰	-۱۲۶/۲۸	۴	Pro root MTA (دو ساعت و ۴۵ دقیقه)
۰/۰۰۰	۱۲/۵	۴	Angelus MTA (ده دقیقه)

بررسی نمونه‌ها در زیر SEM نشان داد که کمترین تخلخل

ماده‌ای مشخصاً به منظور تسریع سرعت سخت شدن اضافه نشده است و شرکت‌های سازنده نیز هیچ مدرکی دال بر افزودن موادی خاص ارائه نکرده‌اند ولی به نظر می‌رسد با وجود نتایج مطالعه حاضر نیاز به تجزیه شیمیایی مواد مورد آزمایش در آینده وجود دارد. در مطالعه حاضر همچون تحقیق Torabinejad، جنس مولد مورد استفاده برخلاف استاندارد ISO 6876:2001 که برای آزمایش سخت شدن اولیه سمان‌های دندانپزشکی، گچ دندانپزشکی پیشنهاد شده است، با توجه به تداخل گچ در واکنش ستینگ MTA و تسریع واکنش که می‌توانست نتایج را مخدوش نماید، همچون تحقیق Islam مولد از جنس استتلس استیل با همان ابعاد پیشنهاد شده در استاندارد انتخاب شد. (۱۰)

از آنجایی که خصوصیات سطحی تا حدودی نشانگر وضعیت مناسب مواد از لحاظ ساختاری و هیدراته شدن مناسب می‌باشد ماده مناسب جهت پالپ کپینگ ماده‌ای است که کمترین تخلخل را دارا باشد تا بتواند سیل مناسب را فراهم کند و از پالپ دندان‌ی محافظت به عمل آورد.

نتیجه‌گیری

- ۱- زمان سخت شدن اولیه دو نوع MTA مورد بررسی با یکدیگر و با ادعای کارخانه‌های سازنده‌شان متفاوت بود.
- ۲- زمان سخت شدن اولیه Pro root MTA، بیشتر از Angelus MTA بود.
- ۳- در بررسی با میکروسکوپ الکترونی Pro root MTA دارای تخلخل کمتر و یکنواختی سطح بهتری نسبت به Angelus MTA بود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات معاونت پژوهشی مرکز تحقیقات پرفسور کمال عسگر (KARC) و آقای دکتر محمد آئینه‌چی به جهت امکان استفاده از میکروسکوپ الکترونی و زحمات آقای دکتر محمد جواد خرازی فرد به جهت انجام بخش آمار قدردانی می‌گردد.

که بر اساس شرایط استاندارد در مطالعه حاضر کاملاً متفاوت بود.

در بروشور سمان Pro root MTA زمان سخت شدن اولیه مشابه نوع خاکستری یعنی دو ساعت و ۴۵ دقیقه اعلام شده بود که در مطالعه حاضر و تحقیق Islam مشخص شد که زمان سخت شدن اولیه، کوتاهتر از زمانی است که کارخانه سازنده ادعا کرده است. مطالعه حاضر نشانگر تفاوت معنی‌دار زمان سخت شدن اولیه به دست آمده با زمان ارائه شده توسط کارخانه سازنده بود.

Torabinejad در تحقیق خود زمان سخت شدن اولیه را از آغاز زمان مخلوط کردن مواد محاسبه کرد که مغایر با تعریف استاندارد است که از زمان سخت شدن اولیه در کتابها ارائه می‌شود. با این حال تفاوت بین زمان سخت شدن اولیه سمان Pro root MTA در مطالعه حاضر و تحقیق Torabinejad به قدری است که نمی‌تواند به تفاوت در تعاریف مربوط باشد. (۱)، به هر حال در این زمینه هنوز نیاز به انجام تحقیق در مورد مواد مختلف، بررسی ویژگیهای دیگر آنها همچون استحکام فشاری، ریزش و تأثیر سایر مواد بر آنها وجود دارد. همچنین مطالعات زیادی در مورد تأثیر اجزای Trace (عناصر با مقادیر کم همانند آرسنیک) بر روی خواص سمان MTA مشخص شده است که با توجه به تفاوت این ریز عناصر در دو سمان مورد استفاده در این مطالعه می‌توان انتظار داشت که زمان سخت شدن اولیه نیز در این دو سمان با هم متفاوت باشد. (۱۶)

در بین این دو سمان Manipulation سمان Pro root MTA از سمان Angelus MTA آسانتر و انسجام مواد بهتر بود. ولی در بررسی این دو سمان توسط SEM مشخص شد که Pro root MTA دارای تخلخل کمتر و یکنواختی سطحی بیشتری نسبت به Angelus MTA می‌باشد و این ویژگی سمان Pro root MTA را مناسبتر جهت برخی درمانها همچون پالپ کپینگ می‌سازد، چون یکی از ویژگیهای ماده پالپ کپینگ مناسب، ایجاد سیل بهتر جهت حفاظت پالپ می‌باشد. (۶)

در این مطالعه طبق بروشور دو سمان مورد بررسی هیچ

REFERENCES

1. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 1995 Jul; 21 (7): 349-353.
2. Saghiri MA, Lotfi M, Joupari MD, Aeinehchi M, Saghiri AM. Effects of storage temperature on surface hardness, microstructure, and phase formation of white mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2010 Aug; 36 (8):1414-1418.
3. Shayegan A, Petain M, Vanden Abbeele A. The use of beta-tricalcium phosphate, white MTA, white Portland cement and calcium hydroxide for direct pulp capping of primary pig teeth. *Dent Traumatol.* 2009 Aug;25 (4): 413-419.
4. Zhu YQ, Xia L. [Using mineral Trioxide Aggregate as a direct pulp-capping material in dogs]. *Shanghai kou qiang yi xue = Shanghai J of Stomatol.* 2003 Feb;12(1):44-46.
5. Pace R, Giuliani V, Pini Prato L, Baccetti T, Pagavino G. Apical plug technique using mineral trioxide aggregate: Results from a case series. *Inter Endod J.* 2007 Jun;40(6):478-484.
6. Grossman I, Abu el Naag A, Peled M. [Root-end filling materials in apicoectomy--a review]. *Refu'at ha-peh vеха-shinayim.* 2003 Apr; 20(2): 49-54, 80.
7. Massi S, Tanomaru-Filho M, Silva GF, Duarte MA, Grizzo LT, Buzalaf MA, et al. pH, calcium ion release, and setting time of an experimental mineral trioxide aggregate-based root canal sealer. *J Endod.* 2011 Jun; 37(6):844-846.
8. International organization for standardization *Drcsm.* 2 ed. USA: [S.N]: Iso 6876; 2001, 1-10.
9. Saghiri MA, Asgar K, Lotfi M, Karamifar K, Neelakantan P, Ricci JL. Application of mercury intrusion porosimetry for studying the porosity of mineral trioxide aggregate at two different pH. *Acta Odontolo Scand.* 2011 Jan;70(1):78-82.
10. Islam I, Chng HK, Yap AU. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and portland cement. *J of Endod.* 2006 Mar;32(3):193-197.
11. De Vasconcelos BC, Bernardes RA, Cruz SM, Duarte MA, Padilha Pde M, Bernardineli N, et al. Evaluation of pH and calcium ion release of new root-end filling materials. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol and Endod.* 2009 Jul; 108(1):135-139.
12. Saghiri MA, Asgar K, Lotfi M, Nazari A, Karamifar K, Neelakantan P, et al. Effect of storage temperature on sealing ability and solubility of White Mineral Trioxide Aggregate. *Acta Odontol Scandi* 2011 Aug 5. [Epub ahead of print]
13. Sluyk SR, Moon PC, Hartwell GR. Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral Trioxide Aggregate when used as a furcation perforation repair material. *J Endod.* 1998 Nov;24(11):768-771.
14. Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTA. *J Endod.* 2006 Jun;32(6):569-572.
15. Antunes Bortoluzzi E, Juarez Broon N, Antonio Hungaro Duarte M, de Oliveira Demarchi AC, Monteiro Bramante C. The use of a setting accelerator and its effect on pH and calcium ion release of mineral trioxide aggregate and white Portland cement. *J Endod.* 2006 Dec;32(12): 1194-1197.
16. Monteiro Bramante C, Demarchi AC, de Moraes IG, Bernadineli N, Garcia RB, Spangberg LS, et al. Presence of arsenic in different types of MTA and white and gray Portland cement. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. and Endod.* 2008 Dec;106(6):909-913.