

## مقایسه تطابق لب‌های و وجود نقص سطحی در دو ماده پُرکننده

### انتهای ریشه (MTA, Root MTA)

دکتر مسعود پریوخ<sup>\*</sup>، دکتر فائزه بهدانی<sup>۱</sup>، دکتر محمدجعفر اقبال<sup>۲</sup> و دکتر سعید عسگری<sup>۳</sup>

#### خلاصه

مقدمه: این مطالعه به منظور مقایسه تطابق لب‌های و نقایص سطحی در دو ماده پُرکننده انتهای ریشه Mineral Trioxide Aggregate (MTA) و Root MTA (RMTA) انجام شد.

روش: در این مطالعه از بیست دندان کشیده شده انسان استفاده شد. تمام دندان‌ها پس از آماده‌سازی و شکل‌دهی کانال‌ها با استفاده از گوتا پرکا و سیلر پر شدند. سپس سه میلی‌متر انتهای ریشه قطع و در قسمت انتهای ریشه تهیه حفره انجام شد. دندان‌ها به طور تصادفی به دو گروه ده‌تایی تقسیم شده و حفرات انتهای ریشه در گروه اول با MTA و در گروه دوم با RMTA پر شدند. با استفاده از استریو میکروسکوپ فتوگرافی تهیه و با استفاده از نرم افزارهای Photoshop و AutoCAD اندازه Gap ها در هر نمونه تعیین گردید. برای اطمینان از وجود Gap با استفاده از میکروسکوپ Confocal محل تعیین شده Gap با اشعه لیزر مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت با استفاده از آزمون آماری One sided Fisher's exact test داده‌های به دست آمده تجزیه و تحلیل گردید.

یافته‌ها: نتایج به دست آمده نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری میان دو نوع MTA از نظر وجود فاصله بین ماده پُرکننده و دیواره ریشه وجود دارد ( $P=0/029$ ). در دندان‌های پر شده با MTA فقط در یک مورد بین دیواره حفره و ماده پُرکننده Gap وجود داشت در حالی که در دندان‌های پر شده با RMTA در ۶۰ درصد موارد بین ماده پُرکننده و دیواره حفره Gap وجود داشت. در مواردی که حفره با RMTA پر شده بود نقص (Defect) در سطح وجود نداشت در حالی که در نیمی از مواردی که با MTA پر شده بودند نقص در سطح پُرکردگی قابل مشاهده بود ( $P=0/016$ ).

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به دست آمده تطابق لب‌های MTA از RMTA بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: تطابق لب‌های، میکروسکوپ Confocal، استریو میکروسکوپ، MTA، RMTA، ماده پُرکننده انتهای ریشه

۱- دانشیار گروه اندودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی کرمان ۲- دندانپزشک ۳- دانشیار گروه اندودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی کرمان ۴- استاد گروه اندودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی شهید بهشتی \* نویسنده مسؤل: گروه اندودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان ● آدرس پست الکترونیک: masoudparirokh@yahoo.com

دریافت مقاله: ۱۳۸۴/۱۱/۶ دریافت مقاله اصلاح شده: ۱۳۸۵/۲/۱۱ پذیرش مقاله: ۱۳۸۵/۲/۲۷

## مقدمه

جراحی پری اپیکال یک درمان رایج در اندودنتیکس می باشد و در موارد متعددی نظیر عدم موفقیت درمان قبلی ریشه، عدم امکان درمان مجدد به دلیل وجود Post در داخل کانال، کلسیفیکاسیون کانالها، جراحی اکتشافی برای مشخص کردن دلیل عدم موفقیت، درمان حوادث حین درمان و یا تهیه بیوپسی تجویز می شود (۱۵).

برای به دست آوردن موفقیت بیشتر توصیه شده که پس از کورتاژ ناحیه جراحی نوک ریشه نیز قطع شود تا کانالهای فرعی که می توانند پناهگاهی برای میکروارگانیسمها باشند، برداشته شوند. تحقیقات نشان داده که برای سیل بهتر ناحیه انتهایی ریشه، تهیه حفره به میزان ۳ میلی متر و قرار دادن مواد پرکننده در آن موجب می شود که توپولهای عاجی باز شده در اثر قطع ناحیه انتهایی ریشه به طور کامل مسدود شوند و احتمال موفقیت درمان افزایش یابد. مطالعات محققین نشان داده که استفاده از مواد پرکننده انتهایی ریشه موجب افزایش موفقیت درمان شده و به همین سبب امروزه دیگر روشهایی نظیر Cold Burnish برای تکمیل جراحی پری اپیکال توصیه نمی شود (۱۳). امروزه مواد متعددی جهت پرکردن حفرات انتهایی ریشه معرفی شده که از آن میان می توان به آمالگام، MTA، Root MTA، IRM اشاره نمود (۱۳). اگر چه هیچ کدام از مواد فوق الذکر دارای تمام خصوصیات ایده آل ذکر شده برای مواد پرکننده کانال نمی باشند اما از آنجا که مطالعات انجام شده بر روی MTA نتایج بهتری را نسبت به سایر مواد نشان داده است، لذا امروزه از آن به عنوان مناسبترین ماده برای پرکردن حفرات انتهایی ریشه در جریان جراحی پری اپیکال نام برده می شود (۲۰). MTA توسط پروفیسور ترابی نژاد و همکارانش در سال ۱۹۹۳ در دانشگاه Loma Linda معرفی شد (۲۱، ۲۲، ۱۴). MTA با دیواره های دندان تطابق عالی داشته، دارای حداقل سمیت بوده و سازگاری بافتی بالایی دارد (۱۹، ۲۱) و امروزه به عنوان ماده انتخابی برای پرکردن انتهایی ریشه (۲۱)، پوشش مستقیم پالپ (۹، ۱۶)، ترمیم پرفوراسیونها (۲۴) و Apexification معرفی شده است (۲۰). همچنین از MTA برای درمان پالپوتومی استفاده شده است (۸). در ایران نیز ماده مشابه MTA ساخته شده که تحت نام تجاری Root MTA (RMTA) در بازار عرضه شده است. از آنجا که بررسی ریزش میکروبی و رنگ نوع ایرانی تفاوت آماری معنی داری را با مشابه خارجی آن نشان نداده است (۱، ۲)، ارزیابی خصوصیات فیزیکی از جمله بررسی خصوصیات سطحی

و تطابق لبه ای (Marginal adaptation) آن مهم است. ترابی نژاد و همکاران (۱۹۹۵) در بررسی تطابق لبه ای MTA با استفاده از SEM متوجه بروز آرتیفکت های فراوان در نمونه ها شده و پیشنهاد نمودند که برای بررسی تطابق لبه ای ابتدا از انتهایی ریشه قالب گیری شود و سپس نمونه ها با SEM بررسی شوند (۲۱). یکی از روشهایی که جدیداً برای ارزیابی خصوصیات سطحی مواد در دندانپزشکی معرفی شده است استفاده از میکروسکوپ Confocal می باشد، چرا که استفاده از این نوع میکروسکوپ به دلیل عدم نیاز به آبگیری نمونه ها، مانع از بروز آرتیفکت ناشی از انقباض شده و تصاویر با دقت بالاتری تهیه می شوند (۶). به همین جهت مطالعه حاضر با هدف بررسی تطابق لبه ای و وجود نقابص سطحی با استفاده از دو نوع میکروسکوپ استریو و Confocal انجام شد.

## روش بررسی

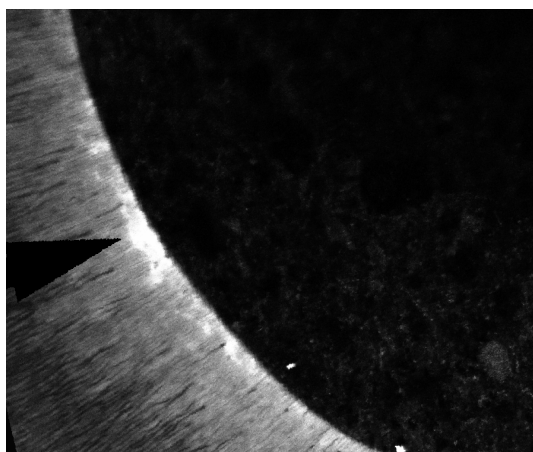
در این مطالعه *In vitro* از ۲۰ دندان کاین انسان که در اثر پوسیدگی، بیماری لثه و... کشیده شده بودند استفاده گردید. پس از شستشو، دندانها به مدت ۴ ساعت در محلول هیپوکلریت ۲/۵ درصد قرار گرفتند. جهت اطمینان از تک کاناله بودن دندانها از آنها رادیوگرافی به عمل آمد. سپس تاج دندانها قطع گردید و کانالهای دندانها با استفاده از روش Step-Back آماده سازی شدند. سپس کانالها با استفاده از سیلر Apexit (Vivadent - آلمان) و گوتا پرگا (آریادنت - آسیا شیمی طب - ایران) با روش لترالی پر شدند و از کلیه دندانها رادیوگرافی جهت اطمینان از مناسب بودن پُرکردگی به عمل آمد. آنگاه با استفاده از فرز فیشور و توربین سه میلی متر انتهایی ریشه قطع شد و یک حفره با عمق ۳ میلی متر با استفاده از فرز 33½ Inverted در انتهایی ریشه ایجاد گردید. سپس دندانها به طور تصادفی به دو گروه ده تایی تقسیم و در گروه I با استفاده از Messing Gun مینیاتوری مخصوص (Medesy-Italy) MTA خاکستری (Dentsply-Tulsa Dental - آمریکا) و در گروه II از RMTA (دانشکده دندانپزشکی تبریز - ایران) به عنوان ماده پُرکننده حفرات انتهایی ریشه استفاده شد. مواد پُرکننده بر اساس دستورالعمل کارخانه سازنده و با نسبت ۳ به ۱ پودر به مایع و با قوام بتونه ای آماده و در حفرات انتهایی ریشه قرار داده شد (۲۰). سپس با استفاده از یک پنبه مرطوب نسبت به متراکم کردن مواد پُرکننده اقدام گردید. برای اطمینان از عدم گسترش ماده پرکننده بر روی سطح عاج اطراف حفره، نمونه ها در زیر استریو میکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفتند. پس از

در مقابل مشاهدات استریومیکروسکوپیکی بررسی با میکروسکوپ Confocal نشان داد که تنها ۱۰٪ از نمونه‌های MTA دارای Gap بین ماده پُرکننده و دیواره کانال می‌باشند (شکل ۲: الف و ب) در حالی که در نمونه‌های RMTA ۶۰٪ موارد چنین فاصله‌ای را نشان می‌دادند ( $P=0/029$ ). در بقیه مواردی که با MTA پر شده بودند چنین فاصله‌ای مشاهده نشد (شکل ۳: الف و ب).

متوسط اندازه Gap در تنها نمونه‌ای از MTA که وجود آن را نشان می‌داد  $0/25 \pm 0/79$  میلی‌متر بود در حالی که متوسط میانگین اندازه Gap در گروه RMTA  $1/13 \pm 1/67$  میلی‌متر بود.



شکل ۱: تصویر استریومیکروسکوپ وجود نقص در MTA



ب

پر شدن حفرات، دندان‌ها در رطوبت ۱۰۰٪ و در انکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. پس از آن ابتدا نمونه‌ها در زیر استریومیکروسکوپ (Ziess-آلمان) مورد مشاهده قرار گرفتند و با درشت‌نمایی ۹۰٪ از تمام نمونه‌ها در زیر استریومیکروسکوپ فتوگرافی تهیه شد. وجود نقص در خود ماده پُرکننده به وسیله تصاویر به دست آمده از استریومیکروسکوپ تعیین گردید.

سپس برای اطمینان، نمونه‌ها در اپوکسی رزین قرار گرفته و آنگاه با استفاده از یک اره بسیار ظریف به ضخامت ۲ میلی‌متر بریده شدند. آنگاه نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ Confocal (Leica-آلمان) و با استفاده از پرتو لیزر جهت مشخص کردن وجود و محل فاصله میان ماده پُرکننده با دیواره کانال مورد مشاهده قرار گرفتند. با استفاده از تصویر تهیه شده با استریومیکروسکوپ عرض این فاصله ابتدا با استفاده از نرم افزار Photoshop (Version 6) و سپس نرم افزار AutoCAD 2000 اندازه‌گیری عددی شد. نتایج با استفاده از آزمون آماری sided Fisher's exact test تحلیل گردید.

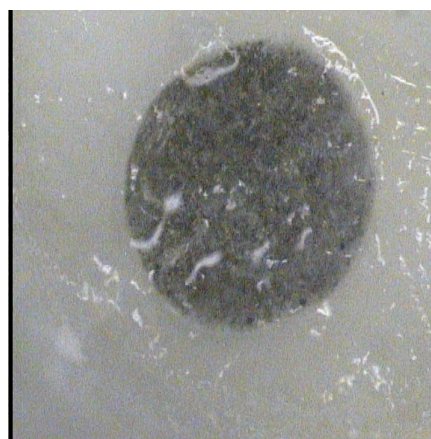
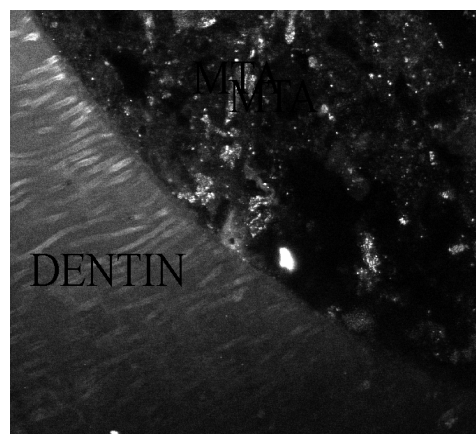
### نتایج

مشاهدات استریومیکروسکوپیکی نشان داد که در نیمی از نمونه‌های پر شده با MTA نقائصی در وسط ماده پُرکننده وجود دارد (شکل ۱)، در حالی که در هیچ یک از نمونه‌های RMTA چنین نقصی مشاهده نشد ( $P=0/016$ ).



الف

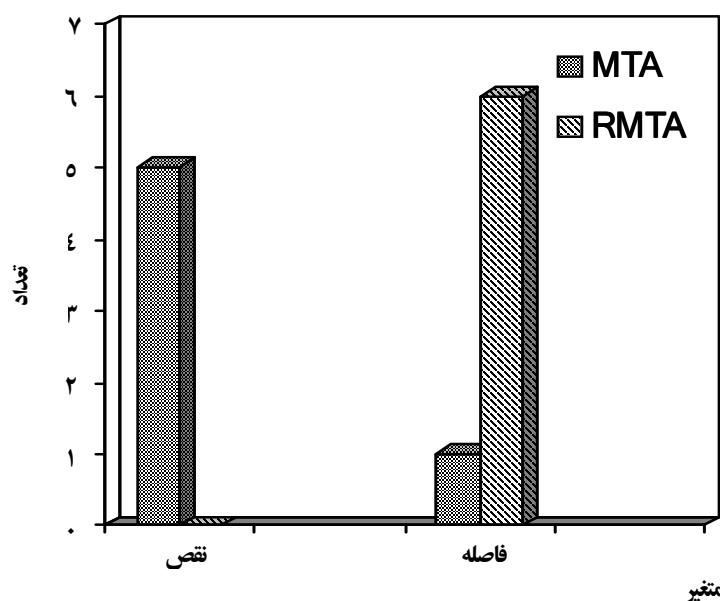
شکل ۲: وجود Gap (فلش) بین ماده پُرکننده RMTA و دیواره حفره  
الف: تصویر استریومیکروسکوپ، ب: تصویر میکروسکوپ confocal



ب

الف

شکل ۳: عدم وجود Gap در یک نمونه از حفرات پر شده با MTA  
الف: تصویر میکروسکوپ، ب: تصویر میکروسکوپ confocal



نمودار ۱: مقایسه میزان نقائص سطحی و Gap میان MTA و RMTA

### بحث و نتیجه گیری

حفره از میکروسکوپ‌های گوناگونی استفاده می‌شود. استفاده از SEM یک متد رایج جهت این امر می‌باشد. اما این متد بسیار حساس بوده و از نظر تکنیکی مشکل و پرهزینه است. یکی از معایب استفاده از SEM احتمال انقباض نمونه‌ها در حلاء زیاد موجود در دستگاه می‌باشد (۴-۶). به‌علاوه برای مشاهده سطح ریشه نیاز به قرار دادن یک لایه طلا بر روی سطح مورد بررسی وجود دارد که خود ممکن است دیفکت‌های ظریف را بپوشاند. ترابی‌نژاد و همکاران که با استفاده از SEM به بررسی پرکردگی

بررسی خصوصیات فیزیکی و سطحی مواد مورد استفاده در پرکردن انتهای ریشه از اهمیت زیادی در اندودنتیکس برخوردار است (۲۱). بررسی دو ماده MTA و RMTA در مطالعه حاضر نشان داد که این دو ماده از نظر وجود نقائص سطحی و وجود فاصله میان ماده پُرکننده با دیواره حفره با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌داری دارند. جهت بررسی تطابق لب‌های میان مواد پُرکننده و دیواره‌های

سیل پُرکننده MTA را افزایش می‌دهد (۱۷). اگرچه وجود Gap در ابتدای پر کردن حفره انتهایی ریشه می‌تواند مسیری برای هجوم میکروارگانیسم‌ها بوده و سبب عدم موفقیت درمان شود. یکی از مواردی که برای مواد پُرکننده انتهایی ریشه به عنوان یک ویژگی ایده‌آل در نظر گرفته می‌شود وجود ثبات ابعادی است (۲۱). وجود فاصله میان ماده پُرکردگی و دیواره کانال نشان‌دهنده انقباض ماده پُرکننده می‌باشد و این امر می‌تواند نتایج درمان را تحت تأثیر خود قرار دهد. از آنجا که تاکنون تحقیق مشابهی در زمینه مقایسه MTA و Root MTA انجام نشده امکان مقایسه آنها با یکدیگر وجود ندارد اما تحقیقات ترابی‌نژاد و همکاران (۲۱) Shipper، و همکاران (۱۸) و Xavier و همکاران (۲۳) نشان داده است که MTA نسبت به سایر مواد رایج پُرکننده انتهایی ریشه نظیر آمالگام، EBA، Super-Vitremer و Intermediate Restorative Material (IRM) دارای انطباق بیشتری با دیواره‌های کانال می‌باشد.

در مطالعه حاضر وجود نقص در نیمی از نمونه‌های MTA مشاهده شد. اگر چه به دلیل تفاوت در رنگ دو نوع MTA (MTA خاکستری و RMTA سفید است) تشخیص نقص در نوع ایرانی مشکل‌تر است اما به هر حال تنها در یکی از نمونه‌های RMTA چنین پدیده‌ای مشاهده شد (شکل ۲). با توجه به نتایج مطالعات انجام شده که حاکی از ریزش اندک MTA می‌باشد به نظر می‌رسد که عمق این دیفکت‌ها زیاد نباشد (۱،۲،۲۰). هر چند ممکن است وجود این نقص‌ها به تراکم MTA با پنبه مرطوب و نیروی کم تراکم نسبت داده شود، اما مطالعات انجام شده نشان داده‌اند که تراکم MTA با استفاده از این تکنیک موجب ایجاد سیل مناسبی می‌شود (۱،۲،۲۲).

با توجه به این که تاکنون هیچ یک از مواد معرفی شده برای پر کردن حفرات انتهایی ریشه به دنبال جراحی پری‌اپیکال دارای خصوصیات ایده‌آل تعریف شده نمی‌باشند، جستجو همچنان برای یافتن موادی که قابلیت مناسب‌تری را در این زمینه داشته باشند ادامه دارد (۷). تا آن زمان MTA با توجه به تطابق لبه‌ای بهتر، قابلیت آزادسازی کلسیم و تشکیل بلورهای هیدروکسی آپاتایت، به عنوان ماده مناسبی برای پر کردن حفرات انتهایی ریشه توصیه می‌شود.

بررسی نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که نوع ایرانی MTA دارای تطابق لبه‌ای کمتری نسبت به نوع خارجی آن می‌باشد. هر چند مطالعاتی که ریزش آنها را مقایسه کرده‌اند نشان داده‌اند که تفاوت آماری معنی‌داری میان آنها وجود ندارد (۱،۲)

MTA در حفرات انتهایی ریشه پرداخته‌اند به محدودیت‌های این روش که به سبب آبنگیزی نمونه‌ها و ایجاد خلأ در محیط میکروسکوپ ترک در آنها ایجاد شده بود اشاره نموده‌اند. آنها نشان دادند که قرار دادن نمونه‌های دندان در SEM موجب بوجود آمدن آرتیفکت‌های متعددی شده و دقت مطالعه را به شدت کاهش می‌دهد و پیشنهاد کرده‌اند که ابتدا با مواد سیلیکونی از دندان‌ها قالب‌گیری شود و سپس با استفاده از طلا سطح ماده قالب‌گیری پوشانده و بعد در زیر میکروسکوپ الکترونی مورد بررسی قرار گیرد (۲۱). طبیعی است که قالب‌گیری می‌تواند از دقت مطالعه کاسته و باعث شود شیارها و نقائص بسیار ظریف میکروسکوپی به وسیله ماده قالب‌گیری پوشانده و مشخص نشوند. اخیراً استفاده از میکروسکوپ Confocal با توجه به دقت بالای آن به سبب استفاده از پرتوهای لیزر توصیه شده است (۶). یکی از مزایای مهم میکروسکوپ Confocal نسبت به SEM آن است که نیاز به خشک کردن نمونه‌ها وجود ندارد و به همین سبب امکان انقباض ناشی از آبنگیزی نمونه‌ها و نیز ایجاد ترک از میان می‌رود. همچنین نمونه‌ها نیاز به اندود شدن با طلا ندارند و به همین سبب آماده‌سازی آنها آسانتر بوده، وقت کمتری می‌گیرد و ارزان‌تر می‌باشد. به همین دلیل در این مطالعه نیز از این نوع میکروسکوپ جهت افزایش سطح اطمینان مطالعه استفاده شد.

بررسی‌های قبلی که با استفاده از تکنیک‌های ریزش نشت رنگ و میکروبی میان دو ماده مورد استفاده در این تحقیق انجام شده بود نشان داد که اگر چه تفاوت آماری معنی‌داری میان آنها وجود ندارد اما RMTA دارای ریزش بیشتری است (۱،۲). با توجه به نتایج مطالعه حاضر، ریزش بیشتر RMTA ممکن است به دلیل وجود Gap بین ماده پُرکننده و دیواره حفره باشد (شکل ۲).

یکی از مواردی که از خصوصیات مثبت MTA محسوب می‌شود ساخته شدن بافت‌های بدن نظیر سمتموم بر روی آن می‌باشد (۳،۲۳). محققین نشان داده‌اند که MTA از خود کلسیم آزاد می‌کند (۱۱،۱۲) و خاصیت Cemento-conductive دارد (۱۹). مطالعات جدیدتر نشان داده‌اند که این امر احتمالاً به سبب ساخته شدن کریستال‌های هیدروکسی آپاتایت بر روی MTA می‌باشد (۱۷). این امر نه تنها باعث می‌شود تا بدن بتواند بخوبی MTA را تحمل نماید بلکه باعث می‌شود تا Seal اپیکالی مناسب‌تری نیز به مرور زمان حاصل شود. Sarkar و همکاران (۲۰۰۵) معتقدند که تشکیل کریستال‌های هیدروکسی آپاتایت به مرور زمان کیفیت

## تشکر و قدردانی

بنابراین به نظر می‌رسد انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه ضروری باشد.

بدین وسیله از سرکار خانم دکتر سودابه ذکائی به سبب توصیه‌های ارزنده ایشان، از آقای دکتر مهرداد لطفی به سبب در اختیار قرار دادن Root MTA و همچنین از پرسنل واحد میکروسکوپ الکترونی دانشگاه ملی استرالیا به خصوص Dr. Sally Stowe و Dr. Daryl Webb به سبب مساعدت در استفاده از میکروسکوپ Confocal سپاسگزاری می‌شود.

## Summary

### A Comparative Investigation of Marginal Adaptation and Surface Defects of MTA and Root MTA as Two Root End Filling Materials

Parirokh M., DDS.<sup>1</sup>, Behdani F., DDS.<sup>2</sup>, Eghbal M.J., DDS.<sup>3</sup> and Asgari S., DDS.<sup>4</sup>

1. Associate Professor of Endodontics, School of Dentistry, Kerman University of Medical Science and Health Services, Kerman, Iran 2. Dentist 3. Associate Professor of Endodontics, School of Dentistry, Shaheed Behishti University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran 4. Professor of Endodontics, School of Dentistry, Shaheed Beheshti University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran.

**Introduction:** This study was carried out to compare two retrograde filling materials entitled mineral trioxide aggregate (MTA) and Root MTA (RMTA) in regard to their marginal adaptation and surface defects.

**Method:** In this study twenty extracted human teeth were used. In all teeth after cleaning and shaping, the root canals were obturated by gutta-percha and root canal sealer. After that in each tooth the 3 millimeter of root end was resected and a retrograde cavity was prepared. Then, the teeth were randomly divided into two experimental groups. In group I the retrograde cavities were filled by MTA and in group II the cavities were filled by RMTA. Then using Confocal-microscope and stereomicroscope the location of the gaps between filling material and cavity walls was determined and measured by Autocad and Photoshop soft wares. Finally the obtained data were analyzed by One sided Fisher's exact test.

**Results:** There was a significant difference in marginal adaptation between two types of MTA ( $p < 0.029$ ). Only one tooth, in MTA group showed gap between cavity walls and root-end filling material, however, 60% of the teeth in RMTA group showed gap in their margins. In regard to surface defect there was a significant difference between the two groups ( $p = 0.016$ ). In MTA group 50% of the cases showed a defect on their surface, while in the RMTA group except one case, none of the cavities showed surface defect.

**Conclusion:** It can be concluded that MTA has better marginal adaptation than RMTA.

**Key Words:** Marginal adaptation, Confocal microscope, Stereomicroscope, MTA, RMTA, Retrograde filling

Journal of Kerman University of Medical Sciences, 2006; 13(1): 22-28

## منابع

۱. پریوخ، مسعود؛ قاسم زاده، علی؛ دیسفانی، رضا و محمدعلیزاده، سکینه: بررسی ریز نشت رنگ در مواد پُرکننده انتهای ریشه. پایان طرح تحقیقاتی شماره ۱۳۸۰/۱ دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی کرمان.
۲. بوالهروی، بهنام؛ مرتضوی، سید جواد و نوریان، مجید: مقایسه ریز نشت باکتریال در دو ماده Root MTA و Pro-Root MTA به عنوان مواد پُرکننده انتهای ریشه. ارائه شده در پنجمین همایش بین‌المللی انجمن اندودنتیست‌های ایران، تهران، مرداد ۱۳۸۰.
3. Apaydin ES, Shabahang S, Torabinejad M. Hard-tissue healing after application of fresh or set MTA as root-end-filling material. *J Endod* 2004; 30(1): 21-4.
4. Bergmans L, Moisiadis P, Van Meerbeek B, Quirynen M, Lambrechts P. Microscopic observation of bacteria: review highlighting the

- use of environmental SEM. *Int Endod J* 2005; 38(11): 755-88.
5. Bernardineli N, Duarte M. Finishing of Glass Ionomer Retroseals. *J Endod* 2002; 28(1): 36-9.
  6. Bitter K, Paris S, Martus P, Schartner R, Kielbassa AM. A Confocal Laser Scanning Microscope investigation of different dental adhesives bonded to root canal dentine. *Int Endod J* 2004; 37(12): 840-8.
  7. Chng HK, Islam I, Yap AU, Tong YW, Koh ET. Properties of a new root-end filling material. *J Endod* 2005; 31(9): 665-8.
  8. Dominguez MS, Witherspoon DE, Gutmann JL, Opperman LA. Histological and scanning electron microscopy assessment of various vital pulp-therapy materials. *J Endod* 2003; 29(5): 324-33.
  9. Eskandarizadeh A, Parirokh M, Eslami B, Asgary S and Eghbal MJ. A Comparative Study of Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide as Pulp Capping Agents in Dog's Teeth. *Dent Res J* 2005; 2 (2): 88-96.
  10. Felipe WT, Felipe MC, Rocha MJ. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Inter Endod J* 2006; 39(1): 2-9.
  11. Fridland M, Rosado R. MTA solubility: a long term study. *J Endod* 2005; 31(5):376-9.
  12. Fridland M, Rosado R. Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder ratios. *J Endod* 2003; 29(12): 814-7.
  13. Kim S: Endodontic microsurgery. In: Cohen S, Burns RE (eds.), *Pathways of the Pulp*, 8<sup>th</sup> ed. St. Louis, Mosby Co., 2002; P705.
  14. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993; 19(11): 541-4.
  15. Morrow SG and Rubinstein RA: Endodontic surgery. In: Ingle JI, Backland L (eds), *Endodontics*, 5th ed., Ontario, Canada: B.C. Decker, 2002; P669-745.
  16. Parirokh M, Asgary A, Eghbal MJ, Stowe S, Eslami B, Eskandarizade A, et al. A comparative study of white and grey mineral trioxide aggregate as pulp capping agents in dog's teeth. *J Dent Traumatol* 2005; 21(3): 150-4.
  17. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005; 31(2): 97-100.
  18. Shipper G, Grossman ES, Botha AJ, Cleaton-Jones PE. Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) compared with amalgam as a root-end filling material: a low-vacuum (LV) versus high-vacuum (HV) SEM study. *Int Endo J* 2004; 37(5): 325-36.
  19. Thomson TS, Berry JE, Somerman MJ, Kirkwood KL. Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2003; 29(6): 407-12.
  20. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1999; 25(3): 197-205.
  21. Torabinejad M, Hong CV, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root – end filling material. *J Endod* 1995; 21(7): 349-53.
  22. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993; 19(12): 591-5.
  23. Xavier CB, Weismann R, de Oliveira MG, Demarco FF, Pozza DH. Root-end filling materials: apical microleakage and marginal adaptation. *J Endod* 2005; 31(7): 539-42.
  24. Yildirim T, Gencoglu N, Firat I, Perk C, Guzel O. Histologic study of furcation perforations treated with MTA or Super EBA in dogs' teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 100(1): 120-4.