

## بررسی و مقایسه میزان ریزسختی دو نوع MTA سفید و خاکستری به دنبال آلودگی توسط خون

دکتر محمد سعید شیخ‌رضایی\* - دکتر محمد حسین نکوفر\*\* - دکتر کاوه علمی\*\*\*†

\*دانشیار گروه آموزشی اندودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی و عضو مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران  
\*\*استادیار گروه آموزشی اندودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، عضو گروه تحقیقات اندودنتولوژی

دانشکده دندانپزشکی کاردیف انگلستان

\*\*\*اندودنتیست

**Title:** Comparative evaluation of the microhardness of White and Gray MTA after contamination with blood

**Authors:** Sheikhezraie MS. Associate Professor\*, Nekoofar MH. Assistant Professor\*, Oloomi K. Endodontist

**Address:** \* Department of Endodontics, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences

**Background and Aim:** One of the unique properties of MTA is its setting ability in presence of moisture. The sealing ability of MTA used as a root-end filling was shown to be unaffected by the presence of blood, in vitro. It has been recommended that, because of MTA ability to set in the presence of blood, there is no need to dry the perforation site before MTA placement. On the other hand, based on an in vitro study, it is recommended that hemorrhage be controlled at the perforation site and blood be removed from the perforation walls before placement of tooth-colored MTA. Blood contamination may also affect the crystalline structure of MTA. The microhardness of a material is influenced substantially by some fundamental properties of the material such as crystal structure stability. Thus, it can be used as an indicator of the setting process. It can also indicate the effect of various setting conditions on the overall strength of a material. The aim of this study was to evaluate the effect of blood contamination on microhardness of white and gray MTA as an indicator of their setting process.

**Materials and Methods:** In groups 1 and 2 each material has been mixed with distilled water according to manufacturer's instruction (No contamination groups). In groups 3 and 4 samples were prepared like groups 1 and 2 but the surface of material placed in contact with blood (Surface blood contamination groups). Samples of groups 5 and 6 were mixed with blood instead of distilled water and also the surfaces of the materials were placed in contact with blood (Mixed with blood groups). All samples were stored in 37°C and 100% humidity for 96 hours. The microhardness of the samples was measured with Vickers test.

**Results:** White MTA samples which have not contaminated with blood had the highest microhardness ( $59.9 \pm 11.4$  N/mm<sup>2</sup>) while gray MTA mixed with blood had the lowest hardness ( $18.45 \pm 7.8$  N/mm<sup>2</sup>). One-way ANOVA test showed that contamination with blood significantly reduces the microhardness of both white and gray MTA ( $p < 0.001$ ). The difference between white MTA and gray MTA was significant in groups of no contamination ( $p < 0.001$ ), surface blood contamination ( $p = 0.043$ ), and mixed with blood ( $p < 0.001$ ) according to T-Test analysis. In all of them white MTA had higher hardness than gray MTA.

**Conclusion:** According to results of our study we recommend that hemorrhage should be controlled and any blood contamination should be removed before placement of both white and gray MTA.

**Key Words:** Blood contamination; Gray MTA; Microhardness; MTA

### چکیده

**زمینه و هدف:** یکی از خصوصیات منحصر بفرد MTA سازگاری آن با محیط‌های مرطوب می‌باشد. گفته شده است که به علت قابلیت سخت شدن MTA در حضور خون نیازی به خشک کردن محل پرفوریشن قبل از قراردادن ماده نیست. در مقابل بیان شده است که آلودگی MTA با خون می‌تواند قابلیت سخت شدن ماده و به دنبال آن ایجاد مهر و موم کافی را تحت تأثیر قرار دهد. ضمن اینکه آلودگی توسط خون ممکن است بر روی نحوه شکل‌گیری کریستال‌های ماده نیز

† مؤلف مسؤول: نشانی: تهران - خیابان انقلاب - خیابان قدس - دانشگاه علوم پزشکی تهران - دانشکده دندانپزشکی - گروه آموزشی اندودنتیکس

تلفن: ۶۶۴۹۲۲۱۳ نشانی الکترونیک: koloomi@yahoo.com

تأثیرگذار باشد. ریزسختی یک ماده نشان‌گر فرایند سخت شدن (setting) آن، شاخصی از استحکام و مقاومت کلی ماده در برابر تغییر شکل و نیز نشان‌دهنده پایداری ساختار کریستالین آن می‌باشد. با توجه به این نکات هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه میزان ریزسختی MTA سفید و خاکستری به دنبال آلودگی با خون می‌باشد.

**روش بررسی:** دو نوع ماده MTA سفید (W) و خاکستری (G) در سه گروه بدون آلودگی (NC) و آلودگی سطح ماده با خون (BC) و اختلاط ماده با خون (MB) قرار گرفتند. در گروه بدون آلودگی مواد طبق دستور کارخانه سازنده آماده شدند. در گروه آلودگی سطحی بعد از آماده‌سازی مواد طبق دستور کارخانه، سطح آنها به مدت ۴ روز در تماس با خون قرار گرفت. در گروه سوم مواد به جای اینکه با آب مقطر آماده شوند با خون مخلوط شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که بیشترین میزان ریزسختی مربوط به گروه WNC ( $59/9 \pm 11/4$ ) و کمترین ریزسختی مربوط به گروه GMB ( $18/45 \pm 7/8$ ) بود. در نهایت نتایج حاصل توسط آزمون آماری one-way ANOVA post hoc Tamhane و آزمون t-test آنالیز شد. در بررسی تأثیر آلودگی با خون بر روی ماده تفاوت بین سه گروه NC، BC و MB در مورد هر دو نوع MTA سفید و خاکستری از نظر آماری معنی‌دار بود ( $p < 0/001$ ). اختلاف دو نوع MTA سفید و خاکستری در گروه‌های بدون آلودگی ( $p < 0/001$ ) و گروه‌های آلودگی سطحی با خون (WBC و GBC) از نظر آماری معنی‌دار بود ( $p = 0/043$ ).

**نتیجه‌گیری:** در نهایت با توجه به نتایج این مطالعه توصیه می‌شود هنگام استفاده از هر دو نوع MTA سفید و خاکستری بهتر است از آلودگی ماده با خون جلوگیری شود.

**کلید واژه‌ها:** MTA سفید؛ MTA خاکستری؛ آلودگی خون؛ ریزسختی

وصول: ۸۷/۰۵/۰۲ اصلاح نهایی: ۸۷/۱۰/۱۰ تأیید چاپ: ۸۷/۱۲/۱۵

## مقدمه

حضور خون، نیازی به خشک کردن محل پرفوریشن قبل از قرار دادن ماده نیست (۴). در مقابل بیان شده است که آلودگی MTA با خون یا بزاق می‌تواند قابلیت سخت شدن ماده و به دنبال آن ایجاد سیل کافی را تحت تأثیر قرار دهد. در یک مطالعه *in vitro* میزان ریزش MTA سفید در اثر آلودگی با بزاق افزایش یافت، هر چند در همین مطالعه آلودگی با خون تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر ریزش ماده نداشت (۵). مطالعه *in vitro* دیگری توصیه می‌کند که قبل از ترمیم ناحیه پرفوریشن خونریزی کنترل شود و خون موجود بر روی دیواره‌های ناحیه پرفوریشن قبل از قرار دادن MTA سفید حذف گردد (۶).

یکی از خصوصیات مورد نیاز برای مواد مورد استفاده جهت ترمیم پرفوریشن‌ها یا برای مواد پرکردگی انتهای ریشه این است که تا حد امکان سخت باشد تا از دیواره‌های عاجی کنده نشود (۷). گفته شده است که یکی از عوامل تأثیرگذار بر روی ریزسختی MTA (microhardness) رطوبت محیط است (۷). ریزسختی یک ماده تحت تأثیر خصوصیات مختلفی از آن قرار می‌گیرد که عبارتند از: modulus of elasticity، tensile strength، yield strength و پایداری ساختار کریستالین ماده (۸-۱۰). بنابراین ریزسختی، نشانه‌ای از فرایند setting ماده و نیز شاخصی از استحکام و مقاومت کلی ماده در برابر تغییر شکل می‌باشد (۸). علاوه می‌تواند تأثیر شرایط setting مختلف را بر روی استحکام کلی ماده

(MTA) Mineral Trioxide Aggregates ماده ایست که در ابتدا به عنوان ماده پرکردگی انتهای کانال معرفی شد. اما به مرور مورد توجه ویژه قرار گرفت بطوریکه امروزه مورد استفاده فراوانی در درمان‌های اندونتییک دارد. یکی از خصوصیات منحصر بفرد MTA که قابلیت آن را جهت ترمیم پرفوریشن‌ها و نیز به عنوان ماده پرکردگی انتهای ریشه افزایش داده است، سازگاری آن با محیط‌های مرطوب است. زمانی که پودر MTA با آب مخلوط می‌شود یک ساختار ویژه از میکروکانال‌ها ایجاد می‌شود (۱)، تداوم میکروکانال‌ها طی فرایند setting از بین می‌رود و در نهایت سمان سخت شده حاوی یکسری خلل و فرج و میکروکانال خواهد بود. نفوذ بهتر آب باعث هیدراسیون بهتر پودر و شکل‌گیری بهتر ساختار کریستالین ماده بصورت لایه‌های متقاطع و مجموعه‌های سوزنی شکل دنداندار می‌گردد (۱). اختلافات موجود در نحوه شکل‌گیری و محتوای کریستال‌های سطحی MTA ممکن است توجیه‌کننده اختلافات پاسخ سلولی به این ماده باشد (۲). آلودگی توسط خون ممکن است بر روی نحوه شکل‌گیری و نمای میکروسکوپی کریستال‌های ماده تأثیرگذار باشد. در یک مطالعه آزمایشگاهی نشان داده شده است که قابلیت سیل MTA به عنوان ماده پرکردگی انتهای ریشه تحت تأثیر حضور خون قرار نمی‌گیرد (۳). همچنین پیشنهاد شده است که به علت قابلیت سخت شدن MTA در

نشان دهد (۱۱).

با توجه به مطالب فوق و این مسأله که تاکنون مطالعه‌ای به بررسی و مقایسه ریزسختی MTA سفید و خاکستری در محیط آلوده با خون نپرداخته است در این تحقیق اثر آلودگی با خون بر روی این دو ماده بررسی و با هم مقایسه شده است.

## روشن بررسی

روش مورد استفاده در این مطالعه تلفیق و تغییر یافته‌ای از روش‌های مورد استفاده در مطالعات نکوفر و همکاران (۱)، تراپی‌نژاد و همکاران (۲)، Vander Weele و همکاران (۳) و Danesh و همکاران (۴) می‌باشد (۷).

در این مطالعه از استوانه‌های شیشه‌ای به عنوان قالب MTA استفاده گردید. به اینصورت که لوله‌های شیشه‌ای بوروسیلیکات (پیرکس) با قطر داخلی ۶ میلی‌متر و ضخامت ۱ میلی‌متر توسط اهر الماسه شیشه‌گری به فواصل حدوداً ۲۵ میلی‌متر برش زده شد. سپس جهت موازی کردن سطوح مقطع فوقانی و تحتانی، حدود ۲ میلی‌متر از هر دو طرف استوانه‌ها با کمک دستگاه Milling Machine و استفاده از دیسک الماسی حذف شد و در نهایت هر استوانه از وسط برش داده شد. حاصل کار استوانه‌های شیشه‌ای با قطر داخلی ۶ میلی‌متر و ارتفاع نزدیک به ۱۰ میلی‌متر بود که سطوح مقطع آنها با هم موازی و کاملاً بر دیواره استوانه عمود بود.

استوانه‌ها به ۶ گروه تقسیم شدند و در هر گروه تعداد ۱۰ نمونه مورد بررسی قرار گرفت. در گروه ۱ و ۲ پودر MTA سفید و خاکستری (ProRoot MTA, Dentsply Tulsa Dental, Johnson City, TN, USA) طبق دستورالعمل کارخانه سازنده به نسبت ۳/۱ با آب مقطر مخلوط شد تا یک ترکیب هموزن حاصل شود. ابتدا جهت تعیین میزان پودر لازم ۱ گرم MTA با آب مقطر مخلوط شد و داخل یک استوانه پلاستیکی آماده که قطر داخلی آن ۸ میلی‌متر بود قرار داده شد، این مقدار MTA حجمی از ماده به ارتفاع ۶ میلی‌متر ایجاد کرد. با توجه به اینکه قالب‌های شیشه‌ای تهیه شده قطر داخلی ۶ میلی‌متر داشت و ارتفاع ماده در هر قالب ۴ میلی‌متر در نظر گرفته شده بود، میزان ماده مورد نیاز برای هر نمونه بر اساس فرمول حجم استوانه ۰/۴ گرم محاسبه گردید. برای این مقدار پودر میزان ۰/۱۳۳ گرم مایع

مورد نیاز است که معادل ۰/۱۳۳ میلی‌لیتر آب مقطر خواهد بود. برای توزین پودر از ترازوی دیجیتالی (AND-GF3000) با دقت ۰/۰۱ گرم و برای برداشتن میزان مایع لازم از پیپت مدرج با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌لیتر استفاده شد.

جهت دستیابی به یک ترکیب کاملاً هموزن و شرایط اختلاط یکسان برای تمام نمونه‌ها، عمل مخلوط کردن پودر و مایع توسط آمالگاماتور انجام گرفت. پودر آمالگام و جیوه از داخل کپسول‌های آمالگام خارج و کپسول بطور کامل تمیز می‌شد تا هیچگونه آلودگی در آن باقی نماند. قبل از آماده‌سازی هر نمونه پودر داخل کپسول ریخته می‌شد و سپس حجم مشخص آب مقطر (۰/۱۳۳ میلی‌لیتر) به آن اضافه به مدت ۳۰ ثانیه توسط آمالگاماتور با سرعت متوسط مخلوط می‌گردید.

مخلوط حاصل توسط قلم پانسمان به استوانه شیشه‌ای که بر روی سطح صاف و صیقلی یک اسلب شیشه‌ای قرار داشت منتقل و به مدت ۳۰ ثانیه تحت ارتعاش دستگاه اولتراسونیک قرار می‌گرفت. برای این منظور از دستگاه اولتراسونیک Spartan MTS (Obtura/Spartan, Missouri) با قدرت متوسط (۵ از ۱۰) استفاده شد. در نهایت بر روی ماده داخل استوانه پنبه مرطوب قرار گرفت و استوانه شیشه‌ای به داخل اپندروفی که در قسمت انتهایی آن پنبه مرطوب قرار داشت منتقل شد و روی آن نیز با پنبه مرطوب پوشانده شد (شکل ۱).



شکل ۱- قرار دادن پنبه مرطوب بر روی ماده داخل استوانه و انتقال به اپندروف

نحوه آماده‌سازی نمونه‌های گروه ۳ و ۴ مانند گروه ۱ و ۲ بود با

برابر با آب مقطر استفاده شود. برای این منظور بعد از خون‌گیری از فرد داوطلب، مقدار ۱۳۰/۰ میلی‌لیتر از آن توسط سرنگ انسولین جدا می‌شد و برای اختلاط با پودر به داخل کپسول آمالگام منتقل می‌شد، سایر مراحل مشابه گروه‌های ۳ و ۴ بود. هر دو ماده مورد بررسی بعد از مخلوط شدن با خون نسبت به زمان مخلوط شدن با آب مقطر ویسکوزیته بیشتری داشتند.

با توجه به توضیحات بالا آماده‌سازی نمونه‌ها بطور خلاصه به صورت زیر بود:

گروه‌های ۱ و ۲: آماده‌سازی ماده طبق دستور کارخانه سازنده (گروه کنترل)

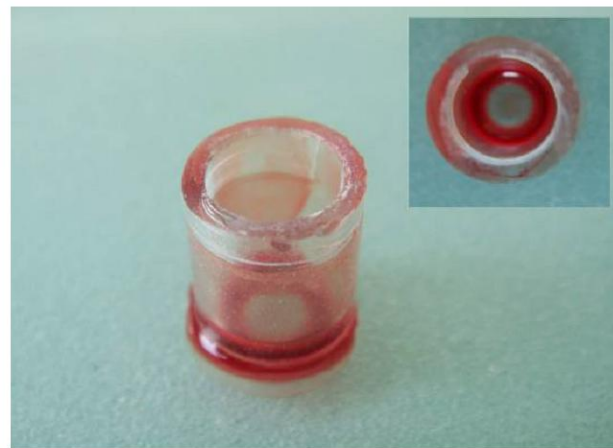
گروه‌های ۳ و ۴: آماده‌سازی ماده طبق دستور کارخانه سازنده + آلودگی جداره استوانه‌ها با خون + تماس سطح تحتانی ماده با خون

گروه‌های ۵ و ۶: مخلوط نمودن مواد مورد مطالعه با خون + آلودگی جداره استوانه‌ها با خون + تماس سطح تحتانی ماده با خون

کلیه نمونه‌ها به مدت ۹۶ ساعت در دستگاه Incubator و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بعد از خارج شدن از Incubator سطح مواد در تمامی نمونه‌ها توسط آب مقطر شستشو داده شد تا آلودگی سطحی حذف شود. سپس کلیه نمونه‌ها کد گذاری شدند تا فردی که بررسی میزان ریزسختی مواد را بر عهده داشت از اینکه هر نمونه به کدام گروه تعلق دارد بی‌اطلاع باشد. در ادامه سطح نمونه‌ها به ترتیب توسط کاغذ سیلیکون کارباید به شماره‌های ۶۰۰ و ۱۲۰۰ (grit) پالایش شد و سپس نمونه‌های پالایش شده توسط دستگاه Mitutoyo MVR G1 (Tokto-Japan) تحت آزمایش سنجش میزان ریزسختی Vickers قرار گرفتند.

برای تعیین مناسب‌ترین نیرو جهت سنجش ریزسختی بر روی یک نمونه pilot نیروی حداقل ۱۰ گرم به مدت ۱۰ ثانیه اعمال شد، این نیروی ۱۰ گرمی عملاً تأثیر قابل مشاهده‌ای بر سطح ماده نداشت لذا مقدار نیرو با فواصل ۵۰ گرمی تا ۵۰۰ گرم افزایش یافت. نیروی ۵۰۰ گرمی خواناترین اثر را ایجاد کرد بنابراین برای نمونه‌های اصلی از نیروی ۵۰۰ گرم به مدت ۱۰ ثانیه استفاده گردید. بر این اساس نحوه اندازه‌گیری ریزسختی بدین ترتیب بود که یک سنبه فرورونده الماسی (Indenter) به شکل هرم مربع القاعده با زاویه رأس ۱۳۶ درجه نیرویی معادل ۵۰۰ گرم را به مدت ۱۰ ثانیه بر سطح ماده اعمال

این تفاوت که قبل از قرار دادن مواد، دیواره داخلی استوانه با خون فرد داوطلب آلوده شده و سطح ماده نیز در تماس با خون قرار می‌گرفت (اشکال ۲، ۳). برای آلوده کردن جداره استوانه با خون، ابتدا استوانه با خون پر می‌شد و سپس خون اضافه آسپیره می‌شد تا تنها دیواره استوانه آلوده باقی بماند. تمامی افراد داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند و قبل از اقدام برای خون‌گیری فرم رضایت‌نامه توسط آنها تکمیل و امضا شد.



شکل ۲- آلودگی جداره استوانه با خون



شکل ۳- فرار گیری سطح نمونه‌ها در تماس با خون

نحوه آماده‌سازی گروه‌های ۵ و ۶ مانند گروه‌های ۳ و ۴ بود با این تفاوت که مواد مورد مطالعه به جای مخلوط شدن با مایع پیشنهادی کارخانه با خون مخلوط شدند. با توجه به اینکه استاندارد در مورد مخلوط کردن این مواد با خون وجود ندارد و اینکه وزن مخصوص خون افراد مختلف متفاوت خواهد بود، تصمیم بر این شد که از حجم

انجام گرفت. ضمن اینکه مراحل آزمایش و تعیین میزان ریزسختی نمونه‌ها توسط فرد دیگری که از نحوه آماده‌سازی نمونه‌ها بی‌اطلاع بود انجام شد.

در این مرحله نتایج بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 مورد آنالیز قرار گرفت. جهت بررسی اثر آلودگی خون بر روی هر یک از مواد از آزمون آماری one-way ANOVA استفاده شد و با توجه به معنی‌دار بودن اختلاف واریانس‌ها (MTA سفید:  $p=0/015$  و MTA خاکستری:  $p=0/003$ ) از post hoc Tamhane استفاده گردید. به منظور مقایسه دو نوع MTA سفید و خاکستری در گروه‌های بدون آلودگی و آلودگی سطحی با خون از آزمون آماری t-test استفاده شد.

### یافته‌ها

در این قسمت برای راحتی خواننده گروه‌های مورد آزمایش به جای شماره با عبارات مخفف مشخص می‌شوند. حرف اول مربوط به ماده مورد بررسی خواهد بود: MTA سفید= W (White) و MTA خاکستری= G (Gray). حروف بعدی نشان دهنده نوع آلودگی می‌باشد: گروه بدون آلودگی؛ NC (No Contamination)، گروهی که سطح ماده در تماس با خون بود؛ BC (Blood Contamination) و گروهی که به جای آب مقطر با خون مخلوط شده بود؛ MB (Mixed with Blood). بر این اساس گروه‌های مورد مطالعه عبارتند از: WNC, GNC, WBC, GBC, WMB, GMB. دو نمونه از گروه GMB به دلیل اشکالات ایجاد شده طی مراحل کار، حذف شدند. میانگین و انحراف معیار میزان ریزسختی در گروه‌های مورد بررسی به قرار زیر بود:  $WNC=59/9 \pm 11/4$ ،  $GNC=45/9 \pm 7/5$ ،  $WBC=30/7 \pm 10/6$ ،  $GBC=27/9 \pm 9/2$ ،  $WMB=36/5 \pm 9/1$ ،  $GMB=18/4 \pm 7/8$  (جدول ۱).

می‌کرد که موجب ایجاد یک فرورفتگی در سطح آن می‌شد (شکل ۴).



شکل ۴- اثر سنجه فرورونده (Indenter) بر سطح ماده

این عمل در ۱۰ نقطه از سطح هر نمونه انجام شد. در زیر دستگاه هر اثر فرورفته به شکل یک مربع تیره دیده می‌شود که با مشخص کردن رئوس این مربع، میزان ریزسختی توسط دستگاه و با استفاده از فرمول زیر محاسبه خواهد شد:

$$HV = 0/102 \times (F/A) \{A = d^2 / [2 \times \sin(136/2)]\}$$

$$\Rightarrow HV = 0/1891 \times (F/d^2)$$

متغیرهای این فرمول عبارتند از:

F = نیرو بر حسب نیوتن

Vickers =  $0/1891$

d = میانگین دو قطر

A = سطح تحت فشار بر حسب میلی‌متر مربع

بعد از تعیین عدد سختی در هریک از فرورفتگی‌ها، میانگین ۱۰ عدد حاصل میزان ریزسختی Vickers را در نمونه مورد نظر مشخص کرد. تمامی مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها توسط یک فرد آموزش دیده

جدول ۱- حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار میزان ریزسختی در گروه‌های مورد مطالعه

SD	Mean	Max	Min	گروه
۱۱/۴۳۵۱۷	۵۹/۹۱۴۹	۹۱/۶۰	۲۹/۹۰	WNC
۱۰/۶۴۵۸۹	۳۰/۷۷۸۰	۴۹/۷۰	۱۱/۹۰	WBC
۹/۱۹۷۴۴	۲۶/۵۱۶۷	۵۴/۳۰	۱۰/۵۰	WMB
۷/۵۶۰۴۵	۴۵/۹۷۴۳	۶۱/۶۰	۶/۵۱	GNC
۹/۲۴۷۰۵	۲۷/۹۱۲۰	۴۹/۷۰	۱۰/۵۰	GBC
۷/۸۴۹۳۶	۱۸/۴۵۱۶	۴۹/۸۰	۲/۱۰	GMB

شدند. نویسندگان این مطالعه بر این عقیده هستند که اگرچه رطوبت پتانسیل تأثیرگذاری بر روی خواص فیزیکی و قابلیت سیل مواد ترمیم را دارد، حضور یا عدم حضور خون توانایی سیل MTA را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد.

Montellano و همکاران (۱۲) نیز در مطالعه‌ای مشابه بر روی دندان‌های کشیده شده به این نتیجه رسیدند که آلودگی با خون تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر قابلیت سیل MTA سفید ندارد. این در حالیست که آلودگی با بزاق ریزش باکتریال ماده را افزایش داد.

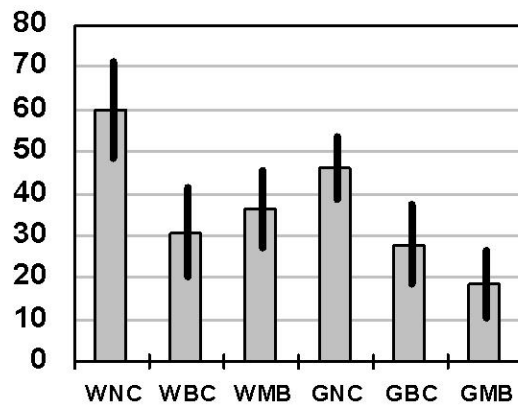
Vander Wee و همکاران (۶) در مطالعه‌ای آزمایشگاهی شرایط ترمیم پرפורیشن را بازسازی کردند و علاوه بر استفاده از مایعات مختلف برای آماده‌سازی MTA سفید تأثیر آلودگی خون را بر روی گیر ماده بعد از ۲۴ ساعت، ۷۲ ساعت و ۷ روز بررسی کردند. بعد از ۷ روز تمام نمونه‌های آلوده به خون گیر کمتری نسبت به نمونه‌های بدون آلودگی داشتند. نویسندگان توصیه می‌کنند که قبل از ترمیم پرפורیشن با MTA سفید خونریزی کنترل و خون اضافه از محل تخلیه شود.

در مطالعه حاضر نیز تفاوت بین گروه‌های بدون آلودگی و گروه‌هایی که با خون آلوده شده بودند برای هر دو نوع MTA سفید و خاکستری از نظر آماری معنی‌دار بود.

توجه به این نکته ضروریست که هر یک از این مطالعات شاخص جداگانه‌ای را برای بررسی تأثیر خون بر روی MTA، مورد توجه قرار داده‌اند بنابراین با توجه به تفاوت این شاخص‌ها مقایسه مستقیم نتایج امکانپذیر نیست، اما می‌توان نتایج این مطالعات را در کنار هم مورد بحث و بررسی قرار داد.

مطالعه ترابی‌نژاد و همکاران (۳) و همچنین Montellano و همکاران (۱۲) ریزش MTA را بررسی کرده‌اند درحالی‌که مطالعه حاضر و مطالعه Vander Wee و همکاران (۶) خصوصیات فیزیکی ماده را مورد توجه قرار داده است. این امکان وجود دارد که MTA با وجود داشتن خصوصیات فیزیکی ضعیف‌تر همچنان سیل قابل قبولی داشته باشد لکن به نظر می‌رسد که بررسی امکان حفظ این سیل به مدت طولانی با وجود خصوصیات فیزیکی ضعیف، نیازمند مطالعات طولانی‌تر می‌باشد. ضمن اینکه اعتبار مطالعات ریزش دای به دلایل مختلف از جمله عدم شباهت با شرایط کلینیکی زیر سؤال است (۱۳، ۱۴).

بدین ترتیب بیشترین میزان ریزسختی مربوط به گروه WNC و کمترین میزان مربوط به گروه GMB بود (نمودار ۱). در بررسی تأثیر آلودگی با خون بر روی ماده، تفاوت بین سه گروه NC، BC و MB در مورد هر دو نوع MTA سفید و خاکستری از نظر آماری معنی‌دار بود ( $p < 0.001$ ).



□ Mean±SD

نمودار ۱- میانگین و انحراف معیار میزان ریزسختی در گروه‌های مورد مطالعه

از جهت مقایسه مواد مختلف با هم، در مواردی که مواد به جای آب مقطر با خون مخلوط شده بودند (WMB، GMB) تفاوت بین دو نوع ماده از نظر آماری معنی‌دار بود ( $p < 0.001$ ).

اختلاف دو نوع MTA سفید و خاکستری در گروه‌های بدون آلودگی (WNC و GNC) ( $p < 0.001$ ) و در گروه‌های آلودگی سطحی با خون (WBC و GBC) نیز از نظر آماری معنی‌دار بود ( $p = 0.043$ ).

## بحث و نتیجه‌گیری

با وجود انجام مطالعات فراوان بر روی MTA مطالعاتی که تأثیر آلودگی خون را بر روی این ماده بررسی کرده‌اند، اندک هستند. ضمن اینکه مطالعاتی که دو نوع MTA سفید و خاکستری را با هم مقایسه کرده باشند نیز محدود است.

ترابی‌نژاد و همکاران (۳) میزان ریزش آمالگام، IRM، super-EBA و MTA خاکستری را به دنبال آلودگی با خون بررسی کردند. در این مطالعه که بر روی دندان‌های کشیده شده انجام گرفت در انتهای ریشه حفرات یکسان تهیه و قبل از قرار دادن ماده با خون پر

بعد از آماده‌سازی با آب مقطر در تماس با مقدار قابل توجه خون قرار گرفتند که باعث کاهش قابل ملاحظه ویسکوزیته ماده شد، بطوریکه عملاً امکان کاربرد ماده وجود نداشت و MTA قوام مشابه سیلر پیدا کرد.

با در نظر داشتن مطالب فوق گروهی از نمونه‌ها به جای آب مقطر با همان حجم خون مخلوط شدند تا در صورت دستیابی به نتایج قابل قبول، در شرایط کلینیکی که امکان حذف خون از محل نیازمند ترمیم وجود ندارد، از پودر خشک MTA در مجاورت خون استفاده شود. اما همانطور که ذکر شد میزان ریزسختی این گروه بطور معنی‌داری پایین بود؛ بنابراین توصیه اولیه هنگام استفاده از این دو ماده جلوگیری از آلوده شدن آنها با خون است.

از طرفی در مطالعه حاضر میزان ریزسختی MTA سفید به دنبال مخلوط شدن با خون به طور معنی‌داری بیشتر از زمانی بود که سطح ماده در تماس با خون قرار گرفت. در مورد MTA خاکستری شرایط برعکس بود. بر این اساس در شرایطی که امکان کنترل خونریزی و حذف خون از محل وجود ندارد، استفاده از پودر خشک MTA سفید می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

در اینجا توجه به دو نکته ضروری به نظر می‌رسد. اول اینکه هرچند میزان ریزسختی MTA خاکستری به دنبال مخلوط شدن با خون کمتر از شرایطی است که سطح ماده در تماس با خون بوده است، لکن همان گونه که ذکر شد اگر این ماده با آب مقطر مخلوط شود و سپس حجم قابل توجهی خون وارد ترکیب آن شود، خواص آن به طور کاملاً آشکار تحت تأثیر قرار می‌گیرد. لذا در مواقع عدم امکان حذف خون از محل که MTA سفید در دسترس نیست، بکارگیری پودر خشک MTA خاکستری همچنان منطقی به نظر می‌رسد، هرچند از نظر آماری قابل دفاع نیست.

نکته دوم توجه به مفهوم معنی‌دار بودن از نظر آماری و معنی‌دار بودن از نظر کلینیکی است. همان گونه که در قسمت نتایج ذکر شد میانگین و انحراف معیار میزان ریزسختی در گروه‌های WBC و WMB به ترتیب  $30.7 \pm 10.6$  و  $36.5 \pm 9.1$  و برای گروه‌های GBC و GMB به ترتیب  $27.9 \pm 9.2$  و  $18.4 \pm 7.8$  بود. بر این اساس اختلاف میانگین دو گروه، برای MTA سفید  $5/8$  (N/mm<sup>2</sup>) و برای MTA خاکستری  $9/5$  (N/mm<sup>2</sup>) بود. این درحالیست که میزان

با توجه به مشکلات مربوط به استفاده از خون کامل از نظر انعقاد و نیز مشکلات مرتبط با خون‌گیری از افراد مختلف، در این مطالعه تعداد ۱۰ نمونه از هر یک از مواد مورد بررسی در مجاورت آلودگی با سرم خون قرار گرفتند. با این هدف که در صورت تشابه نتایج حاصل در نمونه‌های آلوده به خون کامل با نمونه‌های آلوده به سرم خون، در مطالعات بعدی از سرم خون به جای خون کامل استفاده گردد. در مطالعه pilot سرم مورد نیاز از طریق سانتریفیوژ خون تازه فرد داوطلب تهیه شد، درحالیکه در مطالعه اصلی به جهت نیاز به حجم بیشتر سرم، از بسته‌های سرم سازمان انتقال خون استفاده شد. نکته جالب توجه، عدم سخت شدن نمونه‌های این گروه بود که موجب شد امکان مقایسه و گزارش نتایج وجود نداشته باشد. بعد از انجام بررسی‌های لازم مشخص شد که هرچند در سازمان انتقال خون به بسته‌های سرم، ماده نگهدارنده خاصی اضافه نمی‌شود ولی بسته‌های خون اولیه که به منظور تهیه سرم خون استفاده می‌شوند، حاوی مواد ضد انعقاد هستند. این مواد عبارتند از: سیترات، فسفات، آدنین و دکستروز. بر این اساس احتمالاً مقداری از این مواد در بسته‌های سرم خون نیز داخل شده‌اند و فرایند setting مواد را تحت تأثیر قرار داده‌اند. بنابراین امکان استفاده از بسته‌های سرم خون سازمان انتقال خون جهت انجام مطالعات مشابه وجود ندارد و استفاده از روش سانتریفیوژ خون تازه جهت تهیه سرم خون توصیه می‌گردد.

مطالعات مختلفی از مایعات مختلف جهت آماده‌سازی MTA استفاده کرده‌اند. طبق مطالعه Vander Weele و همکاران (۶) استفاده از لیدوکاین و سالیسین در شرایط بدون آلودگی خون به میزان استفاده از آب استریل قابل قبول بود. در مقابل محلول کلرید کلسیم ۳٪ و ۵٪ لوبریکنت‌های دارای بیس آب و ژل هیپوکلریت سدیم هرچند زمان ست شدن MTA را کم کردند اما استحکام فشاری آن را نیز به میزان قابل توجهی پایین آوردند (۱۵). MTA آماده شده با ژل کلرهگزیدین نیز سخت نمی‌شود (۱۶).

Fridland و همکاران (۱۷) گزارش کرده‌اند که مخلوط MTA در حضور مایع زیاد قوام خود را از دست می‌دهد، همچنین زمان سخت شدن طولانی MTA موجب شل شدن اولیه آن در حضور مایعات می‌شود (۱۸).

در مطالعه حاضر به طور آزمایشی و به عنوان pilot تعدادی نمونه

۴ میلی‌متر ذکر شده است (۷). در این مطالعه از ضخامت ۴ میلی‌متر استفاده شد و میزان ماده‌ای که برای ایجاد این ضخامت لازم بود به طور دقیق محاسبه گردید که برای تمام نمونه‌ها یکسان بود.

با توجه به این مطالب شاید تنها عاملی که در مطالعه حاضر می‌تواند تفاوت دو نوع MTA سفید و خاکستری را باعث شده باشد، اندازه ذرات ماده است. در صورت وجود ذرات با اندازه یکسان، با کاهش اندازه grit در هنگام ساییدن سطح یک سمان، میزان استحکام مکانیکی افزایش می‌یابد که این اثر در مورد MTA نیز قابل مشاهده است (۷). در مطالعه ما تمام نمونه‌ها به طور یکسان و به ترتیب با دیسک‌های سیلیکون کارباید grit ۱۲۰۰ و grit ۶۰۰ پالیش شدند. بنابراین به نظر می‌رسد که تفاوت اندازه ذرات دو ماده اهمیت ویژه‌ای در اثرگذاری بر روی خواص مکانیکی آنها داشته است.

همانطور که ذکر شد اندازه ذرات MTA سفید کوچکتر از نوع خاکستری است (۱۹) که می‌تواند توجیه کننده ریزسختی بالاتر نوع سفید باشد. این یافته با مطالعه Danesh و همکاران (۷) که در آن MTA سفید سختی بالاتری نسبت به سمان پرتلند داشت، همخوانی دارد. اندازه ذرات سمان پرتلند بزرگتر از MTA سفید است (۲۱،۷).

در مطالعه حاضر نشان داده شد که آلودگی توسط خون می‌تواند به شکل قابل توجهی میزان ریزسختی MTA سفید و خاکستری را کاهش دهد. بنابراین توصیه می‌شود در موارد کاربرد این دو ماده تا حد امکان از آلودگی محیط کار با خون جلوگیری شود و در صورت بروز هر گونه آلودگی در جهت حذف کامل آن اقدام شود. در مواردی که امکان کنترل کامل خونریزی و حذف خون از محیط کار وجود ندارد، می‌توان استفاده از پودر خشک MTA سفید را مدنظر قرار داد.

ریزسختی این دو ماده در شرایط ایده‌آل برای MTA سفید نزدیک به  $60(N/mm^2)$  و برای MTA خاکستری نزدیک به  $46(N/mm^2)$  بوده است. با توجه به این نکات هرچند اختلاف این گروه‌ها با استفاده از آزمون آماری معنی‌دار بوده است، اما اهمیت آن از نظر کلینیکی قابل تأمل است. در زمینه مقایسه دو نوع MTA سفید و خاکستری مطالعات محدودی موجود است. مطالعات نشان داده‌اند که تفاوت عمده این دو ماده میزان کمتر اکسیدهای آلومینیوم، منیزیم و آهن در نوع سفید است (۱۵). در ضمن MTA سفید در کل نسبت به نوع خاکستری ذرات کوچکتری دارد (۱۹). اما تا به حال مطالعه‌ای میزان سختی این دو ماده و اثر آلودگی با خون را بر آن مقایسه نکرده است.

در این مطالعه میزان سختی MTA سفید در شرایط یکسان بیشتر از نوع خاکستری بود. بر اساس نتایج حاصل میزان ریزسختی MTA سفید در هر سه گروه مورد بررسی (NC، BC و MB) به طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از MTA خاکستری بود. سختی MTA به اندازه ذرات سمان نسبت پودر و مایع، دما و رطوبت و میزان هوای محبوس شده در مخلوط وابسته است (۱۸). در مطالعه حاضر نسبت پودر و مایع در مورد تمام نمونه‌ها بطور دقیق اندازه‌گیری شد. دما و رطوبت نگهداری مواد نیز برای تمام نمونه‌ها یکسان بود. ضمن اینکه نحوه آماده‌سازی مواد نیز کاملاً یکسان بود.

Matt و همکاران (۲۰) گزارش کرده‌اند که ضخامت ۵ میلی‌متر MTA سختی بیشتری نسبت به ضخامت ۲ میلی‌متر از ماده دارد. Danesh و همکاران (۷) جهت بازسازی شرایط کلینیکی از ضخامت ۵ میلی‌متر استفاده کردند. این در حالیست که حداقل ضخامت توصیه شده برای جراحی پری اپیکال ۳ میلی‌متر و برای apexification،

## منابع:

- 1- Nekoofar MH, Adusei G, Sheikh Rezaiee MS, Hayes SJ, Bryant S. The effect of condensation pressure on selected physical properties of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2007; 40: 453-61.
- 2- Bozeman TB, Lemon RR, Eleazer PD. Elemental analysis of crystal precipitate from gray and white MTA. *J Endod* 2006; 32: 425-8.
- 3- Torabinejad M, Higa RK, Mckendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials : Effect of blood contamination. *J Endod* 1994; 20: 159-63.
- 4- Arens DE, Torabinejad M. Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate : two case reports. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994; 86: 84-8.
- 5- Montellano AM, Schwartz SA, Beeson TJ. Contamination of tooth-colored mineral trioxide aggregate used as a root-end filling material : *J Endod* 2006; 32: 452-5.
- 6- Vander Weele RA, Schwartz SA, Beeson TJ. Effect of blood contamination on retention characteristics of MTA when mixed with different liquids. *J Endod* 2006; 32: 421-4.
- 7- Danesh G, Damaschke T, Gerth HUV, Zandbiglari T, Schafer E. A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *Int Endod J* 2006; 39: 213-9.
- 8- Namazikhah MS, Nekoofar MH, Sheykh rezaie MS,

- Salariyeh S, Hayes SJ, Bryant ST, Mohammadi MM, Dummer PMH. The effect of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2008; 41: 108-16.
- 9-** Bentz DP. Cement hydration: building bridges and dams at the microstructure level. *Materials and Structures* 2007; 40: 397-404.
- 10-** Gilman JJ. Chemical and physical "hardness". *Materials Research Innovations* 1997; 1: 71-6.
11. Blake A. *Handbook of Mechanics, Materials, and Structures*. 1<sup>st</sup> ed. New York: Wiley-IEEE, 1985.
- 12-** Montellano AM, Schwartz SA, Thomas J. Contamination of tooth-colored mineral trioxide aggregate used as a root-end filling material: A bacterial leakage study. *J Endod* 2006; 32: 452-5.
- 13-** Goldman M, Simmonds S, Rush R. The usefulness of dye penetration studies re-examined. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989; 67: 327-32.
- 14-** Spandberg LS, Acierno TG, Yongbum CB. Influence of entrapped air on accuracy of leakage studies using dye penetration methods. *J Endod* 1989; 15: 548-51.
- 15-** Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. *Dent Mat* 2008; 24: 149-64.
- 16-** Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effect of various additives on setting properties of MTA. *J Endod* 2006; 32: 569-72.
- 17-** Fridland M, Rosado R. Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder ratio. *J Endod* 2003; 19: 814-7.
- 18-** Lee ES. A new mineral trioxide aggregate root-end filling technique. *J Endod* 2000; 26: 764-5.
- 19-** Duarte MAH, de Oliveria Demarchi ACC, Yamashita JC, Kuga MC, de Campos Fraga S. pH and calcium ion release of two root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003; 95: 345-7.
- 20-** Matt GD, Thorpe 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: 876-9.
- 21-** Komabayashi T, Spangberg LSW. Comparative analysis of the particle size and shape of commercially available mineral trioxide aggregates and Portland cement: a study with a flow particle image analyzer. *J Endod* 2008; 34: 94-8.