

## مقایسه میزان ریزش آپیکال کانال‌های ریشه پر شده توسط MTA با کانال‌های پر شده توسط گوتا‌پرکا به روش تراکم جانبی

دکتر مهدی تبریزی‌زاده<sup>†</sup> - دکتر زاهد محمدی<sup>\*\*</sup> - دکتر محمد جواد برزگر بفرویی<sup>\*\*\*</sup>

\*استادیار گروه آموزشی اندودنتیکس دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

\*\*استادیار گروه آموزشی پاتوبیولوژی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد

\*\*\*دندانپزشک

**Title:** Comparison of the apical leakage of root canals filled with MTA with those filled with gutta percha and lateral condensation technique.

**Authors:** Tabrizizadeh M. Assistant Professor\*, Mohammadi Z. Assistant Professor\*\*, Barzegar Bafruyi MJ. Dentist

**Address:** \*Department of Endodontics, School of Dentistry, Yazd Shahid Sadughi University of Medical Sciences

\*\*Department of Pathobiology, School of Medicine, Yazd Shahid Sadughi University of Medical Sciences

**Background and Aim:** Sealing the root canal system is of great importance in endodontic treatment especially in infected teeth. Several materials have been introduced for this purpose. The aim of the present study was to evaluate the sealing ability of MTA as an orthograde root filling material and compare it with laterally condensed gutta-percha with sealer.

**Materials and Methods:** Thirty-six extracted human maxillary central and canine teeth were used in this experimental study. After preparation and surface disinfection with 1% NaOCl solution, the crowns of the teeth were cut at cemento-enamel junction. Roots were randomly divided into four groups: two experimental groups of 15 roots each (gutta-percha with AH26 sealer and MTA) and two control groups of 3 roots each (positive and negative). After root canal preparation and filling, the sealing ability of each technique was assessed by immersion in 1% methylene blue dye for 72 hours. Then the teeth were cleared and the extent of dye penetration was measured with a stereomicroscope. Data were analyzed by T-test with  $P < 0.05$  as the level of significance.

**Results:** The results showed that the mean microleakage was 1.1mm (SD=2.1) in the gutta percha group and 3.4mm (SD= 2.1) in the MTA group. This difference was statistically significant ( $P=0.013$ ).

**Conclusion:** Based on the results of this study, canal obturation with gutta-percha and AH26 sealer may provide a better apical seal compared with MTA. However, further studies on microbial leakage are needed for more precise evaluation of the sealing ability of MTA.

**Key Words:** Canal obturation; MTA; Dye penetration; Apical Microleakage

### چکیده

**زمینه و هدف:** مهر و موم نمودن کانال ریشه پس از خارج کردن پالپ به ویژه در کانال‌های عفونی از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است. در این راستا مواد متعددی معرفی شده‌اند. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی قابلیت مهر و موم کنندگی اپیکالی MTA به عنوان ماده پرکننده کانال در مقایسه با تکنیک استاندارد تراکم جانبی گوتا‌پرکا بود.

**روش بررسی:** در این مطالعه تجربی از ۳۶ دندان تک کانال سنترال و کانین فک بالای انسان استفاده شد. پس از آماده و ضد عفونی کردن دندان‌ها توسط محلول ۱٪ هیپوکلریت سدیم، تاج آنها از ناحیه سرویکال قطع شد. سپس دندان‌ها به طور تصادفی به چهار گروه تقسیم شدند: گروه MTA (n=۱۵)، گروه گوتا‌پرکا و سیلر AH26 (n=۱۵) و گروه‌های کنترل منفی و مثبت که هر کدام شامل سه دندان بودند. کانال دندان‌ها در هر چهار گروه با روش step back آماده‌سازی شد. پس از پر کردن کانال‌ها با مواد مورد نظر تمام دندان‌ها به مدت ۷۲ ساعت در داخل رنگ متیلن بلو ۱٪ قرار گرفتند. سپس شفاف‌سازی دندان‌ها

<sup>†</sup> مؤلف مسؤول: نشانی: یزد- صندوق پستی ۳۵۴-۸۹۱۷۵

تلفن: ۰۳۵۱۵۲۳۳۷۷۷-۰۹۱۳۱۵۳۳۵۷۵-نشانی الکترونیک: tabrizizadeh@yahoo.com

انجام پذیرفت و در نهایت میزان نفوذ رنگ با استفاده از میکروسکوپ اندازه‌گیری شد. نتایج بدست آمده با تست آماری T با  $P < 0.05$  به عنوان سطح معنی‌داری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** میانگین و انحراف معیار نفوذ رنگ در گروه گوتا‌پرکا و سیلر  $2/1 \pm 1/1$  میلی‌متر و در گروه MTA  $3/4 \pm 2/1$  میلی‌متر بود. آنالیز آماری تفاوت بین دو گروه آزمایش معنی‌دار بود ( $P = 0.013$ ).

**نتیجه‌گیری:** بر اساس مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که پرکردن کانال با استفاده از گوتا‌پرکا و سیلر AH26 مهر و موم اپیکالی بهتری نسبت به MTA ایجاد می‌کند ولی انجام مطالعات با روش‌های متفاوت مثل نفوذ میکروبی برای بررسی دقیقتر توانایی قابلیت مهر و موم‌کنندگی MTA ضروری می‌باشد.

**کلید واژه‌ها:** پرکردن کانال؛ MTA؛ نفوذ رنگ؛ ریزش آپیکال

وصول: ۸۵/۱۰/۰۹ اصلاح نهایی: ۸۶/۰۶/۲۴ تأیید چاپ: ۸۶/۰۹/۱۷

## مقدمه

این ماده پس از سفت شدن  $12/5$  می‌باشد که مشابه هیدروکسید کلسیم است. استحکام فشاری MTA پس از ۲۱ روز حدود  $70 \text{ Mpa}$  است که مشابه IRM و Super EBA می‌باشد ولی از آمالگام ( $31 \text{ Mpa}$ ) بسیار کمتر است (۵).

با توجه به اهمیت زیاد توانایی مهر و موم‌کنندگی برای یک ماده پرکننده کانال، می‌توان با بررسی مطالعات قبلی به این توانایی MTA پی برد. اغلب مطالعات انجام شده بر روی این ماده در مورد کاربرد آن به عنوان ماده پرکننده انتهای ریشه در جراحی‌های اندودنتیک بوده است. تحقیقات ترابی‌نژاد و همکاران، Bates و همکاران، Wu و همکاران، Adamo و همکاران، Andelin و همکاران و Xavier و همکاران توانایی مهر و موم‌کنندگی مناسب MTA به عنوان ماده پرکننده انتهای ریشه را نشان دادند (۶-۱۲). این قابلیت در موارد دیگری از قبیل کاربرد به عنوان apical plug، بستن سوراخ شدگی‌های ریشه و ماده مسدودکننده مدخل کانال تأیید شده است (۱۳-۱۷).

استفاده از MTA به عنوان ماده پرکننده کانال دارای مشکلاتی نیز می‌باشد. بعد از سفت شدن کامل MTA، خارج کردن آن در صورت نیاز به درمان مجدد غیر جراحی مشکل است. همچنین در صورت پر شدن کانال با MTA تهیه فضای post دشوار خواهد بود. بنابراین پرکردن کانال با MTA به صورت orthograde باید محدود به موارد خاصی باشد. کانال‌هایی با طول کوتاه یا دندان‌های نکروزه با اپکس باز (اپکسیفیکاسیون یک جلسه‌ای) می‌توانند موارد خوبی برای پر کردن با MTA باشند.

با توجه به محدود بودن مطالعات انجام شده در باره کاربرد MTA به عنوان ماده پرکننده کانال هدف از انجام این مطالعه مقایسه توانایی مهر و موم‌کنندگی این ماده با گوتا‌پرکا بود.

هدف از پرکردن کانال ریشه دندان جانشین کردن ماده خنثی به جای فضایی می‌باشد که پیش از این به وسیله بافت پالپ پر شده بود، به طوری که از عفونت مجدد کانال از طریق جریان خون، نشست بزاق از تاج دندان و ورود میکروارگانیسم‌ها از راه پرپودنشیوم جلوگیری به عمل آید.

مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که بدون حضور باکتری‌ها تقریباً هیچگونه ضایعه پالپی یا پری اپیکال متعاقب باز شدن پالپ به محیط دهان ایجاد نمی‌شود، در حالی که وقتی بافت پالپ در معرض باکتری‌ها یا سایر میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد ضایعات پری اپیکال ایجاد می‌شوند. بنابراین میکروارگانیسم‌ها عامل اصلی بیماری‌های پالپ و پری اپیکال هستند (۱).

همچنین مطالعات متعدد انجام شده در زمینه عوامل موفقیت درمان‌های اندودنتیک نشان می‌دهد که مهمترین عامل شکست، عدم مهر و موم مناسب کانال و در نتیجه نشست میکروب به داخل آن می‌باشد. بنابراین انتخاب موادی که توانایی ایجاد مهر و موم مناسب کانال را داشته باشد از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در طی سالین گذشته مواد متعددی برای پرکردن کانال معرفی شده است ولی کماکان گوتا‌پرکا رایج‌ترین و موفق‌ترین ماده می‌باشد (۲).

MTA (Mineral Trioxide Aggregate) که در سال ۱۹۹۳ توسط ترابی‌نژاد معرفی شد با توجه به خواص مناسب و توانایی مهر و موم‌کنندگی عالی می‌تواند به عنوان یک ماده پرکننده کانال مطرح شود (۳). اجزای اصلی MTA شامل تری کلسیم اکساید، تری کلسیم سیلیکات، اکسید بیسموت، دی کلسیم سیلیکات، تری کلسیم آلومینات، تترا کلسیم آلومینوفریت و کلسیم سولفات دی هیدرات است (۴). pH

**روش بررسی**

در این مطالعه تجربی از ۳۶ دندان تک کانال سانترال و کانین فک بالای انسان استفاده شد. نمونه‌ها از بین دندان‌های کشیده شده در مطب‌های خصوصی شهر یزد انتخاب شدند که جهت ضد عفونی نمودن به مدت ۲۴ ساعت در محلول هایپوکلریت سدیم ۱٪ قرار گرفتند.

جهت تسهیل در شکل‌دهی و تمیز کردن کانال‌ها، تاج تمام دندان‌ها از ناحیه اتصال بین مینا و سمان (CEJ) توسط توربین و اسپری آب با سرعت بالا قطع گردید. سپس یک فایل شماره ۱۵ داخل کانال هر دندان به اندازه‌ای وارد گردید که نوک فایل در انتهای ریشه دندان دیده شود. با کم کردن ۱ میلی‌متر از طول آن، طول بدست آمده به عنوان طول کارکرد جهت مراحل آماده‌سازی کانال در نظر گرفته شد.

جهت آماده‌سازی کانال‌ها ابتدا قسمت تاجی توسط فرزپیز و شماره‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب گشاد گردید و بعد قسمت اپیکال کانال تا فایل شماره ۸۰ به روش دستی آماده شد. عمل flaring با استفاده از تکنیک step back تا ۲ شماره بعد از فایل اصلی (MAF) یعنی تا شماره ۱۰۰ انجام شد. در طی درمان از یک فایل شماره ۱۵ به عنوان باز نگهدارنده (patency file) استفاده می‌شد. بدین ترتیب که پس از هر شماره فایلینگ فایل شماره ۱۵ به مقدار ۱ تا ۲ میلی‌متر از اپیکال فورامن رد می‌شد.

پس از آماده‌سازی کانال‌ها، ریشه‌ها به طور تصادفی به ۴ گروه به شرح زیر تقسیم شدند. گروه اول شامل ۱۵ دندان که توسط MTA پر شد. گروه دوم شامل ۱۵ دندان که توسط گوتا‌پرکا و سیلر AH26 به روش تراکم جانبی پر شد.

گروه سوم به عنوان کنترل منفی شامل ۳ دندان که ریشه آنها پر نشد و سطح ریشه و فورامن اپیکال به وسیله ۲ لایه لاک ناخن پوشیده شد.

گروه چهارم به عنوان کنترل مثبت شامل ۳ دندان که فقط یک گوتا‌پرکای شماره ۴۰ داخل کانال آن قرار داده شد و سطح ریشه به استثنای فورامن اپیکال به وسیله ۲ لایه لاک ناخن پوشیده شد.

**نحوه انجام کار در روش تراکم جانبی**

پس از پایان مراحل آماده‌سازی، کانال‌ها توسط مخروط کاغذی خشک شدند و مخروط اصلی گوتا‌پرکا با حصول اطمینان از وجود

tug back انتخاب گردید. سپس تمام دیواره‌های کانال با یک لایه نازک سیلر AH26 (Dentsply-USA) پوشانده شد. گوتا‌پرکای اصلی پس از آغشته کردن ۱/۳ اپیکال آن به سیلر AH26، درون کانال قرار گرفت و این گوتا‌پرکا توسط اسپریدر انگشتی مناسبی که با طول ۱ میلی‌متر کوتاه‌تر از طول کارکرد در کانال قرار گرفته بود به سمت دیواره‌های جانبی کانال فشرده گردید و پس از خارج کردن اسپریدر گوتا‌پرکای جانبی با اندازه مناسب به جای آن قرار گرفت. این کار تا زمانی که دیگر اسپریدر از محل مدخل کانال‌ها قادر به نفوذ در کانال نبود تکرار شد. گوتای اضافی با heat carrier مناسب قطع گردید و گوتا‌پرکای باقی مانده توسط یک کندانسور به سمت اپیکال فشرده شد. در پایان مدخل کانال‌ها توسط heat carrier به طول ۳ میلی‌متر خالی شد و مدخل کانال‌ها توسط پانسمن ZOE مهر و موم گردید.

**چگونگی مراحل کار در روش پرکردن با MTA**

پس از پایان مراحل آماده‌سازی و شکل‌دهی، کانال‌ها توسط مخروط کاغذی خشک شدند و MTA (Angelus-ساخت برزیل) طبق دستور کارخانه سازنده با مایع همراه مخلوط شد تا قوام سفتی بدست آید. سپس با استفاده از پلاگر دستی و فایل شماره ۳۰ که به نوک آن پنبه پیچیده شده بود در داخل کانال‌ها فشرده شد. برای اطمینان از تراکم مناسب MTA، از کانال‌ها رادیوگرافی تهیه گردید. در نهایت ۳ میلی‌متر بالای کانال‌ها توسط پانسمن ZOE مهر و موم شد.

**گروه کنترل منفی**

پس از پایان مراحل آماده‌سازی و شکل‌دهی، کانال‌ها توسط مخروط کاغذی خشک شده و مدخل کانال توسط پانسمن ZOE مهر و موم گردید.

**گروه کنترل مثبت**

پس از پایان مراحل آماده‌سازی و شکل‌دهی، کانال‌ها توسط مخروط کاغذی خشک گردید و یک گوتا‌پرکای شماره ۴۰ بدون استفاده از سیلر داخل هر کانال قرار داده شد. سپس حفره دسترسی با پانسمن ZOE مهر و موم گردید.

پس از پایان مراحل پرکردن کانال‌ها، دندان‌ها به مدت ۷ روز در رطوبت ۱۰۰٪ قرار داده شدند. برای این منظور دندان‌های هر ۴ گروه در داخل گاز خیس در داخل پاکت نایلونی قرار داده شد و گاز هر روز با استفاده از سرم فیزیولوژی استریل خیس گردید.

در گروه پر شده با MTA،  $3/4$  میلی‌متر ( $SD=2/1$ ) بود. این اختلاف با توجه به آزمون T از لحاظ آماری معنی‌دار بود ( $P=0/013$ ). در گروه کنترل منفی هیچگونه نفوذ رنگی دیده نشد و در گروه کنترل مثبت در تمامی نمونه‌ها نفوذ کامل رنگ بداخل کانال دیده شد که تایید کننده صحت آزمایش بود. در پایان مراحل کار و شفاف‌سازی در هنگام بررسی زیر میکروسکوپ جهت تعیین مقدار ریزش ترک طولی در ۲ نمونه از گروه گوتاپرکاسیلر و ۳ نمونه از گروه MTA مشاهده شد که از مطالعه خارج شدند.

### بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پرکردن کانال با MTA به صورت orthograde مهر و موم ضعیف‌تری نسبت به کانال‌های پر شده با گوتاپرکا و سیلر با تکنیک تراکم جانبی ایجاد می‌کند که با نتایج مطالعه Vizgirda و همکاران که با روش نفوذ رنگ انجام شد همخوانی دارد (۲) ولی در مطالعه AL-Hezaimi و همکاران مهر و موم MTA بهتر از گوتاپرکا بود (۱۸).

علت این اختلاف در نتایج می‌تواند ناشی از تفاوت روش‌های انجام مطالعه به خصوص از لحاظ نحوه بررسی میزان ریزش و همچنین نحوه قرار دادن MTA در داخل کانال باشد. در ارتباط با مورد اخیر لازم به ذکر است که جهت سهولت امکان قرار دادن MTA در کانال، لازم است که filing و flaring کانال بیشتر از حالت عادی انجام شود. با توجه به امکان تضعیف دیواره‌های کانال و یا سوراخ شدن ریشه این کار باید با در نظر گرفتن ضخامت عاج در سطوح مختلف ریشه صورت پذیرد.

در مطالعه ما و Vizgirda و همکاران از روش نفوذ رنگ برای بررسی نشسته استفاده شد (۲)، در حالیکه AL-Hezaimi و همکاران از روش نشسته میکروبی استفاده نمودند (۱۸). ارزیابی نفوذ خطی رنگ از سمت اپیکال یا کروئال رایج‌ترین روش آزمایشگاهی بررسی تطابق مواد پرکننده با دیواره‌های کانال می‌باشد.

در دهه‌های اخیر در اکثر تکنیک‌های ارزیابی کننده نشسته از مواد از قبیل رنگ، ایزوتوپ‌های رادیواکتیو یا باکتری‌ها و فرآورده‌های متابولیک آنها استفاده شده است. اما استفاده از رنگ به دلیل حساسیت

پس از یک هفته، به سطح همه نمونه‌ها لاک زده شد به طوری که در ۲ گروه آزمایش و کنترل مثبت همه سطح ریشه و حفره دسترسی به غیر از فورامن اپیکال با لاک پوشانده شد و در گروه کنترل منفی کل سطح ریشه و حفره دسترسی به علاوه اپیکال فورامن توسط لاک پوشانده شدند. در مرحله بعد نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در داخل محلول رنگی متیلن بلو ۱٪ در دمای  $25^{\circ}C$  قرار گرفتند. در انتهای این مرحله تمام نمونه‌ها با بافر فسفات سالین (PBS) شسته شد و سپس لاک‌ها به وسیله استن به آرامی پاک شد. به منظور ثابت ماندن pH، نمونه‌ها به مدت ۰/۵ ساعت در بافر فسفات سالین (PBS) قرار گرفتند.

### – نحوه انجام شفاف‌سازی (clearing)

مرحله دکلسیفیکاسیون

دندان‌ها به مدت یک هفته در محلول اسید نیتریک ۱۰٪ قرار گرفتند تا به طور کامل دکلسیفیه شوند. سپس نمونه‌ها به مدت یک روز در زیر شیر آب قرار داده شدند تا حالت اسیدی از بین برود و ابعاد نمونه‌ها حفظ شود.

مرحله آبگیری (dehydration)

با استفاده از ایزوپروپانیل الکل درجه بندی شده ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درجه عملیات دهیدراسیون انجام شد. زمان استفاده شده ۱ ساعت برای ایزوپروپانیل الکل ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه و ۲ ساعت برای ایزوپروپانیل الکل ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درجه و ۰/۵ ساعت برای ایزوپروپانیل الکل ۱۰۰ درجه بود.

مرحله شفاف‌سازی

برای انجام این مرحله از زایلن استفاده شد که نمونه‌ها به مدت ۳ ساعت در این محلول قرار گرفتند تا به طور کامل شفاف شوند.

اندازه‌گیری نفوذ رنگ

برای اندازه‌گیری از میکروسکوپ M6C-10 با عدسی چشمی مدرج به میلی‌متر و بزرگنمایی ۱۰ استفاده شد و مقدار رنگ نفوذ کرده برای تک تک کانال‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید. نتایج بدست آمده با تست آماری T و سطح معنی‌داری  $P<0/05$  مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

### یافته‌ها

نتایج بدست آمده از این مطالعه نشان داد که میانگین ریزش در گروه پر شده با گوتاپرکا و سیلر AH26،  $1/1$  میلی‌متر ( $SD=2/1$ ) و

می‌باشد که به علت قابلیت مهر و موم‌کنندگی و سازگاری بافتی عالی استفاده از آن برای پرکردن orthograde کانال پیشنهاد شده است ولی این نکته را نیز باید در نظر داشت که کاربرد MTA ممکن است محدودیت‌هایی را از لحاظ کلینیکی ایجاد کند. بدین ترتیب که در صورت نیاز به استفاده از post باید فضای آن بلافاصله پس از اتمام پرکردن کانال تهیه کرد. در صورتی که کانال با MTA پر شود تهیه فضای post مشکل‌تر است. همچنین پس از سفت شدن MTA خارج کردن آن از کانال مشکل خواهد بود. بنابراین در صورت پرکردن کانال با MTA انجام درمان مجدد غیر جراحی امکان‌پذیر نیست.

با توجه به نتایج این مطالعه توصیه می‌شود برای تایید کاربرد MTA به عنوان ماده پرکننده کانال، قابلیت مهر و موم‌کنندگی آن با استفاده از مدل‌های نشت باکتریایی و همچنین در کارآزمایی‌های بالینی مورد بررسی بیشتر قرار گیرد.

و سهولت کاربرد، رایج‌تر است. اساس مطالعات نفوذ رنگ این است که عمق نفوذ رنگ نشان دهنده فاصله میان پرکردگی کانال با دیواره‌های آن می‌باشد.

اندازه حباب‌ها و فضاهای خالی موجود در پرکردگی کانال و آبگریز بودن عاج و مواد پرکننده کانال بر روی میزان نفوذ رنگ تأثیر می‌گذارند. از طرفی در مطالعاتی که از ریز نشت میکروبی استفاده می‌شود عواملی از قبیل نحوه آماده‌سازی دندان‌ها، نوع میکروب مورد استفاده و قدرت تحرک آن و خاصیت ضد میکروبی سیلر و ماده پرکننده کانال می‌توانند بر روی نفوذ میکروب تأثیر داشته باشند. مطالعات مختلفی نیز تفاوت بین نتایج حاصله از آزمایش‌های نشت باکتریال و نشت رنگ را نشان داده‌اند. بنابراین باید تفسیر نتایج و تعمیم آن به شرایط کلینیکی با احتیاط صورت گیرد.

به طور کلی MTA یک ماده بسیار ارزشمند با کاربردهای متعدد

## منابع

- 1- Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1965 Sep;20:340-9.
- 2- Vizgirda PJ, Liewehr FR, Patton WR, McPherson JC, Buxton TB. A comparison of laterally condensed gutta-percha, thermoplasticized gutta-percha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. *J Endod.* 2004 Feb;30 (2):103-6.
- 3- 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 Dec;19 (12):591-5.
- 4- Fridland M, Rosado R. Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder ratios. *J Endod.* 2003 Dec;29 (12):814-7.
- 5- 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):349-53.
- 6- Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J Endod.* 1994;20:159-63.
- 7- Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod.* 1995 Mar;21 (3):109-12.
- 8- Bates CF, Carnes DL, del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod.* 1996 Nov;22 (11):575-8.
- 9- Wu MK, Kontakiotis EG, Wesslink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod.* 1998 Aug;24 (8):557-60.
- 10- Adamo HL, Buruiana R, Schertzer L, Boylan RJ. A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J.* 1999 May;32 (3):197-203.
- 11- Andelin WE, Browning DF, Hsu GH, Roland DD, Torabinejad M. Microleakage of resected MTA. *J Endod.* 2002 Aug;28 (8):573-4.
- 12- Xavier CB, Weismann R, de Oliveira MG, Demarco FF, Pozza DH. Root-end filling materials: apical microleakage and marginal adaptation. *J Endod.* 2005 Jul;31 (7):539-42.
- 13- Al-Kahtani A, Shostad S, Schifferle R, Bhambhani S. In-vitro evaluation of microleakage of an orthograde apical plug of mineral trioxide aggregate in permanent teeth with simulated immature apices. *J Endod.* 2005 Feb;31 (2):117-9.
- 14- Nakata TT, Bae KS, Baumgartner JC. JCP perforation repair comparing mineral trioxide aggregate and amalgam using an anaerobic bacterial leakage model. *J Endod.* 1998 Mar;24 (3):184-6.
- 15- Mah T, Basrani B, Santos JM, Pascon EA, Tjäderhane L, Yared G, Lawrence HP, Friedman S. Periapical inflammation affecting coronally-inoculated dog teeth with root fillings augmented by white MTA orifice plugs. *J Endod.* 2003 Jul;29 (7):442-6.
- 16- Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. Bacterial leakage with mineral trioxide aggregate or a resin-modified glass ionomer used as a coronal barrier. *J Endod.* 2004 Nov;30 (11):782-4.
- 17- Cummings GR, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate (MTA) as an isolating barrier for internal bleaching. *J Endod.* 1995; 21:228.
- 18- Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate cements. *J Endod.* 2005 Jun;31 (6):453-6.