Archive of SID

مطالعه میکروسکوپ الکترونی و میکروآنالیز مقایسه ای دو نوع ماده رتروفیل با اشعه X

دکتر محمد جعفراقبال*، دکتر سعید عسگری*، دکتر مسعود پریرخ**

An Electron Microscopic Study and Comparative Microanalysis of Two Root End Filling Material

[1]Eghbal MJ. ***DDS. MS.*** [1]Asgari S. ***DDS. MS.*** [2]Parirokh M. ***DDS. MS.***
[1]Associate. Prof., Dept of Endodontics, Dental School, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran-Iran. [2]Associate. Prof., Dept. of Endodontics, Dental School, Kerman University of Medical Sciences, Kerman-Iran.

Key Words: Root end filling, MTA, Electron microscope, X-ray analysis.

Purpose: This study was carried out for comparison of MTA and Root MTA (RMTA) by scanning electron microscope and energy dispersive spectrometer X-ray analysis.
Method & Materials: In this research two resin discs were used and in each disc three cavities with three mm depth were prepared. In each disc the cavities were filled with one type of MTA and incubated in 37C for 48 hours. Then, they were polished, carbon coated, observed and analyzed by the scanning electron microscope and the X-ray energy dispersive spectrometer.
Results: In both types of the cements results showed that calcium oxide (lime-CaO), silica (SiO_2) and bismuth oxide (Bi_2O_3) were the most component respectively. The amount of minor elements (Al_2O_3, MgO and FeO) was very lower in RMTA in comparison with MTA. There were some similarity and differences in the amount of trace elements in both types of cements.
Conclusion: There is a slit difference between the amounts of major elements in both types of MTA cements, but the amount of minor elements has a significant difference. ***Beheshti Univ. Dent. J. 2005; 23(2):206-213***

خلاصه

سابقه و هدف: کمتر از ده سال است که از **MTA** به عنوان ماده مناسب برای **Retrofilling** در جراحی های اندودانتیکس، پوشش مستقیم پالپ، پالپوتومی، بستن پرفوریشن در نواحی مختلف ریشه و درمان دندانهای با اپکس باز استفاده می شود. جدیداً ماده ای به نام **Root MTA (RMTA)** در ایران ساخته و به بازار عرضه شده و برای آن موارد مصرف متعددی مشابه با **MTA** ذکر گردیده است. این مطالعه با هدف آنالیز و مقایسه عناصر تشکیل دهنده این دو نوع ماده بوسیله میکروسکوپ الکترونی (SEM) با استفاده از اشعه X انجام شد.

مواد و روشها: در این تحقیق توصیفی دو دیسک رزینی آماده و در هر یک، سه حفره به عمق ۳ میلیمتر ایجاد شد. حفرات در هر دیسک با یک نوع MTA پر و به مدت ٤٨ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد در سرم فیزیولوژی نگهداری شدند. سپس نمونه ها پالیش و به وسیله کربن پوشانده شده و با استفاده از میکروسکوپ الکترونی(SEM) و الکترون پروب میکروآنالیز توسط اشعه ایکس مورد ارزیابی قرار گرفتند.

*دانشیار گروه اندودانتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
**دانشیار گروه اندودانتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان

www.SID.ir

Archive of SID

یافته ها: نتایج نشان داد ترکیبات اکسید کلسیم (CaO)، سیلیکا(SiO_2) و اکسید بیسموت(Bi_2O_3) به ترتیب بیشترین حجم سیمانها را تشکیل داده اند. مقادیر تری اکسید گوگرد (SO_3)، کلر، اکسید فسفر(P_2O_5) و دی اکسید تیتانیوم (TiO_2) در هر دو نوع MTA به هم نزدیک است. مقادیر اکسید منیزیم، (MgO)اکسید آلومینیوم (Al_2O_3)و خصوصاً اکسید آهن(FeO) در RMTA بسیار کمتر از MTA می باشد.

نتیجه گیری: درصد میزان ترکیبات اصلی در هر دو نوع سیمان به هم نزدیک است اما در خصوص ترکیبات فرعی میزان اکسیدهای آلومینیوم (۱۲۷٪+)، منگنز(۱۴۹٪+) و خصوصاً آهن (۱۲۷۴٪+) در MTA نسبت به RMTA افزایش یافته است. همچنین درصد اکسید عناصر تریس در دو نوع MTA به هم نزدیک است اما در MTA اکسید سدیم و پتاسیم یافت نمی شود.

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۲/۹/۱۸ تاریخ تأیید مقاله: ۸۳/۴/۶

واژه های کلیدی: MTA، آنالیز شیمیایی، میکروسکوپ الکترونی

مجله دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، سال ۱۳۸۴؛ جلد(۲)۲۳: صفحه ۲۰۶ الی ۲۱۳

مقدمه

تا سال ۱۹۹۳ برای رتروفیلینگ و بستن پرفوریشن ریشه‌ها از مواد متعددی استفاده می شد اما رایج ترین و مقبول ترین مواد برای این درمانها عبارت بودند از: آمالگام، سوپر EBA و IRM. در این سال با معرفی MTA به عنوان ماده ای جهت رتروفیلینگ درجراحی های اندودانتیکس و ترمیم پرفوریشن ریشه ها توسط ترابی نژاد و همکاران[۱،۲] تحولی عظیم در درمانهای معمول اندودانتیکس پدید آمد.

در مدت یک دهه پس از معرفی MTA، محققین با انجام تحقیقات گوناگون در زمینه Seal مناسب این ماده نسبت به سایر مواد رایج[۱-۶]، سازگاری نسجی مناسب از جنبه های عدم وجود آنتی ژنیسیتی، توکسیسیتی و موتاژنیسیتی[۷-۱۰]، تاثیر مثبت رطوبت و خون بر خصوصیات مورد انتظار ماده[۱۱] و ساخته شدن بافتهای سخت و نرم طبیعی در مجاورت ماده[۱۲-۱۶] توانستند برتریهای این ماده را نسبت به سایر مواد مورد استفاده نشان دهند. هم اکنون از MTA به عنوان یک ماده مناسب جهت رتروفیلینگ درجراحی های پری رادیکولار و ترمیم پرفوریشن در نقاط مختلف ریشه[۱۷]، درمان دندانهای نابالغ با اپکس باز[۱۸-۲۰]، پالپ تراپی دندانهای شیری[۲۱]، درمان تحلیل های داخلی و خارجی ریشه دندان[۲۲،۲۳]، پوشش مستقیم پالپ[۱۶،۲۴] و حتی برخی درمانهای پریودونتال[۲۵،۲۶] بهره گرفته می شود.

اگرچه تعداد زیادی از مقالاتی که خصوصیات MTA را از جنبه های گوناگون بررسی نموده‌اند تاکنون به چاپ رسیده اند اما در مورد آنالیز شیمیایی آن تحقیقات اندکی انجام شده است. ترابی نژاد و همکاران در سال ۱۹۹۵ به بررسی ترکیب شیمیایی MTA پرداختند و با استفاده از Energy Dispersive Spectrometer گزارش کردند که در MTA دو فاز مشخص وجود دارد که یکی از

www.SID.ir

Archive of SID

آنها ساختمانهای کریستالی است و دیگری یک ماده آمورف که ظاهر گرانولار دارد[۲۷]. درآن تحقیق عناصر تشکیل دهنده کریستالها و قسمت آمورف به صورت جداگانه آنالیز شده اند و نمی توان درصد ترکیبات را در کل سیمان برآورد نمود(جدول ۱).

جدول ۱- درصد عناصر تشکیل دهندهٔ سیمان MTA مطابق نتایج مطالعه ترابی نژاد در سال ۱۹۹۵ [۲۷]

ماده امورف	کریستالها	عناصر
۳۳	۸۷	Ca
۶	۲/۴۷	Si
Not identified	۱۰/۵۳	O_2
۴۹	Not identified	PO_4
۲	Not identified	C
۳	Not identified	Cl
۹۳	۱۰۰	جمع

Funteas (۲۰۰۳) در تحقیقی که به منظور مقایسه و آنالیز MTA و سیمان پرتلند انجام داد، گزارش کرد که اختلاف معنی داری بین ۱۴ ماده موجود در دو نوع سیمان وجود ندارد. او گزارش کرد که اکسید بیسموت تنها در MTA یافت شده است[۲۸].

از آنجا که MTA بسیار گران بوده و یکی از محدودیتهای استفاده از آن قیمت بالای آن می باشد اگر ماده ای جایگزین با قیمت کمتر تهیه و دردسترس قرار گیرد کمک بزرگی به بیماران می باشد. البته این امر به شرطی میسر و استفاده از آن قابل توصیه خواهد بود که ماده جدید از نظر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مورد تایید واقع شود.

جدیداً سیمانی به نام Root MTA در شیشه های دو گرمی به بازار ایران عرضه شده که در بروشور آن استفاده از آن در تمام درمانهای مختلفی که در بالا ذکر شده توصیه شده است. بنا بر اطلاعات موجود تاکنون در هیچ مطالعه ای آنالیز شیمیایی این ماده مورد بررسی قرار نگرفته است و مهمتر از آن اینکه با MTA مقایسه نشده است. بنابراین هدف از این مطالعه در وهله اول آنالیز شیمیایی ترکیبات موجود در دو نوع سیمان MTA و RMTA با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (x-ray analysis)، سپس مقایسه ترکیبات تشکیل دهنده دو نوع سیمان می باشد.

مواد و روشها

برای انجام این تحقیق توصیفی با استفاده از رزین Epon، دو دیسک رزینی به قطر ۲۵/۴ میلیمتر تهیه و در هر کدام با استفاده از فرز روند شماره ۴، سه سوراخ با عمق ۳ میلیمتر تراش داده شد. سپس دیسکها در دستگاه اولتراسوند به مدت ۵ دقیقه به منظور تمیز شدن کامل حفرات از خرده‌های تراش و دبری‌ها قرار گرفته و پس از شستشو با آب توسط پوار هوا خشک شدند. سیمان MTA (Pro Root MTA, Dentsply, Tulsa Dental, Tulsa, USA) و(RMTA,Salamifar Dental Supply,Tehran, Iran) بر مبنای دستور العمل شرکت سازنده مخلوط شده و توسط پلاکر مناسب در داخل حفرات پَک شدند. پس از آنکه هر سه حفره یک دیسک با یک نوع سیمان پر شدند، نمونه‌ها در ظرف محتوی سرم فیزیولوژی قرار

www.SID.ir

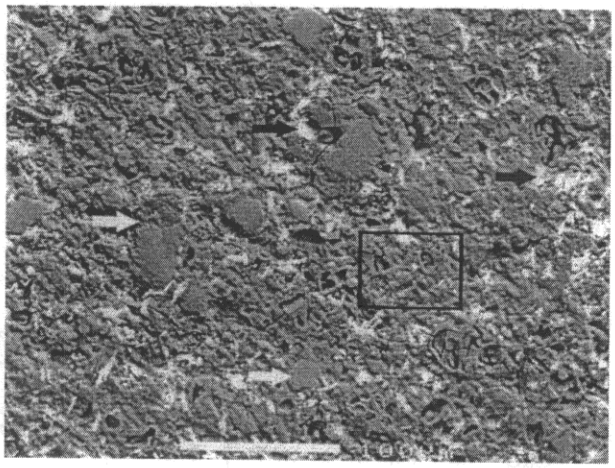
Archive of SID

گرفته و به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور ۳۷ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. سپس دیسکها به صورت یکسان با استفاده از ۳ نوع کاغذ سمباده ۲۰۰ , p12 p00 و p12000 در مجاورت جریان آب(به ترتیب از سخت به نرم) پالیش شدند و سطح آنها بوسیله دستگاه Dynavac CS300 با یک لایه نازک کربن به قطر تقریبی ۲۰ نانومتر پوشانیده شد. از میکروسکوپ الکترونی Jeol 6400 (ژاپن) با استفاده از energy dispresive spectrometer (آکسفورد اینسترومنت، انگلستان) برای آنالیز (Electron Probe Microanalysis) مواد موجود در سیمانها استفاده شد. مکانیزم عمل میکروسکوپ Joe P6400 برای تشخیص عناصر و آنالیز شیمیایی مواد براساس بازتاب الکترونها پس از برخورد به ماده می باشد و این دستگاه از دقت بسیار بالایی در آنالیز شیمیایی مواد برخوردار است.

پس از تنظیم دستگاه بر روی15 KV و nA۱ از هر حفره ۴ ناحیه انتخاب (به صورت قرار دادی مناطق ساعت ۶،۳ ۹ و۱۲) و با درشت نمایی ۲۰۰ برابر، آنالیز با استفاده از X-ray انجام و در مجموع برای هر نوع سیمان ۱۲ ناحیه مورد بررسی قرار گرفت. سپس میانگین و انحراف معیار مقادیر به دست آمده در دوازده ناحیه محاسبه و مورد مقایسه قرار گرفتند. در این مطالعه کربن به صورت تعمدی مورد آنالیز قرار نگرفت زیرا سطح تمام نمونه ها قبل از انجام کار با کربن پوشانیده شده بود به همین علت در نهایت میزان آب و دی اکسید کربن از کسر نمودن حاصل جمع سایر ترکیبات از عدد ۱۰۰ اندازه گیری شد.

یافته ها

با مشاهده سطح نمونه ها در درشت نمایی‌های مختلف مشخص شد که در هر دو نوع سیمانMTA و RMTA دو فاز کریستالی و آمورف موجود می باشد که کریستالها با اندازه های گوناگون در داخل فاز آمورف منتشر شده و علاوه بر این ذرات اکسید بیسموت به صورت دانه های سفید رنگ در داخل هر دو سیمان بصورت غیر منظم منتشر شده اند (شکل ۱و۲).

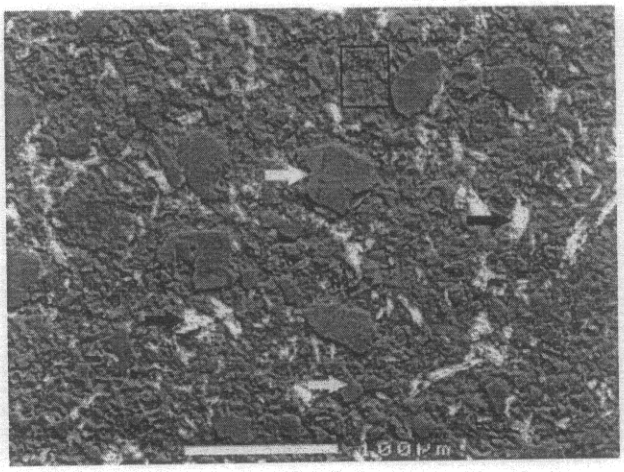


شکل ۱- نمای میکروسکوپ الکترونی (SEM) از سیمان RMTA نشان دهندهٔ ساختمانهای کریستالی (پیکانهای سفید) منتشر در زمینه آمورف گرانولار (فضای داخل مربع) می باشد. همچنین ذرات اکسید بیسموت (پیکانهای سیاه) با اندازه های متفاوت در داخل سیمان محبوس شده اند. (بزرگنمایی ۲۰۰ برار، شاخص سفید معادل یکصد میکرون)

میزان ترکیبات موجود در سیمانها در جدول شماره ۲ قابل ملاحظه می باشند. مجموع درصد وزنی مواد ذکر شده در جدول شماره ۲ در دو نوع RMTA و MTA بدون احتساب دی اکسید کربن و آب به ترتیب ۸۳/۳۸ و ۸۶/۲۸ می باشد. چنانچه در این جدول ملاحظه می شود میزان مواد اصلی(major) موجود در هر دو نوع

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر ۲- نمای میکروسکوپ الکترونی از سیمان MTA ساختمانهای مشابهی همچون سیمان RMTA را نشان می دهد (پیکان سفید، کریستالها، پیکان سیاه: ذرات اکسید بیسموت، مربع: ماده آمورف، شاخص سفید معادل ۱۰۰ میکرون بزرگنمایی ۲۰۰ برابر)

جدول ۲- نتایج الکترون پروب میکروآنالیز با اشعه x برای دو نوع سیمان MTA و RMTA

Cement	MTA		RMTA	
Element	Wt% Conc.	Error	Wt% Conc.	Error
CaO	۴۱/۰۹	۱/۸۳	۴۱/۶۴	۳/۲۶
SiO_2	۱۷/۲۶	۱/۳۹	۱۸/۵۴	۱/۴۳
Bi_2O_3	۱۶/۸	۱/۹۷	۱۵/۱۸	۳/۴۹
FeO	۴/۴۶	۰/۷۸	۰/۳۵	۰/۱۳
Al_2O_3	۴/۳۳	۰/۹۸	۳/۴۱	۰/۳۴
MgO	۳/۱	۰/۴۲	۲/۰۸	۰/۲۹
SO_3	۰/۵۲	۰/۱۳	۰/۵۵	۰/۱۴
Cl	۰/۴۳	۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۱۴
P_2O_5	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۱۵	۰/۰۸
TiO_2	۰/۰۷	۰/۱	۰/۱۲	۰/۰۹
Na_2O	نامشخص	-	۰/۶۴	۰/۲۲
K_2O	نامشخص	-	۰/۱۹	۰/۱۲
H_2O+CO_2	۱۱/۷۶		۱۶/۶۳	
Total	۱۰۰		۱۰۰	

سیمان شامل ترکیبات اکسید کلسیم(CaO)، سیلیکا (SiO_2) و اکسید بیسموت(Bi_2O_3) تا حدود ده درصد با یکدیگر تفاوت نشان می دهند. ترکیبات فرعی(minor) که شامل اکسید آلومینیوم (Al_2O_3)، اکسید منیزیم (MgO) و اکسید آهن (FeO) می باشند به ترتیب ۱۲۷، ۱۴۹ و ۱۲۷۵ درصد افزایش را در MTA نسبت به RMTA نشان می دهند. میزان اکسید عناصر تریس در این مطالعه به هم نزدیک است، اما اکسید سدیم و پتاسیم در MTA یافت نمی شوند.

بحث

در بررسی میکروسکوپ الکترونی هر دو نمونه، ۲ فاز جداگانه مربوط به ساختمان کریستالی درزمینه آمورف مشاهده شده، همچنین ذرات سفید منتشر که مبین وجود اکسید بیسموت در ترکیب سیمانها می باشند به وضوح قابل مشاهده اند. این یافته مشابه نتایج مطالعه ترابی نژاد و همکاران (۱۹۹۵) می باشد[۲۷].

اگرچه با این مدل از میکروسکوپ الکترونی می توان نمونه ها را با درشت نمایی تا سیصد هزار برابر مورد آنالیز با اشعه x قرار داد و بدین صورت می توان قسمت بسیار کوچکی از یک کریستال و یا ماده امورف را تحت بررسی قرار داد اما برای بررسی حجم مناسبی از سیمان که بتواند واجد عموم ترکیبات تشکیل دهنده سیمان باشد این مطالعه در درشت نمایی ۲۰۰ برابر ترتیب داده شد. علاوه بر آن برای حصول به حداکثر دقت از ۱۲ ناحیه مختلف آنالیزها صورت گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

چنانچه در جدول ۱ ملاحظه می‌شود ترابی‌نژاد و همکاران (۱۹۹۵) گزارش داده اند که تری کلسیم سیلیکات، تری کلسیم آلومینات، تری کلسیم اکسید، سیلیکات اکسید و مقادیر کمی از چند اکسید فلزی که در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی MTA نقش دارند در این سیمان وجود دارد. همچنین آنها گزارش کرده اند که یونهای کلسیم و فسفر ترکیب اصلی تشکیل دهنده سیمان می باشند[۲۸]. در مطالعه حاضر ترکیبات موجود در دو نوع سیمان در هر دو فاز به صورت یکجا مورد بررسی قرار گرفته، مشخص شد علاوه بر عناصر ذکر شده در مطالعه ترابی نژاد (۱۹۹۵) عناصر دیگری در ترکیب MTA وجود دارند که شامل اکسید آهن، اکسید منیزیم، اکسید گوگرد، کلر واکسید تیتانیوم می باشند (جدول ۲).

یکی از اختلافات مهم نتایج این مطالعه با یافته‌های مطالعه ترابی نژاد (۱۹۹۵) به میزان فسفر مربوط می باشد که در مطالعه حاضر میزان آن به نسبت مطالعه ایشان بسیار کمتر است. همچنین به علت عمل carbon coating که جزء لازم و اجتناب ناپذیر روش کار بود وجود کربن در این مطالعه مورد اندازه گیری با اشعه x قرار نگرفت. در حالی که ترابی نژاد و همکاران (۱۹۹۵) در مناطق آمورف نمونه های MTA کربن را به میزان ۲ درصد یافته اند اما در ناحیه کریستالی نمونه ها آن را پیدا نکرده اند که این خود موجب سوال است[۲۷].

از نظر عناصر تشکیل دهنده در دو نوع سیمان میزان اکسیدهای سیلیس، فسفر، گوگرد، بیسموت، کلسیم و عنصر کلر به هم نزدیک بودند اما میزان اکسید های منیزیم، آلومینیوم، تیتانیوم و آهن متفاوت بود. احتمالاً تفاوت در نتایج این مطالعه با یافته های ترابی نژاد و همکاران (۱۹۹۵) به روش کار مربوط می باشد. در این مطالعه مواد موجود در سیمان (قسمت کریستالی و ساختمان آمورف) به صورت یکجا بررسی و گزارش شده‌اند در حالی که در مطالعه ترابی نژاد (۱۹۹۵) کریستالها و ساختمان آمورف به صورت مجزا تجزیه و عناصر آن ذکر گردیده است. بدیهی است با توجه به عدم امکان تشخیص نسبت وزنی فاز آمورف و کریستالی MTA، ذکر میزان عناصر موجود در هرفاز و تسری دادن آن به ترکیب کل سیمان صحیح نمی باشد. بنابراین ارجحیت روش به کارگرفته شده در این مطالعه این است که اطلاعات و ارقام بدست آمده به ترکیب کل سیمانها مربوط می باشند.

از آنجا که میزان هرعنصر می تواند بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ماده موثر باشد بنابراین وجود عناصر یکسان در یک ماده با مقادیر و ترکیبات متفاوت ممکن است باعث ایجاد خصوصیات مختلفی در آن شود. با توجه به این اختلاف و عنایت به وجود سدیم و پتاسیم در RMTA و عدم وجود این دو عنصر در MTA احتمالاً می‌توان پیش بینی کرد که این اختلافات، اثراتی در خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی دو ماده داشته باشند. برای نمونه آهن که به نظر می رسد در رنگ ماده تاثیر داشته باشد در MTA به میزان ۴/۳۹٪ و درRMTA به میزان ۰/۳۵٪ وجود دارد و احتمالا به همین علت رنگ

www.SID.ir

Archive of SID

MTA از RMTA تیره تر می باشد.

نتیجه گیری

اندازه کریستالها در RMTA از MTA کوچکتر می باشند. میزان ترکیبات اصلی (Major) موجود در هر دو ماده شامل اکسید کلسیم، سیلیکا و اکسید بیسموت از مشابهت زیادی برخوردار است ولی در مورد برخی از ترکیبات و علی الخصوص اکسید آهن تفاوت چشمگیری مشاهده می شود که احتمالا همین تفاوت سبب ایجاد رنگ روشن شیری در سیمان RMTA نسبت به رنگ خاکستری MTA شده است. همچنین میزان عناصر Trace دارای مشابهت ها و اختلافاتی می باشد که بدین منظور لازم است تحقیقات دیگری برای مقایسه خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی این دو ماده صورت گیرد

تقدیر و تشکر

مولفین از کلیه اعضای شاغل در واحد میکروسکوپ الکترونی دانشگاه ملی استرالیا خصوصاً دکتر سالی استو رییس بخش میکروسکوپ الکترونی دانشکده تحقیقات علوم بیولوژی، دانشکده دندانپزشکی کرمان، دانشکده دندانپزشکی شهید بهشتی و مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی به خاطر همکاری آنان تشکر می نمایند.

References:

1. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M: Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993;**19**:541-4.
2. 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**:591-5.
3. Fischer EJ, Arens DE, Miller CH: Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material. *J Endod* 1998;**24**:176-9.
4. 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;**32**:197-203.
5. Tang HM, Torabinejad M, Kettering JD: Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. *J Endod* 2002;**28**:5-7.
6. Mangin C, Yesilsoy C, Nissan R, Stevens R: The comparative sealing ability of hydroxyapatite cement, mineral trioxide aggregate, and super ethoxybenzoic acid as root-end filling materials. *J Endod* 2003;**29**:261-4.
7. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD: Cytotoxicity of four root end filling materials. *J Endod* 1995;**21**:489-92.
8. Holland R, De Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabe PF, Dezan Junior E: Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *J Endod* 1999; **25**:161-6.
9. Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S: The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments.*Int Endod J* 2002;**35**:245-54.

www.SID.ir

Archive of SID

10. Saidon J, He J, Zhu Q, Safavi K, Spangberg LS: Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and Portland cement.*Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;**95**:483-9.

11. 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.

12. Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Brady K, McDonald F: Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *J Biomed Mater Res* 1997;**37**:432-9.

13. Zhu Q, Haglund R, Safavi KE, Spangberg LS: Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. *J Endod* 2000;**26**:404-6.

14. Faraco IM Jr, Holland R: Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dent Traumatol* 2001;**17**:163-6.

15. Holland R, de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabe PF, Dezan Junior E: Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *J Endod* 1999; **25**:161-6.

16. Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS: Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *Int Endod J* 2003;**36**:225-31.

17. Torabinejad M, Chivian N: Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1999;**25**:197-205.

18. Levenstein H: Obturating teeth with wide open apices using mineral trioxide aggregate: a case report. *S Afr J Commun Disord* 2002;**57**:270-3.

19. Shabahang S, Torabinejad M: Treatment of teeth with open apices using mineral trioxide aggregate. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 2000;**12**:315-20.

20. Witherspoon DE, Ham K: One-visit apexification: technique for inducing root-end barrier formation in apical closures. *Pract Proced Aesthet Dent* 2001;**13**:455-60.

21. Eidelman E, Holan G, Fuks AB: Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. *Pediatr Dent* 2001;**23**:15-8.

22. Hsien HC, Cheng YA, Lee YL, Lan WH, Lin CP: Repair of perforating internal resorption with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Endod* 2003;**29**:538-9.

23. White C Jr, Bryant N: Combined therapy of mineral trioxide aggregate and guided tissue regeneration in the treatment of external root resorption and an associated osseous defect. *J Periodontol* 2002;**73**:1517-21.

24. Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP: Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent Assoc* 1996;**127**:1491-4.

25. Wong K: Exarticulation and reimplantation utilizing guided tissue regeneration: a case report.*Quintessence Int* 2002;**33**:101-9.

26. Von Arx T, Britain S, Cochran DL, Schenk RK, Nummikoski P, Buser D: Healing of periapical lesions with complete loss of the buccal bone plate: a histologic study in the canine mandible.*Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;**23**:157-67.

27. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR: Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995;**21**:349-53.

28. Funteas UR, Wallace JA, Fochtman EW: A comparative analysis of Mineral Trioxide Aggregate and Portland cement. *Aust Endod J* 2003;**29**:43-4.

www.SID.ir