بیوسرامیک‌ها در اندودانتیکس بالینی

مترجمین:

دکتر محمد حسن زاده بیدگلی

دستیار تخصصی جراحی دهان فک و صورت دانشگاه علوم پزشکی مشهد، کمیته تحقیقات دانشجویی

دکتر علیرضا ابراهیم پور

دستیار تخصصی جراحی دهان فک و صورت دانشگاه علوم پزشکی مشهد، کمیته تحقیقات دانشجویی

سرشناسه	:	دروکتینیس، سائولیوسDrukteinis, Saulius
عنوان و نام پدیدآور	:	بیوسرامیک‌ها در اندودانتیکس بالینی / [ویراستاران سائولیوس دروکتینیس، جوزت کامیلری] ؛ مترجمین محمد حسن‌زاده بیدگلی، علیرضا ابراهیم‌پور.
مشخصات نشر	:	تهران : شایان نمودار ، ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری	:	۱۰۶ ص.: مصور (رنگی)، جدول؛ ۲۲×۲۹ س‌م.
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۲۳۷-۷۵۳-۴
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	عنوان اصلی: Bioceramic Materials in Clinical Endodontics ,۲۰۲۱.
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	دندانسازی -- مواد، Dental materials، سرامیک در پزشکی، Ceramics in medicine، مواد زیست‌پزشکی، Biomedi cal materials، آندودونتیک، Endodontics
شناسه افزوده	:	کامیلری، جوزت
شناسه افزوده	:	Camilleri, Josette
شناسه افزوده	:	حسن‌زاده بیدگلی، محمد، ۱۳۷۸-، مترجم
شناسه افزوده	:	ابراهیم‌پور، علیرضا، ۱۳۷۵-، مترجم
رده بندی کنگره	:	RK۶۵۲/۵
رده بندی دیویی	:	۶۱۷/۶۹۵
شماره کتابشناسی ملی	:	۹۸۶۴۵۳۵
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:	فیپا

نام کتاب: بیوسرامیک‌ها در اندودانتیکس بالینی

مترجمین: دکتر محمد حسن زاده بیدگلی، دکتر علیرضا ابراهیم پور

ناشر: انتشارات شایان نمودار

مدیر تولید: مهندس علی خزعلی

حروف چینی و صفحه‌آرایی: انتشارات شایان نمودار

طراح جلد: آتلیه طراحی شایان نمودار

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۵۰۰ جلد

تاریخ چاپ: پاییز ۱۴۰۳

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۳۷-۷۵۳-۴

قیمت: ۴,۹۰۰,۰۰۰ریال

دفتر مرکزی: تهران / میدان فاطمی / خیابان چهلستون / خیابان دوم / پلاک ۵۰ / بلوک B / طبقه همکف / تلفن: ۸۸۹۸۸۸۶۸

وب سایت: shayannemoodar.com

اینستاگرام: Shayan.nemoodar

(تمام حقوق برای ناشر محفوظ است. هیچ بخشی از این کتاب، بدوم اجازه مکتوب ناشر، قابل تکثیر یا تولید مجدد به هیچ شکلی، از جمله چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی، فیلم و صدا نیست. این اثر تحت پوشش قانون حمایت از مولفان و مصنفان ایران قرار دارد.)

فهرست

فصل ۱: طبقه‌بندی بایوسرامیک‌ها در اندودانتیکس ۵

فصل ۲: خصوصیات و ویژگی‌های مواد بیوسرامیکی در اندودانتیکس ۱۱

فصل ۳: کاربرد بیوسرامیک‌ها در وایتال پالپ تراپی ۲۴

فصل ۴: کابرد بیوسرامیک‌ها در بازسازی‌های اندودانتیک ۳۳

فصل ۵: کاربرد بیوسرامیک‌ها در آبچوراسیون کانال‌های دندان ۴۴

فصل ۶: بیوسرامیک‌ها در مدیریت عوارض اندودانتیک ۶۴

فصل ۷: بیوسرامیک‌ها در دندانپزشکی اطفال ۹۲

پیشگفتار

جزء جدایی ناپذیر در دندانپزشکی نوین برای داشتن لبخند زیبا و طبیعی، یک درمان ریشه موفق می‌باشد. بیوسرامیک‌ها و کابردهای بالینی آن همواره موضوع جالبی برای محققان حوزه دندانپزشکی بوده است. کتاب "کابردهای بالینی بیوسرامیک‌ها در اندودانتیکس"، با ارائه روش‌های نوین و کاربردهای بالینی بیوسرامیک‌ها در رشته‌های مختلف دندانپزشکی و درمان‌های ریشه متنوع، به نکاتی اشاره دارد که کمک می کند در آفرینش یک لبخند زیبا و حفظ یا ایجاد فانکشن دنتوآلوئولار موفقیت بیشتری داشته باشیم.

این کتاب طبقه‌بندی مواد مبتنی بر سیلیکات کلسیم هیدرولیک را بر اساس شیمی مواد توصیف می‌کند و بر جدیدترین مواد موجود در بازار تمرکز دارد. تکنیک‌های کلاسیک، اصلاح شده یا جدید مورد استفاده در اندودنتیکس مدرن ارائه و بررسی می‌شود.

ترجمه‌ی این کتاب قطعا خالی از اشکال نیست و مترجمین این کتاب با افتخار پذیرای اصلاحات لازم و نکات تکمیلی از مطالعه کنندگان این کتاب می‌باشند. کتاب پیش رو می‌تواند برای دانشجویان، دندانپزشکان، دستیاران تخصصی و اساتید محترم اندودانتیکس مفید باشد. در آخر از عوامل انتشارات محترم شایان نمودار که با دقت کافی در تدوین و آماده‌سازی کتاب برای چاپ تلاش کردند سپاسگزارم.

دکتر محمد حسن زاده بیدگلی

آذر ماه ۱۴۰۳

فصل ۱

طبقه‌بندی بایوسرامیک‌ها در اندودانتیکس

Josette Camilleri[1]

۱ مقدمه

در چند دهه گذشته تغییرات زیادی در اندودانتیکس ایجاد شده است. که مهمترین آنها معرفی روش‌های تحت بزرگنمایی و نورهای accentuated برای دید بهتر، استفاده از اولتراسونیک و معرفی mineral trioxide aggregate (MTA) جهت استفاده در پروسه‌های مختلف اندودانتیکس بود.

ابهامات و سوالات زیادی در مورد استفاده از MTA در اندودانتیک بالینی و دلیل محبوبیت این ماده وجود داشته و دارد. MTA، یک سیمان پرتلند (Portland cement) باذرات رادیواپک است که در اصل یکی از مصالح ساختمانی بوده که برای استفاده در دندانپزشکی بالینی و به طور خاص برای پر کردن انتهای ریشه (root-end filling) و ترمیم پرفوراسیون‌ها استفاده می‌شود [۱-۴]. عامل اصلی در معرفی MTA، خواص هیدرولیکی سیمان پرتلند بود. این ماده در صنعت ساختمان به خوبی مورد تحقیق قرار گرفته است و نشان داده شده است که در حضور آب خواص فیزیکی اش بهبود پیدا می‌کند [۵-۷]. ویژگی دیگر سیمان پرتلند که آن را در کاربردهای

اندودنتیک مهم می‌کند، واکنش جذب آب آن است. وقتی سیمان پرتلند با آب مخلوط می‌شود، اجزای تشکیل دهنده آن که "تری کلسیم و دی کلسیم سیلیکات" و "تری کلسیم آلومینات" هستند، تحت واکنش جذب آب قرار می‌گیرند و "کلسیم سیلیکات آبدار" و "کلسیم هیدروکسید" را از واکنش "سیلیکات" و "اترینگایت یا هگزاکلسیم آلومینات تری سولفات هیدرات" و "مونوسولفات" را از فعل و انفعالات "آلومینات" در حضور "کلسیم سولفات" که توسط سازنده به محصول اضافه می‌شود را ایجاد می‌کند. تشکیل هیدروکسید کلسیم، سیمان پرتلند را از چند جهت قابل استفاده می‌کند زیرا می‌تواند برای همه روش‌هایی که از کلسیم هیدروکسید استفاده می‌شود، قابل استعمال باشد، از جمله وایتال پالپ تراپی. به همین دلیل، مهمترین ویژگی‌های MTA را می‌توان شیمی خاص، جذب آب و خواص هیدرولیکی آن دانست. پیشنهاد شده است که MTA باید به عنوان سیمان کلسیم سیلیکات هیدرولیکی طبقه‌بندی شود [۸] زیرا این نامگذاری هم شیمی خاص آن و هم ویژگی‌های هیدرولیکی آن را در بر می‌گیرد و آن را در اندودنتیک کاملاً منحصر به فرد می‌کند. از زمان اتمام محدودیت‌های حق انحصار(patent)، مواد متعددی با شیمی مشابه به بالین معرفی شده است. این مواد و نامگذاری آن‌ها مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۲ طبقه‌بندی سمان‌های هیدرولیک

سیمان‌های هیدرولیک موجود در اعمال بالینی، دیگر مخلوطی ساده از سیمان پرتلند و رادیواپسیفایر و اکسید بیسموت با آب نیستند. تغییرات قابل توجهی در این مواد ایجاد شده است و بنابراین وجود یک طبقه‌بندی ضروری است [۹]. سیمان‌های هیدرولیک را می‌توان بسته به نوع استفاده طبقه‌بندی کرد. این طبقه‌بندی در جدول ۱ نشان داده شده است[۹]. این طبقه‌بندی برای کلینیسین‌ها مفید است؛ چرا که به دندانپزشک، در مورد

1. - J. Camilleri (*)
University of Birmingham, Birmingham, UK
e-mail:J.Camilleri@bham.ac.uk
© Springer Nature Switzerland AG 2021
S. Drukteinis, J. Camilleri (eds.), Bioceramic Materials in Clinical Endodontics,
https://doi.org/10.1007/978-3-030-58170-1_1

جدول ۱. طبقه‌بندی سیمان‌های هیدرولیک بر اساس کاربرد خاص آنها در اندودانتیکس [۹]

Location	Specific use
Intra-coronal	Pulp capping materials
	Regenerative endodontic cements
Intra-radicular	Root canal sealers
	Apical plug cements
	Perforation repair cements
Extra-radicular	Root-end filling materials
	Perforation repair cements

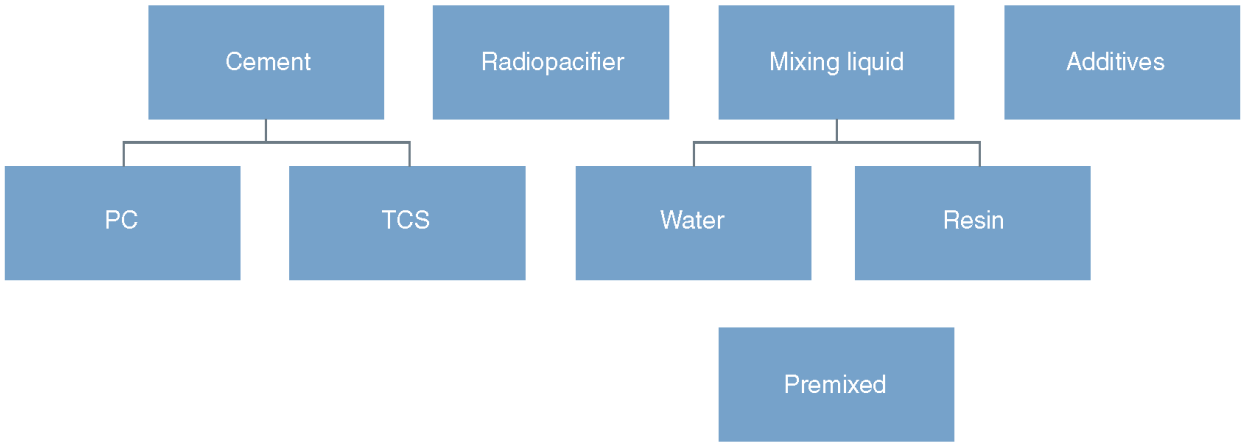
محیطی که این ماده در آن توسعه یافته و استاندارد خاصی که مواد مطابق آن ساخته شده اطلاعات می‌دهد.

طبقه‌بندی مناسب‌تر، بر اساس شیمی مواد است[۹]. فرمولاسیون اصلی و اولیه MTA بر اساس مخلوط سمان پرتلند با ذرات اپسیفایر مخلوط شده با آب بود. شکل ۱ اجزای مختلف چنین سیستم هایی را نشان می‌دهد و می‌تواند به طبقه‌بندی مواد بر اساس شیمی آنها کمک کند. چهار جزء اصلی سیستم‌های سیمانی هیدرولیک عبارتند از: خود سیمان، رادیواسیفایر، حامل(vehicle) و مواد افزودنی.

تغییرات این اجزا باعث ایجاد انواع مختلف سیمان‌های هیدرولیک می‌شود.

تا به امروز پنج نوع سمان هیدرولیک کلسیم سیلیکات ساخته شده که در جدول ۲ نشان داده شده است. انواع مختلف با اهداف خاصی برای غلبه بر کاستی‌های فرمول اصلی MTA ایجاد شده است. زیرطبقه‌بندی‌ها بیانگر تفاوت بین انواع سیمان پرتلند و آنهایی است که جزء اصلی سمانی آنها ساختگی(synthetic) است مشابه آنچه در سیمان‌های تری کلسیم سیلیکات وجود دارد. رادیواسیفایر طبقه‌بندی جداگانه‌ای ندارد، زیرا اگرچه بر ویژگی‌های مواد خاصی تأثیر می‌گذارد، اما شیمی سیمان را تغییر نمی دهد. سایر طبقه‌بندی‌ها بر اساس وجود یا عدم وجود مواد افزودنی و اینکه آیا مواد با آب مخلوط شده‌اند یا به صورت سوسپانسیون تحویل داده می‌شوند و با مایع موجود در محیط به منظور سخت شدن، تعامل دارند، صورت می‌گیرد. این طبقه‌بندی در چاپ اخیر با جزئیات شرح داده شده است [۹].

نوع ۱ شامل کلیه موادی است که بر اساس سیمان پرتلند ساخته شده‌اند و ممکن است ذرات رادیواپک داشته باشند یا نداشته باشند، مواد افزودنی ندارد و با آب مخلوط می‌شود. MTA یک سیمان نوع است که با محصول ProRoot MTA (Dentsply, Tulsa, OK, USA) شناخته می‌شود. سیمان پرتلند بدون اپسیفایر، که medical grade است (Medcem, Vienna,Austria)، هم سیمان نوع ۱ است. اکثر مارک‌های دیگر دارای مواد افزودنی هستند، بنابراین به عنوان سیمان نوع ۲ طبقه‌بندی می‌شوند. هدف این افزودنی‌ها افزایش آزادسازی اولیه کلسیم هیدروکسید است. مانند اکسید کلسیم در MTA Angelus (Angelus، Londrina، Brazil) [۱۰]،افزایش فعالیت زیستی مانند افزودن هیدروکسی آپاتیت در Bio MTA+ توسط Cerkamed (Cerkamed, Stalowa Wola, Poland) یا افزایش عملکرد مکانیکی و زمان ست شدن مانند MM-MTA Coltene) (Micro-Mega, Besancon, France که شامل "کلسیم کربنات" به عنوان فیلر و "کلسیم کلرید" به عنوان سرعت دهنده است[۱۱] جایگزینی آب با دیگر مواد حامل، سیمان نوع ۳ را میسازد.که شامل Endoseal (Gangwon-do, South Korea) و مواد از پیش مخلوط شده مشابه است. ست شدن این انواع سیمان بستگی به جذب مایعات از محیط اطراف دارد. MTA Fillapex بیشتر از "رزین سالیسیلات" تشکیل شده است، و TheraCal دارای یک ماتریکس رزین آب دوست قابل کیور با نور است، بنابراین می‌توان این مواد را



شکل ۱. نمودار سمان‌های هیدرولیک با کاربرد بالینی که اجزای اصلی انواع مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۲. طبقه‌بندی سیمان‌های هیدرولیک بر اساس شیمی آن‌ها

Type	Cement	Radiopacifier	Additives	Water
1	Portland cement	✔/X	X	✔
2	Portland cement	✔	✔	✔
3	Portland cement	✔	✔	X
4	Tricalcium/Dicalcium silicate	✔	✔	✔
5	Tricalcium/Dicalcium silicate	✔	✔	X

به عنوان سیمان هیدرولیک طبقه‌بندی کرد.

نوع ۴ (Biodentine, Septodont, SaintMaur- des-Fosses, France؛BioAggregate, BioCeramix inc., Vancouver, Canada) و نوع۵ (TotalFill, FKG, La Chaux-de-Fonds, Switzerland) بر پایه تری کلسیم سیلیکات هستند. در حالی که سیمان نوع ۴ باید با آب مخلوط شود نوع ۵ جزء از پیش مخلوط شده‌ها می‌باشد. اصطلاح (premixed) یا "از پیش مخلوط شده" نام گذاری نادرستی است چراکه عامل ضروری مورد نیاز برای جذب آب درنظر گرفته نشده است*. برای از پیش مخلوط بودن، مواد باید دارای تمام مؤلفه‌ها و بلاکرهای جذب آب باشند که در مورد مواد نوع ۵ صدق نمی‌کند.

هدف اولیه از معرفی مواد مبتنی برتری کلسیم سیلیکات، حذف سیمان پرتلند بود. استفاده از سیمان‌های جایگزین سیمان پرتلند به دنبال نگرانی هایی در مورد وجود آلومینیوم و عناصر کمیاب مانند کروم، آرسنیک و سرب در سیمان پرتلند بود. استفاده از سیلیکات تری کلسیم به عنوان جایگزینی برای سیمان پرتلند توسط BioCeramix Inc (Vancouver,Canada), ثبت شد، با ادعای فرمول بدون آلومینیوم سیمان هیدرولیک با شماره پتنت ۷۵۵۳۳۶۲ سال ۲۰۰۶ [۱۲]. فرمول اصلی BioAggregate (BioCeramix Inc., Vancouver, Canada)، بود که به صورت پودر و مایع به عنوان سیمان نوع ۴ ارائه شد. گزارشات بعدی جابجایی و سمیت احتمالی آلومینیوم با ردی از آن در سرم یک مدل حیوانی را نشان داد[۱۳] و نشان داد باعث ایجاد "استرس اکسیداتیو" در مغز می‌شود [۱۴]. نگرانی دیگر در مورد استفاده از سیمان‌های بر پایه سیمان پرتلند، عناصر کمیاب در سطوح بالاتر از استاندارد ISO برای سیمان‌های بر پایه آب است [۱۵]. این استاندارد فقط سطوح آرسنیک قابل استخراج با اسید در سمان‌های "زینک فسفات" و سمان‌های "پلی کربوکسیلات" و سرب را برای سیمان‌های مشابه و گلس آینومری را مشخص می‌کند. سطوح کروم افزایش یافته نیز نشان داده شدند. اگرچه آرسنیک و سرب قابل استخراج بیشتر از استانداردهای ISO بودند [۱۶-۱۸]، برخی از برند ها سطوح بیشتری از بقیه نشان می‌دادند[۱۹-۲۲]، leachate *تنها مقدار کمی از عناصر سنگین را نشان داد [۱۸، ۲۳]. مشابه آلومینیوم، آثار فلزات سنگین در مغز و کلیه حیوانات آزمایش شده تشخیص داده شد [۲۴]، بنابراین می‌تواند باعث نگرانی باشد.

علاوه بر جایگزینی سیمان پرتلند، BioCeramix Inc. [۲۵، ۲۶] و پتنت Septodont [۲۷، ۲۸] استفاده از افزودنی‌ها جهت ارتقای خصوصیات مواد را نشان می‌دهد. در پتنت BioCeramix Inc [۱۲، ۲۵، ۲۶]، "کلسیم فسفات مونوبازیک" اضافه می‌شود در حالی که در نمونه‌های Septodont [۲۷، ۲۸]، "کلسیم کربنات"، "پلیمر محلول در آب" و "کلراید کلسیم" اضافه می‌شود. برای هر دو نوع ماده، رادیواپسیفایرها جایگزینی مناسب برای اکسید بیسموت اند. نمونه‌های از پیش مخلوط شده BioCeramix Inc بعداً ثبت پتنت شد [۲۹]. این مواد در حال حاضر به عنوان EndoSequence BC (Brasseler، Savannah AU، USA)، TotalFill (Chauxde-Fonds, Switzerland, FKG, La) و iRoot (BioCeramix Inc.,) (Vancouver, Canada) به بازار عرضه می‌شوند. اگرچه برچسب‌های متفاوتی دارند اما مواد یکسانی دارند.

۳ بیوسرامیک‌ها و سیمان‌های هیدرولیک کلسیم سیلیکات

در تقسیم بندی بیوسرامیک‌ها یک سردرگمی وجود دارد Bioceramics تعریف گسترده تری از همه سمان‌های هیدرولیک کلسیم سیلیکات است. با این حال، اولین مقاله‌ای که به بیوسرامیک در اندودانتیکس اشاره کرده است به BioAggregate (BioCeramix Inc، Vancouver، Canada) برمی‌گردد[۳۰]. پتنت اختراع هم از این مواد به عنوان بیوسرامیک [۱۲] یاد می‌کند و این اصطلاح به وضوح به نوع جدیدی از مواد اشاره دارد که بر پایه سیلیکات تری کلسیم هستند و نشان دهنده تغییر در نوع سیمان و کمبود آلومینیوم در ترکیب آن می‌باشد. اولین مقاله هایی که کاربرد بالینی بیوسرامیک‌ها را بررسی کرده‌اند به همان نوع مواد اشاره دارد [۳۱، ۳۲]. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اصطلاح جدید برای تشخیص سمان‌های حاوی سیلیکات تری کلسیم از سیمان‌های با پایه سمان پرتلند ایجاد شده است، بنابراین نشان

شکل ۲. نمونه‌های بالینی مختلف از سمان هیدرولیک کلسیم سیلیکات (a) ProRoot MTA به صورت پودر و مایع، (b) MM-MTA در کپسول و تفنگ، (c) Bio-dentine نیز به صورت کپسول اما بدون تفنگ یا سرنگ، (d) MTA فلو که به صورت پودر و مایع است و دارای سرنگ یکبار مصرف برای سهولت کاربرد است (e) TotalFill BC به صورت از پیش مخلوط شده در سرنگ

می‌دهد که زیست سرامیک‌ها (بیوسرامیک) بی‌خطرتر و زیست فعال (bioactive) هستند.

۴ ارائه بالینی

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، سمان‌های هیدرولیک مبتنی بر کلسیم سیلیکات علاوه بر دارابودن مواد شیمیایی متمایز، در انواع مختلف ارائه شده اند.

۵ نتیجه گیری

بایوسرامیک‌ها در اندودانتیکس شامل موادی هستند که از سمان‌های بر پایه تری کلسیم سیلیکات در آزمایشگاه ساخته شوند و از آلومینیوم در ترکیب آنها استفاده نشده باشد. این مواد به عنوان سمان هیدرولیک کلسیم سیلیکات نوع ۴ و ۵ طبقه‌بندی می‌شوند و دارای شیمی و خواص ویژه‌ای هستند.

منابع

1. Torabinejad M, White JD. Tooth filling material and method of use. Patent number: 5415547; 1993.
2. Torabinejad M, White JD. Tooth filling material and method of use. Patent number: 5769638; 1995.
3. Primus C. Dental material. Publication number: 20030159618; 2002.
4. Primus C. Dental material. Patent number: 7892342; 2009.
5. Taylor HFW. Cement chemistry. London: Thomas Telford; 1997. p. 113–225.
6. Odler I. Hydration, setting and hardening of Portland cement. In: Lea's chemistry of cement and concrete. London: Arnold; 1998. p. 241–84.
7. Moir GK. Cements. In: Newman J, Choo BS, editors. Advanced concrete technology: constituent materials. Oxford: Elsevier Butterworth Heinemann; 2003.p. 3–45.
8. Darvell BW, Wu RC. "MTA"—an hydraulic silicate cement: review update and setting reaction. Dent Mater. 2011;27(5):407–22.
9. Camilleri J. Classification of hydraulic cements used in Dentistry. Frontiers in Dental Medicine - Dental Materials 2020; https://doi.org/10.3389/fdmed.2020.00009
10. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, biodentine and MTA angelus. Dent Mater. 2013;29(5):580–93.

of arsenic in some commercially available brands of Portland cement and mineral trioxide aggregate. J Endod. 2009;35(6):887–90. https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.003.

21. Chang SW, Baek SH, Yang HC, Seo DG, Hong ST, Han SH, Lee Y, Gu Y, Kwon HB, Lee W, Bae KS, Kum KY. Heavy metal analysis of ortho MTA and ProRoot MTA. J Endod. 2011;37(12):1673–6.
22. Kum KY, Zhu Q, Safavi K, Gu Y, Bae KS, Chang SW. Analysis of six heavy metals in Ortho mineral trioxide aggregate and ProRoot mineral trioxide aggregate by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry. Aust Endod J. 2013;39(3): 126–30.
23. Duarte MA, De Oliveira Demarchi AC, Yamashita JC, Kuga MC, De Campos Fraga S. Arsenic release provided by MTA and Portland cement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005;99(5):648–50.
24. Simsek N, Bulut ET, Ahmetoğlu F, Alan H. Determination of trace elements in rat organs implanted with endodontic repair materials by ICP-MS. J Mater Sci Mater Med. 2016;27(3):46.
25. Lu D, Zhou S. Hydraulic cement compositions and methods of making and using the same. Patent number: 7575628; 2006.
26. Lu D, Zhou S. Hydraulic cement compositions and methods of making and using the same. Patent number: 8343271; 2009.
27. Bergaya B, Bottero JY, Bottero MJ, Franquin

JC, LeBlanc D, Marie O, Nonat A, Sauvaget C. Preparation for producing a material used to restore a mineralised substance, particularly in the dental field. Patent number: 7819663; 2003.
28. Richard G, Marie O, Bafounguissa L. Wear resistant dental composition. Patent number: 9427380; 2012.
29. Yang Q, Lu D. Premixed biological hydraulic cement paste composition and using the same. Patent number: 8475811; 2008.
11. Khalil I, Naaman A, Camilleri J. Investigation of a novel mechanically mixed mineral trioxide aggregate (MM-MTA(™)). Int Endod J. 2015;48(8): 757–67.
12. Lu D, Zhou S. High strength biological cement composition and using the same. Patent number: 7553362; 2006.
13. Demirkaya K, Can Demirdöğen B, Öncel Torun Z, Erdem O, Çetinkaya S, Akay C. In vivo evaluation of the effects of hydraulic calcium silicate dental cements on plasma and liver aluminium levels in rats. Eur J Oral Sci. 2016;124(1):75–81.
14. Demirkaya K, Demirdöğen BC, Torun ZÖ, Erdem O, Çırak E, Tunca YM. Brain aluminium accumulation and oxidative stress in the presence of calcium silicate dental cements. Hum Exp Toxicol. 2017;36(10):1071–80.
15. International Standards Organization. Dentistry-water-based cements—Part 1: Powder/liquid acid-base cements. ISO 9917-1: 2007; 2007.
16. Chang SW, Shon WJ, Lee W, Kum KY, Baek SH, Bae KS. Analysis of heavy metal contents in gray and white MTA and 2 kinds of Portland cement: a preliminary study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2010;109(4):642–6.
17. Schembri M, Peplow G, Camilleri J. Analyses of heavy metals in mineral trioxide aggregate and Portland cement. J Endod. 2010;36(7):1210–5.
18. Camilleri J, Kralj P, Veber M, Sinagra E. Characterization and analyses of acid-extractable and leached trace elements in dental cements. Int Endod J. 2012;45(8):737–43.
19. Monteiro Bramante C, Demarchi AC, de Moraes IG, Bernadineli N, Garcia RB, Spångberg LS, Duarte MA. Presence of arsenic in different types of MTA and white and gray Portland cement. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;106(6):909–13.
20. De-Deus G, de Souza MC, Sergio Fidel RA, Fidel SR, de Campos RC, Luna AS. Negligible expression

30. De-Deus G, Canabarro A, Alves G, Linhares A, Senne MI, Granjeiro JM. Optimal cytocompatibility of a bioceramic nanoparticulate cement in primary human mesenchymal cells. J Endod. 2009;35(10):1387–90.
31. Koch KA, Brave DG, Nasseh AA. Bioceramic technology: closing the endo-restorative circle, Part I. Dent Today. 2010;29(2):100–5.
32. Koch KA, Brave GD, Nasseh AA. Bioceramic technology: closing the endo-restorative circle, part 2. Dent Today. 2010;29(3):98, 100, 102–5.

فصل ۲

خصوصیات و ویژگی‌های مواد بیوسرامیکی در اندودانتیکس

Josette Camilleri1

۱ مقدمه

بیوسرامیک‌ها طبقه‌ای خاصی از مواد اندودانتیک هستند که عمدتاً از تری کلسیم سیلیکات مصنوعی تشکیل شده‌اند و در شرایط سخت آزمایشگاهی از مواد درجه اول آزمایشگاهی تولید شده و فاقد آلومینیوم هستند [۱]. این نوع مواد شامل رادیواپسیفایر و مواد افزودنی برای افزایش خواص آنها هستند. آنها می‌توانند بر پایه آب (نوع ۴) یا پیش مخلوط (نوع ۵) نامیده شوند که در آن پودرها در یک وسیله جایگزین معلق هستند و این مواد هنگام تماس با بافت‌های مرطوب دندان ست می‌شوند. خواص مواد برای هر کاربرد خاص متفاوت است. خواص این مواد که به‌صورت تاجی، intra-radicularly و extra-radicularly استفاده می‌شود مورد بحث قرار خواهد گرفت. برای هر استفاده، شیمی مواد، خواص فیزیکی و مکانیکی، ویژگی‌های بیولوژیکی و ضد میکروبی، کاربرد بالینی و تداخلات بالینی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲ کابرد تاجی

استفاده از سمان هیدرولیکی سیلیکات کلسیم شامل استفاده از آنها در روشهای حفظ پالپ است که شامل درمان غیر مستقیم و مستقیم پالپ و پالپوتومی دندانهای دائمی است. علاوه بر این، آنها همچنین در apexogenesis دندانهای دائمی نابالغ و به عنوان یک ماده barrier در روش‌های regenerative ریشه استفاده می‌شوند.

هر دو سمان نوع ۴ و ۵ برای کاربرد در ناحیه تاجی مناسب است. با این حال، به نظر نمی رسد مواد premixed (از پیش مخلوط شده) سابقه استفاده در این پروسه‌ها را داشته باشند. این می‌تواند به دلیل مقدار محدود مایعات موجود در روش‌های محافظت از پالپ و همچنین زمان طولانی setting باشد که سبب ممانعت یا پیچیده شدن روش بالینی می‌شود. مهمترین ویژگی مورد نیاز برای استفاده از سمان‌های هیدرولیکی با پایه سیلیکات کلسیم، آزادسازی یون کلسیم است که اگرچه با تشکیل barrier و افزایش خواص بیولوژیکی دخیل بوده است، به نظر می‌رسد نقش مهمی در ویژگی‌های ضد میکروبی ایفا می‌کند [۲].

۲.۱ خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی

ستینگ تایم، سختی کافی سطحی و ثبات رنگ از ویژگیهای مهم برای موادی است که برای وایتال پالپ تراپی استفاده می‌شود. این ویژگی‌ها را می‌توان با استفاده از افزودنی‌ها و رادیواپسیفایرهای مناسب به دست آورد. تنها ماده هیدرولیک با پایه‌ی آب که به طور خاص برای استفاده در روشهای حفظ پالپ تهیه شده است Biodentine است (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, France). این ماده نوع ۴ است بنابراین برای واکنش هیدراتاسیون با آب مخلوط می‌شود. تری کلسیم سیلیکات جز اصلی است. مواد افزودنی شامل کلسیم کربنات است که به پودر اضافه می‌شود. کلسیم کلراید و پلیمر محلول در آب بخشی از مایع را به همراه آب تشکیل می‌دهند. پلیمر محلول در آب استفاده از آب کمتر را برای به دست آوردن قوام یکسان امکان‌پذیر می‌کند [۳-۵] و این، همراه با کلسیم کربنات، مواد را قوی تر می‌کند[۶-۷].

Setting time با کلسیم کلراید مانند قبل کنترل می‌شود در مقالات MTA و سمان پرتلند گزارش شده است [۸-۱۰] رادیواپسیفایر، زیرکونیوم اکساید است؛ بنابراین در تغییر رنگ دندان دخیل نیست [۱۱-۱۳].

Biodentine میزان اولیه بیشتری از انتشار یون کلسیم را در مقایسه با انواع دیگر مواد مشابه نشان می‌دهد [۱۴، ۱۵]. این به

دلیل تعامل کلسیم کربنات است که سرعت واکنش را افزایش می‌دهد [۶]. هیدراتاسیون Biodentine به خوبی با مایع محدود موجود از طریق سطح دندان به مواد منتشر می‌شود [۱۶].

۲.۲ ویژگی‌های بیولوژیکی

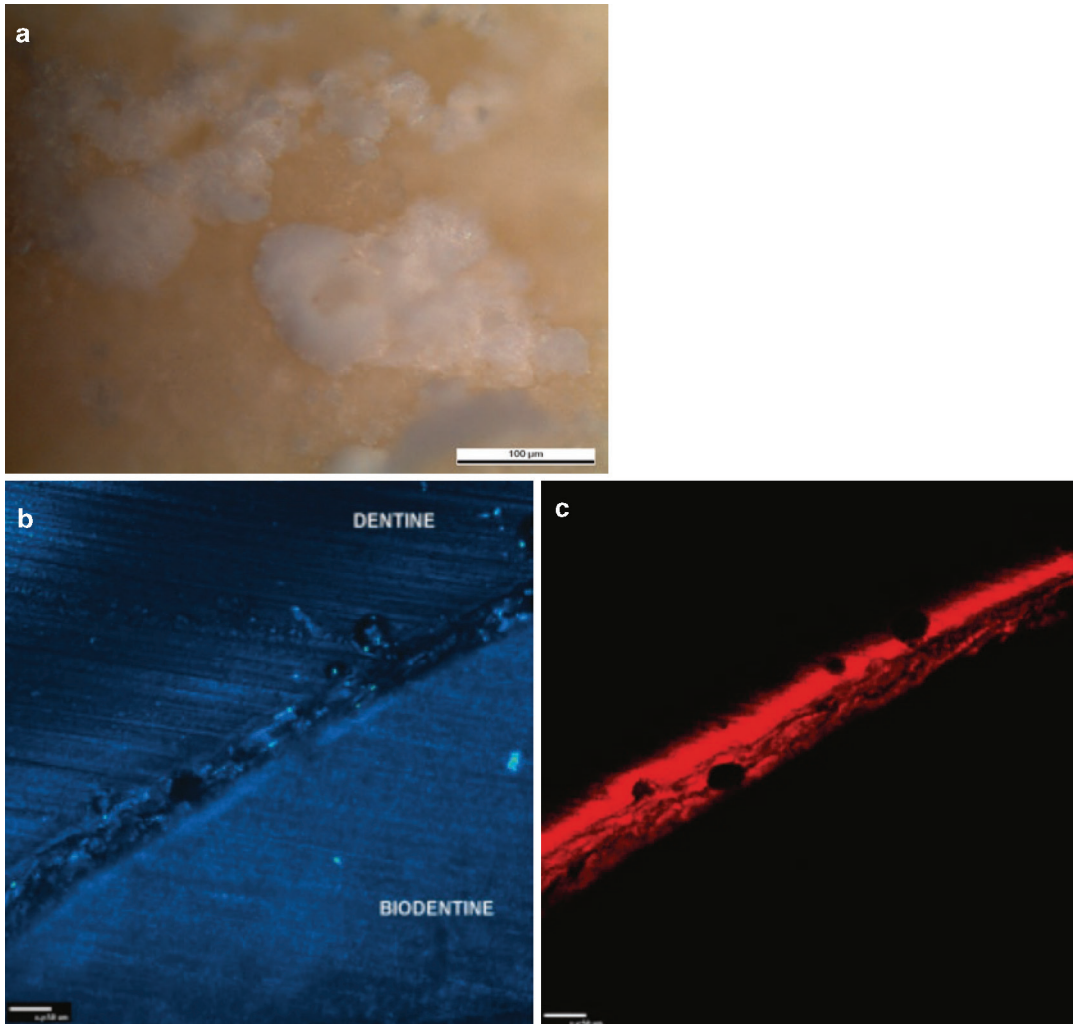
ویژگی‌های بیولوژیکی Biodentine نشان دهنده تکثیر سلولی مطلوب و فعالیت آلکالین‌فسفاتاز سلولهای پالپ دندان انسان [۱۷-۲۰] و تشکیل عاج ارتجاعی و ترمیمی [۲۱] است که برای کلیه روش‌های پالپ capping و apexogenesis ضروری است. Biodentine همچنین نشان داد که تکثیر و تمایز ادنتوبلاست سلول‌های بنیادی انسان را افزایش می‌دهد [۲۱، ۲۲] که نشان می‌دهد متناسب بودن آن به عنوان یک ماده barrier در روش‌های regenerative اندودنتیک است. سایر ویژگی‌های Biodentine عبارتند از: بیان و انتشار پروتئین‌های ماتریکس عاجی [۲۳]، پتانسیل ضدالتهابی و ایجاد ظرفیت بازسازی پالپ [۲۴]. علاوه بر این، تشکیل بافت معدنی را افزایش می‌دهد [۲۵-۲۷].

Biodentin همچنین اثر ضد میکروبی [۲۸-۳۱] از جمله شیرابه آن را نشان می‌دهد [۱۵]. انتشار یون کلسیم به ویژه برای خواص ضد میکروبی مواد مهم نشان داده شده است [۲].

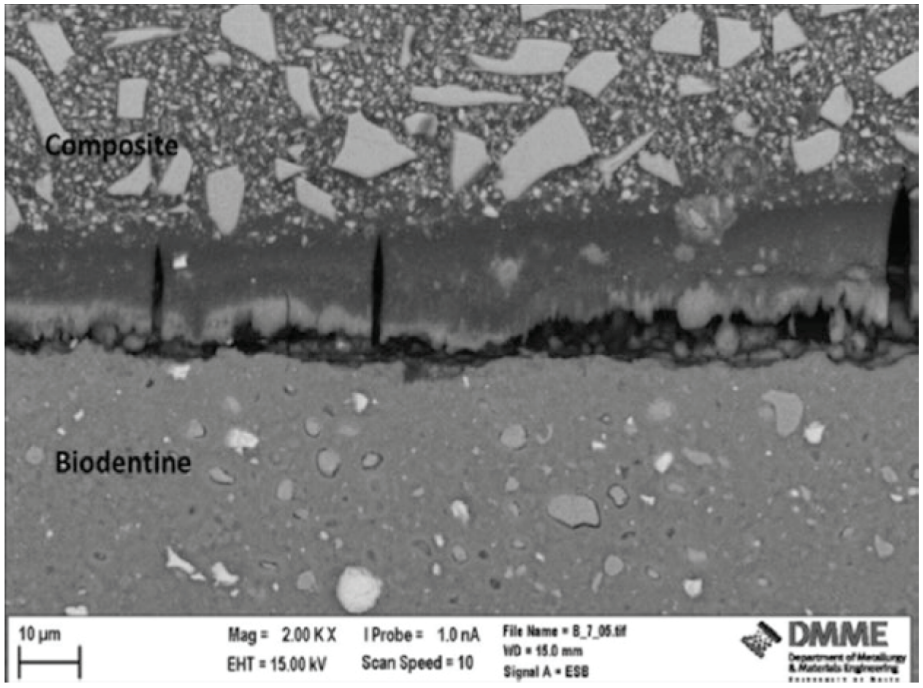
۲.۳ عملکرد بالینی و تداخلات مواد

مواد محافظ پالپ در تماس با عاج و پالپ قرار می‌گیرند. به نوبه خود، آنها با یک ماده ترمیمی پوشیده شده اند. واکنش پذیری مواد عملکرد بالینی را بسیار چالش برانگیز می‌کند. عاج به جای عاج سالم، عاج affected است. چسبندگی به عاج affected به دلیل بار میکروبی و ریزساختارعاجی چالش برانگیز است.

استفاده از سدیم هیپوکلریت برای حالت دهی عاج قبل از استفاده از سمان‌های هیدرولیکی، پیوند مواد را با عاج تقویت



شکل ۱. (a) میکروگراف نوری سطح Biodentine® پس از اعمال اسید فسفریک ۳۷ درصد که تغییرات سطحی مواد را نشان می‌دهد. (b) میکروگراف کانفوکال Biodentine® به رابط عاج که شکاف سطحی را نشان می‌دهد و (micrograph (c کانفوکال که امکان تجسم رنگ مورد استفاده برای فرو بردن نمونه‌ها را فراهم می‌کند و شکاف سطحی واضح بین عاج و Biodentine را پس از اچ کردن اسید نشان می‌دهد.



شکل ۲. میکروگراف الکترونی روبشی برگشتی **Biodentine®** به **a** رابط کامپوزیت که سازگاری خوب رزین کامپوزیت را با سیستم باندینگ با ترک در عامل پیوند و سازگاری ضعیف با سطح **Biodentine®** نشان می‌دهد.

می‌کند [۳۲]. هیپوکلریت همچنین به منظور کاهش بار میکروبی توسط دستورالعمل‌های ESE توصیه می‌شود [۳۳].

برهم کنش Biodentine با عاج نشان داده است که با مهاجرت عنصری در دندان به سطح مواد منجر به نفوذ مواد معدنی درعاج در سطح مشترک می‌شود [۳۴]. این مورد مورد بحث قرار گرفته است چرا که هیچ تبادل کلسیم و فسفر در سطح مشترک نشان داده نشده است و بیشتر مهاجرت سیلیکون [۳۵] و رسوب فسفات کلسیم در منطقه بین سطحی مشهود است [۳۶،۳۷]. حذف لایه اسمیر و بهبود اثر متقابل مواد با عاج نیز به خوبی مورد بررسی قرار نگرفته است. با این حال، استفاده از ۱۷٪ EDTA به مدت ۱ دقیقه منجر به ایجاد روابط محکم تر می‌شود [۳۵].

تعامل سمان‌های هیدرولیک با خون مورد بررسی قرار گرفته است و هنگامی که برای روشهای regenerative اندودنتیک استفاده می‌شود، تشکیل کلسیم کربنات تأیید شده است [۳۸]. چالش دیگر استفاده از مواد هیدرولیکی کلسیم سیلیکات به صورت کرونالی در ترمیم دندان است، به ویژه مواد مبتنی بر آب. اگرچه نشان داده شده است که موادی مانند Biodentineبه اندازه کافی قوی‌اند برای استفاده به عنوان مواد ترمیمی موقت برای ۶ ماه[۳۹]، ایده‌آل این است که دندان را در همان ویزیت ترمیم کنید. آماده‌سازی مواد برای قرار دهی ترمیم‌های کامپوزیت رزینی، سمان‌های هیدرولیکی را ضعیف تر می‌کند زیرا اچ باعث تخریب ریزساختار مواد می‌شود (تصویر۱a-۲) [۴۰]. قدرت باند کامپوزیت رزینی در سمان‌های هیدرولیکی ضعیف است [۴۱-۴۷] و دوام ندارد [۴۸]. پس از فرایند اچ کردن، فضای شفاف و تمیزی بین دندان و مواد نشان داده شد (شکل ۱b، c). کاهش زمان اچ کردن منجر به تخریب کمتر مواد می‌شد، اما استحکام پیوند بهبود نمی‌یابد[۴۹]. در مورد اینکه آیا بهتر است منتظر بمانیم یا بلافاصله ترمیم کنیم، اتفاق نظری وجود ندارد [۳۹، ۵۰، ۵۱]. مشکل اصلی در شیمی‌های مختلف Biodentine آب دوست و آبگریز بودن سیستم‌های باندینگ، نهفته است (شکل ۲) [۱۶].

عملکرد بالینی Biodentine قابل مقایسه با MTA [۵۲] با پتانسیل تشکیل پل عاجی مشابه است [۵۳]. میزان موفقیت بالینی بالاتری هنگام استفاده از Biodentine برای پوشش غیر مستقیم پالپ با استفاده از توموگرافی کامپیوتری با پرتو مخروط (cone beam computed tomography) نشان داده شد [۵۴، ۵۵]. نشان داده شده است که استفاده از Biodentine می‌تواند پالپیت برگشت ناپذیر را معکوس کند وقتی که به عنوان پانسمان بر روی پالپوتومی جزئی یا کامل در دندانهای دائمی استفاده می‌شود [۵۶، ۵۷].

۳ کاربرد داخل ریشه‌ای

استفاده داخل ریشه‌ای از مواد هیدرولیکی کلسیم سیلیکات

شامل استفاده به عنوان سیلرها به ویژه با استفاده از تکنیک آبچوریشن single-cone و همچنین به عنوان پلاگ آپیکالی برای دندانهای نابالغ با اپکس باز است. موادی که درون ریشه استفاده می‌شوند هم می‌توانند بر پایه آب باشند و هم می‌توانند از پیش مخلوط باشند.

۳.۱ خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکال

شیمی سیلر هیدرولیکی با پایه‌ی کلسیم سیلیکات برای اکثر برندها کاملاً مشابه است. تری کلسیم سیلیکات فاز سمانی اصلی با ذرات زیرکونیوم اکسید رادیواپسیفایر است [۵۸]. سیلرهای درمان کانال ریشه باید از استانداردهای ISO – ISO ۶۹۷۶: ۲۰۱۲ پیروی کنند [۵۹]. اعتبار استفاده از این استاندارد که برای سیلرهایی که با پوششی که در آن قرار گرفته‌اند تداخل ندارند، ایجاد شده است، زیر سوال است [۶۰]. محیط آزمایشی استاندارد پیشنهاد شده، آب است و استفاده از محلولهای فیزیولوژیکی نشان دهنده‌ی مقادیر مختلف و متضادی برای حلالیت ویژه [۶۰] وجود دارد. بنابراین، حلالیت بالای سیلرهای هیدرولیکی کانال داخل ریشه‌ی گزارش شده در برخی از مطالعات ممکن است اغراق آمیز باشد [۶۱، ۶۲].

خواص سیلرهای مبتنی بر آب کاملاً متمایز از سیلرهای پیش مخلوط است. در حالی که BioRoot ™ RCS (Septodont، Saint-Maur-des-Fosses، France) نشان داده شده است که به طور کامل ست شده است، از قبل مخلوط شده است. سیلرهای کانال ریشه مانند TotalFill® BC Sealer ™ (FKG، La Chaux-de-Fonds، Swiss) هنگام خشک شدن ست نمی‌شوند [۵۸]. این امر اعتبار خشک شدن کامل ریشه را قبل از آبچوریشن زیر سوال می‌برد.

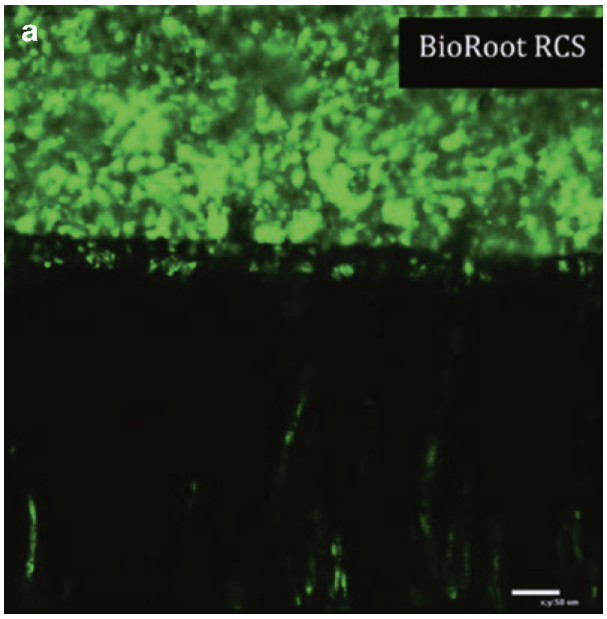
زمان نهایی ست شدن BioRoot RCS ۳۲۴ دقیقه (± ۱) دقیقه نشان داده شد که برای AH Plus کوتاهتر بود [۶۳]. بیشتر سیلرها بر اساس سمان هیدرولیکی جریان و ضخامت فیلم را مطابق با توصیه‌های ISO ۶۹۷۶: ۲۰۱۲ [۵۹] نشان می‌دهند. ظرفیت رادیویی از سیلر به سیلر دیگر متفاوت است، اما بیشتر سیلرها مقادیر پرتوزا را در ضخامت بیشتر از ۳ میلی‌متر آلومینیوم نشان می‌دهند [۵۸، ۶۳] که توسط استاندارد ISO مشخص شده است.

انتشار یون کلسیم نیز بین سیلرهای مختلف متفاوت است. افزودنیهایی مانند کلسیم فسفات مونوبازیک موجود در TotalFill® BC Sealer to باعث کاهش انتشار یون کلسیم می‌شود [۶۴]. سیلر TotalFill® BC release نسبت به BioRoot ™ RCS یون کلسیم کمتری دارد [۵۸]. علاوه بر مواد افزودنی که تشکیل کلسیم هیدروکساید را محدود می‌کند، هیدراتاسیون سیلرهای از پیش مخلوط به در دسترس بودن آب در محیط اطراف و آزادسازی یون از طریق انتشار بستگی دارد که در دسترس بودن کلسیم را بیشتر به تاخیر می‌اندازد یا محدود می‌کند. همچنین نشان داده شده است که چالش میکروبی باعث کاهش انتشار یون کلسیم در BioRoot RCS می‌شود [۶۵].

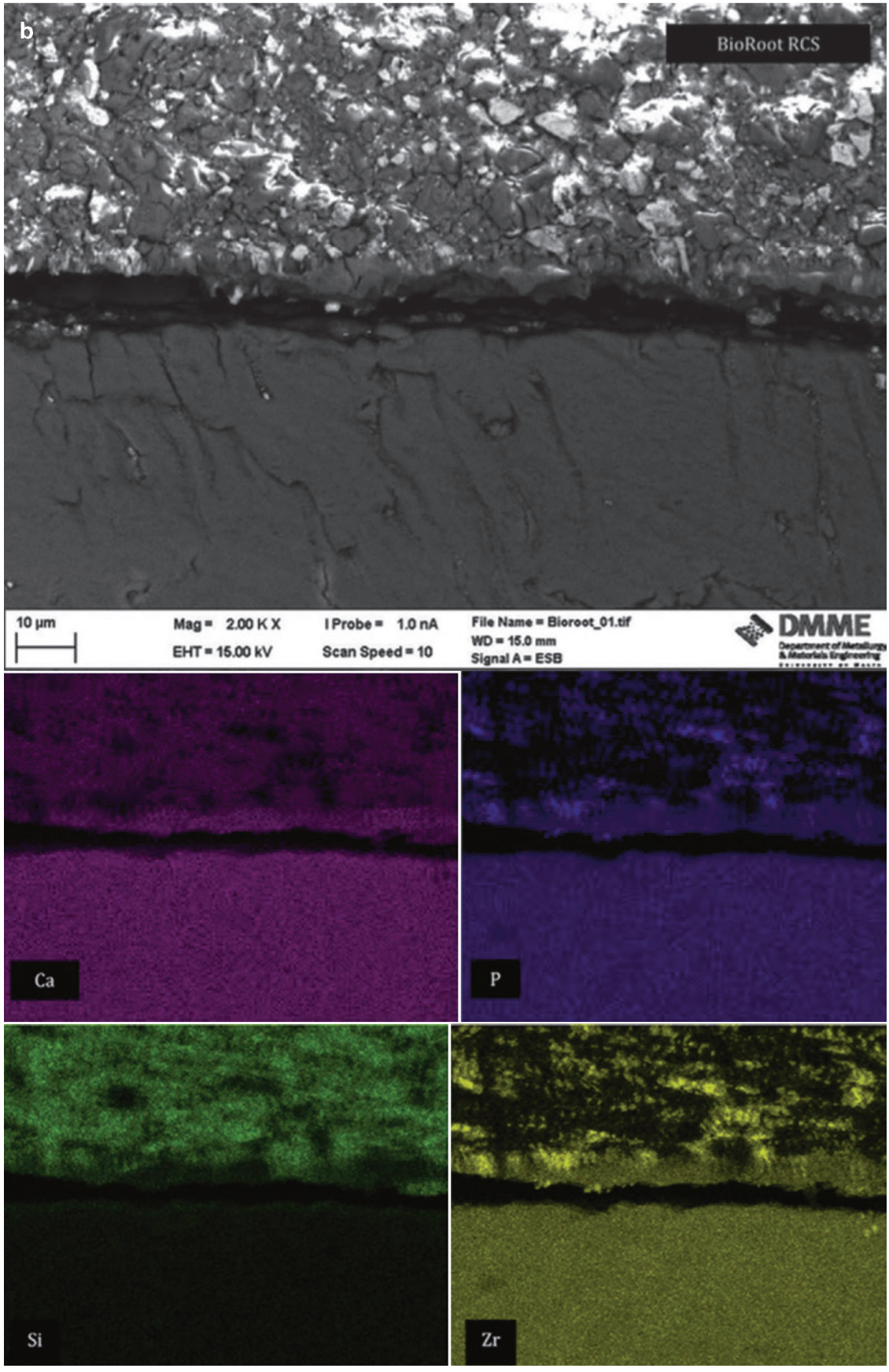
۳.۲ ویژگی‌های بیولوژیکی

ویژگی‌های بیولوژیکی سیلرها ضروری هستند زیرا سیلرها با لیگامان پریودنتال و استخوان در راس اپکس تماس دارند. سیلرهای هیدرولیکی میزان زیادی از تکثیر سلولی را نشان دادند [۶۶-۷۰]. سمیت سلولی وابسته به دوز است [۷۱] و شیمی مواد خاص بر زنده ماندن سلول، چسبندگی و میزان مهاجرت سلولی تأثیر می‌گذارد و این برای موادی که سطح کلسیم بیشتری آزاد می‌کنند بیشتر است [۷۲، ۷۳]. سیلرهای هیدرولیکی همچنین دارای یک اثر استئوژنیک [۷۳، ۷۴] و ضد التهابی [۷۴] هستند.

سیلرهای هیدرولیکی با پایه کلسیم سیلیکات دارای خاصیت ضد میکروبی هستند [۷۵-۷۷] اگرچه خواص ضد میکروبی اولیه، به ویژه در حضور بیوفیلم، در سنین اولیه محدود است [۷۷]. اثر ترکیبی هیپوکلریت سدیم و سیلرهای هیدرولیکی نسبت به هریک از آنها به تنهایی، برتر است بنابراین نشان می‌دهد که وقتی با هم استفاده شوند، اثر ضد میکروبی بهتری دارند [۷۸].



تصویر ۳.



تصویر ۳. تعامل سیلر با عاج ریشه. (a) BioRoot™ RCS در تماس با عاج که هم برچسب‌های سیلر و هم منطقه نفوذ مواد معدنی را در سطح مشترک دندان با ماده نشان می‌دهد. (b) اسکن میکروگراف الکترونی و نقشه‌های پراکنده انرژی سیلر BioRoot™ RCS در تماس با عاج که ریزساختار سطحی و مهاجرت عنصر را در سطح مشترک نشان می‌دهد.

۳.۳ عملکرد بالینی و واکنش مواد

واکنش سیلرهای هیدرولیکی با عاج شبیه به مواردی است که برای مواد نگهدارنده پالپ گزارش شده است. مهاجرت عنصری در سطح مشترک عمدتا برای سیلیکون نشان داده شده است (تصویر ۳a، b-۲) [۷۹، ۸۰].

از آنجا که سیلرهای هیدرولیکی حساس به تغییرات محیطی خود هستند، خواص شیمیایی محلول‌های شستشودهنده بسیار مهم است. محلول‌های شستشودهنده که اغلب در درمان ریشه استفاده می‌شود عبارتند از هیپوکلریت سدیم، EDTA و کلرهگزیدین. هیپوکلریت سدیم اثر ضد میکروبی سیلرهای هیدرولیکی را تقویت می‌کند [۷۸]. استراتژی حذف لایه اسمیر برای اتصال به کلاژن اکسپوز شده با سیلرهای مبتنی بر رزین به خوبی کار می‌کند. اگر از چلاتورهای کلسیم برای حذف ماده معدنی و اکسپوز شدن کلاژن استفاده شود، تعامل معدنی گزارش شده برای سیلرهای هیدرولیکی [۷۹، ۸۰] رخ نمی دهد. علاوه بر این، بقایای چلاتورهای‌های کلسیم مانند اتیلن دی آماتراستیک اسید (EDTA) باعث تغییر شیمیایی سیلرها می‌شود [۸۱]. استحکام فشاری باند سیلرهای هیدرولیکی نیز در حضور EDTA کاهش یافت [۸۲]. توصیه می‌شود قبل از آبچوریشن کانال ریشه از آب یا سالین به عنوان شستشودهنده‌ی نهایی استفاده شود. حذف لایه اسمیر هنوز توصیه می‌شود زیرا ممکن است باکتری را در خود جای دهد؛ بنابراین، تا زمانی که شواهد علمی بیشتری در دسترس نباشد، پروتکل‌های بالینی باید بدون تغییر باقی بمانند. تحقیقات بیشتری لازم است تا بتوان پروتکل‌های شستشو را برای آبچوریشن با سیلرهای هیدرولیکی به روز کرد.

مفهوم بیومینرالیزاسیون (biomineralization) همچنین برای معرفی آخرین شستشو با سالین بافر فسفات توسعه یافته است [۸۳]. biomineralization ناشی از آن اثرات سوئی بر خواص ضد میکروبی سیلر دارد [۸۴]. این امر بیشتر در تکنیک آبچوریشن single-cone مورد استفاده قرار می‌گیرد که در آن آبچوریشن از حجم زیادی از سیلر تشکیل شده است.

سیلرهای مبتنی بر آب مانند BioRoot RCS به دلیل گرمای اعمال شده در طول تراکم عمودی گرم گوتاپرکا [۸۵] مستعد خشک شدن هستند، اگرچه این امر کیفیت پر شدن را به خطر نمی اندازد [۸۶]. سیلرهای از پیش مخلوط نسبت به تغییرات دما کمتر حساس هستند، زیرا دارای حامل جایگزین هستند [۸۷، ۸۸] که شامل تمام سیلرهای از پیش مخلوط شده نه تنها آنهایی مانند TotalFill® BC Sealer HiFlow ™ (FKG، La Chaux-de-Fonds، Swiss) که به طور خاص توسط سازنده توسعه یافته است تا در روشهای استفاده از گرما استفاده شود.

۴ کاربرد خارج ریشه ای

استفاده خارج ریشه‌ای از مواد هیدرولیکی شامل جراحی انتهای ریشه و ترمیم پرفوریشن‌های ریشه است. سمان‌های هیدرولیکی برای این منظور ساخته شده است. این مواد همچنین برای ترمیم بدون جراحی پرفوریشن‌های ریشه و همچنین برای بستن اپیکال در درمان‌های دندان‌های نابالغ non-vital استفاده می‌شود.

۴.۱ خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی

مواد مورد استفاده برای جراحی آپیکال باید رادیواپک باشد تا تشخیص را در فراخوان بیمار امکان‌پذیر کند، حلالیت پایینی را نشان دهد و باید به راحتی در دست گرفته شود (کاربرد راحتی داشته باشد). استحکام مواد و زمان تنظیم اهمیت کمتری دارد. TotalFill® BC RRM F (FKG، La Chaux-de-Fonds، swiss) به طور خاص به عنوان مواد ترمیم کننده ریشه توسعه یافته‌اند و برای سهولت کار با آنها در قوام مختلف عرضه می‌شود. این مواد همچنین رادیواپسیته‌ی خوبی از خود نشان می‌دهند. [۸۹].

حلالیت و شسته شدن نگرانی‌های اصلی هستند زیرا هیچ روش استانداردی برای آزمایش حلالیت و شسته شدن مواد پر کننده انتهای ریشه وجود ندارد. ISO ۶۹۷۶ [۵۹] برای مواد هیدرولیکی مناسب نیست و کمتر برای پرکننده‌های انتهای ریشه ای. مواد نوع هیدرولیک همه دوز شده یا از قبل مخلوط شده‌اند و این مفید است زیرا نسبت مایع به پودر را نمی توان تغییر داد.

۴.۲ خواص بیولوژیکی

مواد ترمیم کننده‌ی ریشه‌ی هیدرولیکی مانند TotalFill® BC RRM via قابلیت زیست پذیری خوبی دارند که با MTA [۹۰-۹۴] مقایسه کرده اند، مگر در نسل‌های اولیه، جایی که TotalFill® BC RRM via قابلیت زیست پذیری پایین تر را نشان می‌دهد [۹۰، ۹۱، ۹۳]. تمایز استئوبلاستیک آشکار بود [۹۰]. حداقل یا عدم پاسخ بافت التهابی در ناحیه پری اپیکال پس از استفاده از MTA یا مواد ترمیم کننده ریشه هیدرولیکی مشاهده شد [۹۵]. مواد ترمیم کننده ریشه هیدرولیکی در برابر تعدادی از سویه‌ها ضد میکروب هستند [۹۶، ۹۷].

۴.۳ کاربرد بالینی و واکنش مواد

واکنش سمان‌های هیدرولیکی در تماس با خون هنگام استفاده به عنوان ماده پر کننده انتهای ریشه نیز نشان دهنده تشکیل ترجیحی کلسیم کربنات [۹۸] نسبت به فسفات کلسیم پیش بینی شده است که همیشه نشانه فعالیت زیستی تلقی می‌شد. به طور مشابه، با استفاده از سیلرها، استفاده از سدیم هیپوکلریت باعث افزایش قدرت چسبندگی مواد ترمیم کننده ریشه هیدرولیکی شد [۹۹].

هنگامی که در حفره‌های مقعر رتروگرید آماده شده با اولتراسونیک استفاده می‌شود، استحکام فشاری باند بالا برای مواد ترمیم ریشه هیدرولیکی در مقایسه با MTA مشاهده شد [۱۰۰]. استفاده از BC RRM میزان موفقیت بالاتر از ۹۰٪ را نشان می‌دهد که به عنوان مواد پر کننده انتهایی استفاده می‌شود [۱۰۱ ۱۰۳] و با MTA قابل مقایسه است [۱۰۱، ۱۰۲]. میزان موفقیت مواد ترمیم کننده ریشه هیدرولیکی و MTA هنگامی که در رادیوگرافی‌های پری اپیکال به ثمر می‌رسد بیشتر از توموگرافی پرتو مخروطی بود (cone beam tomography) [۱۰۲].

۴.۴ نتیجه گیری

تغییرات انجام شده توسط تولیدکنندگان برای تولید مواد هیدرولیکی جدید مبتنی بر سیلیکات کلسیم منجر به توسعه طیف وسیعی از مواد شده است که ویژگی‌های بهتری برای MTA سنتی نشان می‌دهند. از جمله آنها می‌توان به هندلینگ برتر، خواص فیزیکی افزایش یافته و پایداری رنگ مواد اشاره کرد. این مواد دارای خواص بیولوژیکی قابل مقایسه با MTA هستند. درک بیشتر خواص مواد در محیط بالینی برای استفاده از پروتکل‌های بالینی که ویژگی‌های مواد را افزایش می‌دهند، ضروری است.

منابع

1. LuD, ZhouS. High strength biological cement composition and using the same. Patent number:7553362; 2006.
2. Koutroulis A, Kuehne SA, Cooper PR, CamilleriJ. The role of calcium ion release on biocompatibilityand antimicrobial properties of hydraulic cements. Sci Rep. 2019;9(1):19019.
3. Camilleri J, Montesin FE, Di Silvio L, Pitt FordTR. The constitution and biocompatibility of acceleratedPortland cement for endodontic use. IntEndod J. 2005;38:834–42.
4. Camilleri J. The physical properties of acceleratedPortland cement for endodontic use. Int Endod J.2008;41:151–7.
5. Camilleri J, Montesin FE, Curtis RV, FordTR. Characterization of Portland cement foruse as a dental restorative material. Dent Mater.2006;22(6):569–75.
6. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigationof the hydration and bioactivity of radiopacifiedtricalcium silicate cement, Biodentine and MTAAngelus. Dent Mater. 2013;29(5):580–93.
7. Grech L, Mallia B, Camilleri J. Investigation of thephysical properties of tricalcium silicate cement-basedroot-end filling materials. Dent Mater.2013;29(2):e20–8.
8. Abdullah D, Ford TR, Papaioannou S, Nicholson J,McDonald F. An evaluation of accelerated Portlandcement as a restorative material. Biomateria ls.2002;23(19):4001–10.
9. Wiltbank KB, Schwartz SA, Schindler WG. Effectof selected accelerants on the physical properties ofmineral trioxide aggregate and Portland cement. JEndod. 2007;33(10):1235–8.
10. Antunes Bortoluzzi E, Juárez Broon N, AntonioHungaro Duarte M, de Oliveira Demarchi AC,Monteiro Bramante C. The use of a setting acceleratorand its effect on pH and calcium ion releaseof mineral trioxide aggregate and white Portlandcement. J Endod. 2006;32(12):1194–7.
11. Marciano MA, Duarte MA, Camilleri J. Dental discolorationcaused by bismuth oxide in MTA in thepresence of sodium hypochlorite. Clin Oral Investig.2015;19(9):2201–9.
12. Shokouhinejad N, Razmi H, Farbod M, Alikhasi M,Camilleri J. Coronal tooth discoloration induced byregenerative endodontic treatment using differentscaffolds and intracanal coronal barriers: a 6-monthex vivo study. Restor Dent Endod. 2019;44(3):e25.
13. Palma PJ, Marques JA, Falacho RI, Correia E,Vinagre

A, Santos JM, Ramos JC. Six-month colorstability assessment of two calcium silicate-basedcements used in regenerative endodontic procedures.J Funct Biomater. 2019;10(1):14.

14. Kurun Aksoy M, Tulga Oz F, Orhan K. Evaluation ofcalcium (Ca2+) and hydroxide (OH-) ion diffusionrates of indirect pulp capping materials. Int J ArtifOrgans. 2017;40(11):641–6.
15. Arias-Moliz MT, Farrugia C, Lung CYK, WismayerPS, Camilleri J. Antimicrobial and biological activityof leachate from light curable pulp capping materials.J Dent. 2017;64:45–51.
16. Camilleri J, Laurent P, About I. Hydration ofBiodentine, Theracal LC, and a prototype tricalciumsilicate-based dentin replacement material after pulp capping in entire tooth cultures. J Endod. 2014;40(11):1846–54.
17. Chang SW, Lee SY, Ann HJ, Kum KY, Kim EC. Effects of calcium silicate endodontic cements on biocompatibility and mineralization-inducing potentials in human dental pulp cells. J Endod. 2014;40(8):1194–200.
18. Luo Z, Kohli MR, Yu Q, Kim S, Qu T, He WX. BiodentineTM induces human dental pulp stem cell differentiation through mitogen-activated protein kinase and calcium-/calmodulin-dependent protein kinase II pathways. J Endod. 2014;40(7):937–42.
19. Sun Y, Liu J, Luo T, Shen Y, Zou L. Effects of two fast-setting pulp-capping materials on cell viability and osteogenic differentiation in human dental pulp stem cells: an in vitro study. Arch Oral Biol. 2019;100:100–5.
20. Zanini M, Sautier JM, Berdal A, Simon S. Biodentine induces immortalized murine pulp cell differentiation into odontoblast-like cells and stimulates biomineralization. J Endod. 2012;38(9):1220–6.
21. Loison-Robert LS, Tassin M, Bonte E, Berbar T, Isaac J, Berdal A, Simon S, Fournier BPJ. In vitro effects of two silicate-based materials, Biodentine and BioRoot RCS, on dental pulp stem cells in models of reactionary and reparative dentinogenesis. PLoS One. 2018;13(1):e0190014.
22. Wongwatanasanti N, Jantarat J, Sritanaudomchai H, Hargreaves KM. Effect of bioceramic materials on proliferation and odontoblast differentiation of human stem cells from the apical papilla. J Endod. 2018;44(8):1270–5.
23. Rodrigues EM, Gomes-Cornélio AL, Soares-Costa A, Salles LP, Velayutham M, Rossa-Junior C, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. An assessment of the overexpression of BMP-2 in transfected human osteoblast cells stimulated by mineral trioxide aggregate and Biodentine. Int Endod J. 2017;50(Suppl 2):e9–e18.
24. Giraud T, Jeanneau C, Rombouts C, Bakhtiar H, Laurent P, About I. Pulp capping materials modulate the balance between inflammation and regeneration. Dent Mater. 2019;35(1):24–35.
25. Katge FA, Patil DP. Comparative analysis of 2 calcium silicate–based cements (Biodentine™ and Mineral Trioxide Aggregate) as direct pulp-capping agent in young permanent molars: a split mouth study. J Endod. 2017;43(4):507–13.
26. Kim J, Song YS, Min KS, Kim SH, Koh JT, Lee BN, Chang HS, Hwang IN, Oh WM, Hwang YC. Evaluation of reparative dentin formation of ProRoot MTA, BiodentineTM and BioAggregate using micro-CT and immunohistochemistry. Restor Dent Endod. 2016;41(1):29–36.
27. Nowicka A, Wilk G, Lipski M, Kołecki J, Buczkowska-Radlińska J. Tomographic evaluation of reparative dentin formation after direct pulp capping with Ca (OH)2, MTA, BiodentineTM, and dentin bonding system in human teeth. J Endod. 2015;41(8):1234–40.
28. Poggio C, Arciola CR, Beltrami R, Monaco A, Dagna A, Lombardini M, Visai L. Cytocompatibility and antibacterial properties of capping materials. Sci World

fluid. J Dent. 2015;43(2):241–7.

38. Meschi N, Li X, Van Gorp G, Camilleri J, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Bioactivity potential of Portland cement in regenerative endodontic procedures: from clinic to lab. Dent Mater. 2019;35(9):1342–50.
39. Hashem DF, Foxton R, Manoharan A, Watson TF, Banerjee A. The physical characteristics of resin composite-calcium silicate interface as part of a layered/laminate adhesive restoration. Dent Mater. 2014;30(3):343–9.
40. Camilleri J. Investigation of Biodentine as dentine replacement material. J Dent. 2013;41(7):600–10.
41. Sultana N, Nawal RR, Chaudhry S, Sivakumar M, Talwar S. Effect of acid etching on the micro-shear bond strength of resin composite-calcium silicate interface evaluated over different time intervals of bond aging. J Conserv Dent. 2018;21(2):194–7.
42. Tulumbaci F, Almaz ME, Arikan V, Mutluay MS. Shear bond strength of different restorative materials to mineral trioxide aggregate and Biodentine. J Conserv Dent. 2017;20(5):292–6.
43. Schmidt A, Schäfer E, Dammaschke T. Shear bond strength of lining materials to calcium-silicate cements at different time intervals. J Adhes Dent. 2017;19(2):129–35.
44. Çolak H, Tokay U, Uzgur R, Uzgur Z, Ercan E, Hamidi MM. The effect of different adhesives and setting times on bond strength between Biodentine and composite. J Appl Biomater Funct Mater. 2016;14(2):e217–22.
45. Deepa VL, Dhamaraju B, Bollu IP, Balaji TS. Shear bond strength evaluation of resin composite bonded to three different liners: TheraCal LC, Biodentine, and resin-modified glass ionomer cement using universal adhesive: an in vitro study. J Conserv Dent. 2016;19(2):166–70.
46. Cengiz E, Ulusoy N. Microshear bond strength of tri-calcium silicate-based cements to different restorative materials. J Adhes Dent. 2016;18(3):231–7.

J. 2014;2014:181945.

29. Özyürek T, Demiryürek EÖ. Comparison of the antimicrobial activity of direct pulp-capping materials: Mineral Trioxide Aggregate-Angelus and Biodentine. J Conserv Dent. 2016;19(6):569–72.
30. Farrugia C, Lung CYK, Schembri Wismayer P, Arias-Moliz MT, Camilleri J. The relationship of surface characteristics and antimicrobial performance of pulp capping materials. J Endod. 2018;44(7):1115–20.
31. Jardine AP, Montagner F, Quintana RM, Zaccara IM, Kopper PMP. Antimicrobial effect of bioceramic cements on multispecies microcosm biofilm: a confocal laser microscopy study. Clin Oral Investig. 2019;23(3):1367–72.
32. Meraji N, Nekoofar MH, Yazdi KA, Sharifian MR, Fakhari N, Camilleri J. Bonding to caries affected dentine. Dent Mater. 2018;34(9):e236–45.
33. European Society of Endodontology (ESE) developed by, Duncan HF, Galler KM, Tomson PL, Simon S, El-Karim I, Kundzina R, Krastl G, Dammaschke T, Fransson H, Markvart M, Zehnder M, Bjørndal L. European Society of Endodontology position statement: management of deep caries and the exposed pulp. Int Endod J. 2019;52(7):923–34.
34. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. J Dent Res. 2012;91(5):454–9.
35. Hadis M, Wang J, Zhang ZJ, Di Maio A, Camilleri J. Interaction of hydraulic calcium silicate and glass ionomer cements with dentine. Materialia. 2020;9:100515.
36. Li X, Pongprueksa P, Van Landuyt K, Chen Z, Pedano M, Van Meerbeek B, De Munck J. Correlative micro-Raman/ EPMA analysis of the hydraulic calcium silicate cement interface with dentin. Clin Oral Investig. 2016;20(7):1663–73.
37. Kim JR, Nosrat A, Fouad AF. Interfacial characteristics of Biodentine and MTA with dentine in simulated body

TF, Banerjee A. Evaluation of the efficacy of calcium silicate vs. glass ionomer cement indirect pulp capping and restoration assessment criteria: a randomised controlled clinical trial–2-year results. Clin Oral Investig. 2019;23(4):1931–9.

56. Taha NA, Khazali MA. Partial pulpotomy in mature permanent teeth with clinical signs indicative of irreversible pulpitis: a randomized clinical trial. J Endod. 2017;43(9):1417–21.
57. Taha NA, Abdulkhader SZ. Full pulpotomy with biodentine in symptomatic young permanent teeth with carious exposure. J Endod. 2018;44(6):932–7.
58. Xuereb M, Vella P, Damidot D, Sammut CV,Camilleri J. In situ assessment of the setting of tricalcium silicate-based sealers using a dentin pressure model. J Endod. 2015;41(1):111–24.
59. International Standards Organization. ISO 6876.
60. Kebudi Benezra M, Schembri Wismayer P, Camilleri J. Influence of environment on testing of hydraulic sealers. Sci Rep. 2017;7:17927.
61. Elyassi Y, Moinzadeh AT, Kleverlaan CJ. Characterization of leachates from 6 root canal sealers. J Endod. 2019;45(5):623–7.
62. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chávez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M. Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids of new calcium silicate-based root canal sealers. Int Endod J. 2020;53:385. https://doi.org/10.1111/iej.13225.
63. Prüllage RK, Urban K, Schäfer E, Dammaschke T. Material properties of a tricalcium silicate-containing, a mineral trioxide aggregate-containing, and an epoxy resin-based root canal sealer. J Endod. 2016;42(12):1784–8.
64. Schembri-Wismayer P, Camilleri J. Why biphasic? Assessment of the effect on cell proliferation and expression. J Endod. 2017;43(5):751–9.
47. Altunsoy M, Tanrıver M, Ok E, Kucukyilmaz E. Shear bond strength of a self-adhering flowable composite and a flowable base composite to mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture cement, and Biodentine. J Endod. 2015;41(10):1691–5.
48. Meraji N, Camilleri J. Bonding over dentin replacement materials. J Endod. 2017;43(8):1343–9.
49. Shafiei F, Doozandeh M, Gharibpour F, Adl A. Effect of reducing acid-etching duration time on compressive strength and bonding of a universal adhesive to calcium silicate cements. Int Endod J. 2019;52(4):530–9.
50. Nekoofar MH, Motevasselian F, Mirzaei M, Yassini E, Pouyanfar H, Dummer PM. The micro-shear bond strength of various resinous restorative materials to aged biodentine. Iran Endod J. 2018;13(3):356–61.
51. Palma PJ, Marques JA, Falacho RI, Vinagre A, Santos JM, Ramos JC. Does delayed restoration improve shear bond strength of different restorative protocols to calcium silicate-based cements? Materials (Basel). 2018;11(11):2216.
52. Bakhtiar H, Nekoofar MH, Aminishakib P, Abedi F, Naghi Moosavi F, Esnaashari E, Azizi A, Esmailian S, Ellini MR, Mesgarzadeh V, Sezavar M, About I. Human pulp responses to partial pulpotomy treatment with TheraCal as compared with Biodentine and ProRoot MTA: a clinical trial. J Endod. 2017;43(11):1786–91.
53. Mahmoud SH, El-Negoly SA, Zaen El-Din AM, El-Zekrid MH, Grawish LM, Grawish HM, GrawishME. Biodentine versus mineral trioxide aggregate as a direct pulp capping material for human mature permanent teeth - a systematic review. J Conserv Dent. 2018;21(5):466–73.
54. Hashem D, Mannocci F, Patel S, Manoharan A, Brown JE, Watson TF, Banerjee A. Clinical and radiographic assessment of the efficacy of calcium silicate indirect pulp capping: a randomized controlled clinical trial. J Dent Res. 2015;94(4):562–8.
55. Hashem D, Mannocci F, Patel S, Manoharan A, Watson