

بررسی آزمایشگاهی اثر هیدروژن پراکساید ۴۰٪ با و بدون نانوهیدروکسی آپاتیت و نانوبیواکتیوگلاس بر انسداد توبول های عاجی

علیرضا دانش کاظمی^۱، عبدالرحیم داوری^۲، منیره صدوقی^{۳*}

^۱ دانشیار گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت دهان و دندان، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

^۲ استاد گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت دهان و دندان، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

^۳ دستیار تخصصی گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
تاریخ ارائه مقاله: ۹۸/۲/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۱۰

Effect of 40% Hydrogen Peroxide with and without Nano-Hydroxyapatite and Nano-Bioactive Glass on the Dentinal Tubular Occlusion: An In Vitro Study

Alireza Daneshkazemi¹, Abdolrahim Davari², Monireh Sadoughi^{3*}

¹ Associate Professor, Department of Operative and Aesthetic Dentistry, Social Determinants of Oral Health Research Center, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

² Professor, Department of Operative and Aesthetic Dentistry, Social Determinants of Oral Health Research Center, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

³ Postgraduate Student, Department of Operative and Aesthetic Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Received: 11 May 2019; Accepted: 1 July 2019

Introduction: Dental sensitivity is one of the most common complications of bleaching treatments. Several sensitization agents have been used to relieve symptoms. Recently, the use of nanobiomaterials has been considered for dentinal tubular occlusion to treat sensitivities. The purpose of this study was to investigate the effect of 40% hydrogen peroxide with and without nano-hydroxyapatite and nano-bioactive glass on the dentinal tubular occlusion.

Materials and Methods: By removing the cervical enamel of 60 healthy premolar teeth, a flat surface of the dentin was created. The samples were prepared with the same dimensions and randomly divided into three equal groups, including group 1) 40% hydrogen peroxide bleaching material, group 2) combination of bleaching material and nano-hydroxyapatite 2% by weight, and group 3) combination of bleaching material and nano-bioactive glass, 7.5% by weight. Bleaching was performed in three periods of 15 min in two sessions with a one-week interval. Dentinal tubular occlusion was investigated using scanning electron microscope images, and scoring was based on the Hulsman index. The data were analyzed by the Kruskal-Wallis test and Dunn's multiple comparison test. The significance level was considered 0.05. But group 1 was significantly different from both groups 2 and 3 ($P < 0.001$).

Results: In contrast to group 1, the occlusion of dentinal tubules occurred in groups 2 and 3. However, there was no significant difference in the closure of dentinal tubules between groups 2 and 3 ($P = 0.01$). There was a significant difference between the group 1 and group 2 and 3 ($P < 0.001$).

Conclusion: Adding nano-hydroxyapatite and nano-bioactive glass to hydrogen peroxide causes the occlusion of dentinal tubules after bleaching, and it can be a successful treatment to reduce post-bleaching sensitivities with hydrogen peroxide.

Key words: Hydrogen peroxide, Nano-hydroxyapatite, Nano-bioactive glass, Dental sensitivity, Bleaching

*Corresponding Author: sadoughi_monireh@yahoo.com

J Mash Dent Sch 2019; 43(3): 271-8.

چکیده

مقدمه: حساسیت دندانی، یکی از رایج ترین عوارض درمان های بلیچینگ می باشد. عوامل حساسیت زدای مختلفی برای تسکین علائم به کار برده شده اند. اخیرا استفاده از نانوبیومتریال ها برای انسداد توبول های عاجی جهت درمان حساسیت ها مورد توجه قرار گرفته است. هدف

از مطالعه کنونی بررسی اثر هیدروژن پراکساید ۴۰٪ با و بدون نانوهیدروکسی آپاتیت و نانوبیواکتیوگلاس بر انسداد توبول های عاجی سطحی بود.

مواد و روش ها: با حذف مینای سرویکالی ۶۰ دندان پرمولر سالم، سطح صاف عاج ایجاد شد. نمونه ها با ابعاد یکسان تهیه و بطور تصادفی در سه گروه مساوی تقسیم گردید. گروه ۱: ماده بلیچینگ هیدروژن پراکساید ۴۰٪، گروه ۲: ترکیب ماده بلیچینگ و نانوهیدروکسی آپاتیت ۲٪ وزنی، گروه ۳: ترکیب ماده بلیچینگ و نانوبیواکتیوگلاس ۷۵٪ وزنی. بلیچینگ به صورت سه دوره زمانی ۱۵ دقیقه ای در دو جلسه با فاصله یک هفته انجام شد. بررسی انسداد توبولهای عاجی با استفاده از تصاویر SEM و امتیازدهی بر اساس شاخص Hullsmann صورت گرفت. بررسی داده ها بوسیله آزمون کروسکال-والیس و آزمون مقایسه های چندگانه دان انجام شد. سطح معنی داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته ها: برخلاف گروه ۱، در گروه ۲ و ۳ انسداد توبول های عاجی رخ داد. اما تفاوت معنی داری در بسته شدن توبول های عاجی بین گروه های ۲ و ۳ وجود نداشت. اما گروه ۱ با هر دو گروه ۲ و ۳ تفاوت معنی داری داشت. ($P < 0.001$)

نتیجه گیری: افزودن نانوهیدروکسی آپاتیت و نانوبیواکتیوگلاس به هیدروژن پراکساید سبب انسداد توبول های عاجی پس از بلیچینگ شده و می تواند درمان موفقی جهت کاهش حساسیت های پس از بلیچینگ با هیدروژن پراکساید باشد.

کلمات کلیدی: هیدروژن پراکساید، نانوهیدروکسی آپاتیت، نانوبیواکتیوگلاس، حساسیت دندان، بلیچینگ
مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۳۹۸ دوره ۴۳ / شماره ۳: ۸-۲۷۱.

مقدمه

در سال های اخیر، درمان های دندانپزشکی زیبایی رواج بسیاری یافته و تقاضای عمومی برای داشتن دندان های سفیدتر و بهبود ظاهر لبخند رو به افزایش است.^(۱) تیره رنگ شدن دندان به دلیل فاکتورهای داخلی یا خارجی اتفاق می افتد. فاکتورهای خارجی شامل تجمع مواد رنگی به عنوان مثال غذا، نوشیدنی یا تنباکو، به همراه بهداشت دهانی ضعیف و فاکتورهای داخلی شامل افزایش سن، مصرف برخی آنتی بیوتیک ها و استفاده ی زیاد از فلوراید می باشد.^(۲)

یکی از روش های بسیار رایج جهت بهبود رنگ دندان ها، تکنیک Bleaching است که به علت مزایای بسیار از جمله در دسترس بودن مواد، هزینه کم، امنیت کاربرد بالا و کم تهاجم بودن روش درمان به طور گسترده به کار می رود.^(۳) سه روش برای سفید کردن دندان های زنده وجود دارد: سفید کردن در مطب (in-office bleaching)، سفید کردن در منزل (home bleaching) و سفید کردن با مواد سفیدکننده ی بدون نسخه (OTC).^(۴)

مواد سفیدکننده حاوی هیدروژن پراکساید (HP) یا کارباماید پراکساید (CP) هستند که باعث اکسیداسیون رنگ های معدنی و اساسا اجزای آلی دندان می گردند. پراکساید به بافت سخت دندان نفوذ کرده و با تولید رادیکال های آزاد جهت اکسید کردن رنگدانه های آلی منجر به کاهش رنگ خصوصا در عاج می گردد.^(۵) حساسیت دندان که به صورت درد کوتاه و شدید به محرک های حرارتی، تبخیری، لمسی، شیمیایی یا اسمزی تعریف می شود،^(۶) یک مسئله مهم برای بسیاری از بیماران است و وقوع آن می تواند آنها را از ادامه درمان منصرف کند.^(۷) درمان های متعددی برای رفع این عارضه پیشنهاد شده است. استفاده از مواد یونی حساسیت زدا که با تاثیر بر اعصاب پالپی موجب تسکین علائم می شوند، یکی از این روش هاست که رواج کمتری دارد. چراکه این مواد باید برخلاف جهت مایع توبول های عاجی حرکت کرده تا به نقطه ی عمل خود برسند.^(۸) متاسفانه علت اصلی حساسیت های دندان مرتب با بلیچینگ، ناشناخته بوده، اما هنوز محتمل ترین دلیل آن، تئوری هیدرودینامیک است. بر طبق این تئوری، پراکساید در

نگهداری شده و قبل از شروع کار بوسیله ی کلرامین، ۰/۵ درصد ضدعفونی شدند. مینای دندان در قسمت سرویکال سطح باکال به صورت مزبودیستالی توسط دیسک برداشته شد تا یک سطح صاف عاج سطحی به دست آید.^(۱۴) سپس از ناحیه سرویکال یک نمونه با سایز ۳×۳ میلیمتر تهیه گردید. نمونه ها کدگذاری شده و با استفاده از جدول اعداد تصادفی در یکی از گروه های زیر قرار گرفتند (هر گروه ۲۰ نمونه):

گروه ۱: بلیچینگ با هیدروژن پراکساید ۴۰٪ (Ultradent,USA)

گروه ۲: بلیچینگ با هیدروژن پراکساید ۴۰٪ (Ultradent,USA) همراه با نانو هیدروکسی آپاتیت (Sigma,Aldrich,Spain)، ۲٪ وزنی جهت ساختن ژل مخلوط nHA+HP

گروه ۳: بلیچینگ با هیدروژن پراکساید ۴۰٪ (Ultradent,USA) همراه با نانوبیواکتیوگلاس (NovaBone Products LLC,Alachua,Florida,USA) ۷/۵٪ وزنی جهت ساختن ژل مخلوط BG+HP

نمونه ها در ابتدا با ژل اسیدفسفریک (Coltene Whaledent,USA) ۳۷٪ به مدت ۲۰ ثانیه برای بازشدن توپول های عاجی اچ شده و سپس به مدت ۳۰ ثانیه با آب مقطر شسته شدند. ژل بلیچینگ به مدت ۱۵ دقیقه به کار رفته و سپس با کمک یک میکروبراش از سطح دندان پاک شد. بعد از هر درمان، نمونه ها با جریان آب مقطر به مدت یک دقیقه برای حذف عامل بلیچینگ شسته و سپس در آب مقطر ۳۷ درجه تا درمان بلیچینگ بعدی نگهداری شدند. مراحل یک بار در یک هفته به مدت دو هفته (هر بار سه تا پنج ۱۵ دقیقه (۴۵ دقیقه) در مجموع ۹۰ دقیقه) تکرار شدند. در پایان مدت دو هفته ای بلیچینگ با هیدروژن پراکساید ۴۰٪، تصاویر SEM از نمونه ها با

تماس با توپول های عاجی موجب حرکت سریع مایع داخل توپول و تحریک زوائد ادونتوبلاستیک می گردد. همچنین نقص های سطحی و زیرسطحی در دندان باعث انتقال سریعتر ماده پراکساید به پالپ از طریق توپول های عاجی و ازدیاد حساسیت دندانی می شود. در تئوری استفاده از محصولاتتی که قادر به ترمیم نقص ها و انسداد توپول های عاجی باشند موفق به کاهش حساسیت و رنج بیمار خواهند شد.^(۹)

نانوهیدروکسی آپاتیت یکی از رایج ترین نانوبیومتریال های مورد استفاده در دندانپزشکی است که ریز ساختار مشابه دندان داشته و موجب رمینرالیزاسیون و بازیابی مقاومت به شکست دندان می شود. همچنین در مطالعات بالینی و آزمایشگاهی نشان داده شده که این ماده، قادر به انسداد توپول ها و کاهش حساسیت دندانی بوده است.^(۱۰) نانوبیواکتیوگلاس عامل رمینرالیزه کننده دیگری است که قدرت باند شیمیایی به بافت سخت دندان را دارد و اجزای آن اکسیدهای کلسیم، سدیم، فسفات و سیلیکا هستند. در شرایط بالینی این ماده یک لایه هیدروکسی کربنات آپاتیت در سطح خود ایجاد می کند.^(۱۱)۲) نشان داده شده است که بیواکتیوگلاس قادر به انسداد طولانی مدت یا دائمی توپول ها از طریق رسوب دادن هیدروکسی کربنات آپاتیت در داخل توپول ها می باشد.^(۱۳)

هدف از مطالعه حاضر بررسی آزمایشگاهی اثر هیدروژن پراکساید با و بدون نانوهیدروکسی آپاتیت و نانوبیواکتیوگلاس بر انسداد توپول های عاجی بود.

مواد و روش ها

پس از کسب مجوز از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، تعداد ۶۰ عدد دندان پرمولر فاقد پوسیدگی در طی یک ماه از بیماران با طرح درمان کشیدن ارتودنسی جمع آوری و در سرم فیزیولوژی

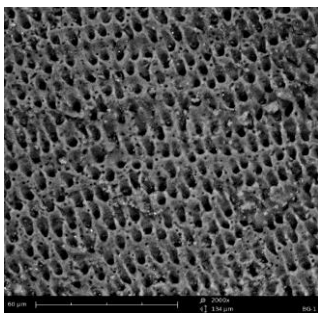
۳ بیشتر از گروه ۱ بوده است. اما تفاوت معنی داری در بسته شدن توپول های عاجی بین گروه های ۲ و ۳ وجود نداشت. ($P=0/897$)

ضریب همبستگی بین دو فرد ارزیابی کننده ی میکروگراف ها توسط آزمون Spearman s rho بررسی گردید که این میزان ۷۶ درصد و قابل قبول بود. تصاویر منتخب SEM سطح عاج قبل و بعد از آماده سازی در تصاویر ۱ تا ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار نمره بسته شدن توپول ها در

گروه های تحت مطالعه

گروه ها	میانگین	انحراف معیار	آزمون کروسکال-والیس
گروه ۱	۱/۹	۰/۵۷	$P=0/001$
گروه ۲	۳/۱	۰/۶۲	
گروه ۳	۳/۳	۰/۶۲	



تصویر ۱: سطح عاج اچ شده پس از بلیچینگ با هیدروژن

پراکساید (گروه ۱) نشان می دهد ماده بلیچ به تنهایی قادر به انسداد توپول ها نمی باشد.

بزرگنمایی ۴۵۰۰ تهیه گردید. میکروگراف های به دست آمده توسط دو فرد محقق به طور جداگانه ارزیابی شده و با رتبه بندی شاخص Hullsmann و همکاران^(۱۵) به صورت زیر امتیاز دهی شدند:

نمره ۱: کل توپول های عاجی باز بودند.

نمره ۲: بیش از ۵۰ درصد توپول های عاجی باز بودند.

نمره ۳: کمتر از ۵۰ درصد توپول های عاجی باز بودند.

نمره ۴: نزدیک به کل توپول ها توسط ذرات نانو هیدروکسی آپاتیت پوشیده شده بودند.

پس از آن ضریب توافق دو فرد مشاهده گر بدست آمده و نتیجه نهایی بر اساس میانگین مقادیر بین دو مشاهده گر ارزیابی گردید.

داده ها، کدگذاری و وارد رایانه شده و بوسیله بسته نرم افزاری SPSS با ویرایش ۲۳ و آزمون های آماری کروسکال-والیس و آزمون مقایسه های چندگانه دان بررسی شد. در ضمن سطح معنی داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته ها

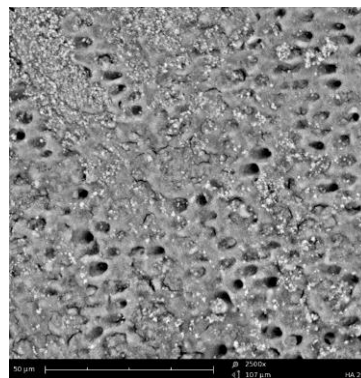
مقایسه شاخص های آماری در گروه های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. آزمون Kruskal wallis، تفاوت معنی داری را ما بین گروه های مورد بررسی در شاخص میزان بسته شدن توپول ها پس از مداخله در سه گروه نشان داد ($P=0/001$).

در تکمیل آزمون فوق، آزمون Dunn جهت مقایسه ی گروه ها به صورت دو به دو انجام گرفت. آنالیز آماری حاکی از آن بود که این شاخص بین گروه های ۱ و ۲ ($P=0/001$) و گروه ۱ با ۳ ($P=0/001$) معنی دار بود، به طوری که میانگین بسته شدن توپول ها در گروه های ۲ و

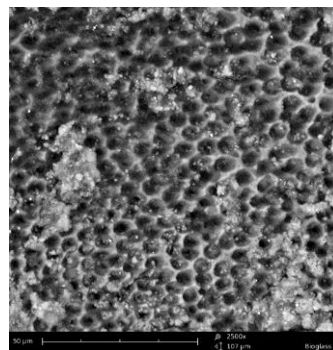
درصد وزنی آب تشکیل شده که محتوای معدنی عاج عمدتاً کریستال های هیدروکسی آپاتیت می باشد.^(۱۶) توپول های عاج، کانال های کوچکی هستند که کل ضخامت عاج را طی می کنند و هر توپول با عاج پری توپولار احاطه شده که معدنی تر از عاج اینترتوپولار اطراف است.^(۱۷)

همانطور که از مطالعات متعدد استنتاج می شود، بیشترین عارضه همراه با بلیچینگ، حساسیت گذرا (و در اکثر موارد ملایم) است. این عارضه تقریباً در تمام غلظت های پراکساید و انواع مختلف روش های استفاده رخ می دهد.^(۱۸،۱۹) شیوع بالای حساسیت بعد از درمان، نشان می دهد که بلیچینگ می تواند باعث آسیب پالپی شود. التهاب حاد یا حتی نکروز پارسیل پالپ تاجی، در دندان هایی که تحت درمان با ژل سفید کننده ی In-office با غلظت بالا قرار گرفته اند، دلالت بر این دارد که انتشار درونی H₂O₂ به داخل پالپ چمبر، مسئول حساسیت بعد از درمان است.^(۲۰،۲۱)

در صورت بروز حساسیت، راه های در دسترس متعددی، شامل درمان فعال یا غیر فعال برای برطرف کردن حساسیت وجود دارد. درمان غیر فعال شامل کم کردن مدت زمان یا دفعات انجام درمان و یا قطع فرآیند درمان تا زمان بهبودی است. سپس می توان درمان را از سر گرفت. درمان فعال مشتمل بر کاربرد مواد دارویی با استفاده از تری، مشابه درمان سفید کردن می باشد. اغلب اوقات درمان حساسیت، نوعی ترکیب از تغییر در میزان ساعات سفید کردن و دفعات آن، به همراه استفاده از داروهای شامل داروهای ضدالتهابی، خمیردندان های حساسیت زدا و داروهای ضد حساسیت استقرار یافته در تری می باشد. ممکن است ترکیبی از پتاسیم نترات و



تصویر ۲: سطح عاج اچ شده پس از بلیچینگ با هیدروژن پراکساید+نانوهیدروکسی آپاتیت (گروه ۲) نشان می دهد ذرات نانوهیدروکسی آپاتیت سطح عاج را پوشانده و داخل توپول ها نیز رسوب کرده اند.



تصویر ۳: سطح عاج اچ شده پس از بلیچینگ با هیدروژن پراکساید+نانوبیواکتیوگلاس (گروه ۳) نشان می دهد ذرات نانوبیواکتیوگلاس سطح عاج و داخل توپول ها را کاملاً پوشش داده است.

بحث

در این مطالعه، افزودن نانوهیدروکسی آپاتیت و نانوبیواکتیوگلاس به ماده ی بلیچینگ هیدروژن پراکساید ۴۰ درصد موجب انسداد توپول های عاجی شده و بنابراین فرضیه صفر مطالعه رد شد. عاج دندان یکی از معدنی ترین و سخت ترین بافت های بیولوژیک موجود در بدن انسان است. ساختار آن تقریباً از ۷۰ درصد وزنی مواد معدنی، ۲۰ درصد وزنی ماتریکس ارگانیک، و ۱۰

با مطالعات انجام شده در این زمینه همسو می باشد. همانطور که ذکر شد، انسداد توبول های باز و کاهش جریان مایع توبول های عاجی استراتژی موثری در کاهش حساسیت می باشد.^(۲۹) بررسی های قبلی با میکروسکوپ الکترونی (SEM) نیز نشان داده که بیواکتیوگلاس قادر است توبول ها را به طرز موفقیت آمیزی مسدود کند.^(۳۰-۳۲)

در مطالعه ی Tirapelli و همکاران^(۳۳)، مقایسه ی خمیردندان Sensodyne حاوی پتاسیم نترات، محلول Sensikill حاوی کلسیم فسفات و پودر Biosilicate حاوی ذرات بیواکتیوگلاس نشان داد که از میان گروه های مورد بررسی، بیواکتیوگلاس بهترین عملکرد کلینیکی و سریع ترین نتیجه را در کاهش درد ناشی از حساسیت دندان دارد.

نتیجه گیری

با توجه به محدودیت های این مطالعه آزمایشگاهی، افزودن نانوذرات هیدروکسی آپاتیت و بیواکتیوگلاس به هیدروژن پراکساید ۴۰ درصد، انسداد مطلوب توبول های عاجی را در پی داشت. هرچند نتایج امیدوارکننده است، اما آزمایش های بالینی بیشتری لازم است تا اثبات شود افزودن این دو نانو ذره به هیدروژن پراکساید، یک راه حل موفق در کاهش حساسیت های مرتبط با بلیچینگ است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل از پایان نامه تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد به شماره ثبت ۵۸۶۸ تخصصی می باشد که بدینوسیله قدردانی می گردد. در ضمن از مشاور آمار این پایان نامه جناب آقای دکتر فلاح زاده سپاسگزاری می گردد.

فلوراید در داخل تری برای بهینه ساختن نتایج حساسیت زدایی استفاده شود.^(۲۲)

اخیرا انسداد مکانیکی یا شیمیایی توبول ها به عنوان یک راه حل موثر در کاهش حساسیت عاجی گزارش شده است. یک متآنالیز اخیر گزارش کرد درمان فعال حساسیت (انسداد فیزیکی یا شیمیایی توبول های باز) نسبت به درمان های دارونما نتایج بهتری در پی دارد.^(۲۳)

در مطالعه ی حاضر افزودن نانوهیدروکسی آپاتیت به ماده ی بلیچینگ، موجب انسداد توبول های عاجی شد که با مطالعات انجام شده در این زمینه همسو می باشد. نانوهیدروکسی آپاتیت به دلیل ساختار مشابه دندان، یکی از مواردی بوده که مورد توجه زیادی قرار گرفته است. این ماده همچنین در فرم های مختلف در مطالعات *in-vivo* و *in-vitro* برای انسداد توبول های عاجی استفاده شده و نتایج موفقیت آمیزی را در پی داشته است.^(۲۴)

انسداد توبول های عاجی توسط هیدروکسی آپاتیت با میکروسکوپ الکترونی (SEM) مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان داد که هیدروکسی آپاتیت قادر به کاهش حساسیت عاجی از طریق انسداد مطلوب توبول ها می باشد.^(۲۵و۲۶)

مقایسه نانوهیدروکسی آپاتیت و فلوراید برای رفع عارضه حساسیت در بیماران، نشان داده که خمیردندان حاوی نانوهیدروکسی آپاتیت بهتر از فلوراید، قادر به کاهش درد ناشی از افزایش حساسیت عاجی می باشد.^(۲۷) همچنین استفاده از خمیر نانوهیدروکسی آپاتیت بلافاصله بعد از بلیچینگ به طرز معناداری باعث کاهش بروز و دوره ی حساسیت در بیماران می گردد.^(۲۸)

در مطالعه ی حاضر، افزودن نانوبیواکتیوگلاس به ماده ی بلیچینگ نیز، موجب انسداد توبول های عاجی شد که

منابع

1. Akarslan ZZ, Sadik B, Erten H, Karabulut E. Dental esthetic satisfaction, received and desired dental treatments for improvement of esthetics. *Indian J Dent Res* 2009; 20(2):195-200.
2. Alqahtani MQ. Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: a literature review. *Saudi Dent J* 2014; 26(2):33-46.
3. Shafiei F, Doustfateme S. Effect of a combined bleaching regimen on the microhardness of a sealed methacrylate-based and a silorane-based composite. *J Dent (Shiraz)* 2013; 14(3):111-7.
4. Joiner A. Review of the effects of peroxide on enamel and dentine properties. *J Dent* 2007; 35(12):889-96.
5. Sorozini M, Dos Santos RS, Silva EM, Dos Anjos MJ, Perez CR. Assessment of Ca and P content variation in enamel during an eight-week bleaching protocol using energy dispersive X-ray fluorescence. *Spectr Acta Part B Atomic Spectrosc* 2017; 131:93-8.
6. Addy M, Dowell P. Dentine hypersensitivity--a review. Clinical and in vitro evaluation of treatment agents. *J Clin Periodontol* 1983; 10(4):351-63.
7. Browning WD, Blalock JS, Frazier KB, Downey MC, Myers ML. Duration and timing of sensitivity related to bleaching. *J Esthet Restor Dent* 2007; 19(5):256-64.
8. Sena FG. Dentine permeability in assessing therapeutic agents. *Dent Clin North Am* 1990; 34:475-90.
9. Giniger M, Macdonald J, Ziemba S, Felix H. The clinical performance of professionally dispensed bleaching gel with added amorphous calcium phosphate. *J Am Dent Assoc* 2005; 136(3):383-92.
10. Generosi A, Rau JV, Rossi Albertini V, Paci B. Crystallization process of carbonate substituted hydroxyapatite nanoparticles in toothpastes upon physiological conditions: an in situ time-resolved X-ray diffraction study. *J Mater Sci Mater Med* 2010; 21(2):445-50.
11. Gjorgievska E, Nicholson JW. Prevention of enamel demineralization after tooth bleaching by bioactive glass incorporated into toothpaste. *Aust Dent J* 2011; 56(2):193-200.
12. Khoroushi M, Mousavinasab SM, Keshani F, Hashemi S. Effect of resin-modified glass ionomer containing bioactive glass on the flexural strength and morphology of demineralized dentin. *Oper Dent* 2013; 38(2):E1-10.
13. Gillam DG, Tang JY, Mordan NJ, Newman HN. The effects of a novel Bioglass dentifrice on dentine sensitivity: a scanning electron microscopy investigation. *J Oral Rehabil* 2002; 29(4):305-13.
14. Cakir FY, Korkmaz Y, Firat E, Oztas SS, Gurgan S. Chemical analysis of enamel and dentin following the application of three different at-home bleaching systems. *Oper Dent* 2011; 36(5):529-36.
15. Hulsmann M, Heckendorff M, Schafers F. Comparative in-vitro evaluation of three chelator pastes. *Int Endod J* 2002; 35(8):668-79.
16. Perdigao J. Dentine bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater* 2010; 26(2):e24-37.
17. Chng HK, Ramli HN, Yap AU, Lim CT. Effect of hydrogen peroxide on intertubular dentine. *J Dent* 2005; 33(5):363-9.
18. Browning WD, Chan DC, Myers ML, Brackett WW, Brackett MG, Pashley DH. Comparison of traditional and low sensitivity whiteners. *Oper Dent* 2008; 33(4):379-85.
19. Leonard RH Jr, Smith LR, Garland GE, Caplan DJ. Desensitizing agent efficacy during whitening in an at-risk population. *J Esthet Restor Dent* 2004; 16(1):49-55.
20. Reis A, Tay L, Herrera DR, Kossatz S, Loguercio AD. Clinical effects of prolonged application time of an in-office bleaching gel. *Oper Dent* 2011; 36(6):590-6.
21. Tay LY, Kose C, Herrera DR, Reis A, Loguercio AD. Long-term efficacy of in-office and at-home bleaching: a 2-year double-blind randomized clinical trial. *Am J Dent* 2012; 25(4):199-204.
22. Hilton TJ, Ferracane JL, Broome JC. *Summitt's fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach*. New York: Quintessence Publishing Company, Incorporated; 2013.
23. Lin PY, Cheng YW, Chu CY, Chien KL, Lin CP, Tu YK. In-office treatment for dentin hypersensitivity: a systematic review and network meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2013; 40(1):53-64.
24. Gopinath NM, John J, Nagappan N, Prabhu S, Kumar ES. Evaluation of dentifrice containing nano-hydroxyapatite for dentinal hypersensitivity: a randomized controlled trial. *J Int Oral Health* 2015; 7(8):118-22.
25. Shetty S, Khohad R, Yeltiwar R. Hydroxyapatite as an in-office agent for tooth hypersensitivity: a clinical and scanning electron microscopic study. *J Periodontol* 2010; 81(12):1781-9.
26. Yuan P, Shen X, Liu J, Hou Y, Zhu M, Huang J, et al. Effects of dentifrice containing hydroxyapatite on dentinal tubule occlusion and aqueous hexavalent chromium cations sorption: a preliminary study. *PLoS One*

- 2012; 7(12):e45283.
27. Vano M, Derchi G, Barone A, Covani U. Effectiveness of nano-hydroxyapatite toothpaste in reducing dentin hypersensitivity: a double-blind randomized controlled trial. *Quintessence Int* 2014; 45(8):703-11.
 28. Browning WD, Cho SD, Deschepper EJ. Effect of a nano-hydroxyapatite paste on bleaching-related tooth sensitivity. *J Esthet Restor Dent* 2012; 24(4):268-76.
 29. Bartold PM. Dentinal hypersensitivity: a review. *Aust Dent J* 2006; 51(3):212-8.
 30. Chen WC, Chen CH, Kung JC, Hsiao YC, Shih CJ, Chien CS. Phosphorus effects of mesoporous bioactive glass on occlude exposed dentin. *Materials* 2013; 6(11):5335-51.
 31. Forsback AP, Areva S, Salonen JI. Mineralization of dentin induced by treatment with bioactive glass S53P4 in vitro. *Acta Odontol Scand* 2004; 62(1):14-20.
 32. Zhong Y, Liu J, Li X, Yin W, He T, Hu D, et al. Effect of a novel bioactive glass-ceramic on dentinal tubule occlusion: an in vitro study. *Aust Dent J* 2015; 60:96-103.
 33. Tirapelli C, Panzeri H, Lara EH, Soares RG, Peitl O, Zanotto ED. The effect of a novel crystallised bioactive glass-ceramic powder on dentine hypersensitivity: a long-term clinical study. *J Oral Rehabil* 2011; 38(4):253-62.