

بررسی اثر وارنیش نانوهیدروکسی آپاتیت بر رمینرالیزاسیون ضایعات اولیه مینایی و انسداد توبول های عاجی

عبدالرحیم داوری^{۱،۲}، فرناز فرहत^۳، سپیده عباسی^{۴*}

^۱ استناد، گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی شهید صدوقی

یزد، ایران

^۲ مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت دهان و دندان، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد،

یزد، ایران

^۳ دانشیار، گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی شهید

صدوقی یزد، ایران

^۴ دستیار تخصصی، گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، یزد،

ایران

تاریخ ارائه مقاله: ۱۴۰۰/۹/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۲/۲۱

Evaluation of the Effect of Nanohydroxyapatite-containing Varnish on Remineralization of Early Enamel Caries and Occlusion of Dentinal Tubules

Abdolrahim Davari^{1,2}, Farnaz Farahat³, Sepideh Abbasi^{4*}

¹ Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

² Social Determinant of Oral Health Research Center, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

³ Associate Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

⁴ Postgraduate Student, Department of Operative Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Received: 18 December 2021; Accepted: 11 May 2022

Background: Various factors contribute to tooth decay. Modern dentistry suggests different ways to enhance remineralization and prevent caries progression. The present study aimed to evaluate the effect of nano-hydroxyapatite toothpaste and mouthwash on the remineralization of primary enamel lesions and occlusion of dentinal Tubules.

Materials and Methods: A total of 45 extracted human central teeth were used in this study. Artificial decay was induced by placing samples in a demineralization solution in an incubator at 37°C for 72 h. The hardness of four samples of demineralized teeth was determined by a microhardness test. The samples were divided into three equal groups according to the table of random numbers. The samples were subjected to pH cycling for 14 days, which included 3 and 21 h of demineralization and remineralization, respectively. SEM and Vickers microhardness tests were performed and the results were compared and the degree of occlusion of dentinal tubules was reported. Then the results were analyzed using SPSS software (version 24) and descriptive statistics, ANOVA, and Tukey's multiple comparison test.

Results: The results of repeated measures ANOVA indicated a statistically significant difference in microhardness changes between the studied groups (P=0.006). Also, in-group analysis of microhardness changes in the groups demonstrated a significant difference between these changes (P<0.0001).

Conclusion: According to the obtained results, using nanohydroxyapatite can be considered as a therapeutic approach to repair decayed teeth and it increases dental microhardness when added to varnish.

Key words: Demineralization, Microhardness, Nanohydroxyapatite, Remineralization, Varnish

*Corresponding Author: sepideabbasidnt@gmail.com

► Please cite this paper as: Davari A, Farahat F, Abbasi S. "Evaluation of the Effect of Nanohydroxyapatite-containing Varnish on Remineralization of Early Enamel Caries and Occlusion of Dentinal Tubules". *J Mash Dent Sch* 2023; 47(1): 44-53.

► DOI: 10.22038/jmds.2022.62318.2128

چکیده

مقدمه: عوامل مختلفی در ایجاد پوسیدگی دندان نقش دارند. دندانپزشکی مدرن به دنبال راهی برای بهبود پوسیدگی دندان است و راههای مختلفی برای افزایش رمینرالیزاسیون و بهبود پوسیدگی دندان پیشنهاد می کند. هدف از این مطالعه بررسی اثر وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت بر رمینرالیزاسیون ضایعات اولیه مینایی و انسداد توبولها بود.

مواد و روش ها: در این مطالعه، تعداد ۴۵ دندان سانترال کشیده شده انسانی استفاده شد. پوسیدگی مصنوعی به وسیله قرار دادن نمونه ها به مدت ۷۲ ساعت در محلول دمینرالیزاسیون در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سانتی گراد ایجاد گردید. سختی چهار نمونه از دندانهای دمینرالیزه شده توسط تست میکروهاردنس سنجدیده شد. با توجه به اینکه ۱ نمونه پس از SEM اولیه قابل استفاده نبود، در مجموع ۴۶ نمونه در نظر گرفته و این دندان از ادامه مطالعه حذف شد. نمونه ها به طور تصادفی به ۳ گروه مساوی ۱۵ تایی تقسیم شدند. وارنیش های نانو هیدروکسی آپاتیت، نانو هیدروکسی آپاتیت و سدیم فلوراید و وارنیش سدیم فلوراید اعمال شدند و پس از ۴ ساعت از سطح نمونه ها برداشته شدند. برای گروه ۳- ۱ نمونه ها به مدت ۱۴ روز تحت سیکل pH جهت شبیه سازی محیط دهان، قرار گرفتند که شامل ۳ ساعت دمینرالیزاسیون و ۲۱ ساعت رمینرالیزاسیون بود. مجدداً تست SEM و میکروهاردنس و یکزر انجام و نتایج قبل و بعد مقایسه شد و میزان انسداد توبولی گزارش گردید. سپس با استفاده از نرم افزار SPSS 24 و آمار توصیفی و تحلیل واریانس ANOVA و مقایسه های چندگانه Tukey نتایج تجزیه و تحلیل گردید.

یافته ها: نتایج آزمون آنالیز واریانس با اندازه های تکراری (Repeated measure) نشان داد که بین گروه های مورد مطالعه اختلاف آماری معنی داری در تغییرات میکروهاردنس وجود داشت ($P=0.006$). همچنین آنالیز درون گروهی تغییرات میکروهاردنس در گروه های مورد مطالعه نشان داد که اختلاف معنی داری بین این تغییرات وجود داشت ($P<0.0001$).

نتیجه گیری: با توجه به مطالعه حاضر، نانو هیدروکسی آپاتیت می تواند یکی از استراتژی های درمانی جهت ترمیم دندانهای پوسیده باشد و اضافه شدن نانو هیدروکسی آپاتیت به وارنیش سبب افزایش میکروهاردنس دندان می گردد.

کلمات کلیدی: نانو هیدروکسی آپاتیت، میکروهاردنس، دمینرالیزاسیون، رمینرالیزاسیون، وارنیش

مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۴۰۲ / دوره ۴۷ / شماره ۱: ۵۳-۴۴

مقدمه

دندانپزشکی مدرن بر روی پیشگیری و مداخله حداقل و جایگزینی سوبسترای دندان های از دست رفته با مواد شبه زیستی، تمرکز کرده است. پروسه رمینرالیزاسیون توسط درجه اشباع محلولهای دهانی (بزا و پلاک) در رابطه با کریستال های آپاتیت کنترل می شود. در صورت مساعد بودن شرایط، رمینرالیزاسیون ممکن است پروسه غالب باشد. روش های متعددی برای رمینرالیزاسیون ساختار دندان معرفی شده است، وارنیش های فلوراید برای جلوگیری از ایجاد ضایعات اولیه مینا در حضور یون های کلسیم و فسفات برای ایجاد فلوروآپاتیت مؤثر شناخته شده اند.^(۱)

از آنجایی که استفاده بیش از حد از فلوراید باعث فلوروزیس به خصوص در کودکان پیش دبستانی می شود،

نیاز به یک راه جایگزین برای رمینرالیزاسیون پوسیدگی ها که مثل فلوراید مؤثر باشد ولی اثرات مضر آنرا نداشته باشد، وجود دارد.^(۲) رمینرالیزاسیون ضایعات مینایی در مفهوم حداقل مداخلات دندانپزشکی منجر به معرفی مواد مختلف زیست سازگاری نظیر تری کلسیم فسفات، گلاس های بیو اکتیو (کلسیم سدیم فسفوسیلیکات)، محصولات بر پایه کازین و در نهایت Nano hydroxyapatite (n-HAP) شد.^(۳)

نانو هیدروکسی آپاتیت به عنوان یکی از زیست سازگار ترین و زیست فعال ترین مواد در نظر گرفته می شود که در سال های اخیر در دندانپزشکی و پزشکی مقبولیت خاصی را بدست آورده است. مورفولوژی و ساختار پارتیکل های نانو هیدروکسی آپاتیت شبیه به کریستال های آپاتیت مینا هستند. پژوهش های آزمایشگاهی سیکل pH

نشانی (Iontophoresis) انتقال ذرات باردار فلوراید، کاربرد رزین

ادهزیوها و کاربرد لیزر بافت سخت می باشد.^(۷)

اخیراً تحقیقات در استفاده از مواد معدنی دندان (کلسیم و فسفات) منجر به تولید نانو هیدروکسی آپاتیت برای بستن توبول های عاجی شد. از آنجایی که نانو هیدروکسی آپاتیت جزء اصلی دندان و استخوان است، به عنوان یک ماده مسدود کننده توبول های عاجی مناسب می باشد.

در مطالعات گذشته مقایسه اثر خمیر دندان و دهانشویه نانو هیدروکسی آپاتیت بر رمینرالیزاسیون ضایعات مینایی صورت گرفته و نشان داده شده است که تأثیر بیشتری نسبت به خمیر دندان های حاوی آمین فلوراید و سدیم فلوراید دارد و در انسداد توبول های عاجی تأثیر بیشتری بر انسداد توبول های عاجی نسبت به خمیر دندان های حاوی فلوراید دارد.

نجیب فرد و همکارانش^(۸) که رمینرالیزاسیون ضایعات اولیه با خمیر دندان نانو هیدروکسی آپاتیت را بررسی کردند مشاهده کردند که خمیر دندان نانو هیدروکسی آپاتیت در مقایسه با خمیر دندانهای حاوی فلوراید رمینرالیزاسیون بیشتری را موجب می شود. با این وجود Dass و همکارانش^(۳) دریافتند که تفاوت معنی داری بین گروه وارنیش فلوراید و خمیر دندان نانو هیدروکسی آپاتیت وجود ندارد.

با توجه به وجود اختلاف نظر مطالعات قبلی در مورد برتری وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت در مقایسه با وارنیش سدیم فلوراید، هدف از این تحقیق بررسی اثر وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت بر رمینرالیزاسیون ضایعات اولیه مینایی و نیز انسداد توبول های عاجی بود.

مواد و روش ها

نوع این مطالعه تجربی (Experimental) و به روش آزمایشگاهی (lab trial) بود. در این مطالعه تعداد ۴۵ دندان

نشان داده اند که هیدروکسی آپاتیت بیش از فلوراید، پتانسیل رمینرالیزاسیون ضایعات مینایی را دارد و همچنین می تواند موجب رمینرالیزاسیون مینا در اطراف مارژین های ترمیم شود. مکانسیم دقیق اثر نانو هیدروکسی آپاتیت هنوز واضح نیست، بعضی محققین اذعان می کنند که نانو هیدروکسی آپاتیت یک لایه مینایی سنتتیک را در اطراف مینا ایجاد می کند یا نانوپارتیکل های آپاتیت را در اطراف ضایعات رسوب می دهد. برخی دیگر بیان می کنند که نانو هیدروکسی آپاتیت به عنوان ذخیره کننده کلسیم و فسفر عمل می کند و یک حالت فوق اشباع را بوجود می آورد و اینگونه از دمینرالیزاسیون جلوگیری کرده و باعث تقویت رمینرالیزاسیون می شود.^(۴) لازم به ذکر است که هنگام ترکیب با فلوراید در فرمولاسیون های آبی مانند خمیر دندان و دهانشویه ها، نانو هیدروکسی آپاتیت غلظت فلوراید قابل دسترس زیستی را کاهش می دهد، که باعث کاهش ریسک فلوروزیس می شود.^(۵)

حساسیت عاجی یک وضعیت کلینیکی دردناک است که اغلب در بزرگسالان مشاهده می شود. حساسیت عاجی در نتیجه ی استفاده ی بیش از حد از غذاهای اسیدی، سایش دندانی به دلیل استرس و پارافانکشن، تحلیل لثه به دلیل مسواک زدن خشن و نادرست و بیماری های پریدنتال محتمل است.^(۶)

یک رویکرد منطقی برای کنترل حساسیت عاجی، انسداد یا کاهش قطر توبول ها است. عوامل مسدود کننده ی توبول های عاجی می توانند یک مانع با رسوب پروتئین ها (حاوی آرژنین) و یون های کلسیم و فسفات روی سطح یا درون مدخل توبولها ایجاد کنند که در موادی نظیر خمیر دندانهای حاوی پتاسیم نیترات، نیترات نقره، استرانسیوم کلراید و فلوراید موجود هستند. همچنین درمانهای داخل مطب شامل

Lactic ،NaH₂PO₄=2.2Mm ، CaCl₂=2.2Mm
 acid=0.05 mM که توسط ۰.۵٪ (NaOH) با pH 4.5، تنظیم
 و سپس پوشیدگی مصنوعی به وسیله قرار دادن نمونه ها به
 مدت ۷۲ ساعت در این محلول در انکوباتور (Poya Sanat)
 (Rashnolab) با دمای ۳۷ درجه سانتی گراد ایجاد گردید.^(۹)
 پس از خارج کردن نمونه ها از انکوباتور، به مدت ۲۰ ثانیه
 با نرمال سالین شسته شدند. سپس یک نمونه از دندان های
 دمیترالیزه شده در جهت مزویدیستال برش خورد، نمونه
 ابتدا با آلیاژ طلا - پالادیوم (gold sputter) پوشانده و سپس
 DEJ و توپول های عاجی زیر SEM (JSM-6610LV
 Research Complex at Harwell) با بزرگنمایی ۱۰۰۰X
 مشاهده شد. با توجه به اینکه یک نمونه پس از SEM اولیه
 قابل استفاده نبود، در مجموع ۶۶ نمونه در نظر گرفته شد و
 این دندان از ادامه مطالعه حذف شد. مجدداً نمونه ها مورد
 آزمایش تست ویکرز قرار گرفت.
 سپس نمونه ها بصورت تصادفی به سه گروه ۱۵ تایی
 تقسیم شدند.

گروه ۱: وارنیش نانو هیدوکسی آپاتیت ۱۰ ppm

گروه ۲: وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت ۱۰ ppm با
 سدیم فلوراید

گروه ۳: وارنیش سدیم فلوراید ۵ درصد (گروه کنترل)
 وارنیش ها ساخت شرکت داروسازی آسیا شیمی طب،
 برای ۳۰ ثانیه روی دندان های خشک شده با پوار، اعمال
 شدند. نمونه ها در محلول رمینرالیزاسیون نگه داری و پس
 از ۴ ساعت وارنیش با Scalpel blade برای جلوگیری از
 تماس با سطح ضایعه برداشته شد. سطح هر نمونه با محلول
 رمینرالیزاسیون شسته شد و نمونه ها تحت سیکل پوشیدگی
 مصنوعی (سیکل pH) قرار گرفتند. برای هر گروه سه نمونه
 به مدت ۱۴ روز تحت سیکل pH قرار گرفتند که شامل ۳
 ساعت دمیترالیزاسیون و ۲۱ ساعت رمینرالیزاسیون بود. از

سانترال کشیده شده که بدون ترمیم و پوشیدگی بودند، مورد
 مطالعه قرار گرفت. نمونه ها توسط استریو میکروسکوپ
 (Olympus BX41, Olympus optical Co, Tokyo, Japan)
 بزرگنمایی ۴x بررسی و نمونه های دارای ترک و نقایص
 ساختاری از مطالعه حذف شد. تاج دندان ها توسط دیسک
 الماسی خشن (3M, ESP, USA) از دو میلیمتر زیر CEJ
 قطع و برای مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. برای مسطح
 کردن مینا، سطح میانی نمونه ها در قسمت باکال، توسط
 دیسک های الماسی سیلیکون کارباید با خشونت ۴۰۰، ۶۰۰
 و ۸۰۰ گریت (3M, ESP, USA) پالیش شدند، به طوری که
 هر دیسک، پنج مرتبه در جهت عقربه های ساعت روی
 سطح استفاده شد. سپس برای برداشت اسمیر لایر از اسید
 سیتریک ۶ درصد (PH=2) برای دو دقیقه استفاده شد و
 نمونه ها در آب مقطر (PH=7) قرار گرفتند. دندانها با
 اپوکسی رزین مانت شد. به نحوی که سطح باکال آنها قابل
 دسترسی و تمامی سطح باکال نمونه ها به جز ناحیه ای به
 ابعاد ۴×۲ میلیمتر با لاک ناخن مقاوم به اسید (Jetset,
 Loral, Karlsruhe, Germany) پوشانده شدند.

سپس نمونه ها شماره گذاری و سختی نمونه ها توسط
 تست میکرو هاردنس ویکرز (SCTMC, MHV10002, China)
 اندازه گیری شد. برای تست سختی ویکرز از یک فرز روند
 الماسی مربعی شکل استفاده گردید. یک فرز روند الماسی
 به صورت هرمی مربع القاعده با زاویه رأس ۱۳۶ درجه ای
 با اعمال یک نیروی معین به ماده وارد شد. فرز روند یک
 اثر مربعی ایجاد کرد و قطرهای این مربع اندازه گیری شد.
 نمونه ها با دستگاه ویکرز با نیروی ۲۰۰ گرم در طی ۱۰
 ثانیه تحت آزمایش قرار گرفت. هاردنس در سه نقطه از
 سطح اندازه گیری و میانگین آنها برحسب (Kg/mm²) به
 عنوان عدد سختی ویکرز در نظر گرفته شد.
 ترکیبات محلول دمیترالیزاسیون شامل:

یافته ها

میانگین و انحراف معیار میکروهاردنس اندازه گیری شده در ابتدای مطالعه، پس از ایجاد پوسیدگی و بعد از فرآیند درمان بوسیله غوطه ورسازی در هریک از مواد مورد مطالعه بررسی گردید و در جدول ۱ قابل مشاهده است.

همچنین نتایج آزمون آنالیز واریانس اندازه های تکراری (Repeated measure) نشان داد که بین گروه های مورد مطالعه اختلاف آماری معنی داری در تغییرات میکروهاردنس وجود داشت ($P=0.001$). همچنین آنالیز درون گروهی تغییرات میکروهاردنس در گروه های مورد مطالعه نشان داد که اختلاف معنی داری بین این تغییرات وجود داشت ($P<0.0001$).

از طرفی مقایسه تغییرات میکروهاردنس در گروه های مورد مطالعه در مراحل سه گانه نشان داد که میزان میکروهاردنس در تمام گروه ها در مرحله سوم نسبت به مرحله دمینرالیزاسیون افزایش پیدا کرده بود.

همچنین مقایسه تغییرات میکروهاردنس پس از مرحله دمینرالیزاسیون بین گروه ها نشان داد که استفاده از وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت ۱۰ ppm در مقایسه با تمامی گروه ها میزان میکروهاردنس بالاتری داشت و نسبت به تمام مواد استفاده شده در مرحله سوم به طور مؤثرتری میزان میکروهاردنس را افزایش داده بود (جدول ۱).

محلول ایجاد کننده پوسیدگی مصنوعی به عنوان محلول دمینرالیزاسیون و از محلول بزاق مصنوعی^(۱۰) شامل:

Na₃Po₄-3.90Mm و NaCl₂-4.29Mm و KCl-17.98Mm

CaCl₂- 1.10Mm , MgCl₂- 0.08 Mm و H₂SO₄- 0.05Mm

NaHCO₃-3.27Mm, Distilled water PH=7.2

به عنوان محلول رمینرالیزاسیون استفاده شد. پس از پایان سیکل pH مجدداً تست میکروهاردنس و یکرز روی تمامی نمونه ها انجام و نتایج قبل و بعد، مقایسه شد. سپس از هر گروه، یک نمونه در جهت باکولینگوال برش و با آلیاژ طلا - پالادیوم (sputter-gold) پوشانده و با SEM (JSM- SEM (JSM- 6610LV Research Complex at Harwell) در ولتاژ پرتو 15Kv مشاهده و چهار حالت زیر در نظر گرفته شد.

۱. Completely occluded tubules (COT %): حالتی

که بیش از نصف توبول ها مسدود بودند.

۲. Partially-occluded tubules (POT %): حالتی که

کمتر از نصف توبول ها مسدود بودند.

۳. Fully-open tubules (FOT %): حالتی که

هیچ گونه ته نشینی و انسدادی صورت نگرفته بود.

۴. Surface area covered by deposit precipitate

layer (DPL %): حالتی که یک لایه نازک روی توبول ها

بود ولی درون توبول ها مسدود نشده بودند.

بعد از جمع آوری اطلاعات، نمونه ها کدگذاری شدند

و با استفاده از نرم افزار SPSS 24 و آمار توصیفی و آنالیز

واریانس ANOVA و مقایسه های چندگانه Tukey نتایج

تجزیه و تحلیل گردید.

جدول ۱: مقادیر ریزسختی نمونه ها در گروه های مختلف و مقایسه تغییرات آنها در مراحل سه گانه

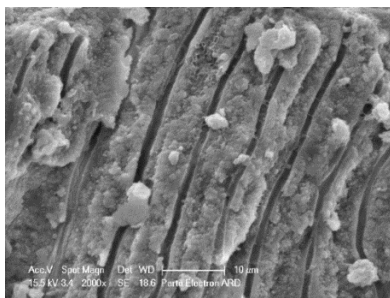
نتیجه آزمون	C گروه ۳	B گروه ۲	A گروه ۱	
$P=0/462$	$269/99 \pm 35/16$	$249/70 \pm 32/20$	$261/63 \pm 30/21$	مرحله اول
$P=0/047$	$190/63 \pm 46/03$	$150/11 \pm 35/64$	$177/36 \pm 41/58$	مرحله دمنیرالیزاسیون
$P=0/850$	$232/62 \pm 47/31$	$225/82 \pm 35/82$	$237/62 \pm 40/79$	مرحله سوم
$P=0/01$	$-79/36 \pm 19/9$	$-102/8 \pm 21/5$	$-84/27 \pm 21/63$	تغییرات مرحله دمنیرالیزاسیون به مرحله اول
$P=0/213$	$-37/36 \pm 21/4$	$-26/36 \pm 22/4$	$-24/01 \pm 21/41$	تغییرات مرحله سوم به اول
$P<0/001$	$41/99 \pm 3/6$	$76/5 \pm 43/2$	$60/26 \pm 7/4$	تغییرات مرحله سوم و مرحله دمنیرالیزاسیون
	$P<0/001$	$P<0/001$	$P<0/001$	نتیجه آزمون سه مرحله آزمایش

A) وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت ۱۰ppm

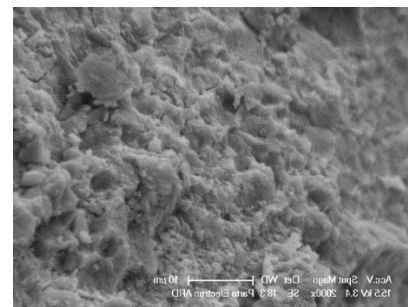
B) وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت ۱۰ ppm با سدیم فلوراید

C) وارنیش سدیم فلوراید ۰/۵٪ (گروه کنترل)

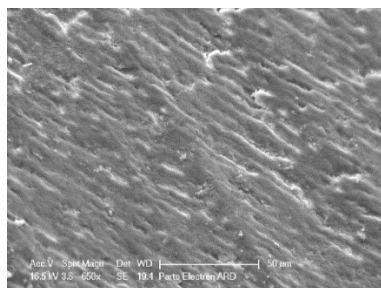
بعد از بررسی تصاویر SEM (پس از دمنیرالیزاسیون و بعد از ریمینرالیزاسیون)، نتایج زیر مشاهده شد (شکل ۱، ۲، ۳، ۴).



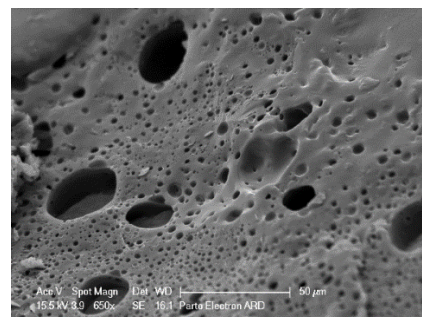
شکل ۳: تصویر SEM از توبول های عاجی پس از تماس با وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت ۱۰ ppm



شکل ۱: توبول های عاجی پس از دمنیرالیزاسیون



شکل ۴: سطح عاجی پس از تماس با وارنیش حاوی سدیم فلوراید ۰۵ درصد



شکل ۲: تصویر SEM توبول های عاجی پس از اعمال وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت + سدیم فلوراید

دهنده کلسیم، مانند وارنیش فلوراید و نانو هیدروکسی آپاتیت اشاره کرد.^(۱۰،۱۱)

از مزایای وارنیش نسبت به سایر روش ها می توان به چسبندگی به سطح دندان، آزاد سازی طولانی مدت فلوراید و استفاده آسان از آن اشاره کرد.^(۱۲،۱۳) همچنین ذرات نانو هیدروکسی آپاتیت سبب کاهش غلظت F قابل دسترس زیستی می گردد و در نتیجه ریسک فلوروزیس را کاهش می دهد.^(۱۴)

Todd و همکارانش^(۱۵) گزارش کردند که وارنیش فلوراید باعث ۵۰ درصد کاهش دمینرالیزاسیون نسبت به گروه کنترل شد. آنها برای ایجاد دمینرالیزاسیون از محلول پوسیدگی زا استفاده کردند و برای بررسی تغییرات مینا، دندان ها را برش داده و از میکروسکوپ پلاریزه استفاده کردند. Nalbantgil و همکارانش^(۱۶) اثر دو نوع وارنیش Enamel pro و Durafleur را در پیشگیری از دمینرالیزاسیون مینا اطراف براکت های ارتودنسی بررسی کردند و دریافتند که هر دوی این وارنیش ها باعث افزایش میکروهاردنس نسبت به گروه کنترل شدند. در این مطالعه از محلول دمینرالیزاسیون استفاده شده بود.

توافق نظر وجود دارد که فلوراید از طریق تداخل فیزیکی و شیمیایی باعث کاهش دمینرالیزاسیون و افزایش رمینرالیزاسیون می شود، اما اثر آن نسبی است و به طور کامل نمی تواند جلوی پوسیدگی را بگیرد. همچنین اساس استفاده از نانو هیدروکسی آپاتیت بر پایه این حقیقت است که به دلیل شباهت به ساختار معدنی دندان می تواند توبول های عاجی باز را بسته و با آنها ترکیب شود.^(۱۷)

وارنیش فلوراید می تواند روی سطوح دندان تا ساعت ها بعد از استفاده باقی بماند و یون فلوراید آزاد کند. فلوراید باعث کاهش دمینرالیزاسیون می شود که این اثر را

در گروه وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت و سدیم فلوراید، انسداد توبول ها به میزان بیشتر از ۵۰ درصد مشاهده گردید و ته نشینی در سطح توبول ها مشاهده شد. در گروه وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت، انسداد توبول ها به میزان بیشتر از ۵۰ درصد مشاهده گردید و ته نشینی در سطح توبول ها مشاهده شد. در گروه وارنیش سدیم فلوراید، انسداد توبول ها به میزان کمتر از ۵۰ درصد مشاهده گردید و ته نشینی در سطح توبول ها مشاهده شد.

بحث

در این مطالعه آزمایشگاهی، تأثیر سه روش درمانی در سه گروه دندان کشیده شده که به صورت مصنوعی در آنها پوسیدگی ایجاد شده بود، شامل وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت ۱۰ppm، وارنیش نانو هیدروکسی آپاتیت ۱۰ppm با سدیم فلوراید و وارنیش سدیم فلوراید ۵ درصد، به مدت دو هفته بر میزان رمینرالیزاسیون مینای دندان بررسی شد. این بررسی به صورت مشاهده ی میکروسکوپی نمونه ها انجام شد.

بر اساس نتایج آنالیزهای آماری مشخص شد که استفاده از وارنیش پس از مرحله دمینرالیزاسیون باعث افزایش میزان میکروهاردنس و رمینرالیزاسیون سطوح دندانی شد.

دستگاه های ثابت ارتودنسی رعایت بهداشت را مشکل می سازند و باعث افزایش تجمع پلاک می شوند. امروزه مشخص شده است درمان ارتودنسی ریسک ایجاد ضایعات سفید مینایی را زیاد می کند. ضایعات سفید مینایی که از نظر کلینیکی قابل رویت باشند، در حدود ۵۰ درصد بیماران که تحت درمان ارتودنسی بوده اند، دیده می شود.^(۹) روش های مختلفی برای پیشگیری از ایجاد ضایعات سفید مینایی در حین درمان ارتودنسی و یا درمان آنها معرفی شده است. از جمله آنها می توان به استفاده از خمیردندان، استفاده از دهانشویه و استفاده از مواد آزادکننده فلوراید و رسوب

شبکه ارگانیزه کلاژن دارد، این ساختار کلاژنی با هیدروکسی آپاتیت در طی بلوغ دندان در فاز امبریوژنیک مینرالیزه می شود.^(۱۸)

پروتئین های متعددی برای تشکیل و مینرالیزاسیون دندان در حین تکامل، ته نشین می شوند که شامل کلاژن و پروتئین های غیر کلاژنی نظیر دنتین فسفوپروتئین، Dentin matrix protein 1 (DMP1) پایانه های غنی از گلوتامیک و فسفوپروتئین ها هستند که نقش فعالی در هسته گذاری نانوهیدروکسی آپاتیت بازی می کنند. این پروتئین ها تمایل قوی به نانوهیدروکسی آپاتیت دارند و به صورت مستقیم به یون های کلسیم سطح نانوهیدروکسی آپاتیت از طریق مکانیسم یونی اتصال می یابند.^(۲۲)

نتایج مطالعه حاضر نیز اثبات کرد که استفاده از ورنیش دارای نانوهیدروکسی آپاتیت ۱۰ ppm حتی در مقایسه با ورنیش سدیم فلوراید ۰.۵٪ باعث مینرالیزاسیون بیشتری در دندان های دارای پوسیدگی می گردد.

نتایج مطالعه حاضر با مطالعه Huang و همکاران^(۲۳) که اثر ترکیبی *Galla chinensis* و نانوهیدروکسی آپاتیت را بر مینرالیزاسیون ضایعات اولیه بررسی کرد، همخوانی دارد. آنها در مطالعه خود نتیجه گرفتند که افزودن ذرات نانوهیدروکسی آپاتیت به محلول مورد بررسی به صورت معنی داری سبب افزایش میکروهاردنس نسبت به گروه کنترل منفی میشود. همچنین وی عنوان کرد که غلظت مطلوب برای ذرات نانوهیدروکسی آپاتیت، ۵ و ۱۰ درصد می باشد.

نتیجه گیری

با توجه به مطالعه حاضر، نانوهیدروکسی آپاتیت می تواند یکی از استراتژی های درمانی جهت ترمیم دندانهای پوسیده باشد و اضافه شدن نانوهیدروکسی آپاتیت ترجیحاً

از طریق اثر ضد باکتری و ایجاد هیدروکسی آپاتیت فلوراید که به اسید مقاوم تر است، اعمال می کند.^(۱۸)

هیدروکسی آپاتیت، نوعی فسفات کلسیم است که به بخش اصلی Bioactivity معدنی مینا و عاج شباهت داشته و سازگاری زیستی دارد.^(۱۹) مطالعات نشان می دهد که هیدروکسی آپاتیت پتانسیل مینرالیزاسیون ضایعات اولیه را نیز دارد.^(۲۰) همچنین مشخص شده که نانو ذرات هیدروکسی آپاتیت خاصیت زیستی بهتری نسبت به کریستالهای درشت تر آن دارند. استفاده از ورنیش دارای نانوهیدروکسی آپاتیت یکی از استراتژی های درمانی جهت مینرالیزاسیون و ترمیم دندان می باشد. بیواکتیو گلس می تواند به عنوان یک منبع دارای میزان زیادی از CaO و P_2O_5 در یک ماتریکس $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2$ با تسریع سرعت تجزیه و تمرکز بالای یونی عمل کند. شاخص تعیین فعالیت بیواکتیوگلاس، باند شیمیایی با بافت طبیعی است.^(۱۶) بیواکتیوگلاس بالاترین شاخص بیواکتیویتی ($\text{IB}=12.5$) را در مقایسه با سایر متریال های بیواکتیوگلاس نظیر هیدروکسی آپاتیت دارد. بنابراین این ماده پتانسیل مینرالیزاسیون ضایعات مینایی اولیه را با افزایش میزان هیدروکسی آپاتیت دارد.^(۲۱) در مطالعه Erdem و همکاران^(۱۸) در میکروگراف های SEM به طور واضح مشاهده کردند که در حساسیت عاجی تمام توبولها باز هستند. به عنوان یک نتیجه دفورماسیون توبول ها، تمام توبول ها از سمت حفره دهان به پالپ باز هستند که این حالت توبول ها را علیه اثرات میکروبی غیرمصون می دارد. پس از پوشیده شدن با نانوهیدروکسی آپاتیت، بصورت واضح دیده می شود که سطوح عاجی به طور کامل با پارتیکل های نانوهیدروکسی آپاتیت پوشیده شدند. این لایه به دلیل تقابل قوی بین ساختار پروتئینی سطح دندان و هیدروکسی آپاتیت بسیار قوی است. بافت عاج سالم یک

به وارنیش، می تواند میکروهاردنس دندان توسط نانو هیدروکسی آپاتیت را افزایش دهد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی با شماره ۷۳۵۳ و با شناسه اخلاق IR.SSU.REC.1399.013 با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد انجام شده است، بدینوسیله سپاسگزاری می شود.

منابع

1. Tschoppe P, Zandim DL, Martus P, Kielbassa AM. Enamel and dentine remineralization by nano-hydroxyapatite toothpastes. *J Dent* 2011; 39(6):430-7.
2. Itthagarun A, King NM, Cheung YM. The effect of nano-hydroxyapatite toothpaste on artificial enamel carious lesion progression: an in-vitro pH-cyc. *Hong Kong Dent J* 2010; 7:61-6.
3. Daas I, Badr S, Osman E. Comparison between fluoride and nano-hydroxyapatite in remineralizing initial enamel lesion: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract* 2018; 19(3):306-12.
4. Philip N. State of the art enamel remineralization systems: the next frontier in caries management. *Caries Res* 2019; 53(3):284-95.
5. Kim MY, Kwon HK, Choi CH, Kim BI. Combined effects of nano-hydroxyapatite and NaF on remineralization of early caries lesion. *InKey Engineering Materials 2007. Key Eng Mater* 2007; 4:1347-50.
6. Amin M, Mehta R, Duseja S, Desai K. Evaluation of the efficacy of commercially available nano-hydroxyapatite paste as a desensitizing agent. *Adv Oral Biol* 2015; 5(1):34-8.
7. Amaechi BT, Mathews SM, Ramalingam K, Mensinkai PK. Evaluation of nanohydroxyapatite-containing toothpaste for occluding dentin tubules. *Am J Dent* 2015; 28(1):33-9.
8. Najibfard K, Ramalingam K, Chedjieu I, Amaechi BT. Remineralization of early caries by a nano-hydroxyapatite dentifrice. *J Clin Dent* 2011; 22(5):139-43.
9. Alagha E, Samy AM. Effect of Remineralizing Agents on White Spot Lesions. *Open Access Maced J Med Sci* 2021; 21 (9):14-18.
10. Carpenter G. Artificial salivas. *Clin Dent Rev* 2018; 2(24):1-4.
11. Guclu ZA, Alacam A, Coleman NJ. A 12-Week assessment of the treatment of white spot lesions with CPP-ACP Paste and/or Fluoride Varnish. *Biomed Res Int* 2016; 2016:1-9.
12. Singh S, Singh SP, Goyal A, Utreja AK, Jena AK. Effects of various remineralizing agents on the outcome of post-orthodontic white spot lesions (WSLs): a clinical trial. *Prog Orthod* 2016; 17(1):1-8.
13. Guzmán-Armstrong S, Chalmers J, Warren JJ. White spot lesions: Prevention and treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 138(6):690-6.
14. Skallevoid HE, Rokaya D, Khurshid Z, Zafar MS. Bioactive glass applications in dentistry. *Int J Mol Sci* 2019; 20(23):1-24.
15. Todd MA, Staley RN, Kanellis MJ, Donly KJ, Wefel JS. Effect of a fluoride varnish on demineralization adjacent to orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 116(2):159-67.
16. Nalbantgil D, Oztoprak MO, Cakan DG, Bozkurt K, Arun T. Prevention of demineralization around orthodontic brackets using two different fluoride varnishes. *Eur J Dent* 2013; 7(1):41-7.
17. Roberson T, Heymann HO, Swift Jr EJ. *Sturdevant's art and science of operative dentistry*. Elsevier Health Sciences; 2013.
18. Erdem U, Dogan M, Metin AU, Baglar S, Turkoz MB, Turk M, et al. Hydroxyapatite-based nanoparticles as a coating material for the dentine surface: An antibacterial and toxicological effect. *Ceram Int* 2020; 46(1):270-80.
19. RuiM, Dagang G. Evaluating the bioactivity of a hydroxyapatite-incorporated polyetheretherketone biocomposite. *J Orthop Surg Res*. 2019; 14(32): 1-13.
20. Banerjee A, Thompson I, Watson T. Minimally invasive caries removal using bio-active glass air-abrasion. *J Dent* 2011; 39(1):2-7.

21. Jabarifar S, Salavati S, Khosravi K, Tavakoli N. Microhardness Changes in Primary Tooth Surface Enamel Following Application of Crest and Pooneh Pediatric Fluoride Toothpaste (In Vitro survey). *J Mash Dent Sch* 2010; 33(4):277-84.
22. Daneshkazemi A, Davari A, Ghanbarneghad S, Daneshkazemi P, Fallah Cham Asseman N, Ghaemi Koushki F. Effect of Mechanical Load Cycling on the Microleakage of the Mixture of Copper Oxide Nanoparticles and Flowable Composite: An in Vitro Study. *J Mash Dent Sch* 2020; 44(3):216-27.
23. Huang S, Gao S, Cheng L, Yu H. Combined effects of nano-hydroxyapatite and *Galla chinensis* on remineralisation of initial enamel lesion in vitro. *J Dent* 2010; 38(10):811-9.