بررسی اثر پوشش نانودی‌اکسیدتیتانیوم بر خاصیت خود تمیز شوندگی و ضد باکتریایی آینه‌های دندانپزشکی

دکتر سارا توسلی حجتی*، دکتر محمد مهدوی**، دکتر فائزه حمزه***، دکتر محمد باقر رضوانی****، دکتر فاطمه احمدیان بابکی*****، دکتر حوریه صادری******، دکتر محمدجواد خرازی‌فرد*******

چکیده

سابقه و هدف: ایجاد یک لایه بر سطوح آینه‌ها با استفاده از علم نانوتکنولوژی، موجب ایجاد خاصیت خود تمیزشوندگی در سطح آینه‌ها شده، به علاوه نانو ذراتی چون دی اکسید تیتانیوم، هنگام قرار گیری در مقابل نور ماوراء بنفش، دارای خواص ضد میکروبی می‌باشند. هدف از این مطالعه بررسی اثر پوشش نانودی اکسیدتیتانیوم بر خاصیت خود تمیز شوندگی آینه‌های دندانپزشکی از دید دندانپزشک و خواص ضد باکتریایی آنها بر باکتری استرپتوکوک موتانس واستافیلوکوک اورئوس بود.

مواد و روشها: برای انجام این مطالعه آزمایشگاهی، فیلم‌های نانوساختاردی اکسید تیتانیوم با استفاده از روش Sole-Gel Dip Coating ، بر روی سطح نیمی از آینه‌های دندانپزشکی پوشش‌دهی شدند. برای انجام آزمون خود تمیز شوندگی، ۴۵ آینه معمولی و ۴۵ آینه با پوشش نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم کدگذاری شدند. طی تراش دندان با توربین برای بیمار توسط دندانپزشک، دوجفت آینه مورد نظر مقایسه و پرسشنامه تکمیل گردید. نظرات ۹ کلینیسین که هریک این کار را برای ۵ بیمار انجام داده بودند، جمع آوری شد. برای انجام آزمون ضد میکروبی، محلول دارای غلظت نیم مک فارلن و محلول صد برابر رقیق‌تر آن از هریک از سوش‌های باکتریایی مزبور تهیه شد و میزان ۵۰ میکرولیتر از هریک از رقت‌های تهیه شده در ناحیه مرکزی سطح آینه‌ها از هریک از گروه‌ها چکانده شد. در بازه‌های زمانی ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه پس از قرارگیری آینه‌ها تحت نور ماوراء بنفش (هر بازه زمانی، سه عدد آینه از هر گروه) در ظرف حاوی ۵ میلی‌لیتر آب مقطر غوطه‌ور شدند. سپس میزان ۵۰ میکرولیتر از محلول فوق در محیط کشت بلاد آگار جهت شمارش کلونی قرار داده شده، پس از ۲۴ ساعت تعداد کلونی‌ها شمارش گردید. آزمون آماری T با سطح معنی‌داری ۰/۰۱ جهت بررسی میکروبی و در بخش بهبود دید آزمون‌های توزیع نرمال (NPar Tests) و آزمون Friedman برای مقایسه دو گروه انجام شدند.

یافته‌ها: بین آینه معمولی و آینه با پوشش نانودی‌اکسید تیتانیوم تحت تابش نور ماوراء بنفش از نظر خواص آنتی‌باکتریال در مورد باکتری استرپتوکوک موتانس و استافیلوکوک اورئوس تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد($P>0/05$). بین آینه معمولی و آینه با پوشش نانودی‌اکسید تیتانیوم از نظر بهبود دید کلینیکی از نظر دندانپزشکان، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد($P>0/05$).

نتیجه‌گیری: آینه دندانپزشکی با پوشش نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم از نظر خاصیت خود تمیز شوندگی و از نظر خواص ضد میکروبی ارجحیتی نسبت به آینه معمولی ندارد.

کلید واژگان: آینه دندانپزشکی، نانوذرات، دی اکسید تیتانیوم، خود تمیز شوندگی، ضد باکتری، مواد پوشش دهنده.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۲/۲۶ تاریخ اصلاح نهایی: ۱۳۹۲/۲/۲۳ تاریخ تأیید مقاله:۱۳۹۲/۳/۴

Please cite this article as follows:
Tavassoli Hojjati S, Mahdavi M, Hamzeh F, Rezvani MB, Ahmadian Babaki F, Saderi H, Kharazifard MJ. Effect of Nano Titanium Dioxide on Self-Cleaning and Antibacterial Properties of Dental Mirrors. J Dent Sch 2013;31(2):104-112.

مقدمه

یکی از مهمترین مشکلاتی که هنگام استفاده از آینه‌های دهانی با آن روبرو می‌شویم، مه‌گرفتگی آینه توسط بازدم بیمار در هنگام معاینه است. همچنین استفاده از آب خنک کننده در هندپیس‌های پر سرعت و ذرات ایجاد شده در اثر

*استادیار گروه دندانپزشکی کودکان، دانشکدهٔ دندانپزشکی، دانشگاه شاهد.
**استادیار گروه شیمی، دانشکدهٔ شیمی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
***استادیار گروه دندانپزشکی ترمیمی، دانشکدهٔ دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمان.
****استادیار گروه دندانپزشکی ترمیمی، دانشکدهٔ دندانپزشکی، دانشگاه شاهد.
*****نویسنده مسئول: استادیار گروه دندانپزشکی کودکان، واحد بین‌الملل دانشکدهٔ دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی.
E-mail: f.ahmadianb@gmail.com
******استاد گروه میکروب‌شناسی، دانشکدهٔ پزشکی، دانشگاه شاهد.
*******استادیار گروه جامعه‌نگر، دانشکدهٔ دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران.

Archive of SID
www.SID.ir

دریل کردن و کندانس کردن مواد ، همچنین بزاق موجود در دهان باعث ایجاد آلودگی سطح آینه و در نتیجه اختلال دید دندانپزشک می‌شوند(۱). بنابراین اختلال دید ایجاد شده در اثر آلودگی آینه همواره برای دندانپزشکان مشکل ایجاد کرده است. طی سالیان متمادی تلاش‌های بسیاری برای حل این مشکل انجام گرفته‌اند. از جمله این تلاش‌ها، می‌توان به تولید آینه‌های دارای اسپری آب و هوا در حلقه دور آینه که مرتب سطح آینه را تمیز می‌کنند(۲)، ساخت آینه‌هایی که گرم شدن خودبه خودی آنها از تجمع آب و بخار روی آینه جلوگیری می‌کند(۳)، همچنین تولید آینه‌هایی که در آنها موتور چرخاننده سانتریفیوژ مانع تجمع آب و دیگر مواد خارجی روی آینه می‌شود(۴)، اشاره نمود.

یکی دیگر از مشکلات موجود، استریلیزاسیون‌های پی‌درپی وسایل با اتوکلاو است که دما و فشار زیاد آن از جمله مواردی است که باعث اختلال کارکرد وسایل دندانپزشکی دراثر آسیب دیدن فلزات تشکیل دهنده آنها می‌شود. لایه فلزی موجود در پشت آینه‌ها در اثر استریلیزاسیون دچار مشکل شده، باعث مخدوش شدن کیفیت آینه می‌شود(۵).

یکی از راه‌های کاهش مشکلات آینه‌های دندانپزشکی، ایجاد یک لایه بر سطوح آینه‌ها با استفاده از علم نانوتکنولوژی است که نسبت به دیگر روش‌های ارائه شده دارای مزیت‌هایی می‌باشد. از جمله این که سایر روش‌ها، دارای اجزای پیچیده‌ای چون دکمه فشارنده در انتهای دسته آینه هستند و نیاز است که دندانپزشک مرتب دکمه را فشار دهد تا سطح آینه تمیز شود(۲, ۴). ولی آینه‌هایی که با لایه‌های نانومتری پوشانده شده‌اند، دارای خاصیت ذاتی خود تمیز شوندگی هستند و به فشردن دکمه یا عمل خاص دیگری نیاز ندارند(۶).

تاکنون از مواد مختلفی برای ایجاد لایه‌های نانومتری روی سطح آینه استفاده شده است. برخی از مطالعات ذرات نانومتری دی‌اکسید تیتانیوم را روی سطح آینه‌ها به‌کار برده‌اند۶،۱و۷). محققان دیگر از ذرات مخلوط شیشه و حباب هوا استفاده کردند و سایرین لایه‌های مواد نانو پلیمر را بر روی آینه کشیده‌اند (۷و۸).

اثر لایه‌های نانومتری پوشش داده شده بر روی آینه‌های مختلف، در برخی مطالعات بررسی شده است ولی این اثر در آینه‌های دندانپزشکی تنها در یک مطالعه مورد بررسی قرار گرفته که در آن تنها به نتایج آزمایشگاهی اشاره شده است.

به علاوه عنوان شده که ذرات اکسید تیتانیوم موجود روی سطح در صورتی که تحت تابش اشعه ماوراء بنفش قرار گیرند، می‌توانند باعث از بین رفتن باکتری‌های موجود روی سطح آینه شوند(۱). از آنجا که این مطالعه از میکروب‌های روی این پوشش پس از تابش اشعه ماوراء بنفش کشت میکروبی تهیه نکرده است و موضوع راحتی دید با این آینه‌ها از نظر دندانپزشکان، هنوز مورد بررسی قرار نگرفته است و با توجه به امکان ساخته شدن و تجاری‌سازی دستاورد علمی حاصله در داخل کشور، این تحقیق با هدف بررسی کارکرد و خاصیت ضد باکتریایی آینه‌های دندانپزشکی با استفاده از لایه‌های نانومتری دی اکسید تیتانیوم صورت پذیرفت.

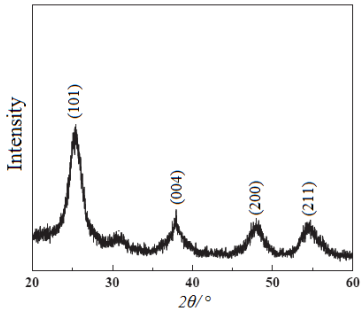
مواد و روشها:

این مطالعه مداخله‌ای از نوع آزمایشگاهی و بالینی بود. در این مطالعه تعداد ۱۳۸ آینه دهانی دندانپزشکی (Aesculap) (۴۸ آینه برای تست میکروبی و۹۰ آینه برای بررسی بهبود دید) مورد استفاده قرار گرفتند. نانوذرات دی‌اکسید تیتانیم (از طریق فرایند آبکافت (Hydrolyses) سل-ژل و تراکم محلول‌های پروپانولی (از نوع مرک)و تترابوتیل‌ارتوسیلیکات (از نوع آلدریچ) در دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه شدند. لازم به ذکر است که تمامی مواد شیمیایی در این تحقیق با خلوص آزمایشگاهی بوده به همان صورت که دریافت شدند، مورد استفاده قرار گرفتند.

برای تهیه فیلم‌های نازک، نانوساختاردی اکسید تیتانیوم با استفاده از روش سُل-ژل، بر روی سطح نیمی از آینه‌های دندانپزشکی پوشش‌دهی شدند. قبل از پوشش‌دهی، سطح آینه‌ها چربی‌زدایی و تمیز شدند(۱۱). در ابتدا پیش‌ماده محلول دی اکسید تیتانیوم با استفاده از حل کردن تترابوتیل ارتوتیتانات (۱میلی‌لیتر) در حلال پروپانول (۳۰ میلی‌لیتر) و هم زدن به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق پایدار شد. به دنبال آن با استفاده از یک بورت، مخلوطی از ۱ میلی‌لیتر آب و ۱۰ میلی‌لیتر پروپانول قطره قطره تحت شرایط هم زدن، به مخلوط فوق اضافه شد تا سُل مورد نیاز تهیه شود. آینه‌های دندانپزشکی با استفاده از یک قطره سُل و به روش dip-coating(۱۰)، لایه نشانی شدند. ژل حاصل از سلُ در دمای اتاق و هوای معمولی در مدت ۲۴ ساعت خشک شد. پس از شستشوی آینه، یک فیلم نازک و شفاف از دی‌اکسید

www.SID.ir

تیتانیوم بدست آمد. سپس توسط تست الگوی پراش اشعه X[1]، تشکیل فیلم اکسید تیتانیوم اثبات شد.



شکل۱- الگوی پراش اشعه X فیلم لایه نازک اکسید تیتانیوم

آزمون بررسی میکروبی

در بخش آزمون بررسی میکروبی، به منظور بررسی خاصیت آنتی باکتریال سطح آینه‌ها، از دو باکتری استرپتوکوک موتانس و استافیلوکوک اورئوس استفاده شد. پس از استریل کردن آینه‌های مورد آزمایش بوسیله اتوکلاو، آینه‌های معمولی در گروه A و آینه‌های دارای پوشش نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم در گروه B قرار گرفتند.

محلول دارای غلظت ۱/۷×۱۰۸ باکتری در میلی‌لیتر از هریک از سوش‌های باکتریایی مزبور تهیه شد. این عمل بوسیله مقایسه میزان کدورت محلول‌ها با استاندارد نیم مک فارلن انجام گردید. آنگاه به هدف کاهش غلظت باکتری‌ها، میزان یک دهم میلی‌لیتر از محلول تهیه شده با ۹/۹ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط گردید. بنابراین، محلول دوم به میزان صد برابر رقیق‌تر از محلول اول (نیم مک فارلن) بود.

از آنجا که خاصیت آنتی باکتریال نانو دی‌کسید تیتانیوم در حضور اشعه ماوراء بنفش ایجاد می‌شود، تعداد ۴ عدد لامپ اشعه ماوراء بنفش نوع A (Philips, 15W) در محفظه هود آزمیشگاهی نصب گردیده، به منظور استریل سازی محیط زیر هود لامپ‌های فوق‌الذکر به مدت یک ساعت روشن شدند. همچنین از آن جا که خاصیت آنتی باکتریال نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم در حضور رطوبت ایجاد می‌شود، در تمامی مدت آزمایش، ظرف حاوی آب در حال جوشیدن در محفظه فوق قرار داده شده بود. آینه‌ها به صورت افقی در فاصله ۳۰ سانتی متری لامپ‌ها قرار داده شده، میزان ۵۰ میکرولیتر از هریک از رقت‌های تهیه شده در ناحیه مرکزی سطح دوازده آینه از هریک از گروه‌ها با سمپلر چکانده شد. در بازه‌های زمانی ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه پس از انجام این عمل، آینه‌ها در ظرف حاوی ۵ میلی‌لیتر آب مقطر غوطه‌ور شدند (برای هر بازه زمانی، سه عدد آینه از هر گروه، مورد بررسی قرار گرفت. در نتیجه ۱۲ آینه معمولی برای استرپتوکوک موتان، ۱۲ آینه معمولی برای استافیلوکوک اورئوس، ۱۲ آینه با پوشش نانو برای استرپتوکوک موتان، ۱۲ آینه با پوشش نانو برای استافیلوکوک اورئوس، اختصاص داده شدند که در مجموع ۴۸ آینه را شامل می‌شد). آنگاه میزان ۵۰ میکرولیتر از محلول فوق در محیط کشت بلاد آگار جهت شمارش کلونی قرار داده‌شد و پس از ۲۴ ساعت تعداد کلونی‌های رشد کرده شمارش گردید(۱۱).

جهت بررسی خاصیت آنتی باکتریال، تعداد باکتری‌های اولیه و تعداد باکتری‌های نهایی با یکدیگر مقایسه شدند. با توجه به آنکه تعداد باکتری‌ها در هرمیلی‌لیتر از محلول ابتدایی مشخص بود ($۱/۷\times۱۰^{۸}$) و حجم استخراج شده از هریک از رقت‌های تهیه شده ۵۰ میکرولیتر بود، آینه‌ها در حجم ۵ میلی‌لیتر آب مقطر غوطه‌ور شدند و در نهایت حجم ۵۰ میکرولیتر جهت شمارش تعداد کلونی وارد محیط کشت گردید، تعداد باکتری‌های نهایی در هریک از نمونه‌ها بر حسب تعداد در میلی‌لیتر بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه شد:

R1: $N= (a\times۱۰^{۴})/۵$ R2: $N= (a\times۱۰^{۶})/۵$

R1= رقت ابتدایی

R2= صدبرابر رقیق‌تر از R1

N= تعداد باکتری در هر میلی‌لیتر از محلول موجود برسطح آینه‌ها

a= تعداد کلونی‌های شمارش شده در محیط کشت جامد

در بخش آزمون خاصیت خود تمیز شوندگی و بهبود دید، دو گروه آینه (آینه معمولی و آینه با پوشش نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم) با یکدیگر مقایسه شدند. برای انجام مقایسه، ۹۰ آینه کدگذاری شدند (۴۵ آینه معمولی، ۴۵ آینه با پوشش نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم). سپس هر دو گروه آینه (آینه معمولی و آینه با پوشش نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم) در یک پک استریل به افراد مورد نظر که دانشجویان سال دوم و سوم دوره تخصصی دندانپزشکی کودکان یا دندانپزشکی ترمیمی بودند، داده و از آنان خواسته شد که قبل از شروع کار، به مدت ۱۵ دقیقه، آینه‌ها

[1] XRD (X-Ray diffraction)

Archive of SID
www.SID.ir

را در ظرف حاوی آب مقطر استریل قرار دهند. سپس طی تراش دندان با توربین برای یک بیمار، دو آینه مورد نظر را استفاده نموده، آنها را از نظر راحتی دید و کار (باقی‌ماندن قطعات آب روی آینه که مانع دید می‌شوند)، تجمع و عدم تجمع بخار روی سطح آینه، مقایسه نموده و پرسشنامه مورد نظر را تکمیل و در نهایت اولویت خود را به ترتیب اعلام نمایند. سپس نظرات ۹ کلینیسین، پس از بررسی و مقایسه آینه‌ها، جمع‌آوری گردید. هر کلینیسین این کار را برای ۵ بار (۵ بیمار)، به نحوی که در هر تکرار، آینه‌های مورد نظر، با اعداد متفاوتی کدگذاری شده بودند، انجام داد. بنابراین در مجموع، آزمایش ۴۵ بار تکرار شد. لازم به ذکر است که هیچکدام از آینه‌ها، قبل از استفاده، اتوکلاو نشده، تمامی آینه‌ها نو بودند. هیچ ماده شستشو و محلول دیگری قبل از آزمایش روی سطح آینه‌ها، استفاده نشد. پس از جمع‌آوری نتایج آزمایش، کد آینه‌ها باز شده، به آینه معمولی، کدA و به آینه با پوشش نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم، کد B داده شد.

اطلاعات خام به دست آمده از این تحقیق، در قسمت ضد میکروبی در محیط نرم افزاری SAS و آزمون آماریT با سطح معنی‌داری ۰/۰۱ ارزیابی و در بخش بهبود دید توسط نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. آزمون‌های توزیع نرمال (NPar Tests) و آزمون Friedman برای مقایسه دو گروه مورد استفاده قرار گرفتند.

یافته‌ها:

میانگین و انحراف معیار آزمون کشت میکروبی، در جداول ۱و۲ آمده‌اند.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار تعداد باکتری استرپتوکوک موتانس در هر میلی‌لیتر از محلول‌های قرار گرفته در سطح آینه‌های مورد آزمایش در بازه‌های زمانی مقرر

زمان ۳۰ دقیقه				زمان ۶۰ دقیقه			
آینه معمولی		آینه نانو		آینه معمولی		آینه نانو	
R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1
۶/۷E۶ ± ۹۸۹۹۴۶	۶۴۰۰۰۰ ± ۲۸۲۸۴	۵/۹E۶ ± ۱۴۱۴۲۱	۴۹۰۰۰۰ ± ۷۰۷۱۱	۵E۶ **± ۸۷۱۷۸۰	۳۵۳۳۳۳ ± ۳۰۵۵۱	۳/۵۳E۶ **± ۱۱۵۴۷۰	۵۵۶۶۶۷ ± ۲۵۱۶۶
زمان ۹۰ دقیقه				زمان ۱۲۰ دقیقه			
آینه معمولی		آینه نانو		آینه معمولی		آینه نانو	
R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1
۱/۸۷E۶ ± ۱/۳۶E۶	۱۷۰۰۰۰ ± ۶۵۵۷۴	۲/۸۷ ± ۸۳۲۶۶۶	۳۱۳۳۳۳ ± ۴۱۶۳۳	۰	*۰	۰	۰

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار تعداد باکتری استافیلوکوک اورئوس در هر میلی‌لیتر از محلول‌های قرار گرفته در سطح آینه‌های مورد آزمایش در بازه‌های زمانی مقرر

زمان ۳۰ دقیقه				زمان ۶۰ دقیقه			
آینه معمولی		آینه نانو		آینه معمولی		آینه نانو	
R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1
۱/۱۷E۸ ±۴/۲۴E۶	–	۱/۲۸E۸ ±۲/۸۳E۶	–	۵/۵۳۷ ±۱/۶۸E۷	–	۶/۶E۷ ±۷/۲۱E۶	–
زمان ۹۰ دقیقه				زمان ۱۲۰ دقیقه			
آینه معمولی		آینه نانو		آینه معمولی		آینه نانو	
R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1
۳/۹۵E۷ ±۴/۳۱E۶	–	۴/۳E۷ ±۱/۵۵E۷	–	0	–	0	–

بررسی نتایج نشان می‌دهد که اگرچه در اغلب گروه‌ها تعداد باکتری رشد کرده بر سطح آینه‌های معمولی بیشتر از آینههای پوشش داده شده با نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم می‌باشد، ولی تفاوت معنی‌داری بین هیچ‌یک از گروه‌ها در بازه‌های‌زمانی مذکور وجود ندارد.

نتایج آزمون بهبود دید نشان داد که، به طور کلی، در ۲۲

www.SID.ir

مورد، دندانپزشکان آینه معمولی را به آینه پوشش داده شده ترجیح دادند. در ۱۱ مورد، آینه ها با هم فرقی نداشتند و در ۱۲ مورد آینه پوشش داده شده بهترتلقی شد. بررسی نتایج مطالعه نشان داد که آینه‌ها از نظر بهبود دید دندانپزشک حین کار با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار نداشتند (P=۰/۰۶۷).

بحث:

مواد فتوکاتالیز دارای دو ویژگی فوق هیدروفیلی(۱) و اکسید کنندگی قوی(۱۲) می‌باشند و این دو خاصیت سبب شده که در سال‌های اخیر، در پزشکی و دندانپزشکی مورد توجه قرار گیرند. فتوکاتالیزها از ایجاد مه گرفتگی در آینه و شیشه جلوگیری می‌کنند و وقتی در معرض نور قرار گیرند، بسیاری از اجزاء مواد ارگانیک و غیر ارگانیک را تخریب می‌کنند(۱). ویژگی اخیر، موجب استفاده آنها در فرایندهای تصفیه آب و آلاینده‌های هوا شده است(۱۳). ساختارهای نیمه‌هادی مانند دی‌اکسید تیتانیوم، اکسید تنگستن، سولفید کادمیوم و اکسید آهن، جزء بهترین فتوکاتالیزها برای این منظور می‌باشند. از میان این ساختارها، دی‌اکسید تیتانیوم به دلیل غیر مضر بودن برای بدن انسان و داشتن مفیدترین اثر در تخریب مواد ارگانیک، بسیار مورد توجه بوده است(۱۱). تیتانیوم در ساختار ایمپلنت دندانی، براکت، سیم‌ها و پیچ‌های ارتودنسی استفاده می‌شود چرا که نسبت به کروژن مقاوم است، زیست‌سازگار بوده، نسبت استحکام به وزن بالایی دارد(۱۴). تلاش‌هایی برای بدست آوردن اثرات خود تمیز شوندگی، بوسیله کاربرد دی‌اکسید تیتانیوم بر سطح آجر، شیشه و سطوح فلزی صورت گرفته‌اند(۱۵). دی‌اکسید تیتانیوم دارای سه ساختار معمولی، آناتاز و Brookite می‌باشد. فرم‌های معمولی و آناتاز، بیشتر در صنعت مورد استفاده هستند. ساختار معمولی از نظر ترمودینامیک، با ثبات‌تر از فرم آناتاز است ولی فرم آناتاز، ویژگی‌های فتوکاتالیزی بهتری دارد(۱۱و۱۴). در اکثر مطالعات، ساختار آناتاز جهت استریلیزاسیون فتوکاتالیک استفاده شده، فرم معمولی، توسط Bundschuh (۲۰۱۲) و Choi (۲۰۰۷) مورد بررسی قرار گرفته است(۱۴و۱۶).

مکانیسم خواص ضد میکروبی دی‌اکسید تیتانیوم به این نحو است که دی‌اکسید تیتانیوم در آب تحت تابش با نور دارای طول موج کمتر از ۳۸۰ نانومتر در لایه هدایتی، الکترون اضافی و در لایه والانس، چاهک‌هایی ایجاد می‌کند. در سطوح مواد پوشیده با دی‌اکسید تیتانیوم، چاهک‌ها با آب جذب شده یا هیدروکسیل سطحی (-OH) برای ایجاد رادیکال هیدروکسیل، واکنش می‌دهند. الکترون اضافی در لایه هدایتی، با مولکول اکسیژن برای ایجاد یون‌های سوپراکسید که رادیکال OH بیشتری تولید می‌کند، واکنش می‌دهد. در محیط آبی وقتی که رادیکال OH کافی در محیط ایجاد شود، مینرالیزاسیون کامل بسیاری از مواد ارگانیک، امکان‌پذیر می‌شود(۱۷).

مکانیسم ویژگی بهبود دید دی‌اکسید تیتانیوم به این صورت است که وقتی چاهک‌ها ایجاد می‌شوند، آب، جذب چاهک‌های ایجاد شده می‌گردد. بنابراین زاویه تماس قطره با سطح، کاهش می‌یابد. این مسئله سبب ایجاد خاصیت فوق هیدروفیلی سطوح پوشیده شده با دی‌اکسید تیتانیوم شده و در نتیجه مه گرفتگی و دید توسط این سطوح، باید بهبود یابد(۸). به طور کلی، وقتی که زاویه تماس قطره آب با سطح، کمتر از ۱۰ درجه باشد، ماده ویژگی هیدروفیلی نشان می‌دهد(۱۸).

لایه‌های نازک نانو دی‌اکسید تیتانیوم را می‌توان بوسیله فرآیندهای خشک مانند Sputtering(۱۹و۲۰)، روش‌های تجزیه با بخار شیمیایی(۱۸) و فرآیندهای مرطوب مانند Dip Coating (۱۰و۲۱)، Sol-Gel (۲۲و۲۳)، Spray Coating (۱۲و۲۴) و Coating Spin(۲۵) تهیه کرد. در مطالعه حاضر از روش Sole-Gel Dip Coating برای نشاندن لایه‌های نازک نانو دی‌اکسید تیتانیوم بر روی آینه‌های دندانپزشکی، استفاده شد. روشSol-Gel یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای آماده سازی لایه‌های نازک اکسیده است. این تکنیک به دلیل سادگی تجهیزات دارای مزایایی نسبت به سایر روش‌هاست. به علاوه یکنواختی لایه نهایی قابل کنترل است (۲۶). حرارت دادن نانو دی‌اکسید تیتانیوم در دمای بالاتر از ۳۰۰ درجه سانتیگراد، باعث تبدیل فرم کریستال معمولی به فرم آناتاز می‌شود که در فرم اخیر، الکترون‌های لایه والانس لایه‌های نانو دی‌اکسید تیتانیوم در حضور نور ماوراء بنفش، بیشتر برانگیخته می‌شوند(۱۱). اما در آزمایش پایلوتی که انجام شد، حرارت دادن آینه‌های دندانپزشکی در این درجه حرارت، سبب تخریب آنها گردید. چرا که این درجه حرارت، جیوه آینه‌ها و چسب اتصال‌دهنده آینه با قاب فلزی آن را تخریب نمود. بنابراین پوشش‌دهی لایه‌ها در این مطالعه در دمای معمولی اتاق انجام شد و ساختار کریستالی معمولی دی‌اکسید تیتانیوم، مورد استفاده قرار گرفت.

www.SID.ir

در این مطالعه جهت بررسی خواص ضد میکروبی لایه‌های دی‌اکسید تیتانیوم بر روی سطح آینه‌ها، از روش کشت میکروبی در محیط بلادآگار استفاده شد. استرپتوکوک موتانس و استافیلوکوک اورئوس، از شایع‌ترین باکتری‌های موجود در ناحیه دهان و صورت هستند. به همین دلیل این دو باکتری در این پژوهش، مورد مطالعه قرار گرفتند. نور ماوراء بنفش مورد استفاده در مطالعه حاضر، ۶۰ وات بود که با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از سطح آینه‌ها قرار گرفت. بنابراین سطح آینه‌ها در معرض تابش حدود ۵۰۰۰ میکروات بر سانتی‌متر مربع نور ماوراء بنفش، قرار داده شد. همانطور که عنوان شد، دی‌اکسید تیتانیوم تحت تابش با طول موج‌های مختلف نور ماوراء بنفش، خواص اکسید کنندگی قوی بروز داده، قادر است ترکیبات ارگانیک متعددی را به دی اکسید کربن، آب و اجزاء غیر ارگانیک، تبدیل نماید(۲۷). از آنجا که برای اکسید شدن باکتری‌ها، حضور رادیکال‌های OH ضروری می‌باشد، باکتری‌های مذکور به صورت محلول آبی، روی سطح آینه‌ها قرار گرفتند.

نتایج این بخش از مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان تابش ماوراء بنفش، تعداد باکتری‌ها کم شده، با تابش دو ساعت نور ماوراء بنفش، تعداد استرپتوکوک موتانس و استافیلوکوک اورئوس به صفر رسید. ولی در هیچ یک از زمان‌ها، تفاوت معنی‌داری بین تعداد باکتری‌ها روی آینه معمولی و آینه با پوشش نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم یافت نشد.

تنها مطالعه‌ای که تأثیر لایه‌های نانو ذرات دی‌اکسید تیتانیوم بر آینه‌های دندانپزشکی را مورد بررسی قرار داده، مطالعه Funakoshi در سال ۲۰۰۷ است۱). در این مطالعه، برای بررسی خواص ضد میکروبی آینه‌ها، از قطعات شیشه پوشیده شده با نانو دی‌اکسید تیتانیوم و متیلن‌بلو استفاده شده است. نتایج مطالعه وی نشان داد که هرچه مدت زمان هیدولیز دی‌اکسید تیتانیوم بیشتر باشد، متیلن‌بلو بیشتر اکسید می‌شود. در مطالعه فوق عنوان شده که برش آینه‌های دندانپزشکی امکان‌پذیر نیست، بنابراین استنتاج شد، نتایج حاصل از مطالعه بر روی قطعات شیشه پوشیده شده با نانو دی‌اکسید تیتانیوم بر روی آینه‌های دندانپزشکی نیز قابل تعمیم خواهد بود. در عین حال این تحقیق پیشنهاد نمود که در مطالعات بعدی، کشت میکروبی نیز انجام شود. تفاوت نتیجه مطالعه حاضر با مطالعه مذکور، به احتمال زیاد مربوط به ساختار کریستالی نانو دی‌اکسید تیتانیوم است.

در مطالعه فعلی، پوشش نانو دی‌اکسید تیتانیوم روی آینه‌ها، دارای ساختار معمولی و در مطالعه Funakoshi و Nonami (۲۰۰۷)، پوشش نانو دی‌اکسید تیتانیوم روی شیشه دارای ساختار آناتاز است(۱). به علاوه، از روی نتایج خواص ضد میکروبی شیشه دارای پوشش دی‌اکسید تیتانیوم، نمی‌توان در مورد آینه دارای پوشش دی‌اکسید تیتانیوم قضاوت نمود. چرا که نور ماوراء بنفش مورد استفاده برای فعال نمودن خاصیت فتوکاتالیک، احتمالاً از سطح آینه، بیشتر از سطح شیشه منعکس می‌شود و این مسئله می‌تواند اثر نور برای برانگیختن الکترون را کم کند. همچنین خاصیت اکسید شوندگی متیلن‌بلو، تضمین کننده از بین رفتن باکتری‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر نیست.

کاربرد دی‌اکسید تیتانیوم به عنوان ماده ضد چسبندگی باکتری و ضد باکتری بر روی سطوح سیم‌های ارتودنسی براساس ویژگی‌های فتوکاتالیک گزارش شده است(۱۱). Chun و همکاران در سال ۲۰۰۶ نشان دادند که سیم‌های ارتودنسی پوشیده با دی‌اکسید تیتانیوم، اثر باکتروسیدال بر استرپتوکوک موتانس و پرفیرومونا‌س ژینژیوالیس دارند. ساختار کریستالی دی‌اکسید تیتانیوم مورد استفاده در تحقیق آنها نیز، ساختار آناتاز بود که با ساختار دی‌اکسید تیتانیوم مورد استفاده در مطالعه حاضر، متفاوت است(۱۱). Cho و همکاران در سال ۲۰۰۴ گزارش کردند که ارتباط خطی عالی بین رادیکال هیدروکسیل و نسبت غیرفعال شدن اشرشیاکلی وجود دارد که نشان می‌دهد رادیکال هیدروکسیل، مسئول اصلی غیرفعال نمودن اشرشیاکلی در فرآیند تابش نور ماوراء بنفش به دی‌اکسید تیتانیوم می‌باشد. کریستال دی‌اکسید تیتانیوم مورد استفاده در مطالعه وی نیز ساختار آناتاز داشت(۲۸). Choi و همکاران در سال ۲۰۰۶، اثر آنتی‌باکتریال لایه دی‌اکسید تیتانیوم پوشش داده شده روی فلز تیتانیوم و آلیاژ تیتانیوم-نقره آلوده شده به لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس را مورد بررسی قرار دادند و تفاوت معنی‌داری در خواص ضد میکروبی گروه پوشش داده شده و گروه پوشش داده نشده، مشاهده نکردند. ایشان در این مطالعه، هر دو ساختار معمولی و آناتاز دی‌اکسید تیتانیوم را بررسی کردند و بر خلاف سایر مطالعات بین خواص ضد میکروبی آنها، تفاوتی ملاحظه ننمودند(۱۴). نتایج مطالعه مذکور از این نظر که بین آینه‌های پوشش داده شده و پوشش داده نشده، تفاوتی گزارش

www.SID.ir

نکرده، هم‌سو با پژوهش حاضر است. ولی میکروارگانسیم مورد بررسی در مطالعه Choi و همکاران (۲۰۰۷)(۱۴) با میکروارگانیسم‌های مطالعه فعلی، متفاوت است(۱۴).

گزارشات گوناگونی در مورد خواص آنتی‌باکتریال دی‌اکسید تیتانیوم وجود دارند. در مطالعه‌ای که خواص آنتی‌باکتریال پوشش دی‌اکسید تیتانیوم بر روی چندین میکروارگانیسم را بررسی کرده، گزارش شده است که خواص آنتی‌باکتریال بر روی باکتری‌ها دارای ترتیبی به این شرح است:

E.coli<P. aeruginosa< S. aureus< E. faecium<C. albicans

ایشان نتیجه‌گیری کردند که این ترتیب براساس پیچیدگی وچگالی دیواره سلولی تعیین می‌شود(۲۹). در مطالعه دیگری نیز بیان شده است که تفاوت در مقاومت در برابر آسیب اکسیداتیو به نوع میکروارگانیسم وابسته است(۳۰).

از بررسی مطالعه حاضر و سایر مطالعات می‌توان اذعان کرد که احتمالاً ساختار معمولی دی‌اکسید تیتانیوم تحت تابش نور ماوراء بنفش، اثر ضد باکتری معنی‌دار بیشتری نسبت به نوع ماوراء بنفش به تنهایی ندارد. از آنجا که براساس نتایج مطالعه حاضر، با افزایش زمان تابش نور ماوراء بنفش، تعداد باکتری‌ها در آینه معمولی و در آینه با پوشش نانو دی‌اکسید تیتانیوم به یک میزان کاهش داشت، می‌توان گفت که اثر ضد باکتریایی غالب، ناشی از تابش خود نور ماوراء بنفش بوده است.

گزارش شده است که استریلیزاسیون بوسیله استفاده از تابش نور ماوراء بنفش A که قدرت کمتری نسبت به ماوراء بنفش B و ماوراء بنفش C دارد نیز می‌تواند حاصل شود (۱۵). بنابراین نور ماوراء بنفش مورد استفاده در پژوهش حاضر، نور ماوراء بنفش A بود. در این مطالعه، برای بررسی بهبود دید کلینیکی آینه‌های با پوشش نانو دی‌اکسید تیتانیوم، از روش پرسش‌نامه، بعد از استفاده آینه توسط دندانپزشکان، استفاده شد. ۹ دندانپزشک و هر کدام ۵ بار، آزمایش را انجام دادند. از آنجا که گزارش شده است که احتمال از دست رفتن لایه‌های نانو طی روند اتوکلاو وجود دارد (۱)، هیچ کدام از آینه‌ها مجدداً مورد استفاده قرار نگرفتند و تمامی آینه‌ها نو بودند.

از آنجا که خاصیت بهبود دید فرض شده برای آینه‌های با پوشش نانو، مربوط به ویژگی فوق هیدروفیلی آنها می‌باشد، تمام آینه‌ها، ۱۵ دقیقه قبل از کار در آب مقطر قرار گرفتند تا فرصت کافی برای جذب آب توسط چاهک‌های الکترون حاصل گردد. نتایج مطالعه، تفاوت معنی‌داری را در وضعیت دید کلینیکی دندانپزشکان بین آینه‌های معمولی و آینه‌های با پوشش نانو، نشان نداد.

تنها مطالعه‌ای که خواص اپتیکی پوشش دی‌اکسید تیتانیوم را بر روی سطح آینه‌های دندانپزشکی بررسی کرده است، مطالعه Funakoshi و Nonami در سال ۲۰۰۷ است (۱). ایشان برای بررسی این خاصیت در آینه‌های دندانپزشکی، دو عامل زاویه تماس قطره با سطح و ترانسپرنسی آینه‌ها را بررسی کردند ولی بهبود دید کلینیکی را مورد مطالعه قرار ندادند. در مطالعه مذکور عنوان شده است که وقتی زمان هیدرولیز دی‌اکسید تیتانیوم به ۳۰ دقیقه برسد، آینه‌های با پوشش دی‌اکسید تیتانیوم از نظر ویژگی ترانسپرنسی، مقداری اپک می‌شوند و اگر برای ۶۰ دقیقه هیدرولیز دی‌اکسید تیتانیوم صورت گیرد، رسوبات سفید روی سطح آینه‌ها شکل می‌گیرند. به علاوه وی گزارش کرد که اگر هیدرولیز دی‌اکسید تیتانیوم برای بیش از ۳۰ دقیقه صورت گیرد، زاویه تماس قطره، به کمتر از یک درجه می‌رسد که نشان‌دهنده خاصیت فوق هیدروفیلی عالی سطح آینه با پوشش دی‌اکسید تیتانیوم است. لازم به ذکر است که در مطالعه ایشان، هیدرولیز دی‌اکسید تیتانیوم، بخشی از فرایند تهیه و پوشش‌دهی آینه‌ها با دی‌اکسید تیتانیوم بود.

اگرچه روش تهیه لایه نانو دی‌اکسید تیتانیوم و پوشش‌دهی نانو دی‌اکسید تیتانیوم بر روی آینه در مطالعه حاضر و مطالعه Funakoshi و Nonami (۲۰۰۷)(۱) متفاوت است، اما احتمالاً می‌توان عنوان کرد که خواص حاصل در مطالعه ایشان، صرفاً نتایج آزمایشگاهی است و از نظر دندانپزشک حین کار، قابل ملاحظه نمی‌باشد. براساس نتایج پژوهش فعلی، بهبود دید ناشی از افزایش خاصیت فوق هیدروفیلی و کاهش دید ناشی از کاهش ترانسپرنسی در آینه‌های با پوشش نانو دی‌اکسید تیتانیوم، هیچ کدام از دید دندانپزشک از نظر کلینیکی، مشهود نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری:

نتایج مطالعه حاضر نشان داد بین آینه معمولی تحت تابش نور ماوراء بنفش و آینه با پوشش نانو دی‌اکسید تیتانیوم تحت تابش نور ماوراء بنفش از نظر خواص آنتی باکتریال در مورد باکتری استرپتوکوک موتانس و باکتری استافیلوکوک اورئوس و از نظر بهبود دید کلینیکی از نظر دندانپزشکان تفاوت معنی داری وجود ندارد.

Archive of SID
www.SID.ir

محدودیت‌ها و پیشنهادات:

ساختار نانو ذرات دی اکسید تیتانیم مورد استفاده در این مطالعه از نوع معمولی بود و استفاده از ساختار آناتاز امکان‌پذیر نبود چرا که برای ایجاد ساختار آناتاز نیاز به حرارت آینه‌ها در دمای بالا بود، که این دما ساختار خود آینه را تخریب می‌نمود. در این مطالعه برای مقرون به صرفه بودن آزمایش، آینه‌های تجاری دندانپزشکی پوشش‌دهی شد. توصیه می‌شود که در مطالعات بعدی ساختار آناتاز روی شیشه پوشش‌دهی شود و سپس شیشه تبدیل به آینه گردد.

تقدیر و تشکر:

با تشکر از مرکز تحقیقات دانشکده دندانپزشکی دانشگاه شاهد که حمایت علمی و مالی این مطالعه را بر عهده داشته است.

References

1. Funakoshi K, Nonami T. Photocatalytic treatments on dental mirror surfaces using hydrolysis of titanium alkoxide. J Coat Technol Res 2007; 4: 327-333.
2. Widen Randy M, Simon Donald. Self cleaning dental mirror apparatus. Mirror dentaire auto-nettoyant. 22 Jul 1980. CA 108297. Available at: http://www.google.com/patents/US3969824.
3. Harvey TE, William JT. Heated dental mirror 1986. Available at: http://www.google.com/patents/US4568281.
4. Engel Joseph R. Self-cleaning mirror. IP Research & Communities. 10.11.1983. web. 12.14.1981. Available at: http://www.freepatentsonline.com/4408991.html.
5. Smith AJ, Bagg J, Hurrell D, McHugh S. Sterilization of re-usable instruments in general dental practice. Br Dent J 2007; 203: E16.
6. Liu CY, Liu Y. Self-cleaning coating with the function of anti-fogging and decomposing pollutant. NSTI Nanotech. n.d. web. May 7-11 2006. Available at: http:// www. nsti. org/ Nanotech2006/ showabstract. html? absno=248.
7. Komatsu Toru, Nakamura Masatoshi. Anti-fog element. Patents. 29 Dec 1998. web. 21 Jul 1997. Available at: www.google.com/patents/US5854708.
8. Laskey Richard A. Anti-fog coated optical substrates. Patents. 21 Mar 1978. web. 15 Nov 1976. Available at: http://www.google.com/patents/US4080476.
9. Kajitvichyanukul P, Amornchat P. Effects of diethylene glycol on TiO2 thin film properties prepared by sol–gel process. Sci Tech Adv Mater 2005; 6: 344-347.
10. Takahashi Y, Matsuoka Y. Dip-Coating of TiO_2 Films Using a Sol Derived from Ti(O-I-Pr)4-Diethanolamine-H2Oi- PrOH System. J Mater Sci 1988; 23: 2259-2266.
11. Chun MJ, Shim E, Kho EH, Park KJ, Jung J, Kim JM, et al. Surface modification of orthodontic wires with photocatalytic titanium oxide for its antiadherent and antibacterial properties. Angle Orthod. 2007; 77: 483-488.
12. Wang R, Hashimoto K, Fujishima A, Chikuni M, Kojima E, Kitamura A, et al. Photogenerationof Highly Amphiphilic Tio2 Surfaces. Adv Mater 1998; 10: 135–138.
13. Lakshmi S, Renganathan R, Fujita S. Study on TiO2-mediated photocatalytic degradation of methylene blue J Photochem Photobiol A Chem 1995; 88: 163-167.
14. Choi JY, Kim KH, Choy KC, Oh KT, Kim KN. Photocatalytic antibacterial effect of TiO(2) film formed on

Archive of SID
www.SID.ir

Ti and TiAg exposed to Lactobacillus acidophilus. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2007; 80: 353-359.

15. Sunada K, Watanabe T, Hashimoto K. Studies on photokilling of bacteria on TiO2 thin film. J Photochem Photobiol A: Chem 2003; 156: 227-233.
16. Bundschuh J, Hoinkis J. Renewable Energy Applications for Freshwater Production. 1st Ed. CRC Press 2012; 233-235.
17. Prevot AB, Vincenti M, Bianciotto A, Pramauro E. Photocatalytic and photolytic transformation of chloramben in aqueous solutions. Appl Catal B Environ 1999; 22: 149-158.
18. Battiston GA, Gerbasi R, Porchia M. Influences of Substrate on Structural Properties of TiO2 Thin Films Obtained via MOCVD. Thin Solid Films 1994; 239: 186-191.
19. Dumitriu D, Bally AR, Ballif C, Hones P, Schmid PE, Sanjines R, et al. Photocatalytic Degradation of Phenol by Tio2 Thin Films Prepared by Sputtering Appl Catal B: Environ 2000; 25:83-92.
20. Takagi K, Makimoto T, Hiraiwa H, Negishi T. Photocatalytic Antifogging Mirror. J Vac Sci Technol A. 2001; 19: 2931-2935.
21. Yoko T, Yuasa A, Kamiya K, Sakka S. Sol-Gel-Derived TiO2 Film Semiconductor Electrode for Photocleavage of Water. J Electrochem Soc 1991; 138: 2279-2285.
22. Selvaraj U, Prasadatao AV, Komarneni S, Roy R. Sol- Gel Fabrication of Epitaxial and Oriented TiO2 Thin Films. J Am Ceram Soc 1992; 75: 1167-1170.
23. Tsuzuki A, Murakami H, Kani K, Kawakami S, Torii Y. Preparation of Nb-Doped Tio2 Films by the Sol-Gel Method. J Mater Sci Lett 1990; 9: 624-626.
24. Takahashi M, Mita K, Toyuki H, Kume M. Pt-Tio2 Thin Films on Glass Substrates as Effective Photocatalysts. J Mater Sci 1989; 24: 243-246.
25. Anast M, Jamting A, Bell JM, Ben-Nissan B. Surface Morphology Examination of Sol-Gel Deposited Tio2 Films. Thin Solid Films 1994; 253: 303-307.
26. Legrand-Buscema C, Malibert C, Bach S. Elaboration and characterization of thin films of TiO2 prepared by sol-gel process. Thin Solid Films 2002; 418: 79-84.
27. Ollis DF, Pelizzetti E, Serpone N. Destruction of water contaminants. Environ Sci Technol 1991; 25: 1523-1529.
28. Cho M, Chung H, Choi W, Yoon J. Linear correlation between inactivation of E. coli and OH radical concentration in TiO2 photocatalytic disinfection. Water Res 2004; 38: 1069-1077.
29. Kűhn KP, Cahberny IF, Massholder K, Stickler M, Benz VW, Sonntag H, et al. Disinfection of surfaces by photocatalytic oxidation with titanium dioxide and UVA light. Chemosphere 2003; 53: 71-77.
30. Oppezzo OJ, Pizarro RA. Sublethal effects of ultraviolet A radiation on Enterobacter cloacae. J Photochem Photobiol B 2001; 62: 158 -165.

Archive of SID

www.SID.ir