

بررسی اثر لیزر Er: YAG و یون فلوراید بر رمینرالیزاسیون ضایعات پوسیدگی اولیه مینایی

عبدالرحیم داوری^۱، علیرضا دانش کاظمی^۲، حسین عصار زاده^۳، فهیمه شفیعی^{۴*}

^۱استاد 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
^۲دانشیار 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
^۳استادیار گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی سبزوار، سبزوار، ایران
^۴دستیار تخصصی گروه دندانپزشکی ترمیمی و زیبایی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
 تاریخ ارائه مقاله: ۹۶/۱۲/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۵/۸

Evaluation of Er:YAG Laser and Fluoride Ion Effects on the Remineralization of Enamel White Spot Lesions

Abdolrahim Davari¹, Alireza Daneshkazemi², Hossein Assarzadeh³, Fahime Shafiee^{4*}

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

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

³Assistant Professor, Department of Operative and Aesthetic Dentistry, Sabzevar University of Medical Sciences, Yazd, Iran

⁴Post Graduate Student, Department of Operative and Aesthetic Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

Received: 16 March 2018; Accepted: 30 July 2018

Introduction: The present study was conducted with the aim of evaluating the effects of Er:YAG laser ($\lambda=2940$ nm) and acidulated phosphate fluoride (APF) gel on the acid resistance of enamel white spot lesions, when applied alone or combined together.

Materials and Methods: This laboratory study was conducted on 90 buccal and lingual slabs of human molar teeth. The samples were submitted to pH-cycling model to create white spot lesions. Subsequently, they were randomly assigned into six groups of positive control (without enamel white spot lesion), negative control (with enamel white spot lesion), enamel treated with APF gel, enamel irradiated with Er:YAG laser, pre-treated with APF gel followed by Er:YAG laser irradiation, and pre-irradiated with Er:YAG followed by APF gel application. Before and after the treatments, the samples were analyzed using potentiometer in order to evaluate the fluoride contents. Statistical analysis was performed using Kruskal-Wallis and ANOVA tests ($P=0.05$).

Results: According to the results, the application of APF gel before or after laser irradiation resulted in the highest enamel resistance to acid and fluoride uptake ($P<0.05$). The group received laser irradiation showed an increase in enamel fluoride uptake as compared to the positive and negative control groups. However, the groups submitted to laser had no significant difference with those administered APF gel in this regard.

Conclusion: As the findings indicated, Er:YAG laser changes the chemical combination of the enamel, and improves enamel hardness, especially when combined with topical fluoride, suggesting its anticaries potential.

Key words: ER: YAG laser, Fluoride ion, Remineralization.

*Corresponding Author: Shafiee.fahime95@gmail.com

J Mash Dent Sch 2018; 42(3): 210-20.

چکیده

مقدمه: این مطالعه آزمایشگاهی اثر لیزر Er:YAG و ژل فلوراید اسیدی را روی رمینرالیزاسیون ضایعات پوسیدگی اولیه مینایی، هنگامی که به تنهایی و یا با هم بکار می روند، بررسی کرده است.

مواد و روشها: ۹۰ اسلب باکال و لینگوآلی از دندانهای مولر انسانی تهیه گردید. نمونه ها تحت سیکل pH قرار گرفتند تا ضایعات پوسیدگی اولیه مینایی ایجاد گردد. سپس به صورت تصادفی به شش گروه به صورت زیر تقسیم شدند:

گروه اول: کنترل مثبت بدون ضایعات پوسیدگی اولیه، گروه دوم: کنترل منفی دارای ضایعات پوسیدگی اولیه مینایی، گروه سوم: قرار گرفتن ژل فلوراید روی مینا، گروه چهارم: تاباندن لیزر Er:YAG روی مینا، گروه پنجم: ابتدا استفاده از ژل فلوراید و سپس تاباندن لیزر، گروه ششم: ابتدا لیزر و سپس کاربرد ژل فلوراید. قبل و بعد از درمان، محتوای یون فلوراید نمونه ها به وسیله دستگاه پتانسیومتر اندازه گیری شد. آنالیز آماری با آزمونهای کروسکال والیس و ANOVA انجام گرفت. ($\alpha=0/05$)

یافته ها: کاربرد ژل فلوراید قبل یا بعد از تاباندن لیزر بیشترین افزایش را در مقاومت به اسید و افزایش جذب فلوراید مینایی، مشخص کرد. ($p<0/05$). گروه چهارم با تاباندن لیزر، افزایش جذب فلوراید مینایی را در مقایسه با گروه اول و دوم نشان داد. اما گروه درمان شده با لیزر در مقایسه با گروه درمان شده با ژل فلوراید اختلاف مشخصی نداشتند.

نتیجه گیری: لیزر Er:YAG ترکیب شیمیایی مینا را تغییر داده و سختی آن را، به خصوص در ترکیب با فلوراید افزایش می دهد که پیشنهاد کننده پتانسیل ضدپوسیدگی آن است.

کلمات کلیدی: لیزر Er:YAG، یون فلوراید، رمینرالیزاسیون. مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۳۹۷ دوره ۴۲ / شماره ۳: ۲۰-۲۱۰.

مقدمه

کمتری بوده و بدین علت می تواند محافظت طولانی مدت تری در مقابل پروسه پوسیدگی ایجاد کند. به این علت لازم است جهت جلوگیری از پوسیدگی، فلوراید به دفعات بیشتری مورد استفاده قرار گیرد.^(۳)

با وجود اینکه کاربرد فلوراید موضعی به عنوان روشی مناسب برای پیشگیری از بروز شناخته شده است، ولی به عنوان روشی موثر در برخورد با ضایعات لکه سفید (WSL) و کنترل ضایعات به شمار نمی رود.^(۴)

اخیرا لیزرها نیز به دلیل اثرات موثری که بر بافتهای سخت دندانی دارند، به منظور جلوگیری از پوسیدگی استفاده می شوند. لیزرهای Erbium عمدتاً جهت برش بافتهای سخت دندان به کار می روند، با وجود این از این لیزرها به منظور جلوگیری از دمیترالیزاسیون مینایی می توان استفاده نمود.

یک مطالعه نشان داده است که استفاده از لیزر اربوم باعث پیشگیری از پوسیدگی از طریق کاهش میکروارگانیسمها و تغییرات شیمیایی و مورفولوژیکی ساختار مینا می شود. به این دلیل از لیزر اربوم در انرژیهای پایین جهت تغییر شیمیایی و ساختاری سطح مینا استفاده می کنند که این کار باعث جلوگیری از دمیترالیزاسیون مینا بدون ablation بافت دندانی می شود.^(۵)

با وجود تلاشهای گسترده ای که تاکنون جهت پیشگیری از ایجاد پوسیدگیهای دندانی بعمل آمده است، پوسیدگیهای دندانی بعنوان شایعترین بیماری مزمن دوران کودکی و بزرگسالی شناخته شده است و هنوز میزان شیوع آن در برخی جوامع زیاد می باشد. علت اصلی این شیوع بالا را مصرف روزافزون مواد غذایی حاوی قند و اکسپوزر ناکافی به فلوراید می دانند.^(۱)

پروسه پوسیدگی شامل از دست رفتن مواد معدنی عاج و مینا توسط فراورده های متابولیکی اسیدی حاصل از باکتریها می باشد. در این زمینه استفاده از فلوراید به طور گسترده ای جهت پیشگیری از پوسیدگی به کار می رود که باعث افزایش رمینرالیزاسیون زیرسطحی مینای پوسیده، جلوگیری از پیشرفت پوسیدگی و ممانعت از دمیترالیزاسیون در مقابل مواد اسیدی حاصل از باکتریهای پلاک میکروبی می شود.^(۲) استفاده از فلوراید موضعی سبب رسوب سطحی کریستالهای فلوراید کلسیم (CaF_2) شده که به عنوان یک منبع ذخیره فلوراید طی پروسه پوسیدگی عمل می کند. با این وجود مقدار کمی از فلوراید به صورت فلوروآپاتیت در مینا به وجود می آید. فلوروآپاتیت در مقایسه با کلسیم فلوراید دارای حلالیت

گرد به قطر حدود ۳mm در سطح مینای صاف شده، توسط وارنیش مقاوم به اسید (Kenvis, UAE) پوشانده شد. برای این منظور ابتدا بوسیله یک پرگار و با مداد دایره‌ای به قطر ۳mm رسم شد. سپس با لاک طراحی ناخن (Kenvis, UAE) محیط دایره مشخص و در پایان، بقیه سطوح توسط وارنیش مقاوم به اسید پوشانده شد.

پس از آماده‌سازی، نمونه‌ها به منظور ایجاد WSL، در سیکل pH قرار داده شدند.^(۷) نمونه‌ها به مدت ۹ روز (۸ روز دیمینرالیزاسیون + ۱ روز ریمینرالیزاسیون) در سیکل pH تحت پروتکل زیر قرار گرفتند.

ابتدا چهار ساعت در 100ml حمام دیمینرالیزاسیون شامل (۱/۲۸mM نیترات کلسیم، ۰/۷۴mM سدیم دی هیدروژن فسفات، ۰/۰۵M بافر استات و ۰/۰۳mg/ml سدیم فلوراید با pH=۵) قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها به صورت تک تک به مدت ۱۰ ثانیه در آب مقطر شستشو داده و با دقت به وسیله کاغذ جاذب خشک شدند. (به منظور جلوگیری از رقیق شدن محلولها). در مرحله بعد بیست ساعت در 100ml حمام ریمینرالیزاسیون شامل (۱/۵mM نیترات کلسیم، ۰/۹mM سدیم دی هیدروژن فسفات، ۱۵۰mM پتاسیم کلراید، ۰/۱M بافر Tris و ۰/۰۵ mg/ml سدیم فلوراید با pH=۷) قرار گرفتند و در نهایت، پس از ۸ روز سیکل pH، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در محلول (حمام) ریمینرالیزاسیون باقی ماندند.

ظروف پلاستیکی حاوی نمونه‌ها در کل طول دوره سیکل در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) قرار داشتند. محلولهای ریمینرالیزاسیون و دیمینرالیزاسیون هر دو روز یکبار تعویض می‌شدند. قبل و پس از پایان سیکل pH و بین سایر مراحل مطالعه نمونه‌ها در پنبه مرطوب شده با آب مقطر در رطوبت ۱۰۰ درصد و دمای اتاق نگهداری می‌شدند. گروه کنترل در طول دوره سیکل در محیط

مطالعات اندکی کارایی این لیزر در افزایش مقاومت به اسید مینا، جلوگیری از پوسیدگی و اثرات آن بر میزان جذب فلوراید را مورد بررسی قرار داده اند. به این علت هدف از این مطالعه بررسی اثر لیزر Er: YAG و فلوراید بر مقاومت به اسید ضایعات پوسیدگی اولیه مینایی (WSL) بود.

مواد و روشها

مطالعه تجربی-آزمایشگاهی، با توجه به مطالعات مشابه^(۶) ۹۰ نمونه یعنی ۱۵ نمونه برای هر گروه انتخاب گردید. برای جمع آوری داده‌های مطالعه، میزان مقاومت به اسید بعد از آماده‌سازی نمونه‌ها و انجام آزمایشات با دستگاه پتانسیومتر و F Selective Electrode اندازه‌گیری و اعداد بدست آمده برای هر نمونه ثبت شد.

در این مطالعه، از ۴۵ عدد دندان مولر انسانی سالم استفاده شد. دندانهای مورد استفاده تا زمان انجام مطالعه در محلول ۰/۱ درصد تیمول با PH=۷ و در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) نگهداری شدند. برای آماده‌سازی نمونه‌ها؛ مینای سطح باکال و لینگوال هر دندان جهت حذف لایه سطحی دارای با فلوراید بالا و یکسان سازی نمونه‌ها؛ به وسیله دیسکهای پرداخت (USA, Finishing, Bisco, Disc Kit)، با شماره‌های ۸۰۰-۴۰۰ تسطیح شد. سپس ریشه دندانها قطع و سمت لینگوال و باکال هر دندان در جهت مزیدستیالی و به ضخامت حدود ۲ میلی‌متر برش داده شد. بدین ترتیب ۹۰ بلوک دندانی، با ابعاد حدود ۲mm × ۱۲mm × ۸mm به دست آمد. پس از شستشوی ۳۰ ثانیه‌ای با آب مقطر و خشک شدن نمونه‌ها؛ تمامی بلوکها بوسیله استریومیکروسکوپ بررسی شده و نمونه‌های دارای کرک و نقایص ساختاری از مطالعه حذف شدند. در این مرحله ۱۵ نمونه به طور تصادفی به عنوان گروه کنترل انتخاب شد. در مرحله بعد تمامی سطوح هر نمونه به جز ناحیه‌ای

pH=۳/۶ به مدت ۴ دقیقه به وسیله رول پنبه بر روی نمونه قرار داده شد و سپس به وسیله رول پنبه برداشته شد.

اندازه‌گیری میزان فلوراید به روش Enamel Biopsy Technique^(۸) بوسیله دستگاه پتانسیومتر (Metrohm, Switzerland) و به کمک الکتروود یون گزین فلوراید (Fluride ISE Metrohm 2000, Switzerland) انجام گرفت. هر نمونه به صورت جداگانه به وسیله پنس در داخل بشر محتوی ۱۰cc اسید پرکلریک ۰/۵ مولار (HClO₄) فرو برده و پس از ۳۰ ثانیه خارج گردید. سپس سطح مینا با ۲۰cc محلول ۰/۲ مولار پتاس (KOH) شسته شد. بدین ترتیب ۳۰ میلی‌لیتر محلول بیوپسی به دست آمد. برای اندازه‌گیری فلوراید، به کمک PH متر (780 pH Meter, metrohm, Switzerland)؛ EDTA به محلول اضافه شد تا PH آن به ۲/۵ برسد. غلظتهای مشخصی از نمک سدیم فلوراید (NaF) تهیه و اختلاف پتانسیل آنها با پتانسیومتر اندازه‌گیری شد و با استفاده از کامپیوتر، نمودار اختلاف پتانسیل غلظت و از روی آن معادله خطی مربوطه استخراج گردید. سپس بشر روی دستگاه مگنت قرار داده شد و الکتروود استاندارد دستگاه پتانسیومتر به همراه الکتروود فلوراید درون محلول قرار گرفت و اختلاف پتانسیل هر محلول ثبت گردید. این عدد اختلاف پتانسیل، درون معادله خطی حاصل از نمودار اختلاف پتانسیل برحسب غلظت قرار گرفت و بدین ترتیب غلظت فلوراید در نمونه مشخص شد. پس از جمع آوری داده‌ها، کدگذاری و در نرم افزار آماری SPSS16 وارد شد. سپس با توجه به آزمون آماری کروسکال والیس و من ویتنی تجزیه و تحلیل انجام گردید.

یافته‌ها

در این مطالعه، از ۹۰ نمونه دندانانی حاصل از ۴۵ دندان مولر انسانی سالم استفاده شد. میانگین، انحراف

نگهداری اولیه و سپس در محیط مشابه سایر نمونه‌ها نگهداری می‌شد.

پس از پایان دوره سیکل pH، به علت نبود گلد استاندارد جهت تشخیص WSL؛ تمامی نمونه‌ها از لحاظ ایجاد ضایعه اولیه توسط اپراتور با معاینه چشمی بررسی شدند. به این صورت که سطح نمونه‌هایی که در حضور آب (رطوبت)، طبیعی و در عدم حضور آب گچی (اپک) به نظر می‌رسیدند، جدا شده و بوسیله دستگاه (Kavo Germany, Diagnodent) مورد ارزیابی قرار گرفتند. طبق دستور کارخانه سازنده و پس از کالیبره کردن، اگر دستگاه هم ۱۹-۱۳ Score را نشان می‌داد، نمونه‌ها دارای WSL در نظر گرفته می‌شدند. سپس نمونه‌ها به منظور انجام مطالعه به صورت تصادفی به ۵ گروه مساوی ۱۵ تایی تقسیم شدند (گروه کنترل قبلاً جدا شده بود).

۱- گروه بدون ضایعه (کنترل مثبت) G₁ ، ۲- گروه white spot (کنترل منفی) G₂ ، ۳- گروه white spot کاربرد فلوراید G₃ ، ۴- گروه white spot با کاربرد لیزر G₄ ، ۵- گروه white spot با کاربرد لیزر پس از استفاده از فلوراید G₅ ، ۶- گروه white spot با کاربرد لیزر قبل از استفاده از فلوراید G₆.

اشعه لیزر Er:YAG (Key III, Kavo, Germany) با مشخصات تابشی (80mJ, 10Hz, 8J/cm² Non-Contact mode) بدون استفاده از خنک‌کننده آب و هوا به وسیله دست به مدت ۱۰ ثانیه با حرکت جارویی با فاصله حدوداً ۳ میلیمتری که بوسیله جیگ دست‌ساز کنترل می‌شد؛ بر روی تمام سطح مینایی اکسپوز نمونه‌ها، تابانده شد. ژل اسیدی فسفات فلوراید (APF USA Sultan Chemist, Englewood NJ) حاوی ۱/۲۳ درصد یون فلوراید و با

دارا بودند (جدول ۱). جذب فلوراید توسط مینا، در گروههای درمان شده با ترکیب تابش لیزر چه بعد و چه قبل از کاربرد ژل فلوراید بطور معناداری بالاتر از گروههای دیگر بود ($P < 0/001$)

میانگین غلظت فلوراید در گروههای G5 و G6 به ترتیب $328/73 \pm 119/14$ و $337/93 \pm 148/98$ ppm بود، اما بین این دو گروه تفاوت معنادار نبود. ($P = 0/983$)

معیار، کمترین و بیشترین میزان غلظت فلوراید مینا، در بین گروههای مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. در بررسی با آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس، میزان غلظت فلوراید در گروههای مختلف، تفاوت معناداری بین گروهها مشاهده شد. ($P < 0/001$)

گروه کنترل منفی (G2) کمترین میزان فلوراید $5/67 \pm 7/14$ ppm و گروه با کاربرد لیزر پس از فلوراید (G5) بیشترین میزان فلوراید $337/93 \pm 148/98$ ppm را

جدول ۱. میانگین، انحراف معیار، کمترین و بیشترین میزان غلظت فلوراید مینا در بین گروههای مورد مطالعه (mg/L)

نتیجه آزمون کروسکال-والیس	بیشترین میزان	کمترین میزان	انحراف معیار	میانگین غلظت فلوراید	تعداد نمونهها	گروهها
	۷۱	۳	۱۶/۶۱	۲۱/۴۷	۱۵	کنترل (G1)
	۲۶	۱	۷/۱۴	۵/۶۷	۱۵	پوسیدگی اولیه مینایی (G2)
$P < 0/001$	۳۱۸	۱۰۱	۶۴/۱	۲۲۱/۶۷	۱۵	ژل APF (G3)
	۳۵۵	۱۰۴	۶۹/۴۶	۱۹۸/۲	۱۵	لیزر Er:YAG (G4)
	۵۹۳	۱۸۲	۱۴۸/۹۸	۳۳۷/۹۳	۱۵	ژل APF + لیزر Er:YAG (G5)
	۵۶۳	۱۸۱	۱۱۹/۱۴	۳۲۸/۷۳	۱۵	لیزر Er:YAG + ژل APF (G6)

مقایسه دو به دو گروهها آزمون من ویتنی بکار برده شد (جدول ۲).

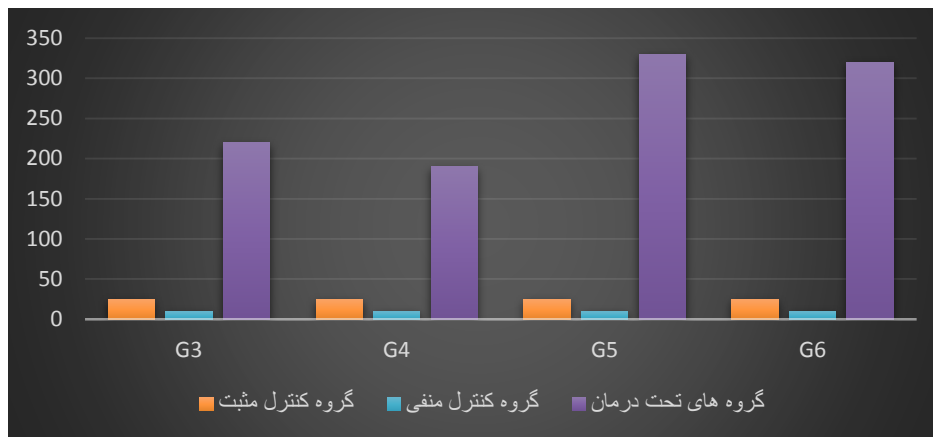
با توجه به اینکه فرض استفاده از آنالیز واریانس یکطرفه برقرار نبود، به منظور مقایسه گروههای مختلف از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس استفاده شد و جهت

جدول ۲. مقایسه دو به دو گروههای مورد مطالعه با آزمون من ویتنی

G6	G5	G4	G3	G2	G1	گروهها
X<0/001	X<0/001	X<0/001	X<0/001	X<0/001		کنترل (G1)
X<0/001	X<0/001	X<0/001	X<0/001		X<0/001	پوسیدگی اولیه مینایی (G2)
X<0/01	X= /033	X= 0/285		X<0/001	X<0/001	ژل APF (G2)
X<0/001	X<0/001		X= 0/285	X<0/001	X<0/001	لیزر Er:YAG (G4)
X= 0/983		X<0/001	X= 0/033	X<0/001	X<0/001	ژل APF + لیزر Er:YAG (G5)
	X=0/983	X<0/001	X<0/0	X<0/001	X<0/001	لیزر Er:YAG + ژل APF (G6)

نمودار ۱، میانگین غلظت فلوراید هر یک از گروههای مورد درمان با گروه کنترل مثبت و منفی را نشان می‌دهد. جذب فلوراید توسط مینا، در گروههای درمان شده با ترکیب تابش لیزر چه بعد و چه قبل از کاربرد ژل فلوراید به طور معناداری بالاتر از گروههای دیگر بود (P-value < ۰/۰۰۱). میانگین غلظت فلوراید در گروههای G5 و G6 به ترتیب $148/98 \pm 337/93$ ppm و $119/14 \pm 328/73$ بود. اما بین این دو گروه تفاوت معنادار نبود (P-value = ۰/۹۸۳).

نمودار ۱، میانگین غلظت فلوراید هر یک از گروههای مورد درمان با گروه کنترل مثبت و منفی را نشان می‌دهد. جذب فلوراید توسط مینا، در گروههای درمان شده با ترکیب تابش لیزر چه بعد و چه قبل از کاربرد ژل فلوراید به طور معناداری بالاتر از گروههای دیگر بود



نمودار ۱. میانگین غلظت فلوراید هر یک از گروههای مورد درمان با گروه کنترل مثبت و منفی

دمینرالیزاسیون را اندازه‌گیری می‌کند. این روش تغییرات محیط دهان را طی دریافت غذا تقلید می‌کند.^(۹) در گروه G2 که تحت تاثیر PH-cycle دارای WSL شده بود و هیچ درمانی را دریافت نکرده بود، کمترین غلظت فلوراید مشاهده گردید که احتمالاً به علت حذف اجزاء مینرال مینا در اثر محلول دمینرالیزاسیون است. علاوه بر معاینه چشمی که در کلینیک روش اصلی جهت تعیین WSL است، وسایل کمکی دیگری نیز در دسترس است که از جمله آنها می‌توان به دستگاه Diagnodent اشاره کرد که از فناوری laser fluorescence استفاده می‌کند. در این مطالعه به منظور تبدیل یک متغیر کیفی به کمی و در نتیجه پایایی و روایی بیشتر، پس از pH cycling جهت ایجاد ضایعه WSL، علاوه بر

بحث

در بیشتر کشورهای صنعتی پوسیدگیهای دندانی به عنوان یک مشکل مهم بهداشت، مطرح است. پوسیدگیهای دندانی یک بیماری مولتی فاکتوریال است که به روشهای پیشگیری و آموزش بهداشت صحیح نیاز دارد.

ضایعات لکه سفید به علت تجمع طولانی مدت پلاک باکتریال که باعث انحلال اسیدی مینا می‌شود، به وجود می‌آید. جهت ایجاد WSL مدل‌های متفاوتی وجود دارد. در مطالعه حاضر از روش PH-cycle برای شبیه‌سازی با محیط دهان استفاده شد. این مدل که شامل محلولهای رمینرالیزاسیون و دمینرالیزاسیون است به طور همزمان نتیجه مهار رمینرالیزاسیون و افزایش

ساختمان مینا رسوب یابد.^(۱۱) مطالعات نشان داده‌اند که محصول اصلی واکنش APF با سطح مینا، کلسیم فلوراید می‌باشد. در این سیستم به علت pH اسیدی ژل (حدود ۳/۵) و نیز افزایش غلظت فسفات در محل و اکنش، نسبت به سایر سیستمها مقادیر بیشتری از فلورویدروکسی آپاتیت تولید می‌شود.^(۱۲)

در بررسی ما استفاده از ژل APF باعث افزایش میزان فلوراید و مقاومت به اسید در گروه G3 شد که نسبت به گروه کنترل G1 و گروه G2 از نظر آماری واضح بود.

اخیراً از لیزرهای مختلف نیز به منظور جلوگیری از پوسیدگی استفاده می‌شود. مکانیسمهای مطرح شده جهت تبیین تأثیر لیزر بر ساختار مینا را می‌توان به سه دسته اصلی شامل تغییرات فیزیکی از قبیل شامل ذوب شدگی، تغییرات شکل کریستالها و کاهش نفوذپذیری، تغییرات شیمیایی شامل از دست دادن آب و کربنات و کاهش حلالیت کریستالها و تغییرات کینتیک و قطبیت کریستالها طبقه بندی کرد که متعاقب تبدیل انرژی لیزر به انرژی گرمایی در سطح مینا رخ می‌دهند.^(۶)

از طرفی مطالعاتی انجام شده است که تئوریهای مطرح شده را مکانیسم اصلی و ضروری برای تأثیر تابش لیزر نمی‌داند. در این مطالعات براساس مشاهده‌های میکروسکوپ الکترونی (SEM) مطرح شده است که ذوب شدن تنها در نواحی محدودی از سطح مینا رخ می‌دهد.^(۵) Borggrevén و همکاران^(۱۳) کاهش نفوذپذیری ناشی از تابش لیزر را مشاهده نکردند و علت مقاومت به دیمینرالیزاسیون را به تغییرات شیمیایی و از دست رفتن کربنات از ساختار مینا و متعاقب آن کاهش حلالیت مینا نسبت دادند.

معاینه چشمی بررسی با دستگاه Diagnodent هم انجام گرفت. نمونه‌هایی که طبق دستور کارخانه سازنده ۱۳-۱۹ = score را نشان می‌دادند؛ به عنوان نمونه‌های دارای WSL در نظر گرفته شدند.

برای بررسی مقاومت به اسید مینا، روشهای مختلفی از قبیل تستهای میکروهاردنس، اندازه‌گیری غلظت یونهای کلسیم، فسفات و فلوراید، X-ray Dispersive Energy (EDX)، اسپکتروفتومتری، Atomic Absorption Spectrometry وجود دارد. در این مطالعه از اندازه‌گیری غلظت یون فلوراید با الکترومتر یون گزین فلوراید و دستگاه پتانسیومتر استفاده شد تا اثر درمانهای مختلف مورد مطالعه، بر روی جذب فلوراید توسط مینا بررسی گردد.

با کاربرد کلرید هیدروژن و اندازه‌گیری با استفاده از الکترودهای حساس یونی و همچنین استفاده از تکنیک کاربرد KOH نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای از فلوراید در سطح مینا پس از ترکیب تابش لیزر و فلورایدتراپی به اثبات رسیده است که با مطالعه حاضر همخوانی دارد.^(۱۰) فلوراید موضعی نتایج مثبتی در پیشگیری از پوسیدگی نشان داده است. بعد از کاربرد فلوراید موضعی با غلظت بالا، کلسیم فلوراید (CaF_2) محصول اصلی رسوب یافته بر سطح مینا و قسمت زیرسطحی ضایعه پوسیدگی مینایی است. محصولات با غلظت پایین فلوراید تمایل به رسوب به صورت فلوروآپاتیت $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ دارند. در حالیکه فلوروآپاتیت به ساختمان کریستالی مینا به طور ثابت باند می‌شود ولی بیشتر کلسیم فلوراید رسوب یافته در سطح مینا در تماس با محلولهای آلكالینی از دست می‌رود. در شرایط دیمینرالیزاسیون و با کاهش pH محیط و با حضور یون فسفات، یون فلوراید آزاد شده از کلسیم فلوراید می‌تواند مجدداً به صورت فلوروآپاتیت در

Apel و همکاران^(۱۵) برای بررسی تغییرات ساختاری در مینای دندانی پس از تابش sub-ablative لیزر Er:YAG، از شدت انرژی $1/cm^2$ و ۸ و ۶ استفاده کردند. در تحقیق ما نیز از فلوانس $8/cm^2$ استفاده گردید که بنظر می‌رسد مانع از ablation و تغییرات مورفولوژیکی مینا می‌گردد. در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت؛ کاهش حلالیت و افزایش جذب فلوراید توسط مینا در گروه G4 به خاطر اثرات sub-ablative لیزر Er:YAG، تغییر در ساختار شیمیایی مینا و تشکیل کریستالهای فلور و آپاتیت باشد.

De Anderade و همکاران^(۱۶) اثر لیزر Er:YAG با انرژیهای ۱۰۰ و ۲۰۰ و ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی ژول در VH در مقاومت مینا نسبت به پوسیدگی بررسی کردند. نتایج آنها حاکی از مقاومت اسیدی بیشتر گروههای تحت تابش نسبت به گروه کنترل بود. در مطالعه حاضر نیز کاربرد لیزر Er:YAG با انرژی ۸۰ میلی ژول در گروه G4 باعث افزایش میزان یون فلوراید نسبت به گروه کنترل مثبت و منفی شد.

این یافته را می‌توان اینگونه تفسیر کرد که لیزر تابیده شده توسط اجزاء خاصی جذب گردیده و انرژی تابشی مستقیماً به گرما تبدیل شده و این موضوع باعث تغییر ساختاری و شیمیایی در مینا می‌گردد. همچنین افزایش مقاومت به اسید مینا را می‌توان بر اساس این واقعیت که مورد توافق تعداد زیادی از محققین است، توضیح داد که بر اثر افزایش دما، گروههای کربنات آزاد می‌شوند. این از دست رفتن گروههای کربنات بعد از افزایش دما به ۱۰۰ درجه سانتیگراد شروع می‌شود.^(۱۰)

در این مطالعه، لیزر بدون استفاده از خنک کننده آب و هوا تابیده شد تا به دمای مطلوب که در بالا توضیح داده شد، برسیم. با این حال مطالعه خاطر نشان کرده است،

Nelsox و Featherstone^(۱۷) تغییرات شیمیایی را مکانیسم اصلی تأثیر تابش لیزر می‌دانند.

اگرچه محققین متعددی اثرات پیشگیری‌کننده از پوسیدگی لیزرها را تایید کرده‌اند، اما اینکه آیا لیزر Er:YAG در وضعیت sub-ablative قادر به کاهش حلالیت مینایی و افزایش جذب فلوراید توسط مینا می‌شود یا خیر؛ نیاز به تعیین شدن دارد.

همچنین مطالعات موجود لیزرهای مختلفی را در ترکیب با انواع فلوراید موضعی، در لابراتوار مورد بررسی قرار داده‌اند، نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که غلظت فلوراید به دنبال استفاده از لیزر افزایش می‌یابد.

در هر حال علیرغم کاربرد رو به ازدیاد لیزر در اعمال دندانپزشکی، اثرات مفید لیزر Er:YAG در فلوریداسیون موضعی و پیشگیری از پوسیدگی کمتر مطالعه شده است. لذا در این مطالعه از لیزر Er:YAG به همراه ژل APF جهت بررسی جذب فلوراید توسط مینا استفاده گردید. در حال حاضر، پروتکل مورد توافق عمومی در زمینه پارامترهای لیزر تابیده شده به مینا جهت پیشگیری از پوسیدگی وجود ندارد. در مطالعه ما از لیزر Er:YAG با مشخصات 80mJ، 10Hz و $8J/cm^2$ و غیرتماسی استفاده شد که از فاصله 3mm بوسیله یک جیگ دست‌ساز، به نمونه‌ها تابیده شد.

با وجود این که لیزرهای Er:YAG عمدتاً جهت برش بافتهای سخت دندان به کار می‌روند، مطالعات محدودی نشان داده‌اند که استفاده از آن در انرژیهای پایین باعث پیشگیری از پوسیدگی می‌گردد. این عمل با جلوگیری از دمینرالیزاسیون مینا بدون ablation بافت دندانی حاصل می‌شود. بازه ablation لیزر Er:YAG توسط محققین، متفاوت بیان گردیده است.^(۵)

بودند و همچنین پروتکل تابش، نوع آزمایش و نوع لیزر مورد استفاده آنها متفاوت بوده است.

به نظر می‌رسد که تغییرات فیزیکی، شیمیایی و کینتیک به وجود آمده پس از تابش لیزر می‌تواند باعث افزایش نفوذ و ماندگاری فلوراید در ساختار مینا گردد. به دلیل تشکیل انرژی گرمایی و ایجاد برخی نواحی ذوب شدگی در سطح مینا، فلوراید به کار رفته در کریستالهای ذوب شده نفوذ پیدا می‌کند و پس از سرد شدن مینا ترکیبات جدیدی را ایجاد می‌نماید. ماندگاری فلوراید در سطح مینا در طولانی مدت به دلیل تغییر قطبیت کریستالها و افزایش ورود فلوراید به داخل ساختار کریستال پس از ازدست رفتن آب و کربنات می‌تواند تأثیر مثبت تابش لیزر بر افزایش کارایی فلوراید تراپی را توضیح دهند.^(۲۱)

در مطالعات، جهت بررسی مقاومت به اسید مینایی که در معرض تابش لیزر و فلوراید موضعی قرار گرفته است، روشها و وسایل مختلفی استفاده شده است. در مطالعه حاضر، از اندازه گیری میزان فلوراید به روش Enamel Biopsy Technique بوسیله دستگاه پتانسیومتر و به کمک الکتروود یون گزین فلوراید استفاده شد.

در این مطالعه محدودیتهایی نیز وجود داشت. دندانهای مورد استفاده در مطالعه از کلینیکهای دندانپزشکی مختلف جمع آوری شد که محتوای فلوراید دندانهای جمع آوری شده می‌تواند متفاوت باشد. همچنین ممکن است انتخاب دندانها بر پایه برخی خصوصیات کلینیکی نظیر محل اقامت، محل تولد، میزان فلوراید آب آشامیدنی محل اقامت و عادات غذایی انجام گردد؛ که در مطالعه حاضر امکان چنین گروه بندی وجود نداشت. بنابراین جهت یکسان سازی نمونه‌ها و حذف لایه سطحی با فلوراید بالای احتمالی؛ مینای سطحی به وسیله دیسکهای پرداخت، تسطیح شد. محدودیت دیگر آن بود که ممکن

استفاده از خنک کننده آب و هوا؛ روی پیشگیری از پوسیدگی تأثیر منفی دارد.^(۱۷)

هنوز روی مکانیسم دقیق افزایش جذب فلوراید ناشی از تابش لیزر توافقی عمومی وجود ندارد. مکانیسمهای مختلفی برای تأثیر تابش لیزر بر مینای دندانی و افزایش مقاومت به اسید مطرح شده است. در یک فرضیه فیوژن و کاهش نفوذپذیری نسبت به نفوذ مواد شیمیایی مطرح شده است.^(۱۸) استفاده از ترکیبات فلوراید دار به همراه تابش لیزر ضمن دستیابی به ساختار مینایی با مقاومت بالاتر در برابر پوسیدگی، تغییرات نامطلوب ناشی از تابش لیزر را کاهش می‌دهد.

Bevilacque و همکارانش^(۱۹) اثر لیزر اربیم را به کمک اسپکتروفتومتری و atomic absorption spectrometry بررسی کردند و نتیجه گرفتند که لیزر Er: YAG باعث کاهش انحلال اسیدی و افزایش جذب فلوراید می‌شود و درمان ترکیبی لیزر با فلوراید در گروههای G5 و G6 بیشتر از دیگر گروهها بود که نشان می‌دهد درمان ترکیبی موثرتر است و اثر قویتری بر افزایش مقاومت به اسید مینا دارد.

Chen و Hnang^(۲۰)، اثر لیزرهای Nd:YAG، Co_2 و ژل APF را روی مقاومت به اسید ضایعه لکه سفید بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که گروه کنترل که هیچ درمانی روی آن انجام نشده بود، غلظت کلسیم بیشتری نسبت به گروههای درمان شده با لیزر Nd:YAG، لیزر Co_2 و ژل APF داشتند. آنها در آنالیز X-Ray Energy Dispersive هیچ شواهدی از ایجاد اجزاء مولکولی جدید در گروههای درمانی مشاهده نمودند. البته آنها برخلاف مطالعه ما که غلظت یون فلوراید را اندازه گیری کردیم، غلظت یون کلسیم را اندازه گیری کرده

را نسبت به زمانی که تنها درمان فلوراید یا تنها تابش لیزر به کار می‌رود، افزایش می‌دهد.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل پایان نامه تحقیقاتی مصوب معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد به شماره ۲۴۱۷ می‌باشد که بدین‌وسیله قدردانی می‌گردد.

است سطح متفاوتی از آلودگی به علت آزادسازی یون فلوراید به داخل محلولها اتفاق افتاده باشد. برای اجتناب از این موضوع، محلولهای remineralization و demineralization هر دو روز یکبار تعویض می‌شدند و نمونه‌ها با آب مقطر دیونیزه، دو بار در روز شستشو و با کاغذ جاذب، خشک می‌شدند.

نتیجه‌گیری

استفاده همزمان از فلوراید و تابش لیزر Er:YAG به‌طور معناداری جذب فلوراید در ضایعات اولیه مینایی

منابع

1. Amaechi BT. Remineralization therapies for initial caries lesions. *Curr Oral Health Rep* 2015; 2(2):95-101.
2. Rajnish K, Rai B. Remineralization potential of three tooth pastes on enamel caries. *Open Access Maced J Med Sci* 2017; 5(5):664-6.
3. Zohoori FV, Duckworth RM, Omid N, O'Hare WT, Maguire A. Fluoridated toothpaste: usage and ingestion of fluoride by 4- to 6-yr-old children in England. *Eur J Oral Sci* 2012; 120(5):415-21.
4. Sharma A, Rao A, Shenoy R, Suprabha BS. Comparative evaluation of nano-hydroxyapatite and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on the remineralization potential of early enamel lesions: an in vitro study. *J Orofacial Sci* 2017; 9(1):28.
5. Chinelatti MA, Rocha CT, Colucci V, Serra MC, Rodrigues-Júnior AL, Corona SA. Effect of Er:Yag laser on dentin demineralization around restorations. *Lasers Med Sci* 2017; 32(2):413-8.
6. Poosti M, Ahrari F, Moosavi H, Najjaran H. The effect of fractional CO2 laser irradiation on remineralization of enamel white spot lesions. *Lasers Med Sci* 2014; 29(4):1349-55.
7. Bajaj M, Poornima P, Praveen S, Nagaveni NB, Roopa KB, Neena IE, et al. Comparison of CPP-ACP, Tri-Calcium phosphate and hydroxyapatite on remineralization of artificial caries like lesions on primary enamel -an in vitro study. *J Clin Pediatr Dent* 2016; 40(5):404-9.
8. Vogel GL, Chow LC, Brown WE. A microanalytical procedure for the determination of calcium, phosphate and fluoride in enamel biopsy samples. *Caries Res* 1983; 17(1):23-31.
9. Haghgoo R, Haghgou HR, Abbasi F, Tavakkoli M. The effect of nano-hydroxyapatite solution on the permanent tooth remineralization following exposure to soft beer (in situ). *J Dental Med* 2015; 27(4):233-40. (Persian)
10. Fornaini C, Riceputi D, Lupi-Pegurier L, Rocca JP. Patient responses to Er:YAG laser when used for conservative dentistry. *Lasers Med Sci* 2012; 27(6):1143-9.
11. Ekambaram M, Itthagaran A, King NM. Comparison of the remineralizing potential of child formula dentifrices. *Int J Paediatr Dent* 2011; 21(2):132-40.

12. Pishahvar LE, Mazaheri RO, Mirzakhani MA, Nazari MH, Ranjbaran FS. comparison study on casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate paste and fluoride gel on remineralization of demineralized enamel lesions. *J Dent Sch* 2015; 33(1):80-7. (Persian)
13. Borggreven J, Van Dijk J, Driessens FC. Effect of laser irradiation on the permeability of bovine dental enamel. *Arch Oral Biol* 1980; 25(11-12):831-2.
14. Featherstone J, Nelson D. Laser effects on dental hard tissues. *Adv Dent Res* 1987; 1(1):21-6.
15. Apel C, Meister J, Schmitt N, Gräber HG, Gutknecht N. Calcium solubility of dental enamel following sub-ablative Er:YAG and Er:YSGG laser irradiation in vitro. *Lasers Surg Med* 2002; 30(5):337-41.
16. de Andrade LE, Pelino JE, Lizarelli RD, Bagnato VS, de Oliveira Jr OB. Caries resistance of lased human enamel with Er:YAG laser—morphological and ratio Ca/P analysis. *Laser Phys Lett* 2007; 4(2):157-62.
17. Apel C, Schäfer C, Gutknecht N. Demineralization of Er:YAG and Er,Cr:YSGG laser-prepared enamel cavities in vitro. *Caries Res* 2003; 37(1):34-7.
18. Rodrigues LK, Nobre dos Santos M, Pereira D, Assaf AV, Pardi V. Carbon dioxide laser in dental caries prevention. *J Dent* 2004; 32(7):531-40.
19. Bevilacqua FM, Zezell DM, Magnani R, da Ana PA, Eduardo Cde P. Fluoride uptake and acid resistance of enamel irradiated with Er:YAG laser. *Lasers Med Sci* 2008; 23(2):141-7.
20. Chen CC, Huang ST. The effects of lasers and fluoride on the acid resistance of decalcified human enamel. *Photomed Laser Surg* 2009; 27(3):447-52.
21. Villalba-Moreno J, González-Rodríguez A, de Dios López-González J, Bolaños-Carmona MV, Pedraza-Muriel V. Increased fluoride uptake in human dental specimens treated with diode laser. *Lasers Med Sci* 2007; 22(3):137-42.