مروری بر اثر کاربرد ترکیبی تابش لیزر و استفاده از فلوراید در پیشگیری از پوسیدگی

دکتر سارا قدیمی[۱]- دکتر محمد رضا خامی[۲]- دکتر سمانه رازقی[۳†]

۱- استادیار گروه آموزشی دندانپزشکی کودکان، عضو مرکز تحقیقات لیزر در دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه آموزشی سلامت دهان و دندانپزشکی اجتماعی، عضو مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۳- استادیار گروه آموزشی سلامت دهان و دندانپزشکی اجتماعی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

Combined effect of laser irradiation and fluoride application in dental caries prevention

Sara Ghadimi[1], Mohammad Reza Khami[2], Samaneh Razeghi[3]

1†- Assistant Professor, Department of Pediatric Dentistry, Laser Research Center of Dentistry, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Department of Community Oral Health, Dental Research Center, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Department of Community Oral Health, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (s-razeghi@tums.ac.ir)

Background and Aims: Despite significant decline in dental caries in recent decades, the disease remains a public health problem especially in developing countries. In recent years combined application of laser and fluoride has been introduced as a new caries-preventive measure. The purpose of the present study was to review the literature on the preventive effect of combined application of laser and fluoride on the dental caries.

Materials and Methods: PubMed, Google Scholar and EMBASE databases were searched for articles published from 1990 to November 30, 2013. Various combinations of the following keywords were used: Dental caries, Laser, Fluoride, Fluoride therapy, Prevention and Enamel. The inclusion criteria included all levels of available evidence. Articles published only in english language were evaluated, and unpublished data were not sought.

Results: Several studies evaluating the effect of laser alone or combined with topical fluoride to prevent dental enamel demineralization were found. Studies assessing the combined effect were more frequently done on permanent teeth and just a few studies were done on primary teeth. In total, most of the studies confirmed that combined application of laser and topical fluoride has a remarkable effect in prevention of enamel demineralization compared to application of each of them alone.

Conclusion: Laser irradiation combined with topical fluoride application seems to provide the best prevention effect on the dental caries initiation and progression in enamel of permanent teeth. However, more experimental and clinical studies are necessary to be done on the primary teeth in this area.

Key Words: Dental caries, Laser, Fluoride, Prevention, Enamel

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2015;28(1):76-85

† مولف مسوول: نشانی: تهران- انتهای کارگر شمالی بعد از انرژی اتمی- دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران- گروه آموزشی سلامت دهان و دندانپزشکی اجتماعی
تلفن: ۸۸۰۱۵۹۵۰ نشانی الکترونیک: s-razeghi@tums.ac.ir

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-06-14]

چکیده

مقدمه: علی‌رغم کاهش چشمگیر پوسیدگی در دهه‌های گذشته، هنوز هم این بیماری یک مشکل سلامت عمومی به خصوص در کشورهای در حال توسعه است. در سال‌های اخیر، کاربرد ترکیبی لیزر و فلوراید به عنوان روشی نوین در پیشگیری از پوسیدگی معرفی شده است. هدف از مطالعه حاضر، مروری بر اثر کاربرد ترکیبی انواع لیزر همراه با فلوراید در پیشگیری از پوسیدگی دندانی بود.

روش بررسی: برای انجام این مطالعه، مقالات چاپ شده در بانک‌های اطلاعاتی PubMed، Google Scholar و EMBASE از سال ۱۹۹۰ تا ۳۰ نوامبر ۲۰۱۳ مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی از ترکیب‌های گوناگون استفاده شد. معیار ورود به مطالعه کلیه سطوح شواهد موجود بود. مقالاتی که تنها به زبان انگلیسی بودند مورد بررسی قرار گرفتند و اطلاعات منتشر نشده بررسی نشدند.

یافته‌ها: مقالات متعددی با هدف بررسی اثر لیزر به تنهایی و یا در ترکیب با فلوراید موضعی در پیشگیری از دمینرالیزاسیون مینای دندان یافت شد. اکثر این مطالعات این اثر ترکیبی را بر روی دندان‌های دایمی بررسی کرده بودند و مطالعات در زمینه دندان‌های شیری بسیار اندک بود. در مجموع بیشتر مطالعات تأکید کرده بودند که اثر ترکیبی لیزر با فلوراید موضعی تأثیری به مراتب بیشتر از لیزر یا فلوراید تراپی موضعی هر یک به تنهایی در پیشگیری از دمینرالیزاسیون مینا دارد.

نتیجه‌گیری: تابش لیزر در ترکیب با فلوراید موضعی روی سطوح مینایی دندان‌های دایمی بهترین حفاظت در برابر شروع و پیشرفت پوسیدگی فراهم می‌آورد. اما مطالعات بیشتر آزمایشگاهی و کلینیکی بر روی دندان‌های شیری در این زمینه لازم است.

کلید واژه‌ها: پوسیدگی دندان، لیزر، فلوراید، پیشگیری، مینا

وصول:۹۳/۰۲/۰۱ اصلاح نهایی:۹۳/۱۲/۱۰ تأیید چاپ:۹۳/۱۲/۱۲

مقدمه

در طی چند دهه گذشته کاهش چشمگیری در پوسیدگی دندان هم در کشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای در حال توسعه مشاهده شده است (۱،۲). بر اساس گزارش WHO حدود ۷۰ درصد از کشورهای جهان به هدف WHO در زمینه سلامت دهان که رسیدن به DMFT معادل ۳ در کودکان ۱۲ ساله بوده است، دست یافته‌اند (۳). با این حال پوسیدگی دندان هنوز هم یک مشکل سلامت عمومی خصوصا در کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود (۲،۳). اهمیت این مشکل زمانی بیشتر می‌شود که بدانیم بعضی از افراد ریسک بالاتری برای ابتلا به این بیماری دارند (۱،۳). به طوری که مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که درصد اندکی از کودکان درصد بالایی از پوسیدگی را به خود اختصاص داده‌اند (۱). در چنین مواردی استفاده از روش‌های جدید و مقرون به صرفه پیشگیری از پوسیدگی برای کنترل کامل بیماری بسیار اهمیت می‌یابد (۱،۲).

تأثیر فلوراید در پیشگیری از پوسیدگی و نقش مهم آن در افزایش رمینرالیزاسیون و مهار دمینرالیزاسیون و نیز تأثیر آن در ایجاد اختلال در متابولیسم و تولید اسید توسط باکتری‌های پوسیدگی‌زا به خوبی اثبات شده است (۲،۴). کاربرد فلوراید موضعی در اشکال مختلف مانند ژل، فوم، وارنیش و محلول، منجر به رسوب کریستال‌های سطحی کلسیم فلوراید (CaF_2) در سطح مینا می‌شود که منبعی برای آزادسازی فلوراید در روند دمینرالیزاسیون است. درعین حال مقادیر اندکی فلوراید در مینا به شکل فلوروآپاتیت وجود دارد. فلوروآپاتیت در مقایسه با کلسیم فلوراید تشکیل شده، حلالیت پایین‌تری دارد و مقاومت طولانی‌تری در برابر روند پوسیدگی فراهم می‌کند. به همین دلیل کاربردهای متنوع فلوراید موضعی برای دستیابی به حداکثر اثر ضدپوسیدگی آن ضروری است (۵). همچنین کاربرد فلوراید همراه با روشی که بتواند جذب آن را افزایش دهد، روشی تضمین کننده در جهت پیشگیری از پوسیدگی خواهد بود (۲).

از سویی دیگر، از زمانی که لیزر یاقوتی توسط Maiman در سال ۱۹۶۰ اختراع شد، لیزرهای مختلفی برای استفاده در دندانپزشکی به عنوان روشی جایگزین برای تغییر سطح دندان و افزایش مقاومت آن به اسید مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (۱،۴). در سال ۱۹۶۴ Stern و Sognnaes برای اولین بار نشان دادند که استفاده از لیزر یاقوتی مقاومت مینا در برابر حملات اسیدی را افزایش می‌دهد (۱،۳،۶). این دو نفر در سال ۱۹۶۶ از لیزر Nd:YAG روی نمونه‌های مینایی استفاده کردند و نشان دادند که این نمونه‌ها در مقابل دمینرالیزاسیون اسیدی مقاوم شده‌اند (۳). از آن زمان تاکنون مطالعات بسیاری در رابطه با کاربرد انواع مختلف لیزر مثل لیزرهای با جذب بالا در مینا

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-06-14]

(Er, Cr:YSGG, Er:YAG, CO_2) و نیز لیزرهای با جذب کم (آرگون و Nd:YAG) در زمینه دندانپزشکی پیشگیری انجام شده است که نتایج این مطالعات نشان داده است که هر دو گروه این لیزرها در این زمینه موفق بوده‌اند (۵). در حال حاضر تابش لیزر به تنهایی یا به عنوان مکمل درمان‌های کنونی پیشگیری از پوسیدگی، هم در مینای سالم و هم در پوسیدگی‌های اولیه (Incipient caries) مطرح است (۲،۵،۷). ثابت شده است که ترکیب انواع مختلف لیزر با فلوریداسیون موضعی دندان، موثرتر از روش‌های سنتی فلوریداسیون است و مقاومت مینا به پوسیدگی را افزایش داده و حلالیت آن به اسید را کاهش می‌دهد. نکته مهم این که استفاده از لیزر سبب شرکت فلوراید در ساختار مینا هم در سطح مینا به شکل کلسیم فلوراید و هم در داخل ساختار کریستالی آن به شکل فلوروآپاتیت می‌شود (۸). ترکیب لیزر- فلوراید در مقایسه با کاربرد جداگانه هر یک از دو روش در کاهش آغاز پوسیدگی و ایجاد تاخیر در پیشرفت پوسیدگی موثرتر است (۸). هدف از این مقاله مروری، بررسی اثر کاربرد ترکیبی انواع لیزر همراه با فلوراید در پیشگیری از پوسیدگی دندانی بود.

روش بررسی

برای انجام این مطالعه، مقالات چاپ شده در بانک‌های اطلاعاتی PubMed، Google Scholar، و EMBASE از سال ۱۹۹۰ تا ۳۰ نوامبر ۲۰۱۳ مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی از ترکیب‌های گوناگون استفاده شد. معیار ورود به مطالعه کلیه سطوح شواهد موجود بود. مقالاتی که تنها به زبان انگلیسی بودند مورد بررسی قرار گرفتند و مطالعات منتشر نشده بررسی نشدند.

مکانیسم اثر لیزر در افزایش مقاومت به اسید مینا

تئوری‌های مختلفی مکانیسم افزایش مقاومت مینا در برابر اسید را در اثر تابش لیزر به تنهایی توضیح می‌دهند:

۱- کاهش نفوذپذیری مینا ناشی از ذوب شدن مینا و کریستاله شدن مجدد آن

۲- کاهش حلالیت مینا ناشی از تشکیل موادی که حلالیت کمتری دارند مثل تتراکلسیم دی فسفات مونوکساید

۳- کاهش حلالیت مینا ناشی از تغییرات ساختار ذره بینی آن مثل کاهش محتوای آب و کربنات، افزایش محتوای یون هیدروکسیل، تشکیل پیروفسفات، و تجزیه پروتئین‌ها

۴- کاهش pH بحرانی (pH حل شدن مینا که حدود ۴/۳ تا ۵/۵ است) (۲،۵،۶،۹،۱۰).

در کاربرد لیزر در سطح دندان، دوزهای پایین‌تر از ۶۰ mJ سبب کنده شدن (Ablation) بافت نمی‌شوند و در عین حال مقاومت به اسید مینای دندان را افزایش می‌دهند (۷). انرژی لیزر به گرما تبدیل می‌شود و افزایش دمای ایجاد شده در مینا سبب تغییرات مورفولوژیک و ساختاری خواهد شد (۱۱،۱۲). شدت این تغییرات تحت تأثیر پارامترهایی مثل طول موج، انرژی، مدت زمان اکسپوژر و نحوه (Mode) تابش قرار دارد (۱۱). نور باید به روش مناسب به گرما تبدیل شود، بدون این که آسیب گرمایی به بافت مجاور یا بافت هدف برساند. به همین دلیل سیستم‌های لیزری با طول موج کوتاه و منقطع (Short pulse length) در این زمینه ارجحیت دارند. برای تغییر در ترکیب یا حلالیت مینا با هدف پیشگیری از پوسیدگی، لیزر باید به شدت جذب شود. هر چقدر بافت هدف، تابش را بیشتر جذب کند، عمق نفوذ آن کمتر خواهد بود (۷).

عقاید مختلفی در مورد مکانیسم‌های احتمالی کاربرد لیزر همراه با فلورایدتراپی در کاهش دمینرالیزاسیون وجود دارد:

در برخی مطالعات بیان شده که کاربرد فلوراید قبل و بعد از تابش لیزر منجر به افزایش دریافت فلوراید و کاهش میزان حلالیت در محلول اسیدی می‌شود. در واقع تابش لیزر منجر به چسبندگی بیشتر فلوراید به لایه‌های زیرین مینا و عاج شده که از طریق افزایش نفوذ فلوراید به فضاهای ریز در مینا و عاج صورت می‌گیرد. همچنین حرارت لیزر می‌تواند ترک‌های ریز و فضاهای کوچکی ایجاد کند که باعث تسهیل نفوذ فلوراید می‌شود (۱۵-۱۳). تغییرات فیزیکی-شیمیایی که در هنگام کاربرد ترکیبی لیزر و فلوراید گزارش شده است، شامل رسوب کلسیم فلوراید، ایجاد فضاهای کوچک (Microspaces) در بافت‌های سخت دندان، تشکیل تری کلسیم فسفات و تبدیل هیدروکسی آپاتیت به فلوروهیدروکسی آپاتیت است (۶).

اگرچه به نظر می‌رسد کاربرد لیزر در ترکیب با فلوراید مزایای بیشتری نسبت به کاربرد فلوراید به تنهایی دارد، بعضی از اثرات نامطلوب مثل ترک‌های سطحی و نواحی ذوب پس از درمان لیزر در

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-06-14]

سطوح مینایی، مشاهده شده است. در مطالعاتی که تابش لیزر همزمان با کاربرد فلوراید در سطح دندان بوده است، ترک‌های کمتری در سطح مینا مشاهده شده است که احتمالاً به اثر خنک کنندگی خود ژل فلوراید و توانایی جذب حرارت آن مربوط است (۹). به این ترتیب کاربرد لیزر همراه با فلورایدتراپی می‌تواند نقشی عمده در محافظت ساختار دندان در مقابل حملات پوسیدگی داشته باشد (۶،۱۶).

کاربرد انواع مختلف لیزر در پیشگیری از پوسیدگی به همراه فلورایدتراپی

انواع لیزر با طول موج‌های مختلف می‌توانند اثرات گوناگونی بر ساختار دندان داشته باشند. این تأثیرات می‌تواند بر جذب فلوراید در مینای دندان اثر بگذارد. تغییرات سطح مینا ناشی از تابش لیزر می‌تواند جذب و نگهداری فلوراید را افزایش یا کاهش دهد (۳).

۱- لیزر CO_2: این لیزر در سال ۱۹۶۴ توسط Patel و همکاران ساخته شد و به نظر می‌رسد که مناسب‌ترین لیزر با هدف پیشگیری در دندانپزشکی باشد (۱،۴). به دلیل وجود گروه‌های فسفات، کربنات و هیدروکسیل در ساختار کریستالی دندان، باند جذبی ساختارهای دندانی (مینا، عاج و سمنتوم) در محدوده مادون قرمز قرار می‌گیرد که به محدوده تابش لیزر CO_2 بسیار نزدیک است و بنابراین بافت‌های سخت دندان، تابش لیزر CO_2 را به خوبی جذب می‌کنند. طی تابش لیزر تغییرات شیمیایی ایجاد شده در ساختار مینایی سبب افزایش مقاومت آن نسبت به اسید می‌شود (۴).

مطالعات مختلفی که اثر ترکیبی لیزر CO_2 با فلوراید موضعی را در پیشگیری از پوسیدگی بررسی کرده‌اند، نشان داده‌اند که ترکیب تابش لیزر و کاربرد فلوراید موضعی، دمینرالیزاسیون مینایی را بیش از درمان با فلوراید یا درمان با لیزر به تنهایی کاهش می‌دهد (۲۰-۱۷،۱). در این مطالعات اثر پیشگیری از پوسیدگی لیزر در ترکیب با فلوراید از ۷۶ تا ۹۸٪ متغیر بوده است (۱). در توجیه این رخداد، تغییرات فیزیکی-شیمیایی متعددی پیشنهاد شده است. از آن جمله می‌توان به رسوب کلسیم فلوراید، شکل‌گیری سوراخ‌های بسیار ریز در بافت سخت دندان، تشکیل تری کلسیم فسفات و تغییر فاز هیدروکسی آپاتیت به فلوروآپاتیت (شکل پایدارتر مولکولی) اشاره کرد. در نهایت تمامی این تغییرات سبب افزایش جذب فلوراید توسط مینا و افزایش مقاومت آن در برابر حملات اسیدی می‌شود (۲،۴،۶،۹). هرچند لیزر CO_2 می‌تواند تغییرات نامطلوبی را در سطح مینا مانند نقاط ذوب، خطوط شکست و نواحی تخریبی به دنبال داشته باشد و یا حتی در توان‌های بالاتر، آسیب حرارتی به عاج یا پالپ را سبب شود (۲۱).

برخی محققین دیگر معتقدند که درمان حرارتی با لیزر، هیدروکسی آپاتیت کربناته در مینای دندان را به یک ماده معدنی با حلالیت کمتر تبدیل می‌کند و همین رخداد سبب مقاومت مینا در برابر پوسیدگی می‌شود. در مطالعه Hsu و همکاران (۲۲)، اثرات ترکیبی لیزر CO_2 و محلول یون فلوراید روی مینای دمینرالیزه بررسی شد. نتایج نشان داد که مینایی که تحت تأثیر تابش لیزر بوده است با افزایش دانسیته انرژی، مقاومت به اسید بیشتری از خود نشان می‌دهد. تا جایی که در بالاترین دانسیته انرژی (۱۷۰ J/cm^2) هیچ گونه تشکیل ضایعه در مدیوم بدون فلوراید مشاهده نشد. در مدیوم حاوی فلوراید، در صورت عدم تابش لیزر تشکیل ضایعه پوسیدگی متوسط و در صورت تابش لیزر با دانسیته انرژی ۸۵ J/cm^2 (۵۰ درصد بالاترین دانسیته انرژی در مدیوم بدون فلوراید) حفاظت کامل مینا در مقابل تشکیل ضایعه مشاهده شد.

به طور خلاصه می‌توان گفت تابش لیزر CO_2 به مینای دندان با طول موج و دانسیته انرژی خاص، کریستال‌های هیدروکسی آپاتیت را تغییر می‌دهد و آن را در مقابل اسید مقاوم می‌کند (۳،۹،۱۲). از سوی دیگر زمانی که لیزر CO_2 با فلوراید ترکیب شود، دانسیته انرژی لیزر و سطح فلوراید کاهش می‌یابد. بنابراین تابش لیزر CO_2 همراه با کاربرد موضعی فلوراید در مهار پوسیدگی بیش از لیزر یا فلوراید هر کدام به تنهایی موثر است (۱،۳،۹).

۲- لیزر Er:YAG: این لیزر در سال ۱۹۹۷ نخستین لیزری بود که توسط FDA برای کار روی بافت سخت دندان مجوز گرفت (۵). این لیزر به شدت توسط آب جذب می‌شود، اما جذب آن در هیدروکسی آپاتیت اندک است، از این رو با جذب انرژی لیزر به وسیله ذرات آب موجود در مینا، انبساط آب و در نتیجه پراندن بافت سخت رخ داده و به این ترتیب امکان برداشت مینا از طریق فرآیند Ablation فراهم می‌شود (۵). برای استفاده از این لیزر در پیشگیری از پوسیدگی، بسیار مهم است که شرایط Sub-ablative رعایت شود تا تغییرات شیمیایی بدون آسیب مورفولوژیک در سطح مینا ایجاد شود. ضمن اینکه انرژی

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-06-14]

لیزر نباید سبب آسیب حرارتی به پالپ و بافت‌های پریودنتال شود. مطالعات نشان داده‌اند که لیزر Er:YAG بدون خنک کننده، در پیشگیری از پوسیدگی موثرتر از لیزر همراه با خنک کننده است. تحت شرایط مناسب حتی بدون وجود خنک کننده، ترک، کربنیزاسیون و یا ذوب سطح مینا نیز وجود نخواهد داشت (۵).

ترکیب تابش لیزر Er:YAG و کاربرد فلوراید موضعی اثری مفید در مقاومت مینا به اسید و افزایش محتوای فلوراید آن دارد. اگرچه این اثرات وابسته به فلوئنس (Fluence) استفاده شده در سطح مینا است به طوری که هرچه فلوئنس بالاتری در سطح استفاده شود، مقاومت به اسید بیشتر خواهد بود (۵).

نتایج مطالعه Liu و همکاران (۲۳) در زمینه اثر ترکیبی این لیزر با فلوراید بر دمینرالیزاسیون مینایی نشان داده شده که درمان با لیزر اثری قابل قیاس با اثر فلوراید در کاهش میزان دمینرالیزاسیون است. محققین عنوان کرده‌اند که استفاده از لیزر Er:YAG با انرژی Subablative به دنبال درمان فلوراید، می‌تواند تبدیل آنی هیدروکسی آپاتیت مینا به هیدروکسی آپاتیت فلوریده را به دنبال داشته باشد که سبب کاهش حلالیت مینا و پیشگیری از دمینرالیزاسیون آن می‌شود. در مطالعه Delbem و همکاران (۲۴) درمان ترکیبی لیزر و فلوراید کمترین میزان کاهش میکروهاردنس را در پی چرخه pH به دنبال داشت و میزان میکروهاردنس در درمان لیزر و درمان فلوراید هر یک به تنهایی مشابه یکدیگر بود. در مطالعه دیگر نیز افزایش مقاومت مینا در برابر دمینرالیزاسیون به دنبال کاربرد Er:YAG با فلوراید بیشتر از کاربرد تنهای فلوراید و یا لیزر گزارش شد (۲۵). با این حال مطالعات مشابه دیگری در این زمینه نشان داد که اگرچه درمان ترکیبی این لیزر با فلوراید حلالیت مینا را کاهش می‌دهد، اما تفاوت معنی داری نسبت به درمان با فلوراید یا لیزر هر یک به تنهایی ندارد (۲۶،۲۷).

۳- لیزر Er,Cr:YSGG: این لیزر که ابزاری نسبتا جدید در دندانپزشکی است، بافت‌های سخت دندان را با حداقل آسیب به پالپ و بافت‌های اطراف Ablate می‌کند. به دلیل این که این لیزر جذب بالایی در آب دارد و نیز به شدت توسط رادیکال‌های هیدروکسیل موجود در ساختار هیدروکسی آپاتیت جذب می‌شود، در کندن مینا مؤثر است. برای درمان پیشگیرانه پوسیدگی توصیه می‌شود که کاربرد لیزر نه با هدف کندن سطح بلکه برای تغییر شکل یا ترکیب شیمیایی مینا باشد. به این منظور دانسیته انرژی Sub-ablative بدون خنک کننده آب پیشنهاد شده است (۱۰،۲۸،۲۹).

در مطالعه de Freitas و همکاران (۲۹) که به صورت in Vitro انجام شد، نشان داده شد که تابش مینا با لیزر Er,Cr:YSGG با فلوئنس $8/5\ J/cm^2$ برای ایجاد افزایش دما تا حدی که برای تغییر ساختار شیمیایی کافی باشد و آن را به ساختاری با حلالیت کمتر تبدیل کند، لازم است. در این دانسیته انرژی، افزایش مقاومت به اسید در مینا قابل مقایسه با اثر فلوراید موجود در خمیر دندان است و تا ۶۴٪ از وقوع پوسیدگی پیشگیری می‌کند. فلوئنس‌های بالاتر می‌تواند منجر به کنده شدن مینا و نیز از دست دادن بیشتر مواد معدنی در زمان مواجهه با اسید شود. از طرف دیگر، دانسیته‌های پایین‌تر انرژی نمی‌تواند درجه حرارت را تا ۳۰۰ تا ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد افزایش دهد و درنتیجه ترکیبات با حلالیت کمتر تشکیل نخواهند شد. هرچند بعضی محققین معتقدند که حتی در فلوئنسهای پایین‌تر نیز تغییرات مورفولوژیک و شیمیایی که سبب افزایش مقاومت به اسید در مینا می‌شود، رخ می‌دهد. این تفاوت در یافته‌ها می‌تواند به تفاوت در پارامترهای لیزر مثل طول پالس و مدت زمان تابش مربوط باشد (۲۹).

در رابطه با اثر ترکیبی این لیزر به همراه فلوراید در پیشگیری از دمینرالیزاسیون مینا، نتایج مطالعه Moslemi و همکاران (۱۰) نشان داد که درمان ترکیبی این لیزر با ژل فلوراید، دمینرالیزاسیون مینا را بیش از درمان با فلوراید یا لیزر هر یک به تنهایی کاهش می‌دهد. نتیجه مطالعه دیگری در همین زمینه موید این مطلب بود که کاربرد ترکیبی لیزر و فلوراید و نیز کاربرد فلوراید به تنهایی تقریباً به یک میزان، حلالیت مینا را کاهش می‌دهند. بنابراین پیشنهاد شده است که کاربرد ترکیبی لیزر و فلوراید، مقدار فلوراید مورد نیاز جهت فلورایدتراپی را کاهش می‌دهد و بنابراین بیمار می‌تواند از این درمان ترکیبی به جای استفاده روزانه از فلوراید سود ببرد (۳۰). اگرچه مطالعات دیگری نشان داده‌اند که با این که تابش لیزر Er,Cr:YSGG به تنهایی یا به همراه فلوراید حلالیت مینا را کاهش می‌دهد، اما روش ترکیبی برتری خاصی را نشان نمی‌دهد (۲۸،۳۱).

۴- لیزر Nd:YAG: اثر لیزر Nd:YAG در ساختار مینا و توانایی آن در کاهش دمینرالیزاسیون اسیدی موضوعی بحث برانگیز است. برخی محققین نشان داده‌اند که مقاومت مینایی که تحت تابش این

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-06-14]

لیزر قرار بگیرد در برابر تشکیل پوسیدگی مصنوعی افزایش می‌یابد، با این حال گروهی دیگر مخالف این عقیده هستند (۷). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که کاربرد ترکیبی لیزر Nd:YAG و فلوراید موضعی دمینرالیزاسیون اسیدی مینای دندان‌های شیری و دایمی را کاهش می‌دهد (۷،۱۷،۳۱،۳۲).

لیزرهای در محدوده نزدیک به طیف مادون قرمز مثل لیزر Nd:YAG جذب ضعیفی توسط مینا و بافت سخت دندان دارند. به همین دلیل قبل از تابش لیزر Nd:YAG از دای‌های مختلف با رنگ سیاه به عنوان جاذب فوتون (Photoabsorber) در سطح مینا استفاده می‌شود (۷). اثر این لیزر در ترکیب با فلوراید با تغییر حرارت، هم سبب تغییر ساختار مینا و تبدیل هیدروکسی آپاتیت به فلوروآپاتیت می‌شود و هم موجب افزایش عمق نفوذ فلوراید در مینا می‌گردد (۱۲).

۵- لیزرهای دیود: یکی از روش‌های نسبتا ساده و غیر تهاجمی پیشگیری از پوسیدگی، درمان مینای دندان‌های دایمی با تابش لیزر کم توان با یا بدون ترکیب با درمان فلوراید موضعی است که سبب کاهش حلالیت مینا می‌شود (۳۳). در کاربرد لیزرهای دیودی با طول موج ۹۶۰-۸۰۹ نانومتر، تنها درصد اندکی از این طول موج توسط هیدروکسی آپاتیت جذب شده و باقیمانده آن عبور می‌کند و یا منعکس می‌شود که به شکل ایجاد حرارت در سطح مینا یا ساختارهای مجاور خود را نشان می‌دهد (۲۱). همانند لیزر CO_2 این رخداد سبب افزایش دمای مینا و درنهایت ایجاد تغییرات ساختاری و فوق ساختاری شده و حلالیت اسیدی مینا را کاهش می‌دهد. این تغییرات شامل تجزیه ماتریکس ارگانیک، از دست دادن آب و کربنات و تشکیل فازهایی از هیدروکسی آپاتیت می‌شود که نامحلول در اسید هستند مانند کلسیم پیروفسفات و یا کلسیم متافسفات. بنابراین به نظر می‌رسد لیزرهایی که ضریب جذب پایین‌تری در هیدروکسی آپاتیت دارند، با عملکرد گرمایی شان، نفوذ فلوراید در مینا را تحریک می‌کنند (۸).

برخی مطالعات موجود نشان می‌دهند که لیزرهای دیودی با یا بدون ترکیب با فلوراید موضعی می‌توانند مقاومت دندان به پوسیدگی را افزایش دهند (۳۵-۵،۳۳). اما Kato و همکاران (۳۶)، تأثیر لیزر Diode (960nm) و فلوراید را بر میزان حلالیت کلسیم مینای دندان انسان، بررسی نمودند. این مطالعه نشان داد که لیزر باعث افزایش حلالیت کلسیم شده و کمترین میزان حلالیت مربوط به گروه فلوراید به تنهایی بود و اضافه شدن لیزر افزایش یا کاهش چشمگیری در نتیجه ایجاد نکرد.

هرچند لیزرهای دیودی به منظور پیشگیری از پوسیدگی طراحی نشده‌اند، اما مزایایی مثل هزینه پایین، سایز کوچک و کاربرد آسان آن‌ها در کارهای روتین دندانپزشکی، استفاده از آن‌ها در محیطی کوچک همچون دهان را عملی تر و راحت تر کرده است (۸،۲۱).

۶- لیزر Argon: توافق کلی بر این است که کاربرد لیزر آرگون با دانسیته پایین انرژی در دندانپزشکی، برای حیات دندان خطری را در پی ندارد. استفاده از این لیزر با دانسیته پایین انرژی در دندانپزشکی در مواردی همچون کیور کامپوزیت، سفید کردن دندان و پیشگیری از پوسیدگی بوده است (۳۷). مطالعاتی که در زمینه بررسی اثرات تابش لیزر آرگون بر دکلسیفیکاسیون‌های مینایی انجام شده است، کاهش معنی دار میزان دمینرالیزاسیون را در دندان‌های تحت تابش لیزر نشان داده‌اند (۳). همچنین پتانسیل خوب استفاده از لیزر آرگون روی دکلسیفیکاسیون مینا به صورت in vivo در طی درمان ارتودنسی نشان داده شده است (۳۸). در بررسی اثر این لیزر در عاج ریشه، نشان داده شده که این لیزر می‌تواند مانع شروع و پیشرفت ضایعات عاجی شود (۳۹).

کاربرد ترکیبی فلوراید و لیزر آرگون به عنوان روش کلینیکی جایگزین برای فلوریداسیون فوری مینا، ایجاد ذخیره‌ای از فلوراید که مدت طولانی‌تری آزاد می‌شود، و در مجموع بطور بالقوه برای پیشگیری از پوسیدگی، پیشنهاد شده است (۴۰). در مطالعه Nammour و همکاران (۳۷) که بصورت in vivo انجام شد، نتایج مطالعه نشان داد که استفاده از لیزر آرگون با دانسیته انرژی پایین (۱۰/۷۴ J/cm^2) به طور معنی‌داری میزان فلوراید در مینای تحت تابش لیزر را افزایش می‌دهد. مقدار این فلوراید در مینای تحت تابش لیزر سه برابر بیشتر از مینای بدون تابش لیزر بود. این محققین در فالوآپ شش ماهه به این نتیجه رسیدند که استفاده از این دانسیته انرژی لیزر آرگون، افزایش میزان فلوراید در مینای تحت تابش را به میزان ۴۰۰ برابر بیشتر از مینای بدون تابش در پی داشته است و بنابراین استفاده از لیزر آرگون به عنوان روشی جایگزین برای افزایش محتوای فلوراید سطح مینا پیشنهاد شده است (۴۰). در مطالعه Westerman و همکاران (۳۵) در رابطه با کاربرد لیزر آرگون بر سطح مینا، در مواجهه

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-06-14]

با محلول اسیدی، عمق پوسیدگی در نمونه‌های تحت تابش لیزر و نیز نمونه‌های تحت درمان با فلوراید بطور معنی داری کمتر از گروه کنترل (بدون درمان) بود.

کاربرد کلینیکی لیزر آرگون به دلیل قطر بزرگ و مرئی بودن آن آسان تر است؛ در مقایسه با لیزر CO_2 که شکل کار به صورت یک الگوی Overlap در سطح دندان است و از این رو کاربرد آن وقت گیر است، لیزر آرگون به دلیل شکل Beam امکان تابش کل سطح دندان را فراهم می‌آورد (۳). علاوه بر این لیزر آرگون در مقایسه با لیزر CO_2 برای دستیابی به نتایج یکسان نیاز به توان پایین‌تر و فلوئنس کمتری دارد (۶).

تأثیر لیزر به همراه فلوراید بر مینای دندان‌های شیری

در رابطه با دندان‌های شیری هنوز نظر جامعی بر روی پارامترها نظیر دانسیته انرژی، طول پالس و مد (Mode) استفاده از لیزر وجود ندارد. به دلیل اینکه مطالعات مختلف از طول موج‌ها، پارامترها و متدولوژی‌های مختلف استفاده کرده‌اند، یافته‌ها تا حدی ضد و نقیض هستند. همچنین تنها مطالعات اندکی اثر لیزر را در ترکیب یا بدون ترکیب با فلوراید موضعی روی مینای دندان شیری بررسی کرده‌اند. ضمن این که در بررسی متون هیچ مطالعه‌ای که به ارزیابی اثر ترکیبی لیزرهای خانواده اربیوم و فلوراید روی دندان‌های شیری بپردازد، یافت نشد.

۱- ترکیب لیزر CO_2 به همراه کاربرد فلوراید موضعی: در مطالعه‌ای که به منظور بررسی اثر لیزر CO_2 به همراه فلوراید بر مینای دندان‌های شیری انجام شد، تفاوت آماری معنی‌داری بین گروه لیزر به تنهایی و گروه‌های لیزر به همراه فلورایدتراپی در پیشرفت ضایعات گزارش نشد. ولی تمامی این گروه‌ها نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (۴۱).

۲- ترکیب لیزر Nd:YAG به همراه کاربرد فلوراید موضعی: نتایج مطالعات در این زمینه بر روی مینای دندان شیری ضد و نقیض است. مطالعه Azevedo و همکاران (۷) در زمینه تابش لیزر Nd:YAG و ترکیب آن با درمان فلوراید روی مینای دندان‌های شیری نشان داد که سطح مینا با این روش سخت شده و در مقابل حملات اسیدی مقاوم می‌شود و همچنین سبب کاهش از دست رفتن مواد معدنی مینا در مقایسه با گروه بدون تابش لیزر می‌شود. اما مجموعا این لیزر در ترکیب یا بدون ترکیب با فلوراید، تأثیر بیشتری از فلوراید به تنهایی در پیشگیری از دمینرالیزاسیون ندارد (۷). در حالی که در مطالعه دیگر نشان داده شد که تابش لیزر Nd:YAG قبل و بعد از فلوراید تراپی روی مینای دندان شیری موجب افزایش سختی مینا و مقاومت در برابر پوسیدگی می‌شود (۴۲).

۲- ترکیب لیزر دیود به همراه کاربرد فلوراید موضعی: با توجه به عدم وجود مطالعات کافی در دندان‌های شیری، اظهار نظر قطعی در این زمینه ممکن نیست. Santaella و همکاران (۴۳)، اثر لیزر دیود ۸۰۹nm و فلوراید را در پیشگیری از پوسیدگی در دندان‌های شیری بررسی و مقایسه نمودند. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده افزایش بیشتر مقاومت مینای دندان شیری در گروه درمان ترکیبی لیزر و فلوراید، و نیز گروه فلوراید به تنهایی بود. در هر دوی این گروه‌ها میزان افزایش سختی مینا در مقایسه با گروه لیزر به تنهایی و گروه بدون درمان، به طور معنی‌داری بیشتر بود (۴۳).

۳- ترکیب لیزر Argon به همراه کاربرد فلوراید موضعی: در مینای دندان‌های شیری کاربرد ترکیبی این روش، نشانگر برتری آن نسبت به استفاده تنها از لیزر آرگون و یا فلوراید به تنهایی است (۴۴). در مطالعه‌ای دیگر تابش لیزر آرگون پیش از استفاده از محلول رمینرالیزه کننده حاوی فلوراید بر روی مینای دندان شیری به کار رفت. نتایج نشان داد بیشترین کاهش در عمق ضایعات به هنگام تابش لیزر پیش از کاربرد محلول حاوی فلوراید نسبت به تابش لیزر و یا کاربرد محلول حاوی فلوراید هر یک به تنهایی است (۴۵).

استفاده از لیزر قبل، حین یا بعد از فلورایدتراپی

در مطالعات ذکر شده در قسمت‌های قبلی، از لیزرهای مختلف قبل، حین و بعد از فلوراید تراپی استفاده شده است. در بیشتر این مطالعات اختلاف معنی‌داری بین گروه‌هایی که تابش لیزر قبل، بعد یا حین فلوراید تراپی انجام شده است، گزارش نشده است. در این قسمت فقط به چند مطالعه اشاره می‌شود.

در مطالعه‌ای که به بررسی اثر لیزر CO_2 به همراه ژل فلوراید بر مینای دندان‌های شیری پرداخت، گروه لیزر به تنهایی و گروه‌های لیزر به همراه فلورایدتراپی قبل و بعد از تابش لیزر باعث کاهش پیشرفت ضایعات نسبت به گروه کنترل شدند؛ با این حال تفاوت آماری

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-06-14]

معنی‌داری بین این گروه‌ها وجود نداشت (۴۱). Esteves-Oliveira و همکاران (۴۶) نتیجه مشابهی را در بررسی اثر لیزر CO_2 بر مینای دندان‌های دائمی گزارش کردند.

در مطالعه‌ای دیگر که برای مقایسه اثر لیزر CO_2 و Er,Cr:YSGG به همراه فلوراید بر روی ضایعات مینایی انجام شد، لیزر به طور مستقیم بر روی ژل فلوراید تابانده شد. نتایج نشان داد که تابش لیزر CO_2 در حین فلورایدتراپی بیشتر از سایر گروه‌ها در پیشگیری از دمینرالیزاسیون مینا مؤثر است (۱۶).

در مطالعه Altinok و همکاران (۲۶)، کاهش حلالیت مینا در برابر محلول اسیدی در گروه‌های تابش لیزر Er:YAG به تنهایی و یا به همراه فلوراید تراپی قبل و یا بعد از تابش، تفاوت آماری معنی‌داری نداشت.

در مطالعه آزمایشگاهی دیگری نیز نشان داده شد که تابش مینای دندان شیری با لیزر Nd:YAG قبل و بعد از فلوراید تراپی موجب افزایش سختی مینا و مقاومت در برابر پوسیدگی می‌شود (۴۲).

در مطالعه Vitale و همکاران (۳۴) در گروه تابش لیزر دیود به همراه فلوراید تراپی، افزایش جذب فلوراید بالاتری نسبت به فلوراید و یا لیزر به تنهایی دیده شد. اما در این مطالعه نیز تفاوتی بین تابش لیزر قبل و یا بعد از فلوراید تراپی دیده نشد.

همچنین در تابش لیزر آرگون قبل و بعد از فلوراید تراپی، کاهش چشمگیر عمق ضایعات مینایی نسبت به تابش لیزر به تنهایی گزارش شده است (۴۷).

نتیجه‌گیری

تابش لیزر به تنهایی می‌تواند مقاومت به اسید را در سطوح مینایی سالم افزایش دهد و از پیشرفت پوسیدگی جلوگیری کند. استفاده ترکیبی از فلوراید موضعی و تابش لیزر (CO_2، Nd:YAG، خانواده اربیوم یا آرگون) روی سطوح مینایی سالم دندان‌های دایمی بهترین حفاظت در برابر شروع و پیشرفت پوسیدگی فراهم می‌آورد. اما مطالعات بیشتر آزمایشگاهی و کلینیکی بر روی دندان‌های شیری برای نتیجه‌گیری قطعی لازم است.

منابع:

1- Azevedo 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.

2- Chin-Ying SH, Xiaoli G, Jisheng P, Wefel JS. Effects of CO_2 laser on fluoride uptake in enamel. J Dent. 2004; 32(2):161-7.

3- Rezaei Y, Bagheri H, Esmaeilzadeh M. Effects of laser irradiation on caries prevention. J Lasers Med Sci. 2011; 2(4):159-64.

4- Souza-Gabriel AE, Colucci V, Turssi CP, Serra MC, Corona SA. Microhardness and SEM after CO_2 laser irradiation or fluoride treatment in human and bovine enamel. Microscop Res Tech. 2010; 73(11):1030-5.

5- Bevilácqua 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.

6- Vlacic J, Meyers IA, Walsh LJ. Laser-activated fluoride treatment of enamel as prevention against erosion. Aust Dent J. 2007;52(3):175-80.

7- Azevedo DT, Faraoni-Romano JJ, Derceli JDR, Palma-Dibb RG. Effect of Nd:YAG laser combined with fluoride on the prevention of primary tooth enamel demineralization. Braz Dent J. 2012;23(2):104-9.

8- 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.

9- Tepper SA, Zehnder M, Pajarola GF, Schmidlin PR. Increased fluoride uptake and acid resistance by CO_2 laser-irradiation through topically applied fluoride on human enamel in vitro. J Dent. 2004;32(8):635-41.

10- Moslemi M, Fekrazad R, Tadayon N, Ghorbani M, Torabzadeh H, Shadkar MM. Effects of ER,Cr:YSGG laser irradiation and fluoride treatment on acid resistance of the enamel. Pediatr Dent. 2009;31(5):409-13.

11- Kwon YH, Lee JS, Choi YH, Lee JM, Song KB. Change of enamel after Er:YAG and CO_2 laser irradiation and fluoride treatment. Photomed Laser Surg. 2005;23(4):389-94.

12- Wheeler CR, Fried D, Featherstone JD, Watanabe LG, Le CQ. Irradiation of dental enamel with Q-switched lambda = 355-nm laser pulses: surface morphology, fluoride adsorption, and adhesion to composite resin. Lasers Surg Med. 2003;32(4):310-7.

13- Ghadimi S, Chiniforush N, Bouraima SA, Johari M. Clinical Approach of Laser Application in Different Aspects of Pediatric Dentistry. J Lasers Med Sci. 2012;3(2):84-90.

14- Ana PA, Bachmann L, Zezell DM. Lasers Effects on Enamel for Caries Prevention. Laser Physics. 2006;16(5): 865-75.

15- Esteves-Oliveira M, Zezell DM, Ana PA, Yekta SS, Lampert F, Eduardo CP. Dentine caries inhibition through CO_2 laser (10.6 μm) irradiation and fluoride application, in vitro. Arch Oral Biol. 2011;56(6):533-9.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-06-14]

16- Anaraki SN, Serajzadeh M, Fekrazad R. Effects of Laser-assisted Fluoride Therapy With a CO_2 Laser and Er, Cr:YSGG Laser on Enamel Demineralization. Pediatr Dent. 2012;34(4):92-6.

17- 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.

18- Steiner-Oliveira C, Rodrigues LK, Lima EB, Nobre-dos-Santos M. Effect of the CO_2 laser combined with fluoridated products on the inhibition of enamel demineralization. J Contemp Dent Pract. 2008;9(2):113-21.

19- Schmidlin PR, Dörig I, Lussi A, Roos M, Imfeld T. CO_2 laser-irradiation through topically applied fluoride increases acid resistance of demineralised human enamel in vitro. Oral Health Prev Dent. 2007;5(3):201-8.

20- Kakade A, Damle SG, Bhavsar JP, Chatterjee V, Deb P. Combined effect of carbon-dioxide laser and neutral 2% NaF on acid resistance of human tooth enamel. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 1996;14(1):26-30.

21- González-Rodríguez A, de Dios López-González J, Del Castillo Jde D, Villalba-Moreno J. Comparison of effects of diode laser and CO_2 laser on human teeth and their usefulness in topical fluoridation. Lasers Med Sci. 2011;26(3):317-24.

22- Hsu J, Fox JL, Wang Z, Powell GL, Otsuka M, Higuchi WI. Combined effects of laser irradiation/solution fluoride ion on enamel demineralization. J Clin Laser Med Surg. 1998;16(2):93-105.

23- Liu Y, Hsu CY, Teo CM, Teoh SH. Potential mechanism for the laser-fluoride effect on enamel demineralization. J Dent Res. 2013;92(1):71-5.

24- Delbem AC, Cury JA, Nakassima CK, Gouveia VG, Theodoro LH. Effect of Er:YAG laser on CaF2 formation and its anti-cariogenic action on human enamel: an in vitro study. J Clin Laser Med Surg. 2003;21(4):197-201.

25- Mathew A, Reddy NV, Sugumaran DK, Peter J, Shameer M, Dauravu LM. Acquired acid resistance of human enamel treated with laser (Er:YAG laser and CO_2 laser) and acidulated phosphate fluoride treatment: An in vitro atomic emission spectrometry analysis. Contemp Clin Dent. 2013;4(2):170-5.

26- Altinok B, Tanboga I, Peker S, Eren F, Bakkal M, Peker F. The effect of laser-activated Acidulated Phosphate Fluoride on enamel submitted to erosive solution only: an in vitro preliminary evaluation. Eur J Paediatr Dent. 2011;12(1):13-6.

27- 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.

28- Ana PA, Tabchoury CP, Cury JA, Zezell DM. Effect of Er,Cr:YSGG laser and professional fluoride application on enamel demineralization and on fluoride retention. Caries Res. 2012;46(5):441-51.

29- de Freitas PM, Rapozo-Hilo M, Eduardo CDP, Featherstone JD. In vitro evaluation of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser-treated enamel demineralization. Lasers Med Sci. 2010;25(2):165-70.

30- Fekrazad R, Ebrahimpour L. Evaluation of acquired acid resistance of enamel surrounding orthodontic brackets irradiated by laser and fluoride application. Lasers Med Sci. 2014;29(6):1793-8

31- Lee YE, Baek HJ, Choi YH, Jeong SH, Park YD, Song KB. Comparison of remineralization effect of three topical fluoride regimens on enamel initial carious lesions. J Dent. 2010;38(2):166-71.

32- Zezell DM, Boari HG, Ana PA, Eduardo CDP, Powell GL. Nd:YAG laser in caries prevention: a clinical trial. Lasers Surg Med. 2009;41(1):31-5.

33- de Sant'anna GR, dos Santos EA, Soares LE, do Espírito Santo AM, Martin AA, Duarte DA, Pacheco-Soares C, Brugnera Jr A. Dental enamel irradiated with infrared diode laser and photoabsorbing cream: Part 1 -- FT-Raman Study. Photomed Laser Surg. 2009;27(3):499-507.

34- Vitale MC, Zaffe D, Botticell AR, Caprioglio C. Diode laser irradiation and fluoride uptake in human teeth. Eur Arch Paediatr Dent. 2011;12(2):90-2.

35- Westerman GH, Hicks MJ, Flaitz C, Powell GL. In vitro enamel caries formation: argon laser, light-emitting diode and APF treatment effect. Am J Dent. 2004;17(6):383-7.

36- Kato IT, Kohara EK, Sarkis JE, Wetter NU. Effects of 960-nm diode laser irradiation on calcium solubility of dental enamel: an in vitro study. Photomed Laser Surg. 2006;24(6):689-93.

37- Nammour S, Demortier G, Florio P, Delhaye Y, Pireaux JJ, Morciaux Y, et al. Increase of enamel fluoride retention by low fluence argon laser in vivo. Lasers Surg Med. 2003;33(4):260-3.

38- Anderson AM, Kao E, Gladwin M, Benli O, Ngan P. The effects of argon laser irradiation on enamel decalcification: An in vivo study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002;122(3):251-9.

39- Westerman GH, Hicks MJ, Flaitz CM, Blankenau RJ, Powell GL, Berg JH. Argon laser irradiation in root surface caries: in vitro study examines laser's effects. J Am Dent Assoc. 1994;125(4):401-7.

40- Nammour S, Rocca JP, Pireaux JJ, Powell GL, Morciaux Y, Demortier G. Increase of enamel fluoride retention by low fluence argon laser beam: a 6-month follow-up study in vivo. Lasers Surg Med. 2005;36(3):220-4.

41- Tagliaferro EP, Rodrigues LK, Nobre Dos Santos M, Soares LE, Martin AA. Combined effects of carbon dioxide laser and fluoride on demineralized primary enamel: an in vitro study. Caries Res. 2007;41(1):74-6.

42- Banda NR, Vanaja Reddy G, Shashikiran ND. Evaluation of primary tooth enamel surface morphology and microhardness after Nd:YAG laser irradiation and APF gel treatment--an in vitro study. J Clin Pediatr Dent. 2011;35(4):377-82.

43- Santaella MR, Braun A, Matson E, Frentzen M. Effect of diode laser and fluoride varnish on initial surface demineralization of primary dentition enamel: an in vitro study. Int J Paediatr Dent. 2004;14(3):199-203.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-06-14]

44- Westerman GH, Hicks MJ, Flaitz CM, Ellis RW, Powell GL. Argon laser irradiation and fluoride treatment effects on caries-like enamel lesion formation in primary teeth: an in vitro study. Am J Dent. 2004;17(4):241-4.

45- Westerman GH, Hicks MJ, Flaitz CM, Powell GL. In vitro caries formation in primary tooth enamel: role of argon laser irradiation and remineralizing solution treatment. J Am Dent Assoc. 2006;137(5):638-44.

46- Esteves-Oliveira M, Pasaporti C, Heussen N, Eduardo CP, Lampert F, Apel C. Rehardening of acid-softened enamel and prevention of enamel softening through CO_2 laser irradiation. J Dent. 2011;39(6):414-21.

47- Hicks MJ, Flaitz CM, Westerman GH, Blankenau RJ, Powell GL, Berg JH. Enamel caries initiation and progression following low fluence (energy) argon laser and fluoride treatment. J Clin Pediatr Dent. 1995;20(1):9-13.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-06-14]