نامه به سردبیر

لیزرپزشکی؛ ۱۳۸۹، دوره ۷، شماره ۴، صفحات: ۳۴-۳۰.

لیزر و مقاومت مینای دندانی به پوسیدگی

مهرسا پاریاب

استادیار گروه دندانپزشکی کودکان، دانشکدهٔ دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی زاهدان

نویسندهٔ مسئول: مهرسا پاریاب، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، دانشکدهٔ دندانپزشکی، تلفن: ۰۵۴۱-۲۴۴۱۸۱۴

پست الکترونیک: drmparyab@yahoo.com

خلاصه

مقدمه: پوسیدگی دندان شایع‌ترین بیماری مزمن دوران کودکی است. در دهه‌های اخیر، روش‌هایی همچون فلوریده کردن آب آشامیدنی و تجویز موضعی محصولات حاوی فلوراید در پیشگیری از پوسیدگی‌های دندانی مؤثر شناخته شده‌اند. یکی از موضوعات مهمی که در این زمینه توجه دندانپزشکان را به خود جلب نموده است، شناخت روش‌هایی جهت افزایش نفوذ فلوراید به ساختار دندانی است. یکی از روش‌های نوینی که معرفی شده است، استفاده از انرژی لیزر در کنار ترکیبات فلوراییددار است. مطالعات بسیاری تأثیر بیشتر این روش ترکیبی را نسبت به استفاده از هریک از روش‌ها به تنهایی گزارش نموده‌اند. تابش لیزر تشکیل ترکیب کلسیم فلوراید و فلورهیدروکسی آپاتیت را همزمان افزایش می‌دهد. در کنار مزایایی که برای این روش مطرح شده است، نگرانی‌هایی در مورد ترک‌های مینایی و آسیب‌های پالپی نیز وجود دارد. هدف از این بررسی جمع آوری اطلاعات منتشر شده در این زمینه می‌باشد.

روش بررسی: مطالعات انجام شده در زمینهٔ استفاده از انرژی لیزر در افزایش تأثیر ترکیبات فلوراییددار که در دو دههٔ اخیر منتشر شده‌اند، مورد بازبینی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج اکثر مطالعات نشان دهندهٔ افزایش معنی‌دار در جذب فلوراید ناشی از درمان ترکیبی لیزر و کاربرد موضعی فلوراید است.

نتیجه‌گیری: استفادهٔ همزمان از فلوراید و تابش لیزر می‌تواند به‌عنوان جایگزین مؤثری برای روش معمول مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: لیزر، پوسیدگی، مینای دندانی

مقدمه

پوسیدگی دندان شایع‌ترین بیماری مزمن دوران کودکی است [۱]. از سال‌های گذشته تلاش‌های بسیاری در جهت پیشگیری از پوسیدگی‌های دندانی انجام شده است. در این راستا راهکارهایی همچون کنترل پوسیدگی‌های فعال، کنترل رژیم غذایی و کاهش مصرف کربوهیدرات‌های تخمیر شونده، رعایت بهداشت دهانی و استفاده از محصولات فلوراییددار مطرح شده‌اند [۱].

مقاوم‌سازی مینای دندانی به پوسیدگی با استفاده از ترکیبات فلوراییددار به خوبی اثبات شده است. مکانیسم‌های اصلی تأثیرگذاری فلوراید شامل جلوگیری از رمینرالیزاسیون و افزایش رمینرالیزاسیون مینای دندان می‌باشند [۱و۲]. از ترکیبات فلوراییددار می‌توان به اشکال سیستمیک همچون فلوراید اضافه شده در آب آشامیدنی، شیر، شیرخشک، نمک و اشکال موضعی همچون فلوراید موجود در خمیردندان‌ها، ژل‌ها، دهان‌شویه‌ها و آدامس‌ها اشاره کرد [۲].

محصولات موضعی فلوراید براساس خطر پوسیدگی دندان بیمار انتخاب و در زمان‌بندی‌های مشخصی استفاده می‌شوند و سعی شده است تا با ایجاد تغییراتی همچون کاهش PH، افزایش غلظت، زمان و تعداد دفعات کاربرد محصول، ماندگاری و نفوذ فلوراید به‌کار رفته برروی دندان را افزایش دهند [۲].

تکنولوژی نوین لیزر از دههٔ ۶۰ میلادی به عرصهٔ دندانپزشکی معرفی شده است و در کنار کاربردهای تشخیصی و درمانی، تأثیر آن بر مقاوم‌سازی مینای دندانی نیز مورد بررسی قرار گرفته است [۳].

هدف از این مطالعه مروری بر مطالعات انجام شده در ارتباط با تأثیر استفاده از تابش لیزر به تنهایی یا در ترکیب با فلورایدتراپی در ممانعت از آغاز و پیشرفت پوسیدگی‌های دندانی است.

کاربرد لیزر در پیشگیری از پوسیدگی دندان:

تأثیر تابش لیزر در افزایش مقاومت مینا نسبت به اسید اولین بار توسط stern و sognnaes در سال ۱۹۶۴ مورد بررسی قرار گرفت [۴]. آن‌ها نشان دادند که تابش لیزر ruby باعث افزایش مقاومت به اسید در مینای دندانی می‌شود. پس از آن مطالعات زیادی در مورد

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-08]

تأثیر تابش لیزر در پیشگیری از پوسیدگی‌های دندانی انجام شده است [۱۴ و ۱۵].

در مطالعات انجام شده لیزرهای متفاوتی از جمله YAG، Nd: YAG، لیزرهای مادون قرمز، CO_2 و آرگون مورد بررسی قرار گرفته‌اند. لیزرهای CO_2، Nd: YAG، Ho: YAG و آرگون برای جراحی بافت نرم و لیزر Er: YAG برای استفاده در بافت سخت تأییدیهٔ FDA را دریافت کرده‌اند [۳ و ۱۵].

لیزرهای آرگون با طول موج در محدودهٔ نور مرئی (۵۱۴ -۴۸۸ نانومتر) و Nd: YAG با طول موج نزدیک مادون قرمز (۱۰۶۴ نانومتر) جذب مینا نمی‌شوند مگر آنکه انرژی آن‌ها افزایش یابد که این امر باعث آسیب به بافت‌های زیرین می‌شود [۱۵ و ۱۶]. از طرف دیگر جذب بالایی از لیزر CO_2 (به‌ویژه از نوع TEA) در مینا مشاهده شده است به‌طوری‌که پراکندگی[1] آن ناچیز است [۱۶].

لیزرهای CO_2 در طول موج‌های ۹-۱۱μm در دسترس هستند ولی بیشترین طول موج مورد استفاده در انواع تجاری ۱۰/۶μm است. لیزر CO_2 در همهٔ بافت‌های بیولوژیکی حاوی آب شامل مخاط دهان، مینا و دنتین جذب می‌شود. طول موج ۹/۶μm به پیوند بین فسفات و کربنات موجود در کریستال‌های هیدروکسی آپاتیت نزدیک است. بنابراین لیزر با طول موج ۹/۶μm می‌تواند با انرژی کمتری نسبت به انواع با طول موج ۱۰/۶ μm به‌کار رود. بنابراین برای مواقعی همچون پیشگیری از پوسیدگی که به گرمای کمتری نیاز است، مناسب‌تر می‌باشد [۹و ۲۰-۱۷].

اکثر مطالعات بر روی نحوهٔ کاربرد لیزر CO_2 و کارآیی آن در مقاوم‌سازی مینا در برابر اسید متمرکز شده‌اند. توصیه شده است که لیزر CO_2 باید به صورت پالسی به‌کار رود زیرا در نوع Continuous طول مدت تابش لیزر از زمان مورد نیاز جهت سرد شدن مینا $(t_r = 60\,\mu s)$ بیشتر است که باعث افزایش رخداد پدیده‌های recrystallization, Fusion, melting و از دست دادن کربنات و همچنین تجمع انرژی در لایه‌های عمیق‌تر مینا و آسیب به بافت‌های زیرین می‌شود [۱۰].

تعداد پالس ایدئال، ۲۵ پالس با طول مدت ۰/۲-۰/۱μm انرژی ایدئال برای هر پالس کمتر از ۲۰۰ میلی‌ژول تعیین شده است. افزایش تعداد پالس باعث افزایش تجمع انرژی و آسیب‌های پالپی و پالس‌های با انرژی بالاتر از ۲۰۰mj باعث افزایش آسیب‌های سطحی و آثار معکوس به صورت کاهش مقاومت به اسید می‌گردد [۹ و ۱۰].

یک نوع لیزر CO_2 به نام TEA با تعداد پالس کم، طول مدت هر پالس ۰/۲- ۰/۱ μm قدرت معادل گیگاوات معرفی شده است. همچنین در انواع جدیدتر ضمن افزایش تعداد پالس و طول مدت هر پالس، با کاهش قدرت در حد ۱۰۰ وات به انرژی کل در حد چند میلی ژول دست یافته‌اند [۵].

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 [۵، ۹، ۲۱ و ۲۲]. به طوری‌که پس از تابش لیزر، پدیدهٔ ذوب شدن (melting)، افزایش اندازهٔ کریستال‌های هیدروکسی آپاتیت و کاهش ساختار منشوری مینا (recrystallization) و متعاقباً کاهش نفوذپذیری و افزایش مقاومت به اسید[2] رخ می‌دهد. از طرف دیگر مطالعاتی انجام شده است که تئوری 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 (۱۰، ۲۳ و ۲۴].

Borggreven و همکاران در سال ۱۹۸۰ کاهش نفوذپذیری ناشی از تابش لیزر را مشاهده نکردند و علت مقاومت به دمینرالیزاسیون را به تغییرات شیمیایی و از دست‌رفتن کربنات از ساختار مینا و متعاقباً کاهش حلالیت مینا نسبت دادند [۲۵].

Fowle و Kuroda [۲۶] و Nelson و Featherstone [۱۹] تغییرات شیمیایی را مکانیسم اصلی تأثیر تابش لیزر می‌دانند.

تأثیرهای دمای مختلف لیزر بر ساختار مینا مورد بررسی قرار گرفته است. لیزر با دمای ۶۵۰-۱۰۰درجهٔ سانتی‌گراد (لیزر با انرژی کم برابر ۰/۳ ژول) باعث تبدیل فسفات اسیدی به پیروفسفات و از دست رفتن آب و کربنات از ساختار مینا می‌شود. از آنجایی‌که کربنات تطابق کمتری با کریستال‌های مینا دارد، بنابراین با خروج آن، کریستال‌ها به یک وضعیت با ثبات‌تر و مقاوم‌تر تبدیل می‌شوند. در اثر گرمای ایجاد شده و پدیدهٔ ذوب شدن، ترکیباتی همچون تتراکلسیم دی‌فسفات منوکسید، آلفاتری کلسیم فسفات و بتاتری کلسیم فسفات تشکیل می‌شوند. تغییر در ترکیبات آلی می‌تواند باعث انسداد فضاهای منشوری و کاهش نفوذپذیری[3] گردد.

در دماهای بالاتر از ۱۲۰۰درجهٔ سانتی‌گراد، تغییرات کینتیک در کریستال‌های هیدروکسی آپاتیت رخ می‌دهد به‌طوری‌که مناطق مقاوم‌تر و با ثبات‌تر از کریستال‌ها در دسترس قرار می‌گیرند [۵ و ۲۷].

تابش لیزر و فلورایدتراپی:

در این زمینه نیز لیزرهای متفاوتی به همراه ترکیبات مختلفی از فلوراید مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج اکثر مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد ترکیبات فلوراید قبل و بعد از تابش لیزر باعث افزایش جذب و ماندگاری فلوراید و افزایش مقاومت به اسید می‌گردد [۲۸-۲۴].

[1] - Scattering

[2]- Inorganic Block Theory

[3]- Organic Block Theory

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-08]

به‌طوری‌که PH مورد نیاز برای حلالیت مینا از ۵/۵ به ۴/۳ کاهش می‌یابد [۲۸].

از علت‌های مطرح شده افزایش تجمع و ماندگاری ترکیب کلسیم فلوراید CaF_2 (Loosely bound Fluoride) در سطح مینای دندان می‌باشد. در بررسی‌های انجام‌شده با میکروسکوپ الکترونی، افزایش ساختارهای کروی یا گلوبولار ۴-۲ میکرونی با مورفولوژی مشابه CaF_2 مشاهده شده است [۳۴]. رسوب اولیهٔ کلسیم فلوراید بر روی مینایی که تنها در معرض فلوراید قرار گرفته است به هیچ وجه پایدار نیست و به سرعت در طی ۲۴ ساعت اولیه فلوراید آن از دست می‌رود و این از دست رفتن فلوراید تا ۱۵ روز آینده ادامه پیدا خواهد کرد. کلسیم فلوراید به عنوان یک ذخیرهٔ فلوراید در مقابل حملات اسیدی عمل می‌کند [۲].

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 [۲۲، ۳۵ و ۴۲].

از طرفی دیگر روش‌های اسپکترومتری ثانویهٔ تودهٔ یونی و بررسی پراکنش اشعهٔ x در کریستال‌ها، برافزایش نفوذ فلوراید به ساختار کریستال و ایجاد اشکال با ثبات‌تر فلورهیدروکسی آپاتیت (Frimly Bound Fluoride) تأکید می‌کنند [۲۱، ۳۰، ۳۴ و ۴۲]. با استفادهٔ همزمان از تابش لیزر و فلوراید، افزایش نفوذ فلوراید به ساختار کریستال تا میزان ۱۴ برابر و تا عمق ۲۰ میکرونی گزارش شده است [۲۱ و ۴۲].

Nammour و همکاران در مطالعهٔ کلینیکی خود با پیگیری بیماران در مدت زمان‌های ۷ روزه و ۶ ماهه پس از تابش لیزر آرگون کم انرژی و فلورایدتراپی موضعی دندان‌ها توانستند میزان فلوراید بیشتری را در مینای دندان‌ها تشخیص دهند و نتیجه گرفتند که تابش لیزر باعث افزایش نفوذ فلوراید به لایه‌های داخلی‌تر و ماندگاری آن در طولانی مدت (۴ برابر) می‌گردد [۳۶و۳۷]. هنوز بر مکانیسم دقیق افزایش جذب فلوراید ناشی از تابش لیزر توافقی وجود ندارد. افزایش گرمای سطحی مینا [۲۱]، تغییر در قطبیت عناصر ساختار مینا [۳۷] و افزایش ترک و خشونت سطحی [۴۲] از جمله مکانیسم‌های مطرح‌شده می‌باشد.

مقاومت به اسید در مینایی که در معرض تابش لیزر و فلوراید موضعی قرار گرفته است، افزایش می‌یابد. با استفاده از کاربرد اسیدلاکتیک، جمع‌آوری مینای حل شده و سنجش میزان کلسیم و فسفر آزادشده از مینا به‌وسیلهٔ اسپکتروسکوپی و کلریداسترانسیوم، افزایش میزان مقاومت مینا به اسید پس از روش ترکیبی کاربرد لیزر و فلوراید به اثبات رسیده است [۲۲، ۳۲ و ۳۵].

یکی از نگرانی‌هایی که در مورد تابش لیزر به مینای دندانی وجود دارد، بروز تغییرات غیرقابل جبران ساختار مینایی پس از پدیده‌های ذوب شدن و ترک‌خوردگی می‌باشد [۲۳]. اما، در مطالعات انجام شده کاهش تغییرات مورفولوژیکی و تعداد ترک‌ها در سطح مینایی که درکنار تابش لیزر در معرض محلول فلوراید قرار می‌گیرد، مشاهده شده است [۲۲، ۲۳، ۳۴، ۳۵ و ۳۸].

بحث

استفاده از ترکیبات فلوراییدار از مهم‌ترین برنامه‌های کنترل پوسیدگی به شمار می‌آید. کاربرد منظم فلوراید موضعی باعث ماندگاری بیشتر کلسیم فلوراید تشکیل‌شده برروی سطح مینا و افزایش تشکیل فلورهیدروکسی‌آپاتیت می‌گردد [۲]. بدین‌ترتیب ضمن تسهیل رمینرالیزاسیون مینا، حلالیت ساختار مینایی در محیط اسیدی کاهش پیدا می‌کند.

استفاده از تابش لیزر روش نوینی است که در دهه‌های اخیر جهت افزایش مقاومت ساختار مینایی به اسید مورد بررسی قرار گرفته است [۴-۱۴].

در بین انواع لیزرهای معرفی‌شده لیزر CO_2 بالاترین جذب مینایی را دارد بنابراین در استفاده از آن جهت افزایش مقاومت مینا به پوسیدگی، نگرانی کمتری در مورد آسیب به بافت‌های زیرین وجود دارد [۱۶].

لیزر CO_2 پالسی با طول موج ۹/۶ µm و حداکثر ۲۵ پالس با طول مدت ۰/۲ µs ـ ۰/۱ بهترین و ایدئال‌ترین لیزر جهت افزایش مقاومت مینا به اسید شناخته شده است [۹، ۱۰، ۲۰-۱۷ و ۴۳].

مکانیسم‌های تأثیر لیزر بر ساختار مینا را می‌توان به سه دستهٔ اصلی تغییرات فیزیکی شامل ذوب‌شدگی و تغییرات شکل کریستال‌ها و کاهش نفوذپذیری [۵، ۹، ۲۱ و ۲۲]، تغییرات شیمیایی شامل از دست‌دادن آب و کربنات و کاهش حلالیت کریستال‌ها [۱۹، ۲۵ و ۲۶] و تغییرات کینتیک و قطبیت کریستال‌ها [۵ و ۲۷] طبقه‌بندی کرد که متعاقب تبدیل انرژی لیزر به انرژی گرمایی در سطح مینا رخ می‌دهند.

استفاده از ترکیبات فلوراییدار به همراه تابش لیزر ضمن دستیابی به ساختار مینایی با مقاومت بالاتر در برابر پوسیدگی، تغییرات نامطلوب ناشی از تابش لیزر را کاهش می‌دهد. 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 نواحی ذوب‌شدگی در سطح مینا، فلوراید به‌کار 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 طولانی‌مدت به دلیل تغییر قطبیت کریستال‌ها و افزایش ورود فلوراید به داخل ساختار کریستال پس از

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-08]

ازدست رفتن آب و کربنات می‌توانند تأثیر مثبت تابش لیزر بر افزایش کارآیی فلورایدتراپی را توضیح دهند.

از سوی دیگر زمانی‌که محلول فلوراید قبل یا بعد از تابش لیزر برروی سطح مینا به‌کار می‌رود، باعث پیشگیری از ایجاد تغییرات غیرقابل جبران و نامطلوب ساختار مینایی می‌گردد. به‌طوری‌که می‌توان از انواع دیگر لیزر بدون نگرانی از آسیب‌های پالپی استفاده کرد [۴۱- ۳۶].

نتیجه گیری

استفادهٔ همزمان از فلوراید و تابش لیزر ضمن اینکه به‌دلیل اثر سینرژیک نسبت به استفاده از هریک از روش‌ها به‌تنهایی، باعث افزایش بیشتر مقاومت ساختار مینایی به اسید می‌گردد، احتمال رخداد تغییرات نامطلوب ساختار مینایی به‌دلیل تجمع انرژی لیزر و تشکیل انرژی گرمایی را کاهش می‌دهد بنابراین می‌تواند به عنوان جایگزین مؤثری برای روش معمول مورد استفاده قرار گیرد.

References

1. Dean JA, Avery DR, McDonald RE. Dentistry for the child and adolescent. 10th ed Mosby, St Louis 2011; 10: 177.
2. Harris NO, Garcia-Godoy F, Nathe CN. Primary Preventive Dentistry. 7th ed Upper Saddle River, New Jersey 2009; 12.
3. Walsh LJ. The current status of laser applications in dentistry. Australian Dental journal 2003; 48(3): 146-55.
4. Stern RH, Sognnaes RF. Laser beam effects on dental hard tissues (abstract). Journal of Dental Research 1964; 43: 873.
5. Rodrigues LKA, Santos MND, Pereira D, Assef AV, Pardi V. Carbon Dioxide laser in dental caries prevention. Journal of dentistry 2004; 32: 531-40.
6. Nammour S, Renneboog–Squibin C, Nyssen- Behets C. Increased resistance to artificial caries- like lesions in dental treated with Co_2 laser. Caries Research 1992; 26: 170-5.
7. Hicks MJ, Flaitz CM, Westerman GH, Blankenau RJ, Powell GL, Berg JH. Caries- like lesion inhibition and progression in sound enamel fallowing argon laser irradiation an invitro study. Journal of dentistry for children 1993; 60: 201-6.
8. Westerman GH, Hicks MJ, Flaitz CM, Blankenau RJ, Powell GL, Berg JH. Argon laser irradiation in root surface caries: invitro study examines laser's effects. Journal of the American dental Association 1994; 125: 401-7.
9. Featherstone JBD, Barrett- Vespone NA, Fried D, Fried D, Kantorowitz Z, Seka W. CO_2 laser inhibitor of artificial caries-like lesion progression on dental enamel. Journal of Dental Research 1998; 77: 1397-403.
10. Kantorowits Z, Featherstone JDB, Fried D. Caries prevention by CO2 laser treatment: depending on the number of pulsed. Journal of the American Dental Association 1998; 129: 585 -91.
11. Takahashi K, Kimura Y, Matsumoto k. Morphological and atomic analytical changes after CO_2 laser irradiation emitted at 9.3 microns on enamel dental hard tissues. Journal of clinical laser medicine and surgery 1998; 16: 167-73.
12. Tange T, Fried D, Featherstone JOB. TEA- CO_2 laser inhibition of artificial caries like lesion progression in primary and permanent tooth enamel. In: laser in dentistry VI. Bellingham: SPIE, 2000. Proceedings of SPIE 2000; 3910: 306 -13.
13. Young DA, Fried D, Featherstone JOB. Treating Occlusal pit and Fissure surfaces by IR laser irradiation. In: laser in dentistry VI. Bellingham: SPIE, 2000. Proceedings of SPIE 2000; 3910: 243-53.
14. Hsu C-YS, Jordan TH, Dederich DN, Wefel JS. Effects of low- energy CO2 laser irradiation and organic matrix on inhibition of enamel demineralization. Journal of Dental Research 2000; 79: 1725 -30.
15. Widgor HA, Walsh jr. J.T, Featherstone JDB, Visuri SR, Fried D, Waldvogel JL. Laser in dentistry. Lasers in surgery and medicine 1995; 16: 103-33.
16. Gonzalez CD, Zakariasen KL, Dederich DN, prushs RJ. Potential preventive and therapeutic hard tissue applications of CO_2, Nd:YAG and argon lasers in dentistry: A review Journal of Dentistry for children 1996; 63: 196 -207.
17. Fried D, Glena RE, Featherstone JDB, Seka W. Permanent and transient changes in the reflectance of CO2 laser-irradiated dental hard tissues at $\lambda =$9.3, 9.6, 10.3 and 10.6μm and at Fluencies of 1-20 $^{j}/_{cm^2}$. Laser in Surgery and Medicine 1997; 20: 22-31.
18. Fried D, Zuerlein MJ, Le CQ, Featherstone JDB. Thermal and chemical modification of dentin by 9-11 microns CO_2 laser pulses of 5-100 microns duration. Lasers in surgery and medicine 2002; 31: 275-82.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-08]

19. Featherstone JDB, Nelson DGA. Laser Effects on dental hard tissue. Advances in Dental Research 1987; 1: 21- 6.

20. Zuerlein MJ, Fried D, Featherstone JDB. Modeling the modification depth of carbon dioxide laser- treated dental enamel. Lasers in surgery and medicine 1999; 25: 335-47.

21. Goodman BD, Kaufman HW. Effects of an Argon laser on the crystalline properties and Rate of Dissolution in Acid of tooth enamel in the presence of sodium fluoride. Journal of Dental Research 1977; 56(10): 1201-7.

22. Tepper SA, Zehnder M, Pajarda GF, Schmidin PR. Increased fluoride uptake and acid resistance by CO_2 laser- irradiation through topically applied fluoride on human enamel invitro. Journal of Dentistry 2004; 32: 635-41.

23. Mc Cormack SM, Fried D, Featherstone JDB, Glena RE, Seka W. Scanning electron microscope observation of CO2 laser effects on dental enamel. Journal of Dental Research 1995; 74: 1702-8.

24. Pogrel MA, Muff DF, Marshall GW. Structural changes in dental enamel induced by high energy continuous wave carbon dioxide laser. Lasers in Surgery and Medicine 1993; 13: 89- 96.

25. Borggreven JMP, Van Dijk JW, Driessens FCM. Effect of laser irradiation on the permeability of bovine dental enamel. Archives of oral Biology 1980; 25: 831-2.

26. Kuroda S, Fowler BO. Compositional, Structural and phase changes invitro laser-irradiated human tooth enamel. Calcified tissue International 1984; 36: 361-9.

27. Fowler BO, Kuroda S. Changes in heat and in laser-irradiated human tooth enamel and their probable effects on solubility. Calcified tissue International 1986; 38: 197- 208.

28. Fox JL, Yu D, Otsuka M, Higuchi WI, Wong J, Powell G. Combined effects of laser irradiation and chemical inhibitors on the dissolution of dental enamel. Caries Research 1992; 26: 333- 9.

29. 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. Journal of the Indian society pedodontics and preventive Dentistry 1996; 14: 26-30.

30. Meurman JH, Hemmerle J, Voegel JC, Rauhamaa MR, Luomanen M. Transformation of hydroxyapatite to fluorapatite by irradiation with high-energy CO2 laser. Caries Research 1997; 31: 397- 400.

31. Hsu J, Fox JL, Wong Z, Powell GL, Otsuka M, Higuchi WL. Combined effects of laser irradiation/ solution fluoride ion on enamel demineralization. Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery 1998; 16: 93 -105.

32. Hsu CY, Jordan TH, Dederich DN, Wefel JS. Laser-matrix-fluoride effects in enamel demineralization. Journal of dental Research 2001; 80: 1797-801.

33. Hossain MM, Hossain M, Kimura Y, kinoshita J, Yamada Y, Motsumoto K. Aquired acid resistance of enamel and dentin by CO_2 laser irradiation with sodium fluoride Solution. Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery 2002; 20: 77- 82.

34. Hsu CY, Xiaoli G, Jisheng P, Wefel JS. Effects of CO2 laser on Fluoride uptake in enamel. Journal of Dentistry 2004; 32: 161-7.

35. Schmidlin PR, Dorig I, Luss A, Roos M, Imfeld T. CO_2 Laser-irradiation through topically applied fluoride increases acid resistance of demineralised human enamel invitro. Oral Health Prev Dent 2007; 5: 201- 8.

36. Nammour S, Demortier G, Florio P, Delhaye Y, Pireaux JJ, Morciaux Y, Powell L. Increase of enamel Fluoride retention by low fluence argon laser Invivo. Laser in surgery and Medicine 2003; 33: 260- 3.

37. Nammour S, Rocca JP, Pireaux JJ, Powell GL, Morciaux Y, Demortior G. Increase of enamel fluoride retention by low fluence argon laser beam: A 6 Month fallow-up study Invivo. Lasers in Surgery and Medicine 2005; 36: 220- 4.

38. Santaella MRLA, Braun A, Matson E, Frentzen M. Effect of Diod laser and fluoride Varnish on initial surface demineralization of primary dentition enamel: an invitro study. International Journal of Paediatric Dentistry 2004; 14: 199-203.

39. Villalba- Moreno J, Gonzalez-Rodriguez A, Lopez-Gonzalez JDD, Bolanos- Carmona M, Pedraza- Muriel V. Increased fluoride uptake in human dental specimens treated with diode laser. Laser med sci 2007; 22: 137- 42.

40. M.Bebvilacqua F, Zezell DM, Magnani R, Doana PA, Eduardo cde P. Fluoride uptake and acid resistance of enamel irradiated with Er: YAG laser. Lasers Med Sci 2008; 23: 141-7.

41. Wheeler CR, Fried D, Featherstone JDB, Watanabe LG. Irradiation of dental enamel with Q-switched $\lambda = 355$nm laser pulses: surface morphology, fluoride adsorption and adhesion to composite resin. Lasers in surgery and Medicine 2003; 32: 310-7.

42. Zhang C, kimuraY, Matsumoto K. The effects of pulsed Nd: YAG laser irradiation with fluoride on root surface. Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery 1996; 14(6): 399-403.

43. Rechmann P, Fried D, Le CQ, Nelson G, Rapozo-Hilo M, Rechmann BM, Featherstone JD. J Caries inhibition in vital teeth using 9.6-μm CO_2- laser irradiation. Biomed Opt 2011; 16(7): 071405.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-08]