

Effect of Diode and CO₂ Lasers Combined with Sodium Fluoride Varnish on Microhardness of Deciduous Enamel

Samaneh Hemmati¹,
Hajar Dehghan²

¹Assistant Professor, Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
²Assistant Professor, Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

(Received February 28, 2016; Accepted June 5, 2016)

Abstract

Background and purpose: Prevention of dental caries is one of the primary goals in dentistry. Application of fluoride decreased dental demineralization but the preventive ability of this fluoride is limited. Nowadays different investigations into dental erosion focused on the preventive effect of laser irradiation. The purpose of this applied study was to assess the effect of diode laser ($\lambda = 810\text{nm}$) and CO₂ laser treatment in combination with NaF 2.26% varnish on deciduous enamel microhardness.

Materials and methods: Seventy-two human mandibular deciduous incisors were polished and randomly allocated to the following treatments ($n = 12$): (1) NaF varnish (2.26% F); (2) NaF varnish + diode laser; (3) NaF varnish + CO₂ laser; (4) CO₂ laser; (5) diode laser; (6) control group (no treatment). Enamel alterations were determined using Vickers surface microhardness (VMH) testing after treatment and after erosion challenge. For the formation of artificial caries, the samples were immersed in hydrochloric acid, and then enamel alterations were determined again. The mean VMH were tested using analysis of variance and Tukey test.

Results: All treatments except CO₂ laser improved the hardening of enamel surface ($P < 0.05$) and increased the resistance of samples against demineralization. The NaF + diode laser group had significantly higher surface microhardness value than the other groups ($P < 0.05$). There were no significant differences between diode laser, NaF and CO₂ laser + NaF groups in surface microhardness.

Conclusion: The surface microhardness was the highest when both laser and fluoride were applied. Therefore, the effect appears to be synergistic; also, diode laser compared with CO₂ laser was more effective in improving the hardening of enamel surface.

Keywords: diode laser, CO₂ laser, fluoride, deciduous teeth, erosion

اثر لیزر دیود و لیزر CO₂ همراه با وارنیش سدیم فلوراید بر روی ریز سختی مینای دندان شیری

سمانه همتی^۱هاجر دهقان^۲

چکیده

سابقه و هدف: پیشگیری از پوسیدگی از اهداف اولیه در دندانپزشکی می باشد. کاربرد فلوراید های موجود در کاهش دیمینرالیزاسیون دندانی بسیار موثر است، اما توانایی محافظتی آن ها محدود است. بنابراین امروزه مطالعات زیادی برای بهبود اثر فلوراید توسط استفاده از لیزر صورت گرفته است. لذا هدف از این مطالعه کاربردی آزمایشگاهی، ارزیابی تاثیر لیزر دیود (طول موج = ۸۱۰nm) و لیزر CO₂ (طول موج = ۱۰/۶ μm) در همراهی با وارنیش NaF ۲/۲۶ درصد بر روی ریز سختی سطحی مینای دندان شیری می باشد.

مواد و روش ها: ۷۲ دندان انسیزور شیری سالم مندیل انسان پس از خارج شدن به دلایل درمانی، پالیش شده و به صورت تصادفی وارد یکی از گروه های درمانی زیر شدند: (۱) وارنیش NaF، (۲) وارنیش NaF همراه با لیزر دیود، (۳) وارنیش NaF همراه با لیزر CO₂، (۴) لیزر CO₂، (۵) لیزر دیود، (۶) کنترل (بدون درمان). تغییرات مینایی به وسیله تست میکروهاردنس ویکرز (Surface Micro Hardness Vickers) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ایجاد پوسیدگی مصنوعی نمونه ها در محلول HCl غوطه ور شدند. آنالیز آماری واریانس و توکی جهت بررسی نتایج انجام شد.

یافته ها: تمامی گروه های درمانی به جز گروه لیزر CO₂ باعث بهبود سختی سطح مینا و افزایش مقاومت مینا در برابر دیمینرالیزاسیون شدند. گروه لیزر دیود در ترکیب با محلول فلوراید به طور معنی داری میکروهاردنس بالاتری نسبت به سایر گروه ها داشت و اختلاف معناداری بین گروه های درمانی لیزر دیود و سدیم فلوراید و لیزر CO₂ + سدیم فلوراید دیده نشد. **استنتاج:** سختی سطحی مینا وقتی تحت درمان با فلوراید همراه با لیزر قرار می گیرد، به میزان زیادی نسبت به گروه کنترل افزایش نشان می دهد. بنابراین به نظر می رسد این دو اثر سینرژیک داشته باشند و هم چنین لیزر دیود در مقایسه با لیزر CO₂ در افزایش ریز سختی دندان موثرتر بوده است.

واژه های کلیدی: لیزر دیود، لیزر CO₂، فلوراید، دندان شیری، سایش

مقدمه

شایع تر از آسم و ۷ برابر شایع تر از رینیت آلرژیک در جمعیت ۵-۱۷ ساله ها می باشد. روند پوسیدگی تا بزرگسالی هم چنان ادامه می یابد، به طوری که بیش از ۹۰ درصد

علی رغم مطالعات متعددی که در زمینه پیشگیری از پوسیدگی دندان صورت گرفته است، پوسیدگی دندانی باز هم شایع ترین بیماری دوران کودکی است که ۵ برابر

E-mail: hajar.dehghan84@gmail.com

مؤلف مسئول: هاجر دهقان - قزوین: دانشگاه علوم پزشکی قزوین، دانشکده دندانپزشکی

۱. استادیار، گروه دندانپزشکی اطفال، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۲. استادیار، گروه دندانپزشکی اطفال، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۴/۱۱/۱۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۳/۱۶

بالغین پوسیدگی دندان را تجربه می کنند (۱). روش های مختلفی برای پیشگیری از پوسیدگی دندان پیشنهاد شده است که از جمله آنها می توان به استفاده از محصولات CPP-ACP، محصولات حاوی فلوراید و لیزر تراپی اشاره کرد (۲). کاربرد فلوراید در فرم های مختلف باعث کاهش شیوع پوسیدگی به میزان ۶۰-۵۰ درصد در دندان های دائمی و ۵۰-۴۰ درصد در دندان های شیری شده است. ولی با این وجود، هم چنان پوسیدگی دندان شایع ترین بیماری مزمن دوران کودکی می باشد (۱). کاربرد فلوراید در غلظت های بالا مانند استفاده از دهانشویه ها، ژل ها و وارنیش ها در کاهش دیمینرالیزاسیون دندان های بسیار موثر شناخته شده است، اما همیشه علاقه به پیدا کردن یک ترکیب جدید برای این هدف وجود داشته است (۳). پتانسیل فلوراید های معمول از جمله سدیم فلوراید در پیشگیری از دیمینرالیزاسیون دندان در ارتباط با تشکیل یک لایه کلسیم فلوراید بوده است که به عنوان یک سد فیزیکی عمل می کند که مانع از تماس مواد اسیدی با سطح دندان می شود و هم چنین به عنوان یک منبع ذخیره کننده عمل می کند که در حین حملات اسیدی با فعالیت بافری خود باعث تحریک رمینرالیزاسیون دندان می شود (۴). با این وجود کلسیم فلوراید قابلیت حل شدن در اسید را دارد، بنابراین توانایی حفاظتی سدیم فلوراید محدود است. لذا امروزه استفاده از لیزر به عنوان یک روش جایگزین برای پیشگیری از پوسیدگی دندان پیشنهاد شده است (۵).

با توجه به اثر بخشی لیزر و نیز ترکیبات حاوی فلوراید در مقاوم سازی ساختار مینا، مطالعات مختلف اثر این دو روش را به صورت ترکیبی و در کنار هم مورد بررسی قرار داده اند و در برخی از آنها نشان داده شده است این روش ها در حالت ترکیب با یکدیگر اثر هم نیروزایی (synergic) دارند (۶). در مورد مکانیسم این اثر دو تئوری اصلی وجود دارد. تئوری اول علت آن را افزایش تجمع CaF₂ درون ترک ها و تضرس های ایجاد شده توسط لیزر می داند و تئوری دیگر وارد شدن

فلوراید به ساختار هیدروکسی آپاتیت و تشکیل فلوروآپاتیت در اثر حرارت لیزر را علت آن می داند. در حالت اول یک پیوند ضعیف بین ساختار دندان و فلوراید برقرار می شود و در دومی، پیوند بین فلوراید با دندان مستحکم می باشد (۷).

لیزر CO₂: active medium آن یک تیوپ حاوی مخلوطی از CO₂، نیتروژن، هلیوم و نئون است. طول موج آن ۱۰۶۰۰ نانومتر می باشد و در درمان های بافت نرم استفاده می شود (۸). لیزر Diode (GaAlAs) از ترکیب آلومینیوم، گالیوم و آرسناید برای تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی نورانی استفاده می کند. علت مقبولیت دستگاه های لیزر دیود، سایز کوچک، قابلیت اعتماد و قیمت نسبتاً پایین و کاربرد راحت آن در حفره دهان است. طول موج های ۶۵۵ تا ۱۰۶۴ نانومتر آن در دندان پزشکی مورد استفاده قرار می گیرند (۹، ۱۰). کاربرد لیزر بر روی بافت سخت دندان باعث تغییرات مورفولوژیک و ساختاری می شود، از جمله افزایش مقاومت به اسید و افزایش جذب فلوراید توسط ساختار دندان را ذکر کرده اند (۱۱). بنابراین طبق نتایج مطالعات مختلف، جهت بهبود تاثیر انواع مختلف فلوراید بر دیمینرالیزاسیون مینا تابش لیزر راه مناسبی است (۱۶-۱۲). Tepper و همکاران در سال ۲۰۰۴ دریافتند که تابش ۱۵ ثانیه لیزر CO₂ بلافاصله بعد از کاربرد آمین فلوراید در پیشگیری از پوسیدگی مفید است (۱۷). انارکی و همکاران در سال ۲۰۱۳ اثر لیزر CO₂ و Er,Cr:YSGG را در ترکیب با فلوراید بررسی کردند و نتایج بدین صورت بود که اثر ترکیبی لیزر و فلوراید در کاهش پوسیدگی بیش تر از اثر هر کدام به تنهایی است (۱۸). در سال ۲۰۱۱، De-melo و همکاران تاثیر تابش لیزر دیود (طول موج ۸۰۸ نانومتر) بر عاج برای پیشگیری در مقابل اروژن دندان را بررسی کردند. نتایج به وسیله SEM و پروفیلومتری بررسی شد و بدین صورت بود که لیزر دیود با انرژی ۶۰ J/cm² اثر بازدارنده بر دیمینرالیزاسیون عاج بدون هیچ اثر مضری دارد (۱۹). اگرچه در برخی مطالعات دیگر نشان داده

شده است که تابش لیزر اثر مضاعفی بر کاربرد فلوراید به تنهایی ندارد (۲۰، ۲۱). با توجه به تفاوت ساختمان مینا در دندان‌های شیری نسبت به دندان‌های دائمی، بر آن شدیم در این مطالعه به بررسی اثر سدیم فلوراید به همراه لیزر دیود و مقایسه آن با لیزر CO₂ در افزایش مقاومت مینای دندان شیری در مقابل دیمینرالیزاسیون بپردازیم.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه کاربردی-آزمایشگاهی، برای تعیین تعداد نمونه براساس میزان خطای نوع اول $\alpha = 0/05$ و $\beta = 0/2$ و با استفاده از رابطه

$$d = \frac{\mu_{max} - \mu_{min}}{s}$$

$$F = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{k+1}{3(k-1)}}$$

که در آن μ_{max} بزرگ‌ترین میانگین در گروه‌ها و μ_{min} کوچک‌ترین میانگین در گروه‌ها، S انحراف معیار گروه‌ها، F اندازه اثر و K تعداد گروه‌های مورد بررسی می‌باشد، تعداد نمونه‌ها در هر گروه برابر ۱۲ به دست آمد. لذا برای انجام این طرح ۱۲×۶ آزمایش برای گروه‌ها انجام شد.

از ۷۲ دندان انسیزور شیری مندیل انسانی (A,B) که به روش نمونه‌گیری آسان، از بین دندان‌های فاقد پوسیدگی، ترک و هیپوکلسیفیکاسیون که به دلیل طرح درمان ارتودنسی یا کمبود فضا یا لقی کشیده شده بودند، استفاده شد. دندان‌هایی که دارای ترک، ضایعات سفید و دیمینرالیزه و مشکلات ساختاری قابل ملاحظه بودند، از مطالعه حذف گردیدند. دندان‌ها از هنگام کشیده شدن به مدت ۲۴ ساعت در محلول تیمول ۰/۲ درصد قرار داده شد و پس از آن دندان‌ها در محلول سرم فیزیولوژی ۰/۹ درصد که به‌طور روزانه تعویض می‌شدند، در دمای اتاق تا زمان انجام مطالعه به مدت حداکثر سه ماه از زمان کشیده شدن نگهداری شدند. قبل از شروع مراحل تحقیق، تاج دندان‌ها با پودر پامیس و رابریک متصل به هندپیس دور کند، برساژ شدند. در مرحله بعد، ریشه

تمامی آن‌ها از حدود ۵ میلی‌متر زیر CEJ توسط هندپیس لابراتواری و دیسک الماسی شیار دار در حضور اسپری آب قطع گردید و سپس دندان‌ها به صورت جداگانه درون بلوک‌های آکریل شفاف مانت شدند. سطح لیال دندان‌ها با کاغذ سیلیکون کارباید ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ grit پالیش شد، بر روی سطح لیال دندان‌ها پنجره‌ای به ابعاد ۳*۳*۳، برچسب کاغذی گذاشته شد و اطراف آن با لاک ناخن پوشانده شد. به منظور شبیه‌سازی به محیط دهان هر ۷۲ دندان به مدت یک ساعت قبل از شروع آزمایش در داخل بزاق مصنوعی قرار گرفتند و تست سختی سنجی ویکرز (Vickers diamond, Koopa-MH1-Tehran-Iran) در سه نقطه از نمونه انجام شد که میانگین این سه نقطه به عنوان baseline در نظر گرفته شد، نیروی وارد شده توسط دستگاه ۵۰۰ گرم بود که در مدت ۱۰ ثانیه اعمال شد. سپس نمونه‌ها به صورت رندوم به ۶ گروه ۱۲ تایی تقسیم شدند: (۱) وارنیش NaF، (۲) وارنیش NaF همراه با لیزر دیود، (۳) وارنیش NaF همراه با لیزر CO₂، (۴) لیزر CO₂، (۵) لیزر دیود، (۶) کنترل (بدون درمان). در گروه‌های NaF از وارنیش سدیم فلوراید (Duraphat, Calgare, saopalo, Brazil 2.26% F) استفاده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در داخل بزاق مصنوعی قرار داده شدند و بعد از آن ۳۰ ثانیه با آب شستشو داده شدند و تست سختی سنجی ویکرز صورت گرفت.

در گروه‌هایی که قرار بود تحت درمان لیزر قرار بگیرند، بعد از خارج کردن نمونه‌ها از محلول فلوراید، لیزر درمانی با لیزر دیود (LAMBDA Scientifica S.p.a, LAEDL001.1, ITALY) با طول موج ۸۱۰ نانومتر (۱۶) و توان ۱/۵ W continues، به مدت ۱۵ ثانیه با فاصله ۱-۲ میلی‌متری با حرکت رفت و برگشت بر روی سطح نمونه‌ها صورت گرفت. در گروه‌های لیزر CO₂ (Smart us 20 D; Deka, florences Italy) لیزر با طول موج ۱۰/۶ μm و توان خروجی ۲ وات به

مدت ۱۰ ثانیه با فاصله ۲-۱ میلی متری از سطح نمونه‌ها، با spot سایز ۰/۲ mm با حرکت رفت و برگشت به صورت continuous بر روی سطح نمونه‌ها تابانده شد و سپس از نمونه‌ها تست سنجش ویکرز صورت گرفت تا میزان تاثیر این درمان‌ها در مقاوم سازی دندان بررسی شود و در نهایت نمونه‌ها وارد محلول دیمینرالیزاسیون شدند. نمونه‌ها در ۲۰ ml محلول ۰/۰۱ M، HCl با pH=۲ به مدت ۵ دقیقه قرار داده شدند و پس از شستشو با آب، نمونه‌ها در بزاق مصنوعی به میزان ۲۰ ml با pH=۷ به مدت ۱ ساعت قرار گرفتند. سپس میکروهاردنس نمونه‌ها به وسیله تست سنجش ویکرز سنجیده شد، بدین منظور بر سطح نمونه‌ها، ۳ ضربه عمودی با بار ۵۰۰ گرم به مدت ۱۰ ثانیه اعمال شد و فاصله این ضربات ۱۰۰ μm بود. قطر حفره ایجاد شده برای هر ضربه اندازه گیری شد و میانگین اعداد به دست آمده به عنوان ریز سختی نمونه در نظر گرفته شد. سپس درصد تغییرات میکروهاردنس نمونه‌ها بعد از درمان (SurfaceMicroHardness, SMH1) و بعد از چالش اسیدی (SMH2) با میکروهاردنس اولیه (SMH) طبق فرمول زیر محاسبه شد:

درصد تغییرات بعد از درمان^۱ (Surface microHardness Concentration) درصد تغییرات بعد از چالش اسیدی^۲ در گروه‌های درمانی مختلف مقایسه شد. جهت آنالیز آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد و تغییرات ریزسختی در گروه‌ها با آزمون ANOVA دوطرفه و یک طرفه و ارزیابی دو به دو گروه‌ها با آزمون TUKEY صورت پذیرفت.

یافته ها

این مطالعه به منظور مقایسه اثر دو نوع لیزر دیود و CO2 در ترکیب با فلوراید بر روی میکروهاردنس

دندان شیری انجام پذیرفت. به منظور مقایسه اثر محافظتی این درمان‌ها از تست میکروهاردنس ویکرز استفاده شد. زیرا افزایش میکروهاردنس دندان به منزله افزایش مقاومت دندان در برابر پوسیدگی می باشد. نتایج مطالعه نشان داد که تمامی درمان‌ها به جز گروه لیزر CO2، منجر به ارتقا سختی سطح مینا شده‌اند. جدول شماره ۱ میانگین سختی سطحی گروه‌های مختلف درمانی را نشان می‌دهد. همان طور که در جدول ذکر شده است، با در نظر گرفتن SHC1، تمامی درمان‌ها به جز گروه لیزر CO2 منجر به ارتقا سختی سطح مینا شده‌اند (p < ۰/۰۵) و هم چنین طبق SHC2، مقاومت دندان را نیز در برابر اسید افزایش داده‌اند. در این مطالعه، گروه NaF+ لیزر دیود، بیشترین میزان افزایش سختی سنجی و کمترین میزان دیمینرالیزاسیون را نشان داد و نسبت به گروه کنترل، حدود ۴۰ درصد کاهش دیمینرالیزاسیون را نشان داد که تفاوت معناداری را با سایر گروه‌ها نشان داد. بعد از آن گروه‌های سدیم فلوراید+CO2، NaF و لیزر دیود قرار داشتند که این گروه‌ها نسبت به گروه کنترل، کاهش دیمینرالیزاسیون را نشان دادند ولی تفاوت معنی داری بین این گروه‌ها وجود نداشت. بعد از آن‌ها گروه لیزر CO2 قرار داشت که نسبت به گروه کنترل، تفاوت معنی داری نداشت و با سایر گروه‌ها تفاوت معناداری را نشان داد.

جدول شماره ۱: میانگین سختی سطح نمونه‌ها و تغییرات آن پس از درمان و مواجهه با اسید

گروه	تعداد	میانگین سختی baseline	میانگین سختی بعد از اعمال فلوراید و لیزر	درصد افزایش	میانگین سختی بعد از HCl	درصد کاهش
NaF	۱۲	۵/۲۵۴	۳۳۷	٪۳۲	۱/۸۴	۷۴
DIODE+aF	۱۲	۳/۲۶۰	۸/۳۹۸	٪۵۳	۶/۱۸۳	۵۳
CO2+NaF	۱۲	۶/۲۴۳	۵/۳۳۴	٪۳۷	۱۱/۱۳	۶۳
CO2	۱۲	۰/۲۵۷	۲۷۷	٪۸	۳/۴۷	۸۲
DIODE	۱۲	۳/۲۴۵	۷/۳۳۱	٪۳۵	۶/۱۰۷	۶۷
کنترل	۱۲	۴/۲۴۸	۴/۲۴۸		۳/۲۴	۸۶
سطح معنی داری		۶۳۴/۰	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	

p-value کوچک تر از ۰/۰۵ معنی دار در نظر گرفته شده است.

- $SHC1 \times 100 = \frac{SMH1 - SMH}{SMH}$
- $SHC2 \times 100 = \frac{SMH2 - SMH1}{SMH1}$

بحث

این تحقیق که با هدف بررسی اثر لیزر دیود و لیزر CO₂ همراه با وارنیش NaF بر افزایش ریزسختی سطحی مینایی با استفاده از تست میکروهاردنس و بکرز انجام شد، نشان داد که وارنیش NaF و لیزر دیود به تنهایی به طور مشخصی باعث افزایش سختی سطحی مینا و کاهش حلالیت مینا در محلول اسیدی می شوند و هم چنین لیزر دیود در همراهی با وارنیش NaF باعث افزایش اثر آن می شود ($p < 0/05$). اما لیزر CO₂ به تنهایی اثر کمتری در این زمینه داشت؛ هر چند در همراهی با وارنیش NaF اندکی اثر آن را افزایش داد. تفاوت معناداری نیز بین گروه های سدیم فلوراید، سدیم فلوراید+لیزر CO₂ و لیزر دیود دیده نشد.

پتانسیل سدیم فلوراید در پیشگیری از پوسیدگی دندان در ارتباط با تشکیل لایه کلسیم فلوراید است که به عنوان سد و reservoir عمل می کند (۲۲، ۲۳). با این وجود توانایی NaF در پیشگیری از پوسیدگی دندان محدود است، زیرا CaF₂ در محیط اسیدی به راحتی حل می شود و نیاز به کاربرد مکرر جهت کاهش آروژن دندان دارد (۲۴). سدیم فلوراید به دو صورت محلول و وارنیش در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. فرم وارنیش توانایی چسبیدن به سطح دندان را دارد و اجازه افزایش زمان تماس آن را با مینا می دهد و در نتیجه مدت زمان طولانی تری فلوراید با سطح مینا واکنش داده و میزان جذب آن افزایش می یابد (۲۵).

در این تحقیق از لیزر دیود و CO₂ جهت بررسی تاثیر آن بر فلوراید موضعی استفاده شد. دلیل انتخاب این نوع لیزرها، افزایش مقاومت در برابر پوسیدگی و تقویت رمینرالیزاسیون (۲۶)، افزایش اثر فلوراید، کاهش نفوذپذیری مینایی نسبت به مواد شیمیایی، فیوژن و recrystallization کریستال های مینایی، کاهش محتوای کربنات که اتصال ضعیفی به کریستال های آپاتیت دارد و قابل حل می باشد و تجزیه ماتریکس ارگانیک و مسدود کردن فضای بین و درون منشوری می باشد (۲۷).

کاربرد لیزر می تواند باعث افزایش رسوب فلوراید در سطح مینا شود که این رسوبات، اتصال سستی به سطح دندان دارند و به عنوان ذخایر فلوراید عمل می کنند تا در مواقع لزوم آزاد شوند (۲۸). هر دو فرم فلوراید، سطحی یا کریستال های فلوروآپاتیت، می توانند حین حمله ی اسیدی از ساختمان دندان ها رها شده و باعث رمینرالیزاسیون و سختی سطحی مینا دندان شوند (۲۸). پس از تابش لیزر، توبول های سطحی مینا در اثر ذوب شدن مسدود شده و نیز بر اثر حرارت بالای ایجاد شده در ناحیه مورد تابش آب و ترکیبات آلی و یون کربنات که به مرور زمان وارد ساختار هیدروکسی آپاتیت شده است، از ساختار مینا خارج می شوند و نسبت ترکیبات معدنی بیش تر می شود (۲۹). تمام وقایع گفته شده بر اثر لیزر در سطح مولکولی است و باید تغییرات در سطح کریستال های هیدروکسی آپاتیت باشد. یعنی برای رسیدن به مقاومت مینایی، تغییر در ترکیب و آرایش کریستال های مینا کافیتست و ایجاد تغییرات سطحی بیش تر در مینا لزوماً به مقاومت بالاتر نمی انجامد. به دلیل حرارت بالای ایجاد شده توسط لیزر، علاوه بر تغییرات ساختاری مینا، اثرات ماکرومولکولی یا مورفولوژیک هم روی مینای دندان ایجاد می شود. با توجه به این که در این تحقیق از تابش همزمان لیزر و درمان فلوراید استفاده شد، به نظر می رسد مکانیسم احتمالی فقط استفاده از خاصیت حرارتی لیزر می باشد و در واقع لیزر احتمالاً به عنوان تسریع کننده واکنش فلوراید عمل کرده است.

تحقیقات متفاوتی از ترکیب فلوراید و لیزر استفاده کردند و از انواع مختلف فلوراید و لیزر بهره گرفته اند. اغلب نتایج نشان دهنده این مطلب می باشد که فلوراید و لیزر اثرات همدیگر را تقویت می کنند (۳۰، ۳۱). نظریات مختلفی در شرح دلایل افزایش مقاومت مینا بعد از کاربرد لیزر ذکر شده است؛ از جمله: (۱) لیزر باعث تبدیل هیدروکسی آپاتیت کربناته موجود در مینا به هیدروکسی آپاتیت می شود که حلالیت کمتری دارد و بنابراین مقاومت به اسید را افزایش می دهد (۶)، (۲) لیزر

فلورایددار به عنوان منبع فلوراید ذکر کرد که غلظت فلوراید کمتری داشته و در نتیجه تاثیر کمتری نسبت به فلوراید های غلیظ حرفه ای دارد. نعمتی و همکارانش نیز در مطالعه خود اثر دو نوع لیزر CO₂ و Er,Cr:YSGG همراه با ژل APF را بر مقاومت نمونه های مینایی بررسی کردند و نتیجه گرفتند کلیه روش های به کار رفته در کنترل پوسیدگی موثر هستند و تفاوت مشخصی با گروه کنترل ندارند. ولی ترکیب لیزر CO₂ همراه با APF به طور مشخصی نتیجه بهتری از سایر گروه ها داشت (۲۱). تمامی این تحقیقات نشان دادند که تابش لیزر CO₂ به همراه فلوراید موثرتر از تابش لیزر به تنهایی در پیشگیری از پوسیدگی است. با توجه به این که Salazar و همکارانش در مطالعه خود نتیجه گرفتند که استعداد به پوسیدگی ارتباط قوی با درجه سختی مینا دارد (۳۵)، می توان نتیجه گرفت مطالعات ذکر شده تائید کننده نتایج مطالعه حاضر نیز می باشد. هر چند مطالعات متعددی اثرات محافظتی لیزر CO₂ را در پیشگیری از پوسیدگی و پیشرفت آن نشان داده اند (۲۷، ۲۹)، نتایج مطالعه ما اثرات قابل ملاحظه ای در سختی مینا برای لیزر CO₂ به تنهایی نشان داد، هر چند در ترکیب با سدیم فلوراید اثرات آن ها را تا حدودی بهبود بخشید. به نظر می رسد این تفاوت به دلیل پارامترهای لیزر و روش به کار برده شده یا روش اندازه گیری تاثیر لیزر می باشد. Santaella و همکاران در سال ۲۰۰۴ ملاحظه کردند که تاثیر فلوراید موضعی بیش تر از تاثیر لیزر دیود است و لیزر دیود به تنهایی تاثیر چندانی در پیشگیری از پیشرفت ضایعات ندارد (۳۶). Ilkat و همکاران در سال ۲۰۰۶ پیشنهاد کردند که لیزر دیود به تنهایی تاثیر چشمگیری در کاهش حلالیت مینا ندارد. در این مطالعه از لیزر دیود با طول موج ۹۶۰ نانومتر استفاده شد (۳۷). به نظر می رسد این تفاوت به دلیل پارامترهای لیزر می باشد، زیرا در مطالعه حاضر از لیزر دیود با طول موج ۸۱۰ نانومتر استفاده شد.

Dos Santos و همکارانش در تحقیقی در سال ۲۰۰۱ درمان با فلوراید را قبل و بعد از تابش لیزر بررسی

باعث ذوب شدن کریستال های هیدروکسی آپاتیت و فیوژن نسبی آن ها و کریستالیزاسیون مجدد آن ها می شود و بنابراین سطح مینا سیل می شود و مقاومت افزایش می یابد (۳۲).

Featherstone و همکارانش در سال ۱۹۹۸ ملاحظه کردند که درمان لیزر با CO₂ با انرژی پایین همراه با درمان فلوراید به طور کامل پیشرفت ضایعه پوسیدگی در یک مدل pH-cycling را متوقف کرد (۵). ترکیب تابش لیزر و کاربرد فلوراید موضعی، رمینرالیزاسیون مینا را بیش تر از درمان فلوراید یا درمان لیزر به تنهایی کاهش می دهد (۳۳، ۳۴).

Hossain و همکارانش نیز در سال ۲۰۰۲ پیشنهاد کردند که ترکیب لیزر CO₂ با سدیم فلوراید در پیشگیری از پوسیدگی دندان، موثرتر از تابش لیزر CO₂ به تنهایی است (۳۴).

Featherstone و همکارانش در تحقیق دیگری در سال ۲۰۰۱ نشان دادند که ترکیب یک لیزر جدید CO₂ و APF اثر حفاظتی شاخصی در برابر پیشرفت پوسیدگی و تشکیل پوسیدگی در سطوح صاف ایجاد می کند. این تحقیق درمان با فلوراید را قبل و بعد از تابش لیزر بررسی کرد. بهترین نتیجه زمانی حاصل شد که فلوراید قبل از تابش لیزر استفاده شد (۳۳). نتایج مطالعه Tepper در سال ۲۰۰۴ نشان داد که تابش لیزر CO₂ به همراه محلول فلوراید منجر به افزایش مقاومت اسیدی نمونه های مینایی می شود. وی از لیزر CO₂، با توان ۲ وات، طول موج ۱۰/۶ μm به مدت ۱۰ ثانیه به صورت همزمان با فلوراید استفاده کرد. در این تحقیق نیز همین پارامترها به کار برده شد. اگرچه در تحقیق Tepper، اختلاف شاخصی بین گروه های حاضر غیر از گروه کنترل وجود نداشت (۱۷).

Rodrigues نیز در سال ۲۰۰۶ مشاهده کرد لیزر CO₂ باعث مقاومت دمینرالیزاسیون مینایی دندان می شود و وقتی با فلوراید همراه شود اثر آن افزایش می یابد (۶). این محقق، لیزر را در مهار پوسیدگی موثرتر از فلوراید یافت، علت این نتیجه را می توان استفاده از خمیر دندان

ندارد، ولی لیزر به تنهایی و در ترکیب با فلوراید موثر است و توان لیزر مصرفی در نفوذپذیری مینا اثر می‌گذارد و در این مطالعه توان ۱/۵ وات، بیش‌ترین نفوذپذیری را در مینا ایجاد کرد (۴۱).

مطالعات ذکر شده تأییدکننده نتایج مطالعه حاضر نیز می‌باشد. در مطالعه حاضر لیزر دیود نسبت به لیزر CO₂ در افزایش ریزسختی دندان موثرتر بوده است که علت آن می‌تواند این باشد که لیزرهای High-power مثل لیزر CO₂ می‌توانند آسیب‌های حرارتی برگشت ناپذیری در سطح دندان ایجاد کنند، از جمله ایجاد خطوط ترک، نواحی ذوب شده و... که بر اساس نتایج مطالعه حاضر در مورد لیزر دیود این عوارض مشاهده نشد و از آنجایی که مطالعه در مورد اثرات لیزر دیود بر روی دندان‌های شیری اندک می‌باشد، نیاز به مطالعات بیش‌تری در این زمینه می‌باشد. پارامترهای لیزر مشخص‌کننده میزان جذب و نفوذ و دمای تابش می‌باشد که فاکتور تعیین‌کننده در تغییرات شیمیایی (دمای پایین) یا تغییرات مورفولوژی (دمای بالا) سطوح دندان و هم‌چنین اثرات سوء بر پالپ است (۱۱). پارامترهای استفاده شده در این مطالعه بر اساس نتایج و توصیه‌های مطالعات قبلی می‌باشد (۲۳).

سپاسگزاری

این مطالعه با پشتیبانی مرکز تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی بابل و مرکز لیزر دانشکده دندانپزشکی دانشگاه تهران انجام پذیرفت که لازم است بدین‌وسیله نویسندگان مقاله، مراتب قدردانی و تشکر را از مسئولین این مراکز اعلام نمایند.

References

1. Pinkham JR, Casamassimo PS. Pediatric dentistry: infancy through adolescence. 5th ed. Missouri: Elsevier; 2013. p. 200-205.
2. Azarpazhooh A, Limebach H. Clinical efficacy of casein derivatives: A systemic review of

کردند. بهترین نتیجه زمانی حاصل شد که فلوراید قبل از تابش لیزر استفاده شد (۲۹). در مطالعه حاضر نیز از فلوراید قبل از تابش لیزر استفاده شد. در مطالعه Vitale و همکاران (۱۴) و مطالعه Gonzalez و همکاران (۳۸) در سال ۲۰۱۱ ملاحظه کردند که لیزر دیود باعث افزایش جذب یون فلوراید می‌شود. علت آن را تغییرات حرارتی لیزر ذکر کردند که باعث افزایش سختی سطح دندان می‌شود و بنابراین گیر فلوراید و نفوذ آن را بر روی سطح دندان افزایش می‌دهد.

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۳ در برزیل انجام شد، Ramalho و همکاران اثر لیزر CO₂ با طول موج ۱۰/۶ میکرومتر و زمان پالس ۵ میکروثانیه و فلوراید را در جلوگیری از خوردگی توسط اسید سیتریک بررسی کردند. نتایج مطالعه نشان داد که گروه‌های لیزر-فلوراید و لیزر نسبت به گروه فلوراید، مقاومت بیش‌تری نشان داده بودند. در این مطالعه لیزر به تنهایی نیز اثر قابل توجهی روی مقاومت مینا داشت، اگرچه ترکیب آن با فلوراید موثرتر بود (۳۹). در مطالعه‌ای که توسط فکرآزاد و همکاران در سال ۲۰۱۴ انجام شد، اثر فلوراید در ترکیب با لیزر بیش‌تر از اثر فلوراید به تنهایی بود و در این مطالعه لیزر به تنهایی تأثیر چندانی در مقاومت مینا نداشت (۱۶). Rechmann و همکاران در سال ۲۰۱۶ اثر لیزر CO₂ را در پیشگیری از پوسیدگی بررسی کردند و مشاهده کردند که لیزر با و بدون فلوراید باعث کاهش پوسیدگی بدون هرگونه تغییرات در سطح مینا می‌شود (۴۰). Rocha و همکاران در سال ۲۰۱۶ اثر لیزر CO₂ در ترکیب با استانوس فلوراید را بررسی کردند و نتایج نشان داد استانوس فلوراید به تنهایی اثر چندانی در مقاومت دندان

literature. J Am Dent Assoc 2008; 139(7): 915-924.

3. Ten Cate JM. Review on fluoride with special emphasis on calcium fluoride mechanisms in caries prevention. Eur J Oral Sci 1997; 105(5):

- 461-465.
4. Saxegaard E, Rolla G. Fluoride acquisition on and in human enamel during topical application in vitro. *Scand J Dent Res* 1988; 96: 523-535.
 5. Featherstone JD, Barrett-Vespone NA, Fried D, Kantorowitz Z, Seka W. CO₂ laser inhibition of artificial caries-like lesion progression in dental enamel. *J Dent Res* 1998; 77(6): 1397-1403.
 6. Rodrigues LK, Nobre Dos Santos M, Featherstone JD. In situ mineral loss inhibition by CO₂ laser and fluoride. *J Dent Res* 2006; 85(7): 617-621.
 7. Esteves-Oliveira M, Zezell DM, Ana PA, Yekta SS, Lampert F, Eduardo CP. Dentine caries inhibition through CO₂ laser (10.6 μm) irradiation and fluoride application, in vitro. *Arch Oral Biol* 2011; 56(6): 533-539.
 8. Lomke MA. Clinical application of dental laser. 2009: 47-59. Available from: www.agd.org. Accessed May 2, 2015.
 9. Vanaja KN, Sangeetha S, Dhayanand JV. Laser in periodontics Ascientific boon or bane. *SRM Journal of Research in Dental Sciences* 2010; 1(1): 91-98.
 10. Hossain M, Nakamura Y, Kimura Y, Yamada Y, Ito M, Matsumoto K. Caries-preventive effect of Er: YAG laser irradiation with or without water mist. *J Clin Laser Med Surg* 2000; 18(2): 61-65.
 11. Magalhães AC, Romanelli AC, Rios D, Comar LP, Navarro RS, Grizzo LT, et al. Effect of single applicatin of TiF₄ and NaF varnish and solutions combined with Nd: YAG laser irradiation on enamel erosion in vitro. *Photomed Laser Surg* 2011; 29(8): 537-544.
 12. Flaitz CM, Hicks MJ, Westerman GH, Berg GH, Belankenau RJ, Powell GL. Argon laser irradiation and acidulated phosphate fluoride treatment in caries-like lesion formation in enamel: an in vitro study. *Pediatr Dent* 1995; 17(1): 31-5.
 13. Westerman GH, Ellis RW, Latta MA, Powell GL. An In Vitro Study of Enamel Surface Microhardness Following Argon Laser Irradiation and Acidulated Phosphate Fluoride Treatment. *Pediatr Dent* 2003; 25(5): 497-500.
 14. Vitale MC, Zaffe D, Botticell AR, Caprioglio C. Diode laser irradiation and fluoride uptake in human teeth. *Eur Arch Paediatr Dent* 2011; 12(2): 90-92.
 15. Fejerskov O, Clarkson BH. Dynamics of caries lesion formation: Fluoride in dentistry; 1996. p. 187-214.
 16. Fekrazad R, Ebrahimipour L. Evaluation of acquired acid resistance of enamel surrounding orthodontic brackets irradiated by laser and fluoride application. *Laser Med Sci* 2014; 29(6): 1793-1798.
 17. Tepper SA, Zehnder M, Pajarola GF, Schmidlin PR. Increased fluoride uptake and acid resistance by CO₂ laser-irradiation through topically applied fluoride on human enamel in vitro. *J Dent* 2004; 32(8): 635-641.
 18. Anaraki SN, Serajzadeh M, Fekrazad R. Effects of laser assisted fluoride therapy with a CO₂ laser and Er,Cr: YAG laser on enamel demineralization. *Pediatr Dent* 2012; 34(4): 92-96.
 19. De-melo MAS, Passos VF, Alves JJ, Barros EB, Santiago SL, Rodrigues LKA. The effect of diode laser irradiation on dentin as a preventive measure against dental erosion. *Lasers Med Sci* 2011; 26(5): 615-621.
 20. Apel C, Meister J, Gotz H, Duschner H, Gutknecht N. Structural changes in human dental enamel after subablative erbium laser irradiation and its potential use for caries prevention. *Caries Res* 2005; 39(1): 65-70.

21. Apel C, Meister J, Schmitt N, Graber HG, Gutknecht N. Calcium solubility of dental enamel following subablative Er: YAG and Er: YSGG laser irradiation in vitro. *Lasers Surg Med* 2002; 30: 337-341.
22. Hove LH, Holme B, Young A, Tveit AB. The protective effect of TiF₄, SnF₂ and NaF against erosion-like lesions in situ. *Caries Res* 2008; 42(1): 68-72.
23. Magalhaes AC, Levy FM, Rios BD. Effect of a single application of TiF₄ and NaF varnishes and solutions on dentin erosion in vitro. *J Dent* 2010; 38(2): 153-157.
24. Wang X, Klocke A, Mihailova B, Tosheva L, Bismayer U. New insights into structural alteration of enamel apatite induced by citric acid and sodium fluoride solutions. *J Phys Chem B* 2008; 112(29): 8840-8848.
25. Wiegand A, Magalhaes AC, Navarro RS, Schmidlin PR, Rios D, Buzalaf MAR, et al. Effect of Titanium Tetrafluoride and Amine Fluoride Treatment Combined with Carbon Dioxide Laser Irradiation on Enamel and Dentin Erosion. *Photomed Laser Surg* 2010; 28(2): 219-226.
26. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's Restorative Dental Materials*. 13th ed. Mosby; 2012.
27. Chin-Ying SH, Xiaoli G, Jisheng P, Wefel JS. Effects of CO₂ laser on fluoride uptake in enamel. *J Dent* 2004; 32(2): 161-167.
28. Moritz A BF, Goharkhay K, Schoop U, Strassl M, Verheyen P, Walsh LJ, et al. *Oral Laser Application*. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH; 2006.
29. Nobre Dos Santos M, Featherstone J, Fried D. Effect of a new carbon dioxide laser and fluoride on sound and demineralized enamel. *Proceeding of SPIE* 2001; 4249: 169-174.
30. Chen CC, Huong ST. The effects of lasers and fluoride on the acid resistance of decalcified human enamel. *Photomed Laser Surg* 2009; 27(3): 447-152.
31. Magalheas AC, Rios D, Honrio HM, Delbem ACB, Buzalaf MAR. Effect of 4% titanium tetrafluoride solution on the erosion of permanent and deciduous human enamel: an in situ/ex vivo study. *J Appl Oral Sci* 2009; 17(1): 56-60.
32. Rodrigues LK, Nobre Dos Santos M, Pereira D, Assaf AV, Pardi V. Carbon dioxide laser in dental caries prevention. *J Dent* 2004; 32(7): 531-540.
33. Rodrigues LK, Nobre Dos Santos M, Pereira D, Assaf AV, Pardi V. Carbon dioxide laser in dental caries prevention. *J Dent* 2004; 32(7): 531-540.
34. Hossain MM, Hossain M, Kimura Y, Kinoshita J, Yamada Y, Matsumoto K. Acquired acid resistance of enamel and dentin by CO₂ laser irradiation with sodium fluoride solution. *J Clin Laser Med Surg* 2002; 20(2): 77-82.
35. Salazar MPG, Gasga JR. Enamel hardness and caries susceptibility in human teeth. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales* 2001; 21(2): 36-40.
36. Santaella MR, Braun A, Matson E, Frentzen M. Effect of diode laser and fluoride varnish on initial surface demineralization of primary dentition enamel. *Int J Pediatr Dent* 2004; 14(3): 199-203.
37. Kato IT, Kohara EK, Sarkis JE, Wetter NU. Effects of 960-nm diode laser irradiation on calcium solubility of dental enamel. *Photomed Laser Surg* 2006; 24(6): 689-693.
38. González-Rodríguez A, de Dios López-González J, del Castillo Jde D, Villalba-Moreno J. Comparison of effects of diode laser and CO₂ laser on human teeth and their usefulness in topical fluoridation. *Lasers Med Sci* 2011; 26(3): 317-324.

39. Ramalho KM, Eduardo Cde P, Heussen N, Rocha RG, Lampert F, Apel C, et al. Protective effect of CO2 laser (10.6 μm) and fluoride on enamel erosion in vitro. *Lasers Med Sci* 2013; 28(1): 71-78.
40. Rechmann P, Rechmann BM, Groves WH, Le CQ, Rapozo-Hilo ML, Kinsel R, et al. Caries inhibition with a CO2 9.3 μm laser: an invitro study. *Lasers Surg Med* 2016; Doi: 10.1002/Ism. 22497.
41. Rocha CT, Turssi CP, Rodrigues AL, Corona SA. Impact of CO2 laser and stannous fluoride on primary tooth erosion. *Lasers Med Sci* 2016; 31(3): 567-571.