

ارزیابی مقایسه‌ای ریزنش ناحیه اکلوزال و سرویکال حفرات تهیه‌شده با لیزر Er:YAG و فرز معمولی

سکینه آرامی^۱سیما شهابی^۲معصومه طباطبایی^۳نسیم چینی فروش^۴احسان مرشدی^۵سارا ترابی^۵

خلاصه

مقدمه: کاربرد لیزر در رشته دندانپزشکی از قبیل حذف پوسیدگی‌ها و آماده‌سازی حفرات ترمیمی و نیز تغییر خصوصیات سطحی برای اتصال بهتر مواد ترمیمی به دندان مورد توجه خاصی قرار گرفته است. هدف از این مطالعه انجام مقایسه‌ای بین ریزنش ترمیم‌های کامپوزیت در ناحیه اکلوزال و سرویکال حفرات تهیه‌شده با لیزر Er:YAG و حفرات تهیه‌شده به روش متداول با استفاده از فرز الماسی و توربین بود.

روش بررسی: تعداد ۱۲ عدد دندان مولر سالم برای این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند سپس نمونه‌ها به‌صورت تصادفی به ۲ گروه ۶ تایی تقسیم شدند و روی هر نمونه دو حفره کلاس V یکی در باکال و دیگری روی سطح لینگوال توسط توربین یا لیزر Er:YAG تهیه شد. پس از پروسه اچینگ و باندینگ، حفرات به‌صورت incremental توسط رزین کامپوزیت، پُر و هر لایه به مدت ۴۰ ثانیه کیور شد. به کلیه سطوح دندان‌ها تا ۱ میلی‌متری مارژین‌های ترمیم دو لایه وارنیش مقاوم به اسید (لاک ناخن) زده شد. بعد نمونه‌ها درون محلول متیلن بلوی ۲ درصد قرار گرفتند و پس از ۲۴ ساعت شسته و خشک شدند. پس از برش نمونه‌ها در امتداد محور طولی، دندان به دو نیمه باکالی و لینگوالی تقسیم شدند. سپس نمونه‌ها به‌صورت کور زیر میکروسکوپ نوری بررسی شدند.

یافته‌ها: نتایج مربوط به نفوذ رنگ بین ۲ گروه در ناحیه سرویکال و اکلوزال به‌صورت جداگانه توسط آزمون Kruskal-Wallis مورد ارزیابی قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری بین دو گروه از نظر نفوذ رنگ دیده نشد. **نتیجه‌گیری:** بدون توجه به روش به‌کار برده شده برای تهیه حفرات ترمیمی (لیزر Er:YAG یا فرز الماسی)، ریزنش ناحیه سرویکال ترمیم‌های کلاس V که روی سطح ریشه قرار دارد، به‌صورت معنی‌داری از ریزنشت مارژین‌های ناحیه اکلوزال واقع بر مینا بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: ریزنشت، کامپوزیت رزین، لیزر Er:YAG، متیلن بلو

^۱ استادیار ترمیمی، دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران
^۲ دانشیار مواد دندان، مرکز تحقیقات لیزر در دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران
^۳ دانشیار ترمیمی، مرکز تحقیقات لیزر در دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران
^۴ دندانپزشک، مرکز تحقیقات لیزر در دندانپزشکی دانشگاه دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران
^۵ دندانپزشک

نویسنده مسئول: نسیم چینی فروش - مرکز تحقیقات لیزر در دندانپزشکی، تلفن تماس: ۹۱۲۴۹۹۱۲۱
 پست الکترونیک: n-chiniforush@tums.ac.ir

مقدمه

انرژی لیزر Er:YAG با طول موج ۲۹۴۰ نانومتر به میزان زیادی توسط آب جذب می‌گردد که معادل میزان انرژی است که به‌خوبی توسط هیدروکسی آپاتیت جذب می‌شود، بنابراین از هر سیستم لیزر دیگری در برداشت بافت سخت دندان مؤثرتر است [۵ و ۶] و این کار را با حداقل آسیب حرارتی به ساختمان‌های دندان انجام می‌دهد، پس یکی از اولین موارد استفاده لیزر Er:YAG حذف بافت‌های سخت دندان [۱] و آماده‌سازی سطحی است.

به‌همین دلیل کارایی لیزر Er:YAG در رشته دندانپزشکی از قبیل حذف پوسیدگی‌ها و آماده‌سازی حفرات ترمیمی [۵ و ۷] و نیز تغییر خصوصیات سطحی برای اتصال بهتر مواد ترمیمی به دندان توسط پژوهشگران زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است [۸ و ۹]. به‌علاوه در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در حوزه ریزنشت ترمیم‌های

اخیراً، استفاده از لیزر در حیطه دندانپزشکی ترمیمی برای نیل به اهدافی از قبیل تراش حفره و آماده‌سازی سطحی مینا و عاج مورد توجه قرار گرفته است تاجایی که برخی آن را جایگزینی برای روش‌های متداول تراش حفره با فرز و اچ کردن آن با اسید دانسته‌اند [۱ و ۲]. باوجود پیشرفت‌های حاصل‌شده در کاهش shrinkage ترمیم‌های کامپوزیت، این مسئله همچنان به‌عنوان عاملی مهم در کاستن میزان موفقیت ترمیم‌های کامپوزیتی مطرح است [۳]. بنابراین بسیار مهم است که از طریق آماده‌سازی سطحی دندان، اتصال محکمی بین دندان و ترمیم به‌دست آید [۴]. روش متداول موجود برای آماده‌سازی سطحی دندان استفاده از اسید برای اچ کردن مینا و عاج است که اخیراً این فرآیند توسط لیزر نیز به انجام رسیده است.

پارامترهای لیزر به کار برده شده در این مطالعه برای برداشت مینا توان خروجی ۴/۵ وات، انرژی ۴۵۰ میلی ژول و فرکانس ۱۰ هرتز برای برداشت عاج توان خروجی ۳ وات، انرژی ۳۰۰ میلی ژول و فرکانس ۱۰ هرتز بود.

برای اچ کردن حفرات با استفاده از اسید، طبق دستور کارخانه سازنده ابتدا ژل اسید فسفریک ۳۷/۵ درصد فقط روی مینا به مدت ۱۰ تا ۱۵ ثانیه زده شد سپس در ۱۰ ثانیه بعدی سطوح عاجی نیز علاوه بر سطوح مینایی به اسید آغشته شد، سپس به مدت ۳۰ ثانیه زیر اسپری آب و هوا شسته شد. برای خشک کردن حفرات از پوار هوای بدون چربی و روغن استفاده شد. برای به دست آوردن سطح کاملاً خشک مینایی و در عین حال به دست آوردن سطحی از عاج با نمای مرطوب (جهت جلوگیری از کلاپس رشته‌های کلاژن و انجام عمل Wet Bonding) قبل از خشک کردن، یک گلوله پنبه‌ای کوچک به ملایمت درون حفره روی سطوح عاجی قرار داده شد و پس از اطمینان از خشک شدن کامل مینا (مشاهده نمای گچی در مینا) گلوله پنبه‌ای به ملایمت و به‌طور کامل برداشته شد.

سپس برای کلیه گروه‌ها عمل زدن باندینگ انجام شد. برای این منظور از (Kerr, Italy) Opti Bond Solo Plus که یک سیستم چسباننده نسل پنجم (One component Ternary solvent: Acetone, water, Ethanol) است، طبق دستور کارخانه سازنده استفاده شد. به این صورت که عمل راب کردن باندینگ روی سطوح دندان به مدت ۲۰ ثانیه توسط میکروبراش انجام شد و سپس به مدت ۲ ثانیه زیر جریان بسیار ملایم هوا قرار گرفت و توسط دستگاه لایت کیور (Coltolux 75 curing light Coltene Whaledent) به مدت ۲۰ ثانیه کیور شد. سپس حفرات به صورت incremental توسط رزین کامپوزیت (Kerr, Premise, Italy) پُر و هر لایه به مدت ۴۰ ثانیه کیور شد.

بعد از ترمیم، کلیه نمونه‌ها درون آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند و بعد توسط فرز پرداخت شدند و مولت لاستیکی عمل Polishing & Finishing صورت گرفت. نمونه‌های همه گروه‌ها ۵۰۰ مرتبه تحت سیکل‌های حرارتی ۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. زمان قرارگرفتن نمونه‌ها درون هر یک از حمام‌های آب ۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گرادی ۲۰ ثانیه و زمان انتقال از هر حمام به حمام بعدی ۲۰ ثانیه و در نتیجه زمان کل هر سیکل ۶۰ ثانیه بود.

سپس برای جلوگیری از نفوذ ماده رنگی از سایر منافذ موجود به غیر از مارجین‌های ترمیم، به کلیه سطوح دندان‌ها تا ۱ میلی‌متری مارجین‌های ترمیم، دو لایه وارنیش مقاوم به اسید (لاک ناخن) زده شد.

بعد، نمونه‌ها درون محلول متیلن بلو ۲ درصد قرار گرفتند و پس از ۲۴ ساعت شسته و خشک شدند و درون بلوک‌هایی از آکريل

کامپوزیتی صورت گرفته است [۱۰ و ۱۱]. اما، آثار تابش‌های لیزر بر خصوصیات سطحی بافت دندانی هنوز به‌طور کامل مشخص نشده است که آیا این تابش‌ها به شکل سودمندی خصوصیات سطحی بافت دندانی را بهبود می‌بخشند یا خیر. این مسئله نیازمند مطالعات بیشتری است تا مشخص شود که پرتوهای لیزر در مقایسه با روش‌های متداول اچ شیمیایی با اسید، باعث افزایش ریزنشست می‌شود یا کاهش آن [۱۲]. هدف این مطالعه این است که بین ریزنشست ترمیم‌های کامپوزیتی در حفرات کلاس V تهیه و یا اچ شده با روش معمول (استفاده از فرز و اسید) و حفراتی که با لیزر Er:YAG تهیه شده‌اند، مقایسه‌ای انجام دهد تا قابلیت‌های این لیزر را به‌عنوان جایگزینی قابل اعتماد برای تهیه و یا اچ کردن حفرات در کنار خصوصیات مثبت تأیید شده آن از قبیل کاهش نیاز به بی‌حسی موضعی [۱۳ و ۱۴]، ایجاد خشونت سطحی با ابعاد میکروسکوپی بدون دمی‌نرالیزه کردن سطح دندان، استریل کردن سطح عاج و ایجاد توبول‌های عاجی باز بدون تولید لایه اسمیر [۱۵] به اثبات رساند.

روش بررسی

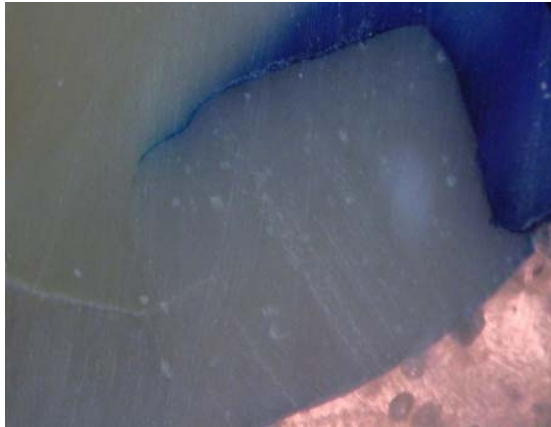
تعداد ۱۲ عدد دندان مولر سالم و بدون پوسیدگی انسان که در فاصله یک ماه قبل از شروع مطالعه از ساکت خود خارج شده بودند، برای این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. این نمونه‌ها ابتدا زیر جریان آب تمیز شدند و سپس باقی‌مانده بافت‌های چسبیده به آن‌ها توسط یک سیکل اسکیلر (Hu-Friedy Chicago, USA) برداشته شد. سپس برای ضد عفونی کردن دندان‌ها در محلول کلرامین ۰/۵ درصد به مدت یک هفته در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. برای جلوگیری از نفوذ ماده رنگی به فضای پالپ، اپکس دندان‌ها توسط رزین آکرلی خودسخت‌شونده به‌طور کامل سیل شد. سپس نمونه‌ها به‌صورت تصادفی به ۲ گروه ۶ تایی تقسیم شدند و روی هر نمونه دو حفره کلاس V یکی در باکال و دیگری روی سطح لینگوال تهیه شد که نتیجه آن ۱۲ حفره در هر گروه بود. خصوصیات ابعادی حفرات، مشابه هم بود (۴ میلی‌متر پهنا، ۳ میلی‌متر ارتفاع و ۱/۵ میلی‌متر عمق). ابعاد حفرات حین تهیه آن‌ها با پروب اندازه‌گیری می‌شد. درضمن مارجین‌های کروئالی حفرات روی مینا و مارجین‌های جینجیوالی روی سمان تراشیده شدند. گروه‌های مورد مطالعه به قرار زیر بودند:

گروه ۱- حفرات با استفاده از لیزر Er:YAG تهیه و توسط فسفریک اسید ۳۷/۵ درصد (Kerr, Italy) اچ شدند.

گروه ۲- حفرات با استفاده از فرز الماسی و (SS White burs, Inc. Lakewood, NJ USA) (Black Pearl Eco, Inc. Lakewood, NJ USA) زیر اسپری آب و هوا تهیه و توسط اسید فسفریک اچ شدند.

Wallis مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه آن که بین میکرولیکیج ۲ گروه در ناحیه اکلوزال تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($P=0/789$). به همین ترتیب نیز بین میکرولیکیج گروه‌ها در ناحیه سرویکال تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($P=0/472$).

از آزمون Wilcoxon signed Ranks Test نیز برای ارزیابی تفاوت میکرولیکیج بین ناحیه اکلوزال و سرویکال ترمیم‌ها در هر یک از دو گروه استفاده شد. نتیجه آن که در هر دو گروه میکرولیکیج ناحیه سرویکال به طور معنی داری از ناحیه اکلوزال بیشتر بود ($P<0/05$).



شکل ۱: نفوذ ماده رنگی تا کف حفره



شکل ۲: نفوذ ماده رنگی در حد مینا (سمت چپ)



شکل ۳: نفوذ ماده رنگی در حد دیواره عاجی (سمت راست)

خودسخت‌شونده مدفون شدند و توسط دستگاه Isomet Buehler با یک دیسک با سرعت کم همراه با آب و صابون در امتداد محور طولی دندان به دو نیمه باکالی و لینگوالی تقسیم شدند. سپس نمونه‌ها به صورت کور زیر میکروسکوپ نوری (Olympus CX31, Olympus America Inc) با بزرگنمایی

Group	Dye penetration scores			
	N	E	D	F
۱	۰	۶	۲	۴
۲	۰	۷	۴	۱

×۳۰ مورد بررسی قرار گرفتند و براساس محدوده نفوذ رنگ به هر کدام از نمونه‌ها درجه ای تعلق گرفت (جدول ۱، شکل ۱).

جدول ۱: تقسیم بندی نفوذ رنگ

شماره	میزان نفوذ
۱	عدم نفوذ
۲	نفوذ به دیواره‌های مینایی
۳	نفوذ به دیواره‌های آگزیاال حفره
۴	نفوذ به مارژین سمتوم حفره
۵	نفوذ به کف حفره

نتایج

تمام نمونه‌ها پس از برش در دستگاه Isomet، زیر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ×۳۰ به صورت کور بررسی شدند و اطلاعات مربوط به نفوذ رنگ زیر ترمیم‌ها در دو ناحیه کروئال و اپیکال ترمیم‌ها به صورت جداگانه بررسی شد (جدول ۲ و ۳).

جدول ۲: نتایج درجه نفوذ رنگ در ناحیه کروئال ترمیم‌ها

سپس اطلاعات مربوط به نفوذ رنگ بین ۲ گروه در ناحیه سرویکال و اکلوزال به صورت جداگانه توسط آزمون Kruskal-

جدول ۳: نتایج درجه نفوذ رنگ در ناحیه اپیکال ترمیم‌ها

Dye penetration scores			
Group	N	C	D
	F		
۱	+	+	۲
	۱۰		
۲	+	+	۳
	۹		

بحث

هدف از این مطالعه انجام مقایسه‌ای بین ریزنشست ترمیم‌های کامپوزیت در ناحیه اکلوزال و سرویکال حفرات تهیه‌شده با لیزر Er:YAG و حفرات تهیه شده به روش متداول با استفاده از فرز الماسی و توربین بود. در این مطالعه نیز همانند بسیاری از مطالعات دیگر در زمینه ریزنشست از روش استانداردشده نفوذ ماده رنگی برای ارزیابی ریزنشست بهره گرفته شد.

شهابی و همکاران در مطالعه خود هنگام تهیه حفره، مارجین‌های اپیکالی حفرات را تا سطح ریشه گسترش دادند زیرا نشان داده شده است در حفراتی که مارجین‌های اپیکالی آن‌ها روی سطح ریشه (روی سمان) قرار گرفته‌اند، ریزنشست به‌عنوان یک فاکتور نگران‌کننده موفقیت ترمیم‌های کلاس II و کلاس V را تهدید می‌کند [۱۶]. بنابراین در این مطالعه نیز گسترش اپیکالی حفرات تا سطح ریشه (سمان) ادامه یافت. در مطالعه شهابی و همکاران ریزنشست کمتری در مارجین‌های تهیه‌شده با لیزر دیده شد اما، در مطالعه حاضر تفاوتی بین روش‌های مختلف تهیه حفره مشاهده نگردید که ممکن است ناشی از تفاوت در نوع لیزر (Er,Cr:YSGG) در مطالعه شهابی و Er:YAG در این مطالعه) باشد.

Palma Dibb و همکاران [۱۷] سیستم‌های چسباننده مختلفی را در حفرات آماده شده با استفاده از لیزر Er:YAG به کار بردند و بدون توجه به نوع ماده به کار برده‌شده، درجات بالاتری از ریزنشست را در مارجین‌های سرویکالی که روی سمان و عاج واقع شده بودند در مقایسه با مارجین‌های کروئالی نشان دادند که این نتایج همسو با یافته‌های مطالعه حاضر است. این درجات بالاتر ریزنشست در مارجین‌های سرویکالی ممکن است ناشی از قابلیت کمتر سمان در تشکیل لایه هیبرید و همین‌طور ناشی از حساسیت تکنیکی باندینگ

به عاج در مقایسه با باندینگ به مینا باشد [۱۵]. عامل مؤثر دیگر در وقوع ریزنشست بیشتر در مارجین‌های سرویکالی می‌تواند ناشی از فقدان توبول‌های عاجی در ۱۰۰ میکرومتر ابتدایی مارجین‌های سرویکالی و نیز محتوای آلی بیشتر عاج در مقایسه با مینا باشد [۱۸].

دلایل مختلفی از قبیل ایجاد گپ در محل اتصال ترمیم با دندان و نیز تغییرات فشار در این محل در توضیح پدیده ریزنشست مطرح شده است. این تغییر فشار به‌علت تفاوت در ضریب انبساط حرارتی ساختمان‌های دندانی و مواد ترمیمی و همچنین ناشی از شریکنکیج مواد ترمیمی رزینی در ضمن کیور شدن است [۱۰ و ۱۹]. به‌همین دلیل در این مطالعه نمونه‌ها، ۵۰۰ مرتبه سیکل‌های حرارتی بین ۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد را پشت سر گذاشتند تا به این ترتیب تغییرات دمایی محیط دهان که منجر به شکل‌گیری گپ در محل تماس ترمیم با دندان می‌گردد، شبیه سازی شود.

هرچند اسید اچ کردن مارجین‌های مینایی به‌طور مشخص منجر به کاهش ریزنشست می‌گردد [۱۹ و ۲۰]. یافته مشابهی که نشان دهد اسید اچ کردن عاج نیز به همان میزان منجر به کاهش ریزنشست در مارجین‌های عاجی ترمیم شود، وجود ندارد [۲۱].

در اثر اسید اچ کردن عاج، عاج پرتوبولار بیشتر اچ می‌شود که منجر به ایجاد بازشدگی‌های مخروطی شکل در دهانه توبول‌های عاجی می‌گردد. این بازشدگی‌ها در زمان شریکنکیج ماده ترمیمی به خروج آن از حفره کمک می‌کند [۲۲]. درحالی‌که در اثر آماده سازی سطحی عاج به وسیله لیزر Er:YAG، هیچ‌گونه بازشدگی مخروطی در دهانه توبول‌های عاجی اتفاق نمی‌افتد [۲۳]. همچنین لیزر Er:YAG منجر به افزایش گیر ترمیم‌های رزینی از طریق افزایش سطح چسبنده می‌گردد. این درحالی است که تابش‌های این لیزر همچنان دهانه توبول‌های عاجی را باز نگه می‌دارد تا در تشکیل لایه هیبرید شرکت کنند [۲۴].

در اثر اسید اچ کردن عاج، هم عاج پرتوبولار و هم عاج اینترتوبولار دمینرالیزه می‌گردند که این امر منجر به اکسپوز شدن رشته‌های کلاژن می‌گردد، این الیاف کلاژن دمینرالیزه شده به‌همراه سیستم چسباننده در شکل‌دهی لایه هیبرید مشارکت می‌کنند [۲۵]. این فرآیند، نیازمند رطوبت کافی در سطح عاج است در غیر این‌صورت تشکیل لایه هیبرید به‌دلیل کلاپس الیاف کلاژن کاهش می‌یابد [۲۵ و ۲۶]. این درحالی است که لیزر Er:YAG منجر به دمینرالیزه شدن سطح عاج نمی‌گردد و در نتیجه آن الیاف کلاژن که در تشکیل لایه هیبرید مهم هستند، اکسپوز نمی‌شوند [۱۵]. تابش‌های لیزر Er:YAG منجر به تبخیر ناگهانی محتوای آب بافت سخت دندان و این امر موجب افزایش فشار داخلی نسج دندان می‌گردد. این فشار موجب در هم پاشیدن محتوای معدنی نسج سخت دندان قبل از ذوب شدن آن توسط تابش‌های لیزر می‌شود [۲۷] که نتیجه آن به‌وجود آمدن خشونت سطحی در ابعاد ماکروسکوپی و میکروسکوپی است. این

لیزر Er:YAG نسج سخت دندان را زیر اسپری آب برمی‌دارد و به این ترتیب ساختمان‌های دندان را از آسیب حرارتی ایمن می‌کند [۳۲ و ۳۳].

نتیجه گیری

با توجه به تمام محدودیت‌های موجود در مطالعات InVitro می‌توان از این مطالعه نتیجه گرفت که بدون توجه به روش به‌کاربرده شده برای تهیه حفرات ترمیمی (لیزر Er:YAG یا فرز الماسی) و آماده‌سازی سطحی حفرات ریزنشست ناحیه سرویکال ترمیم‌های کلاس V که روی سطح ریشه قرار دارد، به صورت معنی‌داری از ریزنشست مارجین‌های ناحیه کروئال واقع بر مینا بیشتر است.

ناهمواری‌ها به‌عنوان گیر مکانیکی باعث افزایش چسبندگی ترمیم به نسج سخت دندان می‌گردد [۱۵] که خود می‌تواند به‌عنوان جایگزینی برای آماده‌سازی شیمیایی با اسید، نه تنها در ابعاد میکروسکوپی بلکه در ابعاد ماکروسکوپی و نمای کلینیکی مطرح گردد زیرا مینای اچ‌شده با لیزر همانند زمانی که با اسید اچ شود، نمای سفید گچی پیدا می‌کند [۲۸].

از سوی دیگر لیزر Er:YAG منجر به ذوب و دوباره بلوری شدن عاج می‌گردد که این مسئله موجب ایجاد برجستگی‌های کوچکی در سطح عاج و افزایش سطح چسبندگی می‌شود [۲۹].

به‌نظر می‌رسد که طول موج‌های مختلفی از لیزر دارای اثر پیشگیری‌کننده در برابر پوسیدگی مینا و عاج هستند [۳۰] به طوری که احتمال وقوع پوسیدگی‌های ثانویه بعد از استفاده از لیزر Er:YAG برای تهیه حفرات ترمیمی و یا آماده‌سازی سطحی آن‌ها کاهش می‌یابد [۳۱].

References

- Shahabi S, Chiniforoush N, Fekrazad R, Fatemi SM. Comparison of tensile bond strength of composite to dentine in conventional or laser prepared cavities (Er,Cr:YSGG). *J Oral Laser Applications* 2010; 10: 107-10.
- Gutknecht N, Apel C, Schafer C, Lampert F. Microleakage of composite filling in Er:YSGG laser-prepared class II cavities. *Lasers Med Sci* 2001; 28: 371-4.
- Carvalho RM, Yoshiyama M, Pashley EL, Pashley DH. Invitro study of dimensional changes of human dentine after demineralization. *Arch Oral Biol* 1996; 41: 369-77.
- Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of the acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1995; 34: 849-53.
- Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of Er:YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. *Lasers Surg Med* 1998; 9: 338-44.
- Roebuck EM, Saunders WP, Witters CJ. Influence of Erbium:YAG laser energies on the microleakage of class V resin-based composite restorations. *Am J Dent* 2000; 13: 280-4.
- Keller U, Hibst R. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances: Light microscopic and SEM investigations. *Lasers Surg Med* 1989; 9: 345-51.
- Wright GZ, McConnell RJ, Keller U. Microleakage of class V composite restorations prepared conventionally with those prepared with an Er:YAG laser: A pilot study. *Ped Dent* 1993; 15: 425-6.
- Keller U, Hibst R. Effect of Er:YAG laser on enamel bonding of composite materials. *Proc SPIE* 1993; 1880: 163-8.
- Chinellatti MA, Ramos RP, Chimello DT, Pecora JD, Palma D. Influence of the use of Er:YAG laser for cavity preparation and surface treatment in microleakage of resin-modified glass ionomer restorations. *Oper Dent* 2004; 29(4): 430-6.
- Corona SAM, Borsatto MC, PalmaDibb RG, Ramos RP, Brugnera A, Pecora JD. Microleakage of class V resin composite restorations after bur, air-abrasion or Er:YAG laser preparation. *Oper Dent* 2001; 26: 491-7.
- Aranha AC, Turbino ML, Powell GL, Eduardo cde P. Assessing microleakage of class V resin composite restorations after Er:YAG laser and bur preparation. *Lasers Surg Med* 2005; 37(2): 172-7.
- Keller U, Hibst R, Geursten W, Schilke R, Heidemann D, Klaiber B. Erbium:YAG laser application in caries therapy. Evaluation of patient perception and acceptance. *J Dent* 1998; 26: 649-56.
- Matsumoto K, Nakamura Y, Mazeki K, Kimura Y. Clinical dental application of Er:YAG laser for class V cavity preparation. *J Clin Laser Med Surg* 1996; 14: 123-7.

15. Ceballos L, Osorio R, Toledano M, Marshall GW. Microleakage of composite restorations after acid or Er:YAG laser cavity treatment. *Dental materials*. 2001; 17: 340-6.
16. Shahabi S, Ebrahimpour L, Walsh LJ. Microleakage of composite resin restorations in cervical cavities prepared by Er, Cr:YSGG laser irradiation. *Aust Dent J* 2008; 53: 172-5.
17. PalmaDibb RG, MiloriCorona SA, Borsatto MC, Ferrari KC, PereiraRamos R, DjalmaPecora J. Assessing microleakage in class V composite resin restorations after Er:YAG laser preparation varying the adhesive systems. *J Clin Laser Med Surg* 2002; 20(3): 129-33.
18. Cagidiaco MC, Ferrari M, Vichi A, Davidson CL. Mapping of tubule and intertubule surface areas available for bonding in class V and in class II preparations. *J Dent* 1997; 25: 379-89.
19. Ben-Amar. Microleakage of composite restorations. *Am J Dent* 1989; 2: 175-80.
20. Harashima T, Takeda FH, Kimura Y, Matsumoto K. A study of ablation of dental hard tissues and the micro leakage on class I cavities prepared by Er: YAG laser. *Laser life sci* 1999, 8:199-209.
21. Amsberry W, Fraunhofer JA, Hoots J. Marginal leakage of several acid etch composite resin restorative systems. *J Prosthet Dent* 1984; 52: 647-53.
22. Pahir CB, Fuller JL. Microleakage of composite resin restorations wiyh cementum margins. *J Prosthet Dent* 1985; 53: 361-4.
23. Padros Fradera E, Arroyo Bote S. El laser de erbium-YAG en la practica odontologica general. *Quintessence (ed Esp)* 1999; 12: 61.
24. Visuri SR, Gilbert JL, Wright DD, Wigdor HA, Walsh JRJT. Shear strength of composite bonded to Er:YAG laser-prepared dentin. *J Dent Res* 1996; 57: 599-605.
25. VanMeerbek B, Dhem A, Goret-Nicaise M, Braem M, Lambrekhts P, Vanherle G. Comparative SEM and TEM examination of the ultra struvture of the resin-dentin interdiffusion zone. *J Dent Res* 1993; 72: 495-501.
26. Ferrari M, Goracci G, Garcia-Godoy F. Bonding mechanism of three "one bottle" systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin . *Am J Dent* 1997; 10: 224-30.
27. Li ZZ, Code JE, VandeMerwe WP. Er:YAG laser ablation of enamel and dentin of human teeth: Determination of ablation rate at various fluence and pulse repetition rates. *Lasers Surg Med* 1992; 12: 625-30.
28. Niu W, Noriko Eto J, Kimura Y, Hirono Takeda F, Matsumoto K. A study of microleakage after resin filling of class V cavities prepared by Er:YAG laser. *J Clin Laser Med Surg* 1998; 16: 227-31.
29. Myers ML. The effect of laser irradiation on oral tissues. *J Prosthet Dent* 1991; 395: 7-66.
30. Feaaherstone JDB. Caries detection and prevention with laser energy. *Dent Clin North Am* 2000; 44: 955-69.
31. Hossain M, Nakamura Y, Kimura Y, Yamada Y, Ito M, Matsumoto K. Caries prevention effect of Er:YAG laser irradiation with or without water mist. *J Clin Laser Med Surg* 2000; 18: 61-5.
32. Matsumoto K, Hossain M, Hossain MM, Kawano H, Kimura Y. Clinical assessment of Er, Cr:YSGG laser application for cavity preparation. *J Clin Laser Med Surg* 2002; 20: 17-21.
33. Ekworapoj P, Sidhu SK, McCabe JF. Effect of different power parameters of Er, Cr:YSGG laser on human dentin. *Laser Med Sci* 2007; 22: 175-82.