

ارزیابی مقایسه‌ای ریزنشت ناحیه اکلوزال و سرویکال حفرات تهیه شده با لیزر Er:YAG و فرز معمولی

خلاصه

مقدمه: کابرد لیزر در رشتۀ 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 مقایسه‌های بین ریزنشت ترمیم‌های کامپوزیت در ناحیه اکلوزال و سرویکال حفرات تهیه شده با لیزر Er:YAG و حفرات تهیه شده 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 به صورت 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 به صورت 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 فرار گرفتند و پس از ۲۴ ساعت شسته و خشک شدند. پس از برش نمونه‌ها در امتداد محور طولی، دندان به دو نیمة باکالی و لینگوالی تقسیم شدند. سپس نمونه‌ها به صورت کور زیر میکروسکوپ نوری بررسی شدند.

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

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

سکینه آرامی^۱
سیما شهابی^۲
مصطفویه طباطبایی^۳
نسیم چینی فروش^۴
احسان موشی^۵
سارا توابی^۶

^۱ استادیار ترمیمی، دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران
^۲ دانشیار ماد دندانی، 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 دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران
^۵ دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران
^۶ دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران

نویسنده مسئول: نسیم چینی فروش - مرکز تحقیقات لیزر در دندانپزشکی، تلفن تماس: ۰۹۱۲۴۴۹۱۲۱.
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 به خوبی توسط هیدروکسی آپاتیت جذب می‌شود، بنابراین از هر سیستم لیزر دیگری در برداشت بافت سخت دندانی مؤثرتر است [۵ و ۶] و این کار را با حداقل آسیب حرارتی به ساختمان‌های دندانی انجام می‌دهد، پس یکی از اولین موارد استفاده لیزر Er:YAG حذف بافت‌های سخت دندانی [۱] و آماده سازی سطحی است.

به همین دلیل کارآیی لیزر Er:YAG در رشتۀ 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]. بعلاوه در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در حوزه ریزنشت ترمیم‌های

اخیراً، استفاده از لیزر در حیطۀ دندانپزشکی ترمیمی برای نیل به اهدافی از قبیل تراش حفره و آماده‌سازی سطحی مینا و عاج مورد توجه قرار گرفته است تا جایی که برخی آن را جایگزینی برای روش‌های متداول تراش حفره با فرز و اج کردن آن با اسید دانسته‌اند [۱ و ۲]. با وجود پیشرفت‌های حاصل شده در کاهش shrinkage ترمیم‌های کامپوزیت، این مسئله همچنان به عنوان عاملی مهم در کاستن میزان موقوفیت ترمیم‌های کامپوزیتی مطرح است [۳]. بنابراین بسیار مهم است که از طریق آماده‌سازی سطحی دندان، اتصال محکمی بین دندان و ترمیم به دست آید [۴]. روش متداول موجود برای آماده‌سازی سطحی دندان استفاده از اسید برای اج 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 اج کردن حفرات با استفاده از اسید، طبق دستور کارخانه سازنده ابتدا ژل اسید فسفویریک 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 کلپس رشته‌های کلائز و انجام عمل خشک) قبل از خشک کردن، یک گلوله پنبه‌ای کوچک به ملایم 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 ملایم و به طور کامل برداشته شد.

سپس برای کلیه گروه‌ها عمل زدن باندینگ انجام شد. برای این منظور از Opti Bond Solo Plus (Kerr, Italy) یک سیستم (One component Ternary solvent: Acetone, water, Ethanol) است، طبق دستور کارخانه سازنده استفاده شد. به این صورت که عمل راب کردن باندینگ روی سطوح دندانی 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 (Coltolux 75 curing light Coltene Whaledent) کیور به مدت ۲۰ ثانیه کیور شد. سپس حفرات به صورت incremental (Kerr, Premise, Italy) 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 درنتیجه زمان کل هر سیکل ۶۰ ثانیه بود.

سپس برای جلوگیری از نفوذ ماده رنگی از سایر منافذ موجود به غیر از مارجين‌های ترمیم، به کلیه سطوح دندان‌ها تا ۱ میلی‌متری مارژین‌های 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 آکریل

کامپوزیتی صورت گرفته است [۱۰ و ۱۱]. اما، آثار تابیش‌های لیزر بر خصوصیات سطحی بافت دندانی هنوز به طور کامل مشخص نشده است که آیا این تابیش‌ها به شکل سودمند 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 متدائل اج شیمیایی با اسید، باعث افزایش ریزنشت می‌شود یا کاهش آن [۱۲]. هدف این مطالعه این است که بین ریزنشت ترمیم‌های کامپوزیتی در حفرات کلاس ۷ تهیه و یا اج 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 به عنوان جایگزینی قابل اعتماد برای تهیه و یا اج 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 دمیترالیزه کردن سطح دندان، استریبل کردن سطح عاج و ایجاد توبول‌های عاجی باز بدون تولید لایه اسمر [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 ساكت 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 اسکلیر (Hu-Friedy Chicago, USA) برداشته شد. سپس برای ضدغوفونی کردن دندان‌ها در محلول کلرامین ۵/۵ 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 آکریلی خودسخت‌شونده به طور کامل سیل شد. سپس نمونه‌ها به صورت تصادفی به ۲ گروه ۶ تایی تقسیم شدند و روی هر نمونه دو حفره کلاس ۷ 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 پرورب اندازه‌گیری می‌شد. در ضمن مارجين‌های کرونالی حفرات روی مینا و مارجين‌های جینجیوالی روی سمان تراشیده شدند.

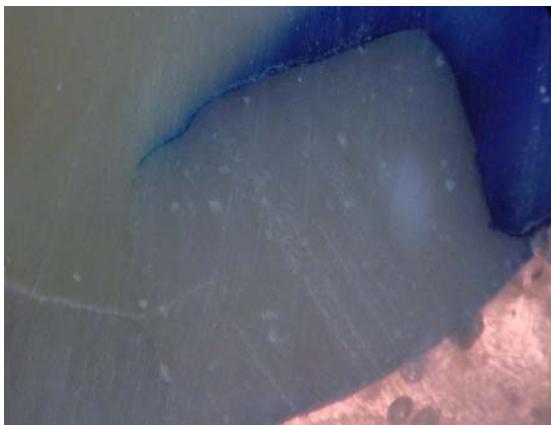
گروه‌های مورد مطالعه به قرار زیر بودند:

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

گروه ۲ - حفرات با استفاده از فرز الماسی و (SS White burs, Black Pearl Eco, Inc. Lakewood, NJ USA) یک توربین Bien Air, Swiss made (Zimmer) زیر اسپری آب و هوا تهیه و توسط اسید فسفویریک اج شدند.

۲ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه آن که بین میکرولیکیج Wallis گروه در ناحیه اکلوزال تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($P=0.789$). به همین ترتیب نیز بین میکرولیکیج گروههای 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)

خودسخت شونده 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 نمونه های به صورت کور زیر میکروسکوپ نوری Olympus CX31, Olympus America Inc) با بزرگنمایی

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

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

جدول ۱: تقسیم بندی نفوذ رنگ

شماره	میزان نفوذ
۱	عدم نفوذ
۲	نفوذ به دیواره های مینایی
۳	نفوذ به دیواره های آگزیال حفره
۴	نفوذ به مارژین سمنتوم حفره
۵	نفوذ به کف حفره

نتایج

تمام نمونه های پس از برش در دستگاه Isomet زیر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۳۰× به صورت کور بررسی شدند و اطلاعات مربوط به نفوذ رنگ زیر ترمیم های در دو ناحیه کرونال و اپیکال ترمیم های به صورت جدأگانه بررسی شد (جدول ۲ و ۳).

جدول ۲: نتایج درجه نفوذ رنگ در ناحیه کرونال ترمیم های

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

ارزیابی مقایسه‌ای ریزنشت ناحیه اکلوزال و...

به عاج در مقایسه با باندینگ به مینا باشد [۱۵]. عامل مؤثر دیگر در وقوع ریزنشت بیشتر در مارجین‌های سرویکالی می‌تواند ناشی از فقدان تبول‌های 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 ریزنشت مطرح شده است. این تغییر فشار به علت تفاوت در ضربی انبساط حرارتی ساختمان‌های دندانی و مواد ترمیمی و همچنین ناشی از شرینکیج مواد ترمیمی رزینی در ضمن کیور شدن است [۱۰ و ۱۹]، به همین 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 به طور مشخص منجر به کاهش ریزنشت می‌گردد [۱۹ و ۲۰]، یافته مشابهی که نشان دهد اسید اچ کردن عاج نیز به همان میزان منجر به کاهش ریزنشت در مارجین‌های عاجی ترمیم شود، وجود ندارد [۲۱].

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

در اثر اسید اچ کردن عاج، هم عاج پریتوبولار و هم عاج اینترتوبولار دمینرالیزه می‌گرددند که این امر منجر به اکسپوز شدن رشته‌های کلاژن می‌گردد، این الیاف کلاژن دمینرالیزه شده به همراه سیستم چسباننده در شکل‌دهی لایه هیبرید مشارکت می‌کنند [۲۵]، این فرآیند، نیازمند رطوبت کافی در سطح عاج است در غیر این صورت تشکیل لایه هیبرید به دلیل کلپس الیاف کلاژن کاهش می‌یابد [۲۵ و ۲۶]. این در حالی است که لیزر Er:YAG منجر به دمینرالیزه شدن سطح عاج نمی‌گردد و درنتیجه 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 به وجود آمدن خشونت سطحی در ابعاد ماکروسکوپی و میکروسکوپی است. این

جدول ۳: نتایج درجه نفوذ رنگ در ناحیه اپیکال ترمیم‌ها

Group	Dye penetration scores	
	N F	C D
۱	۰ ۱۰	۰ ۲
۲	۰ ۹	۰ ۳

بحث

هدف از این مطالعه انجام مقایسه‌ای بین ریزنشت ترمیم‌های کامپوزیت در ناحیه اکلوزال و سرویکال حفرات تهیه شده 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 ریزنشت از روش استاندارد شده نفوذ ماده رنگی برای ارزیابی ریزنشت 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، ریزنشت به عنوان یک فاکتور نگران‌کننده موققیت 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 ریزنشت کمتری در مارجین‌های تهیه شده 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 [۱۷] سیستم‌های چسباننده مختلفی را در حفرات آماده شده با استفاده از لیزر Er:YAG به کار برندند و بدون توجه به نوع ماده به کار برده شده، درجات بالاتری از ریزنشت را در مارجین‌های سرویکالی که روی سمان و عاج واقع شده بودند در مقایسه با مارجین‌های کرونالی نشان دادند که این نتایج همسو با یافته‌های مطالعه حاضر است. این درجات بالاتر ریزنشت در مارجین‌های سرویکالی ممکن است ناشی از قابلیت کمتر سمان در تشکیل لایه هیبرید و همین‌طور ناشی از حساسیت تکنیکی باندینگ

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 به کاربرده شده برای تهیه حفرات ترمیمی (لیزر Er:YAG یا فرز الماسی) و آماده‌سازی سطحی حفرات ریزنشت ناحیه سرویکال ترمیم‌های کلاس V که روی سطح ریشه قرار دارد، به صورت معنی‌داری از ریزنشت مارجین‌های ناحیه کرونال واقع بر مینا بیشتر است.

ناهمواری‌ها به عنوان گیر مکانیکی باعث افزایش چسبندگی ترمیم به نسج سخت دندان می‌گردد [۱۵] که خود می‌تواند به عنوان جایگزینی برای آماده‌سازی شیمیایی با اسید، نه تنها در ابعاد میکروسکوپی بلکه در ابعاد ماکروسکوپی و نمای کلینیکی مطرح گردد زیرا مینای اچ شده 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] به‌طوری 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 dimentional changes of human dentine after demineralization. *Arch Oral Biol* 1996; 41: 369-77.
- Buonocuore 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, Brugnara 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 erbio-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, Hiroko 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. Feaherstone 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 assesssment 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.