

## خشونت سطحی متعاقب کاربرد لیزر Er: YAG به منظور جرم‌گیری و هموارسازی در مقایسه با وسایل دستی و اولتراسونیک به روش SEM

رضا بیرنگ\*، احمد مقاره‌عابد<sup>۱</sup>، خسرو مستأجران<sup>۲</sup>

### چکیده

**مقدمه:** به منظور دستیابی به یک روش کارآمد و راحت‌تر، استفاده از لیزر به عنوان روشی جایگزین و یا همراه با روش دستی به منظور جرم‌گیری و هموارسازی پیشنهاد گردیده است. هدف این پژوهش، بررسی خشونت سطحی ناشی از کاربرد لیزر Er:YAG در جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه‌ای در مقایسه با وسایل دستی و اولتراسونیک به روش SEM (Scanning Electro Microscope) بود.

**مواد و روش‌ها:** شیوه پژوهش تجربی - آزمایشگاهی و نمونه‌های پژوهش، ۱۵ دندان پرمولر تازه کشیده شده از بیماران پیرونتال بود. دندان‌ها با دستگاه برش به دو نیمه مساوی و سپس سطوح خارجی ریشه آنها از زیر ناحیه CEJ به دو قسمت تقریباً مساوی تقسیم گردید. چهل و پنج سطح ریشه‌ای آلوده به جرم و دبری از میان آنها انتخاب و به صورت تصادفی به سه گروه تقسیم شدند. گروه اول با لیزر Er:YAG، گروه دوم با کورت دستی و گروه سوم با دستگاه اولتراسونیک جرم‌گیری و هموارسازی گردیدند. خشونت‌های سطحی بجا مانده از هر سه روش با دستگاه SEM و در سه بزرگ‌نمایی ۵۰، ۴۰۰ و ۷۵۰ بررسی و توسط پنج مشاهده‌گر ارزیابی گردید. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های کروسکال-والیس، من-ویتنی و واریانس تحت نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

**نتایج:** فراوانی درجه خشونت برآورده شده در سه گروه مورد مطالعه متفاوت بود. در مقایسه دو به دو گروه‌ها، بین دو گروه کورت دستی و لیزر و همچنین کورت دستی و اولتراسونیک تفاوت معنی‌دار وجود داشت اما بین گروه لیزر و اولتراسونیک اختلافی مشاهده نشد. خشونت سطحی گروه دستی از دو گروه دیگر کمتر بود.

**نتیجه‌گیری:** با کاربرد لیزر Er:YAG در جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه‌ای خشونت سطحی اندکی ایجاد گردید اما این روش در مقایسه با وسایل دستی و اولتراسونیک برتری نداشت. خشونت‌های سطحی بر جای مانده متعاقب کاربرد این لیزر بیشتر از وسایل دستی بود و در مقایسه با اولتراسونیک تفاوتی نداشت.

**کلیدواژه‌ها:** جرم‌گیری، هموارسازی، لیزر Er:YAG، خشونت سطحی، اولتراسونیک، کورت دستی، SEM.

\* دکتر رضا بیرنگ (استادیار)، گروه  
پیرونتولوژی، دانشکده دندان‌پزشکی،  
دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، خیابان  
هزارجریب، اصفهان.  
birang@dnt.mui.ac.ir

۱: استادیار دانشکده دندان‌پزشکی دانشگاه  
علوم پزشکی اصفهان و ۲: دندان‌پزشک.

این طرح با شماره ۳۸۴۱۷۸ در دفتر  
هماهنگی طرح‌های پژوهشی معاونت  
پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان  
ثبت شده و هزینه‌های آن از طرف این  
معاونت پرداخت گردیده است.

این مقاله در تاریخ ۸۴/۱۱/۱ به دفتر  
مجله رسیده، در تاریخ ۸۵/۲/۳ اصلاح  
شده و در تاریخ ۸۵/۳/۱۰ تأیید گردیده  
است.

مجله دانشکده دندان‌پزشکی اصفهان  
۱۳۸۵؛ ۲(۱): ۱۵ تا ۲۰

## مقدمه

یکی از شایع‌ترین علل از دست رفتن دندان‌ها، بیماری‌های پرپودنتال می‌باشد که در اثر تجمع پلاک میکروبی و دیگر رسوبات بر روی سطوح دندان‌ها به وجود می‌آیند. تا زمانی که چنین رسوباتی توأم با سمان آلوده شده بر روی سطح ریشه باقی بماند، درمان موفقیت‌آمیز بیماری‌های پرپودنتال امکان‌پذیر نیست [۱].

به منظور حذف کامل عوامل بیماری‌زا از جمله جرم، پلاک میکروبی و سمان نکروزه، تا کنون روش‌های مختلفی مانند وسایل دستی، وسایل اولتراسونیک و اخیراً لیزر برای جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه‌های بکار گرفته شده است [۲]. در میان انواع روش‌های مورد استفاده، اگرچه روش دستی از دیرباز مورد توجه بوده و به عنوان روش استاندارد برای انجام جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه‌ای شناخته شده است، اما این روش در عین حال، در عمل از معایب و محدودیت‌هایی در عمل برخوردار است به نحوی که استفاده از این وسایل به تنهایی در برخی موارد عدم موفقیت در پاکسازی کامل سطوح ریشه‌ای و در نتیجه، عود مجدد بیماری پرپودنتال را به دنبال دارد [۳].

از سوی دیگر، وسایل اولتراسونیک نیز سال‌هاست به عنوان یک مکمل ارزشمند در کنار وسایل دستی برای پاکسازی سطوح دندان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعضی مطالعات نشان می‌دهند که وسایل اولتراسونیک، سطحی زبرتر و آسیب سطحی بیشتری نسبت به وسایل دستی بر جای می‌گذارند. از این گذشته، کاربرد این وسایل در مورد برخی بیماران منع استعمال داشته و یا با مشکلات و عوارضی همراه بوده است [۴ تا ۷].

با توجه به معایب و مشکلات قلم‌های دستی و وسایل اولتراسونیک، جایگزین نمودن روش‌هایی با کارایی بیشتر و معایب کمتر، همیشه مد نظر بوده و بر این اساس، تحقیقات بر روی انواع اشعه لیزر انجام گرفته است. لیزرهایی نظیر  $CO_2$ ، Er:YAG و Nd:YAG برای انجام جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. این تحقیقات نشان داده است که در میان انواع لیزر موجود، جذب طول موج لیزر Er:YAG توسط مولکول‌های آب، این لیزر را برای انجام درمان‌های پرپودنتال و به ویژه جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه‌ای مناسب می‌سازد [۸]. در مطالعه‌ای، لیزر Er:YAG را

دارای قابلیت بالایی در برداشت جرم و پلاک با اثر ناخواسته محدود بر روی سطح دندان دانسته‌اند [۹].

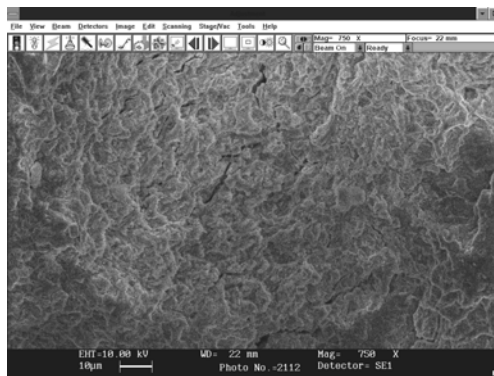
در مقابل، ضمن مقایسه لیزر Er:YAG و روش دستی در جرم‌گیری سطوح ریشه‌ای دندان‌های با مشکل پرپودنتال، به این نتیجه رسیده‌اند که کارایی لیزر Er:YAG از روش دستی کمتر است و در عوض، اثرات تخریبی کمتری روی سطح دندان باقی می‌گذارد [۱۰]. بسیاری از محققین دیگر نیز خشونت‌های سطحی باقی‌مانده ناشی از کاربرد لیزر Er:YAG را بر روی سطوح ریشه‌ای متفاوت گزارش نموده‌اند [۱۱ تا ۱۶]. بنابراین، با توجه به غیر قطعی بودن نتایج مطالعات مختلف در این زمینه، این مطالعه به بررسی خشونت‌های سطحی باقی‌مانده ناشی از کاربرد لیزر Er:YAG به منظور جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه دندان‌های با مشکل پرپودنتال در مقایسه با روش‌های دستی و اولتراسونیک به روش SEM (Scanning Electro Microscope) پرداخته است.

## مواد و روش‌ها

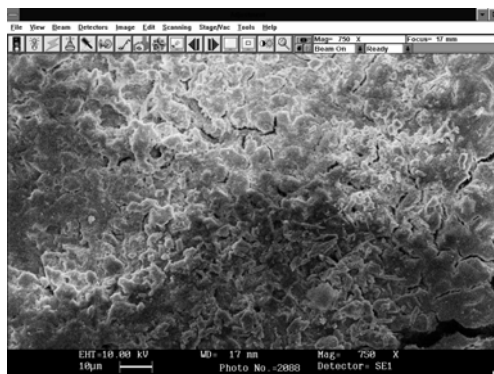
شیوه پژوهش، تجربی - آزمایشگاهی و نمونه‌های پژوهش، ۱۵ دندان پرمولر تازه کشیده شده بیماران دارای مشکل پرپودنتال بود که پس از جمع‌آوری و نگاه‌داری در سرم فیزیولوژی، ابتدا در لابراتوار مرکز تحقیقات پروفیسور ترابی‌نژاد وابسته به دانشکده دندان‌پزشکی اصفهان، دندان‌ها از ناحیه تاج در گچ مانت شده، پس از آن، با استفاده از دستگاه برش، از طول و در جهت باکولینگوالی به دو نیمه تقریباً مساوی تقسیم شدند. در ادامه، سطح خارجی ریشه در هر کدام از نیمه‌های دندان‌ها از زیر CEJ (Cemento Enamel Junction) و در جهت افقی به دو قسمت مساوی تقسیم و با مداد علامت‌گذاری گردیدند که از میان سطوح ریشه‌ای مشخص شده، ۴۵ سطح را که آلوده به جرم و دبری بود، انتخاب شدند. سپس به صورت تصادفی، آنها را به سه گروه مساوی تقسیم گردیدند:

گروه اول، با استفاده از لیزر Er:YAG جرم‌گیری و هموارسازی انجام گرفت. گروه دوم، با استفاده از کورت دستی جرم‌گیری و هموارسازی انجام شد. گروه سوم، مراحل جرم‌گیری و هموارسازی با استفاده از وسیله اولتراسونیک انجام گردید. بدین

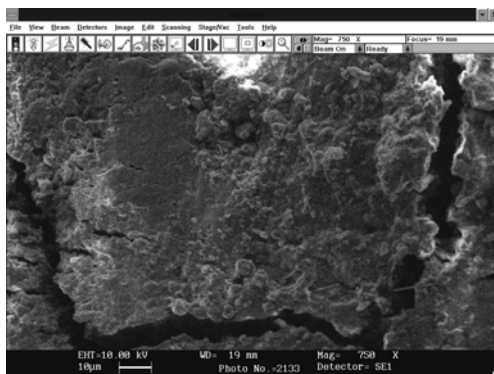
ترتیب، سه گروه لیزر، کورت دستی و اولتراسونیک، هر کدام شامل ۱۵ سطح ریشه‌ای آلوده به جرم و دبری بودند. در این مطالعه، از کورت نو و کار نشده کلمبیا (5RL-) (Hufredy) برای انجام روش دستی و دستگاه اولتراسونیک با قدرت ۲۵ کیلوهرتز و دارای تأییدیه اداره استاندارد ملی ایران (مدل JE 3025 ساخت شرکت جویا الکترونیک) و با استفاده از قلم TFI-10 نو و کار نشده برای انجام روش اولتراسونیک استفاده گردید. در گروه لیزر، دستگاه لیزر FOTONA (مدل Fidelis plus) با هندپیس RO7 برای انجام روش لیزر مورد استفاده قرار گرفت. پارامترهای لیزر عبارت بودند از انرژی خروجی  $120 \text{ mj/pulse}$  با فرکانس  $12 \text{ Hz}$  و طول پالس  $75-100 \mu\text{sec}$  یا مد VSP که همراه با اسپری آب تابش سطوح انجام گردید [۱۰]. در ضمن، زمان کار در هر سه روش و در یک سطح مقطع، تقریباً مشابه و یکسان و به مدت ۱۲۰ ثانیه در نظر گرفته شد [۱۲] که توسط یک نفر کلیه سطوح جرم‌گیری و هموارسازی گردید.



شکل ۱: نمونه لیزر Er:YAG با بزرگنمایی ۷۵۰



شکل ۲: نمونه اولتراسونیک با بزرگنمایی ۷۵۰



شکل ۳: نمونه کورت با بزرگنمایی ۷۵۰

پس از انجام جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه‌ای تعیین شده، آنها را با دیسک بریده و از هم جدا شد. بدین ترتیب، ۴۵ قطعه مجزا حاصل گردید که برای دادن پوشش طلا (Coating) و بررسی SEM به شرکت هسا منتقل گردید. پس از تهیه تصاویر SEM در بزرگنمایی ۵۰، ۴۰۰ و ۷۵۰، تغییرات سطحی و خشونت‌های باقی‌مانده توسط پنج نفر مشاهده‌گر و به طریقه چشمی مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری کروسکال-والیس، من-ویتنی و آنالیز واریانس تحت نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری شد.

## نتایج

نتایج حاصل از این مطالعه، براساس انجام آزمون کروسکال-والیس نشان داد که فراوانی درجه خشونت برآورد شده توسط افراد مشاهده‌گر پس از بررسی تصاویر SEM، برای سه گروه مورد مطالعه متفاوت است ( $P=0/034$ ). در تکمیل آن، مقایسه دو به دو گروه‌ها براساس آزمون من-ویتنی نشان داد که بین دو گروه کورت دستی و لیزر، و همچنین کورت دستی و اولتراسونیک، در سطح مجله دانشکده دندان‌پزشکی اصفهان، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۸۵

جدول ۱: فراوانی و میانگین و انحراف معیار درجات خشونت به تفکیک سه گروه مورد پژوهش

لیزر	کورت دستی	اولتراسونیک	جمع	
٪۲۷/۳	٪۳۸	٪۲۴/۳	٪۲۹/۵	سطح صاف و بدون خشونت
٪۳۳/۶	٪۴۲	٪۲۸/۷	٪۳۴/۵	سطح دارای خشونت و بدون کراتر
٪۲۷/۳	٪۱۹	٪۳۷/۴	٪۲۸/۳	سطح دارای خشونت همراه با کراتر کم عمق
٪۱۱/۸	٪۱	٪۹/۶	٪۷/۷	سطح دارای خشونت همراه با کراتر عمیق
۲/۲۳۶±۰/۹۸۵	۱/۸۳۱±۰/۷۶۶	۲/۳۲۱±۰/۹۵۰	۲/۱۴۱±۰/۹۳۲	میانگین

## بحث

تا کنون محققان بسیاری انواع لیزر  $\text{CO}_2$ ، Nd:YAG و Er:YAG را به منظور جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه دندان‌های با مشکل پرپودنتال مورد مطالعه قرار داده‌اند [۲۱ تا ۲۱۷] اما گزارش‌ها نشان می‌دهند که لیزر Er:YAG برای انجام جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه‌ای نسبت به سایر انواع لیزر مناسب‌تر بوده است. با این وجود، مطالعات انجام گرفته بر روی لیزر Er:YAG نتایج متفاوتی را گزارش نموده‌اند [۱۱ تا ۱۶ و ۲۵ تا ۲۵].

در این مطالعه، با استفاده از روش SEM و در بزرگنمایی ۵۰، ۴۰۰ و ۷۵۰، میزان خشونت سطحی بر جای مانده ناشی از کاربرد لیزر Er:YAG را در جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه دندان‌های با مشکل پرپودنتال بررسی نموده و آن را با روش‌های دستی و اولتراسونیک مورد مقایسه قرار گرفت. مقایسه گروه اولتراسونیک و دستی نشان می‌دهد که کاربرد کورت دستی نسبت به اولتراسونیک سطح صاف‌تری ایجاد نموده است که این یافته با نتایج مطالعات دیگر مطابقت دارد [۲۶ تا ۳۰]. همچنین در مقایسه گروه لیزر با گروه دستی، نتایج نشان می‌دهند که کاربرد کورت دستی نسبت به لیزر Er:YAG سطح صاف‌تری ایجاد نمود که این یافته نیز با نتایج مطالعاتی همخوانی دارد [۱۰، ۲۰، ۳۱ و ۳۲] ولی با نتایج بعضی مطالعات که اذعان کرده‌اند استفاده از لیزر Er:YAG بر روی سطوح ریشه‌ای می‌تواند سطوحی صاف همانند روش‌های مرسوم ایجاد نماید، مطابقت ندارد [۲۲ و ۲۳].

مقایسه نتایج گروه لیزر با گروه اولتراسونیک نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین دو گروه لیزر و اولتراسونیک از دید مشاهده‌کنندگان وجود ندارد که این نتیجه با یافته‌های که اعلام

داشته‌اند سطوح ریشه‌ای لیزر شده هنگامی که با سرنگ هوا خشک شود نمای مات به خود می‌گیرد ولی سطوح ریشه‌ای جرم‌گیری شده با اولتراسونیک اغلب نمای براق پیدا می‌کند، مطابقت دارد [۳۴]. وجود نمای مات در سطح ریشه لیزر شده متعاقب انجام جرم‌گیری و هموارسازی توسط لیزر Er:YAG که در مطالعه حاضر نیز مشاهده گردید، ممکن است به دلیل کندگی (Thermoablation) سطح ریشه در اثر تابش این نوع لیزر ایجاد باشد که خشونت‌ها یا کراترهایی (Crater) را بر روی سطح ریشه بر جای می‌گذارد. میزان این خشونت‌ها و عمق آنها بستگی مستقیم به انرژی یا توان مورد استفاده، طول پالس لیزر (Pulse duration)، شکل فایبراپتیک و زاویه تابش بر سطح ریشه دارد.

در مطالعه حاضر، همان گونه که در جدول یک مشاهده می‌شود، بیش از ۶۰ درصد نمونه‌های تحت تابش لیزر Er:YAG براساس مشاهدات پنج نفر مشاهده‌گر، دارای سطحی صاف و بدون خشونت (سطح صاف و بدون خشونت) و یا دارای خشونت اما بدون کراتر (سطح دارای خشونت و بدون کراتر) بوده‌اند که این یافته با توجه به مطالعات دیگر که متعاقب انجام جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه‌ای انجام شده، شرایط مناسبی را برای چسبندگی و رشد فیبروبلاست‌ها، که نقش مهمی در فرایند التیام نسوج پرپودنتال ایفا می‌کنند فراهم می‌سازد [۱۶، ۳۵، ۳۶]. ایجاد سطحی خشن همراه با کراترهایی عمیق متعاقب کاربرد لیزر که در مطالعه حاضر در ۱۱/۸ درصد موارد مشاهده شده است، در مقایسه با کورت دستی (۱ درصد) بسیار زیادتر می‌باشد. این یافته با نتایج مطالعه‌ای دیگر مطابقت دارد و می‌تواند پیامدهای نامطلوبی در روند درمان‌های پرپودنتال و یا التیام نسوج پرپودنتال داشته باشد [۱۲].

خشونت کمتری متعاقب جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه‌ای توسط لیزر Er:YAG ایجاد گردیده است [۳۷].

### نتیجه‌گیری

استفاده از لیزر Er:YAG به منظور جرم‌گیری و هموارسازی سطوح ریشه‌ای آلوده به جرم و دبری خشونت کمی ایجاد می‌کند، اما در مقایسه با وسایل دستی و اولتراسونیک، نه تنها برتری ندارد، بلکه میزان خشونت سطحی برجای مانده ناشی از کاربرد این لیزر بیشتر از کورت دستی است.

در مطالعه حاضر، مشخص گردید خشونت سطحی در سه گروه مورد مطالعه از دید افراد مشاهده‌گر صرفاً در بزرگ‌نمایی ۷۵۰ دارای تشخیص قابل قبول و به نظر می‌رسد که بزرگ‌نمایی ۷۵۰ برای تعیین میزان خشونت سطحی ریشه، کارایی بیشتری نسبت به دو بزرگ‌نمایی ۵۰ و ۴۰۰ داشته باشد.

به احتمال زیاد قابلیت‌های دستگاه لیزر مورد استفاده در این مطالعه، نامناسب بودن شکل فایبراپتیک به دلیل مقطع گرد و کوتاه بودن طول آن و همچنین عدم تجربه کافی عمل‌کننده، بر روی نتایج حاصل مؤثر بوده است. به همین دلیل، در مطالعاتی که از فایبراپتیک بلند با مقطع مسطح (شبه به چیزل) و یا سیستم جدید لیزر با طول پالس بسیار کوتاه (۵۰ μSEC) استفاده نموده‌اند، میزان

### منابع

1. Newman MG, Takei HH, Carranza FA. Carranza's clinical periodontology. 9<sup>th</sup> ed. Philadelphia: WB Saccers Co. 2002.
2. Garret JS. Root planning: a perspective. J Periodontol 1977; 48(9): 553-7.
3. Yukna RA, Scott JB, Aichelman-Reidy ME, Le Blanc DM, Mayer ET. Clinical evaluation of the speed and effectiveness of subgingival calculus removal on single-rooted teeth with diamond-coated ultrasonic tips. J Periodontol 1997; 68(5): 436-42.
4. Chen SK, Vesley D, Brosseau LM, Vincent JH. Evaluation of single-use masks and respirators for protection of health care workers against mycobacterial aerosols. Am J Infect Control 1994; 22(2): 65-74.
5. Garrett JS. Effects of nonsurgical periodontal therapy on periodontitis in humans: a review. J Clin Periodontol 1983; 10(5): 515-23.
6. Drisko CL. Scaling and root planing without overinstrumentation: hand versus Power-driven scalers. Curr Opin Periodontol 1993; 3: 78-88.
7. Ashimoto A, Chen C, Bakker I, Slots J. Polymerase chain reaction detection of 8 putative periodontal pathogens in subgingival plaque of gingivitis and advanced periodontitis lesions. Oral Microbial Immunol 1996; 11(4): 266-73.
8. Frentzen M, Koort HJ. Lasers in dentistry: new possibilities with advancing laser technology. Int Dent J 1990; 40(6): 323-32.
9. Ishikawa I, Aoki A, Takasaki AA. Potential applications of Erbium: YAG laser in periodontics. J Periodontal Res 2004; 39(4): 275-85.
10. Eberhard J, Ehlers H, Falk W, Acil Y, Albers HK, Jepsen S. Efficacy of subgingival calculus removal with Er: YAG laser compared to mechanical debridement: an in situ study. J Clin Periodontol 2003; 30(6): 511-18.
11. Benthin H, Ertl TH, Schmidt D, Puruchker P, Bernimoulin JP, Muller G. Biocompatibility of Er: YAG laser radiated root surfaces. Proc SPIE 1995; 2923: 146-54.
12. Frentzen M, Braun A, Aniol D. Er: YAG laser scaling of diseased root surfaces. J Periodontol 2002; 73(5): 524-30.
13. Fujii T, Baehni PC, Kawai O, Kawakami T, Matsuda K, Kowashi Y. Scanning electron microscopic study of the effects of Er: YAG laser on root cementum. J Periodontol 1998; 69(11): 1283-90.
14. Gaspirc B, Skaleric U. Morphology, chemical structure and diffusion processes of root surface after Er: YAG and Nd: YAG laser irradiation. J Clin Periodontol 2001; 28(6): 508-16.
15. Sasaki KM, Aoki A, Ichinose S, Ishikawa I. Ultrastructural analysis of bone tissue irradiated by Er: YAG laser. Lasers Surg Med 2002; 31(5): 322-32.
16. Schwarz F, Aoki A, Sculean A, Georg T, Scherbum W, Becker J. In vivo effects of an Er: YAG laser, an ultrasonic system and scaling and root planing on the biocompatibility of periodontally diseased root surfaces in cultures of human PDL fibroblasts. Lasers Surg Med 2003; 33(2): 140-7.
17. Crespi R, Barone A, Covani U, Ciaglia RN, Romanos GE. Effect of CO2 laser treatment on fibroblast attachment to root surfaces; a scanning electron microscopy analyzing. J Periodontol 2002; 73(11): 1308-12.
18. Miyazaki A, Yamaguchi T, Nishikata J, Okuda K, Suda S, Orima K, et al. Effects of Nd: YAG and CO2 laser treatment and ultrasonic scaling on periodontal pockets of chronic periodontitis patients. J Periodontol 2003; 74(2): 175-80.

19. Liu CM, Shyn YC, Pei SC, Lan WH, Hou LT. In vitro effect of laser irradiation on cementum-bound endotoxin isolated from periodontally diseased roots. *J Periodontol* 2002; 73(11): 1260-6.
20. Aoki A, Ando Y, Watanabe H, Ishikawa I. In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an erbium: YAG laser. *J Periodontol* 1994; 65(12): 1097-106.
21. Folwaczny M, Benner KU, Flasskamp B, Mehl A, Hickel R. Effects of 2.94 microm Er: YAG laser radiation on root surfaces treated in stiu: a histological study. *J Peridontol* 2003; 74(3): 360-5.
22. Folwaczny M, Mehl A, Aggstaller H, Hickel R, Haffner C, Benz C. Root substance removal with Er: YAG laser radiation at different parameters using a new delivery system. *J Periodontol* 2000; 71(2): 147-55.
23. Keller U, Hibst R. Morphology of Er: YAG laser treated root surfaces. *Proc SPIE* 1997; 3192: 24-31.
24. Schwarz F, Sculean A, Berakdar M, Szathmari L, Georg T, Becker J. In vivo and in vitro effects of Er: YAG laser, a GaAIAs diode laser and scaling and root planing on periodontally diseased root surfaces; a comparative histologic study. *Lasers Surg Med* 2003; 32(5): 359-66.
25. Sasaki KM, Aoki A, Ichinose S, Ishikawa I. Morphological analysis of cementum and root dentin after Er: YAG laser irradiation. *Lasers Surg Med* 2002; 31(2): 79-85.
26. Rosenbeg RM, Ash MM. The effect of root roughness on plaque accumulation and gingival inflammation. *J Periodontol* 1974; 45(3): 146-50.
27. Breininger DR, O'Leary TJ, Blumenshine RV. Comparative efectiveness of ultrasonic and hand scaling for the removal of subgingival plaque and calculus. *J Peridontol* 1987; 58(1): 9-18.
28. Ritz L, Hefti AF, Rateitschak KH. An in vitro investingation on the loss of root substance in scaling with various instruments. *J Clin Periodontol* 1991; 18(9): 643-7.
29. Dragoo MR. A clinical evaluation of hand and ultrasonic instruments on subgingival debridement. Part I: with unmodified and modified ultrasonic inserts. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1992; 12(4): 310-23.
30. Drisko CL. Scaling and root planning without overinstrumentation: hand versus power-driven scalers. *Curr Opin Periodontol* 1993; 3: 78-88.
31. Aoki A, Sasaki K, Watanabe H, Ishikawa I. Lasers in nonesurgical periodontal therapy. *Preiodontol* 2002; 36: 59-97.
32. Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er: YAG laser on dental hard substances: I. measurement of the ablation rate. *Lasers Surg Med* 1988; 9(4): 338-44.
33. Keller U, Hibst R. Experimental removal of subgingival calculus with an Er: YAG laser. *Proc SPIE* 1995; 2623: 189-98.
34. Aoki A, Miura M, Akiyama F, Nakagawa N, Tanaka J, Oda S, et al. In vitro evaluation of Er: YAG laser scaling of subgingival calculus in comparison with ultrasonic scaling. *J Periodontal Res* 2000; 35(5): 266-77.
35. Schoop U, Moritz A, Kluger W, Frei U, Maleschitz P, Goharkhay K, et al. Changes in root surface morphology and fibroblast adherence after Er: YAG laser irradiation. *J Oral Laser Appl* 2002; 2: 83-93.
36. Feist IS, Micheli G, Carneiro SR, Eduardo CP, Miyagi S, Marques MM. Adhesion and growth of cultured human gingival fibroblasts on periodontally involved root surfaces treated by Er: YAG laser. *J Periodontol* 2003; 74(9): 1368-75.
37. Stock K, Hibst R, Keller U. Er: YAG removal of subgingival calculi: efficiency, temperature and surface quality. *Proc SPIE* 1996; 2922: 98-106.