

## Antimicrobial effect of diode laser irradiation on the reduction of *Candida albicans* in the root canal

Mostafa Godiny<sup>1</sup> , Maryam Chalabi<sup>2</sup> , Atena Mohammadi<sup>2,1\*</sup> 

<sup>1</sup>Endodontics Dept, School of Dentistry, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

<sup>2</sup> Medical Biology Research Center, Health Technology Institute, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

### Article Info

**Article type:**  
Research article

### Article History:

Received: Jun. 25, 2023

Revised: Dec. 22, 2023

Accepted: Feb. 02, 2024

Published Online: Jun. 18, 2024

### \* Correspondence to:

Atena Mohammadi

Medical Biology Research  
Center, Health Technology  
Institute, Kermanshah  
University of Medical Sciences,  
Kermanshah, Iran

Email:

atени.mohamadi1998@gmail.com

### ABSTRACT

**Introduction:** Laser treatment has been highly regarded for removing root canal microorganisms, which are the main causes of treatment failure. This study aimed to assess the effect of 810/980 nm diode laser irradiation on the reduction of *Candida albicans* (*C. albicans*) in the root canal.

**Material & Methods:** In this experimental study, 25 healthy single-rooted human teeth were assigned to 20 test groups (two groups of 10), and 5 teeth were assigned to negative control groups. In the first group of the test, a rotary system and in the second group, a rotary laser diode were used to reduce the number of *C. albicans*. Two microliters of standard microbial suspension were added to each tooth and the samples were incubated (one week, 37°C, aerobic). Samples were taken from the teeth before and after instrumentation and cultured. The results were analyzed using Paired T-Test and T-Test.

**Results:** The results pointed out that the number of yeasts showed a decrease of 92.2% ( $P < 0.001$ ) and 94.5% ( $P < 0.001$ ), respectively, after instrumentation with the mentioned systems compared to before. On the other hand, there was a significant difference ( $P < 0.01$ ) between the rotary system and rotary laser after instrumentation.

**Discussion & Conclusion:** Both methods effectively reduced the number of *C. albicans* from dental root canals, and the rotary laser system exhibited a significant ( $P < 0.01$ ) reduction in the number of yeasts compared to the rotary method.

**Keywords:** Laser diode, *Candida albicans*, Root canal

### ➤ How to cite this paper

Godiny M, Chalabi M, Mohammadi A. Antimicrobial effect of diode laser irradiation on the reduction of *Candida albicans* in the root canal. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*. 2024;32(2): 98-104.

## بررسی اثر ضد میکروبی لیزر دیود بر کاهش تعداد کاندیدا آلیکس در کانال ریشه

مصطفی گودینی<sup>۱</sup>، مریم چلبی<sup>۲</sup>، آتنا محمدی<sup>۱\*</sup>

<sup>۱</sup> گروه آموزشی اندودنتیکس، دانشکده دندان پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران  
<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات بیولوژی پزشکی، پژوهشکده فناوری سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۴

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹

نویسنده مسئول:

آتنا محمدی

مرکز تحقیقات بیولوژی پزشکی، پژوهشکده فناوری سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

Email: ateni.mohamadi1998@gmail.com

**مقدمه:** امروزه به کارگیری لیزر در حذف میکروارگانیسم‌های کانال ریشه که از عوامل اصلی شکست درمان هستند، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. هدف این مطالعه بررسی اثر لیزر دیود با طول‌موج‌های ۸۱۰/۹۸۰ نانومتر بر کاهش تعداد کاندیدا آلیکس در کانال ریشه بود.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش که از نوع مطالعه آزمایشگاهی است، ۲۵ دندان تک‌ریشه سالم انسانی مطالعه شد که به سه گروه، ۲۰ دندان به‌عنوان گروه‌های آزمایش (دو گروه ۱۰ تایی) و ۵ دندان هم‌به‌عنوان گروه کنترل منفی تقسیم گردیدند. در گروه اول از روش پاک‌سازی روتاری و در گروه دوم از روش روتاری لیزر دیود با طول‌موج‌های ۸۱۰/۹۸۰ نانومتر برای بررسی کاهش تعداد کاندیدا آلیکس استفاده شد. به هر دندان دو میکرولیتر سوسپانسیون میکروبی اضافه گردید و یک هفته در  $C37^{\circ}$  و شرایط هوازی انکوبه شدند. از دندان‌ها پیش و پس از پاک‌سازی نمونه‌برداری گردید و نمونه‌ها کشت شدند. نتایج با آزمون‌های Paired t-Test و t-Test تجزیه و تحلیل گردیدند.

**یافته‌های پژوهش:** نتایج نشان داد، تعداد مخمرها پس از پاک‌سازی با دستگاه‌های روتاری و روتاری لیزر دیود، در مقایسه با پیش از آن، به ترتیب ۹۲/۲ درصد ( $P < 0.001$ ) و ۹۴/۵ درصد ( $P < 0.001$ ) کاهش نشان دادند. از سویی، میان روش روتاری و روتاری لیزر پس از پاک‌سازی اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) وجود داشت.

**بحث و نتیجه‌گیری:** هر دو روش پاک‌سازی در کاهش تعداد کاندیدا آلیکس از کانال‌های ریشه دندان مؤثر بودند که روش پاک‌سازی روتاری لیزر نسبت به روش روتاری، کاهش معنی‌داری در تعداد مخمرها را نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** لیزر دیود، کانال ریشه، کاندیدا آلیکس

استناد: گودینی مصطفی، چلبی مریم، محمدی آتنا. بررسی اثر ضد میکروبی لیزر دیود بر کاهش تعداد کاندیدا آلیکس در کانال ریشه. مجله دانشگاه

علوم پزشکی ایلام، خرداد ۱۴۰۳؛ ۳۲(۲): ۹۸-۱۰۴.

## مقدمه

تحریک بافت‌های پالپی و پری رادیکولار می‌تواند باعث التهاب شود و درد در ناحیه را به همراه داشته باشد. محرک‌های اصلی این بافت‌ها شامل محرک‌های غیرزنده مانند عوامل مکانیکی، حرارتی، شیمیایی و محرک‌های زنده مانند انواع میکروارگانیسم‌ها هستند (۱). در میان عوامل تحریک بافت‌های پالپی و پری رادیکولار، میکروب‌ها عامل اصلی التهاب هستند. پاسخ التهابی لزوماً به تماس مستقیم میکروارگانیسم‌ها با بافت پالپی ایجاد نمی‌شود، بلکه با نفوذ توکسین‌ها از طریق توبول‌های عاجی نیز التهاب به وجود می‌آید (۲). پالپ دندان در نتیجه اکسپوز شدن به حفره دهان و پوسیدگی‌ها، به میکروب‌ها و محصولات آن‌ها آلوده می‌گردد. در صورت اکسپوز پالپ، نکروز میعانی ایجاد می‌شود؛ سپس میکروارگانیسم‌ها در محل نکروز کلونیزه می‌گردند. پالپ دندان معمولاً نمی‌تواند این تحریکات آسیب‌رسان را از بین ببرد و در بهترین حالت، مانع انتشار عفونت و تخریب بافتی می‌شود (۳).

بر اساس مطالعات انجام شده، عامل اصلی شکست درمان ریشه میکروارگانیسم‌هایی مانند کاندیدا آلیکنس هستند (۴،۵). کاندیدا آلیکنس مخمری پلئومورفیک است که شایع‌ترین پاتوژن قارچی انسان و عامل مرگ‌ومیر سالانه ۲۵۰۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰۰ نفر در سراسر جهان به‌شمار می‌آید (۶). این مخمر یکی از عوامل اصلی قارچی شناخته شده در شکست درمان ریشه است که با وجود تمیز کردن و شستشوی مناسب کانال ریشه، در شکست درمان ضایعات پری آپیکال نقش دارد (۷). کاندیدا با تشکیل بیوفیلم و استفاده از خواص فیزیوشیمیایی خود متناسب با شرایط محیطی می‌تواند زنده بماند (۴). پاک‌سازی دقیق کانال ریشه با استفاده از شوینده‌ها همراه با ابزارهای مکانیکی به‌عنوان دستورالعمل استاندارد درمان ریشه، به حذف بیشتر میکروارگانیسم‌ها از کانال منجر می‌شود (۸)؛ اما به علت وجود نواحی در کانال ریشه مانند ایسموس، کانال‌های فرعی و نواحی عمقی توبول‌های عاجی، تلاش‌ها در این زمینه را با شکست درمان مواجه کرده است (۹).

لیزر دیود از انواع جامد لیزر است که طول‌موج‌های ۰/۶۲ تا ۱/۵ میکرومتر دارند و در محدوده نور قرمز و مادون‌قرمز قرار می‌گیرند. از لیزر با طول‌موج در محدوده یادشده برای برش سریع، تبخیر و یا کاهش تعداد باکتری‌ها استفاده می‌شود (۱۰). تاکنون مطالعات مختلفی مبنی بر اثر تابش لیزر با طول‌موج‌های مختلف در کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها در کانال ریشه انجام شده است که نشان می‌دهد، لیزر نقش مؤثری در این امر ایفا می‌کند (۱۱،۱۲). هدف این مطالعه نیز تعیین اثر لیزر دیود با طول‌موج‌های ۸۱۰/۹۸۰ نانومتر بر کاهش تعداد کاندیدا آلیکنس درون کانال ریشه دندان است.

## مواد و روش‌ها

نحوه تهیه و آماده‌سازی دندان‌ها: در این مطالعه آزمایشگاهی، ۲۵ دندان تک‌ریشه سالم کشیده شده انسانی، بدون پوسیدگی و شکستگی انتخاب شدند و از این میان، ۲۰ دندان به‌عنوان گروه‌های آزمایش (۲ گروه ۱۰ تایی) و ۵ دندان هم‌به‌عنوان کنترل منفی استفاده گردیدند. پیش از استفاده از دندان‌ها، لیگامان‌های پیوندتال و دبری‌ها از دیواره ریشه برداشته و تاج دندان‌ها با استفاده از فرز الماسی و همراه با خنک‌کننده آب در زیر محل اتصال سمان-مینای دندان برش داده شد. طول ریشه همه دندان‌ها به اندازه ۱۶ میلی‌متر استاندارد گردید؛ سپس طول کارکرد با عقب کشیدن فایل به اندازه ۱ میلی-متر مشخص شد. فورامن آپیکال هر نمونه با استفاده از مواد رزین کامپوزیت به‌طور کامل مسدود گردید. پس از استریل کردن همه دندان‌ها، به هر ۵ دندان (به‌عنوان کنترل منفی دستگاه اتوکلاو) ۱ میلی‌لیتر از محیط برین هارت اینفیوژن اضافه شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و شرایط هوایی انکوبه گردید؛ سپس ۲۰ دندان باقیمانده به‌صورت تصادفی در دو گروه تقسیم‌بندی شدند. در گروه اول از روش پاک‌سازی استاندارد شامل روش روتاری و شستشو با هیپوکلریت ۲/۵ درصد و در گروه دوم از روش استاندارد در ترکیب با لیزر دیود طول‌موج ۸۱۰/۹۸۰ برای بررسی کاهش تعداد کاندیدا آلیکنس در کانال‌های دندانی استفاده گردید؛ سپس به کانال دندان‌ها ۲ میکرولیتر از هر

سمت کروئال امتداد یافت. در نهایت، برای نمونه‌گیری از پیروپویت استریل استفاده شد و مانند مراحل ذکر شده، نمونه‌ها رقیق‌سازی و کشت گردیدند. کد اخلاق این پروژه از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه به شماره ۱۴۰۱/۱۰۶ دریافت شد.

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌ها با کمک نرم‌افزار Statistica vol.20 تجزیه و تحلیل گردیدند. ابتدا شاخص‌های آماری توصیفی شامل شاخص‌های مرکزی و پراکندگی گزارش شدند. به منظور انجام تحلیل‌های آماری، فرض نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro Wilk ارزیابی گردید؛ سپس برای مقایسه مقادیر باقیمانده مخمرها پیش و پس از پاک‌سازی، از آزمون Paired t-test و برای مقایسه آن‌ها در دو گروه مستقل روش استاندارد طلایی مکانیکال و روش استاندارد طلایی مکانیکال-لیزر دیود از آزمون t-test استفاده شد. سطح معنی‌داری برای محاسبات آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

### یافته‌های پژوهش

نتایج این مطالعه نشان داد که هیچ‌گونه آلودگی طی هفت روز انکوباسیون نمونه‌های دندان‌های مربوط به گروه‌های کنترل منفی مشاهده نشد. نتایج جدول شماره ۱ حاکی از آن است که پس از پاک‌سازی کانال دندان‌ها با استفاده از روش روتاری، تعداد مخمرها در مقایسه با پیش از آن ۹۲/۲ درصد کاهش نشان دادند که این کاهش از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.001$ ) را به همراه داشت. بر اساس نتایج مشخص شد که پس از پاک‌سازی با لیزر دیود به همراه سیستم روتاری تأثیر بیشتری بر کاهش تعداد کاندیدا آلیکس در کانال دندان‌ها داشت. این کاهش معادل ۹۴/۵ درصد بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ( $P < 0.001$ ) را نشان داد (جدول شماره ۱).

سوسپانسیون میکروبی (معادل استاندارد نیم مک‌فارلند) اضافه و نمونه‌ها به مدت یک هفته در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد و شرایط هوازی نگهداری شدند. پس از پایان یک هفته و پیش از پاک‌سازی دندان‌ها، از کانال هر دندان، در شرایط استریل، با کمک پیروپویت نمونه‌برداری صورت گرفت و برای شمارش تعداد میکروارگانیسم‌ها از روش رقیق‌سازی سریالی (از رقت ۱-۱۰ تا رقت ۶-۱۰) استفاده شد و سپس رقت‌های مختلف به شکل سریالی از آن‌ها تهیه گردید و هر رقت روی سطح پلیت، به شکل یکنواخت کشت داده شدند. در نهایت، پلیت‌ها در شرایط هوازی و دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه و پس از ۲۴ ساعت، کلونی‌ها شمارش و تعداد میکروارگانیسم‌ها در هر میلی‌لیتر نمونه محاسبه گردید.

مراحل پاک‌سازی به روش استاندارد طلایی مکانیکال: برای پاک‌سازی دندان‌ها، پس از تهیه حفره دسترسی به روش مکانیکی دستی، از فایل‌های نیکل-تیتانیوم با ترتیب توالی #۱۰، #۱۵، #۲۰ و فایل‌های روتاری با ترتیب توالی F2 و F3 با سرعت ۳۰۰ rpm و Torque 2.5N استفاده شد. دستگاه روتاری طبق نوع فایل‌های استفاده‌شده روی سرعت ۳۰۰-۳۵۰ rpm و Torque 2N تنظیم و پاک‌سازی انجام گردید. حین فایلینگ‌ها به روش استاندارد طلایی، از اتیلن دی‌آمین تتراستیک اسید ۱۷ درصد برای حذف لایه اسمیر و از هیپوکلریت ۲/۵ درصد به مدت ۱ دقیقه (دو بار با کمک سرنگ ۲ میلی‌لیتری) استفاده شد و در نهایت، با نرمال سالین (دو بار با کمک سرنگ ۲ میلی‌لیتری) به مدت ۱ دقیقه شستشوی کانال‌ها صورت گرفت. در انتهای این مرحله، دوباره به وسیله پیروپویت نمونه‌گیری انجام گردید و مانند پیش از پاک‌سازی، نمونه‌ها رقیق‌سازی و کشت داده شدند.

مراحل پاک‌سازی به روش استاندارد طلایی مکانیکال و لیزر دیود: ابتدا پاک‌سازی کانال مانند مرحله پیش صورت گرفت؛ سپس به کمک لیزر دیود با ترکیبی از طول‌موج‌های ۸۱۰ و ۹۸۰ (۸۱۰/۹۸۰) نانومتر و توان ۰/۵ وات، به مدت ۴۰ ثانیه به درون کانال تابش شد. تابش لیزر با فیبر نوری درون کانال در ۱ میلی‌متری انتهای ریشه آغاز گردید و با حرکت چرخشی و سرعت ۲ میلی‌متر در ثانیه به

**جدول شماره ۱.** نتایج تأثیر روش روتاری و روتاری-لیزر دیود بر کاهش تعداد کاندیدا آلیکس در کانال دندان.

	روش			
	روتاری (N=10)		روتاری-لیزر (N=10)	
	میانگین (± انحراف معیار)	P-value	میانگین (± انحراف معیار)	P-value
قبل	5.1×105 (2.7×104)	0.0003	2.9×105 (2.3×104)	0.0004
بعد	4×104 (4.1×103)		1.6×104 (4×103)	

نتایج نشان داد، میان تعداد مخمرها پس از پاک‌سازی به روش‌های روتاری و روتاری-لیزر اختلافی دو درصدی وجود داشت که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) بود و گویای این مطلب است که روش روتاری همراه با لیزر دیود نقش قوی‌تری را در پاک‌سازی کانال ریشه به عهده دارد (جدول شماره ۲).

نتایج مقایسه روش روتاری و روتاری-لیزر بر کاهش تعداد مخمرها در کانال دندان.

**جدول شماره ۲.** نتایج مقایسه روش روتاری و روتاری-لیزر بر کاهش تعداد مخمرها در کانال دندان.

سیستم	میانگین (± انحراف معیار)	P-value
روتاری (n=10)	4×10 <sup>4</sup> (4.1×10 <sup>3</sup> )	0.00429
روتاری-لیزر (n=10)	1.6×10 <sup>4</sup> (4×10 <sup>3</sup> )	

نتایج مطالعه کاتالینچ و همکارانش (۱۲) کاهش ۱۰۰ درصدی را در تعداد کاندیدا آلیکس نشان داد که به نظر می‌رسد، این اختلاف به علت طول‌موج‌های متفاوت به کاررفته در دو تحقیق باشد. در مطالعه کاتالینچ و همکاران، مدت‌زمان قرار گرفتن در معرض نور لیزر و ترکیبی از طول‌موج‌های ۹۷۰/۴۴۵ به کاهش میکروب‌ها کمک می‌کند. به نظر می‌رسد، هم‌زمانی طول‌موج‌های ۹۷۰/۴۴۵ نسبت به ۹۸۰/۸۱۰، اثر بیشتری بر کاندیدا آلیکس دارد و این قارچ نسبت به تابش لیزر با طول‌موج ۴۴۵ حساس‌تر است.

نتایج مطالعه والرا و همکاران کاهش ۷۰ درصدی در تعداد کاندیدا آلیکس را نشان داد که تفاوت این مطالعه با مطالعه حاضر ناشی از تفاوت در غلظت هیپوکلریت سدیم به کاررفته در دو مطالعه است. در مطالعه والرا و همکاران، از هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به جای ۲/۵ درصد استفاده شده که این تفاوت غلظت، تفاوت در میزان کاهش میکروارگانیزم را تا حدود ۲۷ درصد شامل شده است (۱۵).

مطالعه حاضر مشخص کرد که پاک‌سازی کانال ریشه با روش روتاری-لیزر به میزان چشمگیری باعث کاهش

## بحث و نتیجه‌گیری

هر درمان موفق ریشه مستلزم حذف بیوفیلم‌های ریشه از طریق روش‌های دقیق ضد عفونی کانال ریشه است. استفاده از هیپوکلریت سدیم یکی از رایج‌ترین شوینده‌های مؤثر در حذف لایه اسمیر از یک‌سوم تاجی و میانی کانال‌های دندان است؛ اما به میزان قابل توجهی به سوی یک‌سوم اپیکال کاهش می‌یابد. در سال‌های اخیر، روش‌های درمانی جایگزین جدیدی از جمله لیزرهای پر قدرت پیشنهاد شده‌اند (۱۳).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تعداد کاندیدا آلیکس در کانال دندان پس از پاک‌سازی با کمک روش روتاری در مقایسه با پیش از آن، ۹۲/۲ درصد کاهش نشان داد، در حالی که یاداو این کاهش را ۹۸/۸ درصد گزارش کرد. به نظر می‌رسد، این اختلاف تقریباً ۷ درصدی مطالعه یاداو در مقایسه با این مطالعه، مربوط به تفاوت در استفاده از غلظت بیشتر هیپوکلریت سدیم (۳ درصد)، کوتاه‌تر بودن طول دندان به کاررفته (۱۲ میلی‌متر)، طولانی‌تر بودن مدت‌زمان انکوباسیون مخمرها در دمای ۳۷ درجه (۴ هفته) و روش بررسی میکروبی (استفاده از SEM) باشد (۱۴).

کاندیدا آلیکنس (۹۴/۵ درصد) گردید و از سوی دیگر، نقش قوی تر روش روتاری نسبت به روش استاندارد همراه با لیزر دیود در کاهش مخمر را مشخص کرد.

در مطالعه خویدت میزان کاهش کاندیدا آلیکنس حدود ۸۲ درصد و در مطالعه سادونی حدود ۶۸ درصد گزارش شده است که به ترتیب ۱۳ و ۲۷ درصد تفاوت وجود داشت (۱۶،۱۷). این احتمال وجود دارد که این اختلاف به علت یکی از تفاوت‌های عمده در طراحی این دو مطالعه، یعنی تعداد مخمرهای تلقیح شده به کانال‌های دندانی، باشد. در مطالعه خویدت، ۳۰ میکرولیتر از سوسپانسیون کاندیدا آلیکنس با تعداد استاندارد معادل ۵ مک‌فارلند (با تکرارهای هر دو روز یک‌بار) به کانال‌های دندانی تلقیح شده است که میزان آن ۱۵۰ برابر بیشتر از میزان مخمرهای تلقیح شده در مطالعه حاضر است و در مطالعه سادونی، میزان مخمر تلقیح شده به کانال‌ها ۱۰ میکرولیتر (۵ برابر این مطالعه) است. از سویی، در مطالعه سادونی، از روش پاک‌سازی استاندارد مکانیکال استفاده نشده است که این امر می‌تواند عامل این اختلاف ۲۷ درصدی با مطالعه حاضر باشد.

هر دو روش پاک‌سازی در کاهش تعداد کاندیدا آلیکنس از کانال‌های ریشه دندان مؤثر بودند که روش پاک‌سازی روتاری-لیزر کاهش معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) در تعداد مخمرها نسبت به روش روتاری را نشان داد.

### سپاس‌گزاری

نویسندگان این مقاله لازم می‌دانند تا از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه برای حمایت‌های مالی تشکر کنند.

### تعارض منافع

بدین وسیله نویسندگان اعلام می‌کنند که نتایج این تحقیق با منافع هیچ سازمان یا فردی تعارض ندارد.

### کد اخلاق

۱۴۰۱/۱۰۶

## References

1. Fouad A, Torabinejad M, Walton RE. *Endodontics-E-Book: Principles and practice*: Saunders; 2008.
2. Jhajharia K. Microbiology of endodontic diseases: A review article. *Int J Appl Dent Sci* 2019;5:227-30.
3. Ricucci D, Siqueira Jr JF. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *J Endod* 2010; 36: 1-15. doi:10.1016/j.joen.2009.09.038.
4. Arora S, Saquib SA, Algarni YA, et al. Synergistic effect of plant extracts on endodontic pathogens isolated from teeth with root canal treatment failure: an in vitro study. *Antibiotics* 2021;10: 552. doi:10.3390/antibiotics10050552.
5. Senges C, Wrbas KT, Altenburger M, et al. Bacterial and *Candida albicans* adhesion on different root canal filling materials and sealers. *J Endod* 2011; 37: 1247-52. doi:10.1016/j.joen.2011.05.034.
6. da Silva Dantas A, Lee KK, Raziunaite I, et al. Cell biology of *Candida albicans*-host interactions. *Curr Opin Microbiol* 2016; 34: 111-18. doi:10.1016/j.mib.2016.08.006.
7. Kumar J, Sharma R, Sharma M, et al. (2015) Presence of *Candida albicans* in root canals of teeth with apical periodontitis and evaluation of their possible role in failure of endodontic treatment. *J Int Oral Health* 2015; 7: 42-5.
8. Chubb DWR . A review of the prognostic value of irrigation on root canal treatment success. *Aust Endod J* 2019; 45: 5-11. doi:10.1111/aej.12348.
9. Yoon J, Cho BH, Bae J, et al. (2018) Anatomical analysis of the resected roots of mandibular first molars after failed non-surgical retreatment. *Restor Dent Endod* 2018; 43: e16. doi:10.5395/rde.2018.43.e16.
10. Ghorbanzadeh A, Bahador A, Sarraf P, et al. Ex vivo comparison of antibacterial efficacy of conventional chemomechanical debridement alone and in combination with light-activated disinfection and laser irradiation against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2020; 29:101648. doi:10.1016/j.pdpdt.2019.101648.
11. Asnaashari M, Godiny M, Azari-Marhabi S, et al. (2016) Comparison of the antibacterial effect of 810 nm diode laser and photodynamic therapy in reducing the microbial flora of root canal in endodontic retreatment in patients with periradicular lesions. *J Lasers Med Sci* 2016; 7: 99-104 . doi:10.15171/jlms.2016.17.
12. Katalinić I, Budimir A, Bošnjak Z, Jakovljević S, Anić I. The photo-activated and photo-thermal effect of the 445/970 nm diode laser on the mixed biofilm inside root canals of human teeth in vitro: A pilot study. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2019;26:277-83. doi: 10.1016/j.pdpdt.2019.04.014.
13. Bordea IR, Hanna R, Chiniforush N, Grădinaru E, Câmpian RS, Sîrbu A, et al. Evaluation of the outcome of various laser therapy applications in root canal disinfection: A systematic review. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2020;29:101611. doi: 10.1016/j.pdpdt.2019.101611.
14. Yadav P, Chaudhary S, Saxena RK, et al. Evaluation of Antimicrobial and Antifungal efficacy of Chitosan as endodontic irrigant against *Enterococcus Faecalis* and *Candida Albicans* Biofilm formed on tooth substrate. *J Clin Exp Dent* 2017; 9: e361. doi:10.4317/jced.53210.
15. Valera MC, de Moraes Rego J, Jorge AOC. Effect of sodium hypochlorite and five intracanal medications on *Candida albicans* in root canals. *J Endod* 2001; 27: 401-3. doi:10.1097/00004770-200106000-00008.
16. Sadony DM, Khallaf ME, Kamal JS . Effect of photodynamic therapy using diode laser and a novel plant extract irrigant against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. *BNRC* 2021;45: 1-5. doi:10.1186/s42269-021-00510-4.
17. Xhevdet A, Stubljarić D, Kriznar I, et al. The disinfecting efficacy of root canals with laser photodynamic therapy. *JLMS* 2014; 5: 19.