BRIEF REPORT

Comparing the Effect of Zirconia Surface Conditioning Using Nd:YAG Laser and Conventional Method on Shear Bond Strength of Ceramic Brackets to Zirconia Surface: An In vitro Study

Elahe Soltanmohamadi borujeni[1],
Fatemeh Babaahmadi[2],
Mohammad Aghaali[3],
Ali Saleh[2,4],
Aida Mehdipour[4,5]

[1]Assisstant Professor, Department of Orthodontics, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2] Dentistry Student, Student Research Committee, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
[3] Assisstant Professor, Department of Community Medicine, Faculty of Medicine, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
[4] Cellular and Molecular Research Center, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
[5] Associate Professor, Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran

(Received November 20, 2022 ; Accepted May 6, 2023)

Abstract

Background and purpose: Lasers are of great importance in dentistry and have shown positive results in surface conditioning of ceramic brackets. The aim of this study was to compare the effect of two surface conditioning method, Nd:YAG laser and sandblasting on shear bind strength (SBS) and (adhesive remnant index (ARI).

Materials and methods: This experimental study was conducted in six groups of zirconia blocks to get prepared by laser (LG1-LG2-LG3) or sandblast (SG4-SG5-SG6). Two debonding methods, including conventional (LG3-SG3) and Nd:YAG laser (LG2-SG2) methods were used for zirconia blocks. SBS and ARI indices were compared between the two methods using ANOVA and post-hoc test.

Results: The mean SBS did not show significant difference between LG1 and SG4 groups (8.2±2.04 and 7.1±1.5, respectively, P=0.228). ARI did not show significant difference between LG2 (3.1±0.8) and SG5 (3.5±0.7) groups (P=0.129) and between LG3 and SG6 (2.3±0.7 and 2.7±0.5, respectively, P=0.219). ARI was found to be significantly different between LG2 and LG3 (30.1±0.8 and 2.3±0.7, respectively, P =0.011) and between SG5 (3.5±0.7) and SG6 (2.7± 0.5) (P=0.024).

Conclusion: Nd:YAG laser can be considered a suitable alternative for zirconia surface conditioning and debonding ceramic brackets from zirconia crowns.

Keywords: Laser, Sandblast, Zirconia, zirconia, shear bond strength

J Mazandaran Univ Med Sci 2023; 33 (221): 139-145 (Persian).

Corresponding Author: Aida Mehdipour - Faculty of Dentistry, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran.
(E-mail: mehdipoor_aida@yahoo.com)

گزارش کوتاه

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره سی و سوم شماره ۲۲۱ خرداد سال ۱۴۰۲ (۱۴۵-۱۳۹)

مقایسه تاثیر آماده‌سازی سطحی زیرکونیا با دو روش لیزر Nd:YAG و روش متداول روی استحکام باند برشی براکت‌های سرامیکی باندشونده به سطح زیرکونیا: یک مطالعه آزمایشگاهی

الهه سلطان محمدی بروجنی[۱]
فاطمه بابا احمدی[۲]
محمد آقاعلی[۳]
علی صالح[۲و۴]
آیدا مهدی پور[۴و۵]

چکیده

سابقه و هدف: لیزرها از اهمیت ویژه‌ای در دندانپزشکی برخوردارند وکابردآن‌ها جهت آماده‌سازی سطوح برای باند براکت‌ها، نتایج قابل قبولی را نشان داده است. هدف این مطالعه مقایسه تاثیر دو روش آماده‌سازی با لیزر Nd:YAG و سند بلاست بر روی شاخص‌های استحکام باند برشی (SBS) و شاخص میزان چسب (کامپوزیت) باقی مانده (ARI) بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه آزمایشگاهی بر روی ۶ گروه از بلوک‌های زیرکونیا شامل دو گروه آماده‌سازی سطحی با لیزر (LG1,LG2,LG3) و سندبلاست (SG4,SG5,SG6) انجام شد. از دو روش متداول (LG3,SG3) و لیزر (LG2,SG2) برای دباندکردن براکت‌ها استفاده شد و در نهایت شاخص‌های ARI، SBS بین دو روش با استفاده از آزمون‌های آماری ANOVA و Post HOC مورد مقایسه قرار گرفتند.

یافته‌ها: SBS بین دو گروه LG1 و SG4 (۲/۰۴±۸/۲ =LG1 و ۱/۵±۷/۱=SG4) تفاوت معنی‌داری نشان نداد (P=۰/۲۲۸). ARI بین دو گروه LG2 و SG5 (۰/۸±۳/۱=LG2 و ۰/۷±۳/۵=SG5) و LG3 و SG6 (۰/۷±۲/۳=LG3، ۰/۵±۲/۷=SG6) تفاوت معنی‌داری نشان نداد (P=۰/۲۱۹ و P=۰/۱۲۹). ARI بین دو گروه LG2 و LG3 (۰/۸±۳/۱=LG2، ۰/۷±۲/۳=LG3) و SG5 و SG6 (۰/۷±۳/۵=SG5، ۰/۵±۲/۷=SG6) تفاوت معنی‌داری نشان داد (P=۰/۰۲۴ و P=۰/۰۱۱).

استنتاج: لیزر Nd:YAG می‌تواند جایگزین مناسبی برای آماده‌سازی سطحی زیرکونیا و دباندکردن براکت‌های سرامیکی از روکش زیرکونیا در نظر گرفته شود.

واژه های کلیدی: لیزر، سندبلاست، زیرکونیا، استحکام باند برشی

مقدمه

روکش‌های زیرکونیا یکی از رایج‌ترین گزینه‌ها جهت ترمیم غیرمستقیم دندان‌های آسیب‌دیده هستند، که به دلیل خواص مکانیکی مناسب و زیبایی، محبوبیت زیادی در بین بیماران و درمانگران دارند(۲،۱). باند مناسب براکت به زیرکونیا می‌تواند باعث افزایش تطابق مارژینال، کاهش میزان لیکیج مایعات و هم‌چنین افزایش

مولف مسئول: آیدا مهدی پور- قم: دانشگاه علوم پزشکی قم، دانشکده دندانپزشکی E-mail: mehdipoor_aida@yahoo.com
۱. استادیار، گروه ارتودنسی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲. دانشجوی دندانپزشکی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
۳. استادیار، گروه پزشکی اجتماعی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
۴. مرکز تحقیقات سلولی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
۵. دانشیار، گروه دندانپزشکی کودکان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
تاریخ دریافت : ۱۴۰۱/۸/۲۹ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۴۰۱/۹/۳۰ تاریخ تصویب : ۱۴۰۲/۲/۱۶

retention و طول عمر اتصال براکت به سطح ترمیم گردد(۳). اولین و متداول ترین روش آماده سازی سطح زیرکونیا روش اچ و باند مرسوم به وسیله فسفریک اسید می‌باشد(۴)، این روش استحکام پیوند خوبی را بوجود می‌آورد(۵،۶)، ولی منجر به ازدست رفتن مینای دندان(۷) و گاهی ایجاد ترک‌هایی حتی به عمق ۸۰ میکرون می‌شود(۸). روش دیگر کاربرد Air abrasion با استفاده از ذرات اکسیدآلومینیوم است(۹). در حال حاضر یکی از روش‌های به نسبت نوین جهت آماده‌سازی و افزایش قدرت باند براکت به سطح زیرکونیا استفاده از لیزرهاست(۱۰).

برخی مطالعات نشان دادند که استفاده از لیزر جهت آماده‌سازی سطوح برای باند براکت‌ها، نتایج قابل قبولی را داشته است(۱۲،۱۱). تابش لیزر باعث افزایش خشونت سطحی از طریق ایجاد تخلخل ماکروسکوپی و میکروسکوپی برسطح سرامیک شده و گیرمیکرومکانیکال سمان رزینی به زیرکونیا را افزایش می‌دهد(۱۳)، اگرچه چنین کاری ممکن است باعث ایجاد ترک سطحی وشکست ترمیم سرامیکی نیز شود(۱۴،۹). لیزر Nd:YAG (neodymium-doped yttrium aluminium garnet) از نوع لیزرهای جامد می‌باشد(۹) که این لیزر پرقدرت با طول موج ۱۰۶۴nm (۱۵)، از مهم‌ترین لیزرهایی است که تاثیرآن در استحکام باند برشی (SBS)، در دست بررسی می‌باشد. هدف ما در این مطالعه مقایسه میزان استحکام پیوند باند دباند براکت‌ها به سطح زیرکونیا با استفاده از آماده‌سازی سطحی توسط تابش لیزر Nd:YAG نسبت به کاربرد روش متداول آماده‌سازی سطحی بود.

مواد و روش ها

این مطالعه تجربی- آزمایشگاهی در سال ۲۰۲۲ انجام شد.

بلوک زیرکونیای دایره‌ای Cercon (DeguDent, Hanau, Germany) به قطر ۹۸ میلی‌متر و ضخامت ۱۰میلی‌متر توسط دستگاه تراش 245iCAD/CAM آلمانی (imes-icore, Leibolzgraben, Germany) به مکعب‌های خام زیرکونیا به ابعاد ۱۰*۱۰*۱۰میلی‌متر تبدیل شد. مکعب‌ها به مدت ۸ ساعت در دمای ۱۵۵۰ درجه سانتی‌گراد کوره پخت زیرکونیا VITA (Vident,California,USA) قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها به‌صورت تصادفی به ۶ گروه ۱۳ تایی شامل گروه‌های اول، دوم و سوم (LG1،LG2،LG3) وگروه‌های چهارم، پنجم و ششم (SG4،SG5،SG6) تقسیم شدند. بلوک‌های زیرکونیا زیر میکروسکوپ نوری جهت اطمینان از عدم حضور هرگونه ترک و آسیب به‌طور کامل بررسی شدند. سپس بلوک‌های زیر کونیا، در داخل رزین آکریلی قرار داده شدند و سطح آن‌ها با استفاده از کاغذ سیلیکون کاربید Grit ۶۰۰ (Norton saint-Gobain, Massachusetts, USA) پالیش شد و پس از پالیش، بلوک‌ها توسط آب مقطر شست و شو داده شدند و به مدت یک دقیقه در اتانول ۱۰۰ درصد قرار گرفتند. در نهایت تمامی نمونه‌ها توسط جریان هوا به مدت دو دقیقه خشک شدند.

سطح بلوک‌های زیرکونیا درگروه‌های (LG1-LG2-LG3) با استفاده از لیزر Nd:YAG (Fotona,LightWalker AT-S,M021 5AF/1S,Slovenia) طبق پارامترهای ذکر شده مورد تابش قرار گرفتند و آماده‌سازی شد (جدول شماره۱).

جدول شماره ۱: پارامتر های لیزر Nd:YAG

power	۱/۵ W
frequency	۲۰ Hz
time	۱۰ sec
Duration	۱۰۰ µs
Pulse energy	۸۰ mj
Distance from surface	۱ mm

در گروه‌های (SG4-SG5-SG6)آماده‌سازی سطحی سطوح بلوک زیرکونیا به وسیله ذرات آلومینیوم اکساید (Al2O3) با سایز ۵۰ میکرومتر توسط دستگاه Aero Etcher (Parkell, New York, USA) تحت فشار ۴۰ psi به‌مدت ۱۰ ثانیه با فاصله ۱۰میلی‌متر انجام شد و

به‌دنبال آن سطح بلوک‌های زیرکونیا شستشو داده شده و توسط جریان هوا خشک شد. سپس به‌وسیله باند آغشته شده وهمزمان ادهزیو مورد استفاده پشت براکت‌ها چسبانده شد و در ادامه براکت را روی بلوک مدنظر قرار داده، به‌مدت ۱۵ ثانیه به‌وسیله دستگاه لایت کیور device (LED D Curing Light, Guilin Woodpecker, China) با توان خروجی۵ وات کیور شد. به‌منظور چسباندن براکت‌های سرامیکی به سطح زیرکونیا از کیت چسب براکت ارتودنسی (Transbond XT, 3M Unitek, Monrovia, CA, USA) استفاده گردید. درگروه LG1 از بلوک‌های لیزر Nd:YAG و گروه SG4 از بلوک‌های سندبلاست استحکام باند برشی، نمونه‌ها به‌وسیله universal testing machine (Zwick/Roell, Ulm, Germany) ارزیابی شد. نمونه‌ها داخل universal testing machine با یک 1-kN load cell برای اندازه‌گیری SBS قرار گرفتند. Blade جهت اکلوزو جینجیوالی داشت و به سمت interface براکت سرامیکی و سطح زیرکونیا در یک mm/minuteof crosshead speed ۰/۵ به سمت پایین حرکت کرد، تا زمانی که براکت از بلوک جدا گردد. در نهایت مقادیر استحکام باند برشی برای هر نمونه به Newton (N) گزارش و اتوماتیکالی با استفاده از کامپیوتر به Megapascal (MPa) محاسبه شد(۶). میزان SBS بین دو گروه LG1 و SG4 مورد مقایسه قرار گرفت.

در ادامه گروه LG2 از لیزر Nd:YAG و گروه SG5 از سندبلاست را انتخاب کردیم و برای دبانده کردن براکت از آن‌ها در هردو گروه از روش لیزر Nd:YAG با پارامترهای ذکر شده استفاده کردیم؛ به این صورت که لیزر را به interface باند بین براکت و زیرکونیا تاباندیم تا این باند اندکی سست شود وسپس بلوک‌ها را برای کات براکت‌ها در دستگاه universal machine test قرار دادیم و پس از دبانده شدن براکت‌ها، ARI با استفاده از بزرگنمایی ۱۰ و سپس ۴۰ استریومیکروسکوپ ارزیابی شد. براساس مطالعه Montasser (۲۰۰۹) نمره ۱ تا ۵ طبق توضیحات زیر به ARI داده شد(۱۶):

نمره۱: ۱۰۰ درصد ماده باندینگ روی دندان باقی مانده.
نمره۲: بیش‌تر از ۹۰درصد ماده باندینگ روی دندان باقی‌مانده.
نمره۳: بین ۱۰تا۹۰ درصد ماده باندینگ روی دندان باقی‌مانده.
نمره۴: کم‌تر از ۱۰درصد ماده باندینگ روی دندان باقی‌مانده.
نمره۵: هیچ ماده باندینگ روی دندان باقی نمانده.

در ادامه نیز مجددا گروه LG3 از لیزر Nd:YAG و گروه SG6 از سندبلاست را انتخاب کردیم، برای دبانده کردن براکت از آن‌ها بلوک‌ها را (بدون تاباندن لیزر) در دستگاه universal machine test قرار دادیم و پس از دبانده شدن براکت ها میزان ARI روی بلوک‌ها را زیر استریومیکروسکوپ با مشخصات ذکر شده بررسی کردیم. مقایسه ARI بین دو روش دبانده کردن و اچ کردن مذکور بین چهار گروه SG5, LG3, LG2 و SG6 انجام شد.

روش‌های آماری تجزیه و تحلیل نتایج

به منظور مقایسه و تحلیل داده‌ها از آزمون‌های آماری تست ANOVA و تست Post HOC استفاده شده است. شایان ذکر است که داده‌ها با نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۶ تجزیه و تحلیل شدند و در تمامی موارد سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها و بحث

میانگین میزان SBS در گروه surface conditioning با لیزر (LG1) از گروه سندبلاست (SG4) کمی بالاتر بود ولی بین دو گروه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت(P=۰/۲۲۸) (جدول شماره۲).

شاخص ARI بین دو گروه (LG2,SG5) و (LG3,SG6) تفاوت معنی‌داری نداشت (P=۰/۲۱۹، P=۰/۱۲۹). ولی بین دو گروه (LG2,LG3) و (SG5,SG6) تفاوت معنی‌داری وجود داشت (P=۰/۰۲۴، P=۰/۰۱۱) (جدول شماره ۳).

جدول شماره۲: مقایسه مقادیر SBS بین دو گروه لیزر و سندبلاست

نام گروه		تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	سطح معنی داری
LG1	SBS	۱۳	۸/۲	۲/۰۴	۵/۳	۱۲/۱	۰/۲۲۸
SG4		۱۳	۷/۱	۱/۵	۴/۵	۱۰/۳	

جدول شماره ۳: مقایسه مقادیر شاخص ARI بین گروه‌ها

نام گروه		تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	سطح معنی داری
LG2	ARI	۱۳	۳/۱	۰/۸	۲	۵	۰/۲۱۹
SG5		۱۳	۳/۵	۰/۷	۲	۵	
LG3	ARI	۱۳	۲/۳	۰/۷	۱	۳	۰/۱۲۹
SG6		۱۳	۲/۷	۰/۵	۲	۴	
LG2	ARI	۱۳	۳/۱	۰/۸	۲	۵	۰/۰۲۴
LG3		۱۳	۲/۳	۰/۷	۱	۳	
SG5	ARI	۱۳	۳/۵	۰/۷	۲	۵	۰/۰۱۱
SG6		۱۳	۲/۷	۰/۵	۲	۴	

در مطالعه حاضر، میان استحکام باند برشی نمونه‌های آماده شده توسط لیزر و نمونه‌های سندبلاست شده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در مطالعه مختارپور وهمکاران(۲۰۲۱) استحکام باند برشی نمونه‌های آماده شده توسط لیزر به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از نمونه‌های سندبلاست شده بود. نتایج مطالعه آن‌ها با مطالعه حاضر همسو نمی‌باشد و دلیل این تفاوت در یافته‌ها می‌تواند تفاوت در سایز ذرات اکسیدآلومینیوم استفاده شده در دو مطالعه باشد(۱۷).

Kara و همکاران (۲۰۱۵) نیز اثر سه لیزر متفاوت Er:YAG ، Nd:YAG و Femtosecond بر روی استحکام باند برشی سرامیک‌های زیرکونیا را بررسی نموده و گزارش دادند که که لیزر به میزان قابل قبولی می‌تواند در افزایش میزان خشونت سطحی و استحکام باند برشی موثر واقع شود(۱۸).

ARI (Adhesive remnant index) معیاری است که از جهتی می‌تواند نشان‌دهنده استحکام باند بین براکت و سطح دندان باشد، اما درصورتی که چسب‌های براکت به میزان کم‌تری بر روی سطح دندان باقی بمانند برداشت آن‌ها راحت‌تر و آسیب به مینای دندان یا پرسلن کم‌تر خواهد بود(۱۹،۱۶). در مطالعه کنونی تفاوت معنی‌داری در میزان Adhesive باقی مانده در هر دو روش آماده سطحی با سندبلاست و لیزر با روش یکسان در دباند کردن براکت‌ها مشاهده نشد؛ ولی در صورت دباند کردن براکت‌ها با استفاده از لیزر در مقایسه با دباند کردن معمول به صورت معناداری Adhesive کم‌تری روی مینای دندان‌ها باقی ماند.

میرهاشمی و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که تاثیر دولیزر (Er:YAG) و (Er,Cr:YSGG) بر روی استحکام برشی براکت‌های سرامیکی وARI تفاوت معنی‌داری را با گروه کنترل نشان نمی‌دهد. البته نوع لیزر مورد استفاده در مطالعه آن‌ها با تحقیق کنونی متفاوت بود(۲۰).

در مطالعه طباطبایی و همکاران (۲۰۱۸)، استحکام باند مربوط به گروه‌های تحت تابش لیزر Nd:YAG و Er:YAG از گروه‌های سندبلاست به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود(۲۱) که با یافته‌های مطالعه فعلی همخوانی ندارد، این تفاوت در استحکام باند برشی و تفاوت درشاخص ARI بین دو مطالعه می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع کیت ادهزیوپرایمر و پارامترهای لیزر مورد استفاده در در دو مطالعه باشد.

در ارزیابی SBS بین دو گروه آماده سازی با لیزر و گروه سندبلاست تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ودر گروه‌های لیزر نسبت به گروه‌های سندبلاست اندکی بیش‌تر بود، لذا به نظر می‌رسد که لیزر Nd:YAG جایگزین مناسبی برای روش سندبلاست در جهت آماده‌سازی سطوح زیرکونیا باشد.

تعارض منافع

بنابر اظهارات نویســـندگان این پژوهش هـیچ‌گونـه تعارض منافعی نداشته است.

ملاحظات اخلاقی

این طرح پژوهشی توسط شورای پژوهشی و اخلاق دانشگاه علوم پزشـکی قـم مـورد تاییـد و تصـویب قـرار گرفت (کد اخلاق: IR.MUQ.REC.1401.017)

References

1. Al-Khatieeb MM, Mohammed SA, Al-Attar AM. Evaluation of a new orthodontic bonding system (Beauty Ortho Bond). J Bagh Coll Dent 2023; 27(1): 175-181.
2. Tepedino M, Iancu Potrubacz M, Arrizza L, Russo M, Cavarra F, Cordaro M, et al. In vitro shear bond strength of orthodontic brackets after enamel conditioning with acid etching and hydroabrasion. Dent J 2020; 8(4): 108.
3. Bosco E, Potrubacz MI, Arrizza L, Chimenti C, Tepedino M. Enamel preservation during composite removal after orthodontic debonding comparing hydroabrasion with rotary instruments. Dent Mater J 2020; 39(3): 367-374.
4. Gomes AL, Ramos JC, Santos-del Riego S, Montero J, Albaladejo A. Thermocycling effect on microshear bond strength to zirconia ceramic using Er: YAG and tribochemical silica coating as surface conditioning. Lasers Med Sci 2015; 30(2): 787-795.
5. Spohr AM, Borges GA, Júnior LHB, Mota EG, Oshima HMS. Surface modification of In-Ceram Zirconia ceramic by Nd: YAG laser, Rocatec system, or aluminum oxide sandblasting and its bond strength to a resin cement. Photomed Laser Surg 2008; 26(3): 203-208.
6. Nasiri M, Mirhashemi AH, Etemadi A, Kharazifard MJ, Borujeni ES, Mahd MJ, et al. Evaluation of the shear bond strength and adhesive remnant index in debonding of stainless steel brackets assisted with Nd: YAG laser irradiation. Fron Dent 2019; 16(1): 37-44.
7. Swartz ML. Limitations of in vitro orthodontic bond strength testing. J Clin Orthod 2007; 41(4): 207-210.
8. Cavalcanti AN, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Bond strength of resin cements to a zirconia ceramic with different surface treatments. Oper Dent 2009; 34(3): 280-287.
9. Yasukawa A, Hrui H, Koyama Y, Nagai M, Takakuda K. The effect of low reactive-level laser therapy (LLLT) with helium-neon laser on operative wound healing in a rat model. J Vet Med Sci 2007; 69(8): 799-806.
10. Usumez A, Hamdemirci N, Koroglu BY, Simsek I, Parlar O, Sari T. Bond strength of resin cement to zirconia ceramic with different surface treatments. Lasers Med Sci 2013; 28(1): 259-266.
11. Hosseini MH, Sobouti F, Etemadi A, Chiniforush N. Shear bond strength of metal brackets to feldspathic porcelain treated by Nd: YAG laser and hydrofluoric acid. Lasers Med Sci 2015; 30(2): 837-841.
12. Mizutani K, Aoki A, Coluzzi D, Yukna R, Wang CY, Pavlic V, et al. Lasers in minimally invasive periodontal and peri-implant therapy. Periodontol 2000 2016; 71(1): 185-212.
13. Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. Am J Orthod 1984; 85(4): 333-340.

14. Heidari S, Torkan S. Laser applications in orthodontics. J Lasers Med Sci 2013; 4(4): 151-158.
15. Lopes AO, Aranha ACC. Comparative evaluation of the effects of Nd: YAG laser and a desensitizer agent on the treatment of dentin hypersensitivity: a clinical study. Photomed Laser Surg 2013; 31(3): 132-138.
16. Montasser MA, Drummond JL. Reliability of the adhesive remnant index score system with different magnifications. Angle Orthod 2009; 79(4): 773-776.
17. Mokhtarpur H, Nafisifard M, Dadgar S, Etemadi A, Chiniforush N, Sobouti F. Shear bond strength of the metal bracket to zirconium ceramic restoration treated by the Nd: YAG laser and other methods: an in vitro microscopic study. J Lasers Med Sci 2020; 11(4): 411-416.
18. Kara O, Kara HB, Tobi ES, Ozturk AN, Kilic HS. Effect of various lasers on the bond strength of two zirconia ceramics. Photomed Laser Surg 2015; 33(2): 69-76.
19. Guan G, Takano-Yamamoto T, Miyamoto M, Hattori T, Ishikawa K, Suzuki K. Shear bond strengths of orthodontic plastic brackets. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2000; 117(4): 438-443.
20. Mirhashemi AH, Hossaini SMH, Etemadi A, Kharazifard MJ, Bahador A, Soudi A. Effect of Er: YAG and Er, Cr: YSGG lasers on ceramic bracket debonding from composite blocks. Front Dent 2019; 16(2): 88-95.
21. Tabatabaei MH, Chiniforush N, Hashemi G, Valizadeh S. Efficacy Comparison of Nd: YAG laser, diode laser and dentine bonding agent in dentine hypersensitivity reduction: a clinical trial. Laser Ther 2018; 27(4): 265-270.