

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 borujeni¹,
Fatemeh Babaahmadi²,
Mohammad Aghaali³,
Ali Saleh^{2,4},
Aida Mehdipour^{4,5}

¹ Assistant 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 Assistant 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 bond 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: mehdipour_aida@yahoo.com)

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

الهه سلطان محمدی بروجنی^۱

فاطمه بابا احمدی^۲

محمد آقاعلی^۳

علی صالح^{۴و۲}

آیدا مهدی پور^{۵و۴}

چکیده

سابقه و هدف: لیزرها از اهمیت ویژه ای در دندانپزشکی برخوردارند و کاربرد آن ها جهت آماده سازی سطوح برای باند براکت ها، نتایج قابل قبولی را نشان داده است. هدف این مطالعه مقایسه تاثیر دو روش آماده سازی با لیزر Nd:YAG و سند بلاست بر روی شاخص های استحکام باند برشی (SBS) و شاخص میزان چسب (کامپوزیت) باقی مانده (ARI) بود.

مواد و روش ها: این مطالعه آزمایشگاهی بر روی ۶ گروه از بلوک های زیرکونیا شامل دو گروه آماده سازی سطحی با لیزر (LG1, LG2, LG3) و سند بلاست (SG4, SG5, SG6) انجام شد. از دو روش متداول (LG3, SG3) و لیزر (LG2, SG2) برای دبانند کردن براکت ها استفاده شد و در نهایت شاخص های ARI، SBS بین دو روش با استفاده از آزمون های آماری ANOVA و Post HOC مورد مقایسه قرار گرفتند.

یافته ها: SBS بین دو گروه LG1 و SG4 ($LG1=8/2 \pm 2/04$ و $SG4=7/1 \pm 1/5$) تفاوت معنی داری نشان نداد ($P=0/228$). ARI بین دو گروه LG2 و SG5 ($LG2=3/1 \pm 0/8$ و $SG5=3/5 \pm 0/7$) و LG3 و SG6 ($LG3=2/3 \pm 0/7$ و $SG6=2/7 \pm 0/5$) تفاوت معنی داری نشان نداد ($P=0/129$ و $P=0/219$). ARI بین دو گروه LG2 و LG3 ($LG2=3/1 \pm 0/8$ و $LG3=0/7 \pm 2/3$) و SG5 و SG6 ($SG6=2/7 \pm 0/5$ ، $SG5=3/5 \pm 0/7$) تفاوت معنی داری نشان داد ($P=0/011$ و $P=0/024$).

استنتاج: لیزر Nd:YAG می تواند جایگزین مناسبی برای آماده سازی سطحی زیرکونیا و دبانند کردن براکت های سرامیکی از روکش زیرکونیا در نظر گرفته شود.

واژه های کلیدی: لیزر، سند بلاست، زیرکونیا، استحکام باند برشی

مقدمه

زیادتی در بین بیماران و درمانگران دارند (۲،۱). باند مناسب براکت به زیرکونیا می تواند باعث افزایش تطابق مارژینال، کاهش میزان لیکج مایعات و هم چنین افزایش

روکش های زیرکونیا یکی از رایج ترین گزینه ها جهت ترمیم غیرمستقیم دندان های آسیب دیده هستند، که به دلیل خواص مکانیکی مناسب و زیبایی، محبوبیت

E-mail: mehdipoor_aida@yahoo.com

مؤلف مسئول: آیدا مهدی پور - قم: دانشگاه علوم پزشکی قم، دانشکده دندانپزشکی

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، دانشکده 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

آلمانی (imes-icore, Leibolzgraben, Germany) به مکعب‌های خام زیرکونیا به ابعاد $10 \times 10 \times 10$ میلی‌متر تبدیل شد. مکعب‌ها به مدت ۸ ساعت در دمای 1550°C درجه سانتی‌گراد کوره پخت زیرکونیا VITA (Vident, California, USA) قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها به صورت تصادفی به ۶ گروه ۱۳ تایی شامل گروه‌های اول، دوم و سوم (LG1, LG2, LG3) و گروه‌های 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 زیرکونیا، در داخل رزین آکریلی قرار داده شدند و سطح آن‌ها با استفاده از کاغذ سلیکون کارباید ۶۰۰ Grit (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 100°C درصد قرار گرفتند. در نهایت تمامی نمونه‌ها توسط جریان هوا به مدت دو دقیقه خشک شدند.

سطح بلوک‌های زیرکونیا در گروه‌های Nd:YAG (LG1-LG2-LG3) با استفاده از لیزر (Fotona, LightWalker AT-S, M021 5AF/1S, Slovenia) طبق پارامترهای ذکر شده مورد تابش قرار گرفتند و آماده‌سازی شد (جدول شماره ۱).

جدول شماره ۱: پارامترهای لیزر Nd:YAG

power	۱۵ 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 (Al_2O_3) با سایز ۵۰ میکرومتر توسط دستگاه Aero Etcher (Parkell, New York, USA) تحت فشار ۴۰ psi به مدت ۱۰ ثانیه با فاصله ۱۰ میلی‌متر انجام شد و

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 اکسید آلومینیوم 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 (۱۱، ۱۲). تابش لیزر باعث افزایش خشونت سطحی از طریق ایجاد تخلخل ماکروسکوپی و میکروسکوپی بر سطح سرامیک شده و گیرمیکرو مکانیکال سمان رزینی به زیرکونیا را افزایش می‌دهد (۱۳)، اگرچه چنین کاری ممکن است باعث ایجاد ترک سطحی و شکست ترمیم سرامیکی نیز شود (۹، ۱۴). لیزر Nd:YAG (neodymium-doped yttrium aluminium garnet) از نوع لیزرهای جامد می‌باشد (۹) که این لیزر پر قدرت با طول موج 1064nm (۱۵)، از مهم ترین لیزرهای است که تاثیر آن 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 روش‌ها

این مطالعه تجربی - آزمایشگاهی در سال ۲۰۲۲ انجام شد.

بلوک زیرکونیای دایره‌ای Cercon (DeguDent, Hanau, Germany) به قطر ۹۸ میلی‌متر و ضخامت ۱۰ میلی‌متر توسط دستگاه تراش 245iCAD/CAM

به دنبال آن سطح بلوک‌های زیرکونیا شستشو داده شده و توسط جریان هوا خشک شد. سپس به وسیله باند آغشته شده و همزمان ادهزیو مورد استفاده پشت براکت‌ها چسبانده شد و در ادامه براکت را روی بلوک مدنظر قرار داده، به مدت ۱۵ ثانیه به وسیله دستگاه لایت کیور device (LED D Curing Light, Guilin Woodpecker, China) با توان خروجی ۵ وات کیور شد. به منظور چسباندن براکت‌های سرامیکی به سطح زیرکونیا از کیت چسب براکت ارتودنسی (Transbond XT, 3M Unitek, Monrovia, CA, USA) استفاده گردید. در گروه LG1 از بلوک‌های لیزر Nd:YAG و گروه SG4 از بلوک‌های سندبلاست استحکام باند برشی، نمونه‌ها به وسیله universal testing machine (Zwick/Roell, Ulm, Germany) ارزیابی شد. نمونه‌ها داخل universal testing machine با یک 1-kN load cell برای اندازه گیری SBS قرار گرفتند. Blade جهت اکلوزو جینجیوالی داشت و به سمت interface براکت سرامیکی و سطح زیرکونیا در یک 0/5 mm/minute of crosshead speed 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 هر دو 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 و سپس 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):
 نمره ۱: ۱۰۰ درصد ماده باندینگ روی دندان باقی مانده.
 نمره ۲: بیش تر از ۹۰ درصد ماده باندینگ روی دندان باقی مانده.
 نمره ۳: بین ۱۰ تا ۹۰ درصد ماده باندینگ روی دندان باقی مانده.
 نمره ۴: کم تر از ۱۰ درصد ماده باندینگ روی دندان باقی مانده.
 نمره ۵: هیچ ماده باندینگ روی دندان باقی نمانده.

در ادامه نیز مجدداً 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 براکت‌ها 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 معنی داری 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 معنی داری وجود نداشت (P=۰/۲۲۸) (جدول شماره ۲).

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

جدول شماره ۲: مقایسه مقادیر SBS بین دو گروه لیزر و سندبلاست

نام گروه	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	سطح معنی داری
LG1	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	۱۳	۳/۱	۰/۸	۲	۵	۰/۲۱۹
SG5	۱۳	۳/۵	۰/۷	۲	۵	
LG3	۱۳	۲/۳	۰/۷	۱	۳	۰/۱۲۹
SG6	۱۳	۲/۷	۰/۵	۲	۴	
LG2	۱۳	۳/۱	۰/۸	۲	۵	۰/۰۲۴
LG3	۱۳	۲/۳	۰/۷	۱	۳	
SG5	۱۳	۳/۵	۰/۷	۲	۵	۰/۰۱۱
SG6	۱۳	۲/۷	۰/۵	۲	۴	

یکسان در دبانند کردن براکت‌ها مشاهده نشد؛ ولی در صورت دبانند کردن براکت‌ها با استفاده از لیزر در مقایسه با دبانند 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 و ARI تفاوت معنی داری 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 معنی داری پایین‌تر بود (۲۱) که با یافته‌های مطالعه فعلی همخوانی ندارد، این تفاوت در استحکام باند برشی و تفاوت در شاخص ARI بین دو مطالعه می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع کیت ادهزیو پرایمر و پارامترهای لیزر مورد استفاده در دو مطالعه باشد.

در ارزیابی SBS بین دو گروه آماده سازی با لیزر و گروه سندبلاست تفاوت معنی داری وجود نداشت و در 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 زیر کونیا باشد.

در مطالعه حاضر، میان استحکام باند برشی نمونه‌های آماده شده توسط لیزر و نمونه‌های سندبلاست شده اختلاف معنی داری وجود نداشت. در مطالعه مختارپور و همکاران (۲۰۲۱) استحکام باند برشی نمونه‌های آماده شده توسط لیزر به‌طور معنی داری 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 اکسید آلومینیوم استفاده شده در دو مطالعه باشد (۱۷).

Kara و همکاران (۲۰۱۵) نیز اثر سه لیزر متفاوت Nd:YAG ، Er:YAG و Femtosecond بر روی استحکام باند برشی سرامیک‌های زیر کونیا 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 در صورتی که چسب‌های براکت به میزان کم‌تری بر روی سطح دندان باقی بمانند برداشت آن‌ها راحت‌تر و آسیب به مینای دندان یا پرسن کم‌تر خواهد بود (۱۹، ۱۶). در مطالعه کنونی تفاوت معنی داری در میزان Adhesive باقی مانده در هر دو روش آماده سطحی با سندبلاست و لیزر با روش

تعارض منافع

بنابر اظهارات نویسندگان این پژوهش هیچ گونه تعارض منافی نداشته است.

ملاحظات اخلاقی

این طرح پژوهشی توسط شورای پژوهشی و اخلاق دانشگاه علوم پزشکی قم مورد تایید و تصویب قرار 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, Hruji 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.