

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}

¹Assistant 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 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)

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

الهه سلطان محمدی بروجنی^۱

فاطمه بابا احمدی^۲

محمد آقاعلی^۳

علی صالح^۴

آیدا مهدی پور^۵

چکیده

سابقه و هدف: لیزرهای از اهمیت ویژه‌ای در دندانپزشکی برخوردارند و کابردانهای جهت آماده‌سازی سطوح برای باند برآکت‌ها، 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 دباند کردن برآکت‌ها استفاده شد و در نهایت شاخص‌های ARI، SBS بین دو روش با استفاده از آزمون‌های آماری Post HOC و ANOVA مورد مقایسه قرار گرفتند.

یافته‌ها: SBS بین دو گروه LG1 و LG4 (SG4=۷/۱±۱/۵ و LG1=۸/۲±۲/۰۴) تفاوت معنی‌داری نشان نداد، ARI بین دو گروه LG2 و SG5 (LG2=۳/۱±۰/۸ و SG5=۳/۵±۰/۷) و LG3 و SG6 (LG3=۲/۳±۰/۷ و SG6=۲/۷±۰/۵) تفاوت معنی‌داری نشان نداد (P=۰/۰۲۱۹ و P=۰/۰۱۲۹). بین دو گروه LG2 و LG3 (LG2=۳/۱±۰/۸ و LG3=۲/۷±۰/۵) تفاوت معنی‌داری نشان داد (P=۰/۰۲۴ و P=۰/۰۱۱)، SG5 و SG6 (SG5=۳/۵±۰/۷ و SG6=۲/۷±۰/۵) و LG3 (LG3=۰/۷±۰/۳) تفاوت معنی‌داری نشان داد (P=۰/۰۲۴ و P=۰/۰۱۱).

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

واژه‌های کلیدی: لیزر، سندبلاست، زیرکونیا، استحکام باند برشی

مقدمه

زیادی در بین بیماران و درمانگران دارند(۱،۲). باند مناسب برآکت به زیرکونیا می‌تواند باعث افزایش تطابق مارژینال، کاهش میزان لیکیج مایعات و هم‌چنین افزایش

روکش‌های زیرکونیا یکی از رایج‌ترین گزینه‌ها جهت ترمیم غیرمستقیم دندان‌های آسیب‌دیده هستند، که به دلیل خواص مکانیکی مناسب و زیبایی، محبویت

E-mail: mehdipoor_aida@yahoo.com

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

۱. استادیار، گروه ارتوپنسی، 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 سلوالی و مولکولی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

۵. دانشیار، گروه دندانپزشکی کودکان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران

۶. تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۹ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰ تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۰۲/۱۶

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 ۱۵۵ درجه سانتی‌گراد کوره پخت زیرکونیا VITA (Vident, California, USA) به صورت تصادفی به ۶ گروه ۱۳ تایی شامل گروه‌های اول، دوم و سوم (LG3, LG2, LG1) و گروه‌های چهارم، پنجم و ششم (SG6, SG5, SG4) تقسیم شدند. بلوک‌های زیرکونیا زیر میکروسکوب نوری جهت اطمینان از عدم حضور هرگونه ترک و آسیب به طور کامل بررسی شدند. سپس بلوک‌های زیرکونیا، در داخل رزین آکریلی قرار داده شدند و سطح آن‌ها با استفاده از کاغذ سیلیکون کارباید Grit ۶۰۰ (Norton saint-Gobain, Massachusetts, USA) 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 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	
frequency	۲۰ Hz
time	۱۰ sec
Duration	۱۰ μ s
Pulse energy	۸ 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 Parkell, New York, USA Aero Etcher تحت فشار ۴۰ psi به مدت ۱۰ ثانیه با فاصله ۱۰ میلی‌متر انجام شد و

retention و طول عمر اتصال برآکت 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^(۶,۵)، 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 برآکت به سطح زیرکونیا استفاده از لیزرهاست^(۱۰).

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

مواد و روش‌ها

این مطالعه تجربی- آزمایشگاهی در سال ۲۰۲۲ انجام شد.

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

نمره ۱ تا ۵ طبق توضیحات زیر به ARI داده شد(۱۶):
 نمره ۱: ۱۰۰ درصد ماده باندینگ روی دندان باقی مانده.
 نمره ۲: بیشتر از ۹۰ درصد ماده باندینگ روی دندان باقی مانده.
 نمره ۳: بین ۹۰ تا ۱۰ درصد ماده باندینگ روی دندان باقی مانده.
 نمره ۴: کمتر 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 برآکت از آن‌ها بلوك‌ها را (بدون تاباندن لیزر) در دستگاه universal machine test قرار دادیم و پس از دبانده شدن برآکت‌ها میزان ARI روی بلوك‌ها 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 $0.05 < P \leq 0.228$ 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 ($P=0.219$) (جدول شماره ۲). شاخص ARI بین دو گروه (LG2, SG5) و (LG3, SG6) تفاوت معنی‌داری نداشت ($P=0.024$)، ولی بین دو گروه (LG2, LG3) و (SG5, SG6) ($P=0.129$) تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($P=0.011$) (جدول شماره ۳).

به دنبال آن سطح بلوك‌های زیرکونیا شستشو داده شده و توسط جریان هوا خشک شد. سپس بهوسیله باند آغشته شده و همزمان ادھریو مورد استفاده پشت برآکت‌ها چسبانده شد و در ادامه برآکت را روی بلوك مدنظر قرار داده، به مدت ۱۵ ثانیه بهوسیله دستگاه لایت کیور device (LED D Curing Light, Guilin Woodpecker, China) با توان خروجی ۵ وات کیور شد. به منظور چسباندن برآکت‌های سرامیکی به سطح زیرکونیا از کیت چسب برآکت ارتونسی (Transbond XT, 3M Unitek, Monrovia, CA, USA) استفاده گردید. در گروه LG1 از بلوك‌های لیزر Nd:YAG و گروه SG4 از بلوك‌های سندبلاست استحکام باند universal testing machine پرشی، نمونه‌ها بهوسیله (Zwick/Roell, Ulm, Germany) ارزیابی شد. نمونه‌ها ۱-kN load cell با یک universal testing machine داخل SBS برای اندازه‌گیری قرار گرفتند. Blade جهت interface اکلوزو جینجیوالی داشت و به سمت برآکت سرامیکی و سطح زیرکونیا در یک حرکت کرد، تا زمانی که برآکت از بلوك جدا گردد. در نهایت مقادیر استحکام باند پرشی برای هر نمونه به گزارش و اتماتیکالی با استفاده از کامپیوتر Newton (N) به SBS محاسبه شد(۶). میزان Megapascal (MPa) 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 برآکت از آن‌ها در هردو گروه از روش لیزر (Zwick/Roell, Ulm, Germany) با پارامترهای ذکر شده استفاده کردیم؛ به این صورت که لیزر را به باند بین برآکت و زیرکونیا تاباندیم تا این باند اندکی سست شود و سپس بلوك‌ها را برای کات برآکت‌ها در دستگاه universal machine test قرار دادیم و پس از دبانده شدن برآکت‌ها، ARI با استفاده از بزرگنمایی ۴۰ و سپس ۱۰ استریومیکروسکوپ (Montasser ۲۰۰۹) ارزیابی شد. براساس مطالعه

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

نام گروه	SBS	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	سطح معنی داری	حداکثر	جدول
LG1		۱۳	۸/۲	۲/۰۴	۵/۳	۱۲/۱	۰/۲۸	۱۲/۱
SG4		۱۳	۷/۱	۱/۰۵	۴/۵	۱۰/۳		

جدول شماره ۳: مقایسه مقادیر شاخص ARI بین گروه‌ها

نام گروه	ARI	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	سطح معنی داری	حداکثر	جدول
LG2		۱۳	۳/۱	۰/۰۸	۲	۵	۰/۲۱۹	۵
SG5		۱۳	۳/۵	۰/۰۷	۲	۵		
LG3		۱۳	۲/۳	۰/۰۷	۱	۳	۰/۱۹	۲
SG6		۱۳	۲/۷	۰/۰۵	۲	۴		
LG2		۱۳	۳/۱	۰/۰۸	۲	۵	۰/۰۲۴	۲
LG3		۱۳	۲/۳	۰/۰۷	۱	۳		
SG5		۱۳	۳/۵	۰/۰۷	۲	۵	۰/۰۱۱	
SG6		۱۳	۲/۷	۰/۰۵	۲	۴		

یکسان در دباند کردن برآکت‌ها مشاهده نشد؛ ولی در صورت دباند کردن برآکت‌ها با استفاده از لیزر در مقایسه با دباند کردن معمول به صورت معناداری کمتری روی مینای دندان‌ها باقی ماند. Adhesive Mیرهاشمی و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که تاثیر دولیزر (Er:YAG) و (Er,Cr:YSGG) بر روی استحکام برآکت‌های سرامیکی ARI 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 به طور معنی‌داری پایین‌تر بود (۲۱) که با یافته‌های مطالعه فعلی همخوانی ندارد، این تفاوت در استحکام باند برآشی و تفاوت در شاخص ARI بین دو مطالعه می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع کیت ادھری‌پرایرم 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 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 زیرکونیا باشد.

در مطالعه حاضر، میان استحکام باند برآشی نمونه‌های آماده شده توسط لیزر و نمونه‌های سندبلاست شده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در مطالعه مختارپور و همکاران (۲۰۲۱) استحکام باند برآشی نمونه‌های آماده شده توسط لیزر به طور 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 اکسید آلومینیوم استفاده شده در دو مطالعه باشد (۱۷).

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

معیاری است (Adhesive remnant index) ARI که از جهتی می‌تواند نشان‌دهنده استحکام باند بین برآکت و سطح دندان باشد، اما در صورتی که چسب‌های برآکت به میزان کمتری بر روی سطح دندان باقی بمانند برداشت آن‌ها راحت‌تر و آسیب به مینای دندان یا پرسلن کمتر خواهد بود (۱۶، ۱۹). در مطالعه کنونی تفاوت معنی‌داری در میزان Adhesive باقی مانده در هر دو روش آماده سطحی با سندبلاست و لیزر با روش

ملاحظات اخلاقی

این طرح پژوهشی توسط شورای پژوهشی و اخلاقی
دانشگاه علوم پزشکی قم مورد تایید و تصویب قرار
گرفت (کد اخلاق: IR.MUQ.REC.1401.017)

تعارض منافع

بنابر اظهارات نویسنندگان این پژوهش هیچ گونه
تعارض منافعی نداشته است.

References

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Spoehr 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.
- 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.
- Swartz ML. Limitations of in vitro orthodontic bond strength testing. *J Clin Orthod* 2007; 41(4): 207-210.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.