

بررسی اثر آماده سازی های سطحی مختلف و دو سیستم ترمیم پوسلن بر روی استحکام باند برشی کامپوزیت به زیر کونیا

مهناز حاتمی^۱، محمد حسین لطفی کامران^۲، شیما احمدی گرده^{۳*}

^۱ استادیار گروه پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

^۲ دانشیار گروه پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

^۳ استادیار گروه پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندر عباس، ایران

تاریخ ارائه مقاله: ۱۴۰۰/۱/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۱

Effect of Different Surface Treatments and Two Porcelain Repair Systems on the Shear Bond Strength of Composite to Zirconia

Mahnaz Hatami¹, Mohammad Hossein Lotfi Kamran², Shima Ahmadi Gorde^{3*}

¹ Assistant Professor, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

² Associate Professor, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

³ Assistant Professor, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Hormozgan University of Medical Sciences, Bandar Abbas, Iran

Received: 15 April 2021; Accepted: 22 June 2021

Introduction: Porcelain veneer fracture is one of the problems of zirconia restorations. Intraoral repair of composites can be an alternative for restorations. A stable bond between the composite and zirconia is necessary for the durability of the restoration. The present study aimed to evaluate the effect of different surface treatments and two porcelain repair systems on shear bond strength (SBS) of composite to zirconia.

Materials and methods: In this in-vitro study, 80 zirconia discs (3mm thickness, 6 mm diameter) were randomly divided into four groups included 1) control 2) sandblast with Cojet system 3) Er: YAG 4) and Nd: YAG laser irradiation. Samples in each group were treated with two repair systems (Bisco & Clearfil). The composite was placed on zirconia discs and cured. After thermocycling, SBS was determined by a universal testing machine. The data were analyzed with two-way ANOVA and Tukey HSD ($\alpha=0.05$).

Results: Mean SBS values ranged from 4/52 \pm 1/26 to 13/79 \pm 3/56 Mpa. The effect of surface treatment on the SBS was significant ($p<0.001$) but the difference of SBS values based on the repair system was not significant ($p=0.56$).

Conclusion: Zirconia Sandblast with Cojet system increased SBS to composite. Treatment with two lasers failed to affect bond strength values. Two porcelain repair systems (Clearfil & Bisco) had a similar effect on the bond strength.

Key words: Lasers, Porcelain repair, Sandblast, Shear strength, Zirconium oxide

Corresponding Author: ahmadishima92@gmail.com

J Mash Dent Sch 2022; 45(4): 349-61.

چکیده

مقدمه: شکست پوسلن ونیر، یکی از مشکلات رستوریشن های زیر کونیا می باشد. ترمیم داخل دهانی با کامپوزیت میتواند جایگزین تعویض ترمیم باشد. باند با ثبات میان کامپوزیت و زیر کونیا جهت دوام ترمیم ضروری می باشد. هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر آماده سازی های سطحی مختلف و دو سیستم ترمیم پوسلن داخل دهانی بر روی استحکام باند برشی کامپوزیت به زیر کونیا بود.

مواد و روش ها: در این مطالعه تجربی، ۸۰ دیسک زیر کونیا (ضخامت ۳ و قطر ۶ میلی متر) بطور تصادفی به ۴ گروه تقسیم شدند: گروه کنترل، سندبلاست با سیستم Cojet، تابش با لیزر Er:YAG و تابش با لیزر Nd:YAG. در هر گروه نمونه ها با دو سیستم ترمیم پوسلن Bisco و Clearfil آماده شدند. کامپوزیت بر روی دیسک های زیر کونیا قرار گرفت و کیور شد. پس از ترموسیکلینگ، استحکام باند برشی نمونه ها توسط دستگاه تست یونیورسال بدست آمد. داده ها با آزمون های Two way ANOVA و Tukey HSD تحلیل گردیدند. ($\alpha=0/05$)

یافته ها: میانگین استحکام باند برشی در محدوده ۴/۵۲ \pm ۱/۲۶ تا ۱۳/۷۹ \pm ۳/۵۶ مگا پاسکال بود. اثر آماده سازی سطحی بر استحکام باند برشی معنی دار بود ($P<0/001$). ولی مقدار استحکام باند بر حسب سیستم ترمیم تفاوت معنی دار آماری نداشت. ($P=0/56$)

نتیجه گیری: سندبلاست سطح زیرکونیا با سیستم Cojet استحکام باند به کامپوزیت را افزایش داد. آماده سازی با دو نوع لیزر، تاثیری در افزایش استحکام باند نداشت. دو سیستم ترمیم پرسلن (Clearfil و Bisco) تاثیر مشابهی بر استحکام باند داشتند.

کلمات کلیدی: استحکام برشی، زیرکونیوم اکساید، ترمیم پرسلن، لیزر، سندبلاست
مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۴۰۰ دوره ۴۵ / شماره ۴: ۶۱-۳۴۹.

مقدمه

در دهه های اخیر زیرکونیا به علت استحکام بالا، زیست سازگاری و زیبایی مورد توجه دندانپزشکان قرار گرفته است.^(۱،۲) دو نوع اصلی از رستوریشن ها بر پایه زیرکونیا وجود دارند. رستوریشنهای ونیر شونده و مونولیتیک (فول کانتور). اگرچه ساخت رستوریشن های مونولیتیک جهت ممانعت از شکست پرسلن ونیر امکان پذیر است، معمولاً این روش در ناحیه خلفی که ویژگی های مکانیکی مهمتر از زیبایی هستند به کار گرفته می شود.^(۳) زیرکونیا فاقد محتوای گلاس بوده و ترنسلسنسی محدودی دارد. بنابراین ونیر کردن فریم ورک زیرکونیا با پرسلن های فلدسپاتیک جهت تهیه رستوریشن های زیبا تر مطلوب می باشد.^(۴) علی رغم میزان بالای موفقیت این دسته از رستوریشن ها یکی از مهمترین مشکلات آنها پریدگی یا شکست پرسلن ونیر می باشد.^(۵،۶) Sailer و همکاران^(۷) نشان دادند که در پایان سه سال ۱۳ درصد شکست پرسلن ونیر روی داده بود. در حالیکه در مطالعه دیگری این میزان شکست در طول ۳۱ ماه، ۲۵ درصد گزارش شد.^(۸) تفاوت در ضرایب انبساط حرارتی زیرکونیا و پرسلن ونیر، طراحی نامناسب فریم ورک، آماده سازی نامناسب اپاتمنت، تماس های زودرس، خطاهای لابراتواری و ترومای فیزیکی از علل این شکست ها می باشند. این وضعیت از نظر زیبایی و عملکردی ممکن است دندانپزشک و بیمار را مضطرب سازد.^(۹)

علل دیگر نیاز به تجدید نداشته باشد، محل شکستگی ونیر کوچک بوده و نقایص زیبایی و عملکردی ایجاد نکرده باشد، ترمیم داخل دهانی آن می تواند یک درمان جایگزین باشد. کامپوزیت رزین ها معمولاً برای ترمیم داخل دهانی چنین شکستگی هایی به کار می روند.^(۱۰-۱۲) ترمیم داخل دهانی وقتی قسمتی از پرسلن ونیر دچار شکستگی شود، از اتلاف وقت و هزینه جلوگیری کرده و مانع از ناراحتی بیمار به علت سختی برداشت رستوریشن های زیرکونیا خواهد شد.^(۱۳،۱۴) همچنین ترمیم داخل دهانی این نوع شکست تا زمانیکه رستوریشن در صورت لزوم تعویض گردد، جهت راحتی بیمار مهم می باشد.^(۱۵)

زمانیکه فریم ورک زیرکونیایی اکسپوز می گردد، باند موثر میان کامپوزیت و زیرکونیا لازم است.^(۱۶) برخی مطالعات استحکام و دوام باند پائینی میان کامپوزیت رزین و زیرکونیا گزارش کرده اند.^(۱۷-۱۹) درمان های مکانیکی و شیمیایی مختلف می توانند سطح زیرکونیا را جهت اتصال با ماده ترمیمی آماده سازند.^(۲۰،۲۱) درمان های سطحی همچون سندبلاست با ذرات اکسید آلومینیوم^(۲۲)، ایجاد خشونت با فرز های الماسی^(۲۳)، تابش لیزر^(۲۴)، سندبلاست با ذرات پوشیده شده با سیلیکا^(۲۵) و کاربرد سایلان^(۲۱) جهت افزایش استحکام باند به کار رفته اند.

سندبلاست یکی از روش های ایجاد خشونت و افزایش رطوبت پذیری سطحی در سرامیک زیرکونیا می باشد.^(۲۰،۲۱) اما ممکن است با ایجاد ترک های ریز منجر به تضعیف سرامیک گردد.^(۲۰) به علت نبود سیلیکا در زیرکونیا، روش های پوشش سطح با سیلیکا نظیر

به طور ایده آل چنین رستوریشنی دوباره باید ساخته شود. اما اگر رستوریشن دارای عملکرد مناسب بوده و به

مواد و روش ها

در این مطالعه تجربی آزمایشگاهی، ۸۰ عدد دیسک از بلاک های زیرکونیای نیمه سینتر شده (Ice Zirkon, Zir-konzahn, Bruneck, Italy) با استفاده از دستگاه میلینگ (Zirkonzahn, Bruneck, Italy) تهیه گردید. دیسک ها در کوره (Zirkonofen600/v2, Zir-konzahn, Italy) در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۸ ساعت سینتر شدند. پس از انقباض به میزان ۲۰ تا ۲۵ درصد، قطر نهایی دیسک ها 6 ± 0.4 mm و ضخامت آنها 3 ± 0.4 mm بود. دیسک ها در بلوک های استوانه ای شکل از رزین آکریلی اتوپلیمریزه (آکروپارس، ایران) قرار گرفتند. سطح دیسک ها با ساینده های سیلیکون کارباید به ترتیب با سایز ۴۰۰، ۶۰۰ و ۸۰۰ گریت پالیش گردید. قبل از درمان های سطحی همه نمونه ها با آب مقطر در دستگاه اولترا سونیک به مدت ۵ دقیقه تمیز شده و با فشار هوا خشک شدند. سپس نمونه ها در گروه های ۲۰ تایی بصورت تصادفی تحت آماده سازی های سطحی زیر قرار گرفتند.

۱- گروه کنترل که هیچ نوع آماده سازی سطحی مکانیکی دریافت نکردند.

۲- گروه سندبلاست با ذرات ۳۰ میکرونی اکسید آلومینیوم تغییر یافته با سیلیکا (3M Cojet sand ESPE, Germany) با فشار ۲ بار به مدت ۱۵ ثانیه عمود بر سطح نمونه ها با فاصله ۱۰ میلی متر. ذرات باقیمانده اکسید آلومینیوم با فشار ملایم هوا از روی سطح نمونه ها زدوده شدند.

۳- تابش سطح نمونه ها با لیزر (Fidelis Plus III, Er:YAG Fotona, Ljubljana, Slovenia) با طول موج $2.94 \mu\text{m}$ ، مدت پالس $50 \mu\text{s}$ ، فرکانس ۱۰ Hz، توان خروجی ۲ وات و شدت انرژی ۲۰۰ میلی ژول با فاصله ۰/۵ میلی متر و همراه با اسپری آب و هوا بصورت عمود

سندبلاست با ذرات پوشیده شده با سیلیکا (Tribo chemical coating) جهت کاربرد سایلان و ایجاد باند شیمیایی استفاده شده است. (۲۸-۲۶) تابش لیزر نیز جهت افزایش استحکام باند کامپوزیت به زیرکونیا پیشنهاد شده است. (۲۹) دیده شده که پس از تابش لیزر به سطح زیرکونیا، میکرولیکیج بین سرامیک و زیرکونیا کاهش یافته است. (۳۰) در تحقیقی دیگر، افزایش در استحکام باند کامپوزیت رزین به زیرکونیا با تابش لیزر مشاهده نشد. (۳۱)

چسبندگی مکانیکی که توسط خشن کردن سطح سرامیک بدست می آید، باند با ثبات میان زیرکونیا و کامپوزیت ایجاد نمی کند. (۲۱) این امر دلیلی است بر ارایه استراتژی های آدهزیوی که روش های خشونت سطحی و باند شیمیایی را با هم ترکیب می کنند. (۲۲) امروزه چندین سیستم ترمیم داخل دهانی پرسلن با پروتکل های متفاوت در بازار وجود دارند تا سطوح شکسته پرسلن را ترمیم نموده و استحکام باند را بهبود بخشند. با این حال بیشتر مطالعات انجام شده بر روی این سیستم ها، به بررسی استحکام باند میان کامپوزیت و سرامیک های فلدسپاتیک یا سطوح فلزی پرداخته اند و مطالعات بر روی استحکام باند به زیرکونیا ناکافی می باشد. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر درمان های سطحی مختلف و دو سیستم ترمیم پرسلن بر روی استحکام باند برشی کامپوزیت به زیرکونیا بود. فرضیه صفر شامل این موارد بود. سه نوع آماده سازی سطحی سرامیک زیرکونیا (سندبلاست با سیستم Cojet، تابش لیزر های Nd:YAG و Er:YAG) تاثیری در میزان استحکام باند برشی کامپوزیت به زیرکونیا ندارد، دو سیستم مختلف ترمیم پرسلن داخل دهانی (Clearfil و Bisco) تفاوتی در میزان استحکام باند برشی کامپوزیت به زیرکونیا ندارند.

، Cojet Clearfil + سیستم Bisco (B2)، لیزر Er:YAG + سیستم Clearfil (C3) + سیستم Bisco (B3)، لیزر Er:YAG + سیستم Bisco (B4) + سیستم Clearfil (C4) و لیزر Nd:YAG + سیستم Bisco (B4) سپس کامپوزیت رزین نانو هیبرید (Grandio, Vocco, Germany) با کمک یک مولد پلاستیکی شفاف با قطر ۳ mm و ارتفاع ۲ mm در مرکز تمام دیسک های سرامیکی به صورت لایه به لایه قرار داده شد و با دستگاه لایت کیور (Optilux 501, Kerr, Orange, USA) با توان خروجی 800 mW/cm^2 به مدت ۴۰ ثانیه کیور گردید. بعد از برداشت مولد پلاستیکی، کامپوزیت به مدت ۴۰ ثانیه دیگر کیور شد. نمونه ها در آب مقطر 37°C درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت ذخیره شده و سپس تحت ترموسیکلینگ در آب $55-5^\circ\text{C}$ برای ۵۰۰۰ سیکل قرار گرفتند. زمان قرارگیری در هر حمام ۳۰ ثانیه و زمان انتقال بین حمام ها ۵ ثانیه بود. تمام نمونه ها قبل از انجام تست استحکام برشی، به مدت ۷ روز در آب مقطر 37°C نگهداری شده و سپس توسط دستگاه تست یونیورسال (Dartec HC10, Dartec Ltd., Stourbridge, England) با سرعت ۰/۵ میلیمتر در دقیقه تحت نیروی برشی قرار گرفتند تا شکست رخ داد. نیروی شکست به نیوتن ثبت گردید و با توجه به مساحت ناحیه باند، به واحد مگاپاسکال تبدیل شد. همچنین برای بررسی نوع شکست، سطوح شکسته نمونه ها با استریومیکروسکوپ (JB7701 (ZTEW/China) با بزرگنمایی $40 \times$ مشاهده شدند. در صورت جدایی کامل کامپوزیت از زیرکونیا، شکست به عنوان ادهزیو و اگر شکستگی در کامپوزیت اتفاق افتاده بود به عنوان شکست کوهزیو طبقه بندی می شد. به علت استحکام مکانیکی بالای زیرکونیا، شکست کوهزیو رخ نمی دهد. در صورت وجود هر دو نوع شکست ادهزیو و کوهزیو، شکست به صورت مختلط ثبت شد. داده های حاصل با کمک نرم افزار آماری

بر سطح نمونه ها انجام شد. کل سطح هر دیسک با سرعت ۲ میلی متر بر ثانیه با اشعه لیزر آماده سازی شد. نمونه ها قبل از شروع تابش لیزر با پودر گرافیت جهت جلوگیری از تفرق اشعه پوشانده شده بودند. (۳۲ و ۳۳)

۴- تابش سطح نمونه ها با لیزر Nd:YAG (Fidelis Plus III, Fotona, Ljubljana, Slovenia) با طول موج $640 \mu\text{m}$ ، مدت پالس $300 \mu\text{s}$ ، فرکانس ۲۰ Hz، توان خروجی ۲ وات و شدت انرژی ۱۰۰ میلی ژول به صورت پالس مد عمود بر سطح سرامیک ها و با فاصله ۱ میلی متر به مدت ۲۰ ثانیه انجام شد. (۳۳-۳۵)

یک نمونه از هر گروه بصورت اضافه جهت بررسی مورفولوژی سطحی با میکروسکوپ الکترونی (Philips xl20, Eindhoven, Netherland) تحت بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر آماده گردید. سپس نمونه های موجود در هر کدام از گروه ها بصورت تصادفی تحت آماده سازی با دو سیستم ترمیم داخل دهانی پرسن قرار گرفتند.

در گروه Bisco intra oral repair kit (Bisco, Schaumburg, IL, USA) طبق دستور سازنده ابتدا یک لایه Z primer plus بر روی سطح نمونه ها قرار داده شد و به مدت ۳ تا ۵ ثانیه با فشار هوای ملایم خشک شد. سپس Porcelain Bonding Resin به کار برده شد و به مدت ۲۰ ثانیه با نور کیور شد. در گروه Clearfil Repair System (Kurary Co Ltd, Osaka, Japan) طبق دستور سازنده primer و Porcelain bond activator با نسبت مساوی مخلوط شده و به مدت ۵ ثانیه روی سطح نمونه ها قرار گرفت. در نهایت Clearfil SE Bond بر روی سطح سرامیک قرار داده شد و پس از یکنواخت کردن ضخامت آن با فشار هوای ملایم، به مدت ۲۰ ثانیه با نور کیور شد. تعداد ۱۰ نمونه در گروه های زیر بدست آمد: کنترل + سیستم (C1) Clearfil، کنترل + سیستم Bisco (B1)، Cojet + سیستم (C2)

و $(P=0/01)$. ولی مقدار استحکام باند بر حسب نوع سیستم ترمیم پرسنل تفاوت معنادار آماری نداشت ($P>0/06$) مقادیر مربوط به استحکام باند برشی به تفکیک گروه و نوع سیستم در جدول ۱ آمده است.

میانگین استحکام باند گروه های C2 و B2 با بقیه گروه ها تفاوت آماری معنادار داشت. ($P=0/02$) بین گروه های دیگر تفاوت معنی دار آماری وجود نداشت. ($P>0/05$) همچنین بین دو گروه C2 و B2 تفاوت معنی دار وجود نداشت ($P>0/05$). توزیع فراوانی انواع شکست در گروه های مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است. لازم به ذکر است هیچ یک از نمونه ها دارای شکست کوهزیو نبوده اند.

SPSS-17 تجزیه و تحلیل شدند. ابتدا نرمالیتی داده ها با آزمون کلموگروف اسپیرنوف بررسی شد و با توجه به نرمال بودن توزیع داده ها از آزمون های واریانس دو طرفه Two-way ANOVA و مقایسه های دوگانه با استفاده از آزمون Tukey HSD استفاده شد. سطح معنی داری $0/05$ در نظر گرفته شد.

یافته ها

طبق نتایج آزمون آماری واریانس دو طرفه، اثر متقابل بین نوع سیستم و گروه وجود داشت ($P=0/002$ و $F=7/5$). لذا مقایسه هر عامل در سطوح عامل دیگر انجام شد. مقادیر استحکام باند برشی کامپوزیت به زیرکونیا در انواع آماده سازی های سطحی تفاوت معنادار آماری داشت ($P=0/005$)

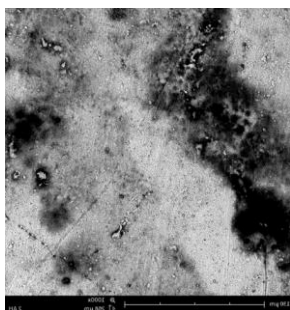
جدول ۱: میانگین و انحراف معیار مقادیر استحکام باند برشی در گروه های مورد مطالعه (مگاپاسکال)

نتیجه آزمون	نوع سیستم		گروه
	Clearfil	Bisco	
$t=-1/59$ $P=0/14$	$4/52 \pm 1/26$	$5/74 \pm 1/79$	کنترل
$t=1/11$ $P=0/29$	$12/11 \pm 2/36$	$13/79 \pm 3/56$	سند بلاست
$t=-1/66$ $P=0/21$	$8/32 \pm 3/83$	$7/44 \pm 1/53$	لیزر Er:YAG
$t=1/38$ $P=0/12$	$6/88 \pm 2/24$	$7/34 \pm 0/93$	لیزر Nd:YAG
	$F=4/98$ $P=0/01$	$F=5/91$ $P=0/005$	نتیجه آزمون تک عاملی
$F=8/3$ $P<0/001$			اثر گروه
$F=2/1$ $P=0/06$			اثر سیستم
$F=7/5$ $P=0/002$			اثر متقابل

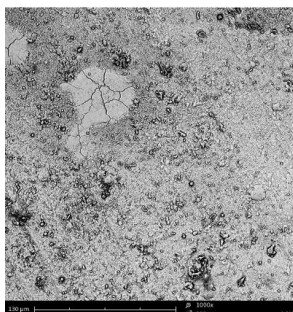
جدول ۲: توزیع فراوانی نوع شکست در گروه های مورد مطالعه

گروه					
سیستم ترمیم	نوع شکست	کنترل	سندبلاست	لیزر Er-YAC	لیزر Nd-YAG
Clearfil	مختلط	۳(۳۷/۵)	۶(۷۵/۰)	۵(۶۲/۵)	۵(۶۲/۵)
Clearfil	ادهزیو	۵(۶۲/۵)	۲(۲۵/۰)	۳(۳۷/۵)	۳(۳۷/۵)
Bisco	مختلط	۲(۲۵/۰)	۷(۸۷/۵)	۴(۵۰/۰)	۴(۵۰/۰)
Bisco	ادهزیو	۶(۷۵/۰)	۱(۱۲/۵)	۴(۵۰/۰)	۴(۵۰/۰)

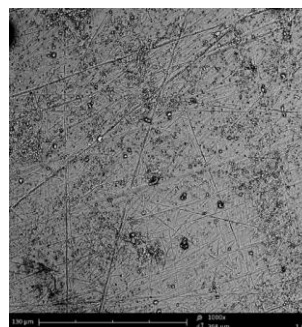
بیشترین خشونت سطحی در تصاویر SEM در گروه سندبلاست و سپس گروه های لیزر Nd:YAG و Er:YAG و کنترل دیده شد. تصاویر SEM در شکل های ۱ تا ۴ آمده است.



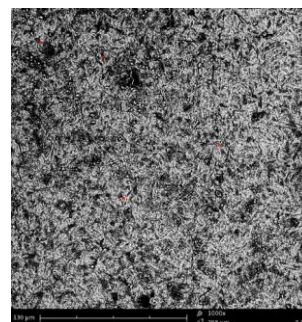
شکل ۳: نمای SEM گروه لیزر Er:YAG



شکل ۴: نمای SEM گروه لیزر Nd:YAG



شکل ۱: نمای SEM گروه کنترل



شکل ۲: نمای SEM گروه سندبلاست با سیستم Cojet

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد نوع آماده سازی سطحی بر میزان استحکام باند برشی کامپوزیت به زیرکونیا تاثیر دارد. بنابراین فرضیه صفر اول رد شد. بیشترین استحکام باند برشی مربوط به دو گروه C2 و B2 بود که با سیستم Cojet سندبلاست شده بودند. در این دو گروه علاوه بر مزایای سندبلاست شامل افزایش خشونت سطحی و گیر

آماده سازی سطح و برداشت عاج پوسیده دارد.^(۳۳) به علاوه تابش با این لیزر، درمان سطحی ارجح برای سرامیک های دندانانی می باشد. زیرا طول موج آن، منطبق بر قله اصلی جذب آب بوده و به خوبی توسط گروههای یونی هیدروکسید موجود در هیدروکسی آپاتیت جذب می گردد.^(۴۲) لیزر Nd:YAG برای کاهش حساسیت دندان^(۴۳)، برداشت پوسیدگی^(۴۴)، بلیچینگ^(۴۵) و خشن کردن سطح سرامیک های با استحکام بالا^(۴۶و۴۷) به کار می رود.

در مطالعه حاضر، آماده سازی سطح سرامیک با دو نوع لیزر، استحکام باند را نسبت به گروه کنترل افزایش نداد. استحکام باند پایین بدست آمده در دو گروه لیزر میتواند با تغییرات سطحی کم ایجاد شده، در مقایسه با گروه سندبلاست با Cojet (که در تصاویر SEM قابل مشاهده می باشد) توجیه شود. خشونت سطحی خیلی کم، همراه با خطوط خراش مانند و ترک های ریز سطحی در تصاویر SEM هر دو لیزر دیده شدند. Akyil و همکاران^(۳۳) نشان دادند که استحکام باند سمان رزینی به زیرکونیا با لیزر Er:YAG (۲۰۰ میلی ژول، ۱۰ هرتز و ۱۰ ثانیه) افزایش پیدا می کند. همچنین Arami و همکاران^(۴۸) میزان خشونت سطحی یکسانی در زیرکونیای تحت تابش لیزر Er:YAG زیرکونیای سندبلاست شده با ذرات اکسید آلومینیوم مشاهده کردند. در حالیکه Stubinger و همکاران^(۴۹) نشان دادند که این لیزر بر روی سطح زیرکونیا با توان خروجی ۱۰ وات موثر نیست. در مطالعه دیگری تابش این لیزر به پرسلن فلدسپاتیک (۵۰۰ میلی ژول، ۴ هرتز و ۲ دقیقه) استحکام باند کمتری نسبت به گروه کنترل ایجاد کرد.^(۴۲) این نتایج متفاوت می تواند به علت کاربرد پودر گرافیت باشد. لیزر Er:YAG در این طول موج به داخل سرامیک نفوذ کرده و از سمت روبرو عبور می کند. یعنی بدون آنکه

میکرومکانیکال، افزایش سطح باند و ترشوندگی سطحی^(۳۶)، محتوای سیلیکای سطح باندشونده، از طریق ذرات اکسید آلومینیوم تغییر یافته با سیلیکا افزایش پیدا کرده و توانایی برقراری باند شیمیایی با رزین از طریق سایلان برقرار می گردد. نتایج چندین مطالعه نشان داد که با پوشش سطح زیرکونیا با سیلیکا به واسطه سیستم Cojet، بیشترین استحکام باند میان کامپوزیت و زیرکونیا در مقایسه با آماده سازی های دیگر نظیر سندبلاست با ذرات Al₂O₃ و کاربرد پرایمر سیستم Clearfil بدست می آید.^(۱۲و۱۵و۲۶) نتایج مذکور همراستا با نتایج مطالعه حاضر می باشند. در مطالعه Han و همکاران^(۳۶) کمترین زاویه تماس (بیشترین ترشوندگی) در زیرکونیای درمان شده با سیستم Cojet در مقایسه با گروه پالیش، سایش با فرز الماسی، اچ با اسید فسفریک ۳۷٪ و کاربرد زیرکونیا باند دیده شد. در مطالعه Celik و همکاران^(۳۷) سندبلاست با ذرات اکسید آلومینیوم ۵۰ میکرونی استحکام باند را در مقایسه با گروه کنترل افزایش نداد. برخی مطالعات نشان داده اند که سندبلاست می تواند باعث ترک های ریز در زیرکونیا شده و با تغییر فاز از تراگونال به مونوکلینیک، منجر به شکست کوهزیو در زیرکونیا شود.^(۳۸و۳۹) از این رو محققین پیشنهاد کرده اند که سندبلاست زیرکونیا با ذرات ریز و فشار کم انجام شود.^(۳۳و۴۰) در تحقیق حاضر جهت ممانعت از آسیب زیرکونیا از فشار ۲ بار و سایز ۳۰ میکرونی ذرات استفاده شد. تصویر میکروسکوپ الکترونی از این گروه، سطحی خشن و ناهموار را نشان داد که با نتایج همخوانی داشت. کاربرد لیزر در دندانپزشکی در سال های اخیر عمومیت یافته است. یکی از این کاربردها، آماده سازی سطح سرامیک برای ایجاد خشونت سطحی و افزایش سطح، جهت بهبود استحکام باند می باشد.^(۱۳و۴۱) لیزر Er:YAG در دندانپزشکی کاربردهای مختلفی نظیر تهیه حفره،

انرژی، مدت پالس و سرعت تکرار اهمیت زیادی در ممانعت از وارد آمدن آسیب به سطح زیرکونیا دارند. جذب انرژی اشعه توسط سطح ماده، مهمترین برهم کنش میان لیزر و ماده می باشد. افزایش انرژی خروجی و سرعت پالس، دانسیته انرژی را افزایش داده و اثرات حرارتی روی سطح ایجاد می کند.^(۵۷) با افزایش توان خروجی و زمان تابش، خشونت سطحی بیشتری ایجاد می شود.^(۴۸و۴۹) اما به کاربری اشعه با شدت بیشتر، مناسب نیست زیرا منجر به آسیب شدید سطح سرامیک و تغییر فاز شده و تغییرات نامطلوب در ویژگی های مکانیکی زیرکونیا ایجاد می کند.^(۴۲و۵۸) از این رو در مطالعه حاضر از تنظیمات کمتر توان اشعه که در مقالات مرتبط آمده بود، استفاده شد.

در مطالعه حاضر، دو سیستم ترمیم پرسلن Clearfil و Bisco تفاوتی از نظر مقدار استحکام باند ایجاد شده میان زیرکونیا و کامپوزیت نداشتند. بنابراین فرضیه صفر دوم تایید شد. اکثر کیت های ترمیم پرسلن حاوی اسید اچ (اسید فسفریک و یا هیدروفلوریک)، سرامیک پرایمر (سایلان و زیرکونیا پرایمر)، یک ادهزیو رزین و یک کامپوزیت جهت ترمیم می باشند. ادهزیو رزین ها و پرایمر های حاوی 10-methacryloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP) می توانند از طریق برقراری باندهای شیمیایی قوی و ثانویه بر پایه نیروهای واندروالس و باند های هیدروژنی، چسبندگی میان کامپوزیت و زیرکونیا را ارتقا بخشند.^(۶۱-۵۹) MDP یک ساختار آمفی فیل دارد. گروه وینیل به عنوان یک انتهای آب گریز با مونومر رزین کوپلیمریزه می شود و گروه فسفات به عنوان یک انتهای آب دوست می تواند با گروه های هیدروکسیل سطح زیرکونیا واکنش داده و تمایل به باند شیمیایی را افزایش دهد.^(۶۲و۶۳) بنابراین اکثر سیستم های ترمیم پرسلن، حاوی مونومر MDP می باشند. در Z-Primer سیستم Bisco و در SE Bond سیستم Clearfil،

انرژی آن جذب سطح سرامیک گردد، از آن عبور می کند.^(۴۹) اثر لیزر از طریق تبدیل انرژی تابشی آن به حرارت توسط ماده می باشد.^(۳۶و۴۹) این پدیده به کیفیت سطح، میزان پیگمنتاسیون و آب بستگی دارد. از آنجا که زیرکونیا سفید اپک بوده و محتوای آب ندارد، جذب انرژی توسط آن سخت می باشد.^(۳۶و۵۰و۵۱) به همین علت در مطالعه حاضر در گروه تابش با لیزر Er:YAG سطح زیرکونیا با پودر گرافیت جهت جذب بهتر انرژی پوشانده شد.^(۳۳)

برخی مطالعات نشان داده اند که لیزر Nd:YAG سطح سرامیک را با ایجاد یک لایه سطحی شبه گللیز تغییر می دهد.^(۴۸و۵۲) Akyil و همکاران^(۳۳) گزارش کردند که سطوح پرسلن فلدسپاتیک تحت تابش این لیزر (۱ وات، ۱۰۰ میلی ژول، ۱۰ هرتز) مشابه سطوح تغییر نیافته بودند. خشونت سطحی ایجاد شده توسط لیزر Nd:YAG در تصاویر SEM بسیار کم گزارش شده است^(۵۳و۵۴) برخی محققین بیان نموده اند که در طول تابش این لیزر حرارت بیش از حد ایجاد شده و این امر باعث تخریب سطحی و زیر سطحی سرامیک، ایجاد ترک های ریز و کاهش استحکام باند می گردد.^(۳۳و۳۴و۵۵) محمودی و همکاران^(۵۶) گزارش کردند که لیزر Nd:YAG می تواند منجر به تجزیه حرارتی لایه سطحی زیرکونیا شود. اتصال ضعیف میان این لایه و لایه زیرین، میتواند منجر به از دست رفتن اتصال شود. در مطالعه حاضر نیز ترک های ریز در سطح زیرکونیا در گروه تابش با این لیزر در تصویر SEM دیده شد. با این حال برخی مطالعات تاثیر لیزر Nd:YAG را در افزایش استحکام باند میان رزین و زیرکونیا نشان داده اند.^(۳۴و۳۶و۴۷و۵۵)

این تناقض در نتایج، می تواند به علت تفاوت در نوع سرامیک، پارامترهای مرتبط با تابش لیزر، طراحی تحقیق و روش انجام آن باشد. تنظیمات لیزر مانند توان خروجی،

مطالعه حاضر، Z Primer Plus (Bisco) نسبت به دو پرایمر دیگر استحکام باند بالاتری ایجاد کرد. برخلاف مطالعه حاضر که کاربرد پرایمر به تنهایی، پایین ترین استحکام باند (C1 و B1) را میان گروه ها ایجاد کرد، در مطالعه Ozcan و همکاران^(۲۳) بالاترین استحکام باند کششی در گروه کیت ترمیم پرسلن Bisco (به تنهایی) در مقایسه با گروه سیستم Cojet دیده شد. علت این تفاوت میتواند در شرایط نگهداری نمونه ها بصورت خشک باشد. در مطالعه دیگری، Z Primer Plus استحکام باند را نسبت به All Bond universal بیشتر افزایش داد.^(۷۱) Z Primer Plus حاوی مونومر MDP و مونومرهای کربوکسیلیک می باشد که می تواند با لایه اکسید زیرکونیا باند شیمیایی برقرار کند.^(۷۲) در مطالعه حاضر دو گروه کنترل کمترین استحکام باند را نشان دادند. هر چند تفاوت آنها با دو گروه لیزر از نظر آماری معنی دار نبود، ولی می تواند نشان دهنده آن باشد که کاربرد باند حاوی MDP، بدون آماده سازی مکانیکی سطح، کافی نمی باشد. آماده سازی مکانیکی، می تواند نفوذ باند را به داخل خلل و فرج ایجاد شده در سطح سرامیک افزایش داده و تگ های رزینی با عمق بیشتری ایجاد کند. در مطالعه Blum و همکاران^(۲۵)، نشان داده شد که کاربرد سیستم Cojet در مقایسه با سه سیستم ترمیم پرسلن داخل دهانی (بدون آماده سازی مکانیکی) میزان استحکام باند کششی را به طور معنی دار افزایش می دهد، ولی سه سیستم ترمیم پرسلن میزان استحکام باند را افزایش ندادند. همچنین در مطالعه آنها بین دو سیستم ترمیم داخل دهانی، تفاوتی در میزان استحکام باند دیده نشد که همراستا با نتایج مطالعه حاضر می باشد. در مطالعه Blum، مقدار استحکام باند در همه گروه ها، کمتر از ۱۰ مگاپاسکال بود که این مقدار حداقل مقدار استحکام باند میان کامپوزیت و سرامیک است که برای عملکرد بالینی طولانی مدت و قابل پیش بینی لازم

مونومر MDP وجود دارد. همچنین هر دو سیستم باند مورد استفاده، حاوی سایلان می باشند. سایلان علاوه بر ایجاد باند شیمیایی بین سرامیک و کامپوزیت، ترشوندگی سرامیک را افزایش داده و نفوذ رزین به تخلخل های میکروسکوپی سطح سرامیک را افزایش می دهد.^(۶۴)

در مطالعه Lee و همکاران^(۶۵) که سیستم های مختلف ترمیم مقایسه شده بود، هیچ تفاوت معنی دار آماری در استحکام باند کامپوزیت به فریم ورک زیرکونیا و آلومینا با کاربرد پرایمر های حاوی MDP مشاهده نشد. همچنین در مطالعه دیگری بین دو سیستم Bisco و Clearfil تفاوتی دیده نشد.^(۶۶) این نتایج همراستا با یافته های مطالعه حاضر می باشد. علت این امر می تواند وجود سایلان و مونومر MDP و تشابه در عملکرد شیمیایی هر دو سیستم ترمیم پرسلن به کار رفته در مطالعه حاضر باشد.

همچنین در مطالعه حاضر، این دو سیستم ترمیم پرسلن (Clearfil و Bisco) در ترکیب با آماده سازی سطح زیرکونیا توسط سیستم Cojet توانستند استحکام باند را بطور معنی داری افزایش دهند. علت، می تواند این باشد که پرایمرها و ادهزیو ها بر روی سطح خشن، نفوذ عمیق تری به داخل تخلخل های سطح زیرکونیا داشته و همچنین سایلان موجود در هر دو سیستم، تنها در حضور سیلیکای موجود در گروه B2, C2 توانایی برقراری باند شیمیایی دارد. در حالیکه در گروه های دیگر (کنترل و دو نوع لیزر) خشونت سطحی بسیار کمتر بوده و سطح هم فاقد سیلیکا بود. چندین مطالعه نشان دادند که کاربرد پرایمرهای حاوی MDP به همراه سندبلاست استحکام باند به زیرکونیا را افزایش می دهند.^(۶۹-۷۰ و ۶۷) در مطالعه Barragan و همکاران^(۷۰) نیز زمانی که پرایمر بر روی سطح سندبلاست شده به کار برده شد، استحکام باند بالاتری نسبت به کاربرد پرایمر بر روی سطح بدون آماده سازی (کنترل) ایجاد کرد. ولی برخلاف

تست استحکام برشی انجام گرفت. بهتر است جهت بازسازی شرایط دهان، Cyclic loading (تست خستگی) بر روی نمونه ها انجام شود که این از محدودیت های مطالعه حاضر بود. پیشنهاد می شود، مطالعات آینده بر روی سیستم های ترمیم پرسلن با ترکیبات و کارکرد متفاوت و آماده سازی های مکانیکی مختلف انجام گردد. همچنین توصیه می شود جهت بررسی دقیق تر دوام باند، فرسودگی نمونه ها با تعداد سیکل بیشتر ترموسیکلینگ و ذخیره در بزاق به مدت طولانی تر انجام گردد.

نتیجه گیری

با توجه به محدودیت های مطالعه حاضر، سندیلاست سطح زیرکونیا با سیستم Cojet، استحکام باند با کامپوزیت را بطور موثری افزایش داد. ولی آماده سازی زیرکونیا توسط دو نوع لیزر Er:YAG و Nd:YAG با پارامتر های تابشی مطالعه حاضر، نتوانست استحکام باند را بطور موثر افزایش دهد. دو نوع سیستم ترمیم داخل دهانی Clearfil و Bisco از نظر مقدار استحکام باند، تفاوتی نداشتند.

تشکر و قدردانی

این مطالعه برگرفته از پایان نامه شماره ۴۷۸۹ استخراج شده است و با حمایت معاونت پژوهشی و فناوری و بخش پروتز دانشکده دندانپزشکی شهید صدوقی یزد انجام شده است، که بدین وسیله مراتب تقدیر و تشکر پژوهشگران ابراز می گردد.

است. (۷۳) در مطالعه حاضر میانگین استحکام باند گروه های C2 و B2 بیشتر از ۱۰ مگاپاسکال بود. در مطالعه دیگری، سه سیستم ترمیم پرسلن Cimara، Clearfil و Zprimer plus، بدون تفاوت معنی دار با سیستم Cojet، استحکام باند را افزایش دادند که با نتایج مطالعه حاضر تطابق ندارد. علت این امر شاید خشن سازی سطح نمونه ها با فرز الماسی در تمام گروه ها باشد. (۷۴)

در دو گروه کنترل با پایین ترین استحکام باند، بیشترین شکست آدهزیو دیده شد. در حالیکه در گروه های C2 و B2 با بالاترین استحکام باند بیشترین شکست مختلط دیده شد و شکست های آدهزیو کمتر بود. مقدار شکست آدهزیو در گروه های آماده سازی شده با لیزر، کمتر از گروه های کنترل و بیشتر از گروه های C2 و B2 بود. فراوانی بیشتر شکست مختلط نشان دهنده استحکام باند بالاتر می باشد. این نتایج با نتایج مطالعات قبلی همسو می باشد. (۷۵ و ۷۶)

پیشنهاد شده که نوع کامپوزیت میتواند روی استحکام باند موثر باشد. بطوریکه سایز بزرگ ذرات کامپوزیت یا کامپوزیت های هیبرید استحکام باند بالاتری از کامپوزیت های میکروفیلد ایجاد می کنند. (۱۱) از این رو در مطالعه حاضر از یک کامپوزیت نانوهیبرید استفاده شد. مطالعات متعددی نشان داده اند که فرسایش می تواند نقش مهمی در دوام باند بین کامپوزیت و زیرکونیا داشته باشد. (۷۷ و ۷۸) بنابراین در مطالعه حاضر نمونه ها در آب ذخیره شده و ترموسیکلینگ (۵۰۰۰ سیکل) قبل از انجام

منابع

1. Harianawala HH, Kheur MG, Apte SK, Kale BB, Sethi TS, Kheur SM. Comparative analysis of transmittance for different types of commercially available zirconia and lithium disilicate materials. J Adv Prosthodont 2014; 6(6):456-61.
2. Miyazaki T, Nakamura T, Matsumura H, Ban S, Kobayashiet T. Current status of zirconia restoration. J Prosthodont Res 2013; 57(4):236-61.
3. Agustin-Panadero R, Roman-Rodriguez JL, Ferreiroa A, Solá-Ruíz MF, Fons-Font A. Zirconia in fixed prosthesis. A literature review. J Clin Exp Dent 2014; 6(1):e66-73.

4. Komine F, Blatz MB, Matsumura H. Current status of zirconia-based fixed restorations. *J Oral Sci* 2010; 52(4):531-9.
5. Guess PC, Kulis A, Witkowski S, Wolkewitz M, Zhang Y, Strub JR. Shear bond strengths between different zirconia cores and veneering ceramics and their susceptibility to thermocycling. *Dent Mater* 2008; 24(11):1556-67.
6. Schley JS, Heussen N, Reich S, Fischer J, Haselhuhn K, Wolfart S. Survival probability of zirconia-based fixed dental prostheses up to 5 yr: a systematic review of the literature. *Eur J Oral Sci* 2010; 118(5):443-50.
7. Sailer I, Feher A, Filser F, Lüthy H, Gauckler LJ, Schärer P, et al. Prospective clinical study of zirconia posterior fixed partial dentures: 3-year follow-up. *Quintessence Int* 2006; 37(9):685-93.
8. Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, Hochstedler JL, Mohamed SE, Billiot S, et al. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent* 2006; 96(4):237-44.
9. Chung KH, Hwang YC. Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *J Prosthet Dent* 1997; 78(3):267-74.
10. Appeldoorn RE, Wilwerding TM, Barkmeier WW. Bond strength of composite resin to porcelain with newer generation porcelain repair systems. *J Prosthet Dent* 1993; 70(1):6-11.
11. Gregory WA, Moss SM. Effects of heterogeneous layers of composite and time on composite repair of porcelain. *Oper Dent* 1990; 15(1):18-22.
12. Kim BK, Bae HE, Shim JS, Lee KW. The influence of ceramic surface treatments on the tensile bond strength of composite resin to all-ceramic coping materials. *J Prosthet Dent* 2005; 94(4):357-62.
13. Ural Ç, Külünk T, Külünk Ş, Kurt M. The effect of laser treatment on bonding between zirconia ceramic surface and resin cement. *Acta Odontol Scand* 2010; 68(6):354-59.
14. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne JT Jr. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *J Prosthet Dent* 2001; 86(5):526-31.
15. Cristoforides P, Amaral R, May LG, Bottino MA, Valandro LF. Composite resin to yttria stabilized tetragonal zirconia polycrystal bonding: comparison of repair methods. *Oper Dent* 2012; 37(3):263-71.
16. Goia TS, Leite FP, Valandro LF, Ozcan M, Bottino MA. Repair bond strength of a resin composite to alumina-reinforced feldspathic ceramic. *Int J Prosthodont* 2006; 19(4):400-2.
17. Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S, Kern M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dent Mater* 2007; 23(1):45-50.
18. Quaaas AC, Yang B, Kern M. Panavia F 2.0 bonding to contaminated zirconia ceramic after different cleaning procedures. *Dent Mater* 2007; 23(4):506-12.
19. Ozcan M, Kerkdijk S, Valandro LF. Comparison of resin cement adhesion to Y-TZP ceramic following manufacturers' instructions of the cements only. *Clin Oral Investig* 2008; 12(3):279-82.
20. Shahverdi S, Canay S, Suahin E, Bilge A. Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to veneer ceramic. *J Oral Rehabil* 1998; 25:699-705.
21. Thurmond JW, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. *J Prosthet Dent* 1994; 72(4):355-9.
22. Kern M, Barloi A, Yang B. Surface conditioning influences zirconia ceramic bonding. *J Dent Res* 2009; 88(9):817-22.
23. Özcan M, Valandro LF, Amaral R, Leite F, Bottino MA. Bond strength durability of a resin composite on a reinforced ceramic using various repair systems. *Dent Mater* 2009; 25(12):1477-83.
24. Kirmali O, Kapdan A, Kustarci A, Er K. Veneer ceramic to Y-TZP bonding: comparison of different surface treatments. *J Prosthodont* 2016; 25(4):324-9.
25. Blum IR, Nikolinakos N, Lynch CD, Wilson NH, Millar BJ, Jagger DC. An in vitro comparison of four intra-oral ceramic repair systems. *J Dent* 2012; 40(11):906-12.
26. Han IH, Kang DW, Chung CH, Choe HC, Son MK. Effect of various intraoral repair systems on the shear bond strength of composite resin to zirconia. *J Adv Prosthodont* 2013; 5(3):248-55.
27. Heikkinen TT, Lassila LV, Matinlinna JP, Vallittu PK. Effect of operating air pressure on tribochemical silica-coating. *Acta Odontol Scand* 2007; 65(4):241-8.
28. Özcan M. A practical method for chairside repair of debonded porcelain denture teeth. *J Prosthodont* 2006; 15(1):47-50.
29. Agingu H, Zhang CU, Jiang NW, Cheng H, Özcan M, Yu H. Intraoral repair of chipped or fractured veneered zirconia crowns and fixed dental prosthesis: clinical guidelines based on literature review. *J Adhes Sci Technol* 2018; 32(15):1711-23.

30. Akin H, Tugut F, Akin GE, Guney U, Mutaf B. Effect of Er:YAG laser application on the shear bond strength and microleakage between resin cements and Y-TZP ceramics. *Lasers Med Sci* 2012; 27(2):333-8.
31. Erdem A, Akar GC, Erdem A, Kose T. Effects of different surface treatments on bond strength between resin cements and zirconia ceramics. *Oper Dent* 2014; 39(3):E118-27.
32. 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):280-7.
33. Akyıl MŞ, Uzun İH, Bayındır F. Bond strength of resin cement to yttrium-stabilized tetragonal zirconia ceramic treated with air abrasion, silica coating, and laser irradiation. *Photomed Laser Surg* 2010; 28(6):801-8.
34. Paranhos MP, Burnett LH Jr, Magne P. Effect of Nd: YAG laser and CO 2 laser treatment on the resin bond strength to zirconia ceramic. *Quintessence Int* 2011; 42(1):79-89.
35. Lin Y, Song X, Chen Y, Zhu Q, Zhang W. Effect of Er:YAG laser irradiation on bonding property of zirconia ceramics to resin cement. *Photomed Laser Surg* 2013; 31(12):619-25.
36. Usumez A, Handemirci 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):259-66.
37. Celik G, Ismatullaev A, Sari T, Usumez A. Comparison of the effectiveness of bonding composite to zirconia as a repair method. *Int J Appl Ceram Technol* 2016; 13(2):405-11.
38. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/ cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now? *Dent Mater* 2011; 27(1):71-82.
39. Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dent Mater* 1999; 15(6):426-33.
40. Al-Dohan HM, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME, Lang BR. Shear strength of core-veneer interface in bilayered ceramics. *J Prosthet Dent* 2004; 91(4):349-55.
41. Ersu B, Yuzugullu B, Ruya YaziciA, Canay S. Surface roughness and bond strengths of glass-infiltrated alumina-ceramics prepared using various surface treatments. *J Dent* 2009; 37(11):848-56.
42. Shiu P, Souza-Zaroni W, Eduardo CP, Youssef M. Effect of feldspathic ceramic surface treatments on bond strength to resin cement. *Photomed Laser Surg* 2007; 25(4):291-6.
43. Birang R, Poursamimi J, Gutknecht N, Lampert F, Mir M. Comparative evaluation of the effects of Nd:YAG and Er:YAG laser in dentin hypersensitivity treatment. *Lasers Med Sci* 2007; 22(1):21-4.
44. Haris DM, White JM, Goodis H, Arcoria CJ, Simon J, Carpenter WM, et al. Selective ablation of surface enamel caries with a pulsed Nd:YAG dental laser. *Lasers Surg Med* 2002; 30(5):342-50.
45. Marcondes M, Paranhos MP, Spohr AM, Mota EG, da Silva IN, Souto AA, et al. The influence of the Nd:YAG laser bleaching on physical and mechanical properties of the dental enamel. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009; 90(1):388-95.
46. Spohr AM, Borges GA, Junior LH, Mota EG, Oshima HM. Surface modification of In-Ceram Zirconia ceramic by Nd:YA laser, Rocatec system, or aluminum oxide sandblasting and its bond strength to a resin cement. *Photomed Laser Surg* 2008; 26(3):203-8.
47. da Silveira BL, Paglia A, Burnett LH, Shinkai RS, Eduardo P, Spohr AM. Micro-tensile bond strength between a resin cement and an aluminous ceramic treated with Nd:YAG laser, Rocatec System, or aluminum oxide sandblasting. *Photomed Laser Surg* 2005; 23(6):543-8.
48. Arami S, Tabatabae MH, Namdar SF, Chiniforush N. Effects of different lasers and particle abrasion on surface characteristics of zirconia ceramics. *J Dent (Tehran)* 2014; 11(2):233-41.
49. Stübinger S, Homann F, Etter C, Miskiewicz M, Wieland M, Sader R. Effect of Er:YAG, CO2 and diode laser irradiation on surface properties of zirconia endosseous dental implants. *Lasers Surg Med* 2008; 40(3):223-8.
50. Akhavan Zanjani V, Ahmadi H, Nateghifard A, Ghasemi A, Torabzadeh H, Abdoh Tabrizi M, et al. Effect of different laser surface treatment on microshear bond strength between zirconia ceramic and resin cement. *J Investig Clin Dent* 2015; 6(4):294-300.
51. Ghasemi A, Kermanshah H, Ghavam M, Nateghifard A, Torabzadeh H, Nateghifard A, et al. Effect of Er,Cr: YSGG laser treatment on microshear bond strength of zirconia to resin cement before and after sintering. *J Adhes Dent* 2014; 16(4):377-82.
52. Kim JT, Cho SA. The effects of laser etching on shear bond strength at the titanium ceramic interface. *J Prosthet Dent* 2009; 101(2):101-6.
53. 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.
54. Akyıl MŞ, Yılmaz A, Bayındır F, Duymuş ZY. Microtensile bond strength of resin cement to a feldspathic ceramic. *Photomed Laser Surg* 2011; 29(3):197-203.

55. Tanaka R, Fujishima A, Shibata Y, Manabe A, Miyazaki T. Cooperation of phosphate monomer and silica modification on zirconia. *J Dent Res* 2008; 87(8):666-70.
56. Mahmoodi N, Hooshmand T, Heidari S, Khoshro K. Effect of sandblasting, silica coating, and laser treatment on the microtensile bond strength of a dental zirconia ceramic to resin cements. *Lasers Med Sci* 2016; 31(2):205-11.
57. Kasraei S, Rezaei-Soufi L, Heidari B, Vafae F. Bond strength of resin cement to CO2 and Er:YAG laser-treated zirconia ceramic. *Restor Dent Endod* 2014; 39(4):296-302.
58. Sarac D, Sarac YS, Külünk S, Erkocak A. Effect of various surface treatments on the bond strength of porcelain repair. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2013; 33(4):e120-6.
59. Mirmohammadi H, Aboushelib MN, Salameh Z, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. Innovations in bonding to zirconia based ceramics: part III. Phosphate monomer resin cements. *Dent Mater* 2010; 26(8):786-92.
60. Zhao J, Wang X, Si W, Shen Z. Effect of resin cement selection on the microtensile bond strength of adhesively veneered 3Y-TZP. *Acta Odontol Scand* 2013; 71(5):1105-11.
61. Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. *J Prosthet Dent* 2014; 112(2):182-7.
62. Ahn JS, Yi YA, Lee Y, Seo DG. Shear bond strength of MDP-containing self-adhesive resin cement and YTZP ceramics: effect of phosphate monomer-containing primers. *Biomed Res Int* 2015; 2015:389234.
63. Román-Rodríguez JL, Fons-Font A, Amigó-Borrás V, Granell-Ruiz M, Busquets-Mataix D, Panadero RA, et al. Bond strength of selected composite resin-cements to zirconium-oxide ceramic. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2013; 18(1):e115-23.
64. Filho AM, Viera LCC, Araujo E, Junior SM. Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. *J Prosthodontics* 2004; 13(1):28-35.
65. Lee SJ, Cheong CW, Wright RF, Chang BM. Bond strength of the porcelain repair system to all-ceramic copings and porcelain. *J Prosthodont* 2014; 23(2):112-6.
66. Kocaagaoglu H, ManavT, Albayrak H. In vitro comparison of the bond strength between ceramic repair systems and ceramic materials and evaluation of the wettability. *J Prosthodont* 2017; 26(3):238-43.
67. Tanış MÇ, Akay C, Karakiş D. Resin cementation of zirconia ceramics with different bondingagents. *Biotechnol Biotechnol Equip* 2015; 29(2):363-7.
68. Shin YJ, Shin Y, Yi YA, Kim J, Lee IB, Cho BH, et al. Evaluation of the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic after different surface treatments. *Scanning* 2014; 36(5):479-86.
69. Wang C, Niu LN, Wang YJ, Jiao K, Liu Y, Zhou W, et al. Bonding of resin cement to zirconia with high pressure primer coating. *PLoS One* 2014; 9(7):e101174.
70. Barragan G, Chasqueira F, Arantes-Oliveira S, Portuga J. Ceramic repair: influence of chemical and mechanical surface conditioning on adhesion to zirconia. *Oral Health Dent Manag* 2014; 13(2):155-8.
71. Sharafeddin F, Shoale S. Effects of universal and conventional MDP primers on the shear bond strength of zirconia ceramic and nanofilled composite resin. *J Dent (Shiraz)* 2018; 19(1):48-56.
72. Yi YA, Ahn JS, Park YJ, Jun SH, Lee IB, Cho BH, et al. The effect of sandblasting and different primers on shear bond strength between yttria-tetragonal zirconia polycrystal ceramic and a self-adhesiveresin cement. *Oper Dent* 2015; 40(1):63-71.
73. Matsumura H, Yanagida H, Tanoue N, Atsuta M, Shimoe S. Shear bond strength of resin composite veneering material to gold alloy with varying metal surface preparations. *J Prosthet Dent* 2001; 86(3):315-9.
74. Kirmali O, Kapdan A, Tolgaharorli O, Barutcugil C, Ozarlan MM. Efficacy of ceramic repair material on the bond strength of composite resin to zirconia ceramic. *Acta Odontol Scand* 2015; 73(1):28-32.
75. Attia A, Lehmann F, Kern M. Influence of surface conditioning and cleaning methods on resin bonding to zirconia ceramic. *Dent Mater* 2011; 27(3):207-13.
76. Valandro LF, Ozcan M, Amaral R, Vanderlei A, Bottino MA. Effect of testing methods on the bond strength of resin to zirconia alumina ceramic: microtensile versus shear test. *Dent Mater J* 2008; 27(6):849-55.
77. May LG, Passos SP, Capelli DB, Ozcan M, Bottino MA, Valandro LF. Effect of silica coating combined to a MDP-based primer on the resin bond to Y-TZP ceramic. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2010; 95(1):69-74.
78. Passos SP, May LG, Barca DC, Ozcan M, Bottino MA, Valandro LF. Adhesive quality of self-adhesive and conventional adhesive resin cement to Y-TZP ceramic before and after aging conditions. *Oper Dent* 2010; 35(6):689-96.