

تأثیر پرسن پوشاننده و استفاده از لاینر بر استحکام باند ریز کششی سرامیک زیرکونیایی Cercon

مرضیه علی‌خاصی*#، حکیمه سیادت**، عباس منزوی***، محمدعلی ناصری****، صدیقه شیخ‌زاده*****
 * استادیار پروتزیهای دندانی، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
 ** دانشیار پروتزیهای دندانی، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
 *** دانشیار گروه پروتزیهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
 **** دندانپزشک

***** دانشجوی دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران

تاریخ ارائه مقاله: ۹۰/۲/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۳

The Effect of Porcelain Veneer and Liner Usage on Microtensile Bond Strength of Cercon Zirconia Ceramics

Marzieh Alikhasi*#، Hakimeh Siadat**، Abbas Monzavi***، MohammadAli Naseri****،
 Seddigheh Sheikhzadeh*****

* Assistant Professor of Prosthodontics, Dental Research Center, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

** Associate Professor of Prosthodontics, Dental Research Center, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

*** Associate Professor, Dept of Prosthodontics, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
 **** Dentist.

***** Dental Student, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received: 8 May 2011; Accepted: 25 July 2011

Introduction: Bond strength between veneers ceramic any zirconia framework is the weakest component in the layered structure. This bond was sensitive to the liner application and type of veneer ceramic. This study examined the core-veneer microtensile bond strength of a CAD/CAM (computer aided design/computer assisted manufactured) zirconia ceramic by comparing two ceramic veneers with and without liners.

Materials & Methods: Disc-shaped (19.4×3.5mm) specimens were fabricated using CAD/CAM zirconia core materials (Cercon). Half of the discs were left white and the others were colored with an A2 liner. The specimens were veneered with Ceram Kiss or Zirkozahn ICE veneering ceramics (3.5 mm). The discs were then cut into microbars (CC, ZC, CW, ZW) and the microtensile strength of the core-veneer bond was calculated. The specimens were analyzed by SEM and the data were compared using one-way ANOVA and Post hoc tests.

Results: The type of veneering ceramic (Ceram Kiss) and liner application (coloring) significantly affected the core-veneer microtensile bond strength ($P < 0.0001$). The Zirkozahn layer (ZC, ZW) did not show significant differences ($P = 0.08$).

Conclusion: Careful selection of veneering ceramics and liner applications can be recommended as they have significant roles in microtensile bond strength of core veneered restorations.

Key words: Ceramics, microtensile bond strength, zirconia.

Corresponding Author: m_alikhasi@yahoo.com

J Mash Dent Sch 2012; 35(4): 289-96 .

چکیده

مقدمه: یکی از نقاط ضعف سرامیک‌های زیرکونیایی، باند ضعیف آنها با ونیر پرسنی است. استفاده از لاینر و نیز پرسن‌های مختلف برای غلبه بر این امر پیشنهاد شده است. هدف این مطالعه بررسی این دو عامل بر روی استحکام باند ریزکشی در یک نوع سرامیک زیرکونیایی تهیه شده به روش CAD-CAM بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه آزمایشگاهی-تجربی ۱۲ نمونه دیسکی شکل (۱۹/۴×۳/۵ میلی متر) از سرامیک Cercon (Degussa, Hanau, Germany) ساخته شد. نیمی از نمونه‌ها ابتدا با لاینر A2 پوشش داده شده و نیم دیگر بدون رنگ آمیزی آماده شدند. سپس از هر گروه سه دیسک با پرسن ونیری Ceram kiss و نیم دیگر با پرسن Zirkozhan با ضخامت ۳/۵ میلیمتر با استفاده از مولد مخصوص ونیر شدند. به این ترتیب چهار گروه از دیسک‌ها آماده گردید (CC,ZC,CW,ZW). پس از آن دیسک‌ها به صورت میکروبارهایی (۳۰ میکروبار در هر گروه) تراش داده شدند و استحکام باند ریزکشی بین کور و ونیر پرسنی اندازه گیری گردید. سپس سطح شکست توسط میکروسکوپ الکترونی ارزیابی گردید. داده‌ها توسط آزمون‌های آماری One-way ANOVA و Post-hoc مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: میانگین میزان استحکام باند در گروه‌های سفید (W) و رنگی (C) در استفاده از ونیر Ceram Kiss به ترتیب ۲۶/۶۱ و ۳۴/۹۰ مگاپاسکال و ونیر Zirkozahn ۱۶/۴۷ و ۲۰/۲ مگاپاسکال تعیین گردید. آزمون آماری نشان داد نوع ونیر و استفاده از لاینر هر دو بر روی باند ریز کشتی موثر است ($P < 0.001$) و استفاده از لاینر باند قویتری را ایجاد می‌کند.

نتیجه گیری: به دلیل تاثیر نوع ونیر و استفاده از لاینر بر باند ریزکشی کور-ونیر رستوریشن‌های زیرکونیایی، انتخاب صحیح پرسن پوشاننده و کاربرد لاینر برای سرامیک Cercon توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرسن، باند ریز کشتی، زیرکونیا.

مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۳۹۰ دوره ۳۵ / شماره ۴ : ۲۸۹-۹۶.

مقدمه

به گلاس پرسن، افزایشی به میزان ۸۰٪-۲۰٪ در استحکام خمشی و مقاومت شکستگی در مقایسه با پرسن تنها گزارش شده است.^(۳) مطالعات متعددی نشان داده‌اند که زیرکونیا از سایر سرامیک‌های دندانی محکم‌تر می‌باشد.^(۴) همچنین، بریج‌های زیرکونیایی ماندگاری بیشتری در مقایسه با سایر سرامیک‌های دندانی نشان داده‌اند.^(۶) با این حال، استحکام باند زیرکونیا به ونیر در رستوریشن‌های تمام سرامیکی به عنوان یکی از نقاط ضعف آن مطرح بوده و عواملی چون نحوه آماده‌سازی سطح فریم‌ورک، نوع ونیر سرامیکی مورد استفاده و روش استفاده از ونیر همگی در این استحکام موثر هستند. برای دستیابی به مزایای متعدد مواد کور در پروتزهای دندانی، استحکام باند بین کور و ونیر باید به میزان کافی بوده تا بتوانند استرس‌های فانکشنال را از ونیرهای زیبایی به فریم‌ورک زیرین انتقال دهند.^(۷) علاوه بر این، مشخص گردیده که استحکام باند ونیر به زیرکونیا به نوع ماده ونیر

نیاز به ترمیم‌هایی با زیبایی عالی و سازگاری زیستی مناسب در سال‌های اخیر منجر به جایگزینی آلیاژهای معمول با زیرساخت‌های تمام-سرامیک گردیده است.^(۱) کورهای سرامیکی معمولاً کریستال‌های تقویت شده از جمله دی سیلیکات و یا لوسایت در یک ماتریس شیشه‌ای هستند و یا از اکسید زیرکونیا تشکیل شده‌اند. پلی‌کریستال‌های زیرکونیایی محدودیت‌های کاربرد مواد تمام سرامیکی را کاهش داده و استفاده از آنها را در بازسازی‌های چندواحدهی با موفقیت بیشتر ممکن ساخته است. ثبات شیمیایی منحصر به فرد، خصوصیات مکانیکی عالی، زیبایی رنگ و استفاده همزمان از تکنولوژی CAD/CAM^۱ در آنها موجب شده است که زیرکونیا به عنوان یک ماده کور انتخابی در درمان‌های متعدد پروتزی مورد استفاده قرار بگیرد.^(۲) با افزودن ۵۰٪ وزنی زیرکونیا

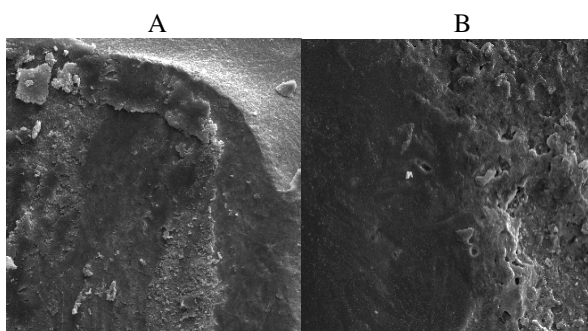
1. Computer aided design/computer aided manufactured

نمونه‌های دیسکی شکل توسط یک وسیله شیشه‌ای با سر گرد با لاینر توصیه شده توسط کارخانه (Degussa, Hanau, Germany) به رنگ A2 به ضخامت ۰/۲۵ میلی‌متر پوشش داده شدند. فرآیند Sintering بعد از رنگ‌آمیزی انجام شد و دیسک‌ها به مدت سه ساعت به دمای ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد رسانده شده و دو ساعت در این دما نگه داشته شدند. تمامی دیسک‌ها طبق دستور کارخانه سازنده بعد از آماده‌سازی، تحت فرآیند Air-abrasion و Steam cleaning قرار گرفتند. به این ترتیب دیسک‌ها در ۲ گروه ۶ تایی از نمونه‌های سرامیکی Cercon لاینر زده (رنگی، C) و بدون لاینر (سفید، W) قرار گرفتند. سپس در هر گروه سه دیسک توسط پرس‌لن ونیری Zirkonzahn ICE (Zirkonzahn ICE Zirkon, Zirkonzahn GmbH, Italy) و سه دیسک با پرس‌لن Ceram Kiss (Degudent, GmbH, Hanau-wolfgang-Germany) با ضخامت ۳/۵ میلی‌متر پوشش داده شدند. برای این منظور دیسک‌ها درون یک مولد قرار گرفته و Slurry ceramic از سرامیک‌های Zirkonzahn ICE (Z) و Ceram Kiss (C) در آن متراکم گردید و پرس‌لن گذاری در دو مرحله، در مرحله اول ۱/۵ میلی‌متر و در مرحله دوم ۲ میلی‌متر با در نظر گرفتن انقباض آنها پخت شد. برای پخت هر نوع پرس‌لن ونیر از دستور کارخانه سازنده آن درون کوره پخت پرس‌لن Austromat 3007, Dekema deatal-keramico fen GmbH Co, Germany استفاده گردید. نمونه‌ها پس از انجام فرآیند Firing در درون پلی استر شفاف مدفون شدند و بعد از ثابت کردن نمونه‌ها درون دستگاه برش Mecatom C (Presi, France)، ۱۲۰ میکرو بار با ابعاد ۱×۱×۷mm در ۴ گروه ۳۰ تایی تهیه شد (CW, ZW, CC, CW). میکروبارها با استفاده از دستگاه استریومیکروسکوپ (SZ Olympus, Tokyo, Japan) با بزرگنمایی ۲۵ برابر بررسی شدند تا در

مورد استفاده و هماهنگی آن با کور زیرین نیز بستگی دارد.^(۸) امروزه انواع مختلف سیستم‌های زیرکونیایی در بازار دندانپزشکی وجود دارد و علیرغم شباهت ساختار شیمیایی آنها، تفاوت‌هایی همچون اختلاف در روش‌های ساخت، مراحل Milling و دمای Sintering در بین آنها وجود دارد. یکی دیگر از این اختلافات تفاوت در نحوه رنگ‌آمیزی این کوره‌های سفید زیرکونیایی است.^(۹،۱۰) تکنیک‌های مختلفی نظیر افزودن پیگمان‌های فلزی به پودر زیرکونیایی اولیه در قبل یا بعد از فشردن بلوک‌های Milling، غوطه‌ور ساختن فریم‌ورک‌های Milled در عوامل رنگی محلول یا استفاده از مواد لاینر مختلف در فریم‌ورک‌های سفید Sinter شده برای رنگ‌آمیزی فریم‌ورک‌های زیرکونیایی مد نظر بوده است.^(۷،۱۱) تردیدی نیست که روش‌های مختلف رنگ‌آمیزی کور که در سیستم‌های مختلف به کار گرفته شده‌اند، همگی می‌توانند در خصوصیات و عملکرد زیرکونیا موثر باشند.^(۱۲) این تغییر خصوصیت‌ها می‌تواند ناشی از اجزاء رنگی اضافه شده به زیرکونیا از جمله CeO_2 ، Fe_2O_3 و Bi_2O_3 باشد. همچنین، دیده شده است که استفاده از عوامل لاینر اثرات آشکاری در بهبود استحکام باند زیرکونیا به ونیر مخصوصاً در سرامیک‌های Press-on داشته است.^(۸) بر این اساس هدف این مطالعه بررسی تاثیر کاربرد دو نوع پرس‌لن ونیر و استفاده از لاینر بر استحکام باند ریزکشی یک نوع سرامیک CAD-CAM است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق تجربی از یک ماده کور زیرکونیایی CAD/CAM تجاری (Cercon (Zirconia based ceramic, Degussa, Hanau, Germany) تعداد ۱۲ عدد دیسک زیرکونیایی سفید به گونه‌ای آماده شد که پس از Sintering ابعادی برابر ۱۹/۴×۳/۵mm داشته باشند. نیمی از



تصویر ۲: میکروسکوپ الکترونی برای بررسی سطح شکست نمونه‌ها (A) سطح ونیر با بزرگنمایی ۱۰۰۰، B شکست ادهزیو با بزرگنمایی ۳۰۰)

یافته‌ها

اطلاعات توصیفی داده‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. ابتدا آنالیز واریانس دو عاملی انجام گردید که در آن نوع لاینر و نوع پرسن پوشاننده عوامل تحت بررسی بودند. نتایج نشان داد که این دو عامل اثر متقابلی بر استحکام باند ریزکشی داشت. لذا از آنالیز One-way ANOVA برای مقایسه چهار گروه استفاده شد، که نشان داد بین گروه‌ها اختلاف معنی داری وجود دارد ($P < 0/001$). نتایج آزمون Tukey HSD نشان می‌داد که تنها بین گروه‌هایی که از پرسن Zirkonzahn استفاده شده بود (ZW و ZC)، اختلاف معنی دار وجود نداشت (جدول ۲) و در مقایسه دو به دوی گروه‌های دیگر ($CC > CW$)، ($ZW < CW$) ($CC > ZC$) اختلاف معنی دار وجود داشت (جدول ۲). ارزیابی نحوه شکست نمونه‌ها تحت میکروسکوپ الکترونی نشان داد کلیه شکست‌های ایجاد شده در هر چهار گروه در حدفاصل ونیر-کور و یا در ونیر رخ داد که به دلیل حجم نمونه کم تحت آنالیز آماری قرار نگرفت.

صورت وجود هر گونه نقص از تحقیق خارج گردند. پس از شستشو با اولتراسونیک، میکروبارهای تهیه شده در گروه‌های مختلف با چسب سیانوآکریلات به دستگاه آزمون استحکام باند ریزکشی (Instron 6022, Instron Limited, High Wycombe, UK) به گونه‌ای متصل شدند که خط اتصال کور-ونیر در وسط قرار بگیرد. سپس نیرو با سرعت نوک تیغه برابر 1 mm/min بر محل اتصال اعمال گردید و حداکثر نیروی لازم برای شکست باند بین ماده کور و ونیر سرامیکی ثبت شد (تصویر ۱).

علاوه بر این، ۵ نمونه از هر گروه به صورت تصادفی انتخاب و تحت میکروسکوپ الکترونی (XL 20, Philips, Eindhoven, Netherlands) بررسی شدند تا نحوه شکست در آنها (در کور، ونیر، و حدفاصل کور-ونیر) تعیین گردد (تصویر ۲). در نهایت برای آنالیز آماری داده‌ها از تست One-way ANOVA و تست‌های Post-hoc استفاده شد.



تصویر ۱: دستگاه استحکام ریزکشی به همراه میکروبار بعد از اعمال نیرو به میکروبار و ایجاد شکست

از آزمون استحکام باند ریزکشی در مواد سرامیکی دندانپزشکی مستلزم دقت زیاد در نحوه ساخت نمونه‌ها و استانداردهای روش‌های لابراتواری است تا از ایجاد ضایعات ساختاری از جمله حباب در لایه ونیری جلوگیری شود، امری که به هر حال بروز آن اجتناب‌ناپذیر است. در مطالعه حاضر، در بیشتر نمونه‌ها حباب‌های ساختاری در ونیر دیده شد که می‌تواند انحراف معیار مطالعه را در نتایج توجیه نماید.

خرد شدن و لایه لایه شدن رستوریشن‌های زیرکونیایی ونیر شده در هنگام اعمال بارهای مختلف همواره محتمل می‌باشد، بنابراین نقش عوامل تاثیرگذار در باند ونیر و کور باید مورد بررسی قرار گیرد.^(۱۴و۱۵) نتایج تحقیق حاضر نشان داد استحکام باند ریزکشی سرامیک Cercon بیشتر از آنکه تحت تاثیر کاربرد لاینر باشد به نوع پرسلن پوشاننده بستگی دارد؛ به گونه‌ای که استفاده از پرسلن پوشاننده Ceram Kiss استحکام باند بالاتری، چه با کاربرد لاینر و چه بدون لاینر، نسبت به Zirkonzahn ICE ایجاد کرد. این امر به لزوم سازگاری پرسلن پوشاننده با سرامیک کور تاکید می‌کند. این نتایج با یافته‌های مطالعه Aboushelib و همکاران هماهنگی ندارد چراکه آنها نشان دادند استحکام باند ونیر زیرکونیایی تحت تاثیر نوع سرامیک لایه‌ای مورد استفاده (Ceramik یا Noble Rondo) نبوده است.^(۱۵) در مطالعه‌ای دیگر از این محقق گزارش شد که کاربرد مواد لاینر به صورت معنی‌داری میزان استحکام باند و نحوه شکست نمونه‌ها را تحت تاثیر قرار داده و نتایج آن نیز به نوع ماده لاینر به کار رفته بستگی داشت.^(۸) در مطالعه حاضر نیز دیده شد که در صورت کاربرد Ceram Kiss به

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار استحکام باند ریزکشی

گروه	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
CW	۲۶/۶۱	۶/۰۸	۱۸/۶۰	۴۱/۹۰
CC	۳۴/۹۴	۸/۸۶	۲۰/۰۰	۵۵/۲۰
ZW	۱۶/۴۷	۲/۸۳	۱۰/۷۰	۲۰/۶۰
ZC	۲۰/۰۲	۳/۳۲	۱۲/۳۰	۲۵/۳۰

CW: Ceramkiss-White, CC: Ceramkiss-Colored, ZW: Zirkonzahn -White, ZC: Zirkonzahn-Colored

جدول ۲: نتایج آزمون توکی برای مقایسه دوی گروه‌ها

P-value	اختلاف میانگین	دو گروه مورد مقایسه
<۰/۰۰۱	۸/۳۲	CC - CW
<۰/۰۰۱	۱۰/۱۴	ZW - CW
<۰/۰۰۱	۱۴/۹۱	CC - ZC
<۰/۰۰۱	۱۸/۴۶	CC - ZW
<۰/۰۰۱	۶/۵۹	CW - ZC
۰/۰۸	۳/۵۵	ZC - ZW

CW: Ceramkiss-White, CC: Ceramkiss-Colored, ZW: Zirkonzahn -White, ZC: Zirkonzahn-Colored

بحث

استفاده از آزمون استحکام باند ریزکشی مزایای زیادی دارد از جمله آن که به دلیل اندازه کوچک میکروبارها و عمودی بودن نیرو در این آزمون، با کاهش احتمال اتصال ترک‌های ساختاری آنها، یک تخمین دقیق‌تری از میزان استحکام باند کور به ونیر به دست آمده و احتمال پراکندگی داده‌ها نیز کاهش می‌یابد.^(۱۳) استفاده

در لایه کور) با نتایج تحقیقات دیگر نیز قابل مقایسه می‌باشد که در آنها شکست‌ها ناشی از ایجاد ترک در حدفاصل کور-ونیر و نیز در ونیر گزارش شده‌اند.^(۱۷ و ۱۸) این پدیده از دو جهت قابل تفسیر است. اول اینکه شکست ناشی از بروز ترک می‌تواند عملکرد عالی Y-TZP و مقاومت مناسب آن در برابر پخش ترک‌ها را نشان دهد. دوم اینکه، شکست ناشی از ایجاد ترک می‌تواند از استحکام باند ضعیف کور زیرکونیایی به سرامیک ونیری ناشی شود.^(۱۹) با این حال، باید دقت نمود مکانیسم واقعی و دقیق شکست‌های باند کور-ونیر هنوز به طور قطعی مشخص نشده و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد.

نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر، در مجموع برآوردی از میزان استحکام باند ریزکشی کور زیرکونیایی Cercon بود که نشان داد که نوع ونیر سرامیکی اثرات معنی‌داری در میزان استحکام باند کور-ونیر داشته‌است. همچنین استفاده از لاینر برای ماده زیرکونیایی Cercon می‌تواند در افزایش استحکام باند این سرامیک موثر باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی تحت عنوان مقایسه استحکام باند ریزکشی ونیر سرامیکی به دو نوع کور زیرکونیایی (MAD/MAM و CAD/CAM) مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران در سال ۱۳۸۷ به کد ۸۸-۰۱-۶۹-۸۴۳۹ می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است.

عنوان پرسلن ونیری، استفاده از لاینر، استحکام باند را افزایش داد. به عبارت دیگر، استحکام باند زیرکونیایی رنگی Cercon در مقایسه با زیرکونیایی سفید به صورت آشکاری بیشتر برآورد گردید.

از طرف دیگر گزارش شده است که استفاده از لاینر در سطوح زیرکونیایی صاف قبل از فشردن سرامیک ونیری، منجر به کاهش استحکام باند کور-ونیر و افزایش فراوانی شکست‌های روی داده در حد فاصل ترمیم‌ها می‌شود.^(۸) در تحقیق حاضر، کاربرد لاینر بعد از سایش سطوح با ذرات آلومینیوم اکساید صورت گرفته و این امر می‌تواند تفاوت در نتیجه را توجیه نماید. از جمله ملزومات دیگر لایه ونیر هماهنگی (TEC) Thermal Expansion Coefficient کور و ونیر است. مطالعات نشان داده است که در صورت وجود اختلاف زیاد TEC این دو لایه، استرس‌های ناخواسته‌ای در یک‌چهارم تماس رخ می‌دهد. وقتی TEC لایه پرسلن بالاتر از ماده کور باشد، جدا شدن ونیر از روی کور رخ می‌دهد، اگرچه میزانی از عدم هماهنگی بین TEC این دو لایه لازم است.^(۱۶) در مطالعه حاضر این ضریب برای Ceram Kiss و Zirkozahn ICE به ترتیب برابر ۹/۲ و ۹/۶ بود که اگرچه مقدار مربوط به Zirkozahn به TEC کور زیرکونیایی (۱۰/۵) نزدیک‌تر بود ولی شاید نتایج بهتر باند با Ceram Kiss به عدم هماهنگی مطلوب‌تر آن با زیرکونیا و یا استحکام بالاتر آن بازگردد.

در تحقیق حاضر در نحوه شکست نمونه‌ها در هر یک از گروه‌های ۴ گانه از هر دو نوع کوهزیو و ادهزیو در سرامیک‌ها گزارش شد. این نوع شکست‌ها (بدون شکست

منابع

1. Sundh A, Molin M, Sjogren G. Fracture resistance of yttrium oxide partially-stabilized zirconia all-ceramic bridges after veneering and mechanical fatigue testing. *Dent Mater* 2005; 21(5): 476-82.
2. Ardlin BI. Transformation-toughened zirconia for dental inlays, crowns and bridges: Chemical stability and effect of low-temperature aging on flexural strength and surface structure. *Dent Mater* 2002; 18(8): 590-5.
3. Kon M, Ishikawa K, Kuwayam N. Effects of zirconia addition on fracture toughness and bending strength of dental porcelains. *Dent Mater* 1990; 9(2): 181-92.
4. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Augthum M, Spiekermann H. Fracture resistance of lithium disilicate-, alumina- and zirconia-based three-unit fixed partial dentures: A laboratory study. *Int J Prosthodont* 2001; 14(3): 231-8.
5. Kosma 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.
6. Fischer H, Weber M, Marx R. Lifetime prediction of all-ceramic bridges by computational methods. *J Dent Res* 2003; 82(3): 238-42.
7. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. *Dent Mater* 2005; 21(10): 984-91.
8. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part II: Zirconia veneering ceramics. *Dent Mater* 2006; 22(9): 857-63.
9. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dent Mater* 2004; 20(5): 449-56.
10. Bocanegra-Bernal MH, Diaz de la Torre S. Review: Phase transitions in zirconium dioxide and related materials for high performance engineering ceramics. *J Mater Sci* 2002; 37: 4947-71.
11. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: Core and veneer materials. *J Prosthet Dent* 2002; 88(1): 10-5.
12. Milleding P, Karlsson S, Nyborg L. On the surface elemental composition of non-corroded and corroded dental ceramic materials *in vitro*. *J Mater Sci Mater Med* 2003; 14(6): 557-66.
13. Dundar M, Ozcan M, Gokce B, Comlekogln E, Leite F, Valandro LF. Comparison of two bond strength testing methodologies for bilayered all-ceramics. *Dent Mater* 2007; 23(5): 630-6.
14. Vult von Steyern P, Carlson P, Nilner K. All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-Zirkon technique. A 2-year clinical study. *J Oral Rehabil* 2005; 32(3): 180-7.
15. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part 3: double veneer technique. *J Prosthodont* 2008; 17(1): 9-13.
16. Fischer J, Stawarczyk B, Trottmann A, Hämmerle CH. Impact of thermal misfit on shear strength of veneering ceramic/zirconia composites. *Dent Mater* 2009; 25(4): 419-23.
17. Kim B, Zhang Y, Pines M, Thompson VP. Fracture of porcelain-veneered structures in fatigue. *J Dent Res* 2007; 86(2): 142-6.

18. Studart AR, Filser F, Kocher P, Luthy H, Gauckler LI. Mechanical and fracture behavior of veneer-framework composites for all-ceramic dental bridges. *Dent Mater* 2007; 23(1): 115-23.
19. White SN, Miklus VG, McLaren EA, Lang LA, Caputo AA. Flexural strength of a layered zirconia and porcelain dental all-ceramic system. *J Prosthet Dent* 2005; 94(2): 125-31.