

## تأثیر رزین و نوع آمادگی سطحی بر استحکام خمشی سرامیک فلدسپاتیک حاوی ترک

دکتر حمید کرمانشاه<sup>۱</sup> - دکتر سیده نرگس عامری الحسینی<sup>۲†</sup> - دکتر شعله غبرائی<sup>۳</sup> - دکتر محمد جواد خرازئی فرد<sup>۴</sup>

۱- عضو مرکز تحقیقات دندانپزشکی و استادیار گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، تهران، ایران

۲- دستیار تخصصی گروه آموزشی پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، تهران، ایران

۳- استادیار گروه آموزشی اندودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، تهران، ایران

۴- مشاور آمار و تحقیقات دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، تهران، ایران

### Effect of resin and type of surface treatment on the flexural strength of cracked feldspathic porcelain

Hamid Kermanshah<sup>1</sup>, Seyedeh Narges Ameri Alhosseini<sup>2†</sup>, Sholeh Ghabraei<sup>3</sup>, Mohammad Javad Kharazifard<sup>4</sup>

1- Assistant Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2<sup>†</sup>- Postgraduate Student, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (narges\_ameri@yahoo.com)

3- Assistant Professor, Department of Endodontics, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4- Statistical Advisor, Dental Research Center, Dentistry Research Institute, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**Background and Aims:** Porcelain restorations are often ground for clinical adjustment and this removes the surface glaze layer and introduces flaws that can grow in wet environments due to stress-corrosion, reduce the strength of porcelain and limit restoration lifetime. The aim of this study was to introduce some surface treatment methods to control the external surface flaws of ceramic restorations and improve their strength.

**Materials and Methods:** 40 feldspathic discs were prepared and divided into 4 groups (n=10): not indented (group 1) and others indented by vickers with 29.4 N and received different treatments: no treatment (group 2), polished (group 3) and polished-silane-resin (group 4). The biaxial flexural strength of discs was tested after water storage. Data were analyzed using one-way ANOVA.

**Results:** The mean flexural strength of specimens in group 1 (134.49±12.60), group 2 (94.81±15.41), group 3 (89.20±16.22) and group 4 (80.67±12.01) Mpa were measured. Group 1 (not indented) revealed significantly higher strength (P<0.001) than that of indented groups (2, 3 and 4). There was no significant difference between group 2 (no treatment) and 3 or 4 (treated) neither and between treatment methods (3 and 4) (P=0.136).

**Conclusion:** The strength of porcelains was dependent on the presence of cracks. With the limitations of this study, none of the treatment methods could strengthen the cracked ceramic.

**Key Words:** Feldspathic porcelain, Silane, Resin

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2015;28(1):33-41

## چکیده

**زمینه و هدف:** سرامیک‌های دندان‌دانی ممکن است در طول مراحل تنظیمات کلینیکی با فرز تراشیده شوند و این مسأله ضمن از بین بردن لایه گلیز باعث ایجاد ترک‌های ریزی بر سطح آن‌ها شده که می‌توانند در محیط مرطوب رشد کرده و استحکام سرامیک و طول عمر رستوریشن را کاهش دهند. هدف از این مطالعه معرفی روش‌های کنترل ترک‌های سطح خارجی ترمیم‌های سرامیکی و بررسی تأثیر آن‌ها بر استحکام سرامیک بود.

**روش بررسی:** ۴۰ نمونه سرامیک فلدسپاتیک به صورت دیسک تهیه شده و به چهار گروه ۱۰ تایی تقسیم شدند. گروه ۱ به عنوان گروه کنترل بدون هیچ تغییری در نظر گرفته شد. نمونه‌های سه گروه آزمایشی دیگر توسط دستگاه Vickers با نیروی ۲۹/۴ نیوتن دندان‌گذاری شدند و تحت درمان‌های متفاوت قرار گرفتند: گروه ۲ بدون درمان، گروه ۳ پرداخت و گروه ۴ پرداخت-سایلن-رزین. نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آب با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و سپس استحکام خمشی دو محوری آن‌ها اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آنالیز آماری One-way ANOVA آنالیز شدند.

**یافته‌ها:** میانگین استحکام خمشی در گروه ۱ (۱۳۴/۴۹±۱۲/۶۰)، گروه ۲ (۹۴/۸۱±۱۵/۴۱)، گروه ۳ (۸۹/۲۰±۱۶/۲۲) و گروه ۴ (۸۰/۶۷±۱۲/۰۱) مگاپاسکال اندازه‌گیری شد. استحکام نمونه‌های بدون ترک (گروه ۱) به طور معنی‌داری از استحکام سرامیک‌های حاوی ترک (۲، ۳، ۴) بیشتر بوده است ( $P < 0.001$ ). بین استحکام خمشی نمونه‌های درمان شده (۳، ۴) و نشده (۲) و همچنین بین درمان‌های متفاوت، تفاوت آماری معنی‌داری دیده نشد ( $P = 0.136$ ).

**نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد ترک حاصل از دندان‌گذاری با نیروی ۲۹/۴ نیوتن بر استحکام خمشی سرامیک فلدسپاتیک مؤثر می‌باشد. هیچ یک از روش‌های بررسی شده در مطالعه قادر به افزایش استحکام سرامیک نبودند.

**کلید واژه‌ها:** سرامیک فلدسپاتیک، سایلن، رزین

وصول: ۹۳/۰۳/۲۲ اصلاح نهایی: ۹۳/۱۲/۱۸ تأیید چاپ: ۹۳/۱۲/۲۱

## مقدمه

می‌شوند و این شکستگی‌ها باعث کاهش استحکام و عمر این ترمیم‌ها شده و هزینه‌های درمانی را افزایش می‌دهند (۴).

مواد تمام سرامیکی در لابراتوار با روندهای متفاوتی تولید می‌شوند، همچنین گاهی برای اصلاح تداخلات سطح جوده و کانتورهای غیر مناسب و پرداخت کردن لبه‌های ترمیم و افزایش زیبایی و صافی سطح، لازم است که به صورت کلینیکی با استفاده از هندپیس‌های پرسرعت و فرزهای الماسی تنظیم شوند. مراحل تولید و یا تنظیم کردن کلینیکی ممکن است باعث آغاز ترک و یا نقص‌های بزرگ شوند که تحت نیروهای کلینیکی و یا وجود رطوبت ممکن است رشد کرده و منجر به شکست فاجعه‌آمیز شود (۲).

از آن جا که معمولاً تنظیمات اکلوزال نهایی ترمیم‌های سرامیکی پس از سمان کردن آن‌ها انجام می‌شود، باید بتوان ترک‌های سطح سرامیک را در داخل دهان به دقت حذف نمود تا از رشد ترک و متعاقب آن شکستگی توده ماده ترمیمی و مارژینال ریج جلوگیری شده، و بنابراین از تحمیل هزینه‌های درمانی و صرف وقت برای ساخت مجدد ترمیم جلوگیری به عمل آید.

در این زمینه ساده‌ترین روش برای افزایش استحکام، درمان سطحی از طریق پولیش (پرداخت) کردن می‌باشد که با کاهش سایز

سرامیک‌های دندان‌دانی از سال ۱۷۷۴ به عنوان دندان‌های پروتز کامل (دست دندان) استفاده شدند. اخیراً سرامیک‌های دندان‌دانی به خاطر زیبایی، دوام و سازگاری بافتی به طور گسترده به عنوان ماده دندان‌دانی در ترمیم‌های دندان‌دانی متنوع مانند ترمیم‌های تمام سرامیک، روکش‌های فلزی سرامیکی، اینله، انله و پروتزهای ثابت چند واحدی استفاده می‌شوند (۱).

مواد دندان‌دانی تمام سرامیک به خاطر سازگاری بافتی و زیبایی ظاهری متمایزی که دارند، در حال تبدیل شدن به اولین انتخاب به عنوان ماده ترمیمی هستند. با این حال خاصیت شکنندگی و حساسیت زیاد این مواد به ترک‌های سطحی (Microcrack-like defect) استفاده از آن‌ها را به مناطق کم استرس‌تر محدود کرده است (۲). به طوری که این مواد در محیط مرطوب حتی تحت نیروهای کمتر از مرحله بحرانی (Subcritical loads)، بسیار مستعد رشد آهسته این ترک‌ها (Slow crack growth) بوده (۳) و این مسئله به طور قابل ملاحظه‌ای استحکام ماده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲). آنالیز کلینیکی روکش‌های شکست خورده ثابت می‌کند که شکستگی‌های فاجعه‌آمیز همواره از آسیب‌های سطحی و زیر سطحی پروتزهای سرامیکی آغاز

منظور پودر دنتین، Vita VMK 68 (Shade A2, LOT 1553: Vita, Bad Säckingen, Germany) با مایع مخصوص (Vita, Bad Säckingen, Germany) ترکیب شده و مخلوط حاصل در قالب استوانه‌ای به قطر ۱۶ و ضخامت ۱/۵ میلی‌متر (که به علت احتساب شریک‌کجی سرامیک حین پخت از اندازه نهایی نمونه‌ها بزرگتر در نظر گرفته شد) متراکم گشت. پس از ویبره کردن و حذف مایع اضافه با دستمال جاذب رطوبت، سطح نمونه‌ها توسط تیغه‌ای صاف شده و مخلوط اضافه از روی قالب برداشته شد.

سپس نمونه‌ها با دقت از قالب خارج شده و بر روی پایه مخصوص پخت و در دهانه کوره قرار گرفتند (Vita 200 vacumat, Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) و طبق دستور کارخانه سازنده حرارت داده شدند؛ نمونه‌ها به آرامی طی ۶ دقیقه وارد کوره ای با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد شده (مرحله خشک شدن اولیه) و پس از آن دمای کوره در حالت خلاء، طی ۶ دقیقه از ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به ۹۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. پس از این مرحله نمونه‌ها به مدت ۱ دقیقه دیگر در دمای ۹۳۰ درجه سانتی‌گراد بدون وکیوم باقی ماندند. پس از سرد شدن سطوح دو طرف دیسک‌ها به کمک دستگاه سایش (IMPTECH 10V grinder polisher, Iran) و با کمک کاغذ سمباده سیلیکون کارباید از زیر تا نرم (P500 تا P2000) در حضور آب پرداخت (Wet polish) شده تا ضمن برطرف کردن ناهمواری‌های سطحی و ایجاد سطحی صاف، ضخامت نمونه‌ها در محدوده مورد نظر قرارگیرد (۴،۹،۱۰). ۱۰ نمونه به عنوان گروه کنترل منفی در نظر گرفته شد و سایر نمونه‌ها تحت Indentation قرار گرفتند.

### ایجاد ترک کنترل شده

مرکز سطح آماده شده نمونه‌ها توسط دستگاه مرکزی (Vickers hardness, Germany) با نیروی ۲۹/۴ نیوتن طی ۱۵ ثانیه دندان‌گذاری شده و ترک‌های ایجاد شده توسط میکروسکوپ نوری (Light microscope, Leitz, Germany) ارزیابی شدند. ۱۰ عدد از نمونه‌های حاوی ترک بدون درمان و به عنوان کنترل مثبت در نظر گرفته شد.

ترک‌های سطحی مقاومت مکانیکی ماده را بهبود می‌بخشد (۵). استحکام سرامیک‌ها در محیط مرطوب کاهش می‌یابد. این مسأله به علت واکنش شیمیایی بین آب و رأس ترک در سرامیک بوده و باعث افزایش اندازه ترک می‌گردد. O'Brein (۵) کاهش ۳۰ درصدی استحکام شکست سرامیک شکسته شده در آب را گزارش کرده است و سایرین Stress corrosion را در کارایی ترمیم‌های سرامیکی مؤثر دانسته‌اند (۶). بنابراین از آن جا که سایلن خاصیت آب‌گریزی (Hydrophobic) دارد، می‌تواند از طریق جلوگیری از نفوذ مولکول‌های آب به رأس ترک از Stress corrosion جلوگیری نماید (۷).

رزین نیز می‌تواند استحکام سرامیک‌ها را افزایش دهد، به طوری که بسیاری از مطالعات تأثیر سمان رزینی را در افزایش استحکام خمشی سرامیک اثبات نموده‌اند. چندین مکانیسم برای افزایش استحکام سرامیک با رزین بیان شده است که شامل بستن ترک‌ها و درمان نسبی یا کامل ترک‌های سطحی می‌باشد (۸).

در مطالعاتی که تاکنون انجام شده، اثر رزین بیشتر به عنوان سمان رزینی و در سطح داخلی ترمیم‌های سرامیکی بررسی شده است و برای محدود کردن ترک‌های ناشی از تنظیمات کلینیکی که در سطح خارجی سرامیک قرار دارند فقط به تأثیر پولیش کردن و حرارت دادن مجدد پرداخته شده است. همچنین در مطالعات گذشته کم‌تر به اثر سایلن در محدود کردن رشد ترک به خاطر خاصیت آب‌گریزی آن توجه شده است.

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر روش‌های درمانی فوق بر استحکام خمشی سرامیک فلدسپاتیک حاوی ترک بود.

### روش بررسی

این مطالعه از نوع تجربی بوده و به صورت زیر انجام شد:

### ساخت نمونه‌ها

نمونه‌های مطالعه به صورت دیسک‌هایی از جنس سرامیک فلدسپاتیک در ابعاد توصیه شده ISO، (ISO 6872 Third edition; 2008) به قطر  $14 \pm 2$  و ضخامت  $1/2 \pm 0/2$  میلی‌متر طبق توصیه کارخانه سازنده تهیه شدند. به این

## روش‌های درمان سطح نمونه‌های حاوی ترک

## ۱- پرداخت کردن سطح (Polishing)

به وسیله دستگاه سایش (IMPTECH 10V grinder polisher, Iran) و با کمک کاغذ سمباده سیلیکون کارباید (۴۰۹،۱۰) با درجه ساینده‌گی مشابه مراحل ساخت (P2000) سطح حاوی ترک نمونه‌های آماده شده با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه در حضور آب به مدت ۱۲۰ ثانیه پرداخت شده (Wet polish) و سپس خشک گردید.

## ۲- استفاده از سایلن و رزین بر روی سطح پرداخت شده

سطح حاوی ترک سرامیک پس از پرداخت و پوشیده شدن با سایلن (Bis-silane 2 part porcelain primer, Bisco, Schaumburg, USA) با کمک یک اپلیکاتور پنبه‌ای کوچک به یک لایه نازک از رزین با ویسکوزیته پایین (Biscover LV liquid Polish, Bisco, Schaumburg, USA) آغشته شده و طبق توصیه کارخانه سازنده پس از ۱۵ ثانیه انتظار جهت تبخیر (Evaporation)، رزین با استفاده از دستگاه لایت کیور (Woodpecker LED.D light cure, China) با شدت 500 mW/cm<sup>2</sup> به مدت ۳۰ ثانیه پلیمریزه شد.

## نگهداری نمونه‌ها در آب

پس از انجام مراحل فوق تمام نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در ظرف آب مقطر قرار گرفته و در دستگاه انکوباتور (Mega Incubator, Kavosh, Iran) با دمای ۳۷±۱ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

## اندازه‌گیری استحکام خمشی دو محوری (Biaxial flexural strength)

پس از خارج کردن نمونه‌ها از آب و خشک نمودن آن‌ها، نیروی شکست نمونه‌ها توسط دستگاه یونیورسال (Zwick, Universal testing machine, Germany) به صورت Piston-on-3-ball با اعمال نیرویی به مرکز سطح پشتی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد؛ برای این منظور، سطح آماده شده نمونه‌ها بر روی ۳

گلوله ساپورت‌کننده زیرین و سطح پشتی آن‌ها پس از پوشانده شدن با یک ورقه پلاستیکی بسیار نازک در مقابل میله عمودی دستگاه قرار گرفت. استحکام خمشی دو محوری هر نمونه با کمک فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\sigma = 0.2387P(X-Y)/b2$$

$$X = (1+v)\ln(r2/r3)2 + [(1-v)/2](r2/r3)2$$

$$Y = (1+v)[1 + \ln(r1/r3)2] + (1-v)(r1/r3)2$$

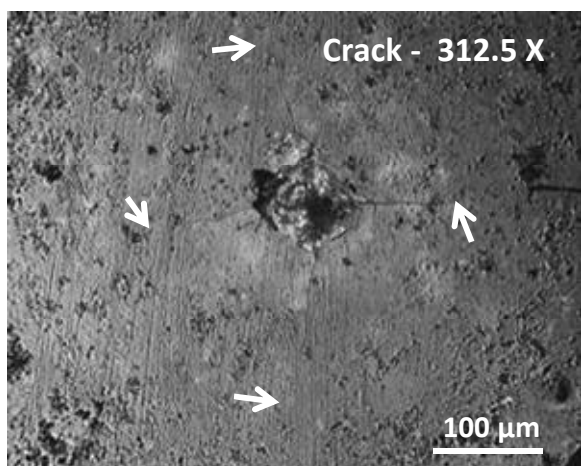
$\sigma$ : بیانگر بیشترین استرس Tensile در مرکز (مگا پاسکال)،  
P: بیشترین نیروی محاسبه شده منجر به شکست (نیوتن)،  
v: Poisson's ratio ماده می‌باشد که مقدار ۰/۲۵ برای پرسلن استفاده شد (۱۱)، r1: شعاع هر یک از کره‌های ساپورت کننده (۵/۶ میلی‌متر)،  
r2: شعاع ناحیه تحت اعمال نیرو (۰/۶۲۵ میلی‌متر)، r3: شعاع نمونه (بر حسب میلی‌متر) و d: ضخامت نمونه (بر حسب میلی‌متر) می‌باشد، قطر و ضخامت نمونه‌ها به کمک کولیس دیجیتال (Mitutoyo, Digimatic caliper, Japan) اندازه‌گیری شد.

## بررسی سطح شکست توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM)

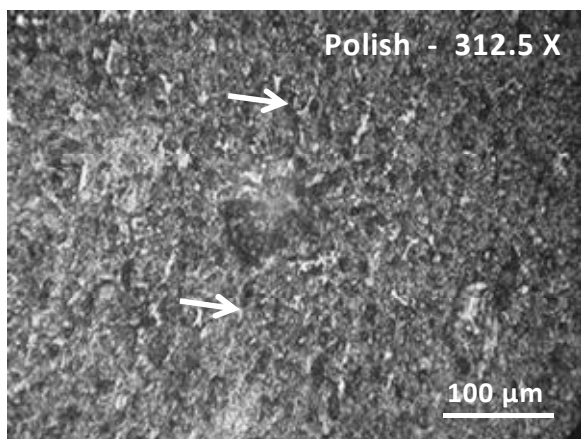
پس از انجام آزمایش استحکام، سطوح شکست ۳ نمونه از هر گروه تعدادی از نمونه‌ها از هر گروه توسط طلا پوشانده شده و توسط میکروسکوپ الکترونی (CAM scan, MV 2300, England) با ولتاژ ۱۵ کیلو ولت مورد ارزیابی قرار گرفتند (اشکال ۶-۱). جهت مقایسه استحکام خمشی در چهار گروه از آنالیز آماری One-way ANOVA استفاده شد و با توجه به یکسانی واریانس‌ها، جهت مقایسه دو به دو گروه‌ها از آزمون Tukey HSD استفاده شد.

## یافته‌ها

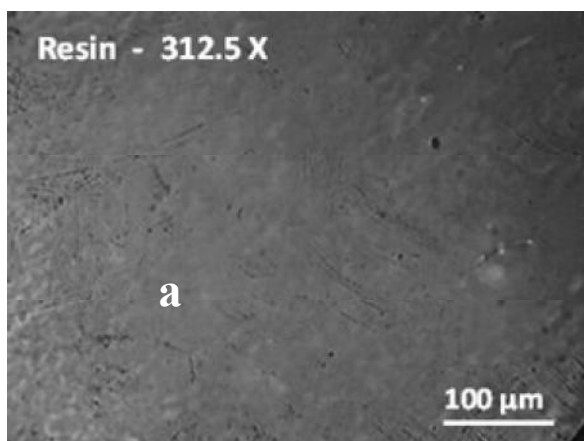
در آنالیز آماری، تفاوتی معنی‌دار بین میانگین استحکام خمشی گروه‌های مورد مطالعه مشاهده شد ( $P < 0.05$ )؛ به طوری که میانگین استحکام خمشی نمونه‌های گروه بدون ترک (کنترل منفی) از هر یک از سه گروه حاوی ترک (درمان نشده، پرداخت، پرداخت-سایلن-رزین) به طور معنی‌داری بیشتر بود ( $P < 0.001$ ). بین میانگین استحکام



(A)

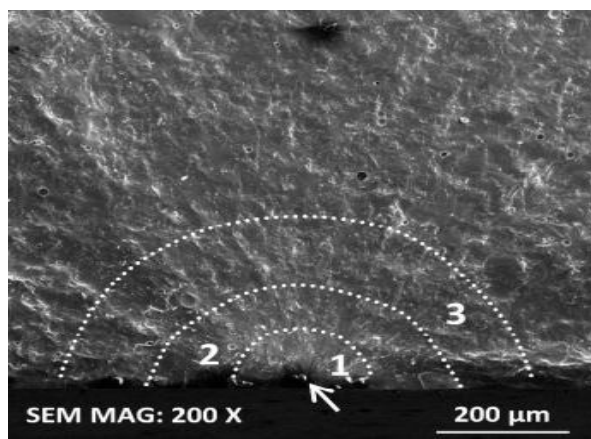


(B)



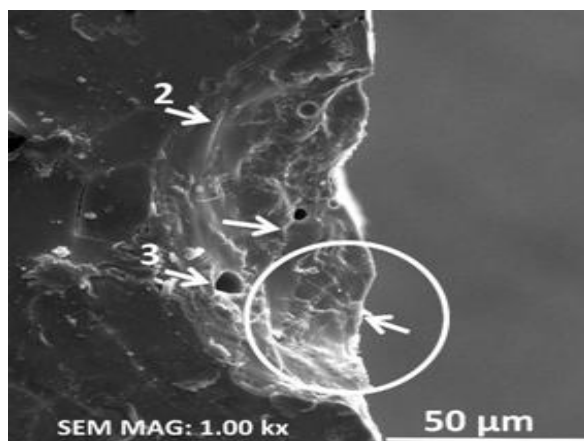
(C)

شکل ۴- تغییرات ترک پس از انجام مراحل پرداخت و نیز پس از پوشانده شدن سطح با رزین مشاهده می‌گردد (انتهای تقریبی خطوط ترک با پیکان مشخص شده است). ترک قبل از درمان (A)، پس از پرداخت (B) اندازه ترک کوچکتر شده و پس از پوشیده شدن سطح سرامیک با رزین (C) اثر ترک دیده نمی‌شود.

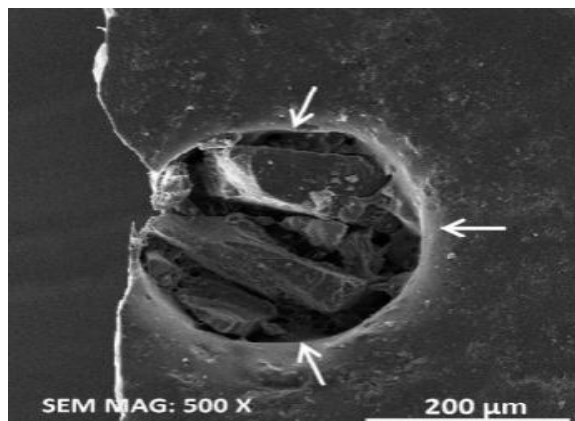


شکل ۱- پیکان محل شروع شکست (Fracture origin) را نشان می‌دهد و خطوط نقطه چین حدود تقریبی اجزای سطح شکست (۱،۲،۳) را از هم جدا کرده‌اند:

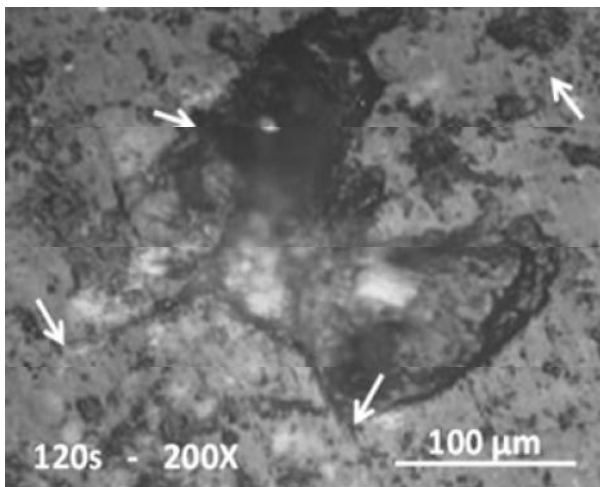
۱- Smooth mirror region، ۲- Mist region، ۳- Hackle region



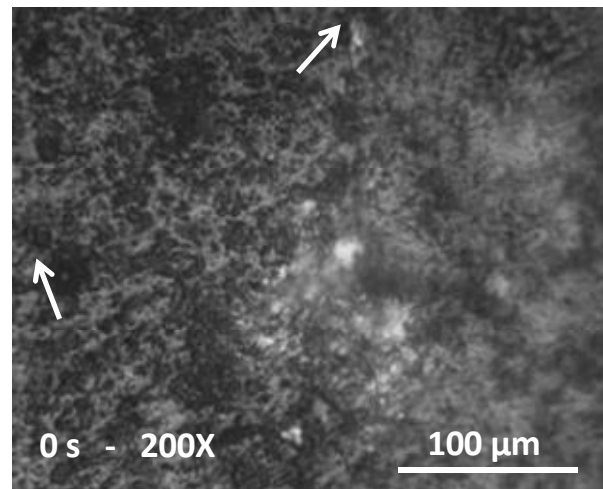
شکل ۲- محدوده مشخص شده با دایره به تراکم خطوط ترک که از نقطه شروع شکست (عدد ۱) منشأ گرفته‌اند اشاره دارد. عدد ۲ خطوط عمود بر مسیر رشد ترک (Wallner) را نشان می‌دهد. هم چنین تعدادی حباب که در توده ماده وجود داشته‌اند (شماره ۳) در این تصویر مشخص می‌باشند.



شکل ۳- یکی از نقایص داخلی سرامیک مشاهده می‌شود.

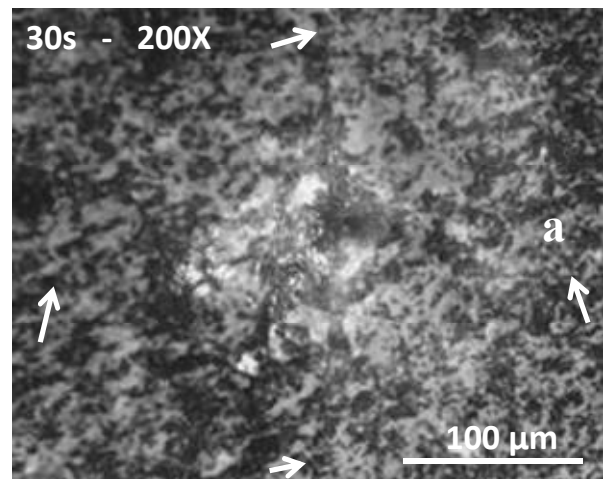


(D)

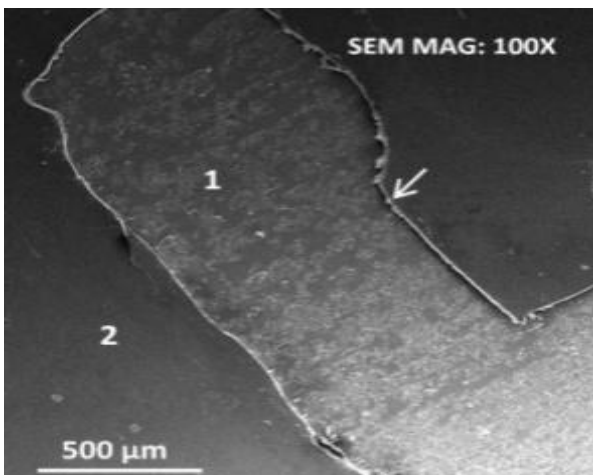


(A)

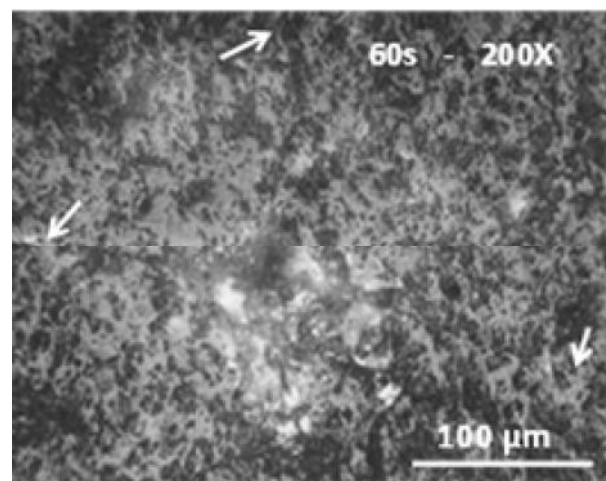
شکل ۵- اثر طول مدت پرداخت کردن در کاهش اندازه ترک؛ قبل از پرداخت (A)، پرداخت به مدت ۳۰ ثانیه (B)، ۶۰ ثانیه (C) و ۱۲۰ ثانیه (D). ترک با افزایش طول مدت پرداخت کوچکتر شده ولی با پرداخت به مدت ۱۲۰ ثانیه کاملاً از بین نرفته است.



(B)



شکل ۶- جدا شدن رزین از سطح سرامیک؛ پیکان به مرز رزین و سرامیک اشاره می‌کند. عدد ۱ سطح سرامیک و عدد ۲ ناحیه پوشیده شده با رزین را مشخص کرده است.



(C)

نمونه‌های گروه‌های حاوی ترک درمان نشده (کنترل مثبت) با گروه‌های حاوی ترک درمان شده به روش پرداخت ( $P=0/814$ ) و نیز نمونه‌های درمان شده به روش پرداخت-سایلن-رزین ( $P=0/836$ ) تفاوت آماری معنی‌داری یافت نشد. بین میانگین استحکام نمونه‌های گروه‌های حاوی ترک درمان شده به روش پرداخت و درمان شده به

جدول ۱- شاخص‌های مرکزی و پراکندگی میزان استحکام (MPa) در گروه‌ها

گروه‌ها	میانگین	مینیمم	ماکزیمم	انحراف معیار	خطای معیار میانگین
بدون ترک	۱۳۴/۴۹	۱۰۵/۴۲	۱۴۹/۵۷	۱۲/۶۰	۴/۲۰
حاوی ترک	۹۴/۸۱	۶۶/۱۵	۱۱۹/۶۵	۱۵/۴۱	۵/۱۳
پرداخت	۸۹/۲۰	۶۷/۷۹	۱۱۲/۵۳	۱۶/۲۲	۵/۴۰
پرداخت و ساین و رزین	۸۰/۶۷	۶۵/۸۶	۹۷/۳۴	۱۲/۰۱	۴/۰۰

### اثر پرداخت کردن

Guazzato و همکاران (۱۲)، در مطالعه خود در سال ۲۰۰۴ بیان کردند که پرداخت کردن بدون درمان حرارتی قادر به افزایش استحکام خمشی تک محوری سرامیک آلومینوس نمی‌باشد و بر عکس Giordano و همکاران (۱۳) در سال ۱۹۹۵، افزایش استحکام سرامیک پرداخت شده را نسبت به سرامیک As fired نشان دادند (۱۳). Albakry و همکاران (۲) نیز در سال ۲۰۰۴، توانایی پرداخت کردن را در افزایش استحکام سرامیک IPS empress مشاهده کردند. با توجه به این که هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر روش‌های درمانی پرداخت و رزین بر استحکام سرامیک حاوی ترک می‌باشد، برای ایجاد ترک کنترل شده از روش دندان‌گذاری با دستگاه Vickers استفاده شد (۹،۱۰،۱۴،۱۵). اما در مطالعاتی که در بالا به آن‌ها اشاره شد (با وجود تأکید نویسندگان بر نقش ترک‌های ایجاد شده در اثر تنظیمات کلینیکی) بیشتر اثر پرداخت کردن را بر خشونت سطحی و متعاقب آن استحکام سرامیک بررسی کرده و بنابراین از سایش سطح سرامیک با کاغذهای سمباده زبر و یا فرزهای زبر و یا سندبلاست کردن برای ایجاد خشونت سطحی استفاده کرده‌اند که با روش مطالعه حاضر متفاوت است.

صرف نظر از روش مطالعه، می‌توان زمان ناکافی پرداخت کردن را به عنوان علتی برای کارایی ناکافی پرداخت کردن در مطالعه حاضر دانست. با توجه به نتایج حاصل از میکروسکوپ نوری، پس از پرداخت کردن طول خطوط ترک کاهش یافت اما ترک به طور کامل از بین نرفت (شکل ۵ از A تا D). همان طور که در تصاویر مشاهده می‌شود با افزایش زمان پرداخت، طول ترک و سایز اثر دندان‌گذاری کاهش یافته است و انتظار می‌رود با افزایش مدت پرداخت کردن، ترک بسیار کوچک شده و حتی ناپدید گردد، که در این صورت ممکن بود تفاوت معنی‌داری در میزان استحکام خمشی نمونه‌ها به دست آید. همچنین

روش پرداخت- ساین- رزین، تفاوت آماری معنی‌داری یافت نشد ( $P=0/543$ ). شاخص‌های مرکزی و پراکندگی میزان استحکام خمشی نمونه‌های گروه‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

### بحث و نتیجه‌گیری

#### مقایسه استحکام سرامیک حاوی ترک و بدون ترک

بر اساس نتایج این مطالعه میانگین استحکام خمشی نمونه‌های بدون ترک به طور معنی‌داری از نمونه‌های حاوی ترک ایجاد شده با نیروی ۲۹/۴ نیوتن بیشتر بوده است و این بدین معناست که در مطالعه حاضر ترک به طور معنی‌داری استحکام خمشی سرامیک را کاهش داده است. این یافته در تایید نتایج حاصل از مطالعات Fleming و همکاران (۹) در سال ۲۰۰۶ که برای ایجاد ترک بر سطح سرامیک آلومینوس، از دندان‌گذاری توسط Vickers با نیروی ۵۰ نیوتن استفاده کردند و همچنین Addison و همکاران (۱۰) که در سال ۲۰۰۸ که از نیروی ۹/۸ نیوتن برای دندان‌گذاری سرامیک فلدسپاتیک استفاده نمودند، می‌باشد. در این مطالعات نیز استحکام سرامیک حاوی ترک به طور معنی‌داری از استحکام سرامیک بدون ترک کمتر گزارش شده است. اشکال ۱ تا ۳ محل شروع شکست و نیز نقایص داخلی سرامیک را نشان می‌دهند.

#### بررسی تأثیر روش‌های مختلف درمان سطحی برای بر طرف کردن تأثیر ترک

در شکل ۴ تغییرات ترک پس از انجام مراحل پرداخت و نیز پس از پوشانده شدن سطح با رزین مشاهده می‌گردد؛ در این تصاویر مشخص است که طول ترک پس از پرداخت کردن کاهش یافته است و پس از پوشیده شدن سطح سرامیک با رزین اثر ترک دیده نمی‌شود.

بخشی سرامیک با رزین، به اندازه نقایص حساس است. اما Fleming و همکاران (۹) از مطالعه خود در سال ۲۰۰۶ نتیجه گرفتند که این تقویت استحکام، به شدت نقایص وابسته نمی‌باشد.

Addison و همکاران (۱۶) در مطالعه خود در سال ۲۰۰۸، به بررسی تأثیر آب بر استحکام سرامیک پوشیده شده با رزین پرداخته و آن را باعث degradation استحکام معرفی کردند. اما Rosenstiel و همکاران (۲۰) در سال ۱۹۹۳، نگهداری کوتاه مدت نمونه‌ها در آب را عاملی در کاهش اثر استحکام بخشی رزین پوشاننده سطح سرامیک دانستند. در بسیاری از مطالعات افزایش استحکام سرامیک با رزین در محیط خشک بررسی شده است (۱۰،۱۷،۱۸،۲۱). در نهایت می‌توان ترکیبی از عوامل فوق را در بی اثر بودن رزین در این مطالعه دخیل دانست.

باتوجه به این که مکانیسم مشخصی برای استحکام بخشی سرامیک با رزین وجود ندارد، شاید بتوان ممانعت از نفوذ آب به عمق ترک و جلوگیری از Stress corrosion را نیز در این امر مؤثر دانست؛ بنابراین شاید مناسب باشد که برای بررسی اثربخشی رزین با ویسکوزیته پایین در سطح خارجی ترمیم، به ارزیابی رشد ترک در طول مدت

نگهداری نمونه‌ها در آب پرداخته و مطالعاتی به منظور بررسی Slow crack propagation نیز طراحی شوند. انجام Cyclic loading در حضور آب نیز می‌تواند برای بررسی تأثیر این ماده مناسب باشد.

با توجه به نتایج این مطالعه ترک ایجاد شده با دستگاه Vickers با نیروی ۲۹/۴ نیوتن باعث کاهش استحکام سرامیک می‌شود. اما با توجه به محدودیت‌های مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که درمان ترک ایجاد شده به این روش، با پرداخت کردن و یا استفاده از رزین با ویسکوزیته پایین منجر به افزایش استحکام نمی‌شود.

## تشکر و قدردانی

در پایان از زحمات و راهنمایی‌های ارزشمند جناب آقای مهندس اسفندیارپور (مهندس مواد) و زحمات جناب آقای مهدی ابدار (در ساخت نمونه‌ها) صمیمانه تشکر می‌نمایم. این مطالعه به عنوان طرح تحقیقاتی شماره ۱۱۱۵۳ مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه علوم

احتمالاً ممکن است استفاده متناوب از کاغذهای سمباده با درجات زبری از زیاد به کم نیز به مؤثرتر شدن عمل پرداخت در کاهش اندازه ترک‌ها و افزایش استحکام سرامیک کمک نماید.

## اثر رزین

براساس نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها، هیچ تفاوت آماری معنی‌داری بین استحکام خمشی سرامیک حاوی ترک درمان شده با رزین و بدون آن وجود نداشت.

Addison و همکاران (۱۰،۱۶)، در مطالعاتی که در سال ۲۰۰۸ انجام دادند، تشکیل لایه هیبرید را در استحکام بخشی سرامیک مؤثر دانسته و آن را به ویژگی سطح سرامیک (که از طریق روش‌های آماده سازی سطح حاصل شده) وابسته دانستند. در اکثر مطالعات، قبل از استفاده از ساین و رزین بر سطح سرامیک، از روش‌های مختلفی مانند اچ کردن با اسید، سندبلاست برای آماده سازی سطح و تقویت باند استفاده شده است (۱۸-۱۰،۱۶)، اما در مطالعه حاضر به علت احتمال مؤثر بودن این اعمال در استحکام سرامیک و ایجاد تداخل در نتایج به دست آمده، از این روش‌ها استفاده نشد. احتمال دارد که این مسئله منجر به ضعف لایه هیبرید تشکیل شده بر سطح سرامیک شده باشد.

در مطالعه Addison و همکاران (۱۰) در سال ۲۰۰۸، جدا شدن رزین از سطح سرامیک، بر میزان استحکام سرامیک مؤثر بود. در مطالعه حاضر نیز در طول مدت نگه داری نمونه‌ها در آب و حین تست اندازه‌گیری استحکام، رزین از سطح بعضی از نمونه‌ها جدا شد (شکل ۶). این مسئله می‌تواند به علت آماده‌سازی نامناسب سطح سرامیک و باند غیر مؤثر ساین و رزین به آن اتفاق افتاده باشد.

در سال ۲۰۱۲، Fleming و همکاران (۱۹) در مطالعه‌ای اهمیت الاستیک مدلوس رزین به کار رفته را در میزان استحکام سرامیک نشان دادند. همچنین نشان داده شده است که ضخامت رزین استفاده شده نیز می‌تواند در میزان استحکام سرامیک مؤثر باشد به طوری که با افزایش الاستیک مدلوس و ضخامت رزین، استحکام سرامیک بیشتر می‌شود (۱۰،۱۹) از آن جا که در مطالعه حاضر هدف استفاده از رزین بر سطح خارجی رستوریشن می‌باشد، از رزین با ویسکوزیته پایین و ضخامت کم استفاده شده است.

Adisson و همکاران (۸) در سال ۱۹۹۴، بیان کردند که استحکام



پزشکی تهران (بر اساس پایان نامه شماره ۴۸۳۱) انجام شده است.

### منابع:

- 1- Sarac D, Sarac YS, Yuzbasioglu E, Bal S. The effects of porcelain polishing systems on the color and surface texture of feldspathic porcelain. *J Prosthet Dent.* 2006; 96(2): 122-8.
- 2- Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. *J Dent.* 2004;32(2):91-9.
- 3- Hooi P, Addison O, Fleming GJ. Testing rate and cementation seating load effects on resin-strengthening of a dental porcelain analogue. *J Dent.* 2013; 41(6):514-20.
- 4- Song XF, Yin L, Han YG, Wang H. Micro-fine finishing of a feldspar porcelain for dental prostheses. *Med Eng Phys.* 2008;30(7):856-64.
- 5- O'Brien WJ. *Dental materials and their selection.* 3<sup>rd</sup> ed. Berlin: Quintessence Publishing; 2002.
- 6- Rosenstiel SF, Land MF. *Contemporary fixed prosthodontics.* 4<sup>th</sup> ed. Land, Fujimoto: Mosby; 2006:775-7.
- 7- Rosenstiel SF, Denry IL, Zhu W, Gupta PK, Van der Sluys RA. Fluoroalkylethylsilane coating as a moisture barrier for dental ceramics. *J Biomed Mater Res.* 1993;27(3):415-7.
- 8- Addison O, Marquis PM, Fleming GJ. Resin elasticity and the strengthening of all-ceramic restorations. *J Dent Res.* 2007;86(6):519-23.
- 9- Fleming GJ, Maguire FR, Bhamra G, Burke FM, Marquis PM. The strengthening mechanism of resin cements on porcelain surfaces. *J Dent Res.* 2006;85(3):272-6.
- 10- Addison O, Marquis PM, Fleming GJ. Quantifying the strength of a resin-coated dental ceramic. *J Dent Res.* 2008; 87(6): 542-7.
- 11- Anusavice KJ, Dehoff PH, Fairhurst CW. Comparative evaluation of ceramic-metal bond tests using finite element stress analysis. *J Dent Res.* 1980;59(3):608-13.
- 12- Guazzato M, Albakry M, Ringer S Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dent mater* 2004; 20: 441-5.
- 13- Giordano R, Cima M, Pober R. Effect of surface finish on the flexural strength of feldspathic and aluminous dental ceramics. *Int J Prosthodont.* 1995; 8(4): 311-9.
- 14- Griggs JA, Thompson JY, Anusavice KJ. Effects of flaw size and auto-glaze treatment on porcelain strength. *J Dent Res.* 1996;75(6):1414-7.
- 15- Thompson JY, Anusavice KJ. Effect of Surface Etching on the Flexure Strength and Fracture Toughness of Dicor Disks Containing Controlled Flaws. *J Dent Res.* 1994; 73(2): 505-10.
- 16- Addison O, Marquis PM, Fleming GJ. Adhesive luting of all-ceramic restorations- the impact of cementation variables and short-term water storage on the strength of a feldspathic dental ceramic. *J Adhes Dent.* 2008;10(4):285-93.
- 17- Salazar Marocho SM, de Melo RM, Macedo LG, Valandro LF, Bottino MA. Strength of a feldspar ceramic according to the thickness and polymerization mode of the resin cement coating. *Dent Mater J.* 2011;30(3):323-9.
- 18- Isgró G, Addison O, Fleming GJ. The deformation and strength of a dental ceramic following resin-cement coating. *J Dent.* 2011;39(2):122-7.
- 19- Fleming GJP, Hoo P, Addison O. The influence of resin flexural modulus on the magnitude of ceramic strengthening. *Dent Mater J.* 2012;28:769-76.
- 20- Rosenstiel SF, Gupta PK, Van der Sluys RA, Zimmerman MH. Strength of a dental glass-ceramic after surface coating. *Dent Mater.* 1993;9(4):274-9.
- 21- Addison O, Marquis PM, Fleming GJ. Resin strengthening of dental ceramics- the impact of surface texture and silane. *J Dent.* 2007;35(5):416-24.