

## بررسی اثر رنگ آمیزی بر استحکام خمشی سرامیک زیرکونیایی Rainbow

دکتر مرضیه علی خاصی<sup>۱</sup> - دکتر راضیه خان محمدی<sup>۲</sup> - دکتر سمیه نیاکان<sup>۳</sup>

۱- عضو مرکز تحقیقات دندانپزشکی و دانشیار گروه آموزشی پروتزهای دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، تهران، ایران

۲- دستیار تخصصی گروه آموزشی دندانپزشکی کودکان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

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

### The effect of shading on the flexural strength of zirconia- based ceramic Rainbow

Marzieh Alikhasi<sup>1†</sup>, Raziieh Khanmohammadi<sup>2</sup>, Somayeh Niakan<sup>3</sup>

1- Associate Professor, Dental Research Center/Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Post-graduate Student, Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Mashad University of Medical Sciences, Mashad, Iran

3<sup>†</sup>- Post-graduate Student, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (drsomayehniakan@yahoo.com)

**Background and Aims:** Along with the advances in dental materials and invention of new techniques for ceramic production, the demand for the beauty and matching restoration's color with patient's natural teeth is growing. Nowadays, zirconia systems are the focus of attention. Despite their strength, one of the problems with such systems is the high opacity and failing to provide the favored color. Considering few studies about the influence of shading on Zirconia, the purpose of this in vitro study was to evaluate the effect of different shading of zirconia-based ceramics on the biaxial flexural strength.

**Materials and Methods:** In this in vitro experimental study, Rainbow (Dentium, Korea) zirconia-based ceramics (the diameter of 15mm and 1mm in thick) were divided into four groups of 10 specimens. According to Vita shade guide system and manufacturer's time recommendations (3 seconds), three groups of disc specimens were shaded to A3, B3 and D3 colors and other ten specimens remained uncolored as control group. The biaxial flexural strength test of discs was evaluated and the elements' composition of colors was detected by Energy Dispersive X-ray Microanalysis (EDX). Finally, data were analyzed using one-way ANOVA and Post-hoc tests.

**Results:** The biaxial flexural strength in non colored specimens, A3 shaded discs, B3 shaded, and D3 shaded specimens were determined 1061.93, 819.16, 1100.10, and 825.48 MPa respectively which was statistically significant among groups ( $P < 0.001$ ). The statistical analysis revealed that the highest strength in B3 and non colored groups which were significantly higher than A3 and D3. EDX analysis showed significant differences among different colored compositions.

**Conclusion:** The biaxial flexural strength of zirconia cores are affected by shading and the specific selected color.

**Key Words:** Zirconia, Color, Strength

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2013;26(3):171-7

† مؤلف مسؤول: نشانی: تهران - انتهای کارگر شمالی بعد از انرژمی - دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران - گروه آموزشی پروتزهای دندانی  
تلفن: ۸۸۰۱۵۹۵۰ نشانی الکترونیک: drsomayehniakan@yahoo.com

## چکیده

**زمینه و هدف:** با پیشرفت در مواد دندان و تکنیک‌های جدید ساخت سرامیک‌ها، خواسته‌های زیبایی بیماران و تمایل آنان برای داشتن رستوریشن‌های هم‌رنگ دندان افزایش یافته است. امروزه سیستم‌های زیرکونیایی، بسیار مورد توجه قرار گرفته ولی علیرغم استحکام بالا یکی از مشکلاتش اپک نما بودن رستوریشن و شکست در حصول رنگ موردنظر می‌باشد. با توجه به محدود بودن مطالعات انجام شده در مورد تأثیر رنگ آمیزی روی خصوصیات زیرکونیا، تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر رنگ آمیزی بر روی استحکام خمشی سرامیک Rainbow با بیس زیرکونیا صورت گرفت.

**روش بررسی:** در این مطالعه تجربی-آزمایشگاهی از بلوک‌های سرامیکی Rainbow (Dentium, Korea)، ۴۰ عدد نمونه دیسکی شکل (به قطر ۱۵ میلی‌متر و ضخامت ۱ میلی‌متر) تهیه شد و نمونه‌ها جهت رنگ آمیزی به ۴ گروه ۱۰ تایی تقسیم شدند. سه گروه از نمونه‌ها براساس نمونه رنگ ویتا و طبق زمان پیشنهادی کارخانه (۳ ثانیه) با رنگ‌های A3, B3, D3 رنگ آمیزی شدند و ۱۰ نمونه نیز جهت کنترل بدون رنگ باقی ماندند. استحکام خمشی Biaxial نمونه‌ها ارزیابی شد و به منظور بررسی ترکیب عناصر موجود در رنگ مورد استفاده برای رنگ آمیزی سرامیک، نمونه‌ها پس از شکست تحت آنالیز EDX (Energy Dispersive X-ray Microanalysis) قرار گرفتند. سپس تمامی داده‌ها توسط آزمون آماری One-way ANOVA و تست‌های Post-hoc مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** استحکام خمشی در نمونه‌های بدون رنگ آمیزی، در سرامیک‌های رنگ آمیزی شده با رنگ A3، دیسک‌های رنگ آمیزی شده با رنگ B3 و نمونه‌های رنگ آمیزی شده با رنگ D3 به ترتیب ۱۰۶۱/۹۳، ۸۱۹/۱۶ و ۱۱۰۰/۱۰ مگاپاسکال برآورد گردید و بین گروه‌ها اختلاف آماری معنی‌دار یافت شد ( $P < 0.001$ ). بیشترین مقادیر استحکام خمشی در دیسک‌های رنگ آمیزی شده با رنگ B3 و گروه کنترل گزارش گردید که تفاوت آماری مشخصی با نمونه‌های A3 و D3 نشان دادند و آنالیز EDX هم تفاوت مشخصی را بین ترکیب عناصر رنگ‌های مختلف نشان داد.

**نتیجه گیری:** استحکام شکست سرامیک Rainbow تحت تأثیر عامل رنگ آمیزی یا نوع رنگ به کار رفته در بیس آن می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** زیرکونیا، رنگ، استحکام

وصول: ۹۱/۰۵/۱۳ اصلاح نهایی: ۹۲/۰۳/۳۰ تأیید چاپ: ۹۲/۰۴/۱۹

## مقدمه

زیرکونیا نه تنها رنگی مشابه دندان ندارد بلکه اپک است. توانایی کنترل رنگ در کور، می‌تواند نیاز به ونیر بخش لینگوالی و جینجیوالی کانکتورها را در مواردی که فضای بین اکلوزالی محدود است حذف کند، به علاوه بخش پالاتالی کراون‌های قدامی می‌تواند منحصراً از کور ساخته شود که این امر در بیمارانی که اورلپ عمودی افزایش یافته و کمبود فضا برای ونیر پرسنل در سمت لینگوال دارند، مناسب است (۵،۶).

تکنیک‌های مختلفی نظیر افزودن پیگمان‌های فلزی به پودر زیرکونیای اولیه در قبل یا بعد از فشردن بلوک‌های Milling، غوطه‌ور ساختن فریم‌ورک‌های Milled شده در عوامل رنگی محلول یا استفاده از مواد لاینر مختلف در فریم‌ورک‌های سفید سینتر شده برای رنگ آمیزی فریم‌ورک‌های زیرکونیایی مدنظر بوده است (۷). به نظر می‌رسد که روش‌های مختلف رنگ آمیزی کور که در سیستم‌های مختلف به کار گرفته شده‌اند، همگی می‌توانند در خصوصیات و عملکرد زیرکونیا مؤثر باشند. با توجه به اینکه استحکام خمشی یکی از فاکتورهای مهم در تعیین استحکام مکانیکی سرامیک‌هاست، هدف این

مزیت رستوریشن‌های تمام سرامیک در مقایسه با رستوریشن‌های فلزی-سرامیکی توانایی بالای آنها برای حصول زیبایی بیشتر است، هرچند به خاطر ثبات مکانیکی پایین آنها تا چندی پیش تنها به عنوان تک کراون مناسب به نظر می‌رسیدند. با این حال، معرفی پلی کریستال‌های زیرکونیایی چهاروجهی به عنوان مواد کور محدودیت‌های کاربرد مواد تمام-سرامیکی را از بین برده و استفاده از آنها را در بازسازی‌های چندواحدهای با میزان اطمینان بالا و موفقیت بیشتر ممکن ساخته است. ثبات شیمیایی منحصر به فرد، خصوصیات مکانیکی عالی، زیبایی رنگ و استفاده همزمان از تکنولوژی Computer Aided-Design Computer-Aided-Manufacturing (CAD/CAM) در آنها موجب شده است که زیرکونیا به عنوان یک ماده کور انتخابی در درمان‌های متعدد پروتزی مورد استفاده قرار بگیرد (۱-۳).

افزایش محتوای کریستالی سرامیک که سبب افزایش استحکام آن می‌شود، سبب افزایش اپاسیته نیز می‌شود (۴). از این رو اکسید

خشونت سطحی، توسط ورقه‌های سیلیکون کارباید و با کمک دستگاه (Malek Teb Iran) تحت پالایش قرار گرفتند. بدین منظور سرامیک‌ها توسط چسب دو طرفه بر روی بلوک فلزی مانت شدند. سایش تحت جریان آب با Grit ۱۰۰ شروع شد و با Grit های ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ هرکدام به مدت ۵ دقیقه ادامه پیدا کرد تا سطح صیقلی حاصل شود. بعد از آن دوباره ضخامت نمونه‌ها توسط میکرومتر در ۴ نقطه محاسبه شد و ۳ قطر از هر نمونه نیز مورد محاسبه قرار گرفت تا میانگین آنها برای بررسی استحکام خمشی مورد استفاده قرار بگیرد. با توجه به آنالیز ANOVA نمونه‌ها از لحاظ قطر (P=۰/۹۸) و ضخامت (P=۰/۲۳) اختلاف معنی‌داری نداشتند.

سپس استحکام خمشی Biaxial نمونه‌ها با سرعت ۱mm/min تحت دستگاه Universal Testing Machine (Zwick, Germany) و با استفاده از آزمون Piston on three balls تعیین گردید. جهت تهیه Platform از دایره‌ای فلزی به قطر ۱۰/۸ میلی‌متر استفاده شد و گوی‌ها با قطر ۳/۲ میلی‌متر و فاصله ۱۰ میلی‌متر از یکدیگر قرار گرفتند. سپس پیستون و Platform یاد شده به دستگاه Universal متصل شدند و سطح غیرپالایش نمونه در معرض نیروی پیستون قرار گرفت و نیرو تا هنگام شکست نمونه به آن اعمال شد. نتایج به دست آمده توسط نرم‌افزار Pc (Nexygen, Lolyd instrument) به ثبت رسید. براین اساس، نرم‌افزار سه خصوصیت متفاوت برای هر نمونه تعریف کرده بود: ضخامت، قطر، نیرو. علاوه بر آنها، میانگین نیرو در حین شکست برای هر گروه تعیین شد. داده‌های به دست آمده در گروه‌های مختلف تقسیم‌بندی و وارد نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ گردید. به کمک نرم‌افزار، با استفاده از فرمول استحکام شکست، مقادیر استحکام شکست نمونه‌ها تعیین گردید.

فرمول براساس استاندارد ISO 6872 محاسبه شد که به قرار زیر است:

$$S = -0/2387 P(X-Y)/d^2$$

که در آن S ماکزیمم استحکام خمشی برحسب مگاپاسکال (MPa) است، P نیروی اعمال شده در لحظه شکست برحسب نیوتن (N) است. d ضخامت نمونه برحسب میلی‌متر در ناحیه شکست است. X و Y براساس فرمول زیر محاسبه می‌شود:

تحقیق بررسی تأثیر رنگ‌آمیزی دیسک‌های سرامیکی بر استحکام خمشی آنها تعیین گردید. در عین حال از آنجایی که ترکیب عنصری نمونه‌های سرامیکی ممکن است در استحکام آنها تأثیرگذار باشد، از روش آنالیز Energy Dispersive X-ray Microanalysis (EDX) جهت آنالیز عنصری دیسک‌های سرامیکی بهره گرفته شد.

## روش بررسی

در این مطالعه تجربی- آزمایشگاهی از بلوک‌های سرامیکی Rainbow (Dentium, Korea) در مرحله Greenstage، ۴۰ عدد نمونه دیسکی شکل تهیه شد. روش نمونه‌گیری در این تحقیق به صورت غیرتصادفی بوده است ولی اینکه چه دیسکی در چه گروهی قرار بگیرد، با استفاده از روش تصادفی انتخاب گردید. برای ساخت دیسک‌های سرامیکی، بلوک‌های Rainbow به شکل دیسک به کمک دستگاه Rainbow copy milling system برش خوردند. در این دستگاه در یک سمت یک دیسک کامپوزیتی با ابعاد موردنظر قرار می‌گیرد و در سمت دیگر بلوک زیرکونیا مطابق با مدل کامپوزیتی تراش می‌خورد. طراحی این قسمت به گونه‌ای بود که دیسک‌ها پس از سینترینگ و سایش به قطر ۱۵ میلی‌متر و ضخامت ۱ میلی‌متر باشند. سپس نمونه‌ها جهت رنگ‌آمیزی به ۴ گروه ۱۰ تایی تقسیم شدند. براساس Vita classic scale، با رنگ‌های D3, B3, A3 رنگ‌آمیزی شدند و ۱۰ نمونه نیز جهت کنترل بدون رنگ باقی ماندند. شیوه رنگ‌آمیزی بدین صورت بود که نمونه‌ها به مدت ۳ ثانیه در مایع رنگی غوطه‌ور می‌شدند و سپس توسط لامپ مادون قرمز خشک می‌شدند. پس از آن تمامی نمونه‌ها در کوره سینتر شدند. برای این منظور، ۳ ساعت طول کشید تا دما به ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد رسیده و ۲ ساعت در این دما نگهداری شده و بعد از آن، فرآیند سرد شدن شروع شد. بعد از آن نمونه‌های سینتر شده، جهت انجام تست‌های مکانیکی در محیط خشک قرار گرفتند (۷).

بعد از سینترینگ، ضخامت دیسک سرامیکی به وسیله کولیس دیجیتال (Mitutoyo, CD-15B, England) در ۴ نقطه به صورت تصادفی و قطر آن توسط میکرومتر دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ (Mitutoyo, Andover, England) در ۳ نقطه اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها محاسبه شد. سپس نمونه‌ها به منظور از بین بردن

P-value کمتر یا برابر خطای نوع اول برآورد می‌شود، رابطه به دست آمده معنی‌دار فرض می‌شود.

$$X=(1+\theta) \ln\left(\frac{B}{C}\right)^2+\left(\frac{-10-\theta}{2}\right)\left(\frac{B}{C}\right)^2$$

$$Y=(1+\theta) [1+\ln\left(\frac{A}{C}\right)^2]+(1-\theta)\left(\frac{A}{C}\right)^2$$

$\theta$  ضریب Poisson است. A شعاع دایره ساپورت‌کننده است، B شعاع نوک پیستون است و C شعاع نمونه است که همه این‌ها برحسب میلی‌متر می‌باشند. میزان Poisson ratio براساس استاندارد برای سرامیک‌های زیرکونیا ۰/۲۵ محاسبه شد.

به منظور بررسی ترکیب عناصر موجود در رنگ مورد استفاده برای رنگ‌آمیزی سرامیک، نمونه‌ها پس از شکست تحت آنالیز Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) قرار گرفتند. بدین صورت که از هر گروه ۵ نمونه به صورت تصادفی انتخاب شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت امکان انجام آنالیز، ابتدا نمونه‌ها توسط دستگاه اولتراسونیک تمیز شدند و سپس توسط دستگاه Sputter coater (Quorum, SC7620, Sussex, UK) پوششی از طلا و پالادیوم بر روی نمونه قرار گرفت. سپس نمونه‌ها توسط دستگاه EDX (Thermo noran, Cal) مورد آنالیز قرار گرفتند. درصد وزنی و درصد اتمی هر عنصر موجود در نمونه توسط نرم‌افزار محاسبه شد. تمامی داده‌ها مورد بررسی آماری قرار گرفت تا اثر رنگ‌آمیزی بر استحکام شکست سرامیک مشخص شود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از ارزیابی هموژن بودن واریانس‌ها ( $P=0/45$ )، میزان استحکام شکست نمونه‌ها در گروه‌های مختلف با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA از نظر آماری مورد قضاوت قرار گرفت. میزان خطای نوع اول در این تحقیق برابر ۰/۰۵ تعیین شده و در صورتی که

### یافته‌ها

یافته‌های حاصل از این تحقیق مشتمل بر دو قسمت بود: قسمت اول مربوط به مقایسه میانگین میزان استحکام خمشی Biaxial در ۴ گروه سرامیک مورد بحث بود و در قسمت دوم نتایج مربوط به آنالیز EDX میکروسکوپ الکترونی (SEM) آورده شده است. جدول ۱ میانگین استحکام خمشی در گروه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد، همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین میزان استحکام خمشی مربوط به رنگ B3 با میانگین ۱۱۰۰ MPa بود. آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA با ضریب اطمینان ۹۵٪ نشان داد که از نظر استحکام خمشی بین گروه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $P<0/001$ ). مطابق با نتایج آزمون (Tukey HSD) Post-hoc نتایج موجود در گروه‌های بی‌رنگ و B3 با گروه‌های A3 و D3 اختلاف معنی‌داری داشتند، اما نتایج بین گروه‌های بدون رنگ و B3 و نیز بین A3 و D3 معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج آنالیز EDX نمونه‌ها که به منظور تفکیک عناصر موجود در سرامیک و بررسی وجود و نفوذ عناصر رنگی در سرامیک انجام شد در جدول ۳ آورده شده است. آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) نشان داد که عناصر بیسموت (Bi)، هافنیوم (Hf)، اریبوم (Er)، سربوم (Ce)، آهن (Fe) اختلاف آماری معنی‌داری را بین گروه‌های مختلف داشتند ( $P<0/05$ ).

جدول ۱- میانگین، انحراف معیار، حداکثر و حداقل استحکام خمشی در ۴ گروه مورد مطالعه برحسب مگاپاسکال

گروه	تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
بدون رنگ	۱۰	۱۰۶۱/۹۳	۱۳۱/۰۳	۹۱۷/۹۲	۱۲۴۵/۹۱
A3	۱۰	۸۱۹/۱۶	۱۵۳/۱۷	۶۰۴/۷۶	۱۰۶۱/۷۶
B3	۱۰	۱۱۰۰/۱۰	۲۲۴/۳۹	۷۸۱/۹۶	۱۴۹۳/۴۳
D3	۱۰	۸۲۵/۴۸	۱۳۲/۵۸	۶۲۵/۹۴	۹۸۳/۹۳

جدول ۲- مقایسه دو به دو گروه‌ها با استفاده از تست Tukey HSD

مقایسه دو گروه	A3		B3		D3	
	بدون رنگ	بدون رنگ	بدون رنگ	بدون رنگ	A3	D3
P value	۰/۰۱	۰/۹۵	۰/۰۲	۰/۰۰۳	۱/۰	۰/۰۰۵

جدول ۳- درصد وزنی (Wt) عناصر در گروه‌های مختلف با آنالیز EDX

عنصر	بدون رنگ	A3	B3	D3
کلر (Cl)	۱/۶۶	۱/۶۳	۱/۵۵	۱/۵۳
کلسیم (Ca)	۰/۴۳	۰/۵۴	۰/۴۷	۰/۵۷
کروم (Cr)	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۳۰
آهن (Fe)	۲/۵۷	۳/۴۵	۳/۱۸	۳/۵۹
ایتريوم (Y)	۷/۰۴	۴/۲۲	۷/۰۷	۳/۲۵
زیرکونیوم (Zr)	۶۶/۶۷	۶۵/۳۰	۶۲/۷۴	۶۵/۷۵
سریوم (Ce)	۴/۳۲	۵/۱۷	۵/۰۹	۵/۱۵
پراسئودیومیوم (Pr)	۳/۷۴	۴/۱۷	۴/۲۰	۴/۲۳
اریوم (Er)	۶/۱۵	۶/۸۵	۶/۹۶	۷/۱۹
هافنیوم (Hf)	۶/۱۲	۷/۷۳	۷/۷۹	۷/۷۸
بیسموت (Bi)	۱/۰۸	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۶۵

## بحث و نتیجه‌گیری

زیرکونیایی رنگ نشده ونیر می‌شود. با این وجود به نظر می‌رسد که استفاده از کور زیرکونیایی رنگ شده نتایج بهتری را از نظر زیبایی به دنبال دارد و سبب طبیعی‌تر شدن نمای رستوریشن می‌شود، به طوری که همانند عاج زرد اپکی می‌شود که با انامل ترانسلسونت پوشانده شده است. دو رویکرد عمده در خصوص رنگ‌آمیزی زیرکونیا وجود دارد. در تکنیک اول، اکسیدهای فلزی رنگی قبل از سینتر شدن با پودر زیرکونیا در دمای بالا مخلوط می‌شوند که این تکنیک به طرز موفقی منجر به بازسازی رستوریشن مشابه با رنگ دندان طبیعی شده است. رویکرد دیگری که اخیراً در رستوریشن‌های دندانی مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل غوطه‌ور کردن رستوریشن در مرحله قبل از سینتر شدن در محلول کلراید عناصر کمیاب زمینی است که سبب تولید کور با رنگ‌های مختلف می‌شود. گفته شده است که غلظت محلول رنگی، رنگ نهایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد اما مدت غوطه‌ور شدن در رنگ نهایی بی‌تأثیر است (۱۱).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که رنگ‌آمیزی استحکام شکست نمونه‌های سرامیکی Rainbow را تحت تأثیر قرار می‌دهد و کمترین استحکام در نمونه‌های A3 و D3 و بیشترین مقادیر استحکام خمشی نیز در دیسک‌های رنگ‌آمیزی شده با رنگ B3 و بدون رنگ گزارش گردید. در تحقیق حاضر، کلیه نمونه‌های دیسک مانند در گروه‌های مختلف بعد از رنگ‌آمیزی، به منظور کاهش میزان ضایعات سطحی، تحت پالیش قرار گرفتند تا خشونت سطحی آنها کاهش یابد. بر این اساس، شاید یکی از دلایل استحکام خمشی بالای نمونه‌ها با این

سرامیک‌های دندانی موادی شکننده با ضریب الاستیسیته بالا هستند. جنبه مشکل‌ساز سرامیک‌ها، شکننده بودن آنها و در نتیجه حساس بودن آنها نسبت به نیروهای کششی است (۸). پروتکل‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری استحکام خمشی وجود دارد. در این تست‌ها، فشار عمده به منطقه کششی سرامیک که همان طرف محدب است وارد می‌شود. کیفیت سطوح ناحیه کششی از لحاظ پولیشینگ و وجود میکروکرک‌ها، در نتیجه استحکام خمشی بسیار تأثیرگذار است (۹). اندازه‌گیری استحکام مواد شکننده می‌تواند به کمک تست خمشی Biaxial و یا خمشی Uniaxial انجام شود. در همه این موارد یک نیروی استاتیکی تا هنگام شکست وارد می‌شود که با توجه به دشواری عملی آماده‌سازی نمونه‌ها، بیشترین تست‌های رایج مورد استفاده تست‌های خمیدگی 3-point (Uniaxial flexure) و 4-point و Piston on three balls (Biaxial flexural) هستند. از جمله مزایای تست Piston on three balls این است که نواقص و شکست لبه بر شکست نمونه بی‌تأثیر است و طراحی نمونه نیز آسان‌تر است. همچنین اندازه نمونه نسبت به تست‌های دیگر تشابه بیشتری با نمونه‌های کلینیکی دارد که ارزش پیشگویی آن را برای کاربرد بالینی افزایش می‌دهد (۱۰). از این رو در این مطالعه از این روش برای ارزیابی استحکام نمونه‌ها استفاده شد.

رنگ اصلی Y-TZP سفید عاجی و اپک است. در رستوریشن‌های دندانی به منظور تأمین زیبایی، پرسنل ترانسلسونت بر روی کور

علت احتمالی استحکام شکست بیشتر سرامیک رنگ نشده را به این عنصر نسبت داد. میزان ایتريوم موجود در نمونه‌های B3 و گروه کنترل نیز در مقایسه با دو گروه دیگر بیشتر بود. از آنجا که ایتريوم یک ثبات‌دهنده است وجود آن به استحکام مکانیکی ماده کمک می‌کند (۱۴).

میزان سربوم در گروه‌های رنگی نسبت به گروه کنترل بالاتر بود. سربوم معمولاً به عنوان یک کمک برای سینترینگ و افزایش دادن سایز ذرات شناخته می‌شود که البته مقاومت به Aging را نیز بهبود می‌بخشد (۱۴). بنابراین افزایش میزان آن در گروه‌های رنگی برای کاستن از اثرات منفی پیگمان‌های رنگی معقول به نظر می‌رسد. میزان اربوم به طرز معنی‌داری در گروه D3 نسبت به گروه کنترل بیشتر بود اما با سایر گروه‌های رنگی تفاوت بارزی نداشت. میزان هافنیوم نیز در گروه‌های رنگی به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به گروه کنترل بیشتر بود، که نتایج آن با نتایج حاصل از ایتريوم در تناقض است.

تحقیقات گذشته نشان داده‌اند که تغییرات جزئی در غلظت یا موقعیت اجزای ثابت‌کننده مواد کور اثرات مستقیمی در ویژگی‌های مکانیکی فریم‌ورک‌های زیرکونیایی خواهد داشت. نتایج این مطالعه نشان داد که رنگ آمیزی استحکام خمشی کور زیرکونیایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۵) که این نتایج با یافته‌های Hjerppe و همکاران (۲۰۰۹) مشابه می‌باشد (۱۱). آنان در تحقیق خود اثرات اضافه نمودن رنگ‌های مختلف به سرامیک‌های زیرکونیایی Green-stage را بر میزان استحکام خمشی Biaxial و ریزسختی سطحی آن بررسی نمودند و نشان دادند فقط دیسک‌های رنگ‌آمیزی شده با D4 که در زمان ۳ ثانیه رنگ‌آمیزی شده بود، تفاوت معنی‌داری با گروه کنترل نداشتند و در سایر گروه‌ها، استحکام خمشی به دست آمده کمتر از گروه کنترل بوده است که این یافته‌ها در تحقیق حاضر دیده نشد. این محققان استدلال کردند چون در ترکیب دیسک‌ها مقداری یون کلسیم یافت شده بود، دلیل استحکام بالای این سرامیک‌ها وجود کلسیم می‌باشد. در مورد دیسک‌هایی که در زمان ۶۰ ثانیه رنگ‌آمیزی شده بودند، کاهش‌های بیشتری از نظر میزان استحکام شکست دیده شد که دلیل آن را می‌توان به زمان رنگ‌آمیزی نسبت داد که موجب خیس خوردن نمونه‌ها هنگام غوطه‌وری و در نتیجه موجب کاهش دانسیته و تخلخل بیشتر ماده حین سینترینگ شده بود. در مطالعه حاضر روش

موضوع مرتبط باشد. زیرا در تحقیقی که توسط Fischer و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثرات خشونت سطحی بر استحکام خمشی ۴ سیستم سرامیکی انجام شد، مشخص گردید در تمامی سیستم‌ها هرچه سطح نمونه خشن‌تر بوده است، استحکام خمشی آن کمتر شده بود (۱۲).

در این تحقیق از روش‌های EDX برای بررسی عناصر رنگی موجود در سطح نمونه‌ها استفاده شد. نتایج ارزیابی‌های EDX نشان داد یون غالب در نمونه‌های سرامیکی مورد بررسی همان زیرکونیم، ماده به کار رفته در ساختار آنها بوده است. پس از آنالیز الگوی آزمایشات EDX مشخص شد که گروه‌ها در عناصر هافنیم (Hf)، بیسموت (Bi)، آهن (Fe)، ایتريوم (Y)، سربیم (Ce)، و اربیم (Er) با یکدیگر اختلاف دارند. میزان آهن در نمونه‌های A3 و D3 به طور معنی‌داری از گروه کنترل بیشتر بود هرچند با گروه B3 اختلاف معنی‌داری نداشت. ثبات Y-TZP و استحکام مکانیکی آن به فاکتورهای متعددی نظیر سایز ذرات، نوع و میزان ماده تثبیت‌کننده بستگی دارد. افزودن اکسیدهای فلزی رنگی در Y-TZP این توانایی بالقوه را دارد که سبب تغییرات کریستالی و ریزساختاری در آن شود که می‌تواند خواص مکانیکی آن را تحت تأثیر قرار دهد. احتمالاً تغلیظ زیرکونیا با اکسیدهای رنگی می‌تواند سایز ذرات را تغییر دهد و سبب کاهش ثبات زیرکونیا و تمایل آن به تشکیل فاز مونوکلینیک شود. افزایش غلظت پیگمان رنگی در نواحی استقرار ذرات زیرکونیا، با کاهش نسبت اجزای ثابت‌کننده ارتباط مستقیم دارد. تغییرات سطحی بیس‌های زیرکونیایی به دنبال رنگ‌آمیزی از آنجا روی می‌دهد که درجه ذوب اکسید آهن (۱۵۶۵ درجه سانتی‌گراد)، به عنوان اصلی‌ترین عامل رنگدانه‌ای، بسیار کمتر از درجه ذوب اکسیدهای ایتريوم و هافنیم (به ترتیب: ۲۴۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۷۵۱ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. در نتیجه، پیگمان‌های فلزی، هنگامی که به صورت مایع در می‌آیند، از نظر تغییر مکان اجزای ثابت‌کننده در سطح خود با یکدیگر رقابت می‌کنند. بنابراین هنگامی که به صورت مایع درمی‌آید سبب تغییر مکان اجزای ثابت‌کننده و تغییر در ساختار کریستالی ماده می‌شود (۱۳).

میزان بیسموت نیز در گروه کنترل به طرز قابل ملاحظه‌ای از سه گروه دیگر بیشتر بود. بیسموت به عنوان یک تثبیت‌کننده فاز تتراگونال و کمک‌کننده جهت سینترینگ شناخته شده است. پس شاید بتوان

Y-TZP بررسی شده و استحکام خمشی در نمونه‌های White-shaded کمتر از نمونه‌های Yellow-shaded بوده است، یعنی رنگ باعث افزایش استحکام خمشی شده بود. دلیل این یافته می‌تواند به خاطر وجود ترکیباتی مانند  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ،  $\text{CeO}_2$  در رنگ باش که نتایج این مطالعه با تحقیق حاضر مشابه بوده است. نتایج تحقیق حاضر در بررسی میزان استحکام شکست سرامیک Rainbow در رنگ‌آمیزی با استفاده از رنگ‌های A3، B3، D3 و بدون رنگ‌آمیزی تفاوت معنی‌داری به دنبال استفاده از نمونه‌های رنگ‌های مختلف یا عدم استفاده از رنگ در نمونه‌های سرامیکی از نظر میزان استحکام شکست نشان داد. براین اساس، به نظر می‌رسد استحکام شکست سرامیک Rainbow تحت تأثیر عامل رنگ‌آمیزی یا نوع رنگ به کار رفته در بیس آن می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی به شماره ۸۸۴۰-۶۹-۰۴-۸۸ با بودجه مشترک از معاونت پژوهشی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه تهران و بنیاد ملی نخبگان بوده است که بدین وسیله قدردانی می‌گردد.

غوطه‌وری برای رنگ‌آمیزی مورد استفاده قرار گرفت و مدت زمان آن طبق توصیه کارخانه ۳ ثانیه بود.

مطالعه Pittayachawan و همکاران (۱۳) در سال ۲۰۰۷ اختلافی را در استحکام نمونه‌های رنگ‌آمیزی شده و بدون رنگ سرامیک‌های سیستم LAVA نشان نداد. وی این طور توجیه کرد که در این مطالعه فرآیند سینترینگ و تولید در تمام گروه‌ها یکسان بوده است و از سویی میزان رنگ اضافه شده نیز بسیار کم بوده است و استحکام ماده را تغییر نداده است و همچنین آنالیز عناصر نمونه‌های رنگ شده و بدون رنگ عناصر مشابهی را نشان داد با این تفاوت که درصد وزنی زیرکونیم (Zr) و ایتیریم (Y) و هافنیم (Hf) در نمونه‌های بدون رنگ اندکی بیشتر از نمونه‌های رنگی بود، اما هیچ عنصر رنگی شناسایی نشد. هرچند در میکرواسپکتروسکوپی متوجه شدند که طیف نمونه‌های رنگی و رنگ نشده تفاوت بسیاری دارد. نمونه‌های بی‌رنگ طیفی را که از زیرکونیای تتراگونال و مکعبی انتظار می‌رود نشان دادند اما نمونه‌های رنگی بسیار متفاوت بودند که طیف آن تفسیر نشده است درحالیکه مطالعه Ardlin (۳) (۲۰۰۲)، مقادیر استحکام باند بالاتری در استفاده از رنگ زرد گزارش کردند. در این مطالعه، تأثیر رنگ‌آمیزی در نمونه‌های

### منابع:

- Vichi A, Louca C, Corciolani G, Ferrari M. Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. *Dent Mater.* 2011;27(1):97-108.
- Pecho OE, Ghinea R, Ionescu AM, Cardona Jde L, Paravina RD, Pérez Mdel M. Colour and translucency of zirconia ceramics, human dentine and bovine dentine. *J Dent.* 2012;40 Suppl 2:e34-40.
- 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.
- Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: Core materials. *J Prosthet Dent.* 2002;88(1):4-9.
- Rairodski AJ. Clinical and laboratory considerations for the use of CAD/CAM Y-TZP based restorations. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2003;15(6):469-76.
- Aboushelib MN, de Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. *Dent Mater.* 2005; 21(10):984-91.
- Craig R. Powers J. Restorative dental materials. 11<sup>th</sup>ed. USA: The CV Mosby Co, 2002.
- Sadighpour L, Geramipناه F, Raeesi B. In vitro mechanical tests for modern dental ceramics. *J Dent TUMS.* 2006;3(3): 143-52.
- Hooshmand T, Parvizi S, Keshvad A. Effect of Surface Acid Etching on the Biaxial Flexural Strength of Two Hot Pressed Glass Ceramics. *J Prosthet Dent.* 2008;17(5):415-9.
- Fischer J, Stawarczyk B, Hämmerle CH. Flexural strength of veneering ceramics for zirconia. *J Dent.* 2008;36(5):316-21.
- Hjerpe J, Vallittu PK, Fröberg K, Lassila LV. Effect of sintering time on biaxial strength of zirconium dioxide. *Dent Mater.* 2009;25(2):166-71
- Fischer H, Weber M, Marx R. Lifetime prediction of all-ceramic bridges by computational methods. *J Dent Res.* 2003;82(3):238-42.
- Pittayachawan P, McDonald A, Petrie A, Knowles JC. The biaxial flexural strength and fatigue property of Lava Y-TZP dental ceramic. *Dent Mater.* 2007;23(8):1018-29.
- Shah K, Holloway JA, Denry IL. Effect of coloring with various metal oxides on the microstructure, color, and flexural strength of 3y-tzp. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater.* 2008;87(2):329-37.
- Anusavice KJ, Hojjatie B, Chang TC. Effect of grinding and fluoride-gel exposure on strength of ion-exchanged porcelain. *J Dent Res.* 1994;73(8):1444-9.