

The Effect of Adding Zirconium Oxide Nanoparticles on Fracture Strength of Heat Cured Acrylic Resin

Abolfazl Vakili Zarch¹ 

Meysam Mahabadi² 

Fatemeh Rashidi Meybodi³ 

Amir Hossein Ranjbar⁴ 

1. Graduated of Dentistry, School of Dentistry, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran.

2. **Corresponding Author:** Assistant Professor, Department of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
Email: meysam.mahabadi@yahoo.com

3. Assistant Professor, Department of oral medicine, School of Dentistry, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

4. Postgraduate Student, Department of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

Abstract

Introduction: Zirconium oxide nanoparticles have high strength and transparency to light and have been used in dentistry in dental restorations, production of high glass fillers, and improving the material's resistance to mechanical impact. The aim of this study was to investigate the effect of zirconium oxide nanoparticles on the fracture strength of heat-cured acrylic resin.

Materials & Methods: This laboratory experimental study was conducted in the laboratory of the Faculty of Dentistry of Khorasan Azad University and Dr. Mousavi Research Center of Isfahan University during the spring and summer of 2018, 90 samples (22 × 10 × 2.5) were made using wooden blocks to make acrylic samples. After flasking, the samples were divided into 3 equal groups. In the first group no powder of zirconium oxide was added. In the second group, 2.5% by weight of zirconium oxide and in the third group 7.5% by weight of zirconium oxide were added to the mixture. Then, the fracture strength of the samples was evaluating using a universal testing machine and 3-point bending test. The data were analyzed using ANOVA one-way and Tukey's test ($\alpha = 0.05$).

Results: There was a significant difference (p value < 0.001) between the mean fracture strength of heat cured acrylic resin samples in the three studied groups (p value < 0.001). The lowest mean fracture strength was observed in the group with 7.5 % weight of zirconia.

Conclusion: The average strength to failure of heat-cured acrylic is reduced by adding zirconia oxide.

Key words: Zirconium oxide; Nanoparticles; Fracture strength; Heat-cured acrylic.

Received: 09.04.2023

Revised: 03.07.2023

Accepted: 01.08.2023

How to cite: Vakili Zarch A, Mahabadi M, Rashidi Meybodi F, Ranjbar AH. The Effect of Adding Zirconium Oxide Nanoparticles on Fracture Strength of Heat Cured Acrylic Resin. J Isfahan Dent Sch 2023; 19(2): 114-21.

تأثیر ذرات نانوپارسیکل اکسید زیرکونیوم بر استحکام شکست آکريل گرماپخت

ابوالفضل وکیلی زارچ^۱ میثم مهابادی^۲ فاطمه رشیدی مبینی^۳ امیرحسین رنجبر^۴ 

۱. دانش آموخته‌ی دانشکده‌ی دندان پزشکی، دانشکده‌ی دندان پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۲. نویسنده مسؤل: استادیار، گروه پروتزیهای دندان، دانشکده‌ی دندان پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.
Email: meysam.mahabadi@yahoo.com

۳. استادیار، گروه بیماری‌های دهان، فک و صورت، دانشکده‌ی دندان پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

۴. دستیار تخصصی، گروه پروتزیهای دندان، دانشکده‌ی دندان پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

چکیده

مقدمه: نانوذرات زیرکونیوم اکساید، دارای استحکام بالا و شفافیت نسبت به نور بوده و در دندان پزشکی در ترمیم دندان‌ها، تولید مواد ترمیمی با جلای بالا و افزایش مقاومت مواد نسبت به ضربات مکانیکی کاربرد دارد. هدف این مطالعه، بررسی تأثیر ذرات نانوپارسیکل اکسید زیرکونیوم بر استحکام شکست آکريل گرما پخت بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه‌ی تجربی- آزمایشگاهی که در لابراتوار دانشکده‌ی دندان پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) و مرکز تحقیقات دکتر موسوی دانشگاه اصفهان در بهار و تابستان ۱۳۹۸ انجام شد، ۹۰ عدد نمونه‌ی آکريلي در ابعاد $22 \times 10 \times 2/5$ میلی‌متر با استفاده از بلوک‌های چوبی ساخته شد. پس از مفل‌گذاری، نمونه‌ها به ۳ گروه مساوی تقسیم شدند. در گروه اول هیچ پودری از زیرکونیوم اکساید اضافه نگردید. در گروه دوم، ۲/۵ درصد وزنی زیرکونیوم اکساید و در گروه سوم، ۷/۵ درصد وزنی زیرکونیوم اکساید به مخلوط اضافه شد. سپس استحکام به شکست نمونه‌ها توسط دستگاه یونیورسال و تست خمش سه نقطه‌ای بررسی شد. داده‌ها با استفاده از آزمون‌های ANOVA one-way و Tukey تجزیه و تحلیل شدند ($\alpha = 0/05$).

یافته‌ها: بین میانگین استحکام به شکست آکريل گرماپخت در سه گروه مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری وجود داشت ($p \text{ value} < 0/001$) کم‌ترین میانگین استحکام به شکست، مربوط به غلظت ۷/۵ درصد وزنی زیرکونیا بود.

نتیجه‌گیری: میانگین استحکام به شکست آکريل گرماپخت با اضافه کردن زیرکونیا اکساید کاهش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: اکسید زیرکونیوم؛ ذرات نانوپارسیکل؛ استحکام شکست؛ آکريل گرماپخت.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۱۰

تاریخ اصلاح: ۱۴۰۲/۴/۱۲

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۱/۲۰

استناد به مقاله: وکیلی زارچ ابوالفضل، مهابادی میثم، رشیدی مبینی فاطمه، رنجبر امیرحسین. تأثیر ذرات نانوپارسیکل اکسید زیرکونیوم بر استحکام شکست آکريل گرماپخت. مجله دانشکده دندان پزشکی اصفهان. ۱۴۰۲؛ ۱۹ (۲): ۱۱۴-۱۲۱.

مقدمه

پلی متیل متاکریلات (Poly methyl methacrylate) PMMA، به طور گسترده برای ساخت پروتزهای متحرک دندان استفاده می شود (۱). از مزایای آن زیبایی، فیزیک مناسب، ساخت راحت و به صرفه بودن این ماده می باشد. با این حال، سهولت شکستگی ناشی از استفاده نادرست، جابجایی نامناسب پروتز متحرک یا اعمال نیروهای جویدنی، یکی از اشکالات اصلی این ماده محسوب می شود (۲). ساخت پروتز جدید به زمان و آزمایشگاه نیاز دارد که پرهزینه است و ممکن است انتظارات بیماران را در رابطه با تجربه های قبلی دندان مصنوعی برآورده نکند (۳). انتخاب مواد برای ساخت دنچر بر پایه ویژگی های بیومکانیکی، فیزیکی، زیست سازگاری و کیفیت زیبایی آن ها است (۲). از ویژگی های یک ماده ایده آل برای ساخت پایه دنچر، استحکام و ثبات ابعادی بالاست که برای دست یافتن به این امر از روش گرمابخت استفاده می کنند (۴). جهت افزایش استحکام فشاری و هدایت حرارتی بهتر از آلیاژهای با بیس فلزی استفاده می کنند ولی این مواد، زیبایی را به خطر می اندازند و استحکام کششی را کاهش می دهند (۵). دندان های مصنوعی نمی توانند چندان مقاومتی در مقابل مؤلفه های افقی داشته باشند و در نتیجه در بستر خود حرکت کرده و جدا می شوند. سطحی که در افراد بی دندان تحت فشار نیروی اکلوژی قرار می گیرند نسبت به سطحی که توسط دندان های طبیعی می تواند تحت فشار قرار بگیرد محدودتر است (۶).

در چند سال گذشته از زیرکونیا برای تقویت آکریل استفاده شده است. زیرکونیا، یک دی اکسید کریستالی سفید زیرکونیوم است (۷). زیرکونیای موجود در مواد دندانی، خواص مکانیکی مواد دندانی را با زیبایی بهتر افزایش داده است (۸-۱۰). نانوپار تیکل ها، انواع متفاوتی دارد که می توان در بین آن ها به نانو پار تیکل های آهن، مس، زیرکونیوم اشاره نمود. نانوپار تیکل زیرکونیوم اکساید پودری سفید رنگ، سخت، با استحکام بالا و غیر منعطف است که قبل از

پخت آکریل جهت ساخت بیس اضافه می شود (۱۱).

بیشترین مشکل دنچرها به خاطر کیفیت بسیار پایین مواد اولیه ی آن است. می توان با بالا بردن کیفیت مواد اولیه، میزان ماندگاری دنچر را افزایش داد (۹).

García-Curiel و همکاران، با افزودن نانو ذرات سیلیکا به ماتریس پلی پروپیلن، افزایش ۳۰ درصدی مدول الاستیسیته و ۶۸ درصدی استحکام شکست را گزارش کرده اند (۱۲). Selvin و همکاران، ذرات اکساید تیتانیوم را به ماتریس پلیمری پلی استایرن افزودند و مشاهده کردند که مدول الاستیسیته و استحکام کششی این پلیمر افزایش می یابد (۱۳).

Wacharawichananat و همکاران، با افزودن نانوذرات اکسید تیتانیوم به پلی پروپیلن، افزایش مدول الاستیسیته، استحکام کششی و استحکام ضربه پلی پروپیلن را به ازای مقادیر کم نانو ذرات اکسید تیتانیوم گزارش کردند (۱۴). نتایج حاصل از مطالعه ی Altan و Yildirim، افزایش استحکام کششی و مدول الاستیسیته و کاهش استحکام ضربه ی ماتریس پلیمری پلی پروپیلن را نشان داد (۱۵).

از آنجایی که نانوذرات زیرکونیوم اکساید، دارای استحکام بالا و شفافیت نسبت به نور بوده و در دندان پزشکی در ترمیم دندان ها، تولید پرکننده ها با جلای بالا و افزایش مقاومت مواد نسبت به ضربات مکانیکی کاربرد دارد. اخیراً مطالعاتی در مورد افزودن زیرکونیوم اکساید به آکریل و تغییر خصوصیات مکانیکی آن صورت گرفته است (۱۶). هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر افزودن نانوپار تیکل اکسید زیرکونیوم بر استحکام خمشی آکریل گرمابخت بود و بر اساس فرضیه ی صفر، میزان استحکام فشاری آکریل گرمابخت در غلظت های مختلف نانوپار تیکل زیرکونیوم اکساید افزایش تفاوتی ندارد.

مواد و روش ها

در این مطالعه ی تجربی - آزمایشگاهی که در لابراتوار دانشکده ی دندان پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد

اصفهان (خوراسگان) و مرکز تحقیقات دکتر موسوی دانشکده دندانپزشکی اصفهان در بهار و تابستان ۱۳۹۸ انجام شد، ۹۰ بلوک آکریلی که متشکل از ۳۰ عدد بلوک صفر درصد وزنی زیرکونیوم اکساید، ۳۰ عدد بلوک ۲/۵ درصد وزنی زیرکونیوم اکساید، ۳۰ عدد بلوک ۷/۵ درصد وزنی زیرکونیوم اکساید تهیه شدند. این مطالعه با تأییدیه اخلاق و شماره‌ی پژوهشی ۲۳۸۱۰۲۰۱۹۶۲۰۸۳ در دانشکده دندانپزشکی دانشگاه انجام شده است. نمونه‌های دارای ترک و نمونه‌هایی که به درستی مخلوط نشده بودند، از مطالعه خارج شدند.

برای تهیه‌ی نمونه‌ها، ۹۰ عدد بلوک چوبی با ابعاد $10 \times 22 \times 2/5$ میلی‌متر برش داده شد. سپس در قسمت اول مفل ابتدا گچ استون ریخته شد و ۹ عدد بلوک چوبی به طوری که هم‌تراز با یکدیگر و گچ استون (Neo Plumestone, Mutsumi, Japan) بودند جایگذاری شدند. بر روی بلوک‌های چوبی گچ ریخته شد، سپس در قسمت دوم مفل، گچ استون ریخته و مفل بسته شد و در زیر دستگاه پرس با قدرت ۱۰۰ وات به مدت ۴۵ دقیقه قرار گرفت. سپس مفل به مدت ۵ دقیقه در آب ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شد. زمانی که مفل به دمای اتاق رسید، یک لایه بیوفیلیم روی سطح آن به عنوان جدا کننده زده شد (۱۶).

نمونه‌ها به ۳ دسته‌ی مساوی به صورت تصادفی آسان تقسیم شدند. در گروه اول هیچ پودری از زیرکونیوم اکساید (SIGMA_ALDRICH_CORPORATION-United states) اضافه نگردید. در گروه دوم، ۲/۵ درصد وزنی اکریل توسط ترازو با دقت تا سه رقم اعشار محاسبه گردید و به میزان عدد بدست آمده پودر زیرکونیوم اکساید به اندازه‌ی ۱ تا ۱۰۰ نانومتر به اکریل اضافه و به مخلوط اضافه گردید و در گروه سوم هم ۷/۵ درصد وزنی اکریل طبق روش بالا محاسبه شد و پودر زیرکونیوم اکساید به اندازه‌ی ۱ تا ۱۰۰ نانومتر به اکریل اضافه و به مخلوط اضافه گردید. سپس مفل برنجی بسته و به مدت ۲ دقیقه تحت فشار ۸۰ psi قرار

داده شد پس از برداشت اضافات اکریل، مفل به مدت ۱۰ دقیقه تحت فشار ۱۰۰ psi گذاشته شد. پس از قرار دادن مفل داخل رکاب درون ظرف محتوی آب ۹۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه پخته شد. بلوک‌های آکریلی ساخته شده پرداخت و پالیش شدند (۱۶).

بعد از ساخته شدن بلوک‌های آکریلی، برای اطمینان از اینکه نیروی وارد شده از دستگاه استحکام خمشی به محور مرکزی بلوک وارد شود، تمامی بلوک‌ها با کولیس اندازه‌گیری شدند و محور مرکزی بلوک‌ها مشخص گردید. استحکام خمشی نمونه‌ها در دستگاه آزمایش یونیورسال (Santam Co, Tehran, Iran) با سرعت ۱ میلی‌متر بر دقیقه، تحت اعمال نیرو به شکل تست خمش سه نقطه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. سپس با اعمال نیرو بلوک‌ها شکسته شدند و در نهایت، نیروی وارد شده ثبت گردید.

داده‌های به دست آمده برای هر گروه که نیروی منجر به شکست بلوک شده بود با واحد اندازه‌گیری نیوتون یادداشت گردید و میانگین آن محاسبه شد و با آزمون‌های آماری ANOVA One-way و تعقیبی Tukey در نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۵ (version 25, IBM Corporation, Armonk, NY) تجزیه و تحلیل شدند و سطح معنی‌دار ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

بر اساس نتایج بدست آمده، میانگین استحکام شکست در گروه شاهد ۴۴۱/۶، در گروه ۲/۵ درصد وزنی زیرکونیوم، ۳۷۵/۷ و در گروه ۷/۵ درصد وزنی زیرکونیوم، ۳۵۴/۷ اندازه‌گیری شد. آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که میانگین استحکام به شکست اکریل گرمپخت بین سه گروه، اختلاف معنی‌دار داشت ($p \text{ value} < 0/001$) (جدول ۱). آزمون تعقیبی Tukey نشان داد که میانگین استحکام به شکست اکریل گرمپخت در گروه شاهد به طور معنی‌داری بیشتر از دو گروه با غلظت‌های ۲/۵ ($p \text{ value} = 0/006$) و ۷/۵ درصد وزنی زیرکونیوم ($p \text{ value} < 0/001$) بود اما بین دو گروه با غلظت‌های

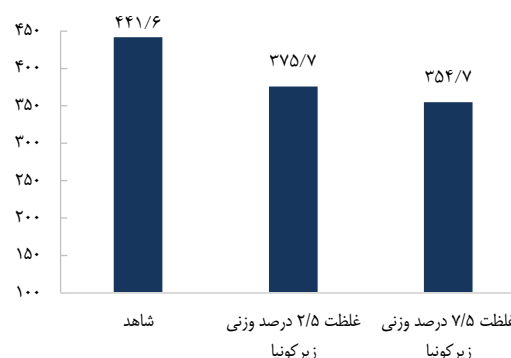
ماهیت نیروهای موجود در محیط دهان که اکثراً از نوع خمشی است، به نظر می‌رسد انجام تست استحکام خمشی به محیط واقعی دهان نزدیک‌تر باشد (۱۸).

در مطالعه‌ی سیستماتیک Gad و Al-Thobity، در بررسی تأثیر رزین نانوپار تیکل تغییر یافته با نانوذرات در ترمیم دنچر، مشخص شد که تقویت‌کننده‌های مواد با نانوذرات می‌تواند برای بهبود ترمیم دنچر و جلوگیری از شکستگی‌های مکرر امیدوارکننده باشد (۱۷).

در مطالعه‌ی Sahin و Ergun، در رابطه با تأثیر اضافه کردن ذرات نانوپار تیکل اکسید زیر کونیوم بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آکریل پلی‌متیل متاکریلات، مشاهده شد که اضافه کردن هر دو فرم تتراگونال و کوبیک باعث کاهش استحکام عرضی آکریل پلی‌متیل متاکریلات شد. این اتفاق ممکن است ناشی از تفاوت در میزان ذرات زیر کونیوم اکساید یا توزیع غیرهمگن ذرات زیر کونیوم اکساید در ماتریکس آکریل باشد (۱۸).

در مطالعه‌ی Gad و همکاران، تأثیر افزودن نانوذرات زیر کونیوم اکساید بر استحکام کششی و خواص نوری آکریل پلی‌متیل متاکریلات مورد بررسی قرار گرفت. ۳ گروه آکریل با افزودن ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد اکسید زیر کونیوم و یک گروه شاهد در نظر گرفته شد. مشاهده گردید که استحکام کششی با افزودن نانوذرات اکسید زیر کونیوم افزایش می‌یابد اما خواص نوری به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. بیشترین میزان افزایش در استحکام کششی در گروه ۷/۵ درصد مشاهده شد و مشخص گردید که این افزایش به طور مستقیم متناسب با غلظت نانو زیر کونیوم اکساید بود.

۲/۵ و ۷/۵ درصد وزنی زیر کونیوم، تفاوت معنی‌دار وجود نداشت ($p \text{ value} = ۰/۵۶$) هر چند میانگین استحکام به شکست آکریل گرماپخت در گروه غلظت ۲/۵ درصد وزنی زیر کونیوم اندکی بیشتر از گروه غلظت ۷/۵ درصد وزنی زیر کونیوم بود (نمودار ۱).



نمودار ۱: میانگین استحکام به شکست آکریل گرماپخت در سه گروه (واحد/نیوتون)

بحث

طبق نتایج مطالعه‌ی حاضر و بارد فرضیه‌ی صفر، پس از اضافه کردن پودر زیر کونیوم، میانگین استحکام به شکست آکریل گرماپخت کاهش یافت و این مقدار با افزایش میزان غلظت درصد وزنی زیر کونیوم، کاهش بیشتری داشت بنابراین همبستگی منفی و معنی‌داری بین اضافه کردن پودر زیر کونیوم و میانگین استحکام به شکست آکریل گرماپخت وجود دارد.

در مطالعه‌ی حاضر، استحکام خمشی مورد بررسی قرار گرفت؛ این در حالی‌ست که در مطالعات دیگر علاوه بر استحکام خمشی، استحکام کششی و استحکام ضربه‌ای مورد بررسی قرار گرفته بود (۱۷). با این وجود به علت

جدول ۱. میانگین استحکام به شکست آکریل گرماپخت در سه گروه

گروه	میانگین $\pm$ انحراف معیار	p value
شاهد	441.6 ± 67.1	< 0.001
غلظت ۲/۵ درصد وزنی زیر کونیوم	375.7 ± 72.5	
غلظت ۷/۵ درصد وزنی زیر کونیوم	354.7 ± 52.6	

در این مطالعه برای چسبندگی شیمیایی بهتر ذرات زیرکونیوم اکساید و پلی متیل متاکریلات از سایلن استفاده شده بود و همچنین جهت انتشار بهتر ذرات در یکدیگر از دستگاه همزن پرسرعت بهره گرفته شده بود که می توانست بسیار مؤثر باشد (۱۶).

در مطالعه‌ی Ergun و همکاران، ۳ گروه آکریل با افزودن ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد نانوذرات اکسید زیرکونیوم و یک گروه آکریل بدون اضافه کردن نانوذرات در نظر گرفته شد. بیشترین استحکام عرضی در گروه بدون اکسید زیرکونیوم و کمترین استحکام مربوط به گروهی که ۲۰ درصد وزنی نانوپارتیکل اکسید زیرکونیوم به آن اضافه شده بود مشاهده شد (۱۹) که با نتایج مطالعه‌ی حاضر مطابقت داشت. بنابراین می توان گفت که درصد وزنی ذرات نانوپارتیکل اکسید زیرکونیوم می تواند روی نتایج تأثیر بگذارد. همچنین به دست آمدن این نتیجه می تواند به علت افزایش حجم ناشی از تغییر فازهای زیرکونیا به یکدیگر باشد که این افزایش حجم باعث ایجاد میکروکرک خواهد شد.

در مطالعه‌ی Asopa و همکاران، با افزودن اکسید زیرکونیوم به عنوان فیلر، استحکام عرضی آکریل افزایش یافت ولی این اضافه کردن آکریل باعث شد که استحکام ضربه‌ای و سختی سطح نمونه‌ها کاهش یابد (۲۰).

یکی از مشکلات شایع در بیس‌های دنچر، شکستگی آن است که از جمله دلایل کلینیکی از دست رفتن دنچر می باشد. Ashour و Ebrahim در مطالعه‌ی خود به این نتیجه دست یافتند که افزودن نانو فیلرهای اکسید زیرکونیوم به آکریل گرمابخت در دنچر، باعث افزایش مقاومت خمشی و همچنین افزایش مقاومت در برابر شکست و افزایش سختی می شود. دلیل این امر ممکن است به دلیل استحکام کششی بین نانوفیلر و ماتریکس رزین باشد که باعث باندهای عرضی یا باند فوق مولکولی شود و از گسترش ترک جلوگیری می کند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بهترین استحکام خمشی با اضافه کردن ۷ درصد وزنی اکسید زیرکونیوم به دست می آید (۲۱).

در بررسی تأثیر افزودن اکسید زیرکونیوم بر خصوصیات فیزیکی رزین گرمابخت در مطالعه‌ی Barapatre و همکاران مشخص شد که افزودن مونومرهای PEEK (پلی اترکتون) و نانوذرات زیرکونیوم باعث بهبود خصوصیات مکانیکی به خصوص استحکام کششی می شود. به همین منظور این مطالعه پیشنهاد می کند از این دو ماده به صورت همزمان برای تقویت بیس دنچر به ویژه در بیمارانی که نیروی جویدن قوی دارند استفاده شود (۲۲).

بطور کلی یکی از الزامات اساسی برای یک پروتز موفق، استحکام خمشی است که باید برای جلوگیری از شکست کافی باشد (۲۳). کیفیت پلیمریزاسیون با افزایش استحکام خمشی مشخص می شود و نشان می دهد که پروتز می تواند در برابر نیروهای وارده مقاومت کند.

به هر جهت مطالعات درباره‌ی استحکام خمشی اکریل‌های تقویت شده با اکسید زیرکونیوم بسیار محدود می باشد. همچنین این مطالعات روش یکسانی را جهت انجام آزمایش در پیش نگرفته اند که مقایسه‌ی مطالعات را مشکل می کند. استفاده از سایلن، اندازه گیری دقیق سائز ذرات و اختلاط دقیق مواد از جمله مواردی است که در سایر مطالعات انجام شده بود (۱۶، ۱۸).

از محدودیت‌های مطالعه می توان به خطاهای اندازه گیری اشاره نمود که در برخی موارد محقق مجبور به تکرار آزمایش می شد. همچنین محدودیت دیگر شامل نوع استحکام اندازه گیری شده بود. در انتها پیشنهاد می گردد در تحقیق‌های آتی با موضوعیت مشابه، تعداد نمونه‌ها به منظور رفع خطاهای احتمالی در کم بودن حجم نمونه، افزایش یابد و استحکام‌های کششی و فشاری نیز مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

میانگین استحکام به شکست آکریل گرمابخت با اضافه کردن غلظت‌های ۲/۵ درصد و ۷/۵ درصد زیرکونیا اکساید کاهش یافت. همچنین میانگین استحکام به شکست آکریل گرمابخت در گروه غلظت ۲/۵ درصد وزنی زیرکونیا

اندکی بیشتر از گروه غلظت ۷/۵ درصد وزنی زیر کونیا بود.

اصفهان (خوراسگان) به تصویب رسید. بدین وسیله از تمام کسانی که مارا درانجام این مطالعه یاری رساندند سپاسگزاری می‌نماییم.

سپاسگزاری

این پژوهش در دانشکده دندان پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی

References

1. Meng Jr TR, Latta MA. Physical properties of four acrylic denture base resins. *J Contemp Dent Pract* 2005; 6(4): 93-100.
2. Raszewski Z, Nowakowska D. Mechanical properties of hot curing acrylicresin after reinforced with different kinds of fibers. *Int J Biomed Mat Res* 2013; 1(1): 9-13.
3. Seó RS, Neppelenbroek KH, Filho JNA. Factors affecting the strength of denture repairs. *J Prosthodont* 2007; 16(4): 302-10.
4. Zarb GA, Hobkirk J, Eckert S, Chang T. Prosthodontic treatment for edentulous patients: complete dentures and implant-supported prostheses. 14th ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier; 2017.
5. Sehajpal SB, Sood VK. Effect of metal fillers on some physical properties of acrylic resin. *J Prosthet Dent* 1989; 61(6): 746-51.
6. Ejlali M. Treatment of patients without complete dentures [in Persian]. Tehran, Iran: Shayannemmodar; 2011. p. 2-3.
7. Vagkopoulou T, Koutayas SO, Koidis P, Strub JR. Zirconia in dentistry: Part 1. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. *Eur J Esthet Dent* 2009; 4(2): 130-51.
8. Zuccari AG, Oshida Y, Moore BK. Reinforcement of acrylic resins for provisional fixed restorations. Part I: Mechanical properties. *Biomed Mater Eng* 1997; 7(5): 327-43.
9. Panyayong W, Oshida Y, Andres CJ, Barco TM, Brown DT, Hovijitra S. Reinforcement of acrylic resins for provisional fixed restorations. Part III: effects of addition of titania and zirconia mixtures on some mechanical and physical properties. *Biomed Mater Eng* 2002; 12(4): 353-66.
10. Korkmaz T, Doğan A, Usanmaz A. Dynamic mechanical analysis of provisional resin materials reinforced by metal oxides. *Biomed Mater Eng* 2005; 15(3): 179-88.
11. Nikzad S, Azari A, Niakan S, Bahrani Z. Current status of zirconia in dentistry an overview [in Persian]. *JDM* 2014; 27(3): 223-32.
12. García-Curiel M, Vilet GV, Jain S, Schrauwen BAG, Sarkissov A, Van Zyl WE, et al. Polypropylene/SiO₂ nanocomposites with improved mechanical properties. *Rev Adv Mater Sci* 2004; 6(2): 169-75.
13. Selvin TP, Kuruvilla J, Sabu T. Mechanical properties of titanium dioxide filled Polystyrene microcomposites. *Material letters* 2004; 58(3-4): 281-9.
14. Wacharawichananat S, Thongyai S, Siripattanasak T, Tipsri T. Effect of mixing conditions and particle sizes of titanium dioxide on mechanical and morphological properties of Polypropylene/Titanium dioxide composites. *Iran Polym J* 2009; 18(8): 607-16.
15. Altan M, Yildirim H. Mechanical and morphological properties of polypropylene and High density polyethylene matrix composites reinforced with surface modified nano sized TiO₂ particles. *Int J Mater Metall Eng* 2010; 4(10): 654-9.
16. Gad MM, Abualsaud R, Rahoma A, Al-Thobity AM, Al-Abidi KS, Akhtar S. Effect of zirconium oxide nanoparticles addition on the optical and tensile properties of polymethyl methacrylate denture base material. *Int J Nanomedicine* 2018; 13: 283-92.
17. Gad MM, Al-Thobity AM. The impact of nanoparticles-modified repair resin on denture repairs: a systematic review. *Jpn Dent Sci Rev* 2021; 57: 46-53.
18. Sahin Z, Ergun G. The assessment of some physical and mechanical properties of PMMA added different forms of Nano-ZrO₂. *J Dent Oral Health* 2017; 3(2): 1-10.
19. Ergun G, Sahin Z, Ataol AS. The effects of adding various ratios of zirconium oxide nanoparticles to poly (methyl methacrylate) on physical and mechanical properties. *J Oral Sci* 2018; 60(2): 304-15.
20. Asopa V, Suresh S, Khandelwal M, Sharma V, Asopa SS, Kaira LS. A comparative evaluation of properties of zirconia reinforced high impact acrylic resin with that of high impact acrylic resin. *Saudi*

- J Dent Res 2015; 6(2): 146-51.
21. Ashour M, Ebrahim MI. Effect of zirconium oxide nano-fillers addition on the flexural strength, fracture toughness, and hardness of heat-polymerized acrylic resin. World J Nano Sci Eng 2014; 4(2): 50-7.
 22. Barapatre D, Somkuwar S, Mishra SK, Chowdhary R. The effects of reinforcement with nanoparticles of polyetheretherketone, zirconium oxide and its mixture on flexural strength of PMMA resin. Eur Oral Res 2022; 56(2): 61-6.
 23. Ban S. Reliability and properties of core materials for all ceramics dental restorations. Jpn Dent Sci Rev 2008; 44(1): 3-21.