

تأثیر تغییر مساحت و شکل کانکتورهای پروتزهای ثابت سه واحدی زیرکونیا بر استحکام خمشی آنها

دکتر امین نوری زاده^۱، دکتر مینا کهیائی اقدم^۲، دکتر عارف محمودی^۳، دکتر الناز شفیع^۴، دکتر وحید فخرزاده^{۵*}

۱- استادیار پروتز، گروه پروتز دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

۲- استادیار ترمیمی، گروه دندانپزشکی ترمیمی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

۳- دندانپزشک، تبریز، ایران

۴- استادیار پروتز، گروه پروتز دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه آزاد علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

۵- استادیار پروتز، گروه پروتز دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۱۲

وصول مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲ اصلاح نهایی: ۱۴۰۳/۱۲/۲

Effect of changing connector area of three-unit fixed zirconia prosthesis in various silhouette and elliptical shapes on flexural strength

Amin Nourizadeh¹, Mina Kahyaie Aghdam², Aref Mahmoudi³, Elnaz Shafiee⁴, Vahid Fakhrzadeh^{5*}

1 Assistant Professor, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

2 Assistant professor, Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

3 Dentist, Tabriz, Iran

4 Assistant Professor, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tabriz Azad University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

5 Assistant Professor, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

Received: Dec 2025

Accepted: March 2025

Abstract:

Background and Aim: In multi-unit fixed prostheses, the connector areas are places where stress and failure accumulate due to thinness and need strengthening. The purpose of this research is to investigate the effect of changing the surface area of connectors of zirconia three-unit fixed prostheses on their bending strength.

Materials and Methods: In this experimental - laboratory study thirty, first molar and first premolar teeth of the lower jaw were prepared as base teeth for the FPD prosthesis on the plastic model of the jaw. Zirconia FPD samples were made for them in two groups with silhouette and elliptical connector shapes, each group having three subgroups with connector areas of 8 mm², 10 mm², and 12 mm², with CAD/CAM system. Finally, 5 samples were considered in these 6 groups. Then, the samples were cemented, and their bending strength was measured with the universal testing machine and a three-point bending test. Two-way analysis of variance and LSD post hoc test were used in SPSS version 22 software for statistical analysis.

Result: Considering the significance level of P value ($P < 0.05$), there is no significant difference in bending strength between silhouette and elliptical shapes (P value = 0.339). The bending strength in the area of 12 mm square is significantly higher than the area of 8 and 10 mm square (P value = 0.001).

Conclusion: In fixed three-unit zirconia prostheses, changing the area has significant effect on the bending strength, but the shape has no effect.

Key words: Dental Prostheses, Flexural Strengths, Computer-Aided Design

*Corresponding Author: v.fakhrzadeh@gmail.com

J Res Dent Sci. 2025; 22(2):99-106

خلاصه:

سابقه و هدف: در پروتزهای ثابت چند واحدی نواحی اتصال دهنده (Connector) به علت نازک بودن محل تجمع استرس و شکست می باشند و نیازمند تقویت هستند. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر تغییر مساحت کانکتورهای پروتزهای ثابت سه واحدی زیرکونیا بر استحکام خمشی آن ها می باشد.

مواد و روش ها: در این مطالعه تجربی-آزمایشگاهی ۳۰ دندان مولر اول و پرمولر اول فک پایین به عنوان دندان های پایه برای پروتز FPD روی مدل پلاستیکی فک آماده سازی شدند. نمونه های FPD از جنس زیرکونیا برای آنها در دو گروه با اشکال کانکتور silhouette و elliptical که هر گروه ۳ زیرگروه با مساحت کانکتور ۸mm² تعداد نمونه ذکر شد، ۱۰mm² و ۱۲mm² داشتند، با سیستم CAD/CAM ساخته شدند. نهایتاً ۵ نمونه در این ۶ گروه در نظر گرفته شد. سپس نمونه ها سمان شده و استحکام خمشی آنها با دستگاه universal testing machine و تست خمش سه نقطه ای سنجیده شد. تحلیل واریانس دوطرفه و آزمون تعقیبی LSD در نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ برای آنالیز آماری استفاده شد.

یافته ها: با در نظر گرفتن سطح معنی داری $P < 0.05$ ، میزان استحکام خمشی در بین شکل ها Elliptical و silhouette تفاوت معنی داری نداشت. $(P = 0.339)$ میزان استحکام خمشی در مساحت ۱۲ میلی متر مربع بطور معنی داری بیشتر از مساحت ۸ و ۱۰ میلی متر مربع بود. $(P = 0.001)$

نتیجه گیری: در پروتز های ثابت سه واحدی زیرکونیا تغییر مساحت کانکتورها بر تاثیر چشمگیری بر استحکام خمشی دارد ولی شکل آنها تاثیری ندارد.

کلمات کلیدی: پروتز های دندان، استحکام خمشی، طراحی شده با کمک کامپیوتر

مقدمه:

همچنین خواص مکانیکی مطلوب مانند استحکام خمشی بالا و مقاومت در برابر سایش از علل محبوبیت سرامیک ها نسبت به ترمیم های فلزی می باشد.^(۲) استفاده از رستوریشن های تمام سرامیک در حال حاضر رو به افزایش بوده و برخلاف گذشته که از رستوریشن های تمام سرامیک بدلیل داشتن ترانسلسنسی و ظاهری زیبا و شباهت با دندان های طبیعی فقط در ناحیه قدیمی استفاده می شد، امروزه با بهبود خواص مکانیکی و افزایش استحکام سرامیک ها می توان آنها را در نواحی مولرها استفاده کرد.^(۳) همچنین می توان سرامیک ها را در ساخت رستوریشن های چند واحدی نیز به کار برد.

ساخت پروتز های ثابت حمایت شونده توسط دندان (FPD) یک روش محافظه کارانه جهت جایگزینی دندان های از دست رفته می باشند. طراحی و ساخت این رستوریشن ها هزینه ی کمتری نسبت به روش های درمانی جایگزین مانند ایمپلنت داشته و قادر است زیبایی مطلوبی برای بیمار بوجود آورد.^(۴) فاکتورهای مختلفی مانند شکل، میکروساختار، حجم، تنش پسماند، میزان بار متحمل، ضخامت سرامیک، مدول الاستیک مواد استفاده شده و استرس های ناشی از مراحل ساخت می توانند در شروع شکست سرامیک نقش داشته باشند. شکست

درخواست روز افزون بیماران به درمان های زیبایی باعث شده تا طراحی و ساخت رستوریشن های دندانانی غالباً در جهت استفاده از مواد تمام سرامیکی تغییر کند. یکی از بروزترین تکنولوژی های دندانپزشکی برای ساخت ترمیم ها و پروتز های دندانانی استفاده از Computer aided design and Computer aided manufacturing یا بطور خلاصه CAD/CAM می باشد. هدف از طراحی و ساخت رستوریشن با کمک کامپیوتر دست یابی به یک پروتز دندانانی با دوام و استحکام کافی و زیبایی متناظر با دندان های طبیعی می باشد. همچنین تکنولوژی CAD/CAM در کاهش زمان و مواد مصرفی در مطب و لابراتوار های دندانپزشکی مفید واقع شده است. سیستم CAD/CAM امروزه برای ساخت انواع پروتز های اینله، آنله و انواع کراون و ونیر های سرامیکی و همچنین اباتمنت های ایمپلنت استفاده می شود.^(۱)

پیشرفت های اخیر در روش های ساخت و پردازش سرامیک ها منجر به توسعه و رشد تکاملی مواد تمام سرامیکی با خصوصیات بیومکانیکی برتر شده است. پیشرفت های کیفی در خواص مواد تمام سرامیکی، از جمله زیبایی ظاهری، عدم واکنش شیمیایی، زیست سازگاری، هدایت حرارتی کم و

مواد و روش ها:

این مطالعه‌ی تجربی-آزمایشگاهی با شناسه IR.TBZMED.VCR.REC.1400.582 در کمیته‌ی اخلاق در پژوهش مورد تصویب قرار گرفت. دندان‌های مولر اول و پرمولر اول فک پایین به عنوان دندان‌های پایه انتخاب شدند. حجم نمونه با در نظر گرفتن مقادیر میانگین استحکام برشی مطالعه Plengsombut و همکارانش و توان ۸۰٪ و آلفای ۰/۰۵ تعداد ۳ دندان برای هر گروه بدست آمد. جهت بالا بردن اعتبار مطالعه ۲۰٪ به حجم نمونه افزوده گشت و نهایتاً ۵ نمونه در ۶ گروه در نظر گرفته شد.^(۱۰)

آماده سازی بر روی مدل پلاستیکی (prosthetics restoration jaw model PRO 2001-UL-HD-M-32, Nissin Dental Product Inc., Kyoto, Japan) فک توسط یک متخصص پروتز با معیارهای استاندارد تراش برای یک رستوریشن زیرکونیا با فینیش لاین deep چمفر انجام شد. به صورتی که عمق تراش در ناحیه باکال و لینگوال ۱/۲ میلی متر و ریداکشن سطح اکلوژال ۲ میلی متر در نظر گرفته شد. دندان‌های پایه با ارتفاع اکلوژالی ۵ میلی متر، فینیش لاین دیپ چمفر و تقارب اکلوژالی ۷ درجه آماده شدند. پس از آماده سازی نمونه ها، قالبگیری توسط سیلیکون تراکمی Speedex (Coltene- Switzerland) انجام شد و کست ها با دای استون GC FUJIROCK EP (GC, JAPAN) ریخته شد.^(۱۱) کست ها توسط اسکنر لابرآتواری 3Shape Dental Scanner (3Shape, Denmark) مدل E3 اسکن شده و نمونه های FPD با نرم افزار 3Shape Dental System (3shape, Demark) طراحی شدند. در مرحله ی بعد نمونه های FPD طراحی شده با دستگاه CAM imes-icore350i (Germany) از بلوک زیرکونیوم (VITA Zahnfabrik, Germany) VITA YZ® HT ساخته شد.

نمونه ها به شش گروه تقسیم شدند:

گروه اول: کانکتور elliptical با مساحت ۸ میلی متر مربع

گروه دوم: کانکتور elliptical با مساحت ۱۰ میلی متر مربع

گروه سوم: کانکتور elliptical با مساحت ۱۲ میلی متر مربع

سرامیک می تواند به دلیل ترکیبی از نیروهای کششی، خمشی، فشاری و برشی باشد ولی اجسام شکننده مانند سرامیک ها معمولاً استحکام کششی پایینی دارند و در اثر نیروهای کششی دچار شکست می شوند. در پروتزهای ثابت چند واحدی نواحی اتصال دهنده (Connector) به علت نازک بودن محل تجمع استرس می باشند؛ بنابراین این نواحی بیشتر مستعد شکست می باشند.^(۵، ۶) از این جهت طراحی کانکتوری که نواحی اتصال واحدها و شکل طبیعی امبرژور را به خوبی بازسازی کند و در عین حال خواص مکانیکال مطلوب داشته باشد حائز اهمیت می باشد.

مطالعه ی Ahmed و همکارانش بر روی استحکام خمشی پروتز های ثابت سه واحدی با اشکال مختلف کانکتور با مساحت mm210 نشان داد که در نیروهای عمودی کانکتور های مثلثی شکل دارای استحکام خمشی بالایی هستند. در برابر نیرو های مایل پروتز های ثابت سه واحدی با کانکتور دایره ای شکل دارای استحکام خمشی بالایی بودند.^(۷)

مطالعه ی Larsson و همکارانش نشان داد که بیشترین شکست پروتز های ثابت سه واحدی در ناحیه ی کانکتور رخ می دهد و حداقل مساحت کانکتور در پروتز های ثابت سه واحدی ۴ میلی متر است.^(۸)

مطالعه ی Onodora و همکارانش بر روی اشکال مختلف کانکتور پروتز های ثابت سه واحدی زیرکونیا نشان داد که با افزایش مساحت کانکتور میزان مقاومت به شکست افزایش می یابد. این مطالعه حداقل مساحت کانکتور را ۷ میلی متر پیشنهاد کرده است. همچنین در این مطالعه بیشترین شکست در کانکتور دیستال رخ داد.^(۹)

همانطور که از نتایج مطالعات پیشین بنظر می رسد، مساحت و شکل کانکتور در مقاومت پروتز های ثابت چند واحدی زیرکونیا موثر است. با توجه به اینکه تاکنون تاثیر تغییر مساحت کانکتور بر استحکام خمشی دو شکل silhouette و elliptical کانکتور پروتز های ثابت سه واحدی طراحی و ساخته شده توسط CAD/CAM بررسی نشده است، هدف از این پژوهش بررسی تاثیر تغییر مساحت کانکتورهای پروتزهای ثابت سه واحدی زیرکونیا بر استحکام فشاری و خمشی آن ها می باشد.

جدول ۱ - شاخص‌های توصیفی متغیرها				
متغیر	شکل کانکتور	مساحت کانکتور	اعداد	انحراف معیار $\pm$ میانگین
استحکام خمشی	silhouette	۸	۴	۹۸۰/۰۰ $\pm$ ۹۷/۷۲
		۱۰	۴	۱۰۸۷/۵۰ $\pm$ ۱۸۱/۵۱
		۱۲	۴	۱۴۷۴/۵۷۵ 167/51
Elliptical		۸	۴	۸۸۰/۵۰ $\pm$ 205/75
		۱۰	۴	۱۰۵۴/۵۰ $\pm$ 312/11
		۱۲	۴	۱۳۷۰/۵۰ $\pm$ 155/78

مقایسه ی استحکام خمشی

برای مقایسه ی استحکام خمشی در شکل و سطح کانکتور از تحلیل واریانس دوطرفه استفاده شد. نتایج نشان داد میزان استحکام خمشی در silhouette با شکل نامنظم بیشتر از Elliptical است ولی این تفاوت معنی‌داری نیست ($P > 0/05$). میزان استحکام خمشی در بین مساحت ۸، ۱۰ و ۱۲ میلی متر مربع تفاوت معنی‌داری دارد. ($P > 0/05$) بنابراین اثر مساحت کانکتور معنی‌دار می‌باشد. (جدول ۲) همچنین اثر متقابل شکل و سطح کانکتور معنی‌دار نیست ($P > 0/05$) یعنی میزان استحکام خمشی در ترکیبات مختلف شکل و مساحت کانکتور تفاوت معنی‌داری ندارد. (جدول ۲) نتایج آزمون تعقیبی LSD نشان داد که میزان استحکام خمشی در مساحت ۱۲ میلی متر مربع بطور معنی‌داری بیشتر از مساحت ۸ و ۱۰ میلی متر مربع است ولی استحکام خمشی در مقایسه بین مساحت ۸ و ۱۰ میلی متر مربع معنی‌دار نیست. (جدول ۳)

جدول ۲- نتایج تحلیل واریانس دوطرفه برای مقایسه استحکام

خمشی در شکل کانکتور و مساحت کانکتور

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری	مجذور
اثر شکل کانکتور	۳۷۶۸۳/۳۸	۱	۳۷۶۸۳/۳۸	۰/۹۶۴	۰/۳۳۹	۰/۰۵۱
اثر مساحت کانکتور	۱۰۲۸۱۸۰	۲	۵۱۴۰۸۹/۹	۱۳/۱۵	۰/۰۰۱	۰/۵۹۴
اثر متقابل شکل کانکتور و مساحت کانکتور	۶۳۰۶/۷۵	۲	۳۱۵۳/۳۷۵	۰/۰۸۱	۰/۹۲۳	۰/۰۰۹
خطا	۷۰۳۶۹۰/۸	۱۸	۳۹۰۹۳/۹۳			
کل	۳۳۰۲۷۸۵۱	۲۴				

گروه چهارم: کانکتور silhouette با مساحت ۸ میلی متر مربع
گروه پنجم: کانکتور silhouette با مساحت ۱۰ میلی متر مربع

گروه ششم: کانکتور silhouette با مساحت ۱۲ میلی متر مربع

نهایتاً نمونه ها تمیز و سینتر و سندبلاست (Vita Zyrcomat T, Vita, Germany) شدند.^(۱۱) نمونه های FPD زیرکونیای آماده شده بر روی دندان های پایه ی مذکور سمان شد و قبل از انجام تست ها به مدت ۴۸ ساعت در محلول بزاق در دمای ۳۷ درجه نگه داشته شد.

ارزیابی استحکام خمشی

به منظور ارزیابی استحکام خمشی نمونه ها از تست خمش سه نقطه ای (three-point bending test) به وسیله دستگاه universal testing machine (Honsfeild H5K-S, England) استفاده شد و مطابق استاندارد ایزو شماره (ISO 20795-1(2008)) عمل گردید. کراس هد دستگاه (6 mm steel ball) با سرعت نیم میلیمتر در دقیقه کالیبره و نیروی عمودی به مرکز پونتیک اعمال گردید. در نهایت ماکسیمم نیروی ثبت شده قبل از شکست هر نمونه از روی دستگاه به عنوان نیروی شکست خوانده شد.

انجام تست خمش سه نقطه ای به وسیله دستگاه universal testing machine که با اعمال نیروی عمودی به مرکز پونتیک انجام شد.

کلیه آنالیزهای آماری و گزارش نتایج با نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد. داده ها توسط میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شد. برای مقایسه ی استحکام خمشی در شکل و سطح کانکتور از تحلیل واریانس دوطرفه و آزمون تعقیبی LSD استفاده شد.

یافته ها:

نتایج توصیفی استحکام خمشی

برای متغیر های استحکام خمشی در سطوح و شکل های کانکتور مختلف شاخص های میانگین و انحراف معیار محاسبه شده است. نتایج در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۳- نتایج آزمون تعقیبی LSD برای مقایسه‌های زوجی استحکام خمشی در مساحت کانکتور مختلف

(I) مساحت کانکتور	(J) مساحت کانکتور	میانگین اختلاف (I-J)	خطای معنی اختلاف داری	سطح
۸	۱۰	-۱۴۰/۵	۹۸/۸۶۱	۰/۱۷۲
۱۲	۱۰	-۴۹۲/۱۲۵	۹۸/۸۶۱	۰/۰۰۱
۱۲	۱۰	-۳۵۱/۶۲۵	۹۸/۸۶۱	۰/۰۰۲

بحث

مقاومت پروتزهای ثابت چند واحدی زیرکونیا به مساحت و شکل کانکتور بستگی دارد. چرا که کانکتور ضعیف ترین قسمت یک پروتز ثابت چند واحدی است. در پروتزهای ثابت چند واحدی نواحی اتصال دهنده به علت نازک بودن محل تجمع استرس می باشند؛ بنابراین این نواحی بیشتر مستعد شکست می باشند. (۵، ۶) از این جهت طراحی کانکتوری که نواحی اتصال واحدها و شکل طبیعی امبرژور را به خوبی بازسازی کند و در عین حال خواص مکانیکال مطلوبی داشته باشد حائز اهمیت می باشد. به طور کلی شکل، سایز و محل کانکتور ها در تعیین موفقیت درمان پروتز ثابت چند واحدی بسیار موثر می باشند.

با توجه به اینکه تاکنون تاثیر تغییر مساحت کانکتور در دو شکل elliptical و silhouette بر استحکام خمشی پروتزهای ثابت سه واحدی طراحی و ساخته شده توسط CAD/CAM بررسی نشده است، هدف از این پژوهش بررسی تاثیر تغییر مساحت کانکتورهای پروتزهای ثابت سه واحدی زیرکونیا بر استحکام خمشی آن ها بود. همچنین در این مطالعه مساحت کانکتور در اندازه های ۸، ۱۰ و ۱۲ میلیمتر مربع نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مطالعه ی حاضر نشان داد که شکل کانکتور، (دو حالت silhouette و elliptical) تاثیر در استحکام خمشی پروتزهای ثابت سه واحدی زیرکونیا ندارد. با این وجود مساحت کانکتور در استحکام خمشی پروتز ثابت زیرکونیا موثر بود؛ بطوریکه کانکتور با مساحت ۱۲ میلی متر مربع دارای بیشترین استحکام خمشی بود. در این مطالعه مساحت های ۸، ۱۰ و ۱۲ میلی متر انتخاب شدند تا بازه ی

مساحت مورد بررسی وسیع تر باشد .

مطالعات مختلفی در مورد طراحی کانکتور و تاثیر آن بر استحکام خمشی زیرکونیا انجام شده است، مطالعه lotfy و همکاران ذکر کردند که کانکتورهای گرد مقاومت خمشی بالاتری نسبت به طرح های تیز نشان می دهند. (۱۲) مطالعه ی Clausen و همکارانش نشان داد که پروتزهای ثابت زیرکونیا می توانند برای بازسازی و ترمیم دندان های خلفی نیز بکار روند. استحکام شکست زیرکونیا بیشتر از نیرو های جوشی وارده می باشد. این نیرو در بازه ی ۳۰۰ الی ۸۰۰ نیوتون تخمین زده شده است. (۱۳) در مطالعه ی حاضر استحکام شکست کلیه ی گروه ها بیشتر از ۸۰۰ نیوتون می باشد. لذا می توان گفت کلیه ی گروه های کانکتور در ابعاد و اشکال مورد بررسی قادر به تحمل نیروی وارده حین جویدن هستند بدون اینکه دچار شکست بشوند. با این وجود گفته شده است که با توجه به شکستگی خستگی رستوریشن بهتر است استحکام شکست پروتز ثابت زیرکونیا در ناحیه ی خلفی بیشتر از ۱۰۰۰ نیوتون باشد چرا که حد استقامت سرامیک ها ۴۰ الی ۵۰ درصد مقاومت شکست آن ها می باشد. (۱۴) این امر در هر دو شکل بیضوی و silhouette فقط در نمونه های با کانکتور با مساحت ۱۰ و ۱۲ میلی متر مربع دیده شد .

Filser و همکارانش بیان کردند که مساحت سطح کانکتور در پروتزهای ثابت چند واحدی در ناحیه ی خلفی می بایست بیشتر از ۶/۹ میلی متر مربع باشند تا بتوانند در برابر نیرو های جوشی و پارافانکشنال مقاومت کنند. همچنین آن ها هم راستا با مطالعه ی حاضر گزارش کردند که افزایش مساحت سطح کانکتور باعث افزایش مقاومت آن ها در برابر نیرو های شکست می شود. (۱۵)

در مطالعه ی Lakshmi و همکارانش نیز نشان داده شد که در پروتزهای اینله ی سه واحدی از جنس لیتیوم دی سیلیکات و زیرکونیای مونولیتیک در کانکتور های با مساحت ۱۶ میلی متر مربع استحکام شکست بیش از ۵۰۰ نیوتون است. در حالی که در مساحت ۹ میلی متر مربع برخی مقادیر استحکام شکست نمونه ها کمتر از ۵۰۰ نیوتون گزارش شد. با توجه به اینکه این میزان نیرو مشابه نیروی جویدن در ناحیه ی خلفی می باشد. لذا هم راستا با مطالعه ی حاضر، این مطالعه

نشان داد که افزایش مساحت کانکتور باعث افزایش مقاومت در برابر نیروهای وارده به پروتز اینله در خلف می شود.^(۱۶) Shetty و همکاران یک کلار لینگوالی در ناحیه ی کانکتور در نواحی که امکان افزایش مساحت کانکتور وجود ندارد پیشنهاد کرده اند.^(۱۷)

همانطور که گفته شد در مطالعه ی حاضر کانکتورهای بیضوی و یا silhouette در مساحت ۱۲ میلی متر مربع دارای بیشترین استحکام شکست بودند. نتایج مطالعه ی حافظ قرآن هم راستا با مطالعه ی حاضر بود.^(۱۱) در این مطالعه میزان استحکام شکست در کانکتور با مساحت ۱۲ میلی متر مربع ۱۵۹۹/۸ نیوتون بدست آمد که مشابه نتایج مطالعه ی حاضر (۱۴۲۲/۳۷) نیوتون است.

مطالعه ی آزمایشگاهی Pantea و همکارانش جهت بررسی مقاومت شکست در پروتزهای ثابت سه واحدی طراحی شده وسط سیستم CAD/CAM با کانکتورهای با ابعاد و اشکال مختلف بود. نمونه های این مطالعه همانند مطالعه ی حاضر سینتر شده و در آب مقطر غوطه ور شدند. در این مطالعه نیز هم راستا با مطالعه ی حاضر مشاهده شد که با افزایش مساحت کانکتور میزان استحکام شکست پروتز ثابت افزایش می یابد. با این وجود برخلاف مطالعه ی حاضر شکل کانکتور در میزان استحکام شکست پروتز ثابت موثر بود. نتایج مطالعه ی Pantea و همکارانش نشان داد که پروتزهای ثابت سه واحدی با کانکتور حداقل ۹ میلی متری به شکل بیضوی دارای بیشتری استحکام شکست می باشند.^(۱۸) در مطالعه ی حاضر نیز همانند مطالعه ی Pantea و همکارانش نمونه های ساخته شده سینتر شدند. مطالعات نشان دادند که سینتر نمونه های زیرکونیا باعث افزایش مقاومت و کاهش احتمال شکست و ایجاد ترک در رستوریشن در مقایسه با نمونه های سینتر نشده می گردند. همچنین نمونه های سینتر شده دارای سطح صاف تری می باشند که در زیبایی و عدم تجمع بیوفیلم باکتریایی موثر است. در مطالعه ی Pantea و همکارانش نیز نمونه های سینتر شده دارای استحکام خمشی بالاتری نسبت به نمونه ی کنترل بودند. همچنین در این مطالعه در بررسی استحکام خمشی گزارش شده است که پروتز ثابت زیرکونیا فاقد رفتار

پلاستیکی بوده و کاملاً شکننده می باشد. برخلاف مطالعه ی حاضر، در بررسی تاثیر شکل کانکتور بر استحکام خمشی دیده شد که با تغییر شکل کانکتور از دایروی به بیضی در مساحت ۵ میلی متر مربع میزان استحکام شکست ۲۲/۳۹٪ و در مساحت ۹ میلی متر مربع ۲۲/۷۱٪ افزایش یافت. این مطالعه بیان می دارد که با افزایش مساحت کانکتور از ۵ به ۹ میلی متر مساحتی که نیروی وارده را متحمل می شود، افزایش می یابد لذا مقاومت در برابر نیروهای خمشی و شکست افزایش می یابد. در مطالعه ی حاضر نیز کانکتور با مساحت ۱۲ میلی متر دارای استحکام خمشی بالاتری بود. لذا می توان گفت مساحت کانکتور نقش مهمی در میزان استحکام خمشی پروتزهای ثابت زیرکونیای طراحی شده با CAD/CAM دارد ولی استحکام خمشی در شکل بیضوی و یا silhouette تفاوتی نداشت.

Schmitter و همکارانش نشان دادند که مساحت کانکتور ۹ میلی متر مربع برای طراحی و ساخت پروتزهای ثابت چند واحدی با استحکام شکست بالا و حفظ سلامت بافت نرم لثه ی اطراف دندان های پایه ایده آل است.^(۱۹) تفاوت در نتایج مطالعات می تواند به علت نحوه ی نیروی وارده (عمودی و یا مایل) و یا نوع دندان های پایه باشد. در مطالعه ی Ahmed و همکارانش دیده شد که در مساحت ۱۰ میلی متر مربع، کانکتور مثلی در مقابل نیروهای عمودی استحکام خمشی بیشتری دارد. این در حالی است که در برابر نیروهای مایل کانکتور دایروی در مقابل نیروهای مایل مقاومتر است.^(۷) البته در این مطالعه از نمونه های دندانی قالب گرفته نشد و صرفاً سیلندرهای هشت وجهی زیرکونیا برای ارزیابی استفاده شدند. یکی از مزایای مطالعه ی حاضر استفاده از نمونه ی دندانی و قالب گیری از آن می باشد که قادر به شبیه سازی شرایط کلینیکال است.

مطالعه ی آزمایشگاهی Onodera و همکارانش به بررسی نقش کانکتورها با اشکال دایروی و بیضی در مساحت های ۵، ۷ و ۹ میلی متر مربع در پروتز ثابت سه واحدی (دو واحد بر روی دو دندان پایه پرمولر و مولر و یک پونتیک) پرداختند. نتایج این مطالعه هم راستا با مطالعه ی حاضر نشان داد که تفاوت معناداری میان مقاومت به شکست در کانکتورها با مساحت

ایجاد مقاومت بالا خصوصاً در نواحی که کمبود فضا وجود دارد، کلینیسین لایراتوار سعی در بالا بردن مساحت کانکتور بدون در نظر گرفتن مورفولوژی آن داشته باشد.

نتیجه گیری

در پروتزهای ثابت سه واحدی زیرکونیا با کانکتورهای به شکل بیضوی و یا silhouette با مساحت های ۸، ۱۰ و ۱۲ میلی متر مربع، استحکام خمشی تحت تاثیر شکل کانکتور نیست. در پروتزهای ثابت سه واحدی زیرکونیا با کانکتورهای به شکل بیضوی و یا silhouette، میزان استحکام خمشی با افزایش مساحت کانکتور افزایش می یابد.

های متفاوت وجود دارد؛ در حالی که تفاوت معناداری میان اشکال مختلف کانکتور دیده نشد. در این مطالعه نیروی لازم برای شکست پروتزهای دارای کانکتورهای با مساحت ۷ و ۹ میلی متر مربع بیشتر از ۸۸۰ نیوتون بود که کمترین حد نیروی لازم برای مقاومت در برابر نیروهای جوشی در نظر گرفته می شود.^(۹)

همچنین در مطالعه ی حاضر دیده شد که استحکام خمشی تحت تاثیر مساحت کانکتور (در ابعاد ۸، ۱۰ و ۱۲ میلی متر مربع) نبود. برخلاف نتایج مطالعه ی حاضر، مطالعه ی Hamza و همکارانش نشان دادند که FDP با بیشترین مساحت کانکتور دارای بیشترین استحکام خمشی می باشد. در این مطالعه ابعاد ۶ و ۹ میلی متر مربع را مورد ارزیابی قرار داده بود.^(۲۰) همچنین نتایج مطالعه ی Studart و همکارانش نیز نشان داد که استحکام خمشی پروتزهای ثابت تحت تاثیر مساحت کانکتور می باشد. این مطالعه نیز ابعاد ۲/۷، ۴ و ۴/۹ میلی متر مربع را مورد ارزیابی قرار داده بود.^(۲۱) بنظر می رسد علت تفاوت در نتایج مطالعات پیشین با مطالعه ی حاضر بازه ی مساحت مورد بررسی باشد. همچنین نمونه های مطالعه ی Studart و همکارانش سینتر نشده بودند. همانطور که گفته شد این امر در مقاومت زیرکونیا موثر است .

بنا به نتایج مطالعه ی حاضر و مطالعات پیشین، به طور کلی می توان گفت با افزایش مساحت کانکتور میزان مقاومت به شکست پروتز ثابت چند واحدی زیرکونیا افزایش می یابد. با توجه به اینکه افزایش مساحت کانکتور در زیبایی پروتز ثابت تاثیر منفی دارد، لذا تعیین کمترین مساحت برای کانکتور در اشکال مختلف ضروری است. در مطالعه ی حاضر پروتزهای دارای کانکتور با مساحت بالای ۱۰ میلی متر مربع، دارای استحکام شکست بیشتر از ۱۰۰۰ نیوتون بودند که بنظر می رسد کمترین مساحت لازم برای طراحی و ساخت یک پروتز ثابت مقاوم در برابر نیروهای جوشی است. همچنین برخی مطالعات اذعان کرده اند که شکل کانکتور در استحکام پروتز ثابت موثر است. در مطالعه ی حاضر دیده شد که شکل کانکتور تاثیری در مقاومت پروتزهای ثابت برابر نیروهای خمشی و شکست ندارد. لذا بهتر است برای حفظ زیبایی پروتز در عین

References:

- 1-amza TA, Ezzat HA, El-Hossary MMK, Katamish HAEM, Shokry TE, Rosenstiel SF. Accuracy of ceramic restorations made with two CAD/CAM systems. *J. Prosthet. Dent.*. 2013;109(2):83-7.
- 2-Griggs JA. Recent advances in materials for all-ceramic restorations. *Dent. Clin. N. Am.*. 2007;51(3):713-27.
- 3-Warreth A, Elkareimi Y. All-ceramic restorations: A review of the literature. *Saudi Dent. J.*. 2020;32(8):365-72.
- 4-Kelly JR. Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *J. Prosthet. Dent.*. 1999;81(6):652-61.
- 5Von Steyern PV, Jönsson O, Nilner K. Five-year evaluation of posterior all-ceramic three-unit (In-Ceram) FPDs. *Int J Prosthodont.* 2001;14.(۴)
- 6-Sorensen JA, Kang S-K, Torres TJ, Knode H. In-Ceram fixed partial dentures: three-year clinical trial results. *J. Calif. Dent. Assoc.*. 1998;26(3):207-14.
- 7-Ahmed MS, Reddy KM, Shastry YM, Aditya SV, Babu PJ. Evaluation of flexural strength of Zirconia using three different connector designs: An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2020;20(3):285-9.
- 8-Larsson C, Holm L, Lövgren N, Kokubo Y, Vult von Steyern P. Fracture strength of four-unit Y-TZP FPD cores designed with varying connector diameter. An in-vitro study. *J. Oral Rehabil.*. 2007;34(9):702-9.
- 9-Onodera K, Sato T, Nomoto S, Miho O, Yotsuya M. Effect of connector design on fracture resistance of zirconia all-ceramic fixed partial dentures. *Bull Tokyo Dent Coll.* 2011;52(2):61-7.
- 10.Plengsombut K, Brewer JD, Monaco Jr EA, Davis EL. Effect of two connector designs on the fracture resistance of all-ceramic core materials for fixed dental prostheses. *J. Prosthet. Dent.* 2009;101(3):166-73.
- 11-Hafezeqoran A, Koodaryan R, Hemmati Y, Akbarzadeh A. Effect of connector size and design on the fracture resistance of monolithic zirconia fixed dental prosthesis. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2020 Fall;14(4):218-22
- 12-.lotfy yg, Mokhtar A, Hamza T. Effect of Connector Designs on Flexural Strength of Gradient Versus Translucent Monolithic Zirconia Fixed Dental prosthesis, An in Vitro Study. *Journal of Fundamental and Clinical Research.* 2024;4(1):84-95.
- 13-OClausen JO, Abou Tara M, Kern M. Dynamic fatigue and fracture resistance of non-retentive all-ceramic full-coverage molar restorations. Influence of ceramic material and preparation design. *Dent Mater.* 2010;26(6):533-8.
- 14.Oh WS, Anusavice KJ. Effect of connector design on the fracture resistance of all-ceramic fixed partial dentures. *J Prosthet Dent.* 2002;87(5):536-42.
- 15.Filser F, Kocher P, Weibel F, Luthy H, Scharer P, Gauckler L. Reliability and strength of all-ceramic dental restorations fabricated by direct ceramic machining (DCM). *Int J Comput Dent.* 2001;4(2):89-106.
- 16-Lakshmi RD, Abraham A, Sekar V, Hariharan A. Influence of connector dimensions on the stress distribution of monolithic zirconia and lithium-di-silicate inlay retained fixed dental prostheses – A 3D finite element analysis. *Tanta Dental Journal.* 2015;12(1):56-64 .
- 17-Shetty R, Shoukath S, Shetty NHG, Shetty SK, Dandekeri S, Ragher M. A Novel Design Modification to Improve Flexural Strength of Zirconia Framework: A Comparative Experimental In Vitro Study. *J Pharm Bioallied Sci.* 2020;12(Suppl 1):S495-s503.
- 18-Pantea M, Antoniac I, Trante O, Ciocoiu R, Fischer CA, Traistaru T. Correlations between connector geometry and strength of zirconia-based fixed partial dentures. *Mater. Chem. Phys.* 2019;222:96-109.
- 19-Schmitter M, Mussotter K, Rammelsberg P, Stober T, Ohlmann B, Gabbert O. Clinical performance of extended zirconia frameworks for fixed dental prostheses: two-year results. *J Oral Rehabil.* 2009;36(8):610-5.
- 20-Hamza TA, Attia MA, El-Hossary MMK, Mosleh IE, Shokry TE, Wee AG. Flexural strength of small connector designs of zirconia-based partial fixed dental prostheses. *J. Prosthet. Dent.*. 2016;115(2):224-9.
- 21-Studart AR, Filser F, Kocher P, Gauckler LJ. Fatigue of zirconia under cyclic loading in water and its implications for the design of dental bridges. *Dent Mater.* 2007;23(1):106-14.