

مقایسه گپ مارژینال فریم ورک‌های زیرکونیایی متکی بر ایمپلنت دو سیستم CAD/CAM

دکتر نرگس عامری^۱ - دکتر حکیمه سیادت^۲ - دکتر احمدرضا شمشیری^۳ - دکتر مرضیه علی خاصی^{۴†}

- ۱- استادیار گروه آموزشی پروتزیهای دندان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، تهران، ایران
 ۲- عضو مرکز تحقیقات ایمپلنت دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، تهران، ایران؛ استاد گروه آموزشی پروتزیهای دندان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، تهران، ایران
 ۳- استادیار گروه آموزشی اپیدمیولوژی و آمار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، تهران، ایران
 ۴- عضو مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، تهران، ایران؛ دانشیار گروه آموزشی پروتزیهای دندان، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران، تهران، ایران

A comparative evaluation of implant supported zirconia framework gap of two CAD/CAM systems

Narges Ameri Alhosseini¹, Hakimeh Siadat², Ahmad Reza Shamshiri³, Marzieh Alikhasi^{4†}

- 1[†]- Assistant Professor, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
 2- Professor, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran; Member of Implant Research Center, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
 3- Assistant Professor, Department of Epidemiology and Statistics, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
 4- Associate Professor, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran; Member of Dental Research Center, School of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (m_alikhasi@yahoo.com)

Background and Aims: Marginal accuracy is a crucial factor influencing the clinical long-term reliability of implant-supported fixed dental prostheses (FDPs). The aim of this in vitro study was to evaluate the marginal fit of three-unit zirconia bridge frameworks fabricated using two different computer-aided design (CAD)/computer-aided manufacturing (CAM) systems (AmannGirrbach and Zirkozahn).

Materials and Methods: The master model of 3-unit FDP was made of two implant abutments (AmannGirrbach and Zirkozahn) from canine to second premolar. Twelve frameworks were manufactured using each fabricating system from semi-sintered zirconia blanks, which had to be sintered for final density after milling. After manufacturing, the absolute marginal discrepancy in each abutment were determined by means of Video Measurement System (VMS). The data were analyzed, using independent and paired t test (P=0.05).

Results: For the premolar abutment, the absolute marginal discrepancy of frameworks fabricated by AmannGirrbach system was significantly greater than those of the other system (P=0.005). There was no significant difference between the marginal discrepancy of canine and premolar abutments (P>0.05).

Conclusion: Within the limitations of this study, it could be concluded that the marginal fit of zirconia FDPs was significantly dependent on the CAD/CAM system used, but the abutment size was not an effective factor.

Key Words: CAD/CAM system, Absolute marginal discrepancy, Zirconia, Framework, Implant, Abutment

Journal of Dental Medicine-Tehran University of Medical Sciences 2016;29(2):77-82

† مؤلف مسؤول: نشانی: نشانی: تهران - انتهای خیابان کارگر بعد از سازمان انرژی اتمی - دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران - گروه آموزشی پروتزیهای دندان
 تلفن: ۰۲۱-۸۸۰۱۵۹۵۰ نشانی الکترونیک: m_alikhasi@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: تطابق مارژینال فریم ورک‌های ایمپلنتی، عامل مهمی در موفقیت طولانی مدت پروتزهای متکی بر ایمپلنت می‌باشد. هدف از این مطالعه مقایسه میزان گپ مارژینال مطلق فریم ورک‌های زیرکونیایی در بریج سه واحدی متکی بر ایمپلنت ساخته شده توسط دو سیستم Computer-aided design (CAM)/Computer-aided manufacturing (CAD)، AmannGirrbach و Zirkonzahn بود.

روش بررسی: مدل اصلی با مانت کردن دو ابامنت ایمپلنتی به عنوان پایه‌های بریج سه واحدی (کانین تا پره‌مولر دوم ماگزایلا) ساخته شد. در هر سیستم ۱۲ فریم ورک زیرکونیایی ساخته شد. میزان گپ مارژینال مطلق فریم ورک‌ها با استفاده از Video Measuring System در هر یک از ابامنت‌ها اندازه‌گیری شد. تأثیر نوع سیستم CAD/CAM و سایز ابامنت بر میزان گپ مارژینال مطلق به ترتیب توسط Independent t test و Paired t test ارزیابی شد و حد معنی‌داری آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: میزان گپ مارژینال مطلق ابامنت پره‌مولر، در فریم ورک‌های سیستم AmannGirrbach بیشتر از Zirkonzahn دیده شد ($P=۰/۰۰۵$). بین میزان گپ مارژینال ابامنت پره‌مولر و کانین در هیچ یک از دو سیستم تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: با وجود محدودیت‌های این مطالعه، به نظر می‌رسد میزان گپ مارژینال مطلق فریم ورک‌های زیرکونیایی به نوع سیستم CAD/CAM استفاده شده بستگی داشت، اما سایز ابامنت تأثیری بر میزان گپ مارژینال مطلق نداشت.

کلید واژه‌ها: سیستم CAD/CAM، گپ مارژینال مطلق، زیرکونیا، فریم ورک، ایمپلنت، ابامنت

وصول: ۹۴/۱۲/۰۵ اصلاح نهایی: ۹۵/۰۶/۰۱ تأیید چاپ: ۹۵/۰۶/۱۰

مقدمه

بادوام و دارای خواص مکانیکی عالی هستند و بنابراین می‌توانند مشکلات مربوط به کروژن و زیبایی پائین آلیاژهای فلزی را برطرف نمایند (۱). این مزایا باعث افزایش چشمگیر استفاده از زیرکونیا به عنوان فریم ورک برای پروتزهای دندان شده است (۴). یکی از این روش‌های شایع ساخت فریم ورک‌های زیرکونیایی استفاده از سیستم CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) می‌باشد.

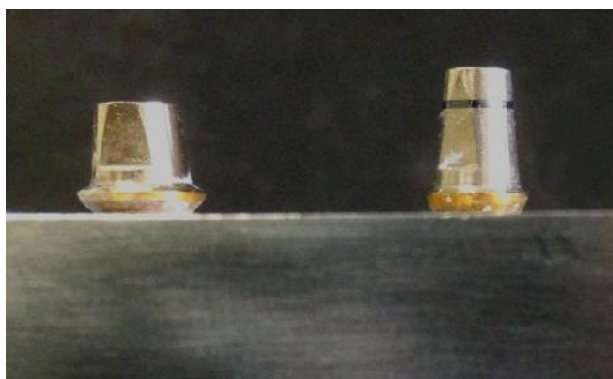
با وجود اینکه مطالعات گذشته دقت نهایی فریم ورک‌های زیرکونیایی ساخته شده توسط دستگاه‌های مختلف CAD/CAM را مقایسه نموده‌اند (۹-۱۴)، اما مقایسه‌ای بین میزان گپ مارژینال فریم ورک‌های ساخته شده توسط دو سیستم CAD/CAM، AmannGirrbach و Zirkonzahn انجام نگرفته است؛ بنابراین هدف از این مطالعه مقایسه میزان گپ مارژینال عمودی فریم ورک‌های بریج سه واحدی ایمپلنتی ساخته شده توسط دو سیستم CAD/CAM، AmannGirrbach و Zirkonzahn بود.

روش بررسی

مدل اصلی برای شبیه‌سازی ابامنت‌های یک بریج سه واحدی سمان شونده با ساپورت ایمپلنت (شامل کانین و دو پره‌مولر بالا) ساخته

بعد از معرفی ایمپلنت‌های دندان، درمان پروتزی بیماران بی‌دندان و نیمه بی‌دندان به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافته است (۱)، اما با وجود موفقیت‌های کلینیکی زیاد رستوریشن‌های ثابت متکی بر ایمپلنت، مشکلات تکنیکی زیادی هم در رابطه با آن‌ها گزارش شده است (۲،۳). در نتیجه عدم تطابق فریم ورک پروتزی، ممکن است مشکلات بسیاری ایجاد شوند که اثرات بیولوژیک آن شامل تغییرات در فرم استخوان و ریمادلینگ آن، آسیب به استخوان، تحلیل پیشرونده استخوان و حتی از بین رفتن استئواینترگریشن می‌باشد (۴،۵). به طوری که بعضی از مطالعات FEA (Finite Element Analyses) نشان داده‌اند که هرچه میزان گپ عمودی در پروتزهای ثابت متکی بر ایمپلنت بیشتر باشد، مقدار استرس وارده به استخوان اطراف آن نیز بیشتر می‌شود (۶،۷). عدم تطابق فریم ورک پروتزی علاوه بر مشکلات بیولوژیک ذکر شده منجر به مشکلات مکانیکی متعددی نیز می‌شود که شامل شکستن پرسلن و ابامنت، شل شدن یا شکستن پیچ و شکستن فریم ورک می‌باشد (۴،۸).

اخیراً فریم ورک‌های زیرکونیایی به عنوان یک جایگزین زیبا به جای فریم ورک‌های فلزی ایمپلنت معرفی شده‌اند. زیرا این مواد زیبا، زیست سازگار، با احتمال تجمع پلاک میکروبی کمتر، از نظر شیمیایی



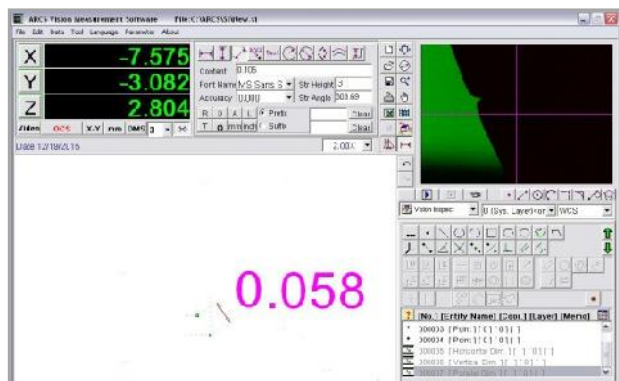
شکل ۱- مدل اصلی حاوی دو اباتمنت ایمپلنتی با سایزهای متفاوت



شکل ۲- یکی از فریم ورک زیرکونیای بر روی مدل اصلی



شکل ۳- کلمپ نگه دارنده فریم ورک بر روی مدل اصلی



شکل ۴- اندازه گیری میزان گپ مارژینال مطلق با بزرگنمایی ۲۰۰ برابر توسط دستگاه VMS

شد (شکل ۱). بدین منظور از دو عدد اباتمنت دو قطعه‌ای (Dual Abutment, Implantium, Dentium, Seoul, Korea) با ارتفاع لثه‌ای ۱/۵ میلی‌متر و اندازه‌های متفاوت استفاده شد. اباتمنت کانین دارای قطر ۴/۵ و ارتفاع ۵/۵ میلی‌متر و اباتمنت پره‌مولر دارای قطر ۵/۵ و ارتفاع ۴ میلی‌متر در نظر گرفته شد. هر یک از اباتمنت‌ها توسط پیچ مربوطه به آنالوگ‌های فیکسچر متصل شدند. مجموعه‌های اباتمنت- آنالوگ در حفراتی که قبلاً در یک بلوک آلومینیومی به صورت موازی تراشیده شده بودند هدایت شده و توسط آکريل شفاف اتوپلیمریزه در محل خود مانع شدند. پس از محکم کردن پیچ اباتمنت‌ها (تورک ۳۰ Ncm)، در نهایت مدخل پیچ‌ها در سطح فوقانی هر اباتمنت با کامپوزیت Flowable مسدود شد.

توسط هر یک از سیستم‌های CAD/CAM شامل AmannGirrbach و Zirkonzahn، ۱۲ فریم ورک زیرکونیایی ساخته شد (شکل ۲). به این منظور پس از اسکن مدل اصلی توسط اسکنر هر سیستم، در نرم افزار مربوطه فریم ورک به صورت مجازی به شکل یک بریج سه واحدی با پایه‌های کانین و پره‌مولر دوم ماگزایلا با کانتور کامل (full contour) طراحی شد و سپس با در نظر گرفتن فضای ۱/۱ میلی‌متری برای ونیر، Cutback انجام گرفت. ابعاد کانکتورها ۱۲ میلی‌متر مربع و فضای سمان ۳۰ میکرونی در فاصله ۱ میلی‌متر بالاتر از فینیش لاین در نظر گرفته شد. در هر سیستم با استفاده از بلوک زیرکونیای نیمه سینتر (semi-sintered) ۱۲ فریم‌ورک تراشیده شده و پروسه سینترینگ آنها در کوره تکمیل شد. سینترینگ فریم ورک‌ها در سیستم‌های AmannGirrbach و Zirkonzahn، به مدت ۸ ساعت و به ترتیب در دمای ۱۴۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری میزان گپ مارژینال، هر یک از فریم ورک‌ها بر روی مدل اصلی قرار گرفته و توسط دستگاه Video Measuring System (ARCS, Taichung, Taiwan) و با بزرگنمایی ۲۰۰ برابر بررسی شد. به این منظور، هر یک از فریم ورک‌ها توسط یک کلمپ (گیره) به طور ثابت بر روی مدل نگه داشته شد (شکل ۳). با قرار دادن بلوک آلومینیومی بر روی سطوح متفاوت آن، محل مورد نظر جهت اندازه‌گیری گپ، در وضعیت مناسب و عمود به دستگاه تنظیم شد.

ورک‌ها وابسته به سایز اباتمنت نمی‌باشد. طبق تعریف Holmes و همکاران (۱۵)، میزان گپ مارژینال مطلق فاصله میان مارژین پروتز و فینیش لاین اباتمنت می‌باشد و بیان شده است که این نوع گپ مفیدترین شاخص نشان دهنده عدم تطابق مارژینال رستوریشن می‌باشد. در مطالعه Kohorst و همکاران (۱۳) میزان گپ مارژینال مطلق بریج‌های چهار واحدی زیرکونیایی دو سیستم inLab و Everest به ترتیب ۱۸۲ و ۲۰۶ میکرومتر به دست آمد که با نتایج مطالعه حاضر قابل مقایسه است اما تا حدودی نسبت به مقادیر به دست آمده در این مطالعه بیشتر می‌باشد. علت این مسأله را می‌توان به طول بیشتر رستوریشن در مطالعه Kohorst و همکاران (۱۳) نسبت داد، زیرا هرچه طول رستوریشن بیشتر باشد میزان خطاهای دستگاه CAD/CAM، به خصوص در تخمین میزان انقباض بیشتر می‌شود (۱۶). طبق بررسی‌های انجام شده، در گذشته مطالعات زیادی میزان گپ مارژینال فریم ورک‌های دو سیستم CAD/CAM، AmannGirrbach و Zirkonzahn را بررسی و مقایسه کرده‌اند. در مطالعه Lins و همکاران (۱۷) میزان گپ مارژینال مطلق روکش‌های تک واحدی سیستم AmannGirrbach، ۶۶ میکرومتر گزارش شد. در مطالعه دیگری Suarez و همکاران (۱۸) میزان گپ مارژینال مطلق روکش‌های تک واحدی سیستم Zirkonzahn را ۳۹ میکرومتر گزارش کردند. این مقادیر مشخصاً نسبت به مقادیر به دست آمده در مطالعه حاضر کمتر هستند. علت این مسأله را می‌توان به تفاوت میزان گپ رستوریشن‌های تک واحدی و بریج‌ها نسبت داد؛ براساس نتایج مطالعات Anunmana و Kunii و همکاران (۱۶، ۱۹)، میزان گپ مارژینال در بریج‌ها نسبت به روکش‌های تک واحدی بیشتر می‌باشد، زیرا با طول شدن طول رستوریشن خطاهای جین ساخت و مخصوصاً میزان خطای سینترینگ بیشتر خواهد بود.

با کمک نرم‌افزار مربوطه (ARCS Vision Measurement Software)، میزان گپ مارژینال مطلق (Absolute marginal discrepancy) بر حسب میکرومتر در ۸ نقطه از اباتمنت پره‌مولر (۲ نقطه در هر یک از سطوح باکال، لینگوال، میال و دیستال) و ۶ نقطه از اباتمنت کانین (۲ نقطه در هر یک از سطوح باکال، لینگوال و دیستال)، اندازه‌گیری شد (شکل ۴). برای مقایسه دو سیستم CAD/CAM از نظر میزان گپ مارژینال مطلق از Independent t-test و برای بررسی تأثیر اندازه اباتمنت بر میزان گپ مارژینال مطلق از Paired t-test استفاده شد و حد معنی‌داری آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میزان میانگین و انحراف معیار گپ مارژینال مطلق اباتمنت‌های پره‌مولر و کانین در دو سیستم AmannGirrbach و Zirkonzahn در جدول ۱ بیان شده است. بین میزان گپ مارژینال اباتمنت‌های پره‌مولر و کانین در هیچ یک از دو سیستم تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0/05$). در مورد اباتمنت پره‌مولر، میزان گپ مارژینال مطلق در فریم ورک‌های ساخته شده توسط سیستم AmannGirrbach بیشتر از سیستم Zirkonzahn دیده شد ($P = 0/005$).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میزان گپ مارژینال مطلق فریم ورک‌های زیرکونیایی ساخته شده توسط سیستم Amann Girrbach بیشتر از فریم ورک‌های سیستم Zirkonzahn می‌باشد، همچنین یافته‌ها حاکی از این هستند که میزان گپ مارژینال مطلق این فریم

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار (SD) گپ مارژینال مطلق فریم ورک‌ها (برحسب میکرومتر) به تفکیک سیستم CAD/CAM و اباتمنت

سیستم CAD/CAM	اباتمنت	میانگین گپ مارژینال مطلق فریم ورک‌ها (میکرومتر)	انحراف معیار (SD)
AmannGirrbach	پره‌مولر	۱۶۸	±۱۹
	کانین	۱۵۸	±۲۲
Zirkonzahn	پره‌مولر	۱۳۶	±۳۱
	کانین	۱۵۱	±۵۳

سطوح طرفی آن در مقابل دستگاه قرار داده شد. بدین ترتیب امکان اندازه‌گیری گپ مارژینال در ۶ نقطه از اباتمنت کانین و ۸ نقطه از اباتمنت پرمولر فراهم شد و مجموعاً گپ مارژینال در ۱۴ نقطه از هر فریم اندازه‌گیری شد. در بسیاری از مطالعات گذشته نیز ۸-۶ نقطه از مارژین هر اباتمنت برای اندازه‌گیری گپ مارژینال انتخاب شده است (۳۰-۲۷، ۲۳). پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، انواع دیگر گپ مارژینال و همچنین تطابق داخلی فریم ورک‌های ساخته شده توسط این دو سیستم CAD/CAM نیز مورد بررسی قرار گیرد تا اطلاعات کامل‌تری در رابطه با دقت رستوریشن‌های ساخته شده توسط این دو سیستم به دست آید.

با وجود محدودیت‌های این مطالعه، به نظر می‌رسد میزان گپ مارژینال مطلق فریم ورک‌های زیرکونیایی سه واحدی ساخته شده توسط سیستم AmmanGirrbach بیشتر از سیستم Zirkonzahn است و اندازه اباتمنت تأثیری بر میزان گپ مارژینال مطلق ندارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از طرح تحقیقاتی شماره ۲۸۲۲۷-۰۲-۷۰-۹۴ مصوب مرکز تحقیقات دندانپزشکی و پژوهشکده علوم دندانپزشکی، و پایان‌نامه تخصصی به شماره ۸۳۶ دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران می‌باشد.

به طور کلی تفاوت‌هایی که بین میزان گپ در مطالعه حاضر و سایر مطالعات وجود دارد را می‌توان به علت تفاوت در سیستم‌های CAD/CAM، طول فریم‌ها، میزان فضای سمان در نظر گرفته شده، انجام و یا عدم انجام تنظیمات داخلی فریم‌ها، روش اندازه‌گیری گپ دانست. در مطالعه حاضر، بین میزان گپ مارژینال مطلق دو اباتمنت کانین و پرمولر تفاوتی دیده نشد، این مسئله در راستای نتایج مطالعات Grenade، Anunmana و Kokubo و همکاران می‌باشد (۲۱-۱۹). در این مطالعات نیز میزان گپ مارژینال اباتمنت‌های با سایزهای مختلف، تفاوت معنی‌داری نداشتند.

در بسیاری از مطالعات گپ مارژینال با قرار دادن پروتز بر روی کست اصلی و با کمک میکروسکوپ نوری اندازه‌گیری شده است (۲۵-۱۴، ۹). در مطالعه حاضر نیز، تطابق مارژینال با قرار دادن هر یک از فریم‌ها بر روی مدل اصلی و با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری ویدیویی (Video Measuring System) با میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۲۰۰ برابر مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات گذشته، تعداد نقاط متفاوتی را جهت اندازه‌گیری گپ مارژینال انتخاب کرده‌اند. طبق بررسی انجام شده، این تعداد بین ۴ تا ۳۶۰ نقطه در مارژین رستوریشن (در مطالعاتی که به صورت مجازی گپ را بررسی کرده‌اند)، متغیر بوده است (۲۶، ۱۴). در مطالعه حاضر، برای اندازه‌گیری دقیق انواع گپ‌های مارژینال، ناحیه مورد نظر باید کاملاً عمود بر میکروسکوپ دستگاه تنظیم می‌شد، بنابراین بلوک بر روی هر یک از

منابع:

- 1- Pietrabissa R, Contro R, Quaglini V, Soncini M, Gionso L, Simion M. Experimental and computational approach for the evaluation of the biomechanical effects of dental bridge misfit. *J Biomech.* 2000;33(11):1489-95.
- 2- De Boever AL, Keersmaekers K, Vanmaele G, Kerschbaum T, Theuniers G, De Boever JA. Prosthetic complications in fixed endosseous implant-borne reconstructions after an observations period of at least 40 months. *J Oral Rehabil.* 2006;33(11):833-9.
- 3- Kreissl ME, Gerds T, Mueche R, Heydecke G, Strub JR. Technical complications of implant-supported fixed partial dentures in partially edentulous cases after an average observation period of 5 years. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18(6):720-6.
- 4- Abduo J, Bennani V, Waddell N, Lyons K, Swain M. Assessing the fit of implant fixed prostheses: a critical review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010;25(3):506-15.
- 5- Sahin S, Cehreli MC, Yalcin E. The influence of functional forces on the biomechanics of implant-supported prostheses-a review. *J Dent.* 2002;30(7-8):271-82.
- 6- Kunavisarut C, Lang LA, Stoner BR, Felton DA. Finite element analysis on dental implant-supported prostheses without passive fit. *J Prosthodont.* 2002;11(1):30-40.
- 7- Winter W, Mohrle S, Holst S, Karl M. Bone loading caused by different types of misfits of implant-supported fixed dental prostheses: a three-dimensional finite element analysis based on experimental results. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010;25(5):947-52.
- 8- Schwarz MS. Mechanical complications of dental implants.

Clin Oral Implants Res. 2000;11(1):156-8.

9- Att W, Komine F, Gerds T, Strub JR. Marginal adaptation of three different zirconium dioxide three-unit fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent.* 2009;101(4):239-47.

10- Gonzalo E, Suarez MJ, Serrano B, Lozano JF. A comparison of the marginal vertical discrepancies of zirconium and metal ceramic posterior fixed dental prostheses before and after cementation. *J Prosthet Dent.* 2009;102(6):378-84.

11- Karatasli O, Kursoglu P, Capa N, Kazazoglu E. Comparison of the marginal fit of different coping materials and designs produced by computer aided manufacturing systems. *Dent Mater J.* 2011;30(1):97-102.

12- Kohorst P, Brinkmann H, Dittmer MP, Borchers L, Stiesch M. Influence of the veneering process on the marginal fit of zirconia fixed dental prostheses. *J Oral Rehabil.* 2010;37(4):283-91.

13- Kohorst P, Brinkmann H, Li J, Borchers L, Stiesch M. Marginal accuracy of four-unit zirconia fixed dental prostheses fabricated using different computer-aided design/computer-aided manufacturing systems. *Eur J Oral Sci.* 2009;117(3):319-25.

14- Vigolo P, Fonzi F. An in vitro evaluation of fit of zirconium-oxide-based ceramic four-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems, before and after porcelain firing cycles and after glaze cycles. *J Prosthodont.* 2008;17(8):621-6.

15- Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent.* 1989;62(4):405-8.

16- Kunii J, Hotta Y, Tamaki Y, Ozawa A, Kobayashi Y, Fujishima A, et al. Effect of sintering on the marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated zirconia frameworks. *Dent Mater J.* 2007;26(6):820-6.

17- Lins L, Bemfica V, Queiroz C, Canabarro A. In vitro evaluation of the internal and marginal misfit of CAD/CAM zirconia copings. *J Prosthet Dent.* 2015;113(3):205-11.

18- Suárez MJJ, Vernimmen FS, Merchán EAR. Comparison of marginal fit of zirconia copings manufactured with the use of two CAD/CAM systems Cerec InLab (Sirona®) CAD/CAM Zirkonzahn (Zirkonzahn®) and Zirkograph 025 ECO pantographic system (manual milling system)(Zirkonzahn®). *Revista Odontológica Mexicana.* 2015;19(4):e236-e41.

19- Anunmana C, Charoenchitt M, Asvanund C. Gap

comparison between single crown and three-unit bridge zirconia substructures. *J Adv Prosthodont.* 2014;6(4):253-8.

20- Grenade C, Mainjot A, Vanheusden A. Fit of single tooth zirconia copings: comparison between various manufacturing processes. *J Prosthet Dent.* 2011;105(4):249-55.

21- Kokubo Y, Nagayama Y, Tsumita M, Ohkubo C, Fukushima S, Vult von Steyern P. Clinical marginal and internal gaps of In-Ceram crowns fabricated using the GN-I system. *J Oral Rehabil.* 2005;32(10):753-8.

22- Alghazzawi TF, Liu PR, Essig ME. The effect of different fabrication steps on the marginal adaptation of two types of glass-infiltrated ceramic crown copings fabricated by CAD/CAM technology. *J Prosthodont.* 2012;21(3):167-72.

23- Baig MR, Tan KB, Nicholls JI. Evaluation of the marginal fit of a zirconia ceramic computer-aided machined (CAM) crown system. *J Prosthet Dent.* 2010;104(4):216-27.

24- Hamza TA, Ezzat HA, El-Hossary MM, Katamish HA, Shokry TE, Rosenstiel SF. Accuracy of ceramic restorations made with two CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent.* 2013;109(2):83-7.

25- Rinke S, Fornefett D, Gersdorff N, Lange K, Roediger M. Multifactorial analysis of the impact of different manufacturing processes on the marginal fit of zirconia copings. *Dent Mater J.* 2012;31(4):601-9.

26- Matta RE, Schmitt J, Wichmann M, Holst S. Circumferential fit assessment of CAD/CAM single crowns--a pilot investigation on a new virtual analytical protocol. *Quintessence Int.* 2012;43(9):801-9.

27- Beuer F, Naumann M, Gernet W, Sorensen JA. Precision of fit: zirconia three-unit fixed dental prostheses. *Clin Oral Investig.* 2009;13(3):343-9.

28- Kohorst P, Junghanns J, Dittmer MP, Borchers L, Stiesch M. Different CAD/CAM-processing routes for zirconia restorations: influence on fitting accuracy. *Clin Oral Investig.* 2011;15(4):527-36.

29- Prasad R, Al-Kheraif AA. Three-dimensional accuracy of CAD/CAM titanium and ceramic superstructures for implant abutments using spiral scan microtomography. *Int J Prosthodont.* 2013;26(5):451-7.

30- Zaghoul HH, Younis JF. Marginal fit of implant-supported all-ceramic zirconia frameworks. *J Oral Implantol.* 2013;39(4):417-24.