

Clinical Study to Evaluate the Accuracy of the Marginal and Internal Fit of Lithium Disilicate Crowns Using Conventional and Digital Techniques

Dr. Nasser Baherli*
Muhammad Marwan Chammout**

(Received 27 / 2 / 2020. Accepted 28 / 6 / 2020)

□ ABSTRACT □

The aim of this clinical study was to assess the accuracy of the marginal and internal fit of lithium disilicate crowns made from conventional impressions and technologies or digital impressions with 3D printing. The study sample included 22 full ceramic crowns (IPS e.max Press lithium disilicate), divided equally into 11 crowns made from a conventional impression with condensation silicone (pvs) and 11 crowns made from a digital impression with an intraoral scanner (i500) for the Korean company (Medit).

The patient had good oral health and had the indication of using full ceramic crowns as a result of the presence of old and bad fixed prosthodontics. Abutments prepared according to the principles of preparing the teeth to receive metal-free ceramic prosthodontics, with a deep chamfer finish line on the gingival line.

In this study, the marginal and internal gaps were measured by means of a replica technique without cementing crowns. We used a magnifier of the Italian-made OPTICA brand located in the Higher Institute for Environmental Research at Tishreen University with a magnification of 10 x to measure 4 points in the marginal region to study the marginal fit, 4 points on the axial surface and 4 points on the occlusal surface to study the internal fit of each crown.

We concluded within the limits of this clinical study:

- 1- There was no significant statistical difference in the marginal fit between the conventional and digital study groups.
- 2- The internal gap in the group of digital lithium disilicate crowns was smaller than that of conventional crowns.
- 3- All the internal and marginal gaps in this study were within clinically acceptable limits.

* Associate Professor, Department of Fixed Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Postgraduate Student, Department of Fixed Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Tishreen University, Lattakia, Syria.

دراسة سريرية لتقييم دقة الانطباق الحفافي والداخلي لتيجان ثنائي سيليكات الليثيوم المصنعة بتقنيات تقليدية ورقمية

د. ناصر بهرلي*

محمد مروان شموط**

(تاريخ الإيداع 2020 / 2 / 27. قُبِلَ للنشر في 2020 / 6 / 28)

□ ملخص □

كان الهدف من هذه الدراسة السريرية تقييم دقة الانطباق الحفافي والداخلي لتيجان ثنائي سيليكات الليثيوم المصنعة انطلاقاً من الطبقات و التقنيات التقليدية أو الطبقات الرقمية بمساعدة الطباعة ثلاثية الأبعاد.

شملت عينة الدراسة 22 تاجاً خزفياً كاملاً IPS e.max Press lithium disilicate، تم تقسيمها مناصفةً إلى 11 تاج مصنع من طبعة تقليدية بالمطاط السيليكوني التكتيفي (بولي فينيل سيلوكسان) و 11 تاج مصنع من طبعة رقمية بماسح داخل فموي (i500) لشركة (Medit) الكورية.

تمتعت المريضة بصحة فموية جيدة وكان لديها استطباب نتويج أسنانها نتيجة وجود تعويضات ثابتة قديمة سيئة المنظر تجملياً حيث حضرت الدعامة وفقاً لمبادئ تحضير الأسنان لاستقبال تعويضات خزفية خالية من المعدن، بخط إنهاء شبه كتف عميق على خط اللثة.

تم قياس الفجوة الحفافية والداخلية في هذه الدراسة، من خلال تقنية النسخ المتماثلة replica technique بدون إلصاق التيجان. وقد استخدمت مكبرة ماركة OPTICA إيطالية الصنع موجودة في المعهد العالي لبحوث البيئة في جامعة تشرين بتكبير 10× لقياس 4 نقاط في المنطقة الحفافية لدراسة الانطباق الحفافي و 4 نقاط على السطح المحوري و 4 نقاط على السطح الطاحن لدراسة الانطباق الداخلي لكل تاج.

نستنتج ضمن حدود هذه الدراسة السريرية ما يلي:

1. لم يكن هناك فرقاً إحصائياً هاماً في الانطباق الحفافي بين مجموعتي الدراسة التقليدية و الرقمية.
2. كانت الفجوة الداخلية في مجموعة تيجان lithium disilicate الرقمية أصغر من مثيلاتها في التيجان التقليدية.
3. كانت جميع الفجوات الحفافية والداخلية في هذه الدراسة ضمن الحدود المقبولة سريرياً.

* أستاذ مساعد - قسم التعويضات الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم التعويضات الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

مقدمة:

يعتبر تعويض البنى السنية بمواد حيوية قوية وتجميلية تحقق متطلبات المرضى في طب الأسنان أمراً أساسياً وهدفاً أساسياً لاختصاص التعويضات السنية الثابتة ومن هنا كان السعي وراء ظهور تقنيات جديدة تحقق مبدأ الجمال والوظيفة آخذة بعين الاعتبار جميع الشروط المهمة لنجاح أي تعويض كالتقبل الحيوي ودقة الانطباق وسهولة الصنع [1]. يمكن اعتبار الخزف بأنواعه المختلفة المادة المختارة لتأمين الترميمات التجميلية التي تقلد الأسنان الطبيعية من حيث اللون بسبب شافيتها الممتازة (translucency) [1].

يعتبر الانطباق الحفافي (marginal gap) العامل الأساسي في ديمومة ونجاح التعويض السني سريرياً. إن عدم الدقة في الانطباق الحفافي يكون سبباً في تطور التسرب الحفافي، مما يحفز توضع اللويحة الجرثومية التي تؤدي إلى إحداث النخور الثانوية والأمراض اللثوية وحول السنية المترافقة مع التدهور المترقي للترميم [2] بالإضافة إلى ذلك فإن الاختلافات في الانطباق الحفافي يمكن أن تخلق تركيزاً للجهود والتي من الممكن أن تنقص متانة وقوة الترميم مما قد يسبب انكساره لاحقاً [3].

لقد تم استخدام die spacer مع التقنيات التقليدية (الشمع المفقود والحقن بالحرارة) لتوفير الفجوات الحفافية والداخلية المناسبة، وبالتالي تسهيل استقرار التاج على دعامة [4-5]. على النقيض من ذلك، فإن ثخانة die spacer في التقنيات الرقمية عادة ما يتم تحديده من خلال برنامج التصميم CAD ومع ذلك، فإن تأثير ثخانة die spacer على الانطباق الأكثر ملاءمة للتاج يبقى غير معروف.

تعتبر الطبقات السنية خطوة هامة في طب الأسنان التعويضي حيث يتم نقل حالة الأسنان والنسج الرخوة من داخل الفم إلى مثال خارج الفم، لذلك تعتبر الدقة التي تؤثر على انطباق التعويضات عاملاً هاماً في إطالة عمر التعويض النهائي [6-7].

يعتبر المعيار المرجعي الحالي لطبقة القوس السنية الكاملة داخل الفم هو الطبعة التقليدية التي هي عبارة عن طبعة فيزيائية مصنوعة من مواد الطبع المرنة باستخدام طابع صلبة جاهزة متوفرة في الأسواق أو طابع إفرادية حيث يتم إنتاج مثال جبسي عند صب هذه الطبعة. تم شرح تقنيات متعددة في الأدب الطبي لأخذ الطبعة التقليدية بهدف تحقيق النتيجة الأكثر دقة [8-9].

في كثير من الأحيان، يتم إرسال الطبعة إلى مختبر صناعة الأسنان مما يجعل الطبعة تتعرض لتفاوت هام في درجة الحرارة [10]، وبغض النظر عن التفاوت في الزمن زيادة أو نقصاناً بين أخذ الطبعة وصبها بالجبس السني [11]. يؤثر نموذج الجبس المختار، ونسبة الماء إلى المسحوق، وكيفية التعامل مع الطبعة قبل صبها، بشكل مباشر على نوعية ونتيجة المثال الجبسي [9]. بمجرد أن يصنع المثال الجبسي يتم تطبيق die-hardener و die-spacer [12]، ثم تتم عملية التشميع والكسي والإحماء، ومن ثم تتم عملية الصب [13]. تؤدي هذه الخطوات ككل إلى احتمال التغير في الانطباق الحفافي والداخلي للتاج السني.

ومع تطور أنظمة التصميم والتصنيع بمساعدة الكمبيوتر (CAD/CAM)، وخاصة مع استخدام اوكسيد الزيركونيوم وثنائي سيليكات الليثيوم في صناعة التعويضات الخزفية، ازدادت أهمية النماذج والأمثلة الرقمية. لهذه الغاية كان لابد من تحويل المثال الجبسي إلى رقمي باستخدام مساحة خارج فموية لصنع مثال رقمي ثلاثي الأبعاد لتصميم وخرطة التعويض [14].

إن التطور الأخير في طب الأسنان الخاص بالتصميم والتصنيع بمساعدة الكمبيوتر كان الطبعة الرقمية باستخدام مساحة داخل فموية تقوم بمسح أسنان المريض [15-16]، ينتج عنه مثال رقمي افتراضي ثلاثي الأبعاد. وعند الحاجة يمكن تصنيع نموذج أو مثال فيزيائي بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد أو الخرطة اعتماداً على بيانات الطبعة الرقمية داخل الفموية [17].

في الوقت الحالي، لا يمكن استبدال الطبقات التقليدية بالطبقات الرقمية بشكل كامل من أجل تصنيع التعويضات السنية، إلا بعد القيام بدراسات مخبرية وسريية كافية تثبت موثوقية وتفوق مزايا الطبقات الرقمية مقارنةً مع مثيلاتها التقليدية.

أهمية البحث وأهدافه:

كان الهدف من هذه الدراسة السريية التحقق من دقة الانطباق الحفافي والداخلي لتيجان ثنائي سيليكات الليثيوم المصنعة انطلاقاً من الطبقات و التقنيات التقليدية أو الطبقات الرقمية بمساعدة الطباعة ثلاثية الأبعاد.

طرائق البحث ومواده:

تمت إعادة تحضير 11 دعامة سنية تتوضع في الفك العلوي كانت متوجة سابقاً بأنواع مختلفة من التعويضات الثابتة عند سيدة في العقد الرابع من العمر و ذلك لاستقبال تيجان خزفية كاملة مصنوعة من مادة ثنائي سيليكات الليثيوم بخط إنهاء شبه كتف عميق على مستوى خط اللثة و بحيث تؤمن جدران الأسنان المحضرة الثبات الكافي للتيجان المراد تصنيعها. توزعت هذه الدعامات الإحدى عشر كما يلي:
ثبنتين، رباعيتين، نابيين، ضاحك أول، ضاحك ثاني، رحي أولى ورحوين ثابنتين.



الشكل رقم (1): السنابل المستخدمة في عملية التحضير

تم استخدام تقنيتين لأخذ الطبعة، واحدة تقليدية باستخدام طابع معدني مع المطاط السيليكوني التكتيفي، وأخرى رقمية باستخدام ماسح داخل فموي i500 الخاص بشركة (Medit) الكورية و ذلك بعد تبعيد اللثة باستخدام خيوط التباعد. وفق ما يلي:

1- التقنية التقليدية لأخذ الطبعة و تصنيع التيجان:

تم استخدام مطاط سيليكوني تكتيفي من شركة Zhermack الإيطالية لأخذ الطبعة، حيث تم الالتزام بتعليمات الشركة الصانعة بدقة. جرت عملية أخذ الطبعة على مرحلتين باستخدام طابع معدني ذو قياس مناسب، وبحيث يترك فراغاً ملائماً يتراوح بين 2 و 3 ملم حول الأسنان المحضرة.

في المرحلة الأولى تم مزج الأساس و المسرع للطبعة الأولى، وبعدها وضع الطابع في مكانه الصحيح فوق أسنان الفك العلوي المحضرة مع استمرار الضغط الإصبعي؛ ثم قمنا بنزع الطابع من مكانه بعد تصلب المطاط القاسي. وفي المرحلة الثانية تم مزج أساس ومسرع الطبعة الثانية Oranwash L (المطاط الرخو منخفض اللزوجة)، ووضع هذا المطاط ضمن طبعة المطاط القاسي مع حقن كمية من هذا المطاط الرخو عند حواف الأسنان المحضرة بعد إزالة خيوط التباعد، وأعدنا وضع الطابع في مكانه الصحيح السابق فوق أسنان الفك العلوي، نستمر بالضغط الإصبعي حتى تمام التصلب، ومن ثم ينزع الطابع من مكانه، والتأكد من وضوح حواف الطبعة باستخدام مكبرة.

قمنا باستخدام جبس حجري من النمط الرابع (ston) من إنتاج شركة (DK MUNGYO) الكورية وذلك لتصنيع المثال الجبسي، وتم احترام تعليمات الشركة الصانعة بما يتعلق بنسبة المسحوق إلى الماء وطريقة المزج والاستخدام. تم المزج بشكل يدوي حتى تمام اندماج المسحوق مع الماء، ومن ثم وضعنا وعاء المزج على الهزاز، وبعدها تم صب الجبس الحجري ضمن الطبعة باستخدام الملوقة والهزاز.

نزع المثال الجبسي بعد 24 ساعة من عملية صب الطبعة، ثم جرت عملية توضيح حواف التحضير (تنزيل الحواف) وبدون إجراء أي تجزئة للمثال الجبسي.

تم وضع طبقة من العازل (Die spacer) على جميع الدعامات مع ترك مسافة وقدرها نصف ميليمتر بعيداً عن حواف التحضير.

تمت بعد ذلك عملية التشميع ومن ثم الكسي وصب التيجان الخزفية بتقنية الشمع المفقود ومن ثم الانتهاء والتلميع. علماً بأننا استخدمنا (Ivoclar Vivadent) IPS e.max Press lithium disilicate ingots لصنع هذه التيجان. وتمت إزالة بقايا المسحوق الكاسي من باطن التيجان باستخدام الترميل (sandblasting) بذرات حجمها 110 ميكرون.

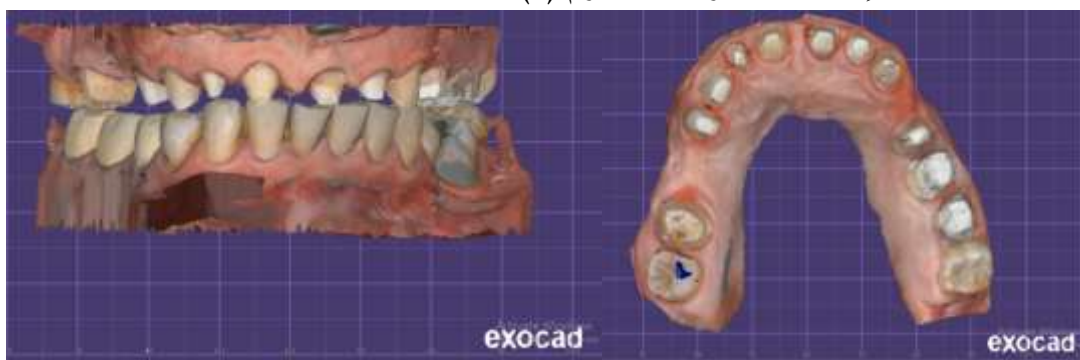
2- التقنية الرقمية لأخذ الطبعة و تصنيع التيجان:

تم أخذ الطبعة الرقمية باستخدام الماسح داخل الفموي (i500) لشركة (Medit) الكورية. حيث يتميز هذا الماسح بكاميرا تصل دقتها إلى 10 ميكرون عند أخذ طبعة رقمية للسِّن الواحد و 25 ميكرون لنصف الفك و 50 ميكرون للفك كاملاً وتقنية التصوير المستخدمة هي تقنية الفيديو ثلاثية الأبعاد ويتم تصدير الملفات بصيغة (STL) [نظام مفتوح]. يتميز هذا الماسح أيضاً بخوارزمية ذكية مع اثنتين من الكاميرات عالية السرعة لمسح سريع وفعال داخل الفم كما لا يتطلب (Medit i500) استخدام المسحوق في معظم الحالات العادية مما يجعل عملية المسح أكثر سلاسة وتجربة أكثر متعة للمريض الشكل رقم (2).



الشكل رقم (2): الماسح داخل الفموي (i500) لشركة (Medit) الكورية

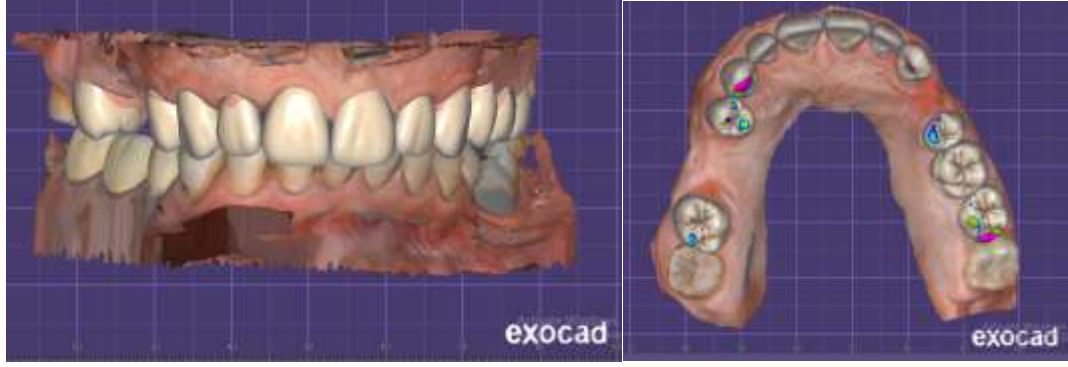
تمت عملية أخذ الطبعة و إطباق الأسنان رقميا الشكل رقم (3).



الشكل رقم (3): الطبعة الرقمية مع العلاقة الإطباقية للفكين العلوي و السفلي

ثم جرت عملية تصميم التيجان الخزفية اعتماداً على نظام التصميم على الكمبيوتر (CAD) حيث جعلت ثخانة الاسمنت 0,025 ملم وعند الحواف 0 ملم الشكل رقم (4).





الشكل رقم (4): عملية تصميم التيجان الخزفية اعتماداً على نظام التصميم على الكمبيوتر (CAD)

جرت بعد ذلك عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد بالراتنج للتيجان التي جرى تشميعها افتراضياً و من ثم تمت مرحلة الكسي و الصب الاعتيادية بتقنية الشمع المفقود و في النهاية عملية الانتهاء و التلميع كما ذكرنا سابقاً في المرحلة التقليدية. تم تحويل الطبعة الرقمية إلى مثال مصنوع من الراتنج باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل اختياري لوضع التيجان المنجزة عليه. ونشاهد في الشكل رقم (5) التيجان على دعاماتها بعد الانتهاء من تصنيعها.



الشكل رقم (5): 22 تاجاً خزفياً كاملاً IPS e.max Press lithium disilicate على دعاماتها

بعد إرسال التيجان الخزفية من مختبر صناعة الأسنان، جرى اختبار التوضع الأولي لهذه التيجان على الأسنان المحضرة في فم المريضة ثم تمت عملية دراسة الانطباق الحفافي والداخلي اعتماداً على تقنية النسخ المضاعف (Replica Technique) وذلك على النحو التالي:

تم استخدام المطاط الرخو منخفض اللزوجة (Oranwash L) لشركة Zhermack، وهو نفس المطاط المستخدم عند أخذ الطبعة النهائية المصححة حيث وضع هذا المطاط ضمن التاج المفحوص وجرى وضع هذا التاج في مكانه على السن المحضرة الموافقة له مع ضغط إصبعي مستمر على التاج حتى تمام تصلب المطاط الرخو وتم توجيه تيار من الهواء للتخلص من الكميات الزائدة من المطاط الرخو عند حواف التاج.

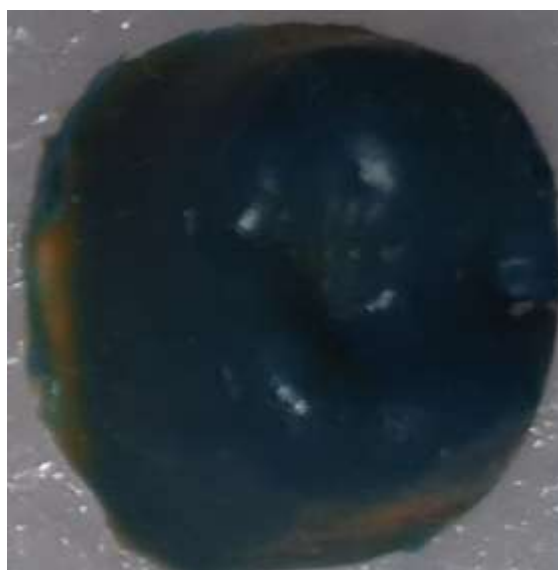
عند نزع التاج من مكانه على السن المحضرة، نلاحظ وجود طبقة رقيقة من المطاط الرخو في باطن التاج المفحوص وعلى حوافه، حيث تمثل ثخانة هذه الطبقة المطاطية ما يعرف بالفجوة الداخلية والحفافية بين التاج والسن المحضرة. بعد إكمال الخطوات السابقة بالنسبة لجميع التيجان المصنعة بكلا التقنيتين التقليدية والرقمية، تم وضع هذه التيجان على دعائمها المحضرة في فم المريضة و التأكد من استقرارها التام. ثم جرى أخذ طبعة بالمطاط القاسي كثيف للزوجة (Zetaplus) وبعد تمام التصلب تم نزع الطبعة من فم المريضة و بداخلها التيجان الخزفية مع الرقاقة المطاطية في باطن كل تاج منها الشكل رقم (6).



الشكل رقم (6): نزع الطبعة من فم المريضة وبداخلها التيجان الخزفية مع الرقاقة المطاطية في باطن كل تاج منها

تم صب الرقاقة المطاطية الموجودة في باطن كل تاج خزفي بمطاط سيليكوني منخفض اللزوجة ذو لون مختلف عن لون الرقاقة المطاطية السابقة الذكر و ذلك بعد إغلاق جميع الفجوات الموجودة بين التيجان الخزفية و المطاط القاسي كثيف للزوجة باستخدام الشمع الأحمر لمنع اندخال المطاط الرخو الإضافي المصبوب في باطن التاج ضمن هذه الفجوات. تم استخدام رقاقة مطاطية ذات لون برتقالي مع صب مطاط رخو بلون أخضر بالنسبة للتيجان التقليدية و عكس ذلك بالنسبة للتيجان الرقمية.

تم فصل كتلة الثخانة المطاطية عن التاج الخزفي الشكل رقم (7).



الشكل رقم (7): فصل كتلة الثخانة المطاطية عن التاج الخزفي

و ندرج فيما يلي جدولاً بالمواد المستخدمة في هذا البحث:

جدول رقم (1): المواد المستخدمة في هذا البحث و مصدرها

مطاط سيليكوني تكثيفي	شركة Zhermack الإيطالية
جبس حجري من النمط الرابع (ston)	شركة (DK MUNGYO) الكورية
IPS e.max Press lithium disilicate ingots	(Ivoclar Vivadent)

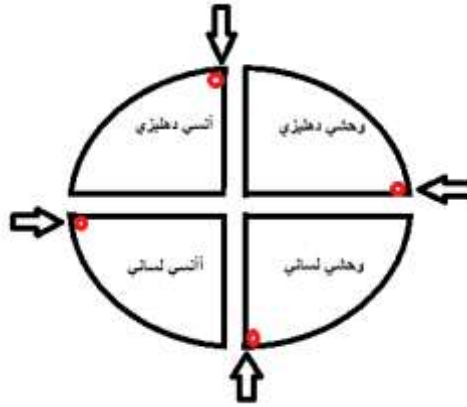
ثم جرى تقسيم هذه الكتلة المطاطية إلى أربعة أقسام متساوية (4 أرباع) باستخدام مشرط دقيق في الاتجاهين الأنسي الوحشي والدهليزي اللساني. تم حفظ كل قسم من الأقسام الأربعة بكيس خاص وحفظت الأكياس الأربعة لكل تاج بكيس. تم استخدام مكبرة ماركة OPTICA إيطالية الصنع موجودة في المعهد العالي لبحوث البيئة في جامعة تشرين بتكبير 10× لقياس 4 نقاط في المنطقة الحفافية لدراسة الانطباق الحفافي و 4 نقاط على السطح المحوري و 4 نقاط على السطح الطاحن لدراسة الانطباق الداخلي الشكل رقم (8).



الشكل رقم (8): مكبرة ماركة OPTICA المستخدمة في عملية القياس

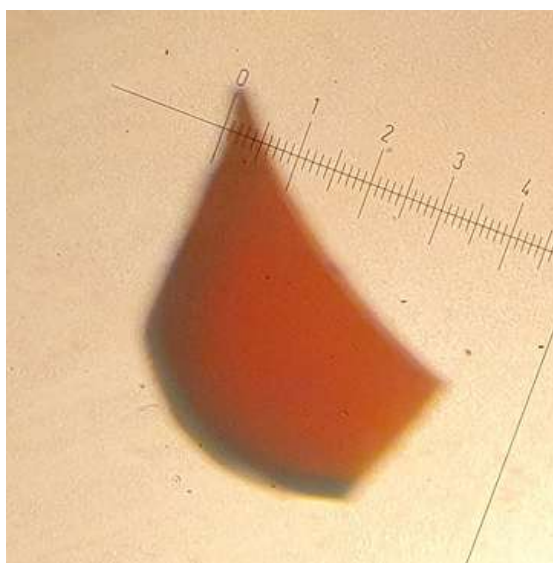
توضعت نقاط القياس كما يلي:

تم القياس على السطح الدهليزي للنقاط الحفافية والداخلية عند الجزء الدهليزي من القسم الأنسي الدهليزي
تم القياس على السطح الوحشي للنقاط الحفافية والداخلية عند الجزء الوحشي من القسم الوحشي الدهليزي
تم القياس على السطح اللساني للنقاط الحفافية والداخلية عند الجزء اللساني من القسم الوحشي اللساني
تم القياس على السطح الأنسي للنقاط الحفافية والداخلية عند الجزء الأنسي من القسم الأنسي اللساني
ويوضح الشكل رقم (9) النقاط المستخدمة في عملية القياس.

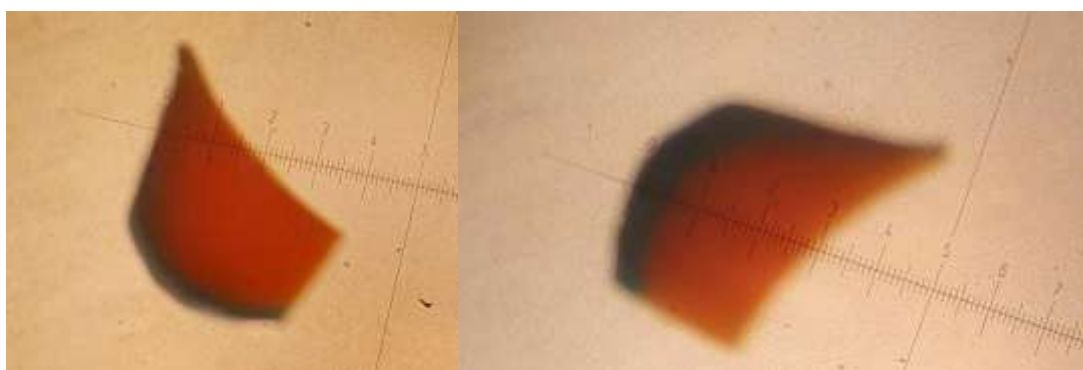


الشكل رقم (9): رسم توضيحي يوضح النقاط المستخدمة في عملية القياس

تم القياس اعتماداً على تعريف مصطلح الحافة حسب Holmes وزملائه [18]:
الفرجة الحفافية (marginal gap): تشمل المسافة بين التاج والتحضير عندما يتم القياس بشكل عمودي بين السطح الداخلي للتاج وخط إنهاء التحضير أي من أبعد نقطة على المحيط الخارجي لشبه الكتف المحضر باتجاه أبعد نقطة على المحيط الخارجي للسطح الداخلي للتاج.
الفرجة الداخلية (internal gap): هو المسافة التي تقاس بشكل عمودي بين السطح الداخلي للتاج والجدار المحوري و الطاحن للتحضير.
وتوضح الأشكال 10 و 11 و 12 قياس الفجوات الحفافية و الفجوة الداخلية على السطح المحوري و السطح الطاحن.



الشكل رقم (10): قياس الفجوة الحفافية



الشكل رقم (11): قياس الفجوة الداخلية على السطح الطاحن الشكل رقم (12): قياس الفجوة الداخلية على السطح المحوري

النتائج والمناقشة:

النتائج:

1- قياس قيمة الفجوة الحفافية:

تم قياس قيمة الفجوة الحفافية عند كل نقطة من نقاط القياس المذكورة سابقاً، وبالتالي يكون عدد النقاط المدروسة من أجل الانطباق الحفافي لكل تاج أربع نقاط ويكون مجموع النقاط المدروسة من أجل الانطباق الحفافي لكل التيجان المصنوعة بالتقنيات التقليدية 44 نقطة بالإضافة إلى 44 نقطة أخرى تخص التيجان المصنوعة بالتقنيات الرقمية. ويكون مقدار الفجوة الحفافية عند كل تاج مساوياً للمتوسط الحسابي لمقدار الفجوة الحفافية عند نقاط القياس الأربع المدروسة. أما مقدار الفجوة الحفافية في حالة التيجان التقليدية فيكون مساوياً للمتوسط الحسابي لمقدار الفجوة الحفافية للتيجان التقليدية الأحد عشر. ويكون مقدار الفجوة الحفافية في حالة التيجان الرقمية مساوياً للمتوسط الحسابي لمقدار الفجوة الحفافية للتيجان الرقمية الأحد عشر. ويمثل الجدول التالي رقم (2) قيم المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والقيمة الدنيا والعليا للفجوة الحفافية لكل من مجموعتي الدراسة:

جدول رقم (2): قيم المتوسط الحسابي والانحراف المعياري و القيمة الدنيا و العليا للفجوة الحفافية في كل من مجموعتي الدراسة

الطبعة التقليدية	الطبعة الرقمية	قيمة الفجوة الحفافية
11	11	العدد
33.2818	26.0909	المتوسط الحسابي
9.46761	10.42540	الانحراف المعياري
18.10	12.80	القيمة الدنيا
47.50	45.20	القيمة العليا

ولمعرفة فيما إذا كان هناك فرق بين متوسط مقدار الفجوة الحفافية في كل المجموعتين الرقمية والتقليدية، تم استخدام اختبار Mann-Whitney Test كما هو مبين بالجدول رقم (3).

جدول رقم (3): قيمة Mann-Whitney U وقيمة مستوى الدلالة للاختبار وفقاً لمتوسط مقدار الفجوة الحفافية

في كل المجموعتين الرقمية والتقليدية عند تطبيق اختبار Mann-Whitney

متوسط قيمة الفجوة الحفافية	الاختبار الإحصائي
35.000	Mann-Whitney U
101.000	Wilcoxon W
-1.674	Z
0.094	Sig.

نلاحظ من الجدول السابق أن قيمة مستوى الدلالة للاختبار قد بلغت /0.094/ وهي أكبر من مستوى الدلالة المطلوب والذي هو /0.05/ وبالتالي لا يوجد هناك فرق إحصائي هام بين المتوسطين في كلا المجموعتين الرقمية والتقليدية.

2- قياس قيمة الفجوة الداخلية:

بعدها تم قياس قيمة الفجوة الداخلية عند كل نقطة من نقاط القياس المذكورة سابقاً والتي تتوضع في منتصف السطح المحوري و بالتالي يكون عدد النقاط المدروسة من أجل الانطباق الداخلي على السطح المحوري لكل تاج أربع نقاط ويكون مجموع النقاط المدروسة من أجل الانطباق الداخلي على السطح المحوري لكل التيجان المصنوعة بالتقنيات التقليدية 44 نقطة بالإضافة إلى 44 نقطة أخرى تخص التيجان المصنوعة بالتقنيات الرقمية. ويكون مقدار الفجوة الداخلية على السطح المحوري لكل تاج مساوياً للمتوسط الحسابي لمقدار الفجوة الداخلية على السطح المحوري عند نقاط القياس الأربع المدروسة.

بعدها تم قياس قيمة الفجوة الداخلية عند كل نقطة من نقاط القياس المذكورة سابقاً و التي تتوضع على السطح الطاحن وبالتالي يكون عدد النقاط المدروسة من أجل الانطباق الداخلي على السطح الطاحن لكل تاج أربع نقاط ويكون مجموع النقاط المدروسة من أجل الانطباق الداخلي على السطح الطاحن لكل التيجان المصنوعة بالتقنيات التقليدية 44 نقطة بالإضافة إلى 44 نقطة أخرى تخص التيجان المصنوعة بالتقنيات الرقمية.

ويكون مقدار الفجوة الداخلية على السطح الطاحن لكل تاج مساوياً للمتوسط الحسابي لمقدار الفجوة الداخلية على السطح الطاحن عند نقاط القياس الأربع المدروسة. ويكون مقدار الفجوة الداخلية الكلية لكل تاج مساوياً للمتوسط الحسابي لمقدار الفجوة الداخلية على السطح الطاحن لهذا التاج.

أما مقدار الفجوة الداخلية الكلية في حالة التيجان التقليدية فيكون مساوياً للمتوسط الحسابي لمقدار الفجوة الداخلية الكلية للتيجان التقليدية الأحد عشر. ويكون مقدار الفجوة الداخلية الكلية في حالة التيجان الرقمية مساوياً للمتوسط الحسابي لمقدار الفجوة الداخلية الكلية للتيجان الرقمية الأحد عشر. ويمثل الجدول التالي رقم (4) قيم المتوسط الحسابي للفجوة الداخلية والانحراف المعياري لكل من مجموعتي الدراسة:

جدول رقم (4): قيم المتوسط الحسابي والانحراف المعياري و القيمة الدنيا و العليا للفجوة الداخلية في كل من مجموعتي الدراسة

الطبعة التقليدية	الطبعة الرقمية	قيمة الفجوة الداخلية
11	11	العدد
54.768	45.450	المتوسط الحسابي
10.664	10.751	الانحراف المعياري
38.70	34.05	القيمة الدنيا
69.85	67.45	القيمة العليا

ولمعرفة فيما إذا كان هناك فرق بين متوسط متوسط قيمة الفجوة الداخلية في كل من المجموعتين الرقمية والتقليدية، تم استخدام اختبار Mann-Whitney Test:

جدول رقم (5): قيمة Mann-Whitney U وقيمة مستوى الدلالة للاختبار وفقاً لمتوسط مقدار الفجوة الداخلية في كل المجموعتين الرقمية والتقليدية عند تطبيق اختبار Mann-Whitney

الاختبار الإحصائي	متوسط قيمة الفجوة الداخلية
Mann-Whitney U	29.500
Wilcoxon W	95.500
Z	-2.036
Sig.	0.042

نلاحظ من الجدول السابق أن قيمة مستوى الدلالة للاختبار قد بلغت /0.042/ وهي اصغر من مستوى الدلالة المطلوب والذي هو /0.05/ وبالتالي هناك فارق إحصائي هام بين المتوسطين في كلا المجموعتين الرقمية والتقليدية.

المناقشة:

إن أحد الأغراض الرئيسية لهذه الدراسة هو تقييم ما إذا كان هناك علاقة ما بين تقنية الطبعة (التقليدية أو الرقمية) وطريقة تصنيع التاج (الحقن press)، مع الانطباق الحفافي والداخلي للتاج. يستخدم الانطباق الحفافي على نطاق واسع في الأدب الطبي كمقياس رئيسي هام لجودة التعويضات الثابتة ونجاحها. كما تم تقييم الانطباق الداخلي للحصول على رؤية أكثر اكتمالاً عن كيفية انطباق التيجان على الأسنان في الواقع.

لم تكن هذه الدراسة، اختباراً لتقنية جديدة في طب الأسنان فقط، ولكن سمحت أيضاً باستخدام هذه التقنية الصناعية (الطبعة الرقمية والتصميم الرقمي في طب الأسنان) في الحصول على قياسات رقمية للأسنان المحضرة في فم المريض مع الفك السفلي المقابل والعلاقة الإطباقية بينهما. وباستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد حصلنا على مثال العمل المصنوع من الراتنج. كما تسمح التقنية الرقمية بتحريك الأمثلة وتدويرها وتجزئتها وقياسها عدة مرات وبأكثر من طريقة، مما يسمح بتوفير كمية كبيرة من البيانات التي لم تكن متاحة سابقاً.

شملت عينة الدراسة 22 تاجاً خزفياً كاملاً IPS e.max Press lithium disilicate، تم تقسيمها مناصفةً إلى 11 تاج مصنع من طبعة تقليدية بالمطاط السيليكوني التكتيفي و 11 تاج مصنع من طبعة رقمية بماسح داخل فموي (i500) لشركة (Medit) الكورية.

تمتاز المريضة بصحة فموية جيدة دون وجود إصابات في النسيج الداعمة و لديها استطباب تنويج أسنانها نتيجة وجود تعويضات ثابتة قديمة سيئة المنظر تجملياً. تم تحضير الدعامات وفقاً لمبادئ تحضير الأسنان لاستقبال تعويضات خزفية خالية من المعدن، بخط إنهاء شبه كتف على خط اللثة. لم نقم بتجزئة (تقطيع) المثال الجبسي نهائياً لمنع تأثير مثل هذا الإجراء على نتائج الدراسة.

هناك تقنيات متعددة جرى وصفها في الأدب الطبي من أجل قياس مدى الانطباق الحفافي والداخلي للتيجان الكاملة. وتعتبر التقنية الأكثر شيوعاً في هذا المجال تقنية النسخ المتماثلة replica technique حيث أن الميزة الهامة لهذه التقنية هو أنه يمكن استخدامها في الجسم الحي وكذلك في المختبر لأنها لا تسبب تخريب العينات المدروسة [19-20]. و تعرف بأنها تشغل المساحة الواقعة بين السطح الداخلي للتاج و سطح السن المحضرة وقد تم وصف هذه التقنية من قبل مولين وكارلسون [19]. ومع ذلك يشكل التعامل مع المواد الطابعة المطاطية، الضغط المطبق على

العينات أثناء التصلب، ووضع العينة تحت المجهر بعض القيود المفروضة على هذه التقنية. أنتجت تقنية النسخ المتماثلة تمثيل ثلاثي الأبعاد لمساحة الاسمنت ولكن تم أخذ القياسات فعلياً بعد تقسيمها وتجزئتها. تم تحريك التاج يدوياً في كل مرة وضع في مكانه على دعامته لتأمين أقرب انطباق حفافي وداخلي و بدون إجراء أية تعديلات لتحسين الانطباق. لم يتم إصاق التيجان في هذه الدراسة لأن عملية الإصاق بالإسمنت قد تتسبب بنتائج مختلفة. تم إجراء القياسات من قبل الباحث نفسه و تمت إعادة القياسات من قبل الأستاذ المشرف لتجنب تأثير أي عوامل شخصية حيث تم الحصول على قياسات متقاربة.

فحص كل من Von Fraunhofer و Mclean أكثر من ألف تاج في عام 1971 واستنتجاً بعد فترة خمس سنوات بأن الفرجة الحفافية التي تكون بحدود 120 ميكرون أو أقل كانت مقبولة من الناحية السريرية، وأن الفرجات الحفافية دون 80 ميكرون من الصعوبة بمكان أن تكشف سريراً [21].

فيما يتعلق بالانطباق الداخلي المثالي، ذكرت العديد من الدراسات أن الفجوة الداخلية بين 50 و 100 ميكرون يمكن أن تؤدي إلى أداء أفضل للإسمنت الراتنجي. قد تكون قيمة الفجوة الداخلية بين 200 و 300 ملم مقبولةً سريراً، ولكن هذا يتطلب تأكيد في الجسم الحي [22-23].

بالعودة إلى النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة فقد لاحظنا عدم وجود فارق إحصائي هام بين مجموعتي دراسة الطبعة التقليدية والطبعة الرقمية بما يخص مقدار الفجوة الحفافية بينما على النقيض من ذلك فقد كان هناك فارقاً إحصائياً هاماً بين المجموعتين بما يخص مقدار الفجوة الداخلية. يمكن أن نعزو ذلك إلى أنه في حالة الانطباق الحفافي تم تطبيق die spacer في حالة مجموعة الطبعة التقليدية بعيداً عن حواف التحضير بمقدار 0,5 ملم و كذلك الأمر بالنسبة لمجموعة الطبعة الرقمية حيث تركت مسافة 0,5 ملم عند حواف التحضير أثناء التصميم بدون فجوة للإسمنت. أما بما يخص الانطباق الداخلي فقد تم تطبيق طبقة من die spacer في حالة مجموعة الطبعة التقليدية على السطوح المحورية وعلى السطح الطاحن بدون أن تكون لدينا القدرة على ضبط ثخانتها أما في حالة مجموعة الطبعة الرقمية فقد تم أثناء التصميم ترك ثخانة لفجوة الإسمنت وقدرها 0,025 ملم أي 25 ميكرون.

قارن Mously وزملاؤه عام 2014 [24] في دراسة مخبرية بين الانطباق الحفافي والداخلي لتيجان E.max CAD مع طبعة رقمية باستخدام ماسحة خارج فموية مع ثخانات مختلفة ل die spacer وهي 30-60-90 ميكرون و E.max press مع طبعات سيليكونية تقليدية. كان حجم العينة عشر تيجان لكل مجموعة من المجموعات الأربع وخط الإنهاء المستخدم شبه كتف كما لم يتم إصاق العينات. تم قياس الفراغ الحفافي والداخلي بواسطة التصوير المقطعي المحوسب Micro-CT وبرنامج لتحليل الصور. كانت قيمة الفراغ الحفافي والداخلي أصغر بشكل ملحوظ في تيجان E.max press. لم تتوافق نتائج دراستنا مع هذه الدراسة وهذا يمكن أن يكون بسبب الاختلافات في تقنية التصنيع وثخانة die spacer وطريقة القياس حيث أنه من سليات التصوير المقطعي المحوسب Micro-CT انخفاض قدرة التمييز مقارنة بالمجهر الضوئي أو الإلكتروني [25]. و يعتبر أهم عيب في هذه التقنية هو التشوهات الإشعاعية، بسبب اختلاف معامل الامتصاص الإشعاعي للمواد المختلفة المستخدمة [26].

قام Neves وزملاؤه عام 2014 [27] بدراسة مخبرية على ضواك طبيعية لتقييم الانطباق الحفافي بواسطة برنامج معالجة بعد المسح بواسطة التصوير المقطعي المحوسب لتيجان lithium disilicate جرى تصنيعها بثلاث طرق مختلفة:

ماسح (Cerec) طبعة رقمية مع استخدام مسحوق أكسيد التيتانيوم ثم التصنيع بتقنية CAD/CAM. ماسح (E4D): طبعة رقمية بدون استخدام مسحوق أكسيد التيتانيوم ثم التصنيع بتقنية CAD/CAM. طبعة تقليدية باستخدام بولي فينيل سيلوكسان مع الحقن بالحرارة باستخدام الأمثلة الجبسية و تقنية الشمع المفقود. كان حجم العينة 5 تيجان لكل مجموعة ولم يتم إجراء أي تعديلات على هذه التيجان قبل قياس الانطباق الحفافي ولكن جرى تثبيتها على نماذجها الإفرادية بالمطاط السيليكوني.

أظهرت التيجان المصنعة بالتقنية التقليدية وتلك المصنعة بالاعتماد على ماسح Cerec الفجوات العمودية الأصغر. لم تتوافق نتائج دراستنا مع هذه الدراسة وهذا يمكن أن يكون بسبب حجم عينة هذه الدراسة حيث كان صغيراً (5 عينات لكل مجموعة) وهذا من الممكن ان يكون غير كافي لإعطاء نتيجة مقبولة. بالإضافة إلى استخدام المادة السيليكونية لتثبيت التيجان على نماذجها الإفرادية الأمر الذي يمكن أن يؤثر على دقة قياس الفجوة الحفافية. وأيضاً استخدام التصوير المقطعي المحوسب Micro-CT كما سبق ذكره.

قارن Andioti وزملاؤه عام 2014 [28] الانطباق الحفافي لتيجان E.max press و E.max CAD مع استخدام الطبقات العادية (PVS) والضوئية. حيث تم تحضير رحي أولى سفلية إكريلية لاستقبال تاج خزفي كامل. وقسمت الدراسة إلى 4 مجموعات:

المجموعة 1 (PVS+Press)، المجموعة 2 (PVS+CAD-CAM)، المجموعة 3 (Optical+Press)، المجموعة 4 (Optical+CAD-CAM). وكان حجم العينة 15 لكل مجموعة. تم قياس الفراغ الحفافي ببرامج حاسوب ثنائية وثلاثية الأبعاد وبعد تحويل العينات الى صور رقمية باستخدام ماسحة ليزيرية. كان أصغر فراغ حفافي تم قياسه في المجموعة الأولى (طبعة تقليدية + E.max press).

ثم عاد Andioti وزملاؤه عام 2015 [29] بدراسة الانطباق الداخلي لنفس المجموعات المذكورة في دراسته السابقة وب نفس الشروط أعلاه واستنتج بأنه ضمن حدود دراسته المخبرية فإن المجموعة 3 (Optical+Press) أنتجت أكبر الفجوات الداخلية.

لم تتوافق نتائج دراستنا مع هاتين الدراستين حيث أن الطبقات أخذت على مثال إكريلي راتنجي الأمر الذي يختلف عن العاج والميناء بالإضافة إلى الأنسجة الرخوة، اللعاب، الرطوبة ودرجة الحرارة يمكن أن تختلف بين البيئة الفموية والبيئة المخبرية وأيضاً الاختلاف في طريقة إجراء القياسات.

أجرى Ng وزملاؤه عام 2014 [30] دراسة لمقارنة الانطباق الحفافي للتيجان المصنعة بالطرق التقليدية والرقمية حيث جرى تحضير ضاحك ثاني علوي أيمن من أجل تاج خزفي كامل على نموذج سني. ومن ثم أجريت طبعة رقمية للنموذج السني بماسح خارج فموي 3 Shape D700 (مخبري) + إرسال الملف الرقمي إلى المخبر لخراطة نموذج رئيسي من الزركونيا. ثم تتالت خطوات العمل كالتالي:

1- طبعات رقمية للنموذج الإفرادي الزركوني باستخدام LAVA C.O.S. scanning unit مع بودرة أكسيد التيتانيوم + إرسال ملفات STL إلى المخبر + تصميم رقمي + خراطة 15 تاج lithium disilicate باستخدام .cad-cam

2- تصنيع 15 تاج lithium disilicate باستخدام طبعة تقليدية Polyvinyl siloxane (pvs) حيث صبت الطبقات بالجبس الحجري من النمط الرابع + تصنيع مخبري lost wax.

تم نزع النموذج الإفرادي لتقييم حواف التاج وأجري القياس عند 8 نقاط باستخدام stereomicroscope بتكبير 40 ولم تستخدم مادة كاشفة لتحسين انطباق التاج قبل القياس كما لم يتم إصاق التيجان. أمنت الطرق الرقمية في هذه الدراسة المخبرية انطباقاً حفاً أفضل بما لا يتوافق مع نتائج دراستنا السريرية.

قيم Hirayama وآخرون عام 2010 [31] الانطباق الداخلي والحفاي لقلنسوات الزركونيا الناتجة عن مسح الأمثلة الجبسية التي تم الحصول عليها من طبعة تقليدية وتلك القلنسوات التي تم إنتاجها من طبعة رقمية بعد مسح المثال الرئيسي المرجعي حيث تم إرسال بيانات المسح إلى المختبر السني. تم استخدام تقنية النسخ replica technique واختبار الانطباق واستخدام تقنية CAD/CAM لتصنيع قلنسوات الزركونيا، وقد استنتج الباحثون أن الانطباق الحفاي والداخلي للقلنسوات المصنوعة من طبعة رقمية كان أفضل من الانطباق الحفاي للقلنسوات المصنوعة من الطبعة التقليدية وقد توافقت نتائج هذه الدراسة على مستوى الانطباق الداخلي مع نتائج دراستنا رغم الاختلاف في تقنية التصنيع والمادة المستخدمة ولكن تمت الاستعانة بهذه الدراسة نتيجة قلة الدراسات حول الانطباق الداخلي بما يتعلق بالطبعات الرقمية و Emax press.

قارن Alfaro وزملاؤه عام 2015 [32] الانطباق الداخلي لتيجان lithium disilicate المصنعة بالوسائل التقليدية والرقمية. حيث قام بتحضير ضاحك ثاني علوي لتاج خزفي كامل وتمت خراطة نموذج رئيسي من الزركونيا لهذا السن المحضر اعتماداً على مسحه رقمياً. تم تصنيع 45 تاج lithium disilicate على النحو التالي:

المجموعة الأولى: 15 تاج (طبعة رقمية + CAD-CAM)

المجموعة الثانية: 15 تاج (طبعة رقمية + Press)

المجموعة الثالثة: 15 تاج (PVS+Press)

ولتقييم الانطباق الداخلي تم تصنيع النماذج الإفرادية لكل المجموعات السابقة من البولي يوريثان حيث تم استخدام Micro-CT لهذه الغاية. واستنتج الباحثون بأن الانطباق الداخلي للمجموعتين الأولى والثانية أي المعتمدة على الطبعة الرقمية بماسح LAVA كان أفضل من انطباق التيجان المعتمدة على الطبعة التقليدية. توافقت نتائج دراستنا على مستوى الانطباق الداخلي مع هذه الدراسة.

أجرى Haddadi وزملاؤه عام 2019 [33] دراسة في الجسم الحي كان الهدف منها تقييم دقة الانطباق الحفاي والداخلي للتيجان المعتمدة على طبعة تقليدية (CI) أو طبعة باستخدام الماسح داخل الفم (IOS).

حيث تألفت عينة الدراسة من تسعة عشر مريضاً يحتاجون إلى تيجان كاملة بحيث تم استخدام تاجين من lithium disilicate واحد على أساس طبعة تقليدية PVS والآخر على أساس الماسح داخل الفموي: Trios 3 intraoral scanner عند كل مريض.

تم تقييم الانطباق الحفاي والداخلي باستخدام تقنية النسخ المتماثلة. وبالنتيجة أظهرت التيجان على أساس IOS إحصائياً الانطباق الحفاي والداخلي الأفضل مقارنة مع الطبقات التقليدية وذلك قبل الإصاق بالإسمنت. توافقت دراستنا مع هذه الدراسة السريرية على مستوى الانطباق الداخلي أما على مستوى الانطباق الحفاي فلم يكن هناك توافق كون هذه الدراسة تركت ثخانة للإسمنت عند الحواف بمقدار 20 ميكرون.

إن ما يمكن أن يعطي قيمة مضافة لدراستنا هي ندرة الدراسات السريرية حول موضوع هذا البحث، حيث أن بيئة الدراسة المخبرية تختلف بشكل كبير عن الممارسات السريرية اليومية. يمكن أن تضم الاختلافات وجود اللعاب والنسج

الرخوة مما يجعل عملية تحضير الأسنان داخل الفم و أخذ الطبقات معقداً بشكل أكبر بكثير من الظروف المخبرية، كما أن الأسنان المحضرة في الدراسات المخبرية يمكن أن تصنع من مواد مختلفة تملك خصائص مختلفة عن الأسنان الطبيعية (اكريلي، معدني، زيركون).

الأبحاث المستقبلية:

- 1- معرفة إمكانية إعادة تكرار أبعاد الفجوات الحفافية والداخلية بشكل دائم في البيئة السريرية.
- 2- مراقبة العواقب السريرية التي يمكن لمثل هذه الفجوات الحفافية والداخلية أن تحدثها مع مرور الوقت وهرم الترميم.
- 3- اجراء دراسات سريرية إضافية باستخدام مواد تعويضية مختلفة.

الاستنتاجات والتوصيات:

نستنتج ضمن حدود هذه الدراسة السريرية ما يلي:

- 1- لم يكن هناك فرقاً إحصائياً هاماً في الانطباق الحفافي بين مجموعتي الدراسة التقليدية والرقمية.
- 2- كانت الفجوة الداخلية في مجموعة تيجان lithium disilicate الرقمية أصغر من مثيلتها في التيجان التقليدية.
- 3- كانت جميع الفجوات الحفافية والداخلية في هذه الدراسة ضمن الحدود المقبولة سريرياً.

References:

- 1- KYU-BOK, L; CHARN-WOON, P; KYO-HAN, K; TAE-YUB, K. Marginal and Internal Fit of All-ceramic Crowns Fabricated with Two Different CAD/CAM Systems. Dental Materials Journal. 27[3]: 2008, 422 – 426.
- 2- DAVID, A.K; THOMAS, W. Assessment of gingival margin thickness before margin placement. J.Prosthet Dent. 71: 1994, 325.
- 3- BALKAYA, M.C; CINAR, A; PAMUK, S. Influence of firing cycles on the margin distortion of 3 all-ceramic crown systems. J Prosthet Dent, 93:2005, 346-55.
- 4- DONOVAN, T; WRIGHT, W; CAMPAGNI, W.V. Use of paint-on die spacers in preparations with grooves. J Prosthet Dent, 52: 1984, 384-8.
- 5- FUSAYAMA, T; IDE, K; HOSODA, H. Relief of resistance of cement of full cast crowns. J Prosthet Dent, 14: 1964, 95-106.
- 6- PERAKIS, N. BELSER, U. MAGNE, P. Final impressions: a review of material properties and description of a current technique. Int J Periodontics Restorative Dent, 24: 2004, 109-17.
- 7- PERSSON, A. ODEN, A. ANDERSSON, M. SANDBORGH, G. Digitization of simulated clinical dental impressions: virtual three dimensional analysis of exactness. Dent Mater, 25:2009, 929-36.
- 8- PIWOWARCZYK, A. OTTL, P. BUCHLER, A. LAUER, H. HOFFMANN, A. In vitro study on the dimensional accuracy of selected materials for monophase elastic impression making. Int J Prosthodont, 15: 2002, 168-74.
- 9- THONGTHAMMACHAT, S. MOORE, B, K. BARCO, T, M. HOVIJITRA, S. BROWN, D, T. ANDRES, C, J. Dimensional accuracy of dental casts: Influence of tray material, impression material and time. J Prosthodont, 11:2002, 98-108.
- 10- CORSO, M. ABANOMY, A. DI CANZIO, J. ZURAKOWSKI, D. MORGANO, S, M. The effect of temperature changes on the dimensional stability of polyvinyl

- siloxane and polyether impression materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 79:1998, 626-631.
- 11- RODRIGUEZ, J, M. BARTLETT, D, W. The dimensional stability of impression materials and its effect on in vitro tooth wear studies. *Dental materials*, 27: 2011, 253-258.
 - 12- CAMPAGNI, W. PRESTON, J. REISBICK, M. Measurement of paint-on die spacers used for casting relief. *The Journal of prosthetic dentistry*, 47: 1982, 606-611.
 - 13- GORMAN, C. MCDEVITT, W. HILL, R. Comparison of two heat-pressed all-ceramic dental materials. *Dental materials*, 16: 2000, 389-395.
 - 14- LUTHARDT, R. SANDKUHL, O. HEROLD, V. WALTER, M. Accuracy of mechanical digitizing with a CAD/CAM system for fixed restorations. *Int J Prosthodont*, 14: 2001, 146-51.
 - 15- BEUER, F. SCHWEIGER, J. EDELHOFF, D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*, 204: 2008, 505-11.
 - 16- FASBINDER, D. Digital dentistry: innovation for restorative treatment. *Compend Contin. Educ Dent*, 31: 2010, 2-11.
 - 17- ENDER, A. MEHL, A. Full arch scans: conventional versus digital impressions-an in-vitro study. *Int J Comput Dent*, 14: 2011, 11-21.
 - 18- HOLMES, J.R; BAYNE, .SC; HOLLAND, G.A; SULIK, W.D. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthet Dent*. 62: 1989, 405–408.
 - 19- MOLIN, M; KARLSSON, S. The fit of gold inlays and three ceramic inlay systems. A clinical and in vitro study. *Acta Odontol Scand*. 51 (4): 1993 Aug, 201-6.
 - 20- REICH, S; UHLEN, S; GOZDOWSKI, S; LOHBAUER, U. Measurement of cement thickness under lithium disilicate crowns using an impression material technique. *Clin Oral Investig*. 15(4): 2011 Aug, 521-6.
 - 21- MCLEAN, J.W; VON FRAUNHOFER, J.A. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J*. 131: 1971,107–111.
 - 22- Mormann WH, Bindl A, Luthy H, Rathke A. Effects of preparation and luting system on all-ceramic computer-generated crowns. *Int J Prosthodont* 1998; 11:333-9
 - 23- MOLIN, M; KARLSSON, S; KRISTIENSEN, M.S. Influence of film thickness on joint bend strength of a ceramic/resin composite joint. *Dent Mater*. 12: 1996, 245-9.
 - 24- MOUSLY, H.A; FINKELMAN, M; ZANDPARSA, R; HIRAYAMA, H. Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat-press technique. *J Prosthet Dent*. 112: 2014, 249-256
 - 25- ANADIOTI,E. Internal and marginal fit of pressed and cad lithium disilicate crowns made from digital and conventional impressions. 2013, University of Iowa. p. 153.
 - 26- PELEKANOS, S; KOUMANOU, M; KOUTAYAS, S.O; ZINELIS, S; ELIADES, G. Micro-CT evaluation of the marginal fit of different In- Ceram alumina copings. *Eur J Esthet Dent*; 4: 2009,278-292.
 - 27- NEVES, F.D; PRADO, C.J; PRUDENTE, M.S; CARNEIRO, T.A; ZANCOPE, K. Micro-computed tomography evaluation of marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated by using chairside CAD/CAM systems or the heat-pressing technique. *J Prosthet Dent*. 112:2014, 1134-1140.
 - 28- ANADIOTI, E; AQUILINO, S; GRATTON, D; HOLLOWAY, J; DENRY, I. THOMAS, G; QIAN, F. 3D and 2D marginal fit of pressed and conventional impressions. *J Prosthodont*. 23: 2014, 610-617.

- 29- ANADIOTI, E; AQUILINO, S; GRATTON, D; HOLLOWAY, J; DENRY, I. THOMAS, G; QIAN, F. Internal fit of pressed and computer-aided design/computer-aided manufacturing ceramic crowns made from digital and conventional impressions. the Journal of prosthetic dentistry. 113 (4): 2015, 304 -309.
- 30- NG, J; RUSE, D; WYATT, C. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. J Prosthet Dent. 112(3): 2014 Sep, 555-60.
- 31- HIRAYAMA, H; CHANG, Y.C; KUGEL, G; KANG, K.H. Fit of zirconia copings generated from a digital impression technique and conventional impression technique M ESPE Web site: 3MESPE com [Internet]. Available from http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSufSevTsZxtUO8_xnYtBevUqevTSevTSevTSeSSSSSS.—
- 32- ALFARO, D.P; RICARDO, M.C; CHRIS, C.W. Assessment of the internal fit of lithium disilicate crowns using micro-CT. Journal of Prosthodontics. 24 (5): 2015, 381-386.
- 33- HADDADI, Y; GOLNOSH, B; FLEMMING, I. Accuracy of crowns based on digital intraoral scanning compared to conventional impression - a split-mouth randomized. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02840-0>. Clinical Oral Investigations.