

تأثير ثخانة الخزف المغطي القاطعي في مقاومة الكسر للتيجان الخزفية المقواة بنواة الزركونيا (دراسة مخبرية)

*د. ابتسام السلامة

*كحلا الزيتاوي

(الإيداع: 26 شباط 2022، القبول: 17 أيار 2022)

الملخص:

خلال العقد الماضي، تم استخدام الترميمات الخزفية الكاملة مع هياكل الزركونيا المصنعة بواسطة تقنية CAD\CAM كإجراء روتيني في طب الأسنان. وقد كانت العيوب الرئيسية التي لوحظت في جميع الدراسات السريرية على الترميمات المقواة بنواة الزركونيا أقل ارتباطاً بسلامة الهيكل منها بفشل الخزف المغطي، حيث تم وصف الكسور التماسكية (Cohesive) ضمن القشرة الخزفية (التشظي Chipping) باعتبارها السبب الأكثر شيوعاً للفشل. ولا يزال دور الثخانة في تطور الصدوع أمراً مثيراً للجدل حيث تدعم بعض الدراسات السريرية الرأي القائل بأن تشظي طبقة الخزف المغطي يمكن الحد منه عن طريق زيادة ثخانة الهيكل الزركوني وتقليل ثخانة الخزف المغطي.

الهدف من البحث: تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة مقاومة الكسر لتيجان الزركونيا الأمامية ثنائية الطبقة باستخدام ثلاث ثخانات مختلفة للخزف المغطي القاطعي.

المواد والطرائق: بتقنية معيارية موحدة تم تصميم 30 تاجاً أمامياً من الزركونيا التقليدية ثنائية الطبقة بثلاث ثخانات مختلفة للخزف المغطي القاطعي لتناسب دعائم معدنية مخصصة وتم تقسيمها إلى ثلاث مجموعات: المجموعة الأولى بثخانة 0.5 ملم، المجموعة الثانية بثخانة 1 ملم والمجموعة الثالثة بثخانة 1.5 ملم. أخضعت التيجان لاختبار مقاومة الكسر وتم تسجيل الحد الأقصى للحمل عند أول علامة للكسر. تم تحليل البيانات للمجموعات الثلاث إحصائياً.

النتائج: سُجِّلت نتائج الاختبارات بوحدة نيوتن وكانت كالتالي: 1368.90 نيوتن للمجموعة الأولى، 1432.11 نيوتن للمجموعة الثانية و957 نيوتن للمجموعة الثالثة. لم يكن هناك فروق دالة إحصائية بين المجموعتين الأولى والثانية في حين أظهرت المجموعة الثالثة قيمة المتوسط الحسابي الأقل وبفارق ذي دلالة إحصائية مقارنة بالمجموعتين الأخريتين. الاستنتاجات: تؤثر ثخانة الخزف المغطي القاطعي في مقاومة الانكسار للتيجان الخزفية الأمامية المقواة بنواة الزركونيا.

الكلمات المفتاحية: زركونيا- ثخانة الخزف المغطي- تشظي- مقاومة انكسار.

* طالبة دراسات عليا (ماجستير) - اختصاص تعويضات الأسنان الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة حماة

** رئيس قسم تعويضات الأسنان الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة حماة.

Effect of Incisal Porcelain Thickness on the Fracture Resistance of Zirconia Core–Reinforced Ceramic Crowns (In–Vitro Study)

Kahla AL–Zitawi*

Ebtisam Alsalameh**

(Received:26 February 2022,Accepted:17 May 2022)

Abstract:

Purpose of the study: The purpose of this study was to evaluate fracture strength of veneered zirconium dioxide crowns designed with different incisal porcelain thicknesses.

Materials and Methods: With a standardized technique, thirty bi-layered Zirconia crowns divided into three groups of 10 were used in this study. Groups were divided according to different thicknesses of incisal porcelain veneer on zirconium dioxide cores of equal thickness (0.5mm). Porcelain thicknesses were 1.5, 1.0 and 0.5mm. Crowns were loaded to fracture. Data were statistically analyzed.

Results: Means of failure loads were 1368.90N for 0.5mm group, 1432.11N for 1.0 mm group and 957.11N for 1.5mm group. There was no significant difference ($p>0.05$) in fracture loads between groups 1.0 and 0.5mm, whereas the 1.5mm group showed significantly lower fracture loads in comparison with the other two groups

Conclusions: changes in the thickness of the incisal porcelain layer have a significant influence on fracture strength of veneered zirconium dioxide crowns.

Key words: Zirconia, Veneer Thickness, Chipping, Fracture resistance.

*Master student in fixed prosthodontics department, faculty of dentistry, Hama university, Hama, Syria

**The head of department of fixed prosthodontics, Hama university, Hama, Syria

1. المقدمة:

استخدام الزركونيا كمادة حيوية منذ عام 1970 حيث بدأ استخدامها على نطاق واسع كمادة لاستبدال مفصل الورك، في حين تم استخدامها في طب الأسنان لتطبيقات التيجان والجسور منذ عام 2004.

(Anusavice, Shen et al. 2012)

يعود استخدام هذه المادة الحيوية على نطاق واسع في الطب وطب الأسنان إلى قوتها الميكانيكية بالإضافة إلى ثباتها الكيميائي وثبات الأبعاد ومعامل المرونة المشابه للفولاذ المقاوم للصدأ، حيث أن السمة الفريدة للزركونيا هي قدرتها على وقف نمو الصدع وهو ما يسمى "التقوية بالتحول - transformation toughening" (Helvey 2013).

ولكن لسوء الحظ لا يمكن لتقنيات المعالجة الحالية أن تنتج هياكل زركونيا مشابهة لشفوفية الأسنان الطبيعية لذا يتم تغطيتها بطبقة من الخزف المغطي ذي الخواص الميكانيكية الأضعف لتحقيق ناحية تجميلية مقبولة (Kumchai, Juntavee et al. 2021)، حيث تبين في الممارسة السريرية أن الخزف المغطي هو الحلقة الأضعف في ترميمات الزركونيا المغطاة بالخزف حيث وصف التشظي بأنه السبب الأكثر شيوعاً للفشل بمعدل 15.2% بعد فترة خدمة 13-35 شهراً (Sailer, Feher et al. 2006).

وفقاً لـ Konstantinos و Agustín يمكن تصنيف أنواع كسر الترميم على النحو التالي:

- Cohesive (Chipping) / كسر تماسكي (التشظي): عندما يحدث الكسر في بنية الخزف المغطي دون التأثير على السطح البيني ل نواة/خزف مغطي.
- Adhesive / كسر التصاق (الانفصال): عندما يحدث الكسر في السطح البيني نواة/خزف مغطي. (Agustín - Font et al. 2012 - Panadero, Fons)
- Mixed Fracture / كسر مختلط: قد يحدث الكسر بشكل مختلط أي ضمن طبقة الخزف المغطي مع انكشاف مناطق من مادة الهيكل الزركوني. (Ashkanani, Raigrodski et al. 2008)

تشمل الأسباب المحتملة لمثل هذا الفشل:

التعرض لرطوبة الفم، التماس الإطباق أثناء المضغ، ثخانة الترميم، عوامل هندسية، الخصائص الميكانيكية للخزف، تقنية التصنيع بالإضافة إلى ضرورة كون الرابطة البينية نواة/خزف مغطي كافية لاستمرار الترميم على المدى البعيد بسبب تطور ضغوط كبيرة في السطح البيني مما يؤدي للفشل. (Marchionatti, Aurélio et al. 2020)

أقترح في دراسة تحليلية رياضية أنه ضمن مزيج من مادتين مثل الخزف المغطي و Y-TZP يؤدي انخفاض الشخانة الكلية للمواد المدمجة إلى تكوين إجهاد أقل ضرراً في الخزف المغطي بعد إحماء المادة؛ حيث تؤدي زيادة ثخانة الخزف المغطي إلى حدوث تصدعات ضمن هذه الطبقة كما أن زيادة ثخانتها فوق الهيكل الزركوني تؤدي إلى زيادة قابلية تشكل إجهاد توتري في الطبقة تحت السطحية وهذا سيقود في النهاية إلى حدوث التشظي (Swain 2009).

قد يكون أحد التفسيرات هو أن قوة مادة الخزف المغطي تتأثر بشكل كبير بحجم المادة الواقعة تحت الضغط حيث يمثل الحجم الزائد مزيداً من العيوب بما في ذلك عيوب ذات أحجام وأشكال مختلفة مع احتمالية أعلى أن عيباً خطراً سيكون موجوداً حيث تتركز الضغوط الأعلى أثناء التحميل وبالتالي ينتج عن ذلك قوة أقل. تفسير آخر محتمل هو أن طبقات الخزف المغطي الثخينة تتلقى دعماً أقل من النواة من ذلك الذي تتلقاه الطبقات الرقيقة لأسباب هندسية وبالتالي تتعرض لقوى شد أكبر تلحق الضرر بشكل خاص بالخزف المغطي القصف (Larsson, Madhoun et al. 2012)، وبالتالي يزداد التشظي

والكسور الالتصاقية مع زيادة ثخانة الخزف المغطي؛ حيث تدعم بعض الدراسات السريرية الرأي القائل بأن فشل الخزف المغطي يمكن القضاء عليه عن طريق زيادة ثخانة Y-TZP وتقليل ثخانة الخزف المغطي. (Tinschert, Schulze et al. 2008)

الدراسات السابقة:

- أظهرت دراسة Shirakura وزملائه عام 2009 أن ثخانة الخزف المغطي القاطعي قد أثرت على أحمال الفشل للتيجان الخزفية المعدنية بينما لم تؤثر على التيجان الخزفية الكاملة.
- كما قارن Guazzato وزملاؤه عام 2010 بين نسبة (1:1-1:2) للخزف المغطي / الزركونيا وبروتوكول التبريد من حيث تأثيرها على تطور الصدوع العفوية ووجدوا أن معدل حدوث الصدوع قد ازداد مع زيادة ثخانة الخزف المغطي ومعدلات التبريد الأسرع.
- أظهرت العديد من الدراسات أن ثخانة الخزف المغطي تؤثر بشكل كبير على مقاومة الالتواء للزركونيا المكسوة بالخزف حيث أن قوة / متانة النظام الخزفي تزداد مع انخفاض ثخانة الخزف المغطي. (Mahrouse, Anwar et al. 2014) (Lima, Souza et al. 2013) (Benetti, Pelogia et al. 2011) (Figueiredo, Pereira et al. 2017)
- أظهرت دراسة Bakitian وزملائه عام 2017 إمكانية تغطية تيجان الزركونيا الشفافة بثخانات أصغر من الخزف المغطي (0.5) ملم دون أن تبدي انخفاضاً في مقاومة الكسر مقارنة مع ثخانات (1-2) ملم. في حين تبين أن طبقات الخزف المغطي بثخانة 2 ملم فما فوق ينتج عنها انخفاض ملحوظ في مقاومة الكسر مقارنة بثخانة 1 ملم أو أقل.
- في حين أظهرت دراسة Badran وزملائه عام 2019 أن مقاومة الكسر للتيجان الخزفية الكاملة والتيجان الخزفية المعدنية ذات ثخانة 1.5 ملم للخزف القاطعي أعلى بكثير من التيجان بثخانة 3 ملم.
- أظهرت دراسة Lima وزملائه عام 2020 أن ثخانة الخزف المغطي لم تملك تأثيراً مهماً على مقاومة الكسر للتيجان الخلفية الخزفية المدعومة بهياكل الزركونيا بغض النظر عن تقنية التطبيق وبروتوكول التبريد المتبع.
- أظهرت دراسة Rodrigues وزملائه عام 2021 أن تيجان PVZ قد أبدت حساسية أكبر لنسبة الثخانة من تيجان PVLD حيث تحسن السلوك الميكانيكي لـ PVZ عندما كانت ثخانة النواة أكبر.

2. الهدف من البحث Aim of the study

تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة مقاومة الكسر لتيجان الزركونيا الأمامية ثنائية الطبقة باستخدام ثلاث ثخانات مختلفة للخزف المغطي القاطعي.

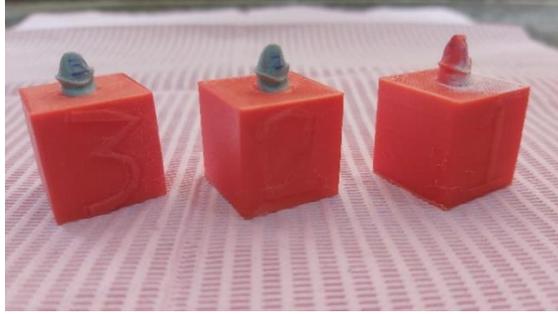
3. المواد والطرائق Materials And Methods

بتقنية معيارية موحدة تم تصميم 30 تاجاً أمامياً من الزركونيا ثنائية الطبقة بثلاث ثخانات مختلفة للخزف المغطي القاطعي لتتناسب دعائم معدنية مخصصة وتم تقسيمها إلى ثلاث مجموعات:

المجموعة الأولى بثخانة 0.5 ملم- المجموعة الثانية بثخانة 1 ملم- المجموعة الثالثة بثخانة 1.5 ملم.

▶ **تصميم أمثلة العمل الرئيسية:** تم تصميم مثال العمل الرئيسي لكل مجموعة بشكل يحاكي تاج القاطعة المركزية العلوية المحضرة لاستقبال التاج الزركوني بواسطة برنامج Blender الخاص بالطباعة ثلاثية الأبعاد، أدت الزيادة التدريجية في ثخانة الخزف من المجموعة الأولى إلى المجموعة الثالثة، إلى انخفاض مماثل في أعماق تحضير الدعامة دون تغيير

الأبعاد الخارجية لأي من التيجان الشكل (1). تم تصنيع أمثلة العمل الرئيسية المصممة في الخطوة السابقة باستخدام مادة Filaments الخاصة بالطباعة ثلاثية الأبعاد الشكل (2).



الشكل رقم (2): أمثلة العمل الرئيسية المصنعة

الشكل رقم (1): التصميم الرقمي لأمثلة العمل الرئيسية

► نسخ أمثلة العمل: تم أخذ طبعة لمثال العمل الرئيسي الخاص بكل مجموعة باستخدام السيليكون المتماثل بالإضافة وذلك بهدف نسخ الأمثلة، تم بناء النموذج الشمعي للمثال الإفرادي من خلال تطبيقه على الطبعة بالإضافة إلى تشكيل استطالة محاكية للجذر السني مع إجراء بعض الأتلام المستعرضة بهدف ضمان ثبات المثال المعدني ضمن القاعدة الإكريلية في الخطوة اللاحقة.

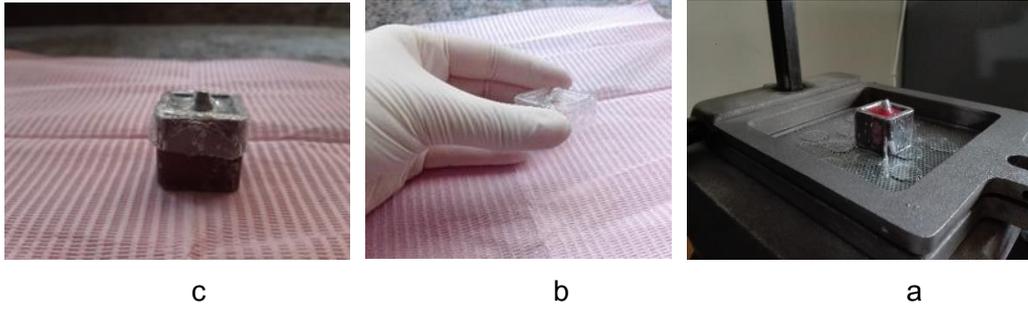
تم فحص النموذج الشمعي بدقة للتأكد من خلوه من أية عيوب قبل عملية الصب وتكررت العملية حتى الحصول على (30) نموذجاً شمعيًا. صُبت النماذج الشمعية من خليطة معدنية CrCo. تم ترميل الدعامات المعدنية باستخدام أكسيد الألومنيوم 110 ميكرونًا عند ضغط 2 بار من مسافة 1 سم بزاوية 90° إلى سطح الدعامات.

وبذلك نكون قد حصلنا على 30 نسخة معدنية إيجابية للدعامات المصنعة في المرحلة السابقة الشكل (3).

تم تثبيت النماذج المعدنية ضمن مزيج أكريلي سكب في مكعبات معدنية (20×20) ملم عُزل سطحها الداخلي بالفازلين لتسهيل خروج القاعدة الأكريلية، ولضمان توضع النماذج المعدنية وفق المحور الصحيح استخدمت قوالب شفافة تم تصنيعها على الأمثلة الرئيسية للمجموعات الثلاث باستخدام جهاز التخلية الهوائية الشكل (4).



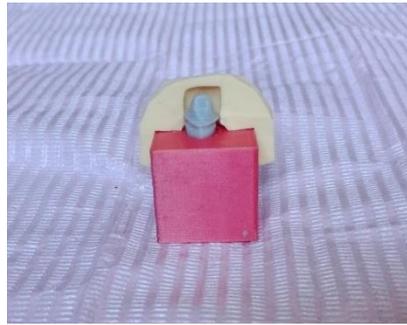
الشكل رقم (3): بعض النماذج المعدنية لأمثلة العمل



الشكل رقم (4): a تشكيل القالب بواسطة جهاز التخلية، b القالب بعد التشذيب، c تثبيت النموذج المعدني ضمن القاعدة الإكريلية بالاستعانة بالقالب الشفاف

▶ **ثالثاً: تصنيع هياكل الزركونيا:** تم إجراء مسح ضوئي لمثال العمل الرئيسي لكل مجموعة بواسطة الماسح الضوئي (3D Dental Scanner Swing, DOF INC, Korea)، بعد الحصول على الصورة الرقمية تم تصميم النواة الزركونية باستخدام برنامج EXO_CAD (EXOCAD GMBH) وفق ثخانة موحدة 0.5 ملم لكافة المجموعات. فرزت أنوية الزركونيا التي تم تصميمها بواسطة جهاز CAD\CAM من شركة ARUM الكورية التابع للمعهد التقاني لطب الأسنان جامعة حماة باستخدام قرص زركونيا ملبد جزئياً HT, Dental Zirconia Ceramics, UPCERA, China, بعد انتهاء التفرير تم تلبيد جميع العينات باستخدام فرن خاص وفقاً لتعليمات الشركة المصنعة.

▶ **تحضير الدليل السيليكوني:** لتوحيد حجم التيجان الزركونية، تم تفرير تاج إضافي يحاكي المحيط التشريحي الكامل للقواطع المركزية العلوية بما يتوافق مع أبعاد مثال العمل الرئيسي للمجموعة الأولى (التيجان النهائية للمجموعات الثلاث متطابقة من حيث الأبعاد الخارجية)، تم إلصاق التاج على المثال الموافق ومن ثم تم أخذ طبعة للتاج بواسطة المطاط السيليكوني المتماثر بالإضافة ثم قُطع القالب السيليكوني على طول المحور الطولي بالاتجاه الأنسي-الوحدسي للحصول على الدليل السيليكوني الشكل (5).



الشكل رقم (5): الدليل السيليكوني

▶ **تطبيق الخزف المغطي فوق نواة الزركونيا:**

(تمت إجراءات التخزيف على المثال الرئيسي الخاص بكل مجموعة).

أستخدم خزف زجاجي من نوع GC Zr-FS لشركة GC البلجيكية المخصص للاستخدام فوق هياكل الزركونيا. مُزج المسحوق مع السائل المنصوح به حسب تعليمات الشركة المصنعة. طُبّق المزيج على سطح نواة الزركونيا ومن ثم تم إحماء الخزف بواسطة الفرن الخاص وفقاً لتعليمات الشركة المصنعة (تم توحيد نسب المسحوق إلى السائل لجميع العينات المنجزة).

طُبِق الخزف على مرحلتين نتيجة للنقل الناتج عن إحماء الخزف حتى الحصول على الأبعاد المطلوبة. استُخدم مقياس الشخانة اليدوي للتأكد من تطابق ثخانة الخزف المغطي بين التيجان ضمن المجموعة الواحدة وبين المجموعات الثلاث.

▶ **إلصاق التيجان الزركونية على الدعامات:** أُستخدم الإسمنت الزجاجي الشاردي Ketac Cem Radiopaque من شركة 3M الأميركية، وُضع الإسمنت في باطن التاج الزركوني، طُبِق ضغطٌ إصبعيٌّ لمدة دقيقتين وأزيلت الزوائد بواسطة المسبر. وبذلك نكون قد حصلنا على 30 تاجاً خزفياً متوضّعة على 30 دعامة معدنية الشكل (6) وأصبحت جاهزة لإجراء الاختبار الميكانيكي لمقاومة الكسر.



الشكل رقم (6): العينات بعد الإلصاق

▶ **إجراء اختبار مقاومة الكسر:** تم استخدام جهاز الاختبارات الميكانيكية العام التابع لكلية الهندسة الميكانيكية جامعة البعث لإجراء اختبار مقاومة الكسر لمجموعات عينة البحث.

تم إدخال كل عينة مضمنة في قاعدة معدنية خاصة توجه الدعامات المعدنية في الاتجاه المطلوب تضمنت توضع العينات عند 45° على المستوى الأفقي، تم تطبيق حمولة ضغط بسرعة رأس تبلغ 0.5 مم / دقيقة عن طريق رأس معدني مشطوف متصل بالجزء العلوي لآلة الاختبار، تم ضبطه عند 135° درجة على المحور الطولي للسن، وتوجيهه نحو السطح الحنكي للتاج 2.5 مم من الحافة القاطعة لمحاكاة العلاقة الإطباقية من الصنف I. ولتحقيق التوزيع المتساوي للقوة، تم وضع رقاقة قصدير 0.5 ملم بين السطح الحنكي ورأس التحميل الشكل (7)



الشكل رقم (7): الاختبار الميكانيكي للعينات

تم تسجيل الحد الأقصى للحمل عند أول علامة للكسر تم التحقق منها بواسطة أول صوت للكسر والتغيرات في منحني الانحراف.

تم جمع البيانات وتسجيلها على برنامج Excel ومن ثم تم إجراء التحليل الإحصائي للبيانات المسجلة باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS v.20 (IBM, USA) مع اعتماد مستوى الدلالة 0.05.

4. النتائج The Results

- الدراسة الإحصائية التحليلية لقيم مقاومة الكسر: يبين الجدول رقم (1) المقاييس الإحصائية الوصفية لقيم مقاومة الكسر في مجموعات الدراسة، تم استبعاد عينة واحدة من كل من المجموعة الثانية عند 527 نيوتن، والمجموعة الثالثة عند 2040 نيوتن لكونها قيم شاذة تؤثر على التوزيع الطبيعي لبيانات قيم مقاومة الكسر في التجان المدروسة وذلك بعد رسم مخطط Box and Whisker Plot.

الجدول رقم (1): المقاييس الإحصائية الوصفية لقيم مقاومة الكسر لمجموعات الدراسة

| المجموعات | العدد | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | الخطأ المعياري | أكبر قيمة | أصغر قيمة |
|------------------|-------|-----------------|-------------------|----------------|-----------|-----------|
| المجموعة الأولى | 10 | 1368.90 | 349.39 | 110.49 | 1966 | 800 |
| المجموعة الثانية | 9 | 1432.11 | 249.07 | 83.02 | 1882 | 1086 |
| المجموعة الثالثة | 9 | 957.11 | 309.82 | 103.27 | 1510 | 535 |
| الإجمالي | 28 | 1256.86 | 363.80 | 68.75 | 1966 | 535 |

تم استخدام اختبار تحليل التباين وحيد الاتجاه One way ANOVA وكانت النتائج كما هو مبين في الجدول رقم (2).

الجدول رقم (2): نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الاتجاه One way ANOVA للمقارنة بين متوسطات مجموعات

الدراسة الثالث

| التباين | مجموع المربعات | درجة | متوسط المربعات | Fقيمة | P-قيمة الاحتمالية | التفسير |
|----------|----------------|------|----------------|-------|-------------------|-------------------------|
| بين | 1210590.751 | 2 | 605295.375 | 6.404 | 0.006 | توجد فروق دالة إحصائياً |
| ضمن | 2362818.678 | 25 | 94512.747 | | | |
| الإجمالي | 3573409.429 | 27 | | | | |

يبين الجدول السابق وجود فروق دالة إحصائياً في متوسطات قيم مقاومة الكسر بين اثنتين على الأقل من مجموعات الدراسة الثالث وذلك عند مستوى الثقة 95%، ولمعرفة طبيعة الفروق تم إجراء الاختبارات البعدية Post Hoc Tests (Bonferroni) لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسطات قيم مقاومة الكسر بين مجموعات الدراسة الثالث.

الجدول رقم (3): نتائج الاختبارات البعدية (Bonferroni) Post Hoc Tests لقيم مقاومة الكسر في مجموعات

الدراسة الثالث

| المجموعات | الفرق بين المتوسطين | P-قيمة الاحتمالية | التفسير |
|------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|
| المجموعة الثانية | -63.211 | 1.000 | لا توجد فروق دالة إحصائياً |
| المجموعة الأولى | 411.789 | 0.022 | توجد فروق دالة إحصائياً |
| المجموعة الثانية | 475 | 0.009 | توجد فروق دالة إحصائياً |

من الجدول أعلاه نلاحظ ما يلي:

- عدم وجود فروق دالة إحصائياً عند دراسة الفروق الثنائية في متوسطات قيم مقاومة الكسر ما بين المجموعة الأولى والمجموعة الثانية وذلك بدرجة ثقة 95%.

- وجود فروق دالة إحصائياً عند دراسة الفروق الثنائية في متوسطات قيم مقاومة الكسر بين المجموعة الأولى والمجموعة الثالثة وما بين المجموعة الثانية والمجموعة الثالثة وذلك بدرجة ثقة 95%.

5. المناقشة:

مناقشة منهجية البحث:

- تم تصنيع 30 تاجاً أمامياً من الزركونيا التقليدية على 30 دعامة معدنية (CrCo) محضرة بأبعاد وتصميم موحد باستخدام طرق معيارية موحدة.
- حيث تم تصميم أمثلة العمل الرئيسية رقمياً لضبط أبعادها بشكل دقيق ولتقادي الاختلافات التي قد تحدث أثناء التحضير (Badran, Abdel Kader et al. 2019) (Guess, Bonfante et al. 2013) مع مراعاة التدرج في أعماق التحضير لحد القاطع بفارق 0.5 ملم بين المجموعات على التوالي لتوحيد الأبعاد الخارجية لكافة التيجان المختبرة وبالتالي ضبط عملية التخريف باستخدام دليل سيليكوني واحد لجميع عينات البحث (Bakitian, Seweryniak et al. 2017).
- تم تجنب استخدام الأسنان الطبيعية لصالح أسنان صناعية ذات خصائص هندسية وميكانيكية متطابقة؛ لأنه لا يمكن ضمان مقارنة البيانات بين المجموعات باستخدام الأسنان الطبيعية والتي تختلف في جودة عاج الأسنان اعتماداً على العمر والحجم وظروف التخزين (Michalakakis, Stratos et al. 2009)، حيث تشير الأدبيات إلى احتمالية حدوث كسور ضمن العاج مما سيجعل من المستحيل قياس القوة عند كسر التيجان (Potiket, Chiche et al. 2004) خاصة لكون الدراسة الحالية قد اعتمدت تحميل القواطع بزواوية 45° وبالمثل فإن الأسنان/الدعامات المصنوعة من الراتنج المركب قد لا تصمد أمام التحميل المحوري الإضافي، وفي المقابل تسمح أسنان الدعامة الاصطناعية المعيارية بتصنيع عينات متطابقة وهو أمر مهم لإجراء مقارنة موثوقة بين المجموعات المختلفة.
- تم اتباع تقنية الطبقات اليدوية كونها التقنية السائدة في مختبرات الأسنان مقارنة بتقنية الحقن الحراري، علاوة على ذلك لا يوجد إجماع مطلق على موثوقية تقنية الحقن الحراري (Beuer, Edelhoff et al. 2009). ولكن من المعروف أن الخزف المغطى المطبق يدوياً غير متطابق تماماً بين التيجان لأن اختلاف نسبة مسحوق الخزف والسائل تؤدي إلى تقلص مختلف بين العينات وبالتالي فإن المتانة / القوة ستختلف دائماً إلى حد ما بين العينات المفردة (Guess, Bonfante et al. 2013) لذلك فقد تم في هذه الدراسة قياس وتوحيد نسب مسحوق الخزف والسائل ضمن التيجان من نفس المجموعة وبين المجموعات المختلفة وفقاً لتوصيات الشركة المصنعة (Bakitian, Seweryniak et al. 2017).
- ألصقت التيجان على الدعامات المعدنية الموافقة باستخدام الإسمنت الزجاجي الشاردي (Beuer, Schweiger et al. 2009) (Al-Wahadni, Shahin et al. 2018).
- تم تطبيق القوة على السطح الحنكي للتيجان المختبرة على بعد 2.5 ملم من الحافة القاطعة وبزاوية 45° مع المحور الطولي للعينة (Shirakura, Lee et al. 2009) (Badran, Abdel Kader et al. 2019) بسرعة 0.5 ملم/ دقيقة (Saker and Özcan 2021) (Bakitian, Seweryniak et al. 2017) . (Eisenburger, Mache et al. 2011)

مناقشة النتائج

○ تأثير ثخانة الخزف المغطي القاطعي في مقاومة الكسر لتيجان الزركونيا الأمامية

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مقاومة الكسر للمجموعتين الأولى (0.5 ملم) والثانية (1 ملم) أكبر وبفارق ذي دلالة إحصائية من المجموعة الثالثة (1.5 ملم)؛ حيث سجلت قيمة متوسط حسابي 1368.90 نيوتن للمجموعة الأولى، 1432.11 نيوتن للمجموعة الثانية في حين سجلت المجموعة الثالثة انخفاضاً في أحمال الكسر 975.11 نيوتن. يمكن أن تعزى القيم المنخفضة لمقاومة الانكسار للعينات ذات الطبقة الخزفية السميكة لكون القوة الهيكلية تحكمها في الغالب صلابة الكسر للمادة تحت الضغط والتي ترتبط بالحجم والهندسة والموقع وتوزع الصدوع التي تعد أيضاً دالة لحجم المادة، لذا يمكن تفسير هذه الاختلافات في مقاومة الكسر بالاختلافات في حجم الخزف المغطي. (Benetti, Pelogia et al.) (2011)

هناك تفسير آخر محتمل يتعلق بالإجهادات الكامنة التي تنشأ أثناء التبريد والتي تنتج من الاختلاف في المعاملات الحرارية – الميكانيكية لأنواع الخزف المستخدمة، حيث أنه خلال مرحلة التبريد بعد الإحماء سيتم تبريد الجزء السطحي لطبقة الخزف السميكة بشكل أسرع من كتلة المادة بالقرب من نواة الزركونيا نظراً لكون ثنائي أكسيد الزركونيوم يملك ناقلية حرارية منخفضة للغاية مقارنة مع الأنوية المعدنية.

إذا تم تصلب الجزء السطحي من الخزف المغطي قبل كتلة المادة فسيحدث تكون للإجهاد عندما يستمر الجزء الأكبر في التصلب بعد تصلب الطبقة السطحية مما يؤدي إلى منطقة إجهاد كامن معرضة للكسر تحت الطبقة السطحية للخزف، احتمال وجود مثل هذه الإجهادات المتبقية قد يكون أقل كلما كان الخزف المغطي أقل ثخانة. (Swain 2009)

✓ استنتجت هذه الدراسة أن مقاومة تيجان الزركونيا الأمامية تتأثر بثخانة الخزف المغطي القاطعي حيث تناقصت مقاومة الكسر بشكل دال إحصائياً عند ثخانة 1.5 ملم للخزف المغطي القاطعي.

- اتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة (Badran, Abdel Kader et al. 2019) التي أوضحت وجود فرق معنوي في مقاومة الكسر بين ثخانتين الخزف القاطعي المختبريتين (3-1.5) ملم في كل من التيجان الزركونية والتيجان المعدنية المكسوة بالخزف؛ حيث سجلت ثخانة 1.5 ملم قيمة مقاومة كسر أعلى بكثير من تلك بثخانة 3 ملم.

- في حين اختلفت نتائج هذه الدراسة مع دراسة (Shirakura, Lee et al. 2009) والتي أظهرت أن ثخانة الخزف المغطي القاطعي (4-2) ملم قد أثرت في مقاومة الكسر للتيجان الخزفية المعدنية بينما لم تؤثر في التيجان الخزفية الكاملة AllCeram Procera.

قد يعود ذلك لاختلاف نوع الخزف المستخدم أو لكون العينات قد خضعت للتحميل المضغي والحراري المتكرر بالإضافة لإلصاق العينات على دعامات غرسات سنوية محمولة على نماذج مخبرية للغرسات.

✓ استنتجت هذه الدراسة أن انخفاض ثخانة الخزف المغطي يؤدي إلى زيادة مقاومة الكسر لترميمات الزركونيا المكسوة بالخزف.

وقد انسجمت هذه النتائج مع كل من:

- دراسة (Guazzato, Walton et al. 2010) التي سجلت ارتفاع معدل حدوث الصدوع مع زيادة ثخانة الخزف المغطي للزركونيا.

- عدد من الدراسات التي أوضحت أن مقاومة الالتواء تزداد مع انخفاض ثخانة الخزف المغطي في أنظمة الزركونيا ثنائية الطبقة. (Benetti, Pelogia et al. 2011) ، (Lima, Souza et al. 2013) ، (Mahrouse,) ، (Anwar et al. 2014) و (Figueiredo, Pereira et al. 2017)

- دراسة (Bakitian, Seweryniak et al. 2017) التي أظهرت أن مقاومة الكسر لتيجان الزركونيا الخلفية بثخانة 1 ملم للخزف المغطي أعلى وبشكل ملحوظ من تلك مع ثخانة 2 و 2.5 ملم
- دراسة (Rodrigues, Dhital et al. 2021) التي أظهرت تحسن السلوك الميكانيكي لـ PVZ عندما كانت ثخانة النواة أكبر من ثخانة الخزف المغطي كما اقترحت تقضيل استخدام طبقة خزفية أقل ثخانة فوق هيكل الزركونيا عندما يكون ذلك ممكناً لتقليل الإجهادات الكامنة ضمن الترميم.
- في حين اختلفت نتائج هذه الدراسة مع دراسة (Júlia–Magalhães–da Costa Lima, Tribst et al.) (2020) التي استنتجت أن ثخانة الخزف المغطي لم تملك تأثيراً مهماً على مقاومة الكسر للتيجان الخلفية الخزفية المدعومة بهياكل الزركونيا.

قد يعود السبب لاختلاف نوع الزركونيا والخزف المغطي المستخدمين وكذلك لاختلاف مادة الدعامات (Epoxy Resin) بالإضافة لاستخدام تيجان خلفية ولخضوع التيجان للتحميل المضغي المتكرر قبل إجراء اختبار مقاومة الكسر.

6. الاستنتاجات Conclusions

- تؤثر ثخانة الخزف المغطي القاطعي في كل من مقاومة الانكسار ونمط الفشل للتيجان الخزفية الأمامية المقواة بنواة الزركونيا.
- أدى انخفاض ثخانة الخزف المغطي القاطعي إلى زيادة مقاومة الانكسار للتيجان الخزفية الأمامية المقواة بنواة الزركونيا.

7. التوصيات:

- تصنيع الترميمات الخزفية المقواة بنواة الزركونيا ضمن الحد الأدنى من ثخانة الخزف المغطي القاطعي (1-0.5) ملم عوضاً عن الثخانة التقليدية (1.5) ملم بما يتوافق مع الناحية التجميلية وذلك بهدف تقليل حالات الفشل المبكرة.
- تطبيق ثخانة (1.5) ملم للخزف المغطي القاطعي فقط لدواعي الناحية التجميلية وفي حال كون الأحمال المتوقعة منخفضة.

8. المقترحات:

- إجراء دراسة مشابهة باستخدام التحميل المضغي والحراري المتكرر على تيجان زركونية محمولة على أسنان طبيعية، كونه أكثر قرباً من الظروف السريرية وللتمكن من إسقاط نتائج الدراسة على الواقع السريري بمصدقية أكبر.
- إجراء دراسة مشابهة باستخدام طرق مختلفة لتطبيق الخزف المغطي وتقييم تأثيرها في مقاومة الكسر لترميمات الزركونيا الأمامية.
- إجراء دراسة مخبرية لتقييم تأثير تطبيق الخزف المغطي القاطعي بثخانة (1-0.5) ملم في شفافية ترميمات الزركونيا الأمامية.

9. المراجع:

1. Agustín-Panadero, R., A. Fons-Font, J. Luis Roman-Rodriguez, M. Granell-Ruiz, J. del Rio-Highsmith and M. Fernanda Sola-Ruiz (2012). "Zirconia versus metal: a preliminary comparative analysis of ceramic veneer behavior." International Journal of Prosthodontics **25**(3)
2. Anusavice, K. J., C. Shen and H. R. Rawls (2012). Phillips' science of dental materials, Elsevier Health Sciences.
3. Ashkanani, H. M., A. J. Raigrodski, B. D. Flinn, H. Heindl and L. A. Mancl (2008). "Flexural and shear strengths of ZrO₂ and a high-noble alloy bonded to their corresponding porcelains." The Journal of prosthetic dentistry **100**(4): 274-284.
4. Badran, N., S. Abdel Kader and F. Alabbassy (2019). "Effect of incisal porcelain veneering thickness on the fracture resistance of CAD/CAM zirconia all-ceramic anterior crowns." International journal of dentistry **2019**.
5. Benetti, P., F. Pelogia, L. F. Valandro, M. A. Bottino and A. Della Bona (2011). "The effect of porcelain thickness and surface liner application on the fracture behavior of a ceramic system." Dental materials **27**(9): 948-953.
6. Figueiredo, V. M. G. d., S. M. B. Pereira, E. Bressiani, M. C. Valera, M. A. Bottino, Y. Zhang and R. M. d. Melo (2017). "Effects of porcelain thickness on the flexural strength and crack propagation in a bilayered zirconia system." Journal of Applied Oral Science **25**: 566-574.
7. Guazzato, M., T. Walton, W. Franklin, G. Davis, C. Bohl and I. Klineberg (2010). "Influence of thickness and cooling rate on development of spontaneous cracks in porcelain/zirconia structures." Australian dental journal **55**(3): 306-310.
8. Helvey, G. A. (2013). "Classification of dental ceramics." Inside Continuing Education **13**: 62-68.
9. Júlia-Magalhães-da Costa Lima, J., P.-M. Tribst, L.-C. Anami, R.-M. de Melo, R.-O. Dayanne-Monielle-Duarte Moura, A. Souza and M.-A. Bottino (2020). "Long-term fracture load of all-ceramic crowns: Effects of veneering ceramic thickness, application techniques, and cooling protocol." Journal of Clinical and Experimental Dentistry **12**(11): e1078.
10. Kumchai, H., P. Juntavee, A. F. Sun and D. Nathanson (2021). "Effects of Veneering Ceramic and Methods on Failure Load of Veneered Zirconia." Applied Sciences **11**(5): 2129.
11. Larsson, C., S. E. Madhoun, A. Wennerberg and P. Vult von Steyern (2012). "Fracture strength of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystals crowns with different design: an in vitro study." Clinical oral implants research **23**(7): 820-826.
12. Lima, J. M., A. C. O. Souza, L. C. Anami, M. A. Bottino, R. M. Melo and R. O. Souza (2013). "Effects of thickness, processing technique, and cooling rate protocol on the flexural strength of a bilayer ceramic system." Dental Materials **29**(10): 1063-1072.
13. Mahrouse, A. I., E. M. Anwar and H. Sallam (2014). "EFFECT OF VENEERING THICKNESS AND TECHNIQUE ON COLOR AND STRENGTH OF SHADED ZIRCONIA CORE VENEERED CERAMIC." DENTAL JOURNAL **60**(937): 951.
14. Marchionatti, A. M. E., I. L. Aurélio and V. F. Wandscher (2020). "Does veneering technique affect the bond strength of bilayer Y-TZP? A systematic review and meta-analysis ".The Journal of Prosthetic Dentistry.

15. Michalakis, K. X., A. Stratos, H. Hirayama, K. Kang, F. Touloumi and Y. Oishi (2009). "Fracture resistance of metal ceramic restorations with two different margin designs after exposure to masticatory simulation." The Journal of prosthetic dentistry **102**(3): 172-178.
16. Potiket, N., G. Chiche and I. M. Finger (2004). "In vitro fracture strength of teeth restored with different all-ceramic crown systems." The Journal of prosthetic dentistry **92**(5): 491-495.
17. Rodrigues, C. S., S. Dhital, J. Kim, L. G. May, M. S. Wolff and Y. Zhang (2021). "Residual stresses explaining clinical fractures of bilayer zirconia and lithium disilicate crowns: A VFEM study." Dental Materials **37**(11): 1655-1666.
18. Sailer, I., A. Feher, F. Filser, H. Lüthy, L. J. Gauckler, P. Schärer and C. H. F. Hämmerle (2006). "Prospective clinical study of zirconia posterior fixed partial dentures: 3-year follow-up." Quintessence International **37**(9).
19. Saker, S. and M. Özcan (2021). "Marginal discrepancy and load to fracture of monolithic zirconia laminate veneers: The effect of preparation design and sintering protocol." Dental Materials Journal **40**(2): 331-338.
20. Swain, M. (2009). "Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures." Acta biomaterialia **5**(5): 1668-1677.
21. Tinschert, J., K. A. Schulze, G. Natt, P. Latzke, N. Heussen and H. Spiekermann (2008). "Clinical behavior of zirconia-based fixed partial dentures made of DC-Zirkon: 3-year results." International Journal of Prosthodontics **21**(3)