

A comparative study of failure modes occurring in Empress 2 crowns made with two different manufacturing techniques (In Vitro Study)

Dr. Rima Saker *

Zain Alabdeen Salloum **

(Received 3 / 2 / 2024. Accepted 23 / 4 / 2024)

□ ABSTRACT □

Aim : the aim of this study is to Compare the failure modes occurring in all-ceramic crowns made according to the IPS Empress2 system, with two different techniques (IPS Press, IPS CAD) after exposing them to different forces in order to determine the effect of the manufacturing technique used on the failure pattern occurring in The aforementioned crowns, in addition to study the effect of the type of force applied (vertical forces, inclined forces at an angle of 45 degrees) on the pattern of failure occurring.

Materials and Methods: The research sample consisted of 36 upper first premolars, free of cavities and cracks, and of similar sizes. The sample's teeth were all prepared according to the academic protocol used to prepare for receiving full porcelain crowns in a completely symmetrical manner with the help of the silicone guide. The sample was then randomly divided into two main groups, each numbering 18 premolars. Then the sample items were numbered from 1 to 36, where the first main group (numbered from 1 to 18) received 18 porcelain crowns made according to the ips empress 2 system using the IPS Press technique , and the second main group (numbered from 19 to 36) 18 porcelain crowns made according to the ips empress 2 system using IPS CAD technology. All crowns were glued to their abutments using resin cement according to the approved protocol of bonding and based on the manufacturer's instructions. Then we divided each main group into two sub-groups, each with a number of 9 crowns, in order to apply vertical forces (90 degrees) to the crowns of the first sub-group and inclined forces (45 degrees) to the crowns of the second sub-group, using a universal testing machine, and then the failure modes occurring in all crowns of the sample were measured according to the F.J.T BURKE index, which Failure is classified into 5 successive degrees according to the degree of damage occurring in each crown of the specimen

Results: there were statistically significant differences in the failure modes occurring at a confidence level of 95% between crowns manufactured using the IPS press technique and crowns manufactured using the IPS cad technique when applying both vertical and oblique forces at an angle of 45 degrees in favor of crowns manufactured using the Ips press technique

Conclusions: IPS CAD technique used in the manufacture of all-porcelain crowns according to the ips empress 2 system gave less bad failure modes than IPS Press technique , The failure modes were less bad when applying oblique forces (45 degrees) compared to vertical ones. (90 degrees)

Key words: ips empress 2, Failure Modes ,IPS Press, IPS CAD manufacturing techniques



Copyright :Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

*Professor_faculty of Dentistry_ fixed prosthodontics department _Tishreen University_Lattakia-Syria
rima.saker@tishreen.edu.sy

** master's degree in fixed prosthodontics from- Tishreen University_Lattakia_Syria
zainsalloum2@gmail.com

دراسة مقارنة أنماط الفشل الحاصلة في تيجان Empress 2 المصنوعة بتقنيتين مختلفتين (دراسة مخبرية)

د.ريمة جودت صقر *

زين العابدين محمد سلوم**

(تاريخ الإيداع 3 / 2 / 2024. قبل للنشر في 23 / 4 / 2024)

□ ملخص □

هدف الدراسة: مقارنة أنماط الفشل الحاصلة في التيجان الخزفية الكاملة المصنوعة من ips empress2 بتقنيتين مختلفتين (تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع ips press، تقنية التصميم والتصنيع المحوسب ips cad) بعد تعريضها لقوى مختلفة ، ودراسة تأثير اتجاه القوة المطبقة على نمط الفشل الحاصل .

المواد و الطرائق : تألفت عينة البحث من 36 ضاحك أول علوي خال من النخور و التصدعات و بأحجام متقاربة تم تحضيرها وفق مبادئ التحضير المتبعة لاستقبال تيجان خزفية بالكامل بشكل متماثل بالاعتماد على الدليل السيليكوني، قسمت العينة عشوائياً وبالتساوي إلى مجموعتين رئيسيتين عدد كل منها 18 ضاحك و من ثم تم ترقيم مفردات العينة من 1 إلى 36 حيث تلقت المجموعة الرئيسية الأولى (المرقمة من 1 إلى 18) 18 تاجاً خزفياً مصنوعاً من ips empress 2 بتقنية الحقن الحراري للشمع الضائع ips press ، وتلقت المجموعة الرئيسية الثانية (المرقمة من 19 إلى 36) 18 تاجاً خزفياً مصنوعاً من ips empress 2 بتقنية التصميم والتصنيع المحوسب ips cad، تم لإصاق جميع التيجان على دعاماتها باستخدام الأسمنت الراتنجي ثنائي التصلب بالاعتماد على تعليمات الشركة المصنعة ، ثم قسمت كل مجموعة رئيسية إلى مجموعتين فرعيتين بالتساوي عدد كل منها 9 تيجان وذلك لتطبيق القوى العمودية (90 درجة) على تيجان المجموعة الفرعية الأولى والمائلة (45 درجة) على تيجان المجموعة الفرعية الثانية وذلك بواسطة آلة الاختبارات الميكانيكية العامة حتى حدوث الفشل ، و من ثم سجلت أنماط الفشل الحاصلة في جميع تيجان العينة حسب مشعر F.J.T BURKE الذي يصنف الفشل وفق 5 درجات متتابعة حسب درجة الأذية الحاصلة في كل تاج من العينة .

النتائج: لوحظ وجود فروق ذات دلالة احصائية بأنماط الفشل الحاصلة عند درجة ثقة 95% بين التيجان المصنعة بتقنية الحقن الحراري للشمع الضائع ips press و التيجان المصنعة بتقنية التصميم والتصنيع المحوسب ips cad لدى تطبيق كل من القوى العمودية والمائلة بزواوية 45 درجة حيث سجلت أنماط الفشل الأسوأ مع التيجان المصنعة بتقنية الحقن الحراري للشمع الضائع ips press و عند تطبيق القوى العمودية مقارنة بالمائلة .

الاستنتاجات: أعطت تقنية التصميم والتصنيع المحوسب (ips cad) المستخدمة في صناعة التيجان الخزفية الكاملة من ips empress 2 أنماط فشل أقل سوءاً من تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع (ips Press) وكانت أنماط الفشل أقل سوءاً لدى تطبيق القوى المائلة (45 درجة) مقارنة بالعمودية (90 درجة)



حقوق النشر :مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص 04 CC BY-NC-SA

* مدرس- قسم التعويضات الثابتة- كلية طب الأسنان - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية rima.saker@tishreen.edu.sy

**ماجستير - التعويضات الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية zainsalloum2@gmail.com

مقدمة

- يعتبر تعويض البنى السنية بمواد حيوية قوية وتجميلية تحقق متطلبات المرضى هدفاً أساسياً في طب الاسنان لاسيما طب الاسنان التعويضي.
- ومن هنا كان السعي وراء ظهور مواد و تقنيات جديدة تحقق مبدأ الجمال والوظيفة بأقل وقت و جهد ممكن و بأدق وأسرع الطرق (1).
- ما تزال التيجان والجسور الخزفية المعدنية مستخدمة على نطاق واسع منذ أن قدمها Breaker في خمسينيات القرن الماضي . وقد أدخل عليها الكثير من التحسينات للوصول إلى ترميمات فموية مرضية من الناحية التجميلية والوظيفية، إلا أن هذه الأنظمة عانت من عدد من العيوب مما جعل السعي حثيثاً ومتسارعاً لتطوير تعويضات سنية تتخلى بشكل كامل عن المعادن نزولاً عند رغبات ومتطلبات المرضى التجميلية العالية وتحقيقاً لمبدأ التوافق الحيوي وتجاوزاً لمشاكل الحساسية والتآكل والآثار الضارة أحيانا التي تسببها الخلائط المعدنية (2) .
- أثمرت هذه المحاولات في الوصول إلى العديد من الأنظمة الخزفية الخالية من المعدن والتي تطورت تدريجياً على مستوى زيادة القساوة ومقاومة الانحناء وتأمين انطباق حفاقي جيد ومماثلة الأسنان الطبيعية قدر الإمكان من الناحية اللونية وتوسعت استطبابتها من التيجان المفردة إلى الجسور الأمامية والخلفية القصيرة كالحزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم وصولاً إلى الجسور الطويلة كما هو الحال مع خزف الزيركونيا (3) .
- ولعل من أكثر أنظمة الخزف الحديثة شيوعاً هو نظام ال IPS empress2 و هو خزف زجاجي مقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم يمتاز بقوة التواء تساوي (400+40) ميغاباسكال وتتفوق على قوة التواء IPS empress 1 (4) .
- تلك المقاومة المرتفعة قد وسعت استطبابتها هذا النظام لتشمل الجسور الامامية ثلاثية القطع حتى منطقة الضواحك(5) وقد ارتفعت قوة التواء هذا النوع من الخزف من خلال زيادة محتواه من البلورات لتصبح 70% مع تصغير حجمها وعلى الرغم من هذا المحتوى المرتفع من البلورات بقيت المادة عالية الشفافية بفضل مؤشر الانعكاس المنخفض لبلورات ثنائي سيليكات الليثيوم (5) (6) .
- ينتج عن نظامي IPS empress1 و IPS empress 2 تعويضات أحادية اللون monochromatic ثم يتم تطبيق الملونات الخارجية للحصول على اللون المطلوب . (7)(8) .
- تم تطوير وتعديل نظام ال IPS empress 2 لتمكنه من صنع تعويضات الأسنان المتلونة والقائمة وذلك بإضافة بعض الأكاسيد الضليلة مثل أكسيد الألمنيوم والزيركونيوم وهذا ما أطلق عليه خزف ips emax الذي يتألف من الكوارتز وثنائي سيليكات الليثيوم وأكسيد الفوسفور وأكسيد الألمنيوم والبوتاسيوم ومكونات أخرى حيث تنصهر هذه المساحيق مجتمعة للحصول على مصهور الزجاج الذي يصب ضمن قوالب منفصلة عندما تصبح اللزوجة مناسبة وتترك المادة لتبرد حتى تصل إلى درجة حرارة الغرفة حيث يمكن صناعة التعويضات باستخدام هذا النمط من الخزف الزجاجي بتقنيتين مختلفتين وهما (تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع ips press، تقنية التصميم والتصنيع المحوسب (ips cad) .

أهمية البحث وأهدافه

- مقارنة أنماط الفشل الحاصلة في التيجان الخزفية الكاملة المصنوعة من ips impress2 بتقنيتين مختلفتين (تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع ips press، تقنية التصميم و التصنيع المحوسب ips cad) بعد تعريضها لقوى مختلفة .
- الوقوف على أثر تقنية التصنيع المستخدمة على نمط الفشل الحاصل في التيجان سابقة الذكر.
- دراسة أثر نوع القوة المطبقة (قوى عمودية ، قوى مائلة بزاوية 45 درجة) على نمط الفشل الحاصل .

طرائق البحث ومواده

تصميم الدراسة (Study Design): دراسة مخبرية (invitro study)، مقارنة (comperative)، عشوائية (randomized).

عينة الدراسة (Study sample): تم استخدام برنامج G power (الإصدار 3.1.2) عند مستوى الثقة 95% وبقوة معاينة 80% لتحديد حجم العينة المدروسة .

تكونت عينة الدراسة من 36 ضاحك أول علوي طبيعي مفلوح لأسباب تقويمية بأحجام متقاربة ، جميع اسنان العينة حديثة القلع خالية من النخور والتصدعات وغير خاضعة لمعالجة قنبوية سابقة ، وقد تم حفظها بالمصل الفيزيولوجي منذ لحظة القلع بعد تنظيفها .

تم تقسيم العينة عشوائياً إلى مجموعتين رئيسيتين بالتساوي : تكونت المجموعة الرئيسية الأولى من 18 ضاحك أول علوي تم تحضيرها لاستقبال 18 تاج خزفي بالكامل مصنوع من Empress 2

بتقنية الحقن الحراري للشمع الضائع ips press ، وتكونت المجموعة الرئيسية الثانية من 18 ضاحك أول علوي تم تحضيرها لاستقبال 18 تاج خزفي بالكامل مصنوع من Empress 2 بتقنية التصميم والتصنيع المحوسب ips cad . قسمت كل مجموعة رئيسية إلى مجموعتين فرعيتين بالتساوي عدد كل منها 9 تيجان وفقاً للقوة المطبقة حيث تم تطبيق قوى عمودية على تيجان المجموعة الفرعية الأولى وقوى مائلة بزاوية 45 درجة على تيجان المجموعة الفرعية الثانية .

مراحل العمل :

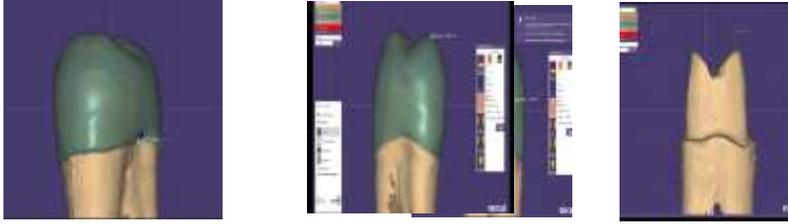
تم تقسيم مراحل العمل إلى 5 مراحل رئيسية :

المرحلة الأولى :

تم البدء بتحضير جميع أسنان العينة وفق الطريقة الأكاديمية المعتمدة لاستقبال تيجان الخزف الكامل (تخفيض السطح الطاحن 2 ملم ، تحضير الجدران المحورية بمقدار 1.5 ملم، خط الانتهاء كتف مدور بثخانة 1 ملم، تقارب الجدران بميل يقدر (4) درجات للجدار الواحد، شطب حذبات الدعم بمقدار 0.5 ملم، تدوير جميع الزوايا الحادة وإنهاء التحضير) (9)

تم استخدام أول سن قمنا بتحضيره كدليل ومرجع لتحضير باقي أسنان العينة بشكل متماثل بمساعدة الدليل السيلكوني أرسلت جميع أسنان العينة المحضرة إلى المختبر وتم إجراء مسح ضوئي لها على scanner خاص بجهاز ال cad/cam ومن ثم تم القيام بعمل تصميم موحد لكامل التيجان على برنامج ال exocad وذلك بهدف توحيد

ثخانات التيجان جميعاً وقد تم اعتماد الثخانات التالية في التصميم (1مم ثخانة خط الانتهاء العنقي ، 1.5مم ثخانة الجدران المحورية ، 2مم ثخانة السطح الطاحن) انظر الشكل (1)



الشكل(1) يوضح تصميم التيجان على برنامج ال exocad

المرحلة الثانية :

تم تقسيم أسنان العينة المحضرة عشوائياً إلى مجموعتين رئيسيتين بالتساوي و رقمت من 1 إلى 36 ، تلقت المجموعة الرئيسية الأولى المرقمة من (1 إلى 18) 18 تاجاً خزفياً بالكامل مصنوع من Empress 2 بتقنية الحقن الحراري للشمع الصائغ Ips press .

أما المجموعة الرئيسية الثانية المرقمة من (19 إلى 36) تلقت 18 تاجاً خزفياً بالكامل مصنوع من Empress 2 بتقنية التصميم والتصنيع المحوسب ال ips cad .

المجموعة الرئيسية الأولى :

تم أولاً خراطة 18 تاج شمعي بأبعاد موحدة مطابقة للتصميم سابق الذكر باستخدام مخرطة شمعية تابعة لجهاز ال CAD\CAM و من ثم وضعت حلقة بوتقة الحقن في مكانها، ثم تمت عملية الكسو باستخدام المسحوق الكاسي (IPS press VEST)، (Ivoclar Vivadent) ووضعت البوتقة في فرن الإحماء وضبطت درجة حرارة الفرن عند 850 درجة مئوية لمدة 30 دقيقة، ثم وضع فيها القالب الخزفي (emax ingot من شركة Ivoclar Vivadent) والمكبس الألوميني، ووضع المجموع في فرن الحقن الحراري للخزف

(Programat EP 3010, Ivoclar Vivadent,) تم الحقن وفق برنامج الحقن الموصى به من قبل الشركة المصنعة للخزف ، بعدها تركت البوتقة لتبرد حتى درجة حرارة الغرفة، ثم تم تخليص النماذج الخزفية من المسحوق الكاسي باستخدام القرص الفاصل وبالترميل بحبيبات أكسيد الألمنيوم بضغط 4 بار، بعدها أزيلت الزوائد الدقيقة بضغط 2 بار، عند الانتهاء من الترميل وإزالة طبقة التفاعل المتشكلة خلال مرحلة الحقن، غمر التعويض الخزفي بسائل ممد من حمض فلور الماء (IPS e.max Press Invex Liquid, Ivoclar Vivadent) بتركيز يتراوح بين أقل من 1%، لمدة 10-30 دقيقة، ، ثم غسل التعويض بتيار من الماء والهواء

المجموعة الرئيسية الثانية :

تم استخدام مكعبات خزفية خاصة معدة للخراطة الرطبة (E.max Blocks Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) لصناعة تيجان المجموعة الرئيسية الثانية وذلك باستخدام مخرطة (Arum5x-400, ARUM, South Korea) بعد الانتهاء من الخراطة تم تثبيت التيجان باستخدام مادة (IPS Object Fix Putty, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) على قاعدة الفرن المخصصة ثم تمت التقسية باستخدام فرن الخزف (Programat ® P300,Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)

على مرحلتين من دون فاصل. المرحلة الأولى 820 درجة لمدة دقيقتين بعدها 840 درجة لمدة 7 دقائق، وذلك حسب تعليمات الشركة المصنعة ثم تركت التعويضات لتبرد حتى وصلت إلى درجة حرارة الغرفة، بعد الحصول على التيجان المصنعة بكلا التقنيتين تم القيام بصب جميع أسنان العينة بالاكريل البارد فوق مستوى الملتقى المينائي الملاطي ب 2 ملم

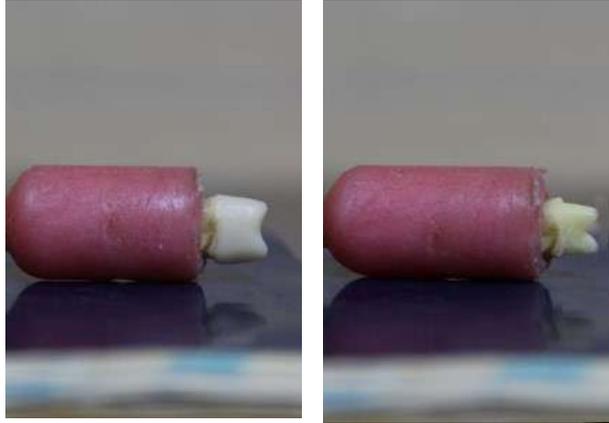
المرحلة الثالثة :

أجريت تجربة جميع التيجان قبل إلصاقها للتحقق من الانطباق الداخلي والحفافي باستخدام مطاط سيليكوني تكثيفي ولم نحتاج إلى اي تعديل يذكر.

تم الصاق جميع التيجان باستخدام إسمنت راتنجي ثنائي التصلب (Variolink N Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)

وفق الخطوات التالية:

1. بداية تم تنظيف التيجان و سطوح الضواحك المحضرة وتطهيرها باستخدام الكحول ثم غُسلت بتيار من الماء والهواء، بعدها جُففت بالهواء.
2. تم تخريش باطن التيجان بحمض فلور الماء 10% Ips ceramic etching gel ivoclar vivadent لمدة 90 ثانية، ثم تم غسلها بالماء الجاري لمدة 60 ثانية، وجففت بالهواء الخالي من الزيوت لمدة 30 ثانية.
3. -بعدها تم تطبيق طبقتين من معاملة الربط المضاعف (سيلان) (Silane, Ultradent Products) (BDJZH), South Jordan, UT, USA) وترك لمدة دقيقة حتى يجف
4. بعدها تم تخريش الدعامات بحمض الفوسفور N_Etch Etching Gel Containing 37%phosphoric acid ivoclar vivadent حيث طبق المخرش على الميناء الموجود عند خط الانهاء لمدة 30 ثانية ثم على العاج لمدة 15 ثانية، بعدها غُسلت الدعامات بالماء الجاري لمدة 30 ثانية ومن ثم تم تجفيفها بالهواء الخالي من الزيوت لمدة 20 ثانية.
5. بعدها طبقت مادة الربط العاجي (Tetric N-Bond Universal, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) على السطوح المحضرة، ثم تم تطبيق تيار هوائي خفيف لتأمين انتشارها على كامل السطح، بعدها صلبت لمدة 20 ثانية
6. تم إلصاق جميع التيجان بإسمنت إلصاق راتنجي ثنائي التصلب (Variolink N , Ivoclar, Vivadent, Liechtenstein) تم مزج الأساس والمسرّع بنسبة 1:1 وتم تطبيق الإسمنت على السطوح الداخلية للتيجان . بعدها وضعت التيجان على دعاماتها وتم تطبيق ضغط خفيف بواسطة إصبع اليد. تمت إزالة الزوائد من إسمنت الإلصاق قبل التصليب ثم تم تصليب الإسمنت باستخدام جهاز تصليب ضوئي (Led curing light, Hema Medical, China) من الأربع جهات (دهليزية ، أنسية، وحشية ، لسانية) لمدة 45 ثانية لكل جهة . انظر الشكل(2) والشكل (3)



الشكل (2) يوضح نموذج من العينة قبل وبعد إصاق التاج



الشكل (3) يوضح العينة كاملة بعد إصاق التيجان

المرحلة الرابعة :

تم إجراء اختبارات مقاومة قوى الانكسار باستخدام جهاز الاختبارات الميكانيكية Universal test machine وقد أجريت الاختبارات بعد تحضير ملحقات خاصة تم تصميمها بحيث تناسب العينة وبسرعة 0.5 ملماد حيث أن الجهاز موصول مع حاسب خاص لرسم المخططات البيانية لقوى الكسر والتي تتجلى بانتهيار الخط البياني المرسوم عند حدوث التصدع أو الانكسار وتراجع قيمة القوة، وعندها يتم إيقاف الجهاز وتسجل القيمة الرقمية لقوة الانكسار بالنيوتن . تم توجيه القوى على العينة بشكل موازي للمحور الطولي للسن (90) درجة على المنحدر الداخلي لحدبة الدعم الحنكية للضاحك الأول العلوي في منتصف المسافة الواصلة بين ذروة الحدبة والميزاب المركزي وأيضاً بشكل مائل زاوية (45) درجة حتى حدوث الانتهيار للخط البياني المرسوم على شاشة الحاسب والذي يشير إلى لحظة حدوث التصدع أو الانكسار .

تم تطبيق الاختبارات وفقاً للتقسيم المذكور سابقاً للعينة :

- 1_9 : تيجان Empress 2 مصنعة بتقنية الحقن الحراري : تم تطبيق قوى عمودية عليها حتى حدوث الكسر .
- 10-18 : تيجان Empress 2 مصنعة بتقنية الحقن الحراري : تم تطبيق قوى مائلة عليها بزوايا 45 درجة حتى حدوث الكسر .
- 19-27 : تيجان Empress 2 مصنعة بتقنية التصميم والتصنيع المحوسب : تم تطبيق قوى عمودية عليها حتى حدوث الكسر .

28_36: تيجان Empress 2 مصنعة بتقنية التصميم والتصنيع المحوسب : تم تطبيق قوى مائلة عليها بزاوية 45 درجة حتى حدوث الكسر .

نقطة تطبيق القوى:

تم القيام بتطبيق القوى على المنحدر الداخلي لحدبة الدعم الحنكية للضاحك الأول العلوي في منتصف المسافة الواصلة ما بين الميزاب المركزي و ذروة الحدبة الحنكية . انظر الشكل (4)



الشكل(4) يوضح نموذج من العينة قبل وبعد تطبيق قوة مائلة بزاوية 45 درجة على آلة الإختبارات الميكانيكية العامة

المرحلة الخامسة :

تم تدوين أنماط الفشل الحاصلة بعد الانتهاء من تطبيق القوى العمودية والمائلة على جميع مفردات العينة حيث تم استخدام مشعر F.J.T Burke لتسجيل أنماط الفشل والذي يشمل 5 درجات (10) نمط الفشل 1 (Mode I) : كسر أصغري بسيط أو شعر في التاج . نمط الفشل 2 (Mode II) : فقدان أقل من نصف التاج نتيجة الكسر . نمط الفشل 3 (Mode III) : كسر عبر الخط المتوسط للتاج أدى إلى فقدان نصف التاج تماماً . نمط الفشل 4 (Mode IV) : فقدان أكثر من نصف التاج نتيجة الكسر . نمط الفشل 5 (Mode V) : تشطي التاج بالكامل نتيجة الكسر مع أو بدون كسر الدعامة تحته.



نموذج من العينة يوضح نمط الفشل 3
(Mode III)



نموذج من العينة يوضح نمط الفشل 2
(Mode II)



نموذج من العينة يوضح نمط الفشل 1
(Mode I)



نموذج من العينة يوضح نمط الفشل 5
(Mode v)



نموذج من العينة يوضح نمط الفشل 4
(Mode IV)

النتائج والمناقشة

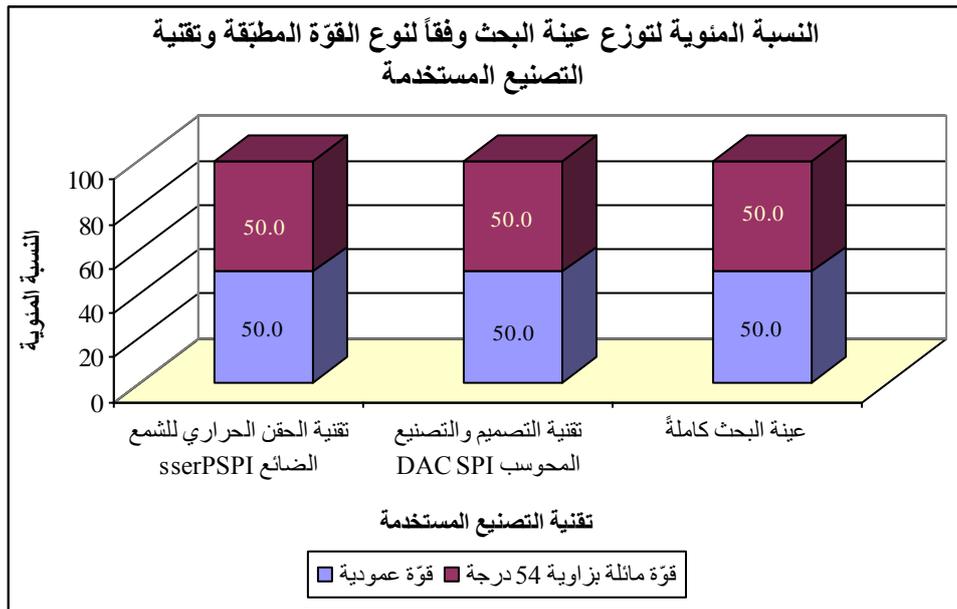
النتائج

أولاً - وصف العينة:

تألفت عينة البحث من 36 تاجاً خزفياً كاملاً كانوا مقسمين إلى مجموعتين رئيسيتين متساويتين وفقاً لتقنية التصنيع المستخدمة (تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPS Press، تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD)، وكانت كل من المجموعتين الرئيسيتين مقسمةً إلى مجموعتين فرعيتين متساويتين وفقاً لنوع القوة المطبقة (قوة عمودية، قوة مائلة بزاوية 45 درجة) وكان توزع التيجان الخزفية في عينة البحث وفقاً لتقنية التصنيع المستخدمة ونوع القوة المطبقة كما في الجدول (1) والمخطط (1):

جدول رقم (1) يبين توزيع التيجان الخزفية في عينة البحث وفقاً لنوع القوة المطبقة وتقنية التصنيع المستخدمة.

المجموع	النسبة المئوية		عدد التيجان الخزفية			تقنية التصنيع المستخدمة
	قوة مائلة بزواوية 45 درجة	قوة عمودية	المجموع	قوة مائلة بزواوية 45 درجة	قوة عمودية	
100	50.0	50.0	18	9	9	تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPS Press
100	50.0	50.0	18	9	9	تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD
100	50.0	50.0	36	18	18	عينة البحث كاملة



مخطط رقم (1) يمثل النسبة المئوية لتوزيع التيجان الخزفية في عينة البحث وفقاً لنوع القوة المطبقة وتقنية التصنيع المستخدمة.

تمت مراقبة درجة الفشل الحاصل لكل تاج من التيجان الخزفية المدروسة في عينة البحث وقد أُعطيت كل درجة من درجات الفشل الحاصل قيمة متزايدة تصاعدياً وفقاً لشدة الفشل بالاعتماد على مقياس F.J.T BURKE كما في الجدول التالي:

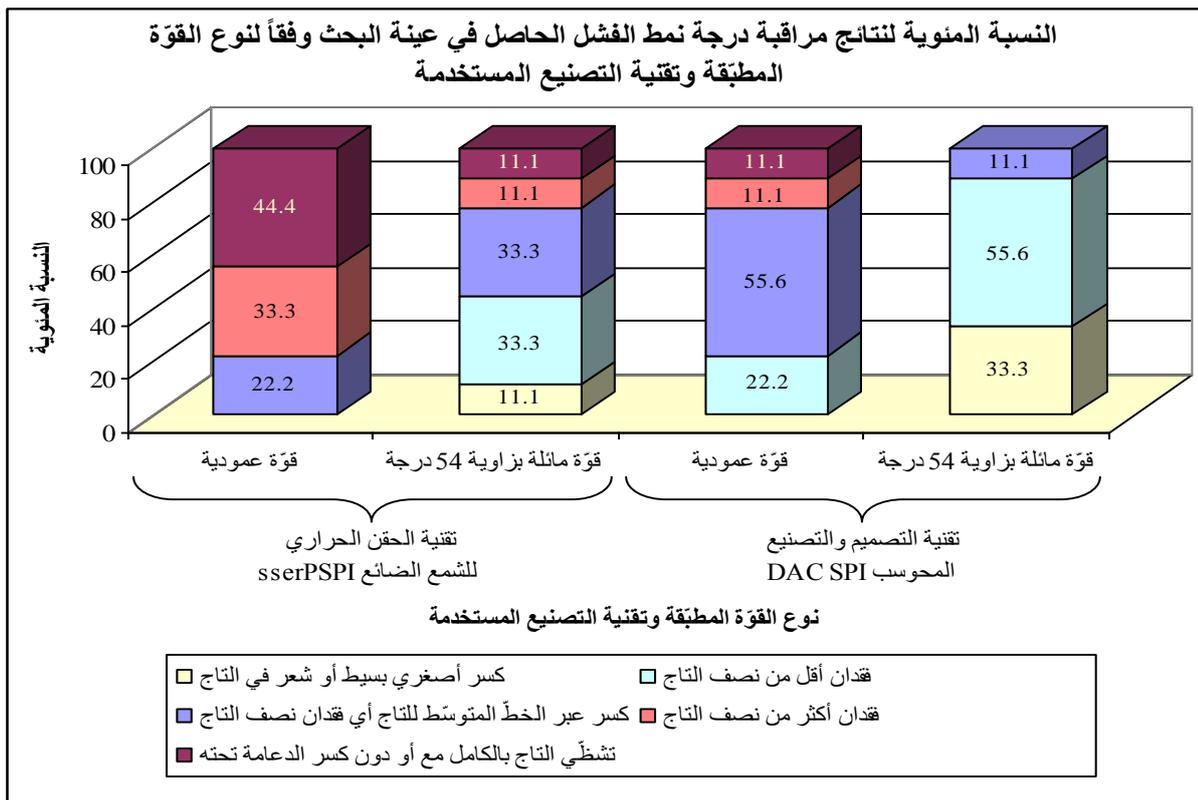
جدول رقم (2) يبين درجات الفشل الحاصلة في عينة البحث والقيمة الموافقة المعطاة لكل درجة بالاعتماد على مقياس F.J.T BURKE.

درجة الفشل الحاصل	القيمة الموافقة المعطاة
كسر أصغري بسيط أو شعر في التاج	1
فقدان أقل من نصف التاج	2
كسر عبر الخط المتوسط للتاج (فقدان نصف التاج)	3
فقدان أكثر من نصف التاج	4
تنشّي التاج بالكامل مع أو دون كسر الدعامة تحته	5

تمت دراسة تأثير كل من نوع القوة المطبقة وتقنية التصنيع المستخدمة في درجة الفشل الحاصل وكانت نتائج التحليل كما يلي:

يبين الجدول رقم (3) يبين نتائج مراقبة درجة الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لنوع القوة المطبقة وتقنية التصنيع المستخدمة.

المجموع	النسبة المئوية					عدد التيجان الخزفية					نوع القوة المطبقة	تقنية التصنيع المستخدمة	
	تشظي التاج بالكامل مع أو دون كسر الدعامة تحته	فقدان أكثر من نصف التاج	كسر عبر الخط المتوسط للتاج أي فقدان نصف التاج	فقدان أقل من نصف التاج	كسر أصغري بسيط أو شعر في التاج	المجموع	تشظي التاج بالكامل مع أو دون كسر الدعامة تحته	فقدان أكثر من نصف التاج	كسر عبر الخط المتوسط للتاج أي فقدان نصف التاج	فقدان أقل من نصف التاج			كسر أصغري بسيط أو شعر في التاج
100	44.4	33.3	22.2	0	0	9	4	3	2	0	0	قوة عمودية	تقنية الحقن الحراري
100	11.1	11.1	33.3	33.3	11.1	9	1	1	3	3	1	قوة مائلة بزاوية 45 درجة	للشمع الضائع IPS Press
100	11.1	11.1	55.6	22.2	0	9	1	1	5	2	0	قوة عمودية	تقنية التصميم والتصنيع
100	0	0	11.1	55.6	33.3	9	0	0	1	5	3	قوة مائلة بزاوية 45 درجة	المحوسب IPS CAD



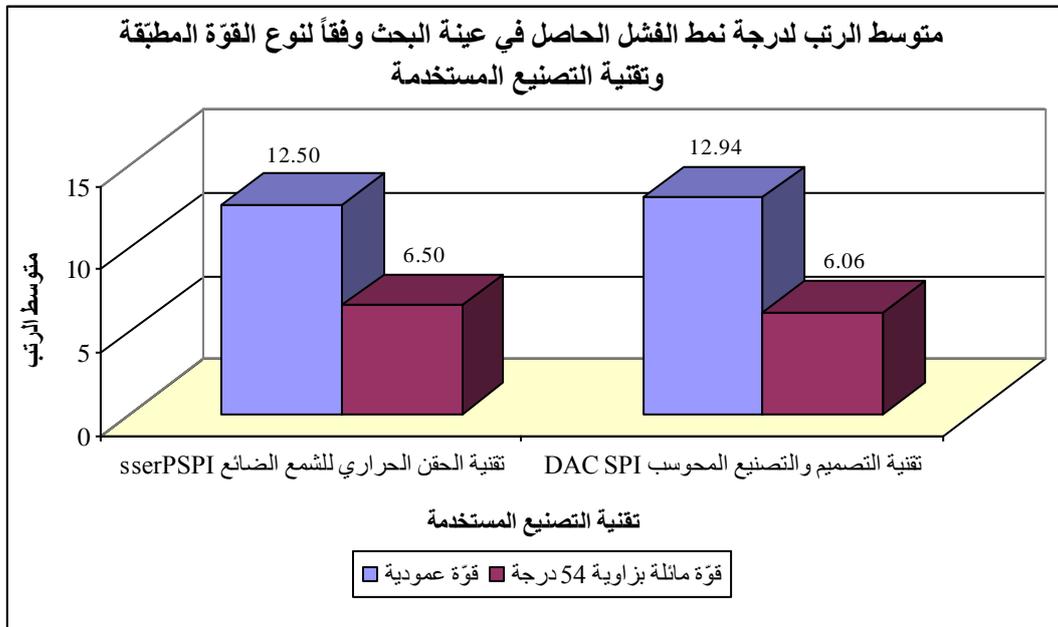
مخطط رقم (2) يمثل النسبة المئوية لدرجة الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لنوع القوة المطبقة وتقنية التصنيع المستخدمة.

تمت دراسة تأثير نوع القوة المطبقة في تكرارات درجة الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لتقنية التصنيع المستخدمة:

تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة الفشل الحاصل بين مجموعة تطبيق قوة عمودية ومجموعة تطبيق قوة مائلة بزاوية 45 درجة في عينة البحث وفقاً لتقنية التصنيع المستخدمة كما يلي:

الجدول رقم (4) متوسط الرتب لدرجة الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لنوع القوة المطبقة وتقنية التصنيع المستخدمة.

متوسط الرتب	عدد التيجان الخزفية	نوع القوة المطبقة	تقنية التصنيع المستخدمة	المتغير المدروس
12.50	9	قوة عمودية	تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPSPress	درجة الفشل الحاصل
6.50	9	قوة مائلة بزاوية 45 درجة		
12.94	9	قوة عمودية	تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD	
6.06	9	قوة مائلة بزاوية 45 درجة		



مخطط رقم (3) يمثل متوسط الرتب لدرجة الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لنوع القوة المطبقة وتقنية التصنيع المستخدمة.

- نتائج اختبار Mann-Whitney U:

يبين الجدول رقم (5) نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة الفشل الحاصل بين مجموعة تطبيق قوة عمودية ومجموعة تطبيق قوة مائلة بزاوية 45 درجة في عينة البحث وفقاً لتقنية التصنيع المستخدمة.

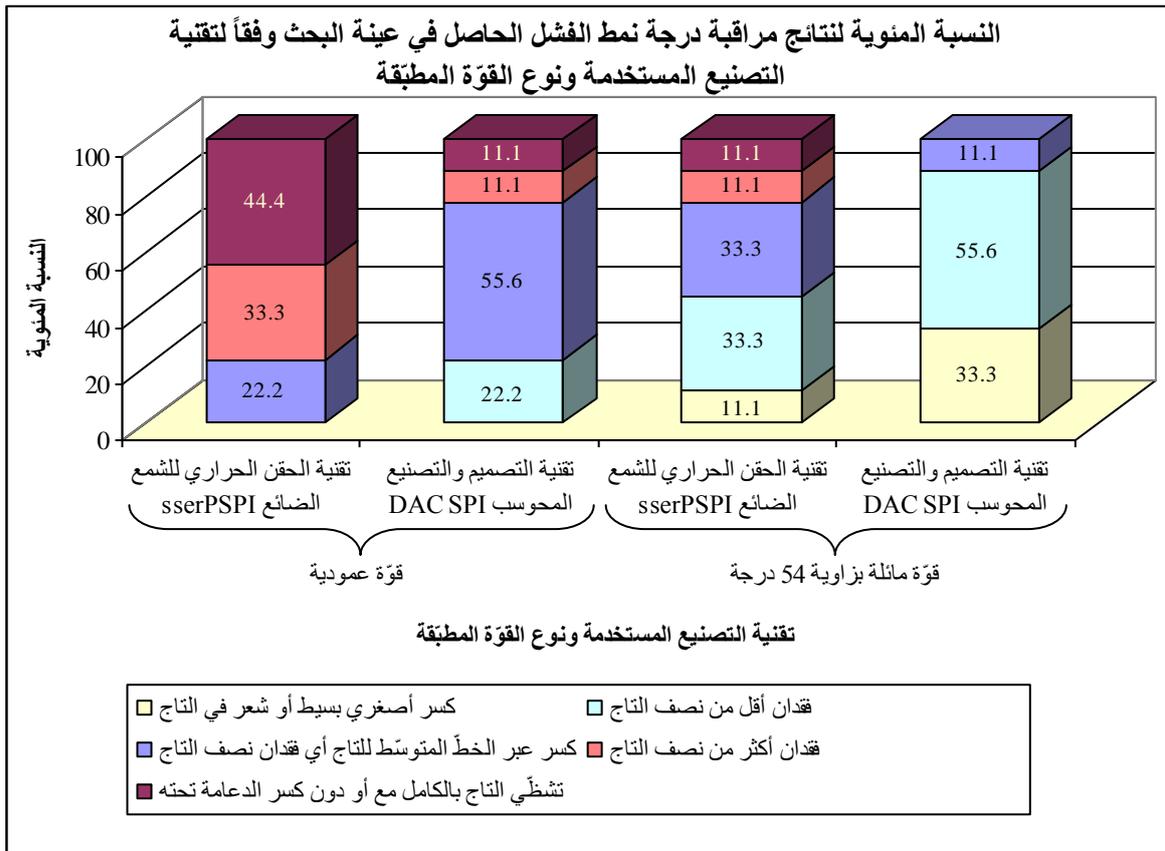
المتغير المدروس	تقنية التصنيع المستخدمة	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
درجة الفشل الحاصل	تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPSPress	13.5	0.014	توجد فروق دالة
	تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD	9.5	0.004	توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 مهما كانت تقنية التصنيع المستخدمة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائياً في تكرارات درجة الفشل الحاصل بين مجموعة تطبيق قوة عمودية ومجموعة تطبيق قوة مائلة بزاوية 45 درجة مهما كانت تقنية التصنيع المستخدمة، وبدراسة قيم متوسطات الرتب نستنتج أن درجة الفشل الحاصل في مجموعة تطبيق قوة عمودية كانت أعلى منها في مجموعة تطبيق قوة مائلة بزاوية 45 درجة، وذلك في كل من مجموعة تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPS Press ومجموعة تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD على حدة في عينة البحث .

نتائج مراقبة درجة الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لتقنية التصنيع المستخدمة ونوع القوة المطبقة:

يبين الجدول رقم (6) نتائج مراقبة درجة الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لتقنية التصنيع المستخدمة ونوع القوة المطبقة.

المجموع	النسبة المئوية					عدد التيجان الخزفية					تقنية التصنيع المستخدمة	نوع القوة المطبقة	
	تشظي التاج بالكامل مع أو دون كسر الدعامة تحته	فقدان أكثر من نصف التاج	كسر عبر الخط المتوسط للتاج أي فقدان نصف التاج	فقدان أقل من نصف التاج	كسر أصغري بسيط أو شعر في التاج	المجموع	تشظي التاج بالكامل مع أو دون كسر الدعامة تحته	فقدان أكثر من نصف التاج	كسر عبر الخط المتوسط للتاج أي فقدان نصف التاج	فقدان أقل من نصف التاج			كسر أصغري بسيط أو شعر في التاج
100	44.4	33.3	22.2	0	0	9	4	3	2	0	0	تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPS Press	قوة عمودية
100	11.1	11.1	55.6	22.2	0	9	1	1	5	2	0	تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD	
100	11.1	11.1	33.3	33.3	11.1	9	1	1	3	3	1	تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPS Press	قوة مائلة بزاوية 45 درجة
100	0	0	11.1	55.6	33.3	9	0	0	1	5	3	تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD	

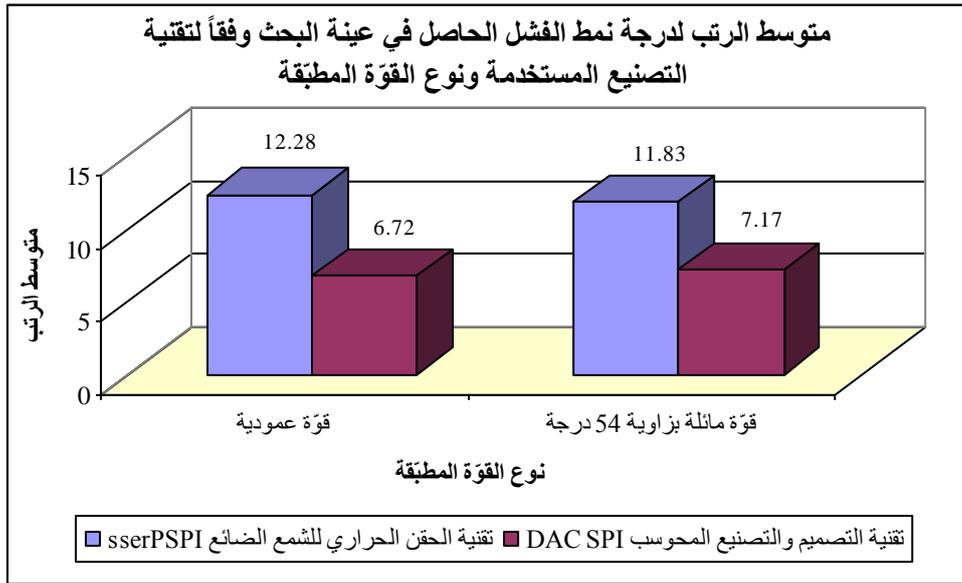


يمثل المخطط رقم (4) النسبة المئوية لدرجة الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لتقنية التصنيع المستخدمة ونوع القوة المطبقة. دراسة تأثير تقنية التصنيع المستخدمة في تكرارات درجة الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لنوع القوة المطبقة:

تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة الفشل الحاصل بين مجموعة تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPSPress ومجموعة تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD في عينة البحث وفقاً لنوع القوة المطبقة كما يلي:

الجدول رقم (7) متوسط الرتب لدرجة الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لنوع القوة المطبقة وتقنية التصنيع المستخدمة.

المتغير المدروس	نوع القوة المطبقة	تقنية التصنيع المستخدمة	عدد التيجان الخزفية	متوسط الرتب
درجة الفشل الحاصل	قوة عمودية	تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPSPress	9	12.28
		تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD	9	6.72
	قوة مائلة بزاوية 45 درجة	تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPSPress	9	11.83
		تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD	9	7.17



مخطط رقم (5) يمثل متوسط الرتب لدرجة الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لنوع القوة المطبقة وتقنية التصنيع المستخدمة.

- نتائج اختبار Mann-Whitney U:

يبين الجدول رقم (8) نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة الفشل الحاصل بين مجموعة تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPS Press ومجموعة تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD في عينة البحث وفقاً لنوع القوة المطبقة.

المتغير المدروس	نوع القوة المطبقة	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
درجة الفشل الحاصل	قوة عمودية	15.5	0.021	توجد فروق دالة
	قوة مائلة بزاوية 45 درجة	19.5	0.0497	توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 مهما كان نوع القوة المطبقة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات درجة الفشل الحاصل بين مجموعة تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPS Press ومجموعة تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD في كل من مجموعة تطبيق قوة عمودية ومجموعة تطبيق قوة مائلة بزاوية 45 درجة على حدة في عينة البحث، وبدراسة قيم متوسطات الرتب نستنتج أن درجة الفشل الحاصل في مجموعة تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPS Press كانت أعلى منها في مجموعة تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD في كل من مجموعة تطبيق قوة عمودية ومجموعة تطبيق قوة مائلة بزاوية 45 درجة على حدة في عينة البحث.

المناقشة:

مناقشة منهجية البحث :

• تم اختيار التيجان الكاملة المصنوعة من ips empress 2 للدراسة وتم دراسة أنماط الفشل الخاصة بها بسبب أنماط الفشل العديدة الشائعة مع هذا النوع من التيجان المتمثلة بكسور فيها متدرجة من الكسور الشعيرية البسيطة وحتى

التشظي الكامل بعد تأكيد العديد من الدراسات على وجود علاقة لتقنية تصنيع الأخراف على خواصها الميكانيكية (9)(11)(12) .

• استخدم في هذا البحث أسناناً بشرية طبيعية مقلوعة بدلاً من النماذج الصناعية للأسنان المصنوعة من المعادن بهدف محاكاة الواقع السريري حيث أن الصفات البنيوية و التشريحية للأسنان الطبيعية تختلف عن النماذج الصناعية كذلك فإن سطح الميناء و العاج القابل للتخريش والارتباط يجعل عملية الإلصاق أكثر دقة و محاكاة للواقع السريري منها في حال استخدام النماذج الصناعية .

• تم اختيار الضواحك الأولى العلوية كدعامات في هذا البحث لأنها تعد أكثر الأسنان عرضة للكسر، إذ وجد Salis وزملاؤه أن 49% من كسور الأسنان في الفك العلوي تظهر في الضواحك وأكثر من نصف هذه الكسور كانت كسوراً في حذبة الدعم(13)

• تم اختيار الأسنان مقارنة من حيث الشكل و الحجم و تم توحيد معايير تحضيرها لاستبعاد تأثير هذه الفروقات على نتائج الدراسة و للحد من التغيرات و الأخطاء الممكنة

• لم نستخدم في هذا البحث مادة محاكية للرباط السني كالمطاط الرخو مثلاً وتم الاكتفاء بتهيئة الأسنان مباشرة ضمن القواعد الإكريلية. يمكن اعتبار عدم الاستخدام هذا مبرراً حيث لم تسجل بعض الدراسات اختلافاً في النتائج بين العينات المصممة برباط حول سني صناعي وبين العينات المصممة دونه (14)(15)، كذلك وجد (Chia) أن الرباط حول السني الصناعي المشكل من المطاط الرخو حول جذور الدعامات يبدي ثخانات أكبر من الموجودة في الواقع السريري. إضافة إلى ذلك من الممكن أن تسبب الثخانات غير المتساوية من الرباط المطاطي الصناعي حركة غير مسيطر عليها للدعامات وحدوث المزيد من الأخطاء (16).

• تم تغليح الأسنان و تنظيفها ثم تم حفظها في محلول ملحي (0,9% كلور الصوديوم) بدرجة حرارة الغرفة إلى حين إتمام جمع العينة و يعود الهدف من هذا الإجراء إلى أن كلور الصوديوم يؤمن ارتباطاً سنياً راتنجياً في الأسنان المقلوعة مشابهاً له في الأسنان غير المقلوعة (17) .

• تم تثبيت الضواحك ضمن قواعد إكريلية وذلك لأن معامل مرونة الإكريل مقارب لمعامل مرونة العظم السنجي، حيث صممت القواعد بشكل يسمح بتثبيتها على القاعدة المخصصة لجهاز الاختبارات الميكانيكية .

• استخدم جهاز الاختبارات الميكانيكية العامة Ibertest (IBMU4 series) لدراسة مقاومة التعويضات للكسر وتقييم أنماط الفشل الحاصلة حيث طبقت قوى مائلة بزاوية 45 على المنحدر الداخلي لحذبة الدعم (الحذبة الحنكية) حتى حدوث الكسر ، و طبقت قوى عمودية أيضاً بزاوية 90 درجة على نفس المنطقة حتى حدوث الكسر .

• واعتمدت هذه الطريقة في تطبيق القوة كونها الطريقة المتبعة في العديد من الأبحاث السابقة (18)(19) من جهة ولأنها تحاكي بشكل تقريبي الحالة الإطباقية في فم المريض .

• أما فيما يخص اختيار الزاوية 45 درجة فيعود سبب اختيار هذه الزاوية إلى أنه يعتبر تطبيق القوة بزاوية 45 غير مفضل في أثناء الوظيفة المضغية، حيث يبدي هذا الشكل من القوى أسوأ الإجهادات المطبقة على الأسنان (20)(21) .

مناقشة النتائج:

مناقشة نتائج دراسة أنماط الفشل الحاصلة عند تطبيق القوى (العمودية والمائلة بزوايا 45 درجة) على تيجان عينة البحث المصنعة بكلتا تقنيتي التصنيع المتبعة (تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPS PRESS، تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD):

• قد يعود سبب حدوث أنماط فشل أكثر سوءاً في التيجان المصنعة وفق تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع IPS Press مقارنة مع التيجان المصنعة وفق تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD إلى أن الأخطاء المخبرية تزداد والخواص الميكانيكية تتأثر بسبب الإجراءات المخبرية العديدة التي تمر بها التيجان المصنعة بتقنية الحقن الحراري من تشميع وتوتيد وكسي وإحماء وصب وضغط حراري وما يرافق هذه الأعمال من احتمال وقوع أخطاء عديدة (أخطاء قد تحدث بمرحلة الكسي كخشونة السطح الزائدة التي قد تنتج عن عدم مزج المسحوق الكاسي بنسب صحيحة أو إحماء بوتقة الصب بشكل زائد، أو عيوب تتعلق بالانصهار كالاختواء الغازي و الفقاعات، اندخال شوائب المسحوق الكاسي و الاندخالات الصلبة، أو عيوب قد تحدث بالصلب كالتجاويف) وهذا قد يجعل التيجان المصنوعة بتقنية الحقن الحراري للشمع الضائع أكثر عرضة لحدوث أنماط فشل شديدة عند تعرضها لقوى كبيرة تتمثل في حدوث أدبيات كبيرة في التيجان قد تصل إلى التشطي الكامل، في حين تكون الأبعاد والعملية برمتها مقادة ومسيطر عليها بواسطة الحاسوب وتكون أبسط وأقل تعقيداً وأكثر اختصاراً للإجراءات المخبرية (المقرونة بارتفاع احتمالية حدوث الأخطاء) في تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD\CAM مما يجعل الخواص الميكانيكية للتيجان المصنعة بهذه التقنية أفضل و بالتالي أنماط الفشل تكون أقل سوءاً بالمقارنة مع تقنية الحقن الحراري للشمع الضائع

• كما أن جزيئات الزجاج تتأثر وتصبح أكثر خشونة أثناء عملية الضغط الحراري مما يؤثر على مقاومتها و خواصها الميكانيكية و هذا قد يكون ناتج عن صعوبة المعايرة الدقيقة لنسبة المسحوق إلى السائل عند مزج المسحوق الكاسي أو إلى إحماء بوتقة الصب بشكل زائد قليلاً مما يؤدي إلى حدوث تشققات مجهرية في المسحوق الكاسي قد تؤثر على مقاومة التعويض النهائي و حدوث أنماط مختلفة من الفشل (10).

• قد يعود سبب حدوث أنماط فشل أكثر سوءاً عند تطبيق القوى العمودية مقارنةً بالمائلة إلى أن القوة العمودية تتكون من مركبة واحدة تنطبق على المحور Y العمودي بينما القوة المائلة تشكل عزم مزدوجة وتتحلل إلى مركبتين X و Y تساهمان بكسر التعويض بشكل أسهل (22) (بتعريضه لقوة أقل شدة) حيث أن فشل أو كسر التعويض يتطلب قوة كبيرة بالاتجاه العمودي بينما تكفي قوة صغيرة بالاتجاه المائل لكسر التعويض حيث وصلت أعلى قوة أدت إلى فشل التعويض بالاتجاه العمودي إلى 2022.2 N وهذا ما أدى إلى حدوث درجات فشل عالية تتمثل بتشطي كامل للتيجان نتيجة لارتفاع درجة القوة المطبقة بينما وصلت أعلى قوة أدت إلى فشل التعويض بالاتجاه المائل إلى 1298.4 N وهذا ما أدى إلى حدوث أنماط فشل أقل شدة نتيجة انخفاض درجة القوة المطبقة حيث يعود تفسير حدوث أنماط فشل أسوأ عند تطبيق قوى عمودية على التيجان مقارنةً بالقوى المائلة كون شدة القوى العمودية اللازمة لحدوث الفشل أكبر بكثير من القوة المائلة اللازمة لحدوث الفشل.

الاستنتاجات والتوصيات

في حدود هذه الدراسة وبالإعتماد على مقياس F.J.T BURKE نجد أن:

- 1-أبدت تقنية الحفن الحراري للشمع الضائع IPS Press أنماط قشل حرجة أكثر من تقنية التصميم والتصنيع المحوسب IPS CAD/CAM بالنسبة للتيجان الخزفية الكاملة المصنعة من 2 ips empress .
- 2-كانت درجات الفشل الأعلى كنتشطي التاج بالكامل وفق مقياس F.J.T BURKE عند تطبيق القوى العمودية أكثر من المائلة في عينة البحث مع كلا تقنيتي التصنيع ، مع ملاحظة زيادة شدة قوة التطبيق اللازمة لحدوث الفشل في الاتجاه العمودي عن الاتجاه المائل .

References:

1. Kyu-BoK Lee; Charn-Woon Park; KYo-Han Kim;Tae-Yub Kwon.Marginal and Internal Fit of all- ceramic Crowns Fabricated with Tow Different CAD\CAM System. Dental Materials Journal, Vol.27, N.3, 2008, 422-42.
2. Wataha, J.C. Alloys for Prosthodontic restorations. J Prosthet Dent,87 ,2002 ,351-363
3. Ana Ispas, Laura Iosif, Daniela Popa, Marius Negucioiu, Mariana Constantiniuc, Cecilia Bacali, Smaranda Buduru . Comparative Assessment of the Functional Parameters for Metal-Ceramic and All-Ceramic Teeth Restorations in Prosthetic Dentistry(A Literature Review) . Mdpi Biology Journal 11 (4), 556, 2022.
4. FRADEANI, M; REDEMAGNI, M. An 11 year clinical evaluation of leucite reinforced glass- ceramic crowns; a retrospective study. Quintessence Int, Vol. 33(7), 2002, 503-510.
5. Yanning Chen , Andy W.K. Yeung , Edmond H.N. Pow, James K.H. Tsoi .Current status and research trends of lithium disilicate in dentistry: A bibliometric analysis .The Journal of Prosthetic Dentistry Volume 126, Issue 4, October 2021 .
6. AL-Hamad K,Al-Quran F,Aljalam S , Comparison of the Accuracy of Fit of Metal, Zirconia, and Lithium Disilicate Crowns Made from Different Manufacturing Techniques , Journal of Prosthodontics , Vol. 28 issue 5 , 2024
7. HEFFERNAN, M.J; AQUILINO, S.A; DIAZ-ARNOLD, A.M; HASELTON, D.R; STANFORD, C.M; VARGAS, M.A. Relative translucency of six all- ceramic systems. Part II; core and veneer materials. J Prosthet Dent, Vol. 88(1), 2002, 10-15.
8. HERRGUTH, M; WICHMANN, M; REICH, S. The aesthetics of all-ceramic veneered and monolithic CAD/CAM crowns. J Oral Rehabil, Vol. 329(10), 2005, 747-752.
9. Chung_Ha Lim ,Yong_Seok jang, Evaluation of fracture strength for single crowns made of the different types of lithium disilicate glass_Ceramics. The Society of the Nippon Dental University2019
10. F.J.T. Burke* , Maximising the fracture resistance of dentine-bonded all-ceramic crowns, University of Glasgow Dental School, 378 Sauchiehall Street, Glasgow G2 3JZ, UK Received 6 April 1998
11. Jung J, Min, Ahn S, Bae T, Park C. Effect of Tio2 on the crystallization and microstructure of pressable lithium disilicate glass_ceramic in the Sio2_Li2o-K2o_Zno_Zno2_P2O5_ system J Korean Res Soc Dent Mater.2003:30:163_70
12. Homaei E,Farhangdoost K, Pow EHN, Matinlinna JP, Akbari M, Tosi JK_H.Fatigue resistance of monolithic CAD\CAM ceramic Crowns on human premolars. Ceram Int. 2016,42(14):15709_17.

13. SALIS, S.G; HOOD J.A; STOKES A.N; KIRK E.E. Patterns of indirect fracture in intact and restored human premolar teeth. *Endod Dent Traumatol*. Vol. 3(1), 1987, 10-14.
14. STERZENBACH, G; TUNJAN, R; ROSENTRITT, M; NAUMANN, M. Increased tooth mobility because of loss of alveolar bone support: A hazard for zirconia tow-unit cantilever resin-bonded FDPs invitro?. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, Vol. 102(2), 2013, 244-249 .
15. Kern, M; Douglas, WH; Fechtig, T; Strub, JR; DeLong, R. Fracture strength of all-porcelain, resin-bonded bridges after testing in an artificial oral environment. *J Dent*, Vol. 21(2), 1993, 117-121
16. CHIA, YU.CHANG; JAU, SHING.KUO; YANG, SUNG.LIN; YEN, HSIANG. CHANG. Fracture resistance and failure modes of CEREC endo-crowns and conventional post and core-supported CEREC crowns. *J Dent Sci*, Vol.4, 2009, 110-117.
17. WIDMALM S.E; ERICSSON, S.G. Maximal bite force with centric and eccentric load. *J Oral Rehabil*, Vol. 9(5), 1982, 430-300
18. SCHMIDLIN, P.R; STAWARCZYK, B; DEABREU, D; BINDL, A; ENDER, A; ICHIM, I.P. Fracture resistance of endodontically treated teeth without ferrule using a novel H-shaped short post. *Quintessence Int*, Vol. 46(2), 2015, 97-108
19. ATASH, R; ARAB, M; DUTERME, H; CETIK, S. Comparison of resistance to fracture between three types of permanent restorations subjected to shear force: An in vitro study. *Journal of Indian Prosthodontic Society*, Vol.17(3), 2017, 239-249.
20. BOLHUIS, H.P; DE GEE, A.J; PALLAV, P; FEILZER, A.J. Influence of fatigue loading on the performance of adhesive and nonadhesive luting cements for cast post-and-core buildups in maxillary premolars. *International Journal of Prosthodontics*, Vol. 17(5), 2004, 571-576.
21. SIDOR, F; BRØNDUM, K; RAVNHOLT, G. The influence of post length and crown ferrule length on the resistance to cyclic loading of bovine teeth with prefabricated titanium posts. *International Journal of Prosthodontics*, Vol. 12(1), 1999; 78-82.
22. Saker R, Othman T, In_Vitro Comparative Study Of The Effect Of Form Preparation (Anatomical-Flat) Of Occlusal Surface Of The Posterior Teeth On The Fracture Resistance Of Pfm_Zirconia P86 Vol 1 2017

