

تقييم ثبات القلب والوتد المعدني المصنع بالتقنية التقليدية وتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد (دراسة مخبرية مقارنة)

أ.م.د. بسام النجار**

مهند الجاجة*

(الإيداع: 12 تشرين ثاني 2023، القبول: 23 كانون ثاني 2023)

الملخص:

الهدف من البحث: يهدف هذا البحث إلى تقييم ثبات القلب والوتد المعدني المصنع بالتقنية التقليدية وتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

المواد والطرائق: تألفت عينة البحث من 20 ضاحكة سفلية مقلوعة لأسباب تقويمية، تم إجراء المعالجة اللبية المناسبة وقص الجزء التاجي لها فوق مستوى الملتنقى المينائي الملاطي ب2 ملم وتحضير فراغ الوتد الجذري بطول وقطر موحد باستخدام مثاقب Gates-Gliden وموسعات Pesso الآلية وتحضير سوار عنقي تاجي مع خط إنهاء بسماكة 1 ملم، قسمت العينة بشكل عشوائي إلى مجموعتين متساويتين حسب التقنية المتبعة بالتصنيع: المجموعة (1- A (10): ترمم بقلب ووتد معدني مصنع بالطريقة التقليدية، المجموعة (1-10) B: ترمم بقلب ووتد معدني مصنع بطريقة الطباعة ثلاثية الأبعاد، تم الصاق جميع القلوب والأوتاد المعدنية باستخدام اسمنت فوسفات الزنك وأخضعت العينات لاختبار مقاومة قوة الشد عن طريق السحب Pull out باستخدام جهاز الاختبارات العام بسرعة 0,5 ملم في الدقيقة وسجلت مقدار شدة القوة التي حدث عندها انفصال الوتد عن القناة الجذرية في كل عينة من العينات بالنيوتن، تم حساب المتوسط الحسابي لمقدار قوة الشد لكل مجموعة وحللت البيانات الناتجة إحصائياً بواسطة اختبار T للعينات المستقلة Independent Samples T Test.

النتائج: بينت نتائج الدراسة الإحصائية وجود فروق دالة إحصائية في متوسط مقدار قوة الشد بين المجموعتين عند درجة ثقة 95% حيث كان متوسط مقدار قوة الشد في المجموعة الأولى 161.36 نيوتن (التقنية التقليدية) أكبر وبفرق ذي دلالة إحصائية من المجموعة الثانية 118.52 نيوتن (تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد).

الاستنتاجات: أظهرت القلوب والأوتاد المعدنية المصنعة بالتقنية التقليدية ثباتاً أكبر من القلوب والأوتاد المعدنية المصنعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

الكلمات المفتاحية: القلب والوتد المعدني، الطباعة ثلاثية الأبعاد، ثبات القلب والوتد المعدني، قوة الشد، التقنية التقليدية.

* طالب دراسات عليا (ماجستير) - اختصاص التعويضات الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة حماة.

** أستاذ مساعد في قسم التعويضات الثابتة - عميد كلية طب الأسنان - جامعة حماة

Evaluation of Retention of Metal Post and Core Fabricated by Conventional Technique and 3D Printing System (A Comparative In-Vitro Study)

Muhennad Al-Jajeh*

Prof.Dr.Bassam Al-Najjar

(Received: 12 November 2023, Accepted: 23 January 2023)

Abstract:

Evaluation of Retention of Metal Posts and Cores Fabricated by Conventional Technique and 3D Printing System.

Twenty mandibular orthodontic extractions premolars were endodontically treated. All teeth were cut 2 mm above cement–enamel junction. The root canals were enlarged to the same length and width using Gates–Glidn drills and Pessó reamers. Ferrule were made with 1mm finish line. The specimens were divided randomly into two groups according to the fabrication technique: Group A (1–10): samples were restored with a metal post and core fabricated using conventional technique. Group B (1–10): samples were restored with a metal post and core fabricated using 3D printing technique. All metal posts and cores were cemented by zinc phosphate cement. All specimens were subjected to tensile test in a universal testing machine at a crosshead speed of 0.5 mm/min. The mean of failure strength for all groups were calculated. The data were analyzed by Independent Samples T Test.

There were statistically significant differences between the two groups in the research sample on confidence level 95%. The mean of failure strength in the first group 161,36 N (Conventional Technique) larger than the second group 118,52 N (3D printing Technique).

Conclusion: Within the limits of this study, the metal posts and cores fabricated by the conventional technique revealed more retention than the metal posts and cores fabricated by the 3D printing technique.

Keywords: Metal post and core, 3D printing, Retention of metal post and core, Tensile force, Conventional Technique.

*Post graduate student (master degree) – Department of Fixed Prosthodontics – College of Dentistry– Hama University.

** Prof in Fixed Prosthodontics – Dean of Collage of Dentistry – Hama University.

1-المقدمة و المراجعة النظرية: Introduction and Literature Review:

يمكن القول أنه بظهور أنظمة الـ CAD-CAM قد بدأ عصر جديد في طب الأسنان، فمع تطور تقنيات الحاسوب والسباق التقني الذي تشهده مختلف العلوم، أصبح مجال التعويضات السنية الثابتة من العلوم سريعة التطور، حيث يمكن تحسين الثبات بتحسين النظام والتي تتحقق بزيادة الدقة في التصنيع والذي يمكن الحصول عليه من خلال استخدام التقنيات المحوسبة في التصنيع، كما تم الحصول على مواد جديدة قابلة للضبط وخالية من العيوب تقريباً، وازدادت القدرة على أرشفة وتخزين البيانات، فضلاً عن تخفيض تكلفة الإنتاج، وإمكانية الحصول على تعويضات سنية أكثر جودة وتجانساً وكذلك توحيد إجراءات تشكيل التعويض، ومن المزايا الأخرى إمكانية صنع تعويضات أكثر دقة بسبب تجاوز العديد من الإجراءات المخبرية مثل التشميع والكسو والصب، إلا أنه وعلى الرغم من المزايا المذكورة، فإن استخدام هذه التقنية يحتم إجراءات إضافية مثل المسح Scanning والتصميم Designing ومعالجة البيانات Processing data، والخرط Milling والارتصاص Sintering والتعامل مع مواد خاصة، وبالنتيجة قد تنقص الدقة إذا لم تضبط جميع الشروط بالشكل الصحيح. (2008) (Beuer et al., (Abduo et al., 2010) (Strub et al 2006)

1-1 تقنيات تصنيع القلب والوئد المعدني:**❖ عملية التصنيع التقليدية (تقنية الشمع الضائع Lost wax technique)**

لسنوات عديدة كانت تقنية الشمع الضائع الموصوفة من قبل (Taggart W 1907) هي الطريقة الوحيدة لصنع الهياكل المعدنية للتعويضات الثابتة ومن أهم خطوات هذه التقنية (Rosenstiel et al., 2022) - **التوتيد:** وهي عملية إصاق وتد الصب البلاستيكي على سطح الهيكل الشمعي ليكون كمجرى لمرور المعدن المصهور، ومن متطلبات وتد الصب:

- أن يكون عريضاً بما يكفي لتجنب تصلب معدنه قبل أن يتصلب معدن المرممة.
- أن يحتوي على حجرة تغذية تمد المرممة بالمعدن السائل في أثناء تصلبها.

- **معاملة سطح المثال الشمعي:** يُغسل المثال الشمعي ويتم تنظيفه من البقايا العالقة به وتجفيفه، وبعدها يُدهن الشمع بمادة مزيلة للتوتر السطحي مما يسمح بتماس صميمي بين الشمع والمسحوق الكاسي.

- وضع المثال الشمعي في حلقة الصب: يتم تثبيت وتد الصب ضمن الحفرة المخصصة على القاعدة الخشبية أو الكاوتشوكية لحلقة الصب وهي عبارة عن أسطوانة (من النحاس غالباً) ثخانتها بحدود 2 مم وقطرها 4-3 سم وارتفاعها 64 سم، وذلك تبعاً لحجم المثال الشمعي.

- **الكسو:** وهي المرحلة التي يتم فيها تغليف المثال الشمعي بالمسحوق الكاسي وهو عبارة عن مزيج من المواد التي تحتل الحرارة العالية (المسحوق الكاسي ذو الرابطة الفوسفاتية)، والتي بتمدها تعوض عن التقلص الحاصل في الشمع والمعادن.

- الإحماء والصب: حيث يخرج الشمع ويحترق بواسطة مجرى خاص، تاركاً مكانه فارغاً، وبعد عملية الكسو تترك حلقة الصب على طاولة المخبر لمدة ساعة كاملة كي يتصلب المسحوق الكاسي، ثم يوضع في فرن درجة حرارته منخفضة وذلك لمدة نصف ساعة بإحمائه تدريجياً وبشكل بطيء حتى 400 C ويترك لمدة 15 دقيقة، ثم ترفع درجة الحرارة تدريجياً حتى 600 C وتترك أيضاً لمدة 10 دقائق، ثم يُحمى الفرن أخيراً إلى درجة حرارة 850 ويتم المحافظة على تلك الدرجة لمدة 45 دقيقة، وبواسطة القوة النابذة يحتل المعدن المصهور مكان الشمع ضمن المسحوق الكاسي.

وتتمتع طريقة الشمع الضائع بالعديد من الميزات مثل سهولة التعامل مع الشمع وإمكانية تشكيله وفق المطلوب واحترافه الكامل بالحرارة (Rosenstiel et al 2022)، إلا أن هذه الطريقة لا تخلو من المشكلات، حيث تعتبر مرحلة تصنيع النموذج الشمعي الخطوة الأساسية في سياق تصنيع القلب والوئد المعدني وفق تقنية الشمع الضائع، إلا أن جودة هذه المرحلة (المستهلكة للوقت) تعتمد بشكل أساسي على مهارة الفني، كما وبسبب لون الشمع وسطحه اللامع فإنه من الممكن وجود بقايا

على سطح الجبس يصعب تمييزها ، بالإضافة لبعض الخصائص غير المرغوبة للشمع مثل قابليته للتشوه في المناطق الرقيقة وحساسيته الحرارية ومعامل التمدد الحراري، وتعقيد خطوات العمل والحاجة للعديد من المراحل التي تحتل حدوث الأخطاء في تفاصيلها (Abduo et al 2010).

❖ عملية التصنيع الرقمية Digital fabrication processes

هناك طريقتان أساسيتان تُستعملان لصناعة التعويضات والترميمات بمساعدة الحاسوب إحداهما طريقة التصنيع بالطرح Subtractive Manufacturing Method، وتتضمن عملية التفريز Milling/Machining، كما تُعد طريقة التصنيع بالإضافة Additive Manufacturing Method طريقة أخرى للتصنيع وتتضمن النمذجة السريعة Rapid Prototype عن طريق الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing (Jamel et al. 2020).

• طريقة التصنيع بالطرح (تقنية التفريز Milling Technique)

تُستعمل تقنية التفريز Milling Machining لتصنيع التعويضات والترميمات السنية عن طريق الطرح من قطع صلبة كبيرة، وتُعد طريقة التفريز التي يتحكم بها الحاسوب رقمياً مألوفاً لدى الأطباء والمخبريين على حدٍ سواء، وهي تعتمد على استعمال أدوات آلية تحمل أداة قطع حادة لقطع المادة ميكانيكياً للحصول على الشكل الهندسي المطلوب، ويتحكم برنامج حاسوبي بجميع خطوات هذه العملية، ويعتمد اختيار المادة التي سيتم تفريزها على التطبيق المُراد استعمالها فيه .

(Turkyilmaz and Wilkins 2021)

من أهم مميزات التفريز التأكد من ديمومة القطعة المفروزة وجودتها بما أن التفريز يتم من كتل مصنعة مسبقاً، بحيث يقلل التفريز من العيوب في التعويضات السنية بسبب المراقبة الجيدة لنوعية الكتل المستخدمة (Rekow and Thompson 2005)، وتتضمن الشركات المُصنعة لهذه الكتل التقليل من العيوب كالمسامات Porosities ، وعدم تجانس الكثافة (; Abduo and Lyons 2013).

• طريقة التصنيع بالإضافة (تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing Technique)

تعرف هذه الطريقة بأنها عملية ربط المواد لعمل أجسام Objects من بيانات نماذج ثلاثية الأبعاد 3D، وتتم عادة طبقة فوق الأخرى. (Van Noort 2012) ، عند إنهاء التصميم بمساعدة الحاسوب، يُقسّم التصميم باستخدام البرنامج الخاص المرافق للطباعة ثلاثية الأبعاد إلى صورة متعددة الشرائح، ولكل ملم واحدٍ من المادة هناك من 20 طبقة، بحيث تعمل الآلة على وضع طبقات من السائل أو مسحوق المادة المُراد تصنيع النموذج أو الجهاز منه، والتي تلتحم معاً لتكوّن الشكل النهائي (Alghazzawi 2016)

1-2 أهم تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد المستخدمة في التعويضات الثابتة

❖ الرص بالليزر Laser Sintering

تعد هذه التقنية طباعة معدنية ثلاثية الأبعاد ولها أنواع عدة أو مسميات مختلفة وهي:

• الرص المباشر للمعادن بالليزر (Direct Metal Laser Sintering (DMLS)

بعد التشخيص ووضع الخطة العلاجية والتحصير يتم أخذ طبعة للأسنان المحضرة، وقد تكون الطبعة تقليدية أو رقمية، يتم صب الطبقات في مختبر الأسنان وصنع المثال الجبسي، يتم مسح المثال بالكاميرا الضوئية، ويتم تصميم التعويضات باستخدام تصميم CAD وإرساله إلى وحدة المعالجة المركزية، عادة ما تكون وحدة المعالجة المركزية عبارة عن مختبر يقع عن بعد مع معدات الرص بالليزر، عادة يتم استخدام برنامج CAM لاستيراد ملف CAD، والتي عادة ما يتم توفيرها بتنسيق STL من برنامج المسح الضوئي.

يقوم برنامج CAM بنقطة الأجزاء إلى طبقات عدة أفقية منفصلة، وبمجرد وجود عدد كاف من التيجان والجسور المصممة والجاهزة للتصنيع (عادة 90-120 قطعة)، يبدأ جهاز الرص بالليزر بإنتاج التصميم طبقة تلو الطبقة في غضون ساعات قليلة فقط. (Strub, J. R et al 2006)

• الرص الانتقائي بالليزر: (SLS) Selective Laser Sintering

يتم استخدام الرص الانتقائي بالليزر في تصنيع نماذج الدراسة، وأدلة القطع والحفر، ونماذج الأسنان، وكذلك لصنع نماذج تصميم أولية (Chen J. et al 2014).

- مزايا الرص الانتقائي بالليزر: هي سهولة تعقيم المواد المستخدمة بالمعقمة الرطبة، والنتائج المطبوع يمكنه القيام بوظائفه الميكانيكية الكاملة، والتكلفة المنخفضة للمواد المستخدمة إذا استخدمت بكميات كبيرة، بالإضافة إلى اختصار الوقت وغياب الأخطاء ذات الطابع البشري.

- عيوب الرص الانتقائي بالليزر: المساحيق المستخدمة تتناثر بشكل فوضوي مما يزيد من خطر الاستنشاق، وهذه التقنية غالية الثمن، وتحتاج لظروف مخبرية مضبوطة بشكل جيد مثل الهواء المضغوط. (Xiong Y, et al. 2012)

❖ التذويب الانتقائي بالليزر (SLM) Selective Laser Melting

إنها عملية انصهار كامل للمسحوق التي تستخدم ليزر عالي الكثافة كمصدر للطاقة لإذابة ودمج مناطق المسحوق الاختيارية، طبقة تلو الطبقة، وفقاً لبيانات التصميم بمساعدة الحاسب ال CAD. تم تطبيق أول براءة اختراع لهذه التقنية في عام 1997 لمكتب العلامات التجارية الألمانية للبراءات والعلامات التجارية، وفي عام 2001 تم تقديم براءة اختراع من قبل (Das and Beaman) بناءً على أعمالهما الرائدة في مجال الرص الانتقائي المباشر بالليزر SLS، تتكون عملية SLM من سلسلة من الخطوات من إعداد بيانات CAD حتى إزالة النماذج المصنعة من منصة البناء.

(Chua CK & Leong KF 2014)

2- تبيان المشكلة والهدف من البحث: أصبح استعمال التقنيات الرقمية الحديثة مثل CAD/CAM والطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing لتصنيع القلوب والأوتاد خياراً بديلاً عن التقنية التقليدية التي تتطلب وقتاً وجهداً كبيراً من المريض والطبيب وخطوات عمل حساسة ومعقدة، ونظراً إلى أن نقص الثبات هو أحد الأسباب الرئيسية للفشل في الأسنان المرممة بقلوب وأوتاد معدنية، أجريت هذه الدراسة لتقييم الثبات في هذه التقنية الحديثة ومقارنته مع التقنية التقليدية.

3- المواد والطرائق Materials and Methods:

تجهيز العينات: تم جمع 20 ضاحكة سفلية قلعت لأسباب تقويمية ذات حجوم متقاربة وأخذ صورة شعاعية تشخيصية للأسنان وحفظها بالماء المقطر إلى حين استخدامها ثم تم إجراء معالجة لبية آلية للأسنان العينة وبعد الانتهاء من مرحلة الحشو القنيوي أخذت صورة شعاعية للتأكد من جودة الحشو القنيوي.

صنع القواعد الإكريلية: صنعت قواعد إكريلية للأسنان بواسطة قوالب معدنية خاصة ذات ارتفاع 22 ملم و طول وعرض 20 ملم حيث سكبت المادة الإكريلية العجينية ضمن القالب المعدني بعد عزله بالفازلين ثم تم إنزال السن ضمن مجموعة (سن - قرص فاصل مع حامله - حامل جهاز التخطيط) معاً في القالب المعدني بحيث يبقى النتاج التشريحي للسن خارج الإكريل و بحيث يكون مستوى الإكريل تحت مستوى الملتقى المينائي الملاطي ب 1 ملم و تم التأكد من أفقية القرص الفاصل باستخدام ميزان التسوية (ميزان الماء) و تم التأكد من نزول السن بشكل عامودي ضمن الإكريل بواسطة مسطرة هندسية (منقلة)، ترك الإكريل ليتصلب وبعد التصلب النهائي للكتلة الإكريلية تم نزعها من القالب وتم إنزال كافة أسنان العينة بالطريقة ذاتها.

صنع القاعدة الجبسية: صنعت قاعدة جبسية لضمان عدم حركة القواعد الإكريلية أثناء تحضير فراغ الوتد حيث تم مزج الجبس الحجري وصب الجبس داخل قالب سيليكوني مخصص قابل للتثبيت بشكل محكم على قاعدة جهاز التخطيط ليم بعد ذلك إنزال القاعدة الإكريلية داخل الجبس والانتظار حتى التصلب النهائي للجبس.

قص الأسنان: تم رسم خط بقلم أسود ذي أساس كحولي فوق الملتقى المينائي الملاطي بـ 2 ملم و قص تيجان جميع الضواحك باستخدام أقراص فاصلة تحت الإرواء المائي بشكل موازي للملتقى المينائي الملاطي.

تحضير فراغ الوتد الجذري: تم تفريغ 11 ملم من الحشوة اللبية لجميع أسنان العينة باستخدام مثاقب Gates-Glidn من شركة MANI, Japan تدريجياً بالقياس (1-2-3-4) فقط لإبقاء قطر الأقتنية المفرغة أقل أو يساوي 1,1 ملم، وذلك باستخدام جهاز تخطيط من شركة Emmevi, Italy موجود في كلية طب الأسنان جامعة حماة قسم التعويضات السنية الثابتة، حيث تم ضبط السرعة وعزم دوران القبضة آلياً عن طريق إعدادات الجهاز وتم الإرواء يدوياً بمحلول هيبوكلوريد الصوديوم 5,25%.



الشكل (1): تفريغ الحشوة اللبية.

تم توسيع الأقتنية الجذرية باستخدام موسعات Pessو الآلية MANI Japan تدريجياً بالقياس (1-2-3) لإعطاء القناة الجذرية الموسعة قطراً مقداره 1,1 ملم، وذلك باستخدام جهاز التخطيط السابق.



الشكل (2): توسيع الأقتنية الجذرية

تم أخذ صورة شعاعية للعينات بعد الانتهاء من عملية التحضير.



الشكل(3): صور شعاعية لبعض العينات بعد الانتهاء من عملية التحضير

تحضير السوار العنقي التاجي للوتد: تم تحضير القسم التاجي للأسنان بشكل موازي للملتقى المينائي الملاطي لصنع سوار عنقي تاجي مع خط إنهاء بسماكة 1 ملم بواسطة سنبل ماسية MANI, Japan TR-12. صنع الطابع الفردية: استخدم لهذا الغرض قالب معدني أكبر من القالب المخصص لصناعة القواعد الإكريلية حيث تم تغطية الأسنان بثلاث طبقات من الشمع الصف الأحمر بعدها تم مزج الإكريل ذاتي التماثر ووضعه ضمن القالب المعدني بعد عزل سطحه الداخلي بمادة عازلة (فازلين) ثم وضع في داخلها السن المغطى بالشمع، وبعد انتهاء تصلب الإكريل نزع القالب الإكريلي المتشكل من داخل القالب المعدني و تم إضافة قبضة له ثم تم تثقيب عدة ثقوب على كامل سطحه.



الشكل(4): الطابع الفردية

تقسيم العينات:

- المجموعة A(1-10): ترمم بقلب ووتد معدني مصنع بالطريقة التقليدية.
- المجموعة B(1-10) : ترمم بقلب ووتد معدني مصنع بطريقة الطباعة ثلاثية الأبعاد.
- تم إجراء الطبقات لجميع أسنان العينة بالطريقة الغير مباشرة باستخدام مطاط سيليكوني ذو تفاعل تكاثفي (zeta+,Italy)

التصنيع المخبري للقلب والوتد المعدني:

المجموعة A شملت هذه المجموعة 10 أوتاد و قلوب معدنية مصنعة بالتقنية التقليدية حيث تم صب الطبقات بالجبس الحجري المحسن لصنع أمثلة عمل جبسية و تم بناء النموذج الشمعي باستخدام الاوتاد البلاستيكية ومادة عزل(سيليكات) و الشمع اللصاق و شمع الصب بطريقة الإضافة حيث يعزل المثال الجبسي و تعزل القناة في مثال العمل باستخدام فرشاة خاصة و يختار وتد بلاستيكي ملائم للقناة و يوضع الشمع اللصاق على الوتد البلاستيكي بشكل منتشر ثم يحمى شمع الصب Carving Wax (Yeti Dental produkte,Engen,Germany) في حوض الشمع الكهربائي و يسحب كمية منه بمحقنة بلاستيكية مزودة برأس حقن و يحقن الشمع المسال عند فوهة القناة و ينقل الوتد البلاستيكي بسرعة إلى القناة و يدخل

دفعة واحدة لكامل طول القناة و ينتظر من 5 إلى 10 ثوان لينزح الوتد مع الشمع حيث يتم التحقق من نجاح الطبعة الشمعية و في حال وجود أي نتوءات تزال باستخدام سكين أو مشرط، يبنى القلب باستخدام شمع الصب وبطريقة الإضافة بعدها يتم كسي النموذج الشمعي باستخدام مسحوق وسائل الكسي ذو رابطة فوسفاتية (Castorit–super C, DENTAURUM, Ispringen, Germany) ويصب بخليطة معدن تيكال-كروم (Heraenium S, Heraeus Kulzer, Hanua, Germany) باستخدام جهاز القوى النابذة بتقنية الشمع الضائع ثم يتم انهاء و ترميل القلوب و الأوتاد المعدنية، أثناء عملية التشميع تم إضافة حلقة على السطح الطاحن (دهليزي لساني) بقطر 2ملم لإجراء اختبار الشد و ضبط ارتفاع القلب المعدني 3 ملم.



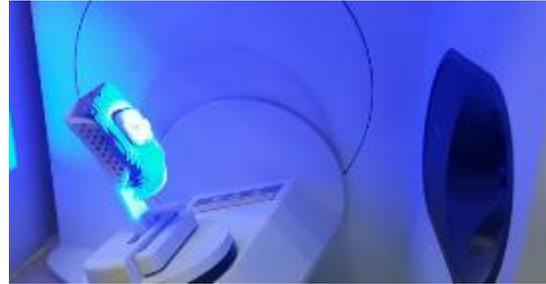
الشكل(6): القلب والوتد المعدني المصبوب المصنع بالتقنية التقليدية

الشكل(5): أمثلة العمل الجبسية



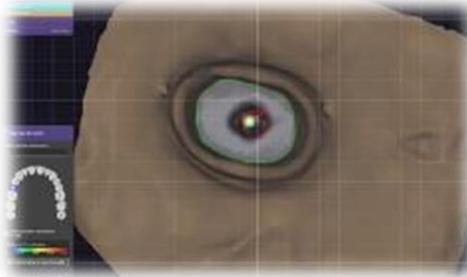
الشكل(7):تشميع القلب والوتد المعدني

المجموعة B شملت هذه المجموعة 10 قلوب وأوتاد معدنية مصنعة بطريقة الطباعة ثلاثية الأبعاد حيث يتم قص حواف الطوابع الإفرادية وطلاي الطباعات بمادة تمنع انعكاس الضوء واللمعان SCANTIST 3D, Germany ليتم مسحها رقمياً باستخدام الماسح الرقمي T710 من شركة MEDIT, Korea المتصل بالحاسب ثم يتم مسح النسيج التاجية للأسنان المحضرة رقمياً بعد طليها أيضاً بالمادة التي تمنع انعكاس الضوء و اللمعان ليتم مطابقتها مع الطبعة و يتم تصميم القلوب و الأوتاد المعدنية على الحاسوب، أثناء عملية التصميم تم إضافة حلقة على السطح الطاحن (دهليزي لساني) بقطر 2ملم لإجراء اختبار الشد و ضبط ارتفاع القلب المعدني 3 ملم، كما تم ضبط ثخانة اسمنت الإلصاف 20 ميكرون، بعدها يتم طباعة القلوب و الأوتاد المعدنية باستخدام طباعة معدن ثلاثية الأبعاد MYSINT100 من شركة SISMA, Italy بطريقة الترصيص المباشر بالليزر وباستخدام خليطة معدنية كروم-كوبالت (Starbond Cos Powdre 30. Scheftner, Germany).



الشكل(9): مسح النسيج التاجية للأسنان المحضرة رقميا.

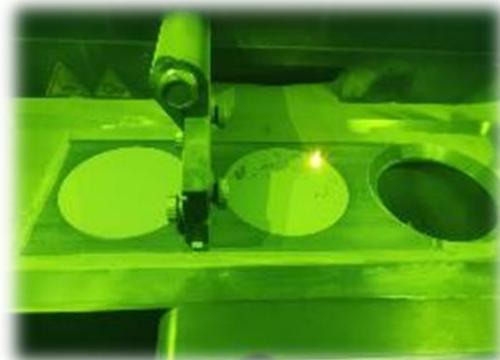
الشكل(8): مسح الطبعة رقميا.



الشكل(10):مطابقة النسيج التاجية.



الشكل(11):تصميم القلب والوتد المعدني.



الشكل(13):القلب والوتد المعدني المصنع بتقنية الطباعة ثلاثية

الشكل(12):طباعة القلب والوتد المعدني

الاصاق: يتم مزج اسمنت فوسفات الزنك ADHESOR من شركة PENTRON, Czech Republic على لوح زجاجي باستخدام سباتيول معدني حسب تعليمات الشركة المصنعة ليتم تطبيق المادة ضمن القناة الجذرية بواسطة بوريات ثم إدخال القلوب والأوتاد المعدنية إلى القناة وتطبيق ضغط إصبعي معتدل (من قبل الممارس نفسه لجميع العينات) وانتظار تصلب الاسمنت حسب تعليمات الشركة المصنعة ليتم بعد ذلك إزالة الزوائد وتنظيف بقايا الاسمنت.

إجراء الاختبار: تم إجراء اختبار مقاومة قوى الشد للقلوب و الأوتاد المعدنية الملتصقة باستخدام جهاز الاختبارات العام Universal Test Machine من نوع H50 KTTINIUS Olsen إنكليزي المنشأ الموجود في كلية الهندسة الميكانيكية في جامعة البعث بسرعة 0,5 ملم في الدقيقة ، حيث تم وضع القاعدة الإكريلية و تثبيتها ضمن ملزمة خاصة و استخدام رأس خاص مع سلك بشكل عروة تصل بشكل عمودي بين الحلقة الدائرية الموجودة على السطح الطاحن لأسنان العينة و رأس جهاز الاختبار ليتم تطبيق قوى الشد العمودية حتى انفصال الوتد عن القناة الجذرية .



الشكل(14):إجراء الإختبارات الميكانيكية

4-النتائج والدراسة الإحصائية Results And Statistical Study:

تألفت عينة البحث من 20 ضاحكة سفلية مقلوعة لأسباب تقويمية قسمت عشوائيا إلى مجموعتين متساويتين وفقا لتقنية تصنيع القلوب والأوتاد المعدنية(المجموعة الأولى: التقنية التقليدية A - المجموعة الثانية: تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد B). الجدول رقم (1): المقاييس الإحصائية الوصفية لمتغير ثبات القلوب والأوتاد المعدنية المصنعة بالتقنية التقليدية وتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجموعتي الدراسة

المجموعات	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	أصغر قيمة	أكبر قيمة	الخطأ المعياري
المجموعة الأولى: Aالتقنية التقليدية	10	161.36	18.86	135.70	190.40	5.97
المجموعة الثانية: تقنية الطباعة Bثلاثية الأبعاد	10	118.52	11.70	102.30	136.80	3.70

الجدول رقم (2) نتائج استخدام اختبار كولموغوروف سميرنوف Kolmogorov Samirnov المستخدم لتحديد طبيعة توزيع البيانات لمتغير ثبات القلوب والأوتاد المعدنية المصنعة بالتقنية التقليدية وتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في الأسنان

الخاضعة للدراسة في مجموعتي البحث

المقاييس	المجموعة الأولى: التقنية التقليدية A	المجموعة الثانية: تقنية الطباعة B ثلاثية الأبعاد
العدد	10	10
المتوسط الحسابي	161.36	118.52
الانحراف المعياري	18.86	11.71
قيمة Kolmogorov-Smirnov Z	1.172	1.202
قيمة P-value	0.128	0.144

حيث يلاحظ من الجدول أعلاه بأن قيمة مستوى الدلالة P-value أكبر من القيمة 0,05 لمتغير ثبات القلوب والأوتاد المعدنية المصنعة بالتقنية التقليدية وتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في الأسنان الخاضعة للدراسة في مجموعتي البحث وهي (المجموعة الأولى: التقنية التقليدية A - المجموعة الثانية: تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد B) وبالتالي قبول فرضية العدم ومنه فإن متغير ثبات القلوب والأوتاد المعدنية المصنعة بالتقنية التقليدية وتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد يخضع للتوزيع الطبيعي مما يسمح باستخدام الاختبارات الإحصائية المعلمية لدراسة دلالة الفروق الإحصائية.

الجدول رقم (3) نتائج استخدام اختبار T للعينات المستقلة Independent Samples T Test عند المقارنة بين المتوسطات الحسابية لمتغير ثبات القلوب والأوتاد المعدنية المصنعة (المقاسة بوحدة النيوتن) في مجموعتي الدراسة

الأزمنة	الفرق بين المتوسطين	T قيمة المحسوبة	درجة الحرية DF	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
المجموعة الأولى: التقنية التقليدية A	42.84	6.10	18	0.000	توجد فروق دالة إحصائياً
المجموعة الثانية: تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد B					

من الجدول أعلاه نلاحظ ما يلي:

عند مقارنة متوسط متغير ثبات القلوب والأوتاد المعدنية المصنعة بالتقنية التقليدية وتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ما بين المجموعة الأولى: التقنية التقليدية A والمجموعة الثانية: تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد B نلاحظ بأن إشارة الفرق بين متوسطي مجموعتي الدراسة كانت موجبة أي أن متوسط متغير ثبات القلوب والأوتاد المعدنية في المجموعة الأولى: التقنية التقليدية A أكبر من متوسط متغير ثبات القلوب والأوتاد المعدنية في المجموعة الثانية: تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد B بفروقات دالة إحصائياً حيث $P < 0.05$ وذلك بدرجة ثقة 95%.

5- المناقشة Discussion:**مناقشة المواد والطرائق:**

تم إجراء الدراسة على أسنان بشرية بدلا من أسنان حيوانية أو معدنية أو ريزينية، للاقترب ما أمكن من الواقع السريري، فإن محيط الحجرة اللبية والأقنية الجذرية والنسبة بين التاج والجذر تكون أكثر دقة في الأسنان الطبيعية وكذلك السطوح المعدة للارتباط ومعامل التمدد الحراري ومعامل المرونة الذي يقترب من الحالة السريرية وهي معتمدة في أغلب الدراسات المشابهة (Alqarni et al, 2022).

ثبتت الأسنان ضمن قواعد إكزيلية، لمحاكاة العظم السنخي حيث معامل مرونة الاكريل قريب للعظم (Elshahawy, et al., 2021).

أشارت الكثير من الدراسات إلى دور الارتفاع التاجي المتبقي والذي يسمى بالسوار العنقي التاجي ferrule في زيادة مقاومة انكسار الأسنان المعالجة لبيبا واقترحت الأبحاث بأن يكون ارتفاعه على الأقل 1,5 ملم فوق الملتقى المينائي الملاطي لضمان الشكل المقاوم للأسنان (Xie et al., 2020).

حضرت الأسنان باستخدام جهاز التخطيط لضمان توحيد التحضير ضمن المجموعة الواحدة (W. A. El Ghouli et al., 2020).

بلغ طول الودت ضمن القناة 11 ملم بطول 9 ملم أسفل الملتقى المينائي الملاطي وهو الطول الموصى به من قبل rosenstiel و زملائه للضواحك السفلية (Rosenstiel et al., 2022).

أشارت الدراسات إلى أن استخدام التقنية المباشرة أو غير المباشرة بالطبعة لا تؤثر على دقة الأوتاد والقلوب المصبوبة، عندما تكون الإجراءات السريرية والمخبرية مناسبة فإن التقنية غير المباشرة توفر من وقت جلوس المريض على الكرسي السني وأكثر ملائمة وراحة للمريض وطبيب الأسنان بينما تنتج أوتاد بدقة عالية (Rayyan et al, 2016).

تم الصاق الأوتاد باستخدام اسمنت فوسفات الزنك لتفضيله في كثير من الدراسات لإصاق الأوتاد المعدنية عن بقية الإسمنتات وذلك لسهولة استخدامه ونزع بقايا الاسمنت (2020 ، سويد، أبو نصار).

تم إضافة حلقة على السطح الطاحن لأسنان العينة أثناء التشميع في الطريقة التقليدية وأثناء التصميم على الحاسوب في طريقة الطباعة ثلاثية الأبعاد وذلك لإجراء اختبار الشد باستخدام جهاز الاختبارات الميكانيكية العام وتم استخدام ذلك في دراسات مشابهة (Hendi et al, 2019).

تم إجراء اختبار مقاومة قوة الشد عن طريق السحب pull-out في الدراسة الحالية فهو يسمح بتحليل عدد كبير من العينات في وقت قصير ويتلافى حدوث حالات الفشل المبكرة الناتجة عند تحضير العينات وتجهيزها لإجراء الاختبارات الأخرى كما في اختبار الدفع push-out واختبار micro tensile (Arslan, Yılmaz et al. 2015,).

تم إجراء الاختبار بسرعة 0,5 ملم في الدقيقة حت انفصال الأوتاد عن العاج الجذري وهي السرعة المستخدمة في العديد من الدراسات المشابهة التي درست ثبات الأوتاد الجذرية. (Hendi et al, 2019) (Alqarni et al, 2022)

مناقشة النتائج:

أشارت نتائج الدراسة الحالية إلى وجود فروق دالة إحصائية في متوسط مقدار قوة الشد بين المجموعتين حيث كان متوسط مقدار قوة الشد في المجموعة الأولى (التقنية التقليدية) أكبر وبفارق ذي دلالة إحصائية من المجموعة الثانية (تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد).

قد يعزى ذلك إلى أن الماسح ربما لم يحول بشكل دقيق الطبعة غير المباشرة للقناة للنموذج الافتراضي أي عدم وجود دقة كافية في تقنية المسح، وقد يعزى إلى أن الفقاعات الهوائية بالطبعة ربما أدت إلى حواف سلبية بالأوتاد، كما أن الحواف الشدنة التي تنتج بالطباعة ثلاثية الأبعاد للمعدن أقل من التي تنتج بتقنية صب المعدن بتقنية الشمع الضائع.

قد يعزى الاختلاف إلى طبيعة السطح الخارجي للوئد و خشونته التي تسمح لمادة الوئد بتشكيل أفعال احتجاز (تثبيت) ميكروميكانيكية بينما السطوح الملساء تنتج ثبات ميكانيكي (Alqarni et al, 2022)، فعند مسح الأوتاد بالمجهر الإلكتروني كانت تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ذات بنية متجانسة أقل مسامية بينما التقنية التقليدية ذات بنية جزيئية أكثر حبيبية لوجود تقلص تصليبي غير منتظم أثناء الصب على شكل تصلب شجري متقطع (Wei Liu et al, 2018).

- بالمقارنة مع الدراسات السابقة نجد ما يلي:

اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع Hendi و زملائه عام 2019 حيث وجد الباحثون أن التقنية التقليدية لصناعة القلب و الوئد المعدني أكثر ثباتا و دقة من تقنيات التصنيع الرقمية بالكامل و النصف رقمية.

بما اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع Alqarni و زملائه عام 2022 حيث وجد الباحثون أن الأوتاد المعدنية المصنعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد مماثلة بالثبات للأوتاد المعدنية المصنعة بالتقنية التقليدية و قد يعود سبب الاختلاف إلى استخدام الاسمنت الريزيني للإصاق أو إلى استخدام أسنان مختلفة (قواطع مركزية).

6-الاستنتاجات Conclusions: ضمن شروط هذه الدراسة يمكن أن نستنتج ما يلي:

- أظهرت القلوب والأوتاد المعدنية المصنعة بالتقنية التقليدية ثباتا أكبر من القلوب والأوتاد المعدنية المصنعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

- لم تحسن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في تصنيع القلب والوئد المعدني من الثبات.

7-التوصيات والمقترحات Recommendations & Suggestions:

التوصيات: ضمن شروط هذه الدراسة يوصى باستخدام التقنية التقليدية في تصنيع القلب والوئد المعدني.
المقترحات:

- إجراء دراسة لتقييم الانطباق الداخلي للقلب والوئد المعدني المصنوع بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

- إجراء دراسة لتقييم مقاومة الكسر للقلب والوئد المعدني المصنوع بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

8- المراجع References:

1- سويد، إ. أبو نصار، ج. (2020). دراسة مقارنة لإصاق الأوتاد والقلوب المعدنية بأنواع مختلفة من الإسمنتات. مجلة جامعة دمشق للعلوم الطبية، 36(1).

2-Abdulla, M. A., Ali, H., & Jamel, R. S. (2020). CAD-CAM technology: a literature review. Al-Rafidain Dental Journal, 20(1), 95-113.

3-Abduo, J., & Lyons, K. (2013). Rationale for the use of CAD/CAM technology in implant prosthodontics. International journal of dentistry, 2013.

4-Abduo, J., Lyons, K., & Swain, M. (2010). Fit of zirconia fixed partial denture: a systematic review. Journal of oral rehabilitation, 37(11), 866-876

5-Alghazzawi, T. F. (2016). Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. Journal of prosthodontic research, 60(2), 72-84.

6-Alqarni, H., AlHelal, A. A., Jekki, R., Kattadiyil, M.T., Sayed, M. E., Jain, S & Dehom, S (2022). In Vitro Study Comparing Retention of Custom Post and Cores Fabricated Using Conventional, CAD/CAM Milling and 3D-Printing Techniques. Applied Sciences, 12(23),

7-Al-Qarni, F. D. (2022). Customized post and cores fabricated with CAD/CAM technology: a literature review. International journal of general medicine, 4771-4779.

- 8–Arslan, H., Yilmaz, C. B., Karatas, E., Barutcgil, C., Topcuoglu, H. S., & Yeter, K. Y. (2015). Efficacy of different treatments of root canal walls on the pull-out bond strength of the fiber posts. *Lasers in medical science*, 30, 863–868.
- 9–Beuer, F., Schweiger, J., & Edelhoff, D. (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British dental journal*, 204(9), 505–511.
- 10–Chen, J., Zhang, Z., Chen, X., Zhang, C., Zhang, G., & Xu, Z. (2014). Design and manufacture of customized dental implants by using reverse engineering and selective laser melting technology. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(5), 1088–1095.
- 11–Chua, C. K., & Leong, K. F. (2014). 3D Printing and additive manufacturing: Principles and applications (with companion media pack)–of rapid prototyping. World Scientific Publishing Company.
- 12–Chris Liu. Restoring the Endodontically Treated Tooth:Post and Core Design and Material.*Journal of Clinical Dentistry*. 2006:Volume 13,No1.
- 13– Elashmawy, Y., Aboushelib, M., & Elshahawy, W. (2021). Retention of different CAD/CAM endocrowns bonded to severely damaged endodontically treated teeth: An in vitro study. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society*, 21(3), 269.
- 14–El Ghouli, W. A., Özcan, M., Ounsi, H., Tohme, H., & Salameh, Z. (2020). Effect of different CAD–CAM materials on the marginal and internal adaptation of endocrown restorations: An in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 123(1), 128–134.
- 15–Hendi, A. R., Moharrami, M., Siadat, H., Hajmiragha, H., & Alikhasi, M. (2019). The effect of conventional, half–digital, and full–digital fabrication techniques on the retention and apical gap of post and core restorations.*The Journal of prosthetic dentistry*, 121(2), 364–e1.
- 16–Rayyan, M. R., Roa'a, A. A., Alsadun, S. F., & Hijazy, F. R. (2016). Accuracy of cast posts fabricated by the direct and the indirect techniques. *The Journal of prosthetic dentistry*, 116(3), 411–415.
- 17–Liu, W., Qing, H., Pei, X., & Wang, J. (2019). Internal adaptation of cobalt–chromium posts fabricated by selective laser melting technology. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(3), 455–460.
- 18–Strub, J. R., Rekow, E. D., & Witkowski, S. (2006). Computer–aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *The Journal of the American Dental Association*, 137(9), 1289–1296.
- 19–Turkyilmaz, I., & Wilkins, G. N. (2021). 3D printing in dentistry–exploring the new horizons. *Journal of Dental Sciences*, 16(3), 1037..

- 20–Xiong, Y., Qian, C., & Sun, J. (2012). Fabrication of porous titanium implants by three-dimensional printing and sintering at different temperatures. *Dental materials journal*, 31(5), 815–820.
- 21–Xie, W., Yang, S., Hai, Q., Wang, J., Xie, W., Yang, S., ... & Wang, J. (2020). Effect of Ferrule Thickness on Fracture Resistance of Endodontically Treated Incisors Restored with Fiber Post and Metal Crown. *International Journal of Prosthodontics*, 33(3).
- 22– Rosenstiel, S. F., M. F. Land and J. Fujimoto (2022). *Contemporary fixed prosthodontics*, St. Louis, Missouri: Elsevier. pages:279–317.