مجلة جامعة دمشق للعلوم الطبية المجلد: (41) العدد: 3 (2025) الصفحات: (223-246)

تأثير الختم الفوري للعاج والتقادم الحراري المائي في متانة ارتباط الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم: (دراسة مخبريّة)

محمد نادر سعد الدين*[1] عمر العادل[2]

*[1]طالب دكتوراه – قسم تعويضات الأسنان الثابتة – كلية طب الأسنان – جامعة دمشق.

[2] أستاذ في قسم تعويضات الأسنان الثابتة – كلية طب الأسنان – جامعة دمشق.

المُلخَّص:

خلفية البحث وهدفه: تمّ اقتراح الختم الفوري للعاج مباشرة بعد تحضير الأسنان، من المهم معرفة تأثير تلك التقنية على متانة ارتباط الترميمات الخزفية والتي يشيع استخدامها لتأمين المُتطلَّبات الجمالية للمرضى، لذلك تهدف هذه الدراسة لاختبار الختم العاجي الفوري ومقارنته بطريقة الختم التقليدية وذلك في متانة ارتباط الخزف الزجاجي، كما تهدف الدراسة إلى تقييم تأثير اختبار التقادم الحراري المائي المُستخدَم لمُماثلة الشروط الفموية في متانة ارتباط الخزف مع العاج.

مواد البحث وطرائقه: تمَّ جمع عشرين (20) ضاحكة سفلية وتقسيمها إلى مجموعتين، حيث تُمثِّل المجموعة الأولى (10): الختم العاجي الفوري Immediate Dentin Sealing (IDS)، بينما تُمثِّل المجموعة الثانية (10): الختم العاجي المُتأخِّر Delayed Dentin Sealing (DDS). تمَّ إزالة الثلث التاجي الإطباقي لتاج الأسنان لكشف سطوح مستوية من العاج السطحي، ثم خُتمت السطوح العاجية في مجموعة IDS مباشرة بعد التحضير باستخدام التخريش الحمضي والغسل ثم نظام الربط العام (ALL-BOND UNIVERSAL®). تمَّ تطبيق الترميمات المؤقّتة لجميع مفردات العينة في المجموعتين باستخدام الكومبوزيت المؤقّت ضوئيّ التمائر (PRO-V FILL®). تمَّ إلصاق عشرين (20) قرصاً خزفياً (IPS e.max Press) على السطوح العاجية بالأسمنت الراتنجي (Variolink N). قُسِّمت كلّ مجموعة ختمٍ عاجيٍّ إلى مجموعتين فرعيتين متساويتين (خمسُ ضواحكَ في كلّ مجموعةٍ) وفقاً لإجراء بروتوكول الشيخوخة المتسارعة (مع أو بدون التقادم الحراري المائي)، تمَّ فحص متانة ارتباط الأقراص الخزفية من خلال إجراء اختبار مقاومة قوى القص المجهري لمفردات العينة باستخدام جهاز الاختبارات الميكانيكية العام (Testometric M350-10KN) بسرعة (1) مم/دقيقة، بحيث كان محور التطبيق موازياً لسطوح التماس والربط البينية حتّى حدوث الفشل. تمّ جمع البيانات وتحليلها، حيث أُجريت المقارنة الثنائية بين مجموعات الدراسة باستخدام اختبار (student's t-test) للعينات المُستقِلَّة مع اعتماد مستوى الدلالة (0.05).

النتائج: كان متوسط مقاومة قوى القص المجهري في مجموعة IDS أكبر من مجموعة DDS قبل تطبيق اختبار التقادم، بينما لم يكن هناك فروق جوهرية ذات دلالة إحصائية بين مجموعتي الختم العاجي بعد تطبيق الشيخوخة، كما كان متوسط مقاومة قوى القص المجهري قبل تطبيق اختبار التقادم الحراري المائي أكبر بفارق جوهري إحصائياً منها بعد تطبيقه وذلك في كلا مجموعتي الختم العاجي ($p < 0.05$).

الاستنتاجات: ساهم الختم الفوري للعاج في تحسين متانة الارتباط لأقراص خزف ثنائي سيليكات الليثيوم المرتبطة بعاج الأسنان قبل تطبيق اختبار التقادم الحراري المائي. كما ساهم اختبار التقادم في تخفيض متانة ارتباط الأقراص الخزفية في كلا مجموعتي الختم العاجي.

تاريخ الإيداع: 2022/5/21 تاريخ القبول: 2022/6/26

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

ISSN: 2789-7214 (online)

http://journal.damascusuniversity.edu.sy

Effect of Immediate Dentin Sealing and Hydrothermal Aging on Bond Strength of Lithium Disilicate Glass-Ceramic: (In-vitro Study)

MHD Nader Saadeddin*[1] **Omar Al-Adel [2]**

*[1] PhD student, Department of Fixed Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Damascus University.
[2] lecture, Department of Fixed Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Damascus University.

Abstract:

Objectives: Immediate dentin sealing had been suggested immediately after tooth preparation, it is critical to know the affect of this technique on bond strength of ceramic restorations that used widely for aesthetic reason. So, the aim of this study was to evaluate the effect of immediate dentin sealing technigue on bond strength of glass ceramic and comparing with delayed dentin sealing, and to evaluate the effect of hydrothermal aging that used to mimic the oral condition on bond strength of ceramic to dentin.

Materials and Methods: Twenty extracted human premolars (N=20) were collected and divided into two groups. One group (n=10) for immediate dentin sealing (IDS) while the other group (n=10) for delayed dentin sealing (DDS). The occlusal coronal third of the crowns were trimmed and removed to expose flat superficial dentin surfaces. Dentin surfaces of IDS group were etched and sealed immediately after preparation with universal bonding system (ALL-BOND UNIVERSAL®). Provisional restorations were made using (PRO-V FILL®). Twenty discs made of lithium disilicate glass–ceramic (IPS e.max Press) were bonded to the dentin surfaces using resin cement (Variolink N). Each group was subdivided into two sub-groups (n=5) according to the hydrothermal aging protocol (with and without aging). Specimens were tested for micro-shear bond strength using a universal testing machine (Testometric M350-10KN) at 1mm\min until failure occurred. Data were analyzed using (Independent-samples student's t-test) for comparison of mean micro-shear bond strength between groups (α=0.05).

Results: The mean value of micro-shear bond strength in IDS group was significantly higher than those for DDS group before aging. No significant differences were found between two sealing groups after aging. The mean value of μSBS before Hydrothermal aging was statistically significantly higher than those after aging in two sealing groups ($p < 0.05$).

Conclusions: IDS can improve bond strength of lithium disilicate glass-ceramic discs to dentin before aging. Hydrothermal aging significantly reduced bond strength values of two sealing groups.

Keywords: Immediate Dentin Sealing, Bond Strength, Micro-Shear Bond Strength, Glass-Ceramic, Ceramic Discs, Aging, Hydrothermal Aging.

Submitted: 21/5/2022 Accepted: 26/6/2022
Copyright: Damascus University Syria.
The authors retain copyright under CC BY-NC-SA

المقدمة:

أمّنت الترميمات الخزفية بفضل تطور أنظمة الربط والإلصاق حلًّا ترميمياً مقبولاً من الناحيتين الجمالية والوظيفية، وأُستُخدِم في صُنعِها أنظمة مُختلفة من الخزف أهمّها نظام الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم، إذ يمتلك هذا الخزف خواص بصرية وميكانيكية مُميَّزة، ويُؤمِّن تركيبه المجهري إمكانية تخريشه الحمضي (Kelly, 2008, 5S)، وبالتالي فإنّ قوة ارتباطه بالأسمنتات الراتنجية عالية.

يُعتبر سوء الانطباق وتشكل الفجوات بالإضافة إلى الفقد التدريجي لقوى الارتباط مع مُرور الوقت وحدوث التسرب المجهري من الأسباب الأساسية لفشل الترميمات الخزفية حيث تُؤثِّر هذه العوامل بشكلٍ سلبيٍّ في ديمومة هذه الترميمات ومقاومتها للكسر (Carrilho *et al.*, 2007, 531)، مما دفع الباحثين لدراسة عدد من العوامل التي قد تُساهم في تحسين أداءها.

يُعدّ نجاح الربط العاجي الراتنجي حجر الأساس في نجاح الترميمات الخزفية وذلك لأنّ المتانة النهائية للمُركب السني الترميمي تعتمد بشكلٍ كبير على إجراءات الإلصاق، وبسبب ذلك يُعتبر تدبير النسج السنية بعد الانتهاء من التحضير أمراً بالغ الأهمية في زيادة فُرص نجاح المعالجة وخصوصاً مع ارتفاع احتمال حدوث انكشافات عاجية أثناء التحضير حيث يُمكن أن يتعرض العاج للتلوث خلال مرحلة الترميم المؤقّت بسبب الارتشاح الجرثومي والتسرب المجهري (Qanungo *et al.*, 2016, 241).

أُقترِح في نهاية التسعينيات من القرن العشرين إمكانية التطبيق الفوري لعامل الربط العاجي بعد الانتهاء من التحضير وقبل أخذ الطبعة النهائية وصنع الترميم المؤقّت (Magne, 2005, 145)، ولقد أُجرِيت دراسات واسعة حول مفهوم الختم العاجي الفوري immediate dentin sealing وتمّ تحسينه بشكلٍ ملحوظٍ على مدار السنوات الماضية، وقد أشارت الدراسات المُبكِّرة أنّ من أهم ما يُميِّز الختم الفوري للعاج حديث القطع باستخدام المواد الرابطة الراتنجية هو الإغلاق والختم الفعّال للقنيات العاجية الذي يُؤمِّن حماية للمركّب العاجي اللُبّيّ من عواقب التسرب المجهري (Magne, 2005, 144)، كذلك ذكر Dietschi وزملاؤه (2002, 260) أن الختم العاجي الفوري قد يُقلِّل من فرط الحساسية السنية التالية للمعالجة ويُحسِّن من انطباق الترميم مع جدران التحضير.

إنّ متانة الارتباط العاجي الراتنجي وسلامة الربط هي أمرٌ أساسيٌّ من أجل نجاح الترميمات غير المباشرة. حيث يمكن الحصول على ارتباط أكثر ديمومة الأمر الذي يُلبي حاجة طبيب الأسنان من أجل الترميمات طويلة الأمد. تنخفض قوى الارتباط بمرور الوقت وتحصل تغيرات بِنيويّة في السطوح البينية الأمر الذي يُهدد الارتباط، ويمكن أن يحدث التخرب في قوى الارتباط كنتيجة للانحلال المائي hydrolysis لسطح التماس والربط البيني العاجي الراتنجي والذي يحصل إمّا على حساب المادة الرابطة أو في المنطقة الهجينة ضمن ألياف الكولاجين غير المُغلَّفة بشكلٍ كاملٍ بالراتنج وخاصة عندما تكون الحواف ضمن العاج (Tay *et al.*, 2002a, 372; Tay *et al.*, 2002b, 473).

وهناك طرقٌ كثيرةٌ لقياس متانة ارتباط الترميمات المُختلفة مع النسج السنية، يجب أن يكون اختبار الارتباط المثالي المُستخدَم دقيق وموثوق سريرياً وقليل الحساسية، كما يجب أن يسمح باستخدام أدوات غير مُكلِفة أو مُعقَّدة (Van Meerbeek *et al.*, 2010, e101). صَنَّف Oilo (1987, 220) الاختبارات المُستخدَمة في قياس متانة الارتباط إلى نوعين: كمية ونوعية، تدرس الاختبارات النوعية فشل الارتباط بينما تتنبأ الاختبارات الكمية بديمومة وقدرة تحميل قوة الارتباط (تحليل وتوزع weibull). تُقيَّم متانة الارتباط بالطرق المخبرية والأداء السريري، حيث يُمكن قياسها إمّا بطريقة اختبار القص الكبير macro-shear (macro-SBS) أو اختبار القص المجهري

micro-shear (μSBS) وهذا يعتمد بشكلٍ أساسيٍّ على مساحة سطح الارتباط (Van Meerbeek *et al.*, 2010, e102-3). تُحسَب متانة الارتباط بتقسيم القوة العظمى المُسبِّبة للفشل على مساحة سطح الارتباط.

إنّ اختبار مقاومة قوى القص مع مساحة ارتباط 3 مم^2 أوأقل يُعتبر اختباراً مجهرياً Micro-shear Bond Strength (μSBS) (Shimada *et al.*, 2002, 404) وهو يسمح بالفحص الفعّال للأنظمة الرابطة.

يُمكن استخدم طرق جديدة من المُحاكاة الاصطناعيّة للتقدُّم في العمر وذلك لمُحاكاة شروط البيئة الفموية، بالإضافة إلى طرق الدورات الحرارية التقليدية والتحميل الميكانيكي الدوري وتقنيات التخزين المائي.

إنّ التقادم الحراري المائي بجهاز الأوتوكلاف (جهاز التعقيم بضغط البخار) هو إجراء عملي فعّال من حيث الوقت وذو تكلفة ميسورة وهو يستخدم ليسرع من تقادم المركب الترميمي الراتنجي العاجي دون أن يُؤثِّر في سلامته.

ونظراً لأهمية متانة الارتباط في النجاح النهائي للترميمات، ولعدم توافر دراسات حول تأثير التقادم باستخدام جهاز ضغط البخار في متانة ارتباط الخزف الزجاجي عند استخدام تقنية الختم الفوري للعاج، جاءت فكرة هذه الدراسة التي تهدف إلى دراسة تاثير الختم العاجي الفوري والتقادم بالحرارة الرطبة في مقاومة قوى القص المجهري للأقراص المُصنَّعة من الحزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم بتقنية الضغط الحراري.

المواد والطرائق:

جُمِع عشرون من الضواحك البشريّة السفلية المقلوعة حديثاً لأسبابٍ تقويميّةٍ، شكل(1)، كانت الأسنان سليمةً وخاليةً من الآفات والترميمات والكسور والتّصدّعات، وكانت متقاربةً بالأطوالِ والأبعاد، نُظِّفت سطوحها الخارجيّة من أيّة بقايا نسيجيّة أو ترسّبات قلحيّة باستخدام أداة تقليحٍ يدويّةٍ ورؤوسٍ اهتزازيّةٍ صوتيّةٍ (#S1 Z252411, #S2 Z252413, #S3 Z252412; NSK, NAKANISHI INC., Tochigi, Japan). حُفِظت الضواحك في محلولٍ مائيٍّ للثايمول 0.05% بدرجة حرارة الغُرفة لحين البدء بالدراسة ثمّ نُقِلت للحفظ في محلولٍ مائيٍّ من كلوريد الصوديوم 0.9% خلال فترة العمل.

شكل (1) : الضواحك السفليّة المقلوعة.

تهيئة العيّنة:

استُخدم قالبٌ من المطّاط التكثيفيّ العجينيّ (zetaplus/oranwash L/indurent gel, Zhermack SpA, Badia Polesine, Italy) لصنع قواعد إكريليّةٍ، مُصمَّمةٍ على شكل مجسمٍ لمتوازي المستطيلات حجمُه 15×15×20 مم^3، حيث صُنِعت القواعد من الأكريل الشفاف ذاتيّ التّصلّب (Orthocryl®, Dentaurum, Ispringen, Germany)، ثُبِّتت كلّ ضاحكة لضمان عدم حركتها باستخدام ملقط تثبيتٍ مزوّدٍ بسلكٍ معدنيٍّ شاقوليٍّ وقاعدةٍ شمعيّةٍ، وغُرِس جذرها ضمن الأكريل في مركز تناظر قاعدة القالب المطّاطي، بحيث يكون محورها الطوليّ عموديّاً على السّطح الأفقيّ السفليّ للقالب، وغُمر كامل النصف السفلي اللّثويّ من تاج الضاحكة ضمن الأكريل، وبقيت الضاحكة مُعلّقةً حتى تمام تصلّبها، ثمّ أُجرِي تشذيب للقواعد الإكريليّة بعد نزعها باستخدام رؤوس كربيد التنجستن والأقراص الزّجاجيّة.

قُسِّمت الضواحك وفقاً لتقنيّة الختم العاجيّ بشكلٍ عشوائيٍّ باستخدام برنامج (Microsoft Excel 2010, Microsoft

Corporation, Redmond, Washington, USA) إلى مجموعتين متساويتين (عشرُ ضواحكَ في كلّ مجموعةٍ) هما:

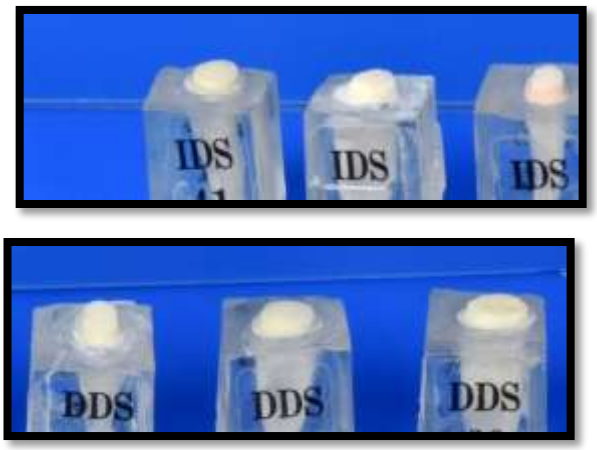
- مجموعة الضواحك ذات الختم العاجيّ الفوريّ IDS (01–10).
- مجموعة الضواحك ذات الختم العاجيّ المُتأخِّر DDS (11–20).

ورُقِّمت الأوجه الجانبيّة للقواعد الإكريليّة وفق أرقام الضواحك في مجموعتي الختم العاجيّ.

تحضير الأسنان:

حُضِّرت السّطوح الإطباقيّة للضواحك للحصول على سطوحٍ عاجيّةٍ مستويةٍ ملساء باستخدام جهاز تشذيب نماذج ماسي مع الابتعاد 2 ملم عن سطح القاعدة الإكريلية، ثمّ تمّ تحضير كتفٍ مُدوَّر الزّاوية بعمق 1.2 مم وابتعد الكتف عن سطح التحضير بمقدار 2 مم وحُضِّر الجدار المُحوريّ له بمقدارٍ من 1.5 مم ودرجة ميلانٍ 12 درجةً باستخدام سُنبلةٍ مخروطيّةٍ مقطوعة الرّأس ومُدوَّرة الزّوايا (#6847KRD.314.016; Komet Dental, Gebr. Brasseler GmbH&Co, Lemgo, Germany)، ثمّ فُحِصت السطوح العاجيّة المكشوفة تحت المجهر الضوئيّ التشريحي المُجسِّم (Model SKT 41323; Meiji Stereo Microscope, MEIJI TECHNO Co., Ltd., Saitama, Japan) للتحقّق من عمق التّحضير، استخدمت أقراصُ صنفرةٍ خشنةٍ حجم حبيباتها P60 (Super-Snap® Rainbow Technique Kit, Disks, L506/L507 BLACK (Coarse)) وسنبلةٌ ناعمةٌ أسطوانيّةٌ مقطوعة الرّأس قُطرها 1.6 ملم (#8862.314.016; Komet Dental) لإزالة كامل ثخانة الميناء الإطباقيّة، شكل(2)، وأُنهي التّحضير باستخدام ورق صنفرة رطب من كربيد السيليكون حبيباته الساحلة بالغة النعومة حجمها P600، تمّ تنعيم حواف التّحضير باستخدام سُنبلةٍ ناعمةٍ مخروطيةٍ مقطوعة الرّأس ومُدوَّرة الزّوايا (#8847KR.314.016; Komet Dental)، يُبين الشكل (3) السطوح العاجيّة بعد الانتهاء من التّحضير.

شكل(2): تحضير الأسنان.



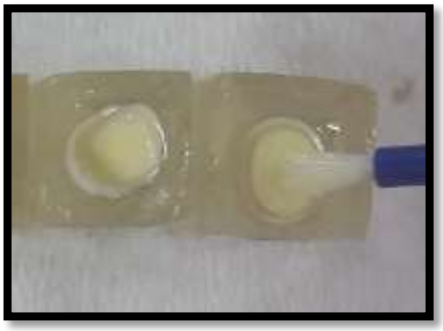
شكل (3): السطوح العاجيّة بعد الانتهاء من التّحضير.

يَجدُر بالذكر أنه تمّ وضع الترميم المؤقّت في مجموعة الضواحك ذات الختم العاجيّ المُتأخِّر مباشرةً بعد الانتهاء من التّحضير.

الختم العاجيّ الفوريّ:

طُبِّقت تقنيّة الختم العاجيّ الفوريّ في المجموعة الأولى عند الانتهاء من التّحضير وقبل وضع الترميم المؤقّت، حيث أُجري التخريش الحمضيّ لمدَّة 15 ثانيةً بتطبيق حمض الفوسفور (UNI-ETCH® (32%), BISCO, Inc., IL, U.S.A.) على السطح العاجيّ المكشوف، مع الغسل والتجفيف بتمرير تيّارٍ هوائيٍّ لطيفٍ، ثمّ وُضِعَت طبقةٌ من النظام الرّابط السّنّي العام (ALL-BOND UNIVERSAL®, BISCO, Inc., IL, U.S.A.)، مع تسليط تيّارٍ هوائيٍّ لطيفٍ ابتداءً من مسافة 5 سم، وتمّ التماثر الضوئيّ لمدَّة 10 ثوانٍ (600 mW/cm²;

LEDition, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)، شكل (4)، ثم أُعيد التَّماثر لمدَّة 20 ثانيةً بعد تغطية السّطوح المُحضَّرة بهُلام الجلسّرين، وأُزيلت المادّة الرّابطة من منطقة حدود التّحضير المينائيّة حيث تمّ إنهاؤُها باستخدام بسَنَابِل ماسيّةٍ ناعمةٍ (#8379.314.023,#8959KR.314.018, #8862.314.012; Komet Dental)، ورؤوس حجر أَرْكَنْساس (#FL3, #RD1; Dura-White Stones, Shofu Dental Corporation, San Marcos, CA, USA)، ورؤوس تلميعٍ مطّاطيّةٍ (#9547.204.030; Komet Dental).



شكل(4): تطبيق النظام الرابط العام أثناء الختم الفوري للعاج.

الترميم المؤقّت:

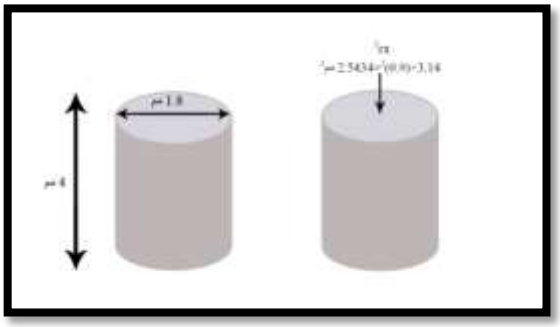
طُبِّقت طبقةٌ من المادّة العازلة المؤقّتة (PRO-V COAT®, BISCO, Inc., IL, U.S.A.) لتغطية السطح العاجيّ المختوم، وصُنِع الترميم من الكومبوزيت المؤقّت القابل للدكّ وضوئيّ التصلّب (PRO-V FILL®) ، وتمّ ضبط الشكل قبل تماثر الطبقة الأخيرة باستخدام أدوات التشكيل والنّحت ليكون بثخانة 2 مم بحيث يُغطي كامل سطح التحضير المكشوف، ثمّ وُضِعَت طبقةٌ رقيقةٌ من سائل التّلميع ضوئيّ التصلّب (BisCover™ LV) على كامل السطح، شكل (5).

شكل (5): صنع الترميم المؤقّت على السطوح العاجية قبل التخزين.

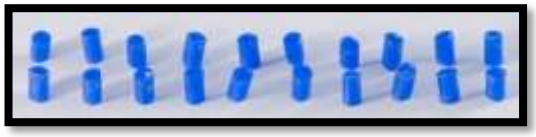
وُضِعت العيّنة بعد تثبيت الترميمات المؤقّتة لمدَّة أربعة عشر يوماً في الرفّ العلويّ المُثقَّب لوحدة التعقيم بالحرارة الجافّة (TS TAU STERIL 2000 automatic, Fino Mornasco, COMO, ITALY)، بعد ضبطها بدرجة حرارةٍ 37° مئويّةٍ ووُضِع في الرفّ السفليّ لها وعاءً معدنيّاً يحوي ماءً مع إضافة الماء بشكلٍ دوريٍّ.

العمل المخبريّ:

صُنِعت الأقراص من الخزف الزّجاجيّ بتقنيّة الضغط الحراريّ IPS e.max Press، صُنِعت النماذج الشمعيّة للأقراص باستخدام أوتادٍ شمعيّةٍ جاهزةٍ (GEO Wax wire 6751020; extra-hard, 2.0 mm, Renfert GmbH, Hilzingen, Germany)، وقد ضُبِط قُطرها ليكون 1.8 مم وارتفاعها 4 مم تقريباً، شكل (6)، وشكل (7)، (تمّ استخدام لوح زجاجي لجعل قطر الوتد الشمعي 1.8 مم).

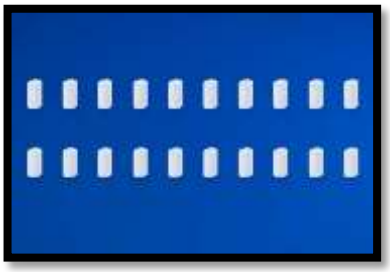


شكل(6): أبعاد النموذج الشمعي للقرص الخزفي.



شكل (7): النماذج الشمعيّة للأقراص الخزفيّة.

تمّت عملية الكسو والصب حسب تعليمات الشركة المنتجة، صُنعت الأقراص الخزفيةIPS e.max Press بلون HO 1 (High Opacity 1)، يُظهِر الشكل (8) الأقراص الخزفية النهائية.



شكل (8): الأقراص الخزفيّة النهائيّة.

التجربة النهائيّة:

جُرِّب القرص الخزفيّ للتحقُّق من استقراره وانطباقه على السطح العاجي المُحضَّر؛ حيث فُحِص انطباق حوافه باستخدام المسبر السنّي دقيق الرّأس (#560/2; EXPLORER DOUBLE N.23/17A, Medesy, Maniago (PN), Italy)، وفي حال وجود نقاط إعاقةٍ تم تحديدها بقلم التّعليم وسُحِلت باستخدام سَنَابِلٍ ماسيّةٍ فائقة النعومة مع التّبريد بالماء (#8379.314.023, #8959KR.314.018; Komet Dental).

الإلصاق النهائيّ:

طُهِّر القرص الخزفيّ بالكحول الإيثيليّ بتركيز 70%±2، وتمّ تمييز سطحه العلويّ بنقطةٍ سوداءَ باستعمال قلم تعليمٍ دائمٍ، ثمّ نُظِّف سطح الارتباط الخزفيّ السفليّ بتطبيق حمض الفوسفور (ETCH-37™ (37%), BISCO, Inc., IL, U.S.A) لمدَّة 30 ثانيةً، ومن ثمّ غُسِل القرص بالماء وجُفِّف بالهواء، ثمّ حُمِل باستخدام الأداة ذات الرّأس اللّاصق (Micro-Stix, Microbrush International, WI, USA) وأُجري التخريش الحمضيّ بتطبيق حمض فلور الماء (Porcelain Etch, ULTRADENT PRODUCTS, Inc., UT, USA) بتركيز 9% لمدَّة 20 ثانيةً، ثمّ غُسِل السّطح بتيارٍ مائيٍ، بعدها وضِعَ القرص في وعاءٍ بلاستيكيٍّ يحتوي على ماءٍ مُقطَّرٍ ضمن جهاز التنظيف بالأمواج فوق الصّوتيّة (SILVERCREST Ultraschall Reinigungsgerät SUR 48 C4, Kompernass Handelsgesellschaft mbH, Bochum, Germany)، وتمّ التجفيف باستخدام جهازِ تجفيفٍ بالهواءِ الساخنِ (Calor Moveling 1400W; Sèche-cheveux, PRC)، ثمّ طُبِّقت طبقتين من مادّة السِيلان المُزاوجة (Silane, ULTRADENT PRODUCTS, Inc., UT, USA)، على كامل السّطح المُخرَّش، بعدها تُرِك لمدَّة 60 ثانيةً، ثمّ تمّ تسخين القرص بتسليط تيارٍ هوائيٍّ دافئٍ ولطيفٍ ابتداءً من مسافة 5 سم لمدَّة 30 ثانيةً، ومن ثمّ طُبِّقت طبقةٌ من النظام الرّابط السّنّي العامّ (ALL-BOND UNIVERSAL®) على كامل السّطح المُهيَّأ، بعدها تمّ تسليط تيّارٍ هوائيٍّ لطيفٍ، وتمّ التماثر الضوئيّ لمدَّة 10 ثوانٍ.

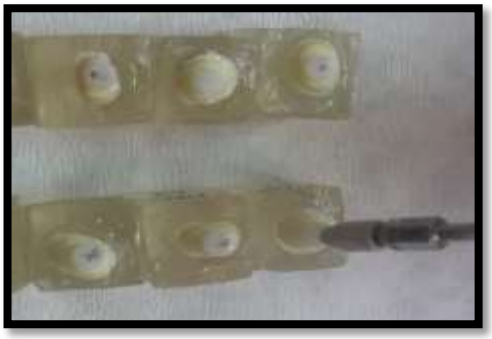
نُظِّف السطح العاجيّ بالفرشاة ومعجون تلميعٍ يحتوي على مسحوق الخفَّان الخالِ من الفلور (Prophylaxis 9007171; Paste, S.S.White Group, C/O Prima Dental Group, Gloucester, England)، وغُسِل بالماء وجُفِّف بتيّارٍ خفيفٍ من الهواء وبالقطن. تمّ تحديد منطقة الإلصاق في مركز السطح العاجيّ وتمّت إحاطتها بشريط من التفلون مثقب بدائره قطرها

1.8 مم بما يتوافق مع قطر القرص الخزفيّ، شكل (9)، حيث أُجري في البداية في مجموعة الختم العاجيّ الفوريّ التخريش الحمضيّ بتطبيق حمض الفوسفور ((32%) UNI-ETCH®) على منطقة التحضير المُحدَّدة مع حركاتٍ اهتزازيّةٍ لمدَّة 15 ثانيةً لتنظيف سطح الارتباط الرّاتنجيّ)، ثمّ غُسِلت الدعامة بتيّارٍ مائيٍّ، وتمّ التجفيف بتمرير تيّارٍ هوائيٍّ لطيفٍ، ومن ثمّ طُبِّقت طبقةٌ من النظام الرّابط السّنّي (ALL-BOND UNIVERSAL®) على سطح التّحضير المُحدَّد، بعدها تمّ تسليط تيّارٍ هوائيٍّ لطيفٍ، وترك بدون تصليب.

شكل (9): تحديد منطقة الإلصاق العاجيّة.

بالنسبة إلى مجموعة الختم العاجيّ المُتأخِّر فقد أُجري التخريش الحمضيّ بتطبيق حمض الفوسفور ((32%) UNI-ETCH®) على منطقة التحضير العاجيّة المُحدَّدة لمدَّة 15 ثانيةً، ثمّ غُسِلت الدعامة بتيّارٍ مائيٍّ، وتمّ التجفيف باستخدام كُريّةٍ قُطنيّةٍ مع تمرير تيارٍ هوائيٍّ لطيفٍ، ومن ثمّ طُبِّقت طبقةٌ من النظام الرّابط السّنّي (ALL-BOND UNIVERSAL®) على سطح العاج المُخرَّش، بعدها تمّ تسليط تيّارٍ هوائيٍّ لطيفٍ، وتمّ التماثر الضوئيّ لمدَّة 10 ثوانٍ.

أُلصِق القرص الخزفي بالأسمنت الرّاتنجيّ ثنائي التصلّب (Base Bleach XL, Catalyst Transparent low viscosity; Variolink N, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)، ووُزِّع على منطقة الإلصاق العاجيّة المُحدَّدة باستخدام أداة حشو موادٍ ليّنةٍ معدنيّةٍ مع التحريك بواسطة المسبر السّنّي، ثمّ وُضِعَ القرص الخزفي فوق السطح العاجي باستخدام الملقط السّنّي واستُخدِمت رؤوسٌ اهتزازيّةٌ صوتيّةٌ لتطبيق ضغطٍ بمقدار 1.5 نيوتن (#SF1981.000, #SF12.000; Komet Dental) لمدَّة 4 ثوانٍ للتأكّد من تمام إلصاقه في مكانه بشكلٍ عموديٍ، شكل (10)، تمّ التماثر الضوئيّ لمدَّة 5 ثوانٍ في البداية، حيث استُخدم المسبر السّنّي والمشرط الجراحيّ مع شفرةٍ رقم 12 لتنظيف منطقة الحوافّ، ثمّ تمّ التماثر الضوئيّ لمدَّة 20 ثانيةً من جميع الجهات (600 mW/cm²; LEDition, Ivoclar Vivadent AG)، وأُعيد التصليب لمدَّة 40 ثانيةً بعد تغطية حوافّ القرص بهُلام الجلسّرين، ثمّ غُسلت الدعامة، تمّ تلميع منطقة التقاء حوافّ القرص مع دعامته برؤوس لهب شمعةٍ وأقماع وأقراص تلميعٍ مطّاطيّةٍ خاصّةٍ (OptraPol, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein)، يوضح الشكل (11) الأقراص الخزفية بعد الإلصاق النهائي.



شكل (10): إلصاق القرص الخزفيّ بالأسمنت الرّاتنجيّ.

شكل (11): الأقراص الخزفيّة بعد الإلصاق النهائي.

قُسِّمت كلّ مجموعة ختمٍ عاجيٍّ وفقاً لإجراء بروتوكول الشيخوخة المُتسارعة إلى مجموعتين فرعيتين متساويتين (خمسُ ضواحكَ في كلّ مجموعةٍ) هما:

- مجموعة ضواحك لا تخضع لاختبار التقادم الحراري المائي حيث يُجرى لها اختبار متانة قوى القصّ المجهريّ مباشرةً بعد الإلصاق النهائيّ (01-05/11-15).
- ومجموعة ضواحك تخضع لاختبار التقادم الحراري المائي باستخدام جهاز التعقيم بضغط البخار قبل إجراء اختبار متانة قوى القصّ المجهريّ (06-10/16-20).

التقادم الحراري المائي باستخدام جهاز التعقيم بالحرارة الرطبة:

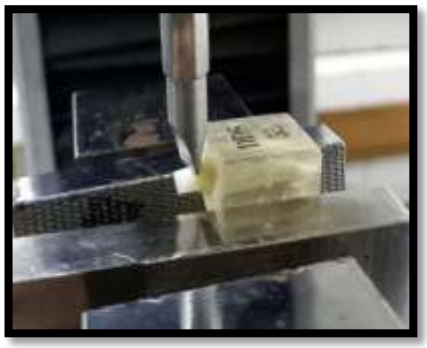
استُخدم جهاز التعقيم بضغط البخار من أجل المُحاكاة الاصطناعيّة للتقدُّم في العمر، حيث وُضِعت العينة داخل مُعقمة الحرارة الرّطبة (NewClave Autohouse AD7-1-3A, APOZA Enterprise Co., Ltd., New Taipei City, Taiwan)، لمدَّة خمس دوراتٍ متتاليةٍ، استمرت كلّ دورةٍ لمدَّة ساعةٍ واحدةٍ بدرجة حرارةٍ 134° مئويّةٍ وضغطٍ 0.2 ميغا باسكال وتمّت إضافة الماء منزوع الأيونات عند الحاجة، شكل(12).

شكل (12): جهاز التعقيم بالحرارة الرطبة.

اختبار متانة قوى القصّ المجهريّ:

أُجري اختبار متانة قوى القصّ المجهري Micro-shear bond strength testing لقياس إجهاد القصّ النهائي لقوى ارتباط الأقراص الخزفيّة مع السطوح العاجيّة المكشوفة للضواحك باستخدام جهاز الاختبارات الميكانيكيّة العامّ (Testometric M350-10KN, The Testometric Company Ltd., Rochdale, UK)، حيث تمّ تثبيت الضاحكة المغمورة بالقاعدة الإكريليّة في الجهاز بشكلٍ مُحكَمٍ وطُبِّقت قوى القصّ بشكلٍ عموديٍّ على السطح الجانبي للقرص الخزفيّ المُرتبط مع العاج وبحيث يكون محور تطبيق القوى موازياً لسطوح التماس والربط البينيّة المتداخلة وأقرب ما يمكن إلى السطح المرتبط العاجيّ بمقدار 1 مم تقريباً وذلك بواسطة إزميلٍ من الفولاذ المقاوم للصدأ ذو حافّةٍ سكينيّةٍ يتحرَّك بسرعة (1) مم/دقيقة، شكل (13)، واستمرّ تطبيق قوى القصّ حتّى حدوث فشل الارتباط وانفصال القرص الخزفيّ عن السطح العاجيّ حيث توقَّف جهاز الاختبارات عن تطبيق القوى تلقائيّاً عند حدوث هبوطٍ مفاجئٍ في قيم القوى المُطبَّقة وحُفِظت أعلى قيمة لها والتي تسببت في حدوث فشل الارتباط قبل حدوث هذا الهبوط وسُجِّلت بالنيوتن، ثم تمّ حساب مقدار قوّة القصّ المُسبِبة للفشل بالميغا باسكال من خلال قسمة مقدار القوة المسببة للفشل بالنيوتن على مساحة السطح المرتبط الخزفي بالمِلِّيمتر مربع والذي يساوي ناتج عملية ضرب مربع نصف قطر القرص الخزفي بالثابت باي.

نُظِّمت النتائج في جدول مُرقَّمةٍ بأرقام مُفردات عيّنة الدراسة المخبريّة.



شكل(13): يبين تطبيق قوى القص بشكل موازي لسطوح التماس البينية وعمودي على السطح الجانبي للقرص الخزفي.

الدراسة الإحصائية:

تم جمع البيانات وتسجيلها في برنامج (Microsoft Excel 2010, Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA). ومن ثُمَّ أُجريت الاختبارات الإحصائية باستخدام برنامج (IBM SPSS Statistics v.25 software, IBM Corp., Chicago, IL, USA) مع اعتماد مستوى الدلالة 0.05. حيث أُجري اختبار (Shapiro-Wilk) لمعرفة تَوزُّع البيانات، كما أُجريت المقارنة الثنائية بين مجموعات الدراسة باستخدام اختبار T-student للعينات المُستقلة لدراسة تأثير تقنية الختم العاجي في مقاومة قوى القص بالإضافة إلى دراسة تأثير تطبيق بروتوكول الشيخوخة في مقاومة قوى القص.

النتائج:

كانت جميع بيانات متانة قوى القص ذات توزع طبيعي حسب اختبار Shapiro-Wilk ($p > 0.05$).

بلغت قيم كلّاً من المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لمقاومة قوى القص قبل تطبيق بروتوكول الشيخوخة في مجموعة الختم العاجي الفوري IDS (20.2 ± 4.2) ميغا باسكال، وفي مجموعة الختم العاجي المُتأخِّر DDS (14.4 ± 4.6) ميغا باسكال. مخطط(1)

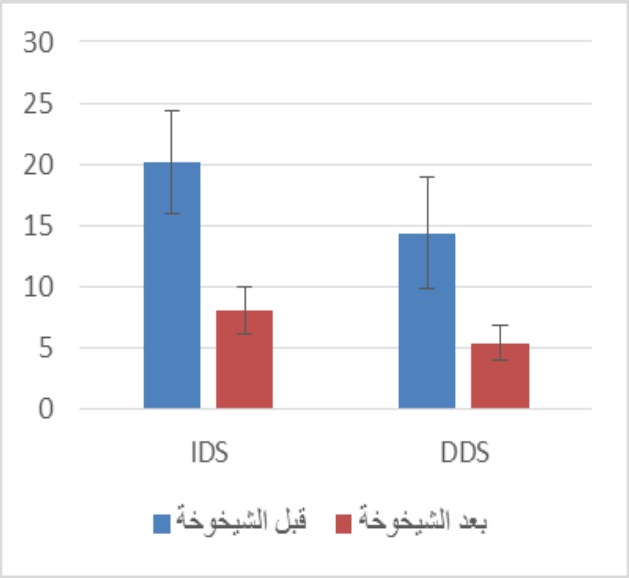
وبعد تطبيق بروتوكول الشيخوخة أصبحت متانة قوى القص في مجموعة IDS (8.1 ± 1.9) ميغا باسكال، وفي مجموعة DDS (5.4 ± 1.4) ميغا باسكال. مخطط (1)

1- دراسة تأثير التقادم الحراري المائي في متانة الارتباط:

كانت مقاومة قوى القص في مجموعة IDS قبل تطبيق بروتوكول الشيخوخة أكبر بفارق جوهري إحصائياً منها بعد تطبيقه بمقدار 12.1 ميغا باسكال ($p < 0.0005$)، كما كانت متانة قوى القص في مجموعة DDS قبل تطبيق بروتوكول الشيخوخة أكبر بفارق جوهري إحصائياً منها بعد تطبيقه بمقدار 9.1 ميغا باسكال ($p = 0.001$). جدول (1)

2- دراسة تأثير تقنية الختم العاجي في متانة الارتباط:

قبل تطبيق التقادم بالحرارة الرطبة كانت متانة قوى القص في مجموعة IDS أكبر بفارق جوهري إحصائياً منها في مجموعة DDS بمقدار 5.7 ميغا باسكال ($p = 0.015$)، في حين بعد تطبيق التقادم بالحرارة الرطبة لم يكن هناك فرق جوهري إحصائياً بين مجموعتي الختم العاجي ($p = 0.222$). جدول (1)



مخطط (1) المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لمتانة قوى القص المجهري (ميغا باسكال) في مجموعتي الدراسة قبل تطبيق التقادم وبعده.

جدول (1) نتائج اختبار T-student للمقارنات الثنائية بين المجموعات لمعرفة تأثير تقنية الختم العاجي وتطبيق التقادم الحراري المائي في متانة قوى القص المجهري (ميغا باسكال).

المجموعة	قبل التقادم الحراري المائي		بعد التقادم الحراري المائي		متوسط الفرق	P
	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري		
IDS	20.2	4.2	8.1	1.9	12.1	0.00
DDS	14.4	4.6	5.4	1.4	9.1	0.00
متوسط الفرق	5.7		2.7			
P	0.015		0.222			

المناقشة:

يعتمد معدل الديمومة والنجاح السريري لترميمات الخزف الزجاجي بشكل أساسي على متانة الربط البيني (Burke *et al.*, 2002, 18)، حيث تعتبر النقطة الأضعف هي ارتباط المواد الرابطة مع العاج السني لذلك تمّ اقتراح الختم الفوري للعاج لتأمين أفضل تقنية ربط لإلصاق الترميمات الخزفية، وذلك كبديل للختم العاجي المُتأخِّر في محاولة للحماية من التلوث الجرثومي والحساسية السنية التالية.

تمّ إجراء هذه الدراسة لمعرفة تأثير الختم العاجي الفوري في متانة سطح التماس والربط البيني العاجي الراتنجي للأقراص الخزفية ومقارنتها بطريقة الختم التقليدية، بالإضافة لدراسة تأثير التقادم الحراري المائي باستخدام جهاز التعقيم بالحرارة الرطبة في تلك المتانة.

اختيرت الضواحك البشريّة، وتمّ استثناء الأرحاء لصعوبة الحصول عليها ولتفادي الأشكال والأحجام الشاذة بينها بهدف الحدّ من المتغيرات، تُعطي الأسنان الطبيعية نتائج أقرب للحالة السريرية بالمقارنة مع استخدام أسنان اصطناعية وخصوصاً من ناحية الارتباط السني الراتنجي. واعتُمد محلول الثايمول بتركيز 0.05% لحفظ الضواحك لأنّه المحلول الموصى به في الدّراسات حول الارتباط (ISO/TS 11405, 2003)، حيث يحفظ هذا السائل التركيب السّنّي ويُؤمّن ارتباطاً سنياً راتنجياً للأسنان المقلوعة شبيهاً بالأسنان غير المقلوعة (Lee *et al.*, 2007, 1599). تمّ غمر الضواحك في قواعد إكريليّةٍ لتأمين سهولة العمل وإجراء الاختبارات بتوضعٍ ثابتٍ وفق ما هو مُحدّد.

يمكن أن يتأثر الارتباط العاجي الراتنجي بثخانة العاج المُتبقي بعد التحضير حيث أنّ قوى الارتباط غالباً ما تكون منخفضة في العاج العميق مقارنة مع العاج السطحي (Ting *et al.*, 2015, 184)، لذلك تمّ في هذه الدراسة كشف العاج السطحي للسطوح الإطباقية بعد إزالة الميناء الإطباقيّ لأنه السطح المناسب لدراسة قوة الارتباط (ISO/TS 11405, 2003) حيث تتناقص المسافة النسبية التي تحتلها الأقنية العاجية مع ازدياد المسافة بعداً عن اللب السني. وقد أُنهي التّحضير باستخدام ورق صنفرة من كربيد السيليكون P600 لتوحيد طبقة اللطاخة (ISO/TS 11405, 2003)، وتمّ تحضير كتفٍ مُدوَّر الزّاوية بعمق 1.2 مم لضمان سهولة ضبط حواف الترميم المؤقّت وتأمين الثبات والختم المناسب خلال فترة التخزين.

تم صنع النماذج الشمعية للأقراص الخزفية من الأوتاد الجاهزة ولم يتم تشميعها يدوياً لصعوبة الحصول على الشكل الأسطواني وقد تمّ جعل سطوح النماذج الشمعية مستوية لضمان الانطباق التام للقرص الخزفي مع سطح العاج المستوي (سطح السن المحضر).

استخدم الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم حيث يوجد ميل لاستخدام المواد الخزفية التجميلية الحاوية على السيليكا في الممارسة السريرية لأنها مواد خزفية قابلة للتخريش الحمضي وذات مقاومة عالية (Ritter, 2010, 337)، وصنعت الأقراص بتقنية الضغط الحراري التي تُعطي نتائج أفضل من ناحية الانطباق الداخلي وتلاؤم الحواف (سعد الدين وأيوب، 2013، 240).

استُخدِم في هذه الدراسة نظام رابط سنّي عام (ALL-BOND UNIVERSAL®)، وهو يرتبط مع الميناء والعاج وكافة المواد الترميمية، ونظام من الجيل الثامن ثنائيّ التصلّب، يحوي على أحادي جزيء إستر حمض الفوسفور 10-MDP (10-Methacryloyloxy decyl dihydrogenphosphate) وهي مونوميرات تطور التصاقاً قوياً على سطح السن من خلال تشكيل أملاح كالسيوم غير قابلة للانحلال (Yoshida *et al.*, 2012, 376). كما أن النظام الرابط المُستخدَم مقوى بجزيئات مالئة نانومترية من السيليكا الغروانيّة مما يحسن من

الخصائص الميكانيكية ومنها مقاومة قوى القص. يستخدم مع هذا النظام تقنية التخريش الحمضي والغسل أو تقنية التخريش الحمضي الذاتي، وقد استخدِم في هذه الدراسة طريقة التخريش الحمضي والغسل، حيث اعتبره Magne (2005, 149) أكثر موثوقية على المدى الطويل. يُساهم التخريش الحمضي في إزالة طبقة اللطاخة ويثبط الإنزيمات الحالة في العاج (Mazzoni *et al.*, 2006, 4472). لقد تحسنت قوى الارتباط العاجية الراتنجية عندما تمّ استخدام النظام الرابط العام -ALL BOND UNIVERSAL® بتقنية التخريش الحمضي والغسل مقارنة مع تقنية التخريش الحمضي الذاتي (Michaud and Brown, 2018, 658).

تمّ تطبيق المادّة الرّابطة في مجموعة IDS على كامل السّطح العاجيّ بعد الانتهاء من التحضير للحصول على طبقةٍ راتنجيّةٍ مُتجانسةٍ لها القدرة على منع امتصاص السوائل وحماية المنطقة الهجينة خلال مرحلة الترميم المؤقت (Stavridakis *et al.*, 2005, 753)، ولحماية سطح التماس البينيّ العاجيّ الرّاتنجيّ غير الناضج من التعب النّاجم عن الإجهادات وخاصة التقلص التصلبي للأسنمت الراتنجي حيث يتطور الربط العاجي خلال مرحلة الترميم المؤقّت بحرية وبظروف مثالية حتّى الانتهاء من عملية البلمرة الإسهامية (Baroudi and Rodrigues, 2015, ZE20). تمَّت إزالة الطّبقة الرّاتنجيّة السطحيّة المُثبَّطة بالأكسجين من خلال إعادة التَّماثر الضوئي لمدَّة 20 ثانيةً بعد تغطية السّطوح بهُلام الجلسّرين لإتمام عملية التصلّب (Magne *et al.*, 2007, 170).

استُخدم في الدراسة بروتوكول للترميمات المؤقتة مُصمَّم خصيصاً مع الختم الفوري، يتألف من العازل (PRO-V COAT®) والحشوة المؤقتة (PRO-V FILL®) وسائل التلميع منخفض اللزوجة (BisCover™ LV)، حيث يُؤمِّن الترميم المؤقت إلصاق ذاتي على السن المُحضَّر بدون الحاجة إلى استخدام أسمنتات مؤقتة، وبهذا تمّ إلغاء مرحلة إزالة الأسمنت المؤقت في جلسة الإلصاق النهائي. إنّ نقص قوة الربط العاجي الراتنجي للترميم النهائي يمكن أن يكون سببه بقايا الأسمنت المؤقت. ذكر Frankenberger وزملاؤه (2007, 269) أن استخدام المادة العازلة بعد الختم الفوري للعاج يساعد في حماية سطح العاج المختوم من التلوث ويسمح بعملية تفاعل بلمرة أمثل للربط العاجي الراتنجي. طُبِّق سائل التّلميع (BisCover™ LV) لختم المسامية الموجودة وبالتالي تقليل التسرب المجهري.

يُعتَبَر التنظيف المُلائم للدعامات السنية قبل الإلصاق النهائي أمر أساسي لنجاح الارتباط النهائي للترميم، وقد استُخدِم في هذه الدراسة معجون من مسحوق الخفَّان الخالِ من الفلور مع فرشاة ناعمة كما تمّ تطبيق حمض الفوسفور (UNI-ETCH® (32%)) على سطوح التّحضير لمدَّة 15 ثانيةً لتنظيف السطوح المختومة من أجل حدوث ارتفاع في طاقة السطح الحرة والترطيب (Magne, 2005, 149). لقد تمّ التقييم المخبري لطرق عديدة من أجل تنظيف سطوح التحضير المختومة بعد إزالة الترميم المؤقت وقبل الإلصاق النهائي وتمُ الإخبار عن أعلى قوى ارتباط عند استخدام طرق عديدة منها أنظمة المعاجين من مساحيق الخفَّان الخالية من الفلور (Duarte *et al.*, 2009, 5)، ومن ثم طُبِّقت المادة الرابطة حيث لم يتمّ تصليبها (في مجموعة IDS) قبل الإلصاق النهائي خوفاً من أن تشكل ثخانة قد تعيق الانطباق الكامل للقرص الخزفي، ولايوجد خوفٌ من عدم تصلبها عند تطبيقها على سطح طبقة IDS كونها مادة رابطة من الجيل الثامن ثنائية التصلب، إن هدف تطبيق المادة الرابطة هنا هو فقط دعم الترطيب وتسهيل الارتباط الكيميائي بين الأسمنت الراتنجي ثنائي التصلب وطبقة IDS من خلال تفاعل عملية البلمرة الكيميائي. بينما تمّ في مجموعة DDS تصليب المادة الرابطة التي تمّ تطبيقها على

السطح العاجي المكشوف لأن عدم التصليب يؤثر بشكل سلبي على الارتباط، حيث يُمكن أن يؤدي إلى حدوث مشكلتين الأولى هي احتمالية خروج السائل الذي يملأ القنيات العاجية عندما نضع الترميم في مكانه وتمديده للمادة الرابطة أو إغلاقه للمسامية المجهرية للعاج فيمنع من اندخال المادة الرابطة، أما المشكلة الثانية فهي انهيار العاج غير المتمعدن وألياف الكولاجين المكشوفة مخسوفة الأملاح المعدنية بسبب الضغط المُطبَّق عليهم من الأسمنت الراتنجي وبالتالي تنهار المنطقة الهجينة العاجية الراتنجية غير المُتصلِّبة مما يؤدي إلى منطقة هجينة سيئة (Dietschi *et al.*, 1995, 299).

ولقد طُبِّقت مادّة السِيلان المُزاوجة (Silane) على كامل السّطح الداخليّ المُخرَّش للقرص ثمّ تمّ تسخينه حيث تتضاعف قوى الارتباط بين القرص الخزفي والأسمنت الراتنجي عند تسخين سطحه المُغطَّى بالسِيلان إلى درجة الحرارة 100° مئويّةٍ (Roulet *et al.*, 1995, 382).

استُخدِم الأسمنت الراتنجي لإلصاق الأقراص الخزفية لأنّه يُعد الخيار الأمثل للإلصاق النهائي كما يُبدي القدرة على تقليل التسرب المجهري مع الوقت بسبب انحلاليته المنخفضة (Magne, 2005, 151). واستُخدِمت رؤوسٌ اهتزازيّةٌ صوتيّةٌ (Sonic tips SF1981/SF12; Komet Dental) مُخصّصة لتطبيق ضغطٍ بمقدار 1.5 نيوتن وذلك للتأكّد من تمام إلصاقها في المكان المحدد بشكلٍ لطيفٍ ودقيقٍ.

حُفِظت الضواحك بعد تثبيت الترميمات المؤقتة في وحدة التعقيم بالحرارة الجافّة في محاولة لمماثلة شروط البيئة الفموية لمدَّة 14 يوماً فقط لأن فترة التخزين الطويلة يمكن أن تُؤثِّر في جودة واستقرار سطح التماس والربط البيني بين طبقة الراتنج على سطح العاج المختوم والأسمنت الراتنجي حيث أظهر Burtscher (1993, 217) الأهمية الكبيرة لمعدل بقاء الجذور الحرة في طبقة IDS خلال مرحلة الترميم المؤقت والتي تتحكم لاحقاً في إتمام عملية البلمرة الإسهامية مع الأسمنت الراتنجي.

خضعت العينة إلى شيخوخة اصطناعية، عن طريق إجراء تقادم حراري مائي التزاماً بمبادئ المُنظَّمة الدوليّة للمعايير القياسيّة باختبار خصائص المواد المُستعملة في طبّ الأسنان حيث يُحاكي هذا البروتوكول ظروف الوسط داخل الفموي من ناحية الرطوبة وتبدل درجات الحرارة وتُسبِّب جُهوداً وتغيّرات مجهريّة في بنية الأسمنت لاختلاف عامل التّمدّد الحراري للأسمنتات الرّاتنجيّة عن عامل التّمدّد الحراري للنّسج السّنّية، وهذا يمكن أن يؤدّي إلى فشل الارتباط في المناطق الضّعيفة وتشكّل الفجوات ومن ثمّ التّسرّب المجهريّ (ISO/TS 11405, 2003).

هناك العديد من الاختبارات التي يمكن إجراؤها لقياس قوى الارتباط ولكن يُعد اختبار قوى القص من أكثر الاختبارت المُستخدَمة لتقييم قوى الارتباط الناجمة وبالتالي فعالية المواد الرابطة (Ismail *et al.*, 2021, 140). يؤدي اختبار قوى القص بشكل عام إلى قيم غير متجانسة بسبب حدوث فشل تماسكي بالخزف أو العاج، إلا أن تحضير مفردات العينة لهذا الاختبار بسيطة نوعاً ما بالمقارنة مع اختبار قوى الشد (Mcdonough *et al.*, 2002, 3606). استُخدِمت مفردات العينة مع مساحة سطح ارتباط بمقدار (π r^2) (3.14 × (0.9)^2) 2.5434 مم^2 حيث كان قطر القرص الخزفي 1.8 مم، ويشار إلى اختبار القصّ عندما تكون مساحة السطح المرتبط 3 مم^2 أو أقل بمقاومة قوى القصّ المجهريّ التي تسمح عادةً بفحص فعّال لمجموعة متنوعة من السطوح المرتبطة حسب نوعها وعمقها مع المحافظة على الأسنان (Phrukkanon *et al.*, 1998, 123). إن طريقة القص المجهري micro-shear (µSBS) تحد من الفشل التماسكي للدعامة، حيث تعتبر طريقة قياس أكثر دقة لقيم الارتباط بسبب التركيز المُحدَّد للإجهادات بين الأسمنت الراتنجي الرابط وسطوح الارتباط البينية (Placido *et*

al., 2007, 1087). حسب Andrade وزملاؤه (2010, 594) يُفضَّل استخدام طريقة اختبار القص المجهري عندما تكون السطوح المرتبطة مستوية أو غالبيتها مستوية. إنّ اختبار متانة الارتباط اتجاه قوى القص المجهري هو طريقة فعّالة في فهم التفاعلات المُعقّدة والتي تحدث عند سطح التماس والربط البيني المتداخل العاجي الراتنجي وعلى وجه الخصوص في المواقع التي لا يمكن الوصول إليها من خلال اختبار القص الكبير (McDonough *et al.*, 2002, 3604).

تمّ إجراء اختبار مقاومة قوى القصّ المجهري µSBS بواسطة إزميل ذو حافّة سكينيّة بسبب حساسيته العالية لتمييز الاختلافات بين مفردات العينة والنسب العالية لنماذج فشل الارتباط، كما أنّ طريقة الإزميل عمليّة أكثر وأسرع وأسهل بالتعامل خلال إجراء اختبار القص بالمقارنة مع السلك التقويمي (Muñoz *et al.*, 2014, 598). تنصح المُنظّمة الدوليّة للمعايير القياسيّة ISO باستخدام الإزميل ذو الحافّة السكينيّة (ISO/TS 11405, 2003)، وهذا قد تمّ اتباعه من قبل العديد من المؤلفين (McDonough *et al.*, 2002, 3802; Tosun *et al.*, 2008, 66). استخدم الكثير من المؤلفين سرعة اختبار 1 مم/دقيقة في دراساتهم لمقاومة قوى القصّ المجهري (Leesungbok *et al.*, 2015, 228; Dalby *et al.*, 2012, 310702; Tosun *et al.*, 2008, 628).

أظهرت الدراسة الحالية أن متانة قوى القص المجهري قبل تطبيق بروتوكول التقادم بالحرارة الرطبة كانت في مجموعة IDS (20.2) ميغا باسكال وفي مجموعة DDS (14.4) ميغا باسكال.

بلغت مقاومة قوى القص في دراسة Falkensammer وزملاؤه (2014, 373) في مجموعة IDS (13.7) ميغا باسكال وفي مجموعة DDS (19.5) ميغا باسكال. أمّا في دراسة Sag و Bektas (2020, 12-p) بلغ متوسط قيم مقاومة قوى القص في مجموعة IDS (18.57) ميغا باسكال وفي مجموعة DDS (14.89) ميغا باسكال. وأظهرت دراسة Augusti وزملاؤه (2018, 693) حول الختم العاجي الفوري، أنه عند استخدام أسمنتات أكسيد الزنك الخالية من الأوجينول (Temp-Bond^{TM} NE) بلغ متوسط قيم مقاومة قوى القص المجهري بين (17.8–21.6) ميغا باسكال وعند استخدام الأسمنتات المؤقتة ذات الأساس الراتنجي الخالية من الأوجينول (Temp-Bond^{TM} Clear^{TM}) تراوح متوسط القيم بين (15.8–19.4) ميغا باسكال. وفي دراسة Reboul وزملاؤه (2018, 212) بلغت متانة الارتباط عند تطبيق قوى القص على الحشوات المُغطِّية للسطح الإطباقي في مجموعة IDS (15.74) ميغا باسكال وفي مجموعة DDS (12.07) ميغا باسكال. وفي دراسة Dalby وزملاؤه (2012, 310702) بلغت مقاومة قوى القص لأقراص الخزف الزجاجي والمُلصقة على العاج باستخدام الأسمنت الراتنجي ذاتي التخريش (6.94–10.03) ميغا باسكال في مجموعة IDS و(7.17) ميغاباسكال في مجموعة DDS. وفي دراسة Lee و Park (2009, 288) بلغ متوسط مقاومة قوى القص لأقراص الكومبوزيت غير المباشرة في مجموعة IDS (14.90) ميغا باسكال وفي مجموعة DDS (12.16) ميغا باسكال، وعند استخدام الأسمنت الراتنجي العام (Duo-Link Universal^{TM}, BISCO) بلغت متانة الارتباط (14.65) ميغا باسكال في مجموعة IDS و(12.67) ميغا باسكال في مجموعة DDS.

أمّا بعد تطبيق بروتوكول التقادم بالحرارة الرطبة، أصبحت متانة قوى القص المجهري في الدراسة الحالية (8.1) ميغا باسكال في مجموعة IDS و(5.4) ميغا باسكال في مجموعة DDS.

بلغ متوسط قيم مقاومة قوى القص في دراسة Van den Breemer وزملاؤه (2019a, 52) للقوالب البلاستيكية دائرية الشكل المملوءة بالأسمنت الراتنجي بعد تطبيق 10000 دورة حرارية في مجموعة IDS (14.49–16.05) ميغا باسكال وفي

مجموعة DDS (3.09–7.35) ميغا باسكال حسب النظام الرابط المستخدم. بينما بلغ متوسط قيم مقاومة قوى القص في دراسة Shakal (2017, 3907) للأقراص المصنوعة من خزف ثنائي سيليكات الليثيوم المقوى ببلورات الزركونيا بعد تطبيق دورات حرارية وميكانيكية (4.88–8.82) ميغا باسكال في مجموعة IDS و(4.44–8) ميغا باسكال في مجموعة DDS وذلك حسب طريقة معالجة سطح الخزف. وكان متوسط متانة قوى القص في دراسة Choi و Cho (2010, 39) بعد تطبيق 500 دورة حرارية (4.11–11.18) ميغا باسكال في مجموعة IDS و(3.14) ميغا باسكال في مجموعة DDS وذلك حسب النظام الرابط المستخدم.

بالنظر إلى قيم متانة القص، يوجد تنوع كبير في القيم بالمقارنة مع الدراسات السابقة حيث يوجد اختلافات في طرق الشيخوخة الاصطناعية والدعامات ومواد الترميمات وأنظمة الإلصاق والأسمنتات المؤقتة وهذا ربما يفسر القيم المتنوعة الموجودة.

تمّ إخضاع مُفردات العينة في هذه الدراسة إلى التقادم بالحرارة الرطبة باستخدام جهاز التعقيم بضغط البخار وذلك لمُحاكاة عملية التقادم الفعلية التي تحدث في البيئة الفموية، ويجب أن يُؤخذ بعين الاعتبار درجة حرارة التقادم والوسيط والضغط وزمن التعرُّض. إنّ المحاكاة الاصطناعيّة للتقدُّم في العمر باستخدام التقادم الحراري المائي هي بروتوكول شائع لمُحاكاة التقدُّم في العمر للمواد (ISO/TS 13356, 2008)، وهي طريقة عملية ومُوفِّرة للوقت والمال لتسريع التقادم بسبب بساطتها وتوفّرِها في التجهيزات السريرية، ولقد اعتبر Chevalier وزملاؤه (1999, 2152) بأن وضع مفردات العينة ضمن معقمة الحرارة الرطبة لمدَّة ساعة واحدة بدرجة حرارة 134° مئويّة وضغط 0.2 ميغا باسكال يحاكي حوالي ثلاث إلى أربع سنوات من الأداء السريري بدرجة حرارة 37° مئويّة، وفي هذه الدراسة تمّ إنجاز التقادم الحراري المائي حسب توصيات (ISO/TS 13356, 2008) وهذا يتوافق حسب Chevalier وزملاؤه (1999, 2152) مع حوالي خمس عشرة إلى عشرين سنةً من الأداء السريري.

تُعتَبر هذه هي الدراسة المخبرية الأولى التي تقيم تأثير التقادم باستخدام جهاز التعقيم بالحرارة الرطبة في متانة قوة ارتباط الختم العاجي الفوري، بينما قيّمت عدد من الدراسات السابقة متانة الختم العاجي الفوري من خلال استخدام الدورات الحرارية بفترات مُتعدِّدة والتحميل الدوري المتكرر بجهود مختلفة. وإنّ معظم الدراسات المخبرية التي تمّ إجراؤها سابقاً لتقييم ديمومة الختم العاجي الفوري أظهرت نتائج تُمثِّل سنة أو سنتين من الخدمة السريرية. اقترح Gale و Darvell (1999, 89) بأنّ 10000 دورة حرارية تُمثِّل تقريباً سنة واحدة من الأداء السريري، ولقد قام Leesungbok وزملاؤه (2015, 224) بإخضاع مفردات عينة الختم العاجي الفوري إلى الدورات الحرارية حتّى 14 يوم وبمعدل 21000 دورة في حمّامات مائيّة بين درجة حرارة 5° و55° مئويّة وهذا يمكن أن يعادل حسب دراسة (Gale and Darvell, 1999, 89) حوالي سنتين من الخدمة السريرية. ولقد أخضع Ishii وزملاؤه (2017, 357) و Murata وزملاؤه (2018, 928) مفردات عينة الختم العاجي الفوري إلى جهود التحميل الميكانيكي الدوري المتكرر بمعدل 157 نيوتن لـ 90 دورة/دقيقة و 3×10^5 دورة بالإجمالي وهذا يُمكن أن يُمثِّل تقريباً وفقاً لدراسة (Barkmeier *et al.*, 2004, 269) سنة واحدة من الخدمة السريرية.

أظهرت الدراسة الحالية حدوث انخفاض في قيم قوى الارتباط في مجموعتي الختم العاجي بعد تطبيق بروتوكول الشيخوخة حيث سببت دورات التقادم الحراري المائي انهياراً ملحوظاً في الربط العاجي الراتنجي. يمكن تفسير التأثيرات المُعاكسة للتقادم على مكونات مفصل الربط باختلاف معاملات التمدد الحراري لكلٍّ من السطوح المرتبطة وسطوح التماس البينية المتداخلة والمادة الرابطة والذي يسبب درجات متباينة من التقلص والتمدد

ويُسهِّل من حدوث ظاهرة التعب والإجهاد لهذه المكونات مما يؤدي إلى فشل الارتباط فيما بينها (André *et al.*, 2016, 29)، والسبب الآخر المُحتمل حسب ما ذكر Shono وزملاؤه (1999, 215) هو أنّ مفردات العينة التي تمتلك مساحة سطح ارتباط صغيرة يمكن أن تتأثر بشكل أكبر بالتغيرات الحرارية المائية على سطحها. إنّ تخرب الارتباط العاجي الراتنجي يُمكن أن يُعزى أيضاً إلى تَعرُّض سطوح الارتباط البينية لجو من الرطوبة النسبية بدرجة حرارة 37° مئويّةٍ لمدَّة أربعة عشر يوماً خلال فترة حفظ الضواحك ضمن وحدة التعقيم بالحرارة الجافّة بعد تثبيت الترميمات المؤقتة، ومن ثمّ تعريضها للتقادم الحراري المائي لمدَّة خمس ساعات خلال تطبيق بروتوكول الشيخوخة المتسارعة بعد الإلصاق النهائي، بالإضافة لتَعرُّض سطوح التماس والربط البينية للمحلول المائي من كلوريد الصوديوم بتركيز 0.9% لمدَّة أسبوعين تقريباً خلال فترة التخزين ريثما تمّ الانتهاء من إجراء اختبار القص المجهري. إنّ امتصاص الماء وتشكُّل الشجيرات المائية زاد من قابلية التخرب الانحلالي المائي لسطح التماس والربط البيني العاجي الراتنجي وبالتالي تطوير ضعف في عديدات الجزيء وذلك من خلال التلدين الذي ينقص من معامل المرونة ومن المقاومة القصوى لعامل الربط (Ito *et al.*, 2005, 6456).

اتَّفقت نتائج هذه الدراسة مع عدد من الدراسات السابقة حيث انخفضت متانة قوى الارتباط مع الوقت كما في دراسة Hashimoto وزملائه (2009, 614) ودراسة De Munck وزملائه (2005, 129)، واتَّفقت هذه الدراسة أيضاً مع دراسة Shakal (2017, 3910) حيث أثَّرت الشيخوخة الاصطناعية بعد تطبيق دورات حرارية وميكانيكية في متانة قوى القص لأقراص خزف ثنائي سيليكات الليثيوم المقوى ببلورات الزركونيا عند مُعاملة سطح الخزف بالسحل الهوائي بحبيبات أكسيد الألمنيوم والتغطية بالسيليكا بينما تمّ الحصول على ارتباط مستقر عند تطبيق الختم العاجي الفوري وتخريش سطح الخزف بحمض فلور الماء، واتَّفقت الدراسة الحالية كذلك مع دراسة Leesungbok وزملائه (2015, 229) حيث وجد أن متوسط قيم متانة الارتباط بدأ بالانخفاض بعد 7 أيام من تطبيق الدورات الحرارية لذلك أشار إلى ضرورة إلصاق الترميمات الخزفية خلال أسبوع واحد بعد إجراء الختم العاجي الفوري. بينما وجد van den Breemer وزملاؤه (2019a, 52; 2019b, E289) حدوث استقرار بسطح الارتباط البيني مع الوقت عند استخدام الختم العاجي الفوري وفسّر ذلك بتحسّن التشرب الراتنجي للمواد الربطة ضمن العاج المرتبط بتطبيق طبقة IDS، وحسب Magne وزملاؤه (2007, 171) يُمكن الحصول على متانة ارتباط جيدة للترميم النهائي مع العاج المختوم حتّى مع امتداد فترة المؤقت إلى اثني عشر أسبوعاً.

لم يكن هناك فرق جوهري إحصائياً في قيم متانة قوى الارتباط بين مجموعتي الختم العاجي ($p = 0.222$) بعد تطبيق بروتوكول التقادم بجهاز ضغط البخار. بينما أظهرت هذه الدراسة مقاومة قوى ارتباط عالية في مجموعة الختم العاجي الفوري بالمقارنة مع طريقة الختم التقليدية قبل تطبيق بروتوكول التقادم ($p = 0.015$)، حيث يُؤمِّن الختم العاجي الفوري ارتباطاً عاجياً راتنجياً مثالياً وخالياً من الإجهادات لأنّ الإلصاق المُتأخِّر للترميم بعد تصليب المادة الرابطة يؤدي إلى نضج الربط العاجي من خلال استمرار تطور الارتباط العاجي مع الوقت حتّى الانتهاء من عملية البلمرة الإسهامية الناجمة عن استمرار تصلب المادة الرابطة (Dietschi *et al.*, 2002, 266)، كما أنّ نضج المنطقة الهجينة يُساعد في تحسين مقاومة سطح التماس والربط البيني للإجهادات التقلصية للأسمنت الراتنجي المُطبَّقة عليه والناجمة عن ارتفاع عامل الشكل C خلال عملية الإلصاق النهائي وبالتالي يقلل من حالات فشل الارتباط. اعتبر Murata وزملاؤه (2018, 936) أن طبقة الختم العاجي الفوري IDS بين الأسمنت الراتنجي والعاج تعمل

كطبقة ماصّة للإجهادات تجاه القوى الخارجية وتُساهم في تحسين قوى الارتباط. وقد يُعزى سبب تفوق الختم العاجي الفوري أيضاً إلى الانطباق الأفضل للترميمات المُلصقة بهذه التقنية والذي يساهم في تحسين متانة الارتباط (Hayashi *et al.*, 2016). كما أنّ الإلصاق الأفضل يكون مع العاج المُحضَّر حديثاً بالمقارنة مع العاج الملوث ببقايا المؤقت، قد يكون سبب انخفاض مقاومة قوى القص المجهري في مجموعة الختم العاجي المتأخر هو تطبيق المادة الرابطة الراتنجية وتصليبها في جلسة الإلصاق النهائي ثمّ إلصاق القرص الخزفي مباشرة مما أدى إلى احتمال حدوث انطباق بشكل غير كامل وزيادة في الإجهادات المُطبَّقة على سطح التماس والربط العاجي الراتنجي غير الناضج (Dietschi *et al.*, 2002, 267).

جاءت نتائج مقاومة قوى القص للمقارنة الثنائية بين مجموعتي الختم مُتنوِّعة بالمقارنة مع الدراسات السابقة، بسبب اختلاف شروط الاختبار والدعامات واختلاف نوع المواد المُستخدَمة واستراتيجية الربط المُتَّبعة وحجم وأبعاد الترميمات ونوع ومساحة سطوح الارتباط ومهارة المخبري وطريقة التصنيع وطرق معالجة وتنشيط طبقة IDS وهذا رُبما قد يُفسِّر النتائج المُختلفة والمُتنوعة الموجودة.

أظهرت غالبية الدراسات أنّ الختم العاجي الفوري يُؤمِّن متانة ارتباط أفضل مع العاج من تلك التي يتم تقديمها عند استخدام الختم العاجي المُتأخِّر بعد تطبيق بروتوكولات شيخوخة مُختلفة كالتحميل الميكانيكي الدوري والدورات الحرارية التقليدية وتقنيات التخزين المائي، حيث تمّ تسجيل متانة قوى ارتباط عالية مع العاج عند تطبيق الختم العاجي الفوري مع إجراءات الشيخوخة ولمختلف أنواع الترميمات: (Abdulrahman and Zohdy, 2021, 251) (Van den Breemer *et al.*, 2019a, 52) (Van den Breemer *et al.*, 2019b, E289) (Hayashi *et al.*, 2019, 970) (Ishii *et al.*, 2018, 928) (Murata *et al.*, 2019, 357) (Giannini *et al.*, 2017, 3907) (Shakal, 2017, 3907) (Kitayama *et al.*, 2009, 454) (Duarte *et al.*, 2015, 822) (Feitosa *et al.*, 2010, 111) (Reboul *et al.*, 2009, 1).

وحسّنت تقنية الختم العاجي الفوري للعاج من متانة الارتباط بدون إجراءات الشيخوخة في العديد من الدراسات بما يتفق مع الدراسة الحالية ولمختلف أنواع الترميمات: (Sag and Bektas, 2020, 12-p) (Rigos *et al.*, 2019, E167) (Augusti *et al.*, 2018, 693) (Brigagão *et al.*, 2018, 212) (Santana *et al.*, 2016, 189) (Lee *et al.*, 2017, 792) (Islam *et al.*, 2006, 272) (and Park, 2009, 288) (Okuda *et al.*, 2007, 38).

بينما لم تظهر فروقاً ذات دلالة إحصائية بين مجموعتي الختم العاجي في دراسة Dalby وزملائه (2012, 310702)، كذلك في دراسة Rozan وزملائه (2020, 941) لم تُؤثِّر تقنية التغطية بالراتنج بعد تطبيق 5000 دورة حرارية في مقاومة قوى الشد المجهري للحشوات الضمنية المُصنَّعة باستخدام نظام CAD/CAM والمُلصقة بالأسمنت الراتنجي ذاتي الإلصاق (RelyXTM Ultimate, 3M ESPE) بينما أدت التغطية بالراتنج إلى زيادة متانة الارتباط (MTBS) عند استخدام الأسمنت الراتنجي ذاتي الإلصاق (G-CEM LinkForceTM, GC Corp.) والأسمنت الراتنجي الذي يعتمد على نظام التخريش الحمضي الذاتي ذو المرحلتين من الجيل السادس (PanaviaTM V5, Kuraray Noritake Dental Inc.). وفي دراسة Choi و Cho (2010, 39) تحسَّنت متانة الارتباط مع العاج لقطع من البورسلان (Super Porcelain EX-3TM, Noritake Kizai Co., Ltd.) عند تطبيق قوى القص بعد إجراء 500 دورة حرارية في مجموعة الختم العاجي الفوري عند استخدام النظام الرابط من الجيل السادس (ClearfilTM SE Bond, Kuraray Co. Ltd.) بينما لم تظهر فروق جوهرية ذات دلالة إحصائية بين طريقتي

الختم العاجي عند استخدام النظام الرابط ذو التخريش الحمضي والغسل من الجيل الخامس (AdperTM Single Bond 2, 3M ESPE). كما وجد Sailer وزملاؤه (2012, 252) تحسُّن مقاومة قوى القص SBS في مجموعة الختم العاجي الفوري عند الإلصاق باستخدام الأسمنت الراتنجي ذاتي الإلصاق (RelyX Unicem, 3M ESPE) بينما لم يكن هناك تأثير للختم العاجي الفوري مع الأسمنت الراتنجي التقليدي الذي يعتمد على نظام التخريش الحمضي والغسل (Variolink II, Ivoclar Vivadent) والأسمنت الراتنجي الذي يعتمد على نظام التخريش الحمضي الذاتي (Panavia 21, Kuraray). ولم تظهر فروق جوهرية ذات دلالة إحصائية بين طريقتي الختم العاجي في دراسة Leesungbok وزملائه (2015, 224) عند إجراء اختبار مقاومة قوى القص على أقراص الخزف الزجاجي (IPS Empress II) المُلصقة على السطوح العاجية للأرحاء الثالثة حيث تمّ تطبيق الدورات الحرارية على المجموعات التجريبية ذات الختم العاجي الفوري ولم يتم تطبيقها على المجموعة الضابطة ذات الختم العاجي المُتأخِّر.

على كل حال اختلفت الدراسة الحالية مع دراسة Falkensammer وزملائه (2014, 573) حيث أظهرت مجموعة الختم العاجي الفوري متانة قوة ارتباط أقل من مجموعة الختم العاجي المُتأخِّر، قد ترتبط أسباب هذه التباينات بتطبيق الأسمنت المؤقت الخالي من الأوجينول (Temp Bond NE, Kerr Corp) والذي قد يُضعف الطبقة الهجينة أو سطح العاج على حدٍّ سواء فيزيائياً وكيميائياً، وقد يكون السبب المُحتمل الآخر هو اختلاف إجراءات اختبار مقاومة قوى الارتباط.

إسهامات البحث:

يعتبر وجود مجموعة الختم العاجي المُتأخِّر كعينة شاهدة تقارن بها نتائج المجموعة ذات الختم العاجي الفوري من إيجابيات هذا البحث، كما تُعد هذه الدراسة من الدراسات المخبرية الأولى التي تقيم فعالية الختم الفوري للعاج تحت فترة طويلة من التقادم باستخدام جهاز التعقيم بضغط البخار. ولقد التزم البحث بمبادئ المنظَّمة الدوليّة للمعايير القياسيّة ISO، وهذا يُسهّل مقارنة النّتائج مع أبحاث أخرى مستقبليّة تتبع المعايير نفسها.

محدوديات الدراسة:

أُكتُفِي بالمقارنة مع نتائج الأبحاث السابقة على الرغم من عدم تطابق شروط الاختبار، حيث لا تُعَد المقارنة بين نتيجة الدراسة الحالية ونتائج الدراسات الأُخرى دقيقة بسبب اختلاف حجم العيِّنة وطريقة العمل والأجهزة المُستَخدَمة ودقتها، وطريقة العمل المخبري، واختلاف استراتيجية الإلصاق المُتَّبعة، كما لم يتم دراسة تأثير تقنية الختم العاجي في خصائص Weibull لأقراص خزف ثنائي سيليكات الليثيوم من خلال استخدام معامل Weibull الذي يساعد في تقدير معدل البقاء وموثوقية متانة الارتباط أو من خلال إجراء تحقق من قيم إجهادات Weibull التي يحصل عندها الفشل بمستويات ثابتة من النسب المئوية وذلك لتقييم أداء قوة الارتباط. ويؤخذ على الدراسة أيضاً عدم تقييم نموذج الفشل الحاصل أو تقييم المنطقة الهجينة والأوتاد الراتنجية المُتشكِّلة لأن التحليل الدقيق لشكل نموذج الفشل الحاصل يتطلب مجهر إلكتروني ماسح لدراسة السطوح الناتجة بعد فك الارتباط، إنّ هذا المجهر يعتبر أكثر موثوقية لدراسات مستقبلية مُمكنة، كان من غير الممكن استخدامه في الدراسة الحالية بسبب الميزانية المحدودة.

الاستنتاجات:

بعد دراسة نتائج الدراسة ومناقشتها، وضمن محدوديات هذه الدراسة المخبرية، يُمكن استنتاج الآتي:

ساهم الختم الفوري للعاج في تحسين متانة الارتباط لخزف ثنائي سيليكات الليثيوم المرتبط بعاج الأسنان قبل تطبيق التقادم الحراري المائي. كما أدت الشيخوخة المتسارعة باستخدام جهاز التعقيم بضغط البخار إلى انخفاض قوة ارتباط الأقراص الخزفية في كلا مجموعتي الختم العاجي.

مُقترحات لأبحاث مُستقبلية:

وفق ما تمّ التوصل إليه في هذا البحث من نتائج سريرية ومخبرية يمكن اقتراح الآتي:

- ينصح بإجراء دراسة لتقيم تأثيرات IDS على متانة ارتباط الأقراص الخزفية المصنوعة من الخزف الزجاجي الفلدسباري التقليدي وخزف E.max وفق بتقنية CAD-CAM.
- إجراء دراسة مخبريّة مماثلة مع إيجاد آلية للقيام بدورات التحميل الميكانيكية وعدم الاكتفاء بالتقادم الحراري المائي وإجراء دراسة لنمط الفشل باستخدام المجهر الإلكتروني.
- إجراء دراسة مماثلة لتقييم تأثيرات IDS على متانة الارتباط مع الميناء على اعتبار أن مبادىء التحضير المحافظ تؤكد على إبقاء التحضيرات السنية ضمن طبقات الميناء.
- يجب إجراء دراسة سريرية والتحقق من تقرير الفشل السريري وموقعه للتأكد من هذه النتائج المخبرية.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

1. سعد الدين محمد نادر وأيوب مهند. (2013). دراسة مخبرية مقارنة لتقييم تأثير تقنية التصنيع في الانطباق الحفافي والداخلي ومقاومة الكسر للوجوه التجميلية المصنوعة من الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم. أطروحة ماجستير، سورية: جامعة البعث.
2. Abdulrahman, S. I., & Zohdy, M. M. (2021). Effect of Delayed Dentin Sealing versus Immediate Dentin Sealing on Tensile Bond Strength of Ceramic Restoration Material.-An in vitro study. *Al-Azhar J Dent Sci*, 24(3), 251-257.
3. Andrade, A. M., Moura, S. K., Reis, A., Loguercio, A. D., Garcia, E. J., & Grande, R. H. (2010). Evaluating resin-enamel bonds by microshear and microtensile bond strength tests: effects of composite resin. *J Appl Oral Sci*, 18(6), 591-598. doi: 10.1590/s1678-77572010000600010. PMID: 21308290; PMCID: PMC3881754.
4. André, M., Kou, W., Sjögren, G., & Sundh, A. (2016). Effects of pretreatments and hydrothermal aging on biaxial flexural strength of lithium di-silicate and Mg-PSZ ceramics. *J Dent*, 55, 25-32. doi: 10.1016/j.jdent.2016.09.002. Epub 2016 Sep 13. PMID: 27638179.
5. Augusti, D., Re, D., Özcan, M., & Augusti, G. (2018). Removal of temporary cements following an immediate dentin hybridization approach: a comparison of mechanical and chemical methods for substrate cleaning. *J Adhes Sci Technol*, 32(7), 693-704.
6. Barkmeier, W. W., Latta, M. A., Erickson, R. L., & Lambrechts, P. (2004). Comparison of laboratory and clinical wear rates of resin composites. *Quintessence Int*, 35(4), 269-274. PMID: 15119711.
7. Baroudi, K., & Rodrigues, J. C. (2015). Flowable Resin Composites: A Systematic Review and Clinical Considerations. *J Clin Diagn Res*, 9(6), ZE18-24. doi: 10.7860/JCDR/2015/12294.6129. Epub 2015 Jun 1. PMID: 26266238; PMCID: PMC4525629.
8. Brigagão, V. C., Barreto, L. F. D., Gonçalves, K. A. S., Amaral, M., Vitti, R. P., Neves, A. C. C., & Silva-Concílio, L. R. (2017). Effect of interim cement application on bond strength between resin cements and dentin: Immediate and delayed dentin sealing. *J Prosthet Dent*, 117(6), 792-798. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.09.015. Epub 2016 Nov 12. PMID: 27847158.
9. Burke, F. J., Fleming, G. J., Nathanson, D., & Marquis, P. M. (2002). Are adhesive technologies needed to support ceramics? An assessment of the current evidence. *J Adhes Dent*, 4(1), 7-22. PMID: 12071631.
10. Burtscher, P. (1993). Stability of radicals in cured composite materials. *Dent Mater*, 9(4), 218-221. doi: 10.1016/0109-5641(93)90064-w. PMID: 7988751.
11. Carrilho, M. R., Geraldeli, S., Tay, F., de Goes, M. F., Carvalho, R. M., Tjäderhane, L., Reis, A. F., Hebling, J., Mazzoni, A., Breschi, L., & Pashley, D. (2007). In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. *J Dent Res*, 86(6), 529-533. doi: 10.1177/154405910708600608. PMID: 17525352.
12. Chevalier, J., Cales, B., & Drouin, J. M. (1999). Low-temperature aging of Y-TZP ceramics. *J Am Ceram Soc*, 82(8), 2150-2154.
13. Choi, Y. S., & Cho, I. H. (2010). An effect of immediate dentin sealing on the shear bond strength of resin cement to porcelain restoration. *J Adv Prosthodont*, 2(2), 39-45. doi: 10.4047/jap.2010.2.2.39. Epub 2010 Jun 30. PMID: 21165186; PMCID: PMC2984522.
14. Dalby, R., Ellakwa, A., Millar, B., & Martin, F. E. (2012). Influence of immediate dentin sealing on the shear bond strength of pressed ceramic luted to dentin with self-etch resin cement. *Int J Dent*, 2012, 310702. doi: 10.1155/2012/310702. Epub 2012 Jan 12. PMID: 22287963; PMCID: PMC3263627.

15. De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., & Van Meerbeek, B.(2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*, 84(2), 118-132. doi: 10.1177/154405910508400204. PMID: 15668328.
16. Dietschi, D., Magne, P., & Holz, J. (1995). Bonded to tooth ceramic restorations: in vitro evaluation of the efficiency and failure mode of two modern adhesives. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 105(3), 299-305. PMID: 7716461.
17. Dietschi, D., Monasevic, M., Krejci, I., & Davidson, C. (2002). Marginal and internal adaptation of class II restorations after immediate or delayed composite placement. *J Dent*, 30(5-6), 259-269. doi: 10.1016/s0300-5712(02)00041-6. PMID: 12450717.
18. Duarte, S. Jr., de Freitas, C. R., Saad, J. R., & Sadan, A. (2009). The effect of immediate dentin sealing on the marginal adaptation and bond strengths of total-etch and self-etch adhesives. *J Prosthet Dent*, 102(1), 1-9. doi: 10.1016/S0022-3913(09)00073-0. PMID: 19573687.
19. Falkensammer, F., Arnetzl, G. V., Wildburger, A., Krall, C., & Freudenthaler, J. (2014). Influence of different conditioning methods on immediate and delayed dentin sealing. *J Prosthet Dent*, 112(2), 204-210. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.10.028. Epub 2014 Apr 29. Erratum in: J Prosthet Dent. 2017 Apr;117(4):573. PMID: 24787131.
20. Feitosa, V. P., Medina, A. D., Puppin-Rontani, R. M., Correr-Sobrinho, L., & Sinhoreti, M. A. (2010). Effect of resin coat technique on bond strength of indirect restorations after thermal and load cycling. *Bull Tokyo Dent Coll*, 51(3), 111-118. doi: 10.2209/tdcpublication.51.111. PMID: 20877157.
21. Frankenberger, R., Lohbauer, U., Taschner, M., Petschelt, A., & Nikolaenko, S. A. (2007). Adhesive luting revisited: influence of adhesive, temporary cement, cavity cleaning, and curing mode on internal dentin bond strength. *J Adhes Dent*, 9 Suppl 2, 269-273. Erratum in: J Adhes Dent. 2007 Dec;9(6):546. PMID: 18340985.
22. Gale, M. S., & Darvell, B. W. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*, 27(2), 89-99. doi: 10.1016/s0300-5712(98)00037-2. PMID: 10071465.
23. Giannini, M., Takagaki, T., Bacelar-Sá, R., Vermelho, P. M., Ambrosano, G. M., Sadr, A., Nikaido, T., & Tagami, J. (2015). Influence of resin coating on bond strength of self-adhesive resin cements to dentin. *Dent Mater J*, 34(6), 822-827. doi: 10.4012/dmj.2015-099. PMID: 26632230.
24. Hashimoto, M., Fujita, S., Endo, K., & Ohno, H. (2009). In vitro degradation of resin-dentin bonds with one-bottle self-etching adhesives. *Eur J Oral Sci*, 117(5), 611-617. doi: 10.1111/j.1600-0722.2009.00664.x. PMID: 19758260.
25. Hayashi, K., Kawai, T., Ogawa, S., Maeno, M., Maseki, T., Dogon, I. L., & Nara, Y. (2016). Effect of optical scanner and immediate dentin sealing application on cavity adaptation of CAD/CAM restoration. *J Dent Res*, 95(SI-A), https://aadr2016. zerista.com/poster/member/55806. (accessed 16.07.07).
26. Hayashi, K., Maeno, M., & Nara, Y. (2019). Influence of immediate dentin sealing and temporary restoration on the bonding of CAD/CAM ceramic crown restoration. *Dent Mater J*, 38(6), 970-980. doi: 10.4012/dmj.2018-313. Epub 2019 Aug 22. PMID: 31434832.
27. International Organization for Standardization Technical Specification Report ISO/TS 11405. (2003). Dental materials-testing of adhesion to tooth structure. Second ed. Switzerland.
28. International Organization for Standardization Technical Specification Report ISO/TS 13356. (2008). Implants for surgery – Ceramic materials based on yttria-stabilized tetragonal zirconia (Y-TZP). Second ed. Switzerland.
29. Ishii, N., Maseki, T., & Nara, Y. (2017). Bonding state of metal-free CAD/CAM onlay restoration after cyclic loading with and without immediate dentin sealing. *Dent Mater J*, 36(3), 357-367. doi: 10.4012/dmj.2016-289. Epub 2017 Mar 29. PMID: 28367909.

30. Islam, M. R., Takada, T., Weerasinghe, D. S., Uzzaman, M. A., Foxton, R. M., Nikaido, T., & Tagami, J.(2006). Effect of resin coating on adhesion of composite crown restoration. *Dent Mater J*, 25(2), 272-279. doi: 10.4012/dmj.25.272. PMID: 16916229.
31. Ismail, A. M., Bourauel, C., ElBanna, A., & Salah Eldin, T. (2021). Micro versus Macro Shear Bond Strength Testing of Dentin-Composite Interface Using Chisel and Wireloop Loading Techniques. *Dent J (Basel)*, 9(12), 140. doi: 10.3390/dj9120140. PMID: 34940037; PMCID: PMC8700382.
32. Ito, S., Hashimoto, M., Wadgaonkar, B., Svizero, N., Carvalho, R. M., Yiu, C., Rueggeberg, F. A., Foulger, S., Saito, T., Nishitani, Y., Yoshiyama, M., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2005). Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. *Biomaterials*, 26(33), 6449-659. doi: 10.1016/j.biomaterials.2005.04.052. PMID: 15949841.
33. Kelly, J. R. (2008). Dental ceramics: what is this stuff anyway? *J Am Dent Assoc*, 139 Suppl, 4S-7S. doi: 10.14219/jada.archive.2008.0359. PMID: 18768902.
34. Kitayama, S., Pilecki, P., Nasser, N. A., Bravis, T., Wilson, R. F., Nikaido, T., Tagami, J., Watson, T. F., & Foxton, R. M. (2009). Effect of resin coating on adhesion and microleakage of computer-aided design/computer-aided manufacturing fabricated all-ceramic crowns after occlusal loading: a laboratory study. *Eur J Oral Sci*, 117(4), 454-462. doi: 10.1111/j.1600-0722.2009.00653.x. PMID: 19627359.
35. Lee, J. J., Nettey-Marbell, A., Cook, A. Jr., Pimenta, L. A., Leonard, R., & Ritter, A. V. (2007). Using extracted teeth for research: the effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths. *J Am Dent Assoc*, 138(12), 1599-1603. doi: 10.14219/jada.archive.2007.0110. PMID: 18056105.
36. Lee, J. I., & Park, S. H. (2009). The effect of three variables on shear bond strength when luting a resin inlay to dentin. *Oper Dent*, 34(3), 288-292. doi: 10.2341/08-82. PMID: 19544817.
37. Leesungbok, R., Lee, S. M., Park, S. J., Lee, S. W., Lee, D. Y., Im, B. J, & Ahn, S. J. (2015). The effect of IDS (immediate dentin sealing) on dentin bond strength under various thermocycling periods. *J Adv Prosthodont*, 7(3), 224-232. doi: 10.4047/jap.2015.7.3.224. Epub 2015 Jun 23. PMID: 26140174; PMCID: PMC4486618.
38. Magne, P. (2005). Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. *J Esthet Restor Dent*, 17(3), 144-154; discussion 155. doi: 10.1111/j.1708-8240.2005.tb00103.x. PMID: 15996383.
39. Magne, P., So, W. S., & Cascione, D. (2007). Immediate dentin sealing supports delayed restoration placement. *J Prosthet Dent*, 98(3), 166-174. doi: 10.1016/S0022-3913(07)60052-3. PMID: 17854617.
40. Mazzoni, A., Pashley, D. H., Nishitani, Y., Breschi, L., Mannello, F., Tjäderhane, L., Toledano, M., Pashley, E. L., & Tay, F. R. (2006). Reactivation of inactivated endogenous proteolytic activities in phosphoric acid-etched dentine by etch-and-rinse adhesives. *Biomaterials*, 27(25), 4470-4476. doi: 10.1016/j.biomaterials.2006.01.040. Epub 2006 May 9. PMID: 16687171.
41. McDonough, W. G., Antonucci, J. M., He, J., Shimada, Y., Chiang, M. Y., Schumacher, G. E., & Schultheisz, C. R. (2002). A microshear test to measure bond strengths of dentin-polymer interfaces. *Biomaterials*, 23(17), 3603-3608. doi: 10.1016/s0142-9612(02)00089-3. PMID: 12109685.
42. Michaud, P. L., & Brown, M. (2018). Effect of universal adhesive etching modes on bond strength to dual-polymerizing composite resins. *J Prosthet Dent*, 119(4), 657-662. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.06.018. Epub 2017 Sep 27. PMID: 28967403.
43. Muñoz, M. A., Sezinando, A., Luque-Martinez, I., Szesz, A. L., Reis, A., Loguercio, A. D., Bombarda, N. H., & Perdigão, J. (2014). Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *J Dent*, 42(5), 595-602. doi: 10.1016/j.jdent.2014.01.013. Epub 2014 Feb 4. PMID: 24508503.

44. Murata, T., Maseki, T., & Nara, Y. (2018). Effect of immediate dentin sealing applications on bonding of CAD/CAM ceramic onlay restoration. *Dent Mater J*, 37(6), 928-939. doi: 10.4012/dmj.2017-377. Epub 2018 Jul 12. PMID: 29998944.
45. Oilo, G. (1987). Adhesion of dental materials to dentine: Debonding tests. In: Thylstrup A, Leach SA, Qvist V, ed. Dentine and dentine reactions in the oraI cavity. Oxford: IRL Press Ltd, 219-224.
46. Okuda, M., Nikaido, T., Maruoka, R., Foxton, R. M., & Tagami, J. (2007). Microtensile bond strengths to cavity floor dentin in indirect composite restorations using resin coating. *J Esthet Restor Dent*, 19(1), 38-46; discussion 47-48. doi: 10.1111/j.1708-8240.2006.00062.x. PMID: 17244149.
47. Phrukkanon, S., Burrow, M. F., & Tyas, M. J. (1998). Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. *Dent Mater*, 14(2), 120-128. doi: 10.1016/s0109-5641(98)00018-9. PMID: 10023201.
48. Placido, E., Meira, J. B., Lima, R. G., Muench, A., de Souza, R. M., Ballester, R. Y. (2007). Shear versus micro-shear bond strength test: a finite element stress analysis. *Dent Mater*, 23(9), 1086-1092. doi: 10.1016/j.dental.2006.10.002. Epub 2006 Nov 22. PMID: 17123595.
49. Qanungo, A., Aras, M. A., Chitre, V., Mysore, A., Amin, B., & Daswani, S. R. (2016). Immediate dentin sealing for indirect bonded restorations. *J Prosthodont Res*, 60(4), 240-249. doi: 10.1016/j.jpor.2016.04.001. Epub 2016 Apr 27. PMID: 27131858.
50. Reboul, T., Hoang Thaï, H. A., Cetik, S., & Atash, R. (2018). Comparison between shear forces applied on the overlay-dental tissue interface using different bonding techniques: An *in vitro* study. *J Indian Prosthodont Soc*, 18(3), 212-218. doi: 10.4103/jips.jips_165_17. PMID: 30111909; PMCID: PMC6070845.
51. Rigos, A. E., Dandoulaki, C., Kontonasaki, E., Kokoti, M., Papadopoulou, L., & Koidis, P. (2019). Effect of immediate dentin sealing on the bond strength of monolithic zirconia to human dentin. *Oper Dent*, 44(4), E167–E179. doi:10.23 41/18-198-L
52. Ritter, R. G. (2010). Multifunctional uses of a novel ceramic-lithium disilicate. *J Esthet Restor Dent*, 22(5), 332-341. doi: 10.1111/j.1708-8240.2010.00362.x. PMID: 21029337.
53. Roulet, J. F., Söderholm, K. J., Longmate, J. (1995). Effects of treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. *J Dent Res*, 74(1), 381-387. doi: 10.1177/00220345950740011501. PMID: 7876433.
54. Rozan, S., Takahashi, R., Nikaido, T., Tichy, A., & Tagami, J. (2020). CAD/CAM-fabricated inlay restorations: Can the resin-coating technique improve bond strength and internal adaptation? *Dent Mater J*, 39(6), 941-949. doi: 10.4012/dmj.2019-309. Epub 2020 Jun 26. PMID: 32595190.
55. Sag, B. U., & Bektas, O. O. (2020). Effect of immediate dentin sealing, bonding technique, and restorative material on the bond strength of indirect restorations. *Braz Dent Sci*, 23(2), 12-p.
56. Sailer, I., Oendra, A. E., Stawarczyk, B., & Hämmerle, C. H. (2012). The effects of desensitizing resin, resin sealing, and provisional cement on the bond strength of dentin luted with self-adhesive and conventional resincements. *J Prosthet Dent*, 107(4), 252-260. doi: 10.1016/S0022-3913(12)60070-5. PMID: 22475468.
57. Santana, V. B., de Alexandre, R. S., Rodrigues, J. A., Ely, C., & Reis, A. F. (2016). Effects of Immediate Dentin Sealing and Pulpal Pressure on Resin Cement Bond Strength and Nanoleakage. *Oper Dent*, 41(2), 189-199. doi: 10.2341/15-150-L. Epub 2015 Oct 8. PMID: 26449591.
58. Shakal, M. A. (2017). Evaluation of zirconia-reinforced lithium silicate ceramic surface treatment on their shear bond strength to dentine following immediate dentin sealing. *Egypt Dent J*, 63(4-October (Fixed Prosthodontics, Dental Materials, Conservative Dentistry & Endodontics), 3907-3913. doi: 10.21608/EDJ.2017.76456

59. Shimada, Y., Senawongse, P., Harnirattisai, C., Burrow, M. F., Nakaoki, Y., & Tagami, J. (2002). Bond strength of two adhesive systems to primary and permanent enamel. *Oper Dent*, 27(4), 403-409. PMID: 12120779.
60. Shono, Y., Terashita, M., Shimada, J., Kozono, Y., Carvalho, R. M., Russell, C. M., & Pashley, D. H. (1999). Durability of resin-dentin bonds. *J Adhes Dent*, 1(3), 211-218. PMID: 11725669.
61. Stavridakis, M. M., Krejci, I., & Magne, P. (2005). Immediate dentin sealing of onlay preparations: thickness of pre-cured Dentin Bonding Agent and effect of surface cleaning. *Oper Dent*, 30(6), 747-757. PMID: 16382598.
62. Tay, F. R., Pashley, D. H., Suh, B. I., Carvalho, R. M., & Itthagarun, A. (2002a). Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent*, 30(7-8), 371-382. doi: 10.1016/s0300-5712(02)00064-7. PMID: 12554121.
63. Tay, F. R., Pashley, D. H., & Yoshiyama, M. (2002b). Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res*, 81(7), 472-476. doi: 10.1177/154405910208100708. PMID: 12161459.
64. Ting, S., Chowdhury, A. A., Pan, F., Fu, J., Sun, J., Kakuda, S., Hoshika, S., Matsuda, Y., Ikeda, T., Nakaoki, Y., Abe, S., Yoshida, Y., & Sano, H. (2015). Effect of remaining dentin thickness on microtensile bond strength of current adhesive systems. *Dent Mater J*, 34(2), 181-188. doi: 10.4012/dmj.2014-130. Epub 2015 Feb 24. PMID: 25740166.
65. Tosun, G., Koyuturk, A. E., Sener, Y., & Sengun, A. (2008). Bond strength of two total-etching bonding systems on caries-affected and sound primary teeth dentin. *Int J Paediatr Dent*, 18(1), 62-69. doi: 10.1111/j.1365-263X.2007.00856.x. PMID: 18086028.
66. van den Breemer, C. R., Özcan, M., Pols, M. R., Postema, A. R., Cune, M. S., & Gresnigt, M. M. (2019a). Adhesion of resin cement to dentin: effects of adhesive promoters, immediate dentin sealing strategies, and surface conditioning. *Int J Esthet Dent*, 14(1), 52-63. PMID: 30714054.
67. van den Breemer, C., Özcan, M., Cune, M. S., Ayres, A. A., Van Meerbeek, B., & Gresnigt, M. (2019b). Effect of Immediate Dentin Sealing and Surface Conditioning on the Microtensile Bond Strength of Resin-based Composite to Dentin. *Oper Dent*, 44(6), E289-E298. doi: 10.2341/18-052-L. Epub 2019 May 14. PMID: 31084533.
68. Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A., & De Munck, J. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater*, 26(2), e100-121. doi: 10.1016/j.dental.2009.11.148. Epub 2009 Dec 16. PMID: 20006379.
69. Yoshida, Y., Yoshihara, K., Nagaoka, N., Hayakawa, S., Torii, Y., Ogawa, T., Osaka, A., & Meerbeek, B. V. (2012). Self-assembled Nano-layering at the Adhesive interface. *J Dent Res*, 91(4), 376-381. doi: 10.1177/0022034512437375. Epub 2012 Feb 1. PMID: 22302145.