

"دراسة مخبرية لمقارنة قوة الشد بين الراتنج المركب الكتلي والراتنج المركب الكتلي المقوى بالألياف"

أ.د. عاطف عبدالله**

ديمة رسلان*

(الإيداع: 2 ايار 2023 ، القبول 10 حزيران 2023)

الملخص

الهدف من البحث: مقارنة قوة الشد بين الراتنج المركب الكتلي والراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين. **المواد والطرائق:** شملت هذه الدراسة 30 ضاحكةً علويةً مقلوعةً حديثاً لأسبابٍ تقويمية، وزعت عشوائياً إلى مجموعتين حسب المادة المرممة وفق الترتيب الآتي: المجموعة الأولى (n=15): الراتنج المركب الكتلي (Tetric® N–Ceram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent, USA)، المجموعة الثانية (n=15): الراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين (Polydentia, Switzerland). أُزيلت الحدبات عن كامل ضواحك العينة باستخدام قرص ماسي (Horico, Germany) بحيث أصبح سطح العاج مكشوفاً، ثم نُثبتت في قوالب إكريلية بأبعاد ثابتة 2.5 سم × 2.5 سم × 2.5 سم بحيث ينغرز الجذر في القالب الإكريلي. صُنِعَ قالب معدني خاص بالبحث يحوي في مركزه على تجويفٍ اسطواني ذي الأبعاد: 3 مم قطراً و 4 مم ارتفاعاً، ثم وُضِعَ على سطوح كامل العينات لتدك بعد ذلك المادة الراتنجية ضمن الفجوة المركزية وفق توزيع المجموعات. جُهزت العينات للاختبار بعد صنع ثقب ضمن المادة المرممة ووضع سلك تقويمي SS بثخانة 0.3 مم ضمنه ليتسنى تثبيتها ضمن الجهاز، ثم نُقلت إلى آلة الفحص المعيارية (Testometric AX 114, Universal Testing Machine)، وخضعت كل واحدةٍ منها لاختبار قوة الشد بعد أن تم ضبط الرأس المتحرك للجهاز على السرعة 1 مم/دقيقة حتى حدوث الفشل. **النتائج:** خضعت النتائج للدراسة الإحصائية باستخدام اختبار T ستودنت. تبين وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين مجموعتي الدراسة المختلفتين ($P < 0.05$). كانت قيم قوة الشد في مجموعة الراتنج المركب الكتلي المقوى بالألياف أعلى منها في مجموعة الراتنج المركب الكتلي.

الكلمات المفتاحية: الراتنج المركب الكتلي، الراتنج المركب الكتلي المقوى بالألياف، ألياف البولي إيثيلين، قوة الشد، آلة الفحص المعيارية.

* طالبة دراسات عليا (دكتوراه) – قسم مداواة الأسنان – كلية طب الأسنان – جامعة حماة.

** أستاذ في قسم مداواة الأسنان – كلية طب الأسنان – جامعة حماة.

"An in-Vitro Study to Compare the Tensile Strength between Bulk Composite and Fiber Reinforced Bulk Composite"

Dima Raslan ⁽¹⁾

Dr. Atef Abdullah ⁽²⁾

(Received : 2 May 2023, Accepted:10 June 2023)

Abstract

To compare the tensile strength between bulk composite and fiber reinforced bulk composite. This study included 30 newly extracted upper premolars for orthodontic reasons, were randomly divided into two groups according to the restored material in the following order: Group1 (n=15): Bulk composite (Tetric® N-Ceram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent, USA), and Group2 (n=15): Fiber reinforced bulk composite (Polydentia, Switzerland). The cusps were removed from the entire premolars of the sample using diamond disc (Horico, Germany) so that the dentin surface became exposed. The premolars were fixed on acrylic molds with fixed dimensions 2.5 cm × 2.5 cm × 2.5 cm so that the root is embedded in the acrylic mold. A metal mold was made for the research, containing in its center a cylindrical cavity with dimensions: 3 mm in diameter and 4 mm in height, then it was placed on the surfaces of all the samples to compact the resin within the central cavity according to the distribution of the groups. The samples were prepared for testing after making a hole in the restorative material and placing an ss orthodontic wire with a thickness 0.3 mm in it so that it could be fixed within the device, then they were transferred to the universal testing machine (Testometric AX 114, Universal Testing Machine), and each of them was subjected to a tensile strength test after the moving head of the device was set a speed of 1 mm\ min until failure occurred.

Results were statistically analyzed using Student's t-test. It was showed that there were statistically significant differences between the two different study groups ($p < 0.05$). The values of tensile strength in the fiber reinforced bulk composite group were higher than in the bulk composite group.

Key Words: Bulk composite, Fiber reinforced bulk composite, Polyethylene fibers, Tensile strength, Universal testing machine.

* Postgraduated student (PhD degree)– Department of Endodontic and Operative Dentistry– College of Dentistry– Hama University.

(** Prof. in Endodontic and Operative Dentistry– College of Dentistry– Hama University.

1. المقدمة:

تُعدُّ الراتنج المركبة الخيار الأساس للترميمات المباشرة في الأسنان الخلفية، إذ أفادت الدراسات السريرية عن أداء سريري جيد ومتانة عالية، كما خضعت منذ إدخالها لأكثر من 50 عاماً لتطورٍ مستمر (Battancs, et al. 2022). ومع ذلك ماتزال بعض المشكلات المتعلقة بالمواد قائمة، لعلَّ أهمها هو النقلص التصليبي للمادة الترميمية، والذي يُولد إجهاداً داخل الراتنج المركب، وعند السطح البيني بين المادة الترميمية والبنية السنية (Peutzfeldt, et al. 2018). وهذا بدوره يؤدي إلى حدوث فجواتٍ داخلية وحفافية، وتشققٍ مجهريٍّ داخل المادة الترميمية أو البنية السنية أو كليهما، الأمر الذي يؤثر في نجاح الترميم. (Haak, et al. 2019)

يتم تعويض النقلص التصليبي عن طريق تدفق الراتنج المركب، إذ تولد الرابطة الصلبة بين الراتنج المركب والبنية السنية ضغوطاً تقلصية في سطح الارتباط، يمكن تقليل هذه الضغوط بعدة طرق، لكن يفترض أن أداء عوامل ربط العاج يقاوم قوى النقلص من خلال تكوين طبقة هجينة مستمرة بين المادة الترميمية والبنية السنية. (Belli, et al. 2006)

تم اقتراح أحد الحلول لتقليل هذه الآثار السلبية للنقلص التصليبي والضغط المرتبط به باستخدام تقنية الطبقات عند تطبيق الراتنج المركب، في هذه التقنية يتم تطبيق المادة بطبقات مائلة بثخانة 2 مم كحدِّ أقصى، نظراً لضرورة تصليب كل طبقة بالضوء بشكل منفصل، تسمح هذه التقنية باختراق الضوء الكافي لتصليب المادة، لذا يعتقد أن هذا الإجراء يقلل من النقلص التصليبي النهائي للمادة، وبالتالي يقلل تكوين الفجوة الداخلية. (Alqudaihi, et al. 2019)

ومع ذلك تُعدُّ هذه التقنية معقدة، فهي تزيد من زمن العلاج ومن حدوث فراغات بين طبقات الترميم، لذا تم تطوير ما يسمى بالراتنج المركب الكتلي لترميم الحفر الخلفية من الصنف الأول والثاني، والذي يمكن تطبيقه بثخانات كبيرة في طبقة واحدة تصل ل 4-5 مم حسب ما تدعيه الشركات المصنعة. (Fronza, et al. 2015)

تتقص الخواص الميكانيكية للراتنج المركب الكتلي إجهاد النقلص التصليبي وتزيد مقاومة الانكسار، كما تعمل على توزيع أكبر للضغوط، وتعزز التكيف الجيد مع جدران الحفرة. (Cerde-Rizo, et al. 2019)

تمت مناقشة استخدام الراتنج المقوى بالألياف في تطبيقات طب الأسنان في الأدبيات منذ أوائل الستينات، إذ أصبحت الألياف المقواة مادة فعالة مفضلة في طب الأسنان الترميمي (Goda and Abogabal. 2020). وتم تقديم الراتنج المقوى بالألياف في عام 2013 بهدف محاكاة خصائص امتصاص الإجهاد لعلاج الأسنان، حيث تهدف هذه المادة إلى استخدامها كقاعدة كتلية في المناطق التي تتحمل الضغط الإطباقى المرتفع لترميم الأسنان الحيوية وغير الحيوية. (Keulemans, et al. 2017)

يقدم الراتنج المقوى بالألياف مقاومة عالية للانكسار ومعامل الانحناء بالمشاركة مع المواد الكتلية، ويمكن استخدامه بسهولة في الطبقات العميقة (4-5) مم، كما يمكن أن يتطابق مع مقاومة الانكسار التي يتمتع بها العاج. (Bijelic-Donova, et al. 2016)

إن الأساس المنطقي وراء استخدام الألياف المقواة هو تقوية الأسنان الضعيفة هيكلياً جزئياً وداخلياً لمنع حدوث الانكسار، كما تعتمد فعاليتها على عدة عوامل بما في ذلك الراتنج المستخدمة، وطول الألياف، واتجاه الألياف، وتوضع الألياف، والتصاق الألياف بالقالب عديد التماثر، وتشريب الألياف في الراتنج. (Vallittu. 2015)

في دراسة أجراها Bijelic-Donova (2016) أظهر أن الراتنج المقوى بالألياف يتمتع بمقاومة انكسار وانضغاط أعلى من الراتنج التقليدي (Bijelic-Donova, et al. 2016). كما وجد Belli (2006) أن إضافة ألياف البولي إيثيلين يزيد من قوة الارتباط العاجي وذلك في الحفر ذات العامل C المرتفع (Belli, et al. 2006). ووجد أيضاً Belli (2005) أن

استخدام ألياف البولي إيثيلين تحت الترميمات الراتنجية في الأرحاء المعالجة لبياً مع حفر محضرة MOD قد زادت مقاومة الانكسار (Belli, et al. 2005). كما اختبر (Meiers 2003) قوة القص للراتنج المقوى بالألياف إلى سطح الميناء، وخلصوا إلى أن المعامل الأعلى للمرونة ومعامل الانحناء لألياف البولي إيثيلين لهما تأثير معدل في تطوير الضغوط البينية على سطح الارتباط ميناء/ راتنج (Meiers, et al. 2003). ومع ذلك فإن الدراسات حول الخصائص الميكانيكية للألياف المقواة في تطبيقات الراتنج الكتلتي محدودة، مما يتطلب مزيداً من الدراسات والأبحاث العلمية للحصول على نتائج أوسع.

2. هدف البحث:

مقارنة قوة الشد بين الراتنج المركب الكتلتي والراتنج المركب الكتلتي المقوى بألياف البولي إيثيلين.

3. المواد والطرائق:

تم جمع 30 ضاحكةً علويةً مقلوعةً حديثاً لأسبابٍ تقويميةٍ وخاليةً من النخور أو الكسور، ثم نُظفت جيداً من بقايا النسيج الرخوة، غسلت بعدها بالماء المقطر وحُفظت في محلول الكلورامين 0.5 % لمدة 4 أسابيع (Gonulol. 2016)، ثم وزعت عشوائياً إلى مجموعتين حسب المادة المرممة وفق الترتيب الآتي:

المجموعة 1 (n=15): الراتنج المركب الكتلتي.

المجموعة 2 (n=15): الراتنج المركب الكتلتي المقوى بألياف البولي إيثيلين.

تحضير العينة:

- أُزيلت الحدبات عن كامل العينة باستخدام قرصٍ ماسيٍّ (Horico, Germany) بحيث أصبح سطح العاج مكشوفاً، ثم فحصت تحت المكبرة الضوئية للتأكد من عدم بقاء أي نسيج مينائي أو عدم انكشاف أي نسيج لبي. الشكل (1)



الشكل (1): إزالة حدبات الضواحك باستخدام القرص الماسي (Horico, Germany).

- تم تنعيم السطح العاجي المكشوف بواسطة تطبيق 600 دورة من أقراص الإنهاء (Astropol, Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Germany) لمدة 30 ثانية؛ من أجل الحصول على سطحٍ ناعمٍ ومستوٍ وحادٍ على الطبقة الهجينة.
- صنع قالب معدني خاص بالبحث يحوي في مركزه على تجويفٍ مكعبٍ ذي الأبعاد: 2.5 سم × 2.5 سم × 2.5 سم، وذلك لصناعة قوالبٍ إكريليةٍ ثابتة الأبعاد.

الشكل (2)



الشكل (2): القالب المعدني المستخدم في صناعة القوالب الإكريلية الخاصة في الدراسة.

- تم عمل قوالب إكريلية ضمن القالب المعدني، ثم نُبِتت الضواحك ضمنها بحيث ينغرز الجذر في القالب الإكريلي، مع بقاء السطح العلوي له مكشوفاً لوضع الترميم لاحقاً. (Koibuchi, et al. 2001) الشكل (3)



الشكل (3): القوالب الإكريلية الخاصة في الدراسة بعد غرز الضواحك ضمنها.

- صنع أيضاً قالب معدني خاص بالبحث يحوي في مركزه على تجويف اسطواني ذي الأبعاد: 3 مم قطراً و 4 مم ارتفاعاً (Sadr, et al. 2020)، ثم وضع على سطوح كامل العينات السابقة لتدك بعد ذلك المادة الراتنجية ضمن الفجوة المركزية وفق توزيع المجموعات كما يأتي:

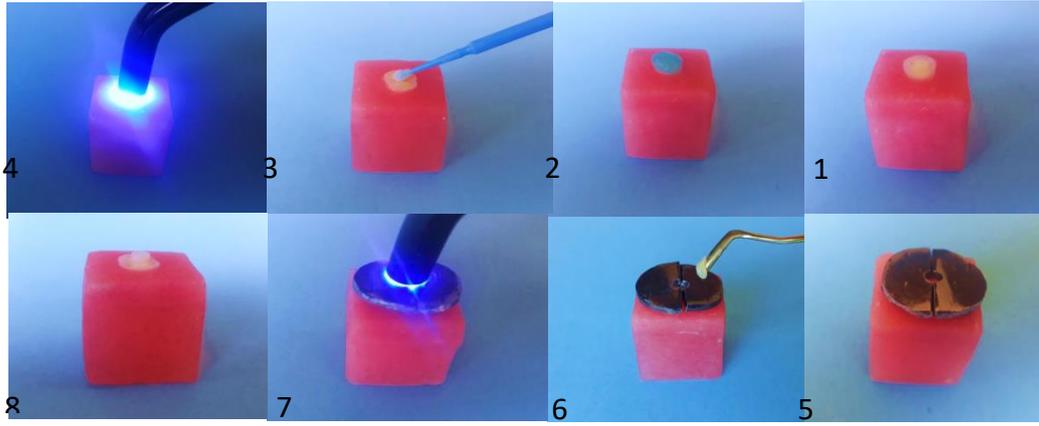


الشكل (4): مجموعة أدوات تحضير عينات اختبار قوة الشد.

المجموعة الأولى:

- تم تخريش السطح العاجي بحمض الفوسفور (Condac37, Brazil) ذي التركيز 37% (لمدة 30 ثانية للميناء و15 ثانية للعاج) وذلك حسب تعليمات الشركة المصنعة، ومن ثم الغسل لمدة 10 ثوانٍ، وأخيراً التجفيف لمدة 5 ثوانٍ.

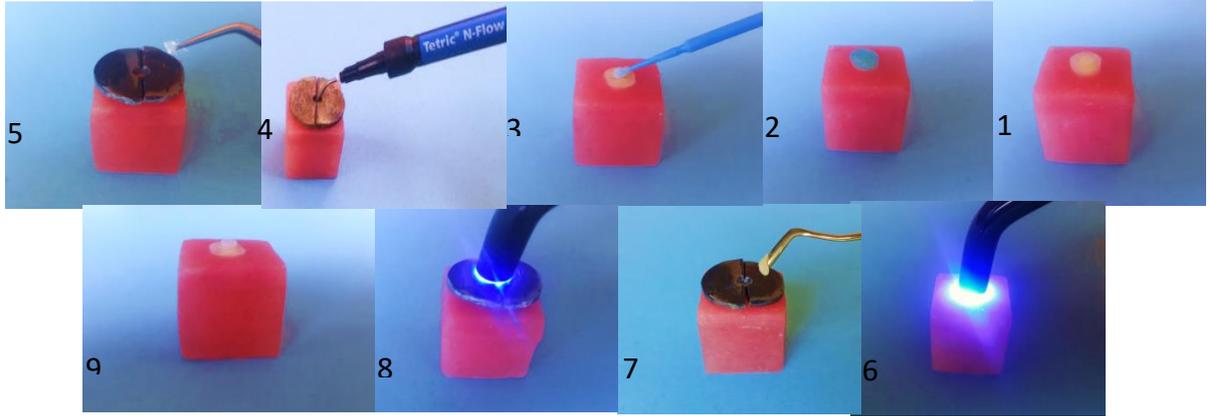
- طبقت المادة الرابطة من الجيل الخامس (Tetric® N-Bond, Ivoclar Vivadent, USA) على الجدران المخرشة وتركت لمدة 10 ثوانٍ ومن ثم صلبت باستخدام جهاز التصليب لمدة 20 ثانية حسب تعليمات الشركة المصنعة (Jafarnia, et al. 2021).
- رمم الراتنج الكتلتي (Tetric N-Ceram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent, USA) بكتلة واحدة حتى امتلاء التجويف، ثم وضع شريط مسندة سيلوئيدي (مسندة Mylar) (Universal Strips of Acetate Foil, Italy) فوق القالب المعدني لضغط المادة وإزالة زوائدها والحصول على سطحٍ مستوٍ، ومن ثم صلبت العينة ضوئياً لمدة 40 ثانية حسب تعليمات الشركة المصنعة، مع الحفاظ على رأس جهاز التصليب بتماس مع شريط السيلوئيدي لضمان توحيد المسافة الفاصلة بين رأس التصليب والمادة الراتنجية في جميع العينات.



الشكل (5): مراحل تسلسل ترميم عينات المجموعة الأولى من اختبار قوة الشد.

المجموعة الثانية:

- تم تخريش السطح العاجي بحمض الفوسفور (Condac37, Brazil) ذي التركيز 37% (لمدة 30 ثانية للمينا و15 ثانية للعاج) حسب تعليمات الشركة المصنعة، ومن ثم الغسل لمدة 10 ثوانٍ، وأخيراً التجفيف لمدة 5 ثوانٍ.
- طبقت المادة الرابطة من الجيل الخامس (Tetric® N-Bond, Ivoclar Vivadent, USA) على الجدران المخرشة وتركت لمدة 10 ثوانٍ ومن ثم صلبت باستخدام جهاز التصليب ذي الشدة الضوئية 1200 ميلي واط/سم² لمدة 20 ثانية.
- وضعت طبقة من الراتنج السيلال (Tetric ® N-Flow, Ivoclar Vivadent, USA) بثخانة 1 مم ضمن قاع التجويف (Alhaddad, 2015).
- تكيف قطعة ألياف البولي إيثيلين (Polydentia, Switzerland) حسب حجم الحفرة بأبعاد (3×3) مم ثم تشرب بالمادة الرابطة من الجيل الخامس (Tetric® N-Bond, Ivoclar Vivadent, USA)، ثم تجفف بتيار هوائي لطيف وتوضع ضمن التجويف بتماس مع الراتنج السيلال (Alhaddad, 2015).
- التصليب لمدة 40 ثانية حسب تعليمات الشركة المصنعة (V300 Wirless LED). (Peric, et al. 2022).
- وضع طبقة من الراتنج المركب الكتلتي (Tetric® N-Ceram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent, USA) حتى كامل عمق التجويف، ثم التصليب لمدة 40 ثانية بعد تطبيق شريط المسندة السيلوئيدي. (Herda, et al. 2017).



الشكل (6) : مراحل تسلسل ترميم عينات المجموعة الثانية من اختبار قوة الشد.



الشكل (7): ألياف البولي إيثيلين (Polydentia, Switzerland).

أنجزت جميع إجراءات التصليب الضوئي باستخدام جهاز التصليب ذاته بنمط التصليب المستمر Continuous mode وبشدة ضوئية بلغت 1200 ميلي واط/سم² (Jafarnia, et al. (Elipar S10, 3M Espe, Seefeld, Germany) (2021)، إذ تم التأكد من الشدة الضوئية له باستخدام جهاز قياس الشدة الضوئية المدمج مع قاعدة جهاز التصليب قبل تصليب كل عينة.

خضعت جميع العينات الاسطوانية للإنهاء والتلميع باستخدام مجموعة الإنهاء (Astropol, Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Germany) (Peric, et al. 2022)، ثم حفظت ضمن الحاضنة مدة 24 ساعة بدرجة حرارة 37°، للسماح بخروج وحييدات الجزيء غير المتفاعلة ومنع تأثيرها في قيم الاختبار (Herda, et al. 2017).
عُرِضت العينات بعدها لعدد من الدورات حرارية بلغ 5000 دورة بدرجات حرارة 5° - 55° بمدة بقاء 15 ثانية ومدة نقل 15 ثانية (Doudidar, et al. 2022).

اختبار قوة الشد:

جهزت العينات للاختبار بعد صنع ثقب في المادة الترميمية بوساطة سنبل ماسية شاققة طويلة (MANI, INK, SF-12SC, Japan)، ووضع سلك تقوي SS بثخانة 0.3 مم ضمنه ليتسنى تثبيتها ضمن الجهاز، ثم نقلت إلى آلة الفحص المعيارية (Testometric AX 114, Universal Testing Machine) الموجودة في كلية الهندسة الميكانيكية-جامعة دمشق، وهي عبارة عن جهاز ألماني الصنع (عام 2005) ذي رقم تسلسلي 05.902489 يستخدم لإجراء العديد من الاختبارات الميكانيكية على المواد، حيث خضعت كل واحدة من هذه العينات لاختبار قوة الشد بعد أن تم ضبط الرأس المتحرك للجهاز على السرعة 1 مم/دقيقة حتى حدوث الفشل. ثم حُسبت قوة الشد وفق المعادلة: (Saleem and Rasheed. 2022)

$$DTS = 2F / \pi ID$$

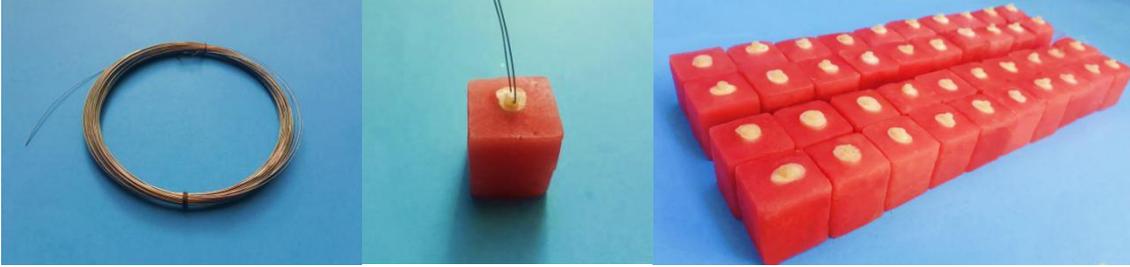
DTS = قوة الشد القطري (ميغا باسكال).

F = القوة العظمى المطبقة (نيوتن).

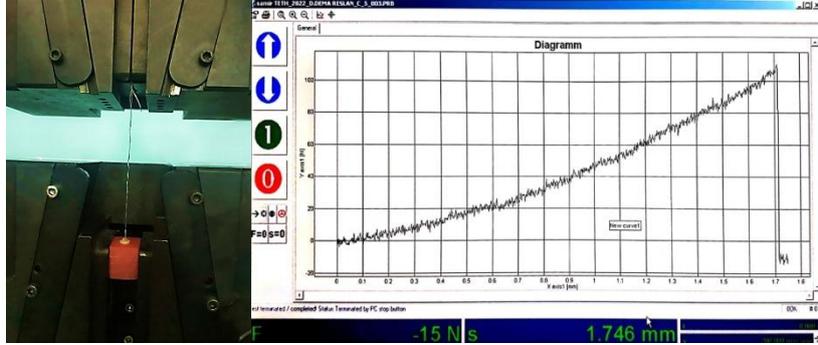
$\pi = 3.1416$.

l = ارتفاع العينة (مم)

D = قطر العينة (مم).



الشكل (8): صنع ثقب في المادة الترميمية للعينة ووضع سلك تقوي SS ضمنه.



الشكل (9): وضع العينة ضمن جهاز الاختبارات الميكانيكية (Testometric AX 114, Universal Testing Machine) وشكل منحنى القوة-الاستطالة المقابلة لها.

ثم فُحصت العينات تحت مجهر ستيريو (Olympus, Tokyo, Japan) Stereomicroscope بتكبير $\times 40$ لتحديد نمط الفشل (فشل ترميم/ فشل ارتباط). (Belli, et al. 2006)



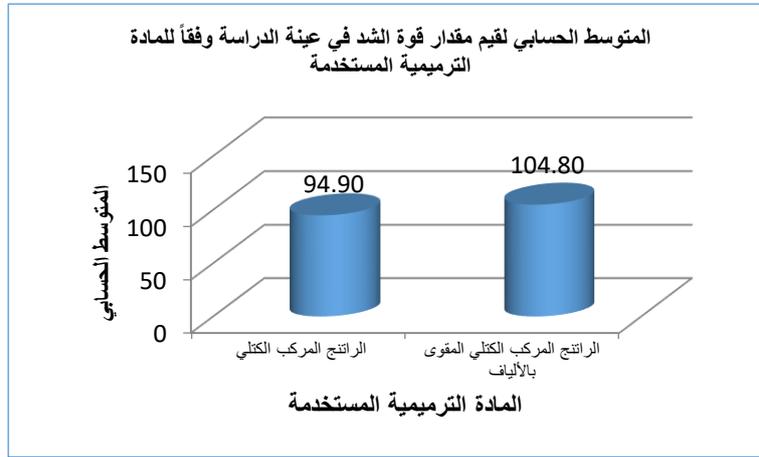
الشكل (10): صورة تظهر نمط فشل الارتباط لإحدى العينات.

4. النتائج:

تم إجراء اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة الشد بين مجموعة الراتنج المركب الكتلي ومجموعة الراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين في عينة دراسة قوة الشد كما يلي:

الجدول (1): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار قوة الشد في عينة دراسة قوة الشد وفقاً للمادة الترميمية المستخدمة.

المتغير المدروس = مقدار قوة الشد						
الحد الأعلى	الحد الأدنى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد الضواك	المادة الترميمية المستخدمة
111.5	72	2.76	10.69	94.90	15	راتنج مركب كتلي
122	64.5	3.65	14.12	104.80	15	راتنج مركب كتلي مقوى بألياف البولي إيثيلين



* المخطط (1): المتوسط الحسابي لقيم مقدار قوة الشد في عينة الدراسة وفقاً للمادة الترميمية المستخدمة.

الجدول (2): نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة الشد بين مجموعة الراتنج المركب الكتلي ومجموعة الراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف في عينة الدراسة.

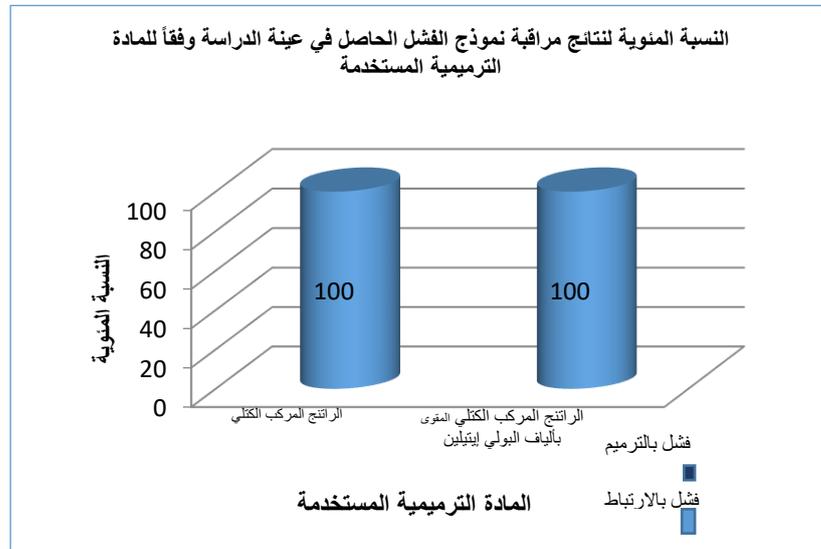
المتغير المدروس = مقدار قوة الشد			
الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
-9.90	-2.165	0.039	يوجد فروق دالة

يلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في قيم مقدار قوة الشد بين مجموعة الراتنج المركب الكتلي ومجموعة الراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين في عينة دراسة قوة الشد، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين سالبة نستنتج أن قيم مقدار قوة الشد في مجموعة الراتنج المركب الكتلي كانت أصغر منها في مجموعة الراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين.

نتائج مراقبة نموذج الفشل الحاصل في عينة دراسة قوة الارتباط وفقاً للمادة الترميمية المستخدمة:

الجدول (3): نتائج مراقبة نموذج الفشل الحاصل في عينة دراسة قوة الشد وفقاً للمادة الترميمية المستخدمة.

العينة الفرعية المدروسة = عينة دراسة قوة الشد						المادة الترميمية المستخدمة
النسبة المئوية		عدد الضواحك			المجموع	
المجموع	فشل بالارتباط	فشل بالترميم	فشل بالارتباط	فشل بالترميم		
100	100	0	15	15	0	راتنج مركب كتلي
100	100	0	15	15	0	راتنج مركب كتلي مقوى بألياف البولي إيثيلين



المخطط (2): النسبة المئوية لنتائج مراقبة نموذج الفشل الحاصل في عينة دراسة قوة الشد وفقاً للمادة الترميمية المستخدمة.

يلاحظ في الجدول والمخطط أعلاه أن الفشل بالارتباط حدث في جميع الضواحك المدروسة في عينة دراسة قوة الشد مهما كانت المادة الترميمية المستخدمة، وبالتالي نلاحظ أنه لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات نموذج الفشل الحاصل بين مجموعة الراتنج المركب الكتلي ومجموعة الراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين.

5. المناقشة:

يُعدُّ الارتباط اللاصق إلى البنية السنية جزءاً أساسياً من عملية الترميم وتبين أنه يحسن النتائج الميكانيكية الحيوية والجمالية، إذ يؤدي الارتباط الفعال إلى إغلاق الأقنية العاجية والحواف الترميمية التي من شأنها أن تمنع التسرب المجهرى والعواقب السلبية الأخرى مثل: فرط الحساسية بعد الترميم، وتغير لون الحواف الترميمية، والتأثيرات الضارة في اللب. (Anguswamy and Adeni. 2021)

تبين من خلال هذه الدراسة وعلى مستوى الفروق بين المجموعات المدروسة أن قيم مقدار قوة الشد في مجموعة الراتنج المركب الكتلي كانت أصغر منها في مجموعة الراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين، نفس هذه النتائج بأنه

بالرغم من التحسينات التي تم إجراؤها في الراتنجات الكتلية من حيث عمق المعالجة وانخفاض إجهاد النقل التصليبي، فإن ملاءمة التجويف العميق قد يتسبب في انفصال الارتباط في الجزء السفلي من الترميم (Sadr, et al. 2020)، ويؤدي إضافة الألياف المقواة إلى تشكيل ترميم آمن من الفشل، فلن يؤدي إجهاد النقل التصليبي إلى إزالة الترميم عن العاج أو تشوه السن (Nazari, et al. 2013)، إذ يتم امتصاص ضغط النقل بالكامل من قبل الألياف، كما أن وضع طبقة رقيقة من الراتنج المركب السيلال يؤدي إلى نتائج أفضل مقارنة مع ترميم الراتنج الكتلي (Dao Luong, et al. 2016). لذا تشير هذه النتائج أن طبقة الألياف والراتنج السيلال قد خففا من ضغوط النقل التي كان من الممكن أن يؤدي إلى انحلال أو تشوه في الارتباط. اتفقت نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة Harp (2022)، التي قام فيها بمقارنة قوة الشد بين نوعين من الراتنجات الكتلية السيلال (SDR, Dentsply, and Tetric N-Flow Bulk Fill, Ivoclar Vivadent) والراتنج الكتلي السيلال المقوى بالألياف (Ever X Ultra). استنتج الباحث أن الراتنج الكتلي السيلال المقوى بالألياف قد حقق الأداء الأفضل لقوة الارتباط. (Harp, et al. 2022)

اتفقت أيضاً النتائج مع نتائج دراسة Saleem و Rasheed (2022)، والتي تضمنت مقارنة الخصائص الميكانيكية (قوة المرونة، مقاومة الانكسار، قوة الشد) بين نوعين من الراتنجات الكتلية المقواة بالألياف (ever X Posterior and ever Bulk Fill (Tetric N-Ceram, Ivoclar Vivadent, X Flow, GC Corp, Tokyo, Japan) والراتنج المركب الكتلي (Liechtenstein)، وبعد تطبيق قوى الشد على العينات بسرعة 1 مم/ دقيقة وتحليل النتائج إحصائياً أظهر الباحثين تفوق الراتنج الكتلي المقوى بالألياف (44 ميغا باسكال) في قوة الشد على الراتنج المركب الكتلي (37.3 ميغا باسكال). (Saleem and Rasheed. 2022)

أوضح Sadr (2020) من خلال نتائج دراسته التي تضمنت التحري عن التكيف وقوة الارتباط للراتنج المركب (Surefil SDR) المرمم كتلياً وبتقنية الطبقات مع أو دون إضافة ألياف البولي إيثيلين (Ribbond Ultra)، تفوق الراتنج الكتلي المقوى بالألياف في قوة الارتباط عن بقية المواد المدروسة وهو ما اتفق أيضاً مع نتائج هذه الدراسة. (Sadr, et al. 2020)

جاءت نتائج دراسة Erlita (2018) متفقة أيضاً مع نتائج الدراسة الحالية، قام الباحث باختبار قوة الشد للراتنج المركب الكتلي (bagasse fiber (Saccharum Bulk Fill (Tetric N-Ceram, Ivoclar Vivadent) مع إضافة ألياف (Officinarum L.) أو الألياف الزجاجية (glass fiber (ever Stick NET, GC)، وذلك ل36 عينة اسطوانية بأبعاد 6 مم قطراً و3 مم ارتفاعاً بعد غمرها في محلول السالين لمدة 24 ساعة وبدرجة حرارة 37 درجة مئوية. وقد بين أن إضافة الألياف تزيد قوة الشد للراتنج المركب الكتلي. (Erlita, et al. 2018)

كما وتنسجم الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Bijelic-Donova (2016)، الذي قام بتقييم الخصائص الميكانيكية (مقاومة الانكسار، قوة الانحناء، معامل الانحناء، قوة الانضغاط، قوة الشد، قوة القص) لنوعين من الراتنجات المركبة التقليدية (G- aenial Anterior, Filtek Supreme XTE)، والراتنج المركب الكتلي (Filtek Bulk Fill (3M Espe, USA)، والراتنج المركب الكتلي المقوى بالألياف (ever X Posterior (GC Corp, Japan). تم إنجاز الاختبارات بعد الانتهاء من تحضير العينات وتخزينها في الوسط الجاف أو الماء لمدة 24 ساعة وبدرجة حرارة 37 درجة مئوية. وقد استنتج الباحث تحسن الخصائص الميكانيكية في مجموعة الراتنج الكتلي المقوى بالألياف عند مقارنته مع الراتنج الأخرى. (Bijelic-Donova, et al. 2016)

كذلك توافقت نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة Belli (2006)، والتي خلصت إلى مقارنة قوة الشد بين الراتنج المركب التقليدي (Clearfil AP-X, Kuraray) الذي رمم كتلياً، والألياف الزجاجية (ever Stick NET (Stick Tech،

(Finland)، وألياف البولي إيثيلين Ribbond THM (Polyethylene fiber, USA). بين الباحث أن إضافة ألياف البولي إيثيلين إلى الراتنج الكتلتي كان لها تأثير إيجابي في قوة الشد مقارنة مع المواد الأخرى المختبرة. (Belli, et al. 2006) لكن اختلفت نتائج هذه الدراسة مع دراسة Natsir (2022)، والتي قام فيها بمقارنة قوة الشد بين الراتنج الكتلتي المقوى بالألياف (Ever X Posterior (GC Corp, Japan) ونوعين من الراتنجات المركبة التقليدية (Filtek Z350 XT, 3M, and Palfique LX5, Tokuyama, Japan) والراتنج المركب الكتلتي (Suefil SDR, Dentsply)، بعد الغمر في اللعاب الاصطناعي لمدة 24 ساعة وبدرجة حرارة 37°. أشار الباحث أن إضافة الألياف لم تظهر زيادة معنوية في قوة الشد ولا يوجد فروق جوهرية بين الراتنج الكتلتي المقوى بالألياف والراتنجات الأخرى المختبرة. ويعزى هذا الاختلاف إلى استخدام الباحث لراتنجات مختلفة عن الراتنجات المستخدمة في هذه الدراسة، إضافة إلى استخدامه لتقنية الترميم بالطبقات عند تطبيق المواد الراتنجية التقليدية في حين استخدمنا في الدراسة الحالية طريقة الملء بالكتلة الواحدة (عند تطبيق الراتنج الكتلتي) وكان الهدف من ذلك توحيد المتغيرات التي يمكن أن تؤثر في الدراسة والحصول على نتائج منطقية ومطلقة تتعلق بتأثير إضافة الألياف فقط. (Natsir, et al. 2022)

وجاءت أيضاً نتائج الدراسة الحالية مختلفة جزئياً مع دراسة Baraba (2021)، فقد قارن الباحث قوة الشد بين الراتنج الكتلتي المقوى بالألياف (ever X Posterior (GC, Japan)، والراتنج المركب التقليدي (GP, G-aenial Posterior, GC, Japan)، لترميمات حفر الوصول لأرجاء معالجة لبياً بعد التخزين في الماء بدرجة حرارة 37° درجة مئوية لمدة 24 ساعة. أظهرت النتائج الإحصائية عدم وجود فروق جوهرية بين المواد المختبرة، كما لم تتأثر قيم قوة الشد بنوع الراتنج المستخدم. يمكن تفسير الاختلاف بين هذه النتائج ونتائج الدراسة الحالية باختلاف عامل الشكل للعينات المدروسة، إذ قام الباحث بإجراء الاختبار على ترميمات حفر الوصول لأرجاء معالجة لبياً، بينما قمننا في الدراسة الحالية ببناء عينات اسطوانية من المواد المختبرة فوق سطح العاج بعد قطع حذبات الضواحك بشكل مستوي، وهو ما يمكن أن يؤثر في قيم قوة الشد ويغير من دلالة تأثير نوع المادة المدروسة. (Baraba, et al. 2021)

كما تبين أيضاً أنه لا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات نموذج الفشل الحاصل بين مجموعة الراتنج المركب الكتلتي ومجموعة الراتنج المركب الكتلتي المقوى بألياف البولي إيثيلين في عينة دراسة قوة الشد، وأن الفشل بالارتباط حدث في جميع الضواحك المدروسة في عينة الدراسة مهما كانت المادة الترميمية المستخدمة، يعود ذلك إلى الخصائص الميكانيكية العالية التي يتمتع بها الراتنج المركب الكتلتي والراتنج الكتلتي المقوى بألياف البولي إيثيلين (Sadr, et (Doudar, et al. 2022) (Natsir, et al. 2022) (Natsir, et al. 2020)، كما تشير قوة الشد العالية إلى أن الراتنج المقوى بالألياف لم يتشوه عند تطبيق قوة الشد، حيث الألياف تزيد من مقاومة انكسار البنية السنية، لذلك يحدث الكسر بين المادة الترميمية والبنية السنية. (Alrahlal. 2018).

اتفقت نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة Harp (2022) فيما يخص أنماط الفشل، فقد أوضح الباحث أن النسبة الأكبر لنمط الفشل في مجموعات الدراسة كانت من نوع فشل الارتباط. (Harp, et al. 2022) كما نتوافق جزئياً مع نتائج Natsir (2022) وذلك بعد دراسته لأنماط فشل العينة، إذ تبين أن نمط الفشل في مجموعة الراتنج الكتلتي المقوى بالألياف كان من نوع فشل الارتباط، في حين أن المجموعات الأخرى التي لم يتم إضافة الألياف إليها كان الفشل في كتلة الترميم، وهو ما اختلف مع الدراسة الحالية، يُعَلَّل ذلك باستخدامهم مواد أقل قدرة على تحمل التشققات والتشوه تحت ضغط الشد. (Natsir, et al. 2022)

جاءت هذه الدراسة متفقة جزئياً أيضاً مع دراسة Baraba (2021) والتي خلصت إلى دراسة أنماط فشل العينة تحت مجهر ستيريو (stereomicroscope (Olympus SZX-12, Germany)، والذي أوضح أن نمط الفشل لجميع عينات الدراسة كان من نوع فشل الارتباط. (Baraba, et al. 2021) كذلك توافقت نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة Belli (2006) فيما يتعلق بنمط الفشل، فقد أظهر الباحث أن النسبة الأكبر لنمط الفشل في عينات الدراسة كانت من نوع فشل الارتباط. (Belli, et al. 2006)

5. الاستنتاجات:

- إن إضافة ألياف البولي إيثيلين إلى الراتنج المركب الكتلي يعزز من قوة الشد.

6. التوصيات والمقترحات:

- نوصي بإضافة ألياف البولي إيثيلين إلى الراتنج المركب الكتلي، لما لها من دور إيجابي في تحسين قوة الشد.
- نقترح إجراء المزيد من الدراسات المخبرية والسريية للتحري عن بقية خصائص الراتنجات الكتلية المقواة بألياف البولي إيثيلين.

7. المراجع:

1. Ahmed A. Goda and Ahmed D. Abogabal. (2020). Efficacy of Bulk Fill Flowable Composite Reinforced with Short Fibers in Fracture Resistance of Restored Extensive Premolars Cavities. AL-AZHAR Assiut Dental Journal, 3(2): 163–172.
2. Ala'a Al-Haddad. Characterisation and Performance of Fiber-Reinforced Composite Restorations. (2015). Faculty of Medical and Human Sciences. University of Manchester.
3. Alireza Sadr, Behnoush Bakhtiari, Juri Hayashi, Minh N. Luong, Yen-Wei Chen, Grant Chyz, Daniel Chan, Junji Tagami. (2020). Effects of fiber reinforcement on adaptation and bond strength of a bulk-fill composite in deep preparations. Dent Mater, 7(1): 1–8.
4. Alrahlah, A. (2018). Diametral Tensile Strength, Flexural Strength, and Surface Microhardness of Bioactive Bulk Fill Restorative. J. Contemp. Dent. Pract., 19: 13–19.
5. Alqudaihi, F.S., Cook, N.B., Diefenderfer, K.E., Bottino, M.C., Platt, J.A. (2019). Comparison of Internal Adaptation of Bulk-fill and Increment-fill Resin Composite Materials. Oper. Dent, 44: 32–44.
6. Anja Baraba, Samir Cemic, Matteo Basso, Andrei C. Ionescu, Eugenio Brambilla, Ivana Miletic. (2021). Microtensile Bond Strength of Fiber-Reinforced and Particulate Filler Composite to Coronal and Pulp Chamber Floor Dentin. Materials, 14: 2400.
7. Belli S, Erdemir A, Ozcopur M, Eskitascioglu G. (2005). The effect of fiber insertion on fracture resistance of endodontically treated molars with MOD cavity. Int Endodont J, 38: 73–80.
8. Bijelic-Donova J, Garoushi S, Lassila LV, Keulemans F and Vallittu PK. (2016). Mechanical and structural characterization of discontinuous fiber-reinforced dental resin composite. J Dent, 52: 70–78.

9. B P Suryakumari Nujella, Manisha T Choudary, Satyanarayana P Reddy, M Kiran Kumar, T Gopal. (2012). Comparison of shear bond strength of aesthetic restorative materials. *Contemp Clin Dent*, 3(1): 22–6.
10. Cerda–Rizo, E.R., de Paula Rodrigues, M., Vilela, A., Braga, S., Oliveira, L., Gracia–Silva, T.C., Soares, C.J. (2019). Bonding Interaction and Shrinkage Stres of Low–viscosity Bulk Fill Resin Composites with High–viscosity Bulk Fill or Conventional Resin Composites. *Oper. Dent*, 44: 625–636.
11. Dao Luong MN, Shimada Y, Turkistani A, Tagami J, Sumi Y, Sadr A. (2016). Fractography of interface after microtensile bond strength test using swept–source optical coherence tomography. *Dent Mater*, 32: 862–9.
12. Dejan Peric, Jovana Ruzic, Steva Levic, Jovana N. Stasic. (2022). Polymer characteristics and mechanical properties of bulk–fill, giomer, fiber–reinforced, and low–shrinkage composites. *Srp Arh Celok Lek*, 150 (7–8): 414–420.
13. Delan Sidqe Sleem, Ali Moayid Rasheed. (2022). Comparison of the Mechanical Properties for Fiber Reinforced and Bulkfill Composites. *Journal of University of Duhok*, 25(2): 425–435.
14. Ellyza Herda, Lulu Sharfina, Anggia Nadya Andjani, Mia Damiyanti, Bambang Irawan. (2017). Light–Curing Distance and Resin Thickness Effects on The Short Fiber–Reinforced Resin Composites' Depth of Cure. *Int J App Pharm*, 9(2): 27.
15. Emese Battancs, Tekla Sary, Janka Molnar, Gabor Braunitzer, Mate Skolnikovics, Arpad Schindler, Balazs Szabo P. Sufyan Garoushi, and Mark Frater. (2022). Fracture Resistance and Microleakage around Direct Restorations in High C–Factor Cavities. *Polymers*, 14: 1–13.
16. Frater, M., Sary, T., Vincze–Bandi, E., Volom, A., Braunitzer, G., Szabo, P.B., Garoushi, S., Froster, A. (2021). Fracture Behavior of Short Fiber–Reinforced Direct Restorations in Large MOD Cavities. *Polymers*, 13: 2040.
17. Fronza, B.M., Rueggeberg, F.A., Braga, R.R., Mogilevych, B., Soares, L.E., Martin, A.A., Ambrosano, G., Giannini, M. (2015). Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation, and shrinkage stress of bulk–fill resin composites. *Dent. Mater*, 31: 1542–1551.
18. Haak, R., Nake , T., Park, K.J., Ziebolz, D., Krause, F., Schneider, H. (2019). Internal and marginal adaptation of high–viscosity bulk–fill composites in class II cavities plased with different adhesive strategies. *Odontology*, 107: 374–382.

19. Isyana Erlita, Yusuf M. Hernandi, M. Y. Ichrom Nahzi. (2018). Effect of Diametral Tensile Strength of Bulk Fill Composite Resin with the Addition of Sugarcane Waste Fiber. *Dentino (Jur. Ked. Gigi)*, 3(1): 43–46.
20. Keulemans F, Garoushi S, Lassila L, Vallittu P and Ozcan M. (2017). Fillings and core build-ups: A Clinical Guide to Principles of Fiber Reinforced Composites (FRCs) in Dentistry. Duxford: Woodhead Publishing, 131–163.
21. Koibuchi H, Yasuda N, Nakabayashi N. (2001). Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of smear layers. *Dent Mater*, 17: 122–127.
22. Peutzfeldt, A., Muhlebach, S., Lussi, A., Flury, S. (2018). Marginal Gap Formation in Approximal "Bulk Fill" Resin Composite Restorations After Artificial Ageing. *Oper. Dent*, 43: 180–189.
23. Sema Belli, Nazmiye Donmez, Gurcan Eskitascioglu. (2006). The Effect of C-factor and Flowable Resin or Fiber Use at the Interface on Microtensile Bond Strength to Dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 8(4): 247–253.
24. Shiva Jafarnia, Alireza Valanezhad, Sima Shahabi, Shigeaki Abe, and Ikuya Watanabe. (2021). Physical and mechanical characteristics of short fiber-reinforced resin composite in comparison with bulk-fill composites. *Journal of Oral Science*, 20: 1–4.
25. Sriganesh Anguswamy, Moina Khaja Adeni. (2021). Evaluation of detin bonding agents. *Journal of Global Oral Health*, 37(10): 1–3.
26. Vallittu PK. (2015). High- aspect ratio fillers: Fiber- reinforced composites and their anisotropic properties. *Dent Mater*, 31: 1–7.
27. Meiers JC, Kazemi RB, Donadio M. (2003). The influence of fiber reinforced of composites on shear bond strengths to enamel. *J Prosthet Dent*, 89: 388–393.
28. Mjor IA, Shen C, Eliasson ST, Richter S. (2002). Placement and replacement of restorations in general dental practice in Iceland. *Oper Dent*, 27: 117–23.
29. Molnar, J., Frater, M., Sary, T., Braunitzer, G., Vallittu, P.K., Lassila, L., Garoushi, S., (2022). Fatigue performance of endodontically treated molars restored with different dentin replacement materials. *Dent. Mater*, 38: 83–93.
30. Nazari A, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. (2013). 3D assessment of void and gap formation in flowable resin composites using optical coherence tomography. *J Adhes Dent*, 15: 237–43.
31. Nihan Gonulol, Sezin Ozer, Emine Sen Tunc. (2016). Effect of a third-generation LED LCU on microhardness of tooth-colored restorative materials. *Int J Paediatr Dent*, 26(5): 376–82.

32. Nurhayaty Natsir, Farida Rahim, Juni Jekti Nugroho, Christine Anastasia Rovani, Syamsiah Syam, Muhammad Ruslin, Takashi Saito, Keng–Liang Ou. (2022). In Vitro Evaluation of the Strength of Dentin Replacement in Complex Posterior Tooth Restoration. *Appl. Sci.*, 6877(12): 1–10.
33. Youniss Saleh Harp, Marmar Ahmed Montaser, Nadia Mohamed Zaghloul. (2022). Flowable fiber–reinforced versus flowable bulk–fill resin composites: Degree of conversion and microtensile bond strength to dentin in high C–factor cavities. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(4): 699–706.