

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

أ.د. عاطف عبدالله**

ديمة رسلان*

(الإيداع: 16 تشرين اول 2023، القبول: 27 تشرين ثاني 2023)

الملخص

مقارنة قوة القص بين الراتنج المركب الكتلي والراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين. شملت هذه الدراسة 40 ضاحكاً علوياً مقلوعاً حديثاً لأسباب تقويمية، وزعت عشوائياً إلى مجموعتين حسب المادة المرممة وفق الترتيب الآتي: المجموعة الأولى (n=20): الراتنج المركب الكتلي (Tetric® N–Ceram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent, USA)، المجموعة الثانية (n=20): الراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين (Polydentia, Switzerland). أُزيلت الحدبات عن كامل ضواحك العينة بمستوى الملتقى المينائي الملاطي باستخدام قرص ماسي (Horico, Germany)، ثم نُبِتت 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 اسطوانيٍّ ذي الأبعاد: 3 مم قطراً و 4 مم ارتفاعاً، ثم وُضِعَ على سطوح كامل العينات لتتدلك بعد ذلك المادة الراتنجية ضمن الفجوة المركزية وفق توزيع المجموعات. جُهزت العينات للاختبار ثم نُقلت إلى آلة الفحص المعيارية (Testometric AX 114, Universal Testing Machine)، وخضعت كل واحدة منها لاختبار قوة القص بعد أن تم ضبط الرأس المتحرك للجهاز على السرعة 1 مم/ دقيقة حتى حدوث الفشل. كانت قيم قوة القص 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 القص، 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 Shear Strength between Bulk Composite and Fiber Reinforced Bulk Composite"

Dima Raslan

Prof. Dr. Atef Abdullah

(Received: 16 October 2023, Accepted: 28 November 2023)

Abstract:

Aim of study: To compare the shear strength between bulk composite and fiber reinforced bulk composite.

Materials and methods: This study included 40 newly extracted upper premolars for orthodontic reasons, were randomly divided into two groups according to the restored material in the following order: Group1 (n=20): Bulk composite (Tetric® N-Ceram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent, USA), and Group2 (n=20): Fiber reinforced bulk composite (Polydentia, Switzerland). The cusps were removed from the entire premolars of the sample at a level of the cemento-enamel junction 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, then they were transferred to the universal testing machine (Testometric AX 114, Universal Testing Machine), and each of them was subjected to a shear strength test after the moving head of the device was set a speed of 1 mm\ min until failure occurred.

Results: The values of shear 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, Shear 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:

لقد تطور استخدام الراتنج المركب في طب الأسنان الترميمي في الآونة الأخيرة وذلك مع تحقيق الارتباط الميكانيكي والكيميائي مع النسج السنية، كما سمحت المواد اللاصقة الحديثة بإقامة ارتباط جيد بين النسج السنية والمادة الترميمية وهو أمر هام سريرياً لنجاح العمليات الترميمية والتشخيص طويل الأمد. إذ تهدف عوامل الربط إلى مواجهة تحديات استخدام المواد الراتنجية عند استعادة شكل الأسنان ووظيفتها، كما ترتبط مجالات الاهتمام الرئيسية بالخصائص الكامنة في تصلب الراتنج مثل إجهاد النقل، والاستقرار على المدى الطويل، وقوة الارتباط، وتشكيل الفجوات. (Sadr, et al. 2023)

يعدُّ الارتباط الجيد أمراً ضرورياً في إجراءات وتقنيات الترميمات الكتلية، حيث تجذب المواد الترميمية الكتلية الأطباء بسبب إمكانية الترميم بثخانة تصل ل 4-5 مم في إطار زمني فعال وخطوات محدودة لمنع الأخطاء، وسيكون الترميم الكتلتي الناجح مفيداً بشكل كبير لكل من الممارس والطبيب، ولكن ما تزال هناك مخاوف بشأن قدرة مثل هذه المواد على توفير نتائج إيجابية على المدى الطويل، كما أن أحد مجالات التركيز الرئيسية مع هذه التقنية هو السطح البيني بين البنية السنية والراتنج المركب، إذ يمكن أن تؤدي الفجوات في السطح البيني إلى تطورات غير مواتية مثل النخر الثانوي أو الحساسية التالية. (Salem, et al. 2022) et al. (2021) (Keskin, et al. 2021)

وللتغلب على هذه العيوب تم اقتراح استخدام الألياف المقواة، إذ يتوافق استخدام هذا النهج الترميمي مع مفهوم المحاكاة الحيوية الحديثة لطب الأسنان الترميمي، والتي تعني دراسة بنية ووظيفة الأنسجة السنية كنموذج لتصميم وتصنيع المواد والتقنيات لترميم الأسنان أو استبدالها، ويشمل ذلك استبدال الأنسجة الصلبة السنية المفقودة بمواد ترميمية تحاكي الأنسجة الطبيعية من حيث الخصائص الميكانيكية. (Garoushi, et al. 2023) (Lassila, et al. 2022)

فقد أدت الخصائص الميكانيكية المحسنة للراتنجات المقواة بالألياف إلى زيادة الاهتمام باستخدامها في مجالات متنوعة في طب الأسنان، وبينت الدراسات أنها تقوي الترميم داخلياً وتقلل من حدوث الانكسار، وتستخدم لدعم الخصائص الميكانيكية للترميمات الراتنجية دون المساس بخصائصها الجمالية، كما أن لديها القدرة على تحمل ضغوط الشد ووقف انتشار الشقوق في السطح البيني. (Ilday and Seven. 2011)

أظهرت الدراسات أن الارتباط بالمينا موثوق به، بينما يعدُّ الارتباط العاجي أكثر حساسية من الناحية التقنية (Ergun, et al. 2006). وبالرغم من التحسينات الكبيرة في أنظمة الإصاق، يظل سطح الارتباط أضعف منطقة في المعالجات الترميمية، إذ أظهرت الدراسات السابقة وجود ضغطاً كبيراً في السطح البيني بين المادة الترميمية والنسج السنية. (Ensaif, et al. 2001) (Hubsch, et al. 2000). وقد يظهر استخدام الألياف المقواة في هذه المنطقة، مع السلوك المرن المشابه لسلوك العاج، عتبة فشل أقل مع نمط فشل يمكن ترميمه عند حدوثه، بالإضافة إلى ذلك قد تنقل الألياف الضغط إلى مساحة أوسع، وبالتالي تقليل الضغوط على السطح (Nagas, et al. 2008).

بين Attik (2022) و Molnar (2022) في دراستهما أن الراتنجات المقواة بالألياف لها خصائص ميكانيكية معززة من حيث صلابة الكسر ومقاومة التعب (Attik, et al. 2022) (Molnar, et al. 2022)، ووجد Garoushi (2018) في دراسته تحسناً كبيراً في الخصائص الفيزيائية للمادة عند استخدام الألياف المقواة والتي يمكنها أن تمنع انتشار الشقوق من خلال الترميم وتعمل كحاجز لتحمل الأثقال تحت قوى الإطباق المرتفعة (Garoushi, et al. 2018)، كما أوضح Tanner (2018) في دراسته تحسناً في الأداء السريري عند استخدام الراتنج المقوى بالألياف، والتي تمثل نهج المحاكاة الحيوية لأنها تحاكي بنية العاج والمينا تحت الضغط (Tanner, et al. 2018).

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 القص بين الراتنج المركب الكتلي والراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين.

3. المواد والطرائق:

تم جمع 40 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=20): الراتنج المركب الكتلي.

المجموعة 2 (n=20): الراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين.

تحضير العينة:

- أزيلت الحدبات عن كامل العينة بمستوى الملتقى المينائي الملاطي باستخدام قرص ماسي (Horico, Germany)، ثم فحصت تحت المكبرة الضوئية للتأكد من عدم بقاء أي نسيج مينائي أو عدم انكشاف أي نسيج لبني. 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 وحاوٍ على الطبقة الهجينة.

- صُنِع قالب معدني خاص بالبحث يحوي في مركزه على تجويفٍ مكعبٍ ذي الأبعاد: 2.5 سم × 2.5 سم × 2.5 سم، وذلك لصناعة قوالب إكريلية ثابتة الأبعاد. الشكل (2)



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

- تم عمل قوالب إكريلية ضمن القالب المعدني، ثم تُبنت 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.

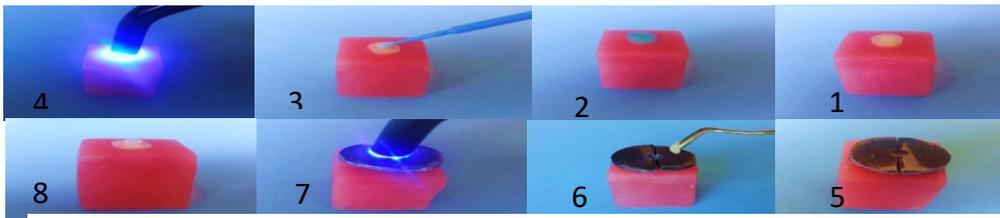
- صنع أيضاً قالب معدني خاص بالبحث يحوي في مركزه على تجويفٍ اسطواني ذي الأبعاد: 3 مم قطراً و4 مم ارتفاعاً (Sadr, et al. 2020)، ثم وضع على سطوح كامل العينات السابقة لتدك بعد ذلك المادة الراتنجية ضمن الفجوة المركزية وفق توزيع المجموعات كما يأتي:



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

المجموعة الأولى:

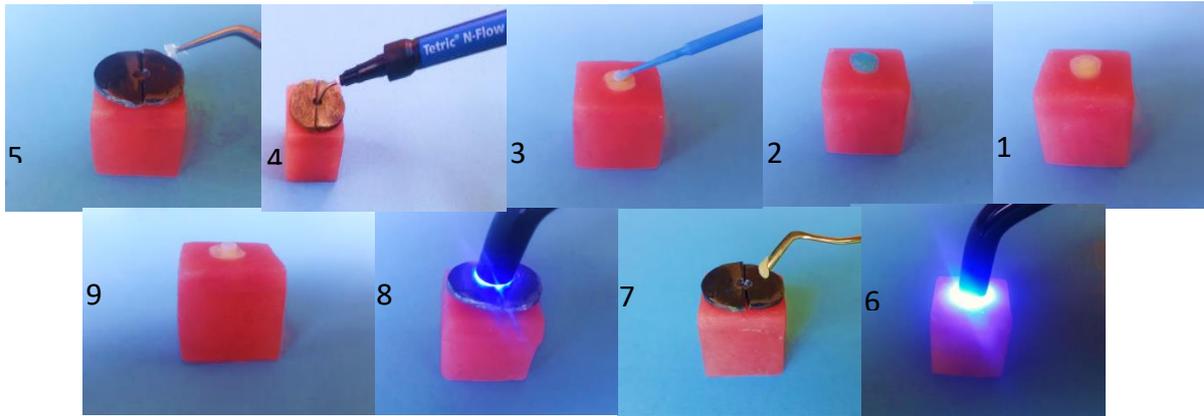
- تم تخريش السطح العاجي بحمض الفوسفور (Condac37, Brazil) ذي التركيز 37% (لمدة 30 ثانية للميناء و15 ثانية للعاج) وذلك حسب تعليمات الشركة المصنعة، ومن ثم الغسل لمدة 10 ثوانٍ، وأخيراً التجفيف لمدة 5 ثوانٍ.
- طبقت المادة الرابطة من الجيل الخامس (Tetric® N-Bond, Ivoclar Vivadent, USA) على الجدران المخرشة 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 السيلوئيد لضمان توحيد المسافة الفاصلة بين رأس التصليب والمادة الراتنجية في جميع العينات.



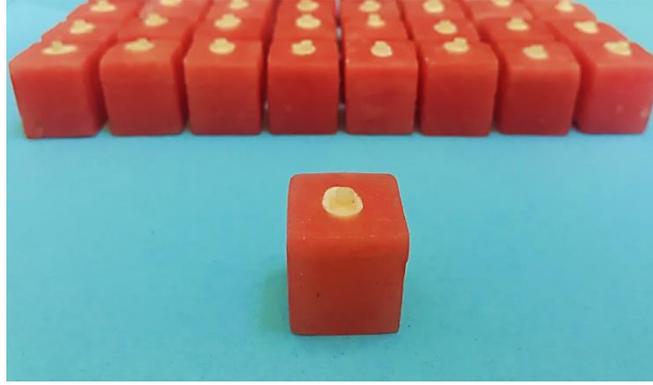
الشكل (5): مراحل تسلسل ترميم عينات المجموعة الأولى من اختبار قوة القص.

المجموعة الثانية:

- تم تخريش السطح العاجي بحمض الفوسفور (Condac37, Brazil) ذي التركيز 37% (لمدة 30 ثانية للميناء 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 وتتركت 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 مم × 3 مم ثم تشرب بالمادة الرابطة من الجيل الخامس (Tetric® N-Bond, Ivoclar Vivadent, USA)، ثم تجفف بتيار هوائي لطيف وتوضع ضمن القعر 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 الكتلبي (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)
- أنجزت جميع إجراءات التصليب الضوئي باستخدام جهاز التصليب ذاته بنمط التصليب المستمر Continuous mode وبشدة ضوئية بلغت 1200 ميلي واط/سم² (Elipar S10, 3M Espe, Seefeld, Germany) (Jafarnia, et al. 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 وحيدات 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 (Doudar, et al. 2022).



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



الشكل (7): عينات اختبار قوة القص بعد تجهيزها.

اختبار قوة القص Shear strength test:

جهزت العينات للاختبار ثم نقلت إلى آلة الفحص الميكانية (Testometric AX 114, Universal Testing Machine) الموجودة في كلية الهندسة الميكانية-جامعة دمشق، وهي عبارة عن جهاز ألماني الصنع (عام 2005) ذي رقم تسلسلي 05.902489 يستخدم لإجراء العديد من الاختبارات الميكانية على المواد، حيث خضعت كل واحدة من هذه العينات لاختبار قوة القص بعد أن تم ضبط الرأس المتحرك للجهاز، ذي النهاية الحادة كالكسكين والمصنوع من الفولاذ، على السرعة 1 مم/دقيقة بشكل عمودي على السطح البيني للمادة الترميمية والنسج السنية (سطح الارتباط) حتى حدوث الفشل. وبعد الحصول على النتائج بالنيوتن قُسمت على مساحة سطح المقطع العرضي للحصول على قيم قوة القص بالميغا باسكال ثم أُجريت دراسة إحصائية للبيانات وعين المدلول المعياري $P < 0.05$.

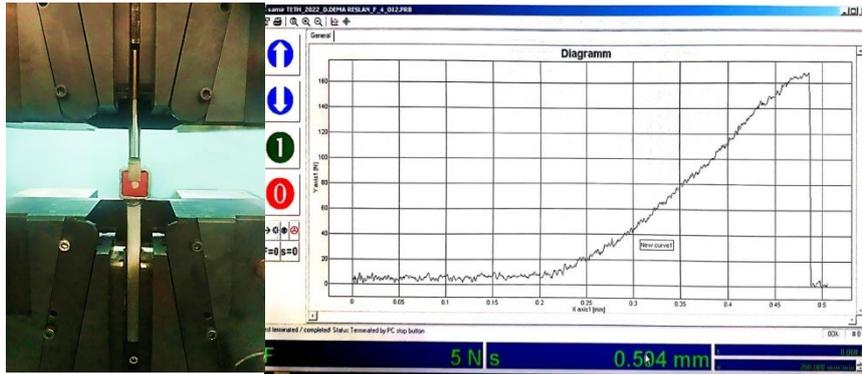
إذ حُدِّت قوة القص باستخدام العلاقة الرياضية التالية: (Bijelic–Donova, et al. 2016)

$$AHSS = 0.849 P/d^2$$

$AHSS$ = قوة القص الأفقية (ميغا باسكال).

P = القوة العظمى المطبقة (نيوتن).

d^2 = قطر العينة (مم).



الشكل (8): وضع العينة ضمن جهاز الاختبارات الميكانية (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)

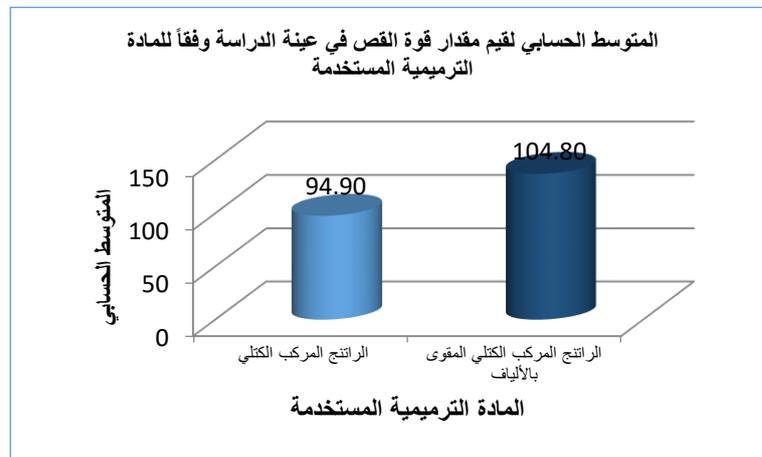


الشكل (9): صورة تظهر نمط فشل الارتباط لإحدى العينات.

4. النتائج:

تم إجراء اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة القص بين مجموعة الراتنج المركب الكتلتي ومجموعة الراتنج المركب الكتلتي المقوى بألياف البولي إيثيلين في عينة دراسة قوة القص كما يلي:
الجدول (1): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لقيم مقدار قوة القص (بالنيوتن) في عينة دراسة قوة القص وفقاً للمادة الترميمية المستخدمة.

المتغير المدروس = مقدار قوة القص						
الحد الأعلى	الحد الأدنى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد الضواك	المادة الترميمية المستخدمة
147.7	57.2	4.51	20.18	97.76	20	راتنج مركب كتلي
168.4	89.3	5.20	23.26	137.00	20	راتنج مركب كتلي مقوى بألياف البولي إيثيلين



المخطط (1): المتوسط الحسابي لقيم مقدار قوة القص في عينة دراسة قوة القص وفقاً للمادة الترميمية المستخدمة.

- نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

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

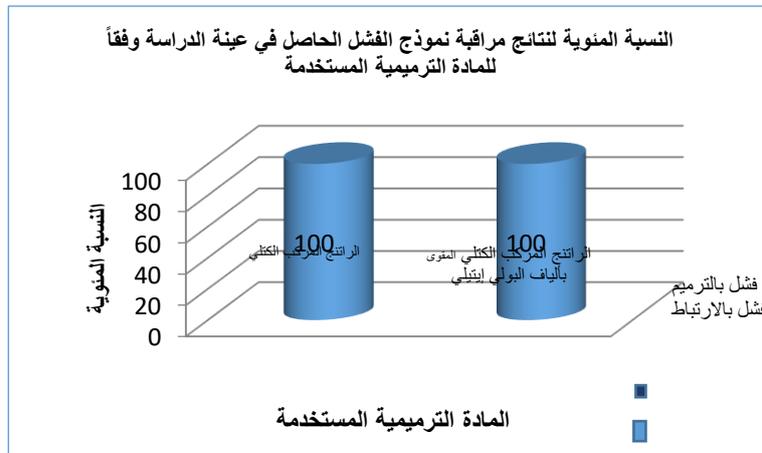
المتغير المدروس = مقدار قوة القص			
الفرق بين المتوسطين	المحسوبة (قيمة)	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
-39.24	-5.699	0.000	توجد فروق دالة

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

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

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

العينة الفرعية المدروسة = عينة دراسة قوة القص						
المجموع	النسبة المئوية		عدد الضواك			المادة الترميمية المستخدمة
	فشل بالارتباط	فشل بالترميم	المجموع	فشل بالارتباط	فشل بالترميم	
100	0	100	20	0	20	راتنج مركب كتلي
100	0	100	20	0	20	راتنج مركب كتلي مقوى بألياف البولي إيثيلين



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

يلاحظ في الجدول والمخطط أعلاه أن الفشل بالارتباط حدث في جميع الضواك المدروسة في عينة دراسة قوة القص مهما كانت المادة الترميمية المستخدمة، وبالتالي نقرر 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 في عينة دراسة قوة القص.

5. المناقشة:

يرتبط الأداء السريري للترميمات الراتنجية بشكل واضح بحجم الترميم، فقد أثبتت العمليات الترميمية الكبيرة أنها أكثر عرضة للفشل بسبب الكسور، مما يؤدي على قصر عمر الترميم. لذا تمت دراسة مرحلة تقوية الراتنجات بدقة بهدف تحسين قابليتها للتطبيق في المناطق عالية الضغط، كما بُدلت جهود لتغيير نوع المادة المألثة المستخدمة، بالإضافة إلى حجمها ووزنها. ومن بين الاستراتيجيات التي تم اختبارها، أثبت تعزيز الراتنجات بالألياف المقواة أنه أحد أكثر الاستراتيجيات نجاحاً، والتي تعمل على تحسين قدرة المادة على مقاومة انتشار الشقوق وتقليل شدة الإجهاد عند طرف الصدع/الشق. (Lassila, et al. 2022)

كما تلعب قوة الارتباط دوراً هاماً في تحديد النجاح السريري للترميمات السنية، إذ يستخدم اختبار قوة القص بشكل روتيني لتقييم خصائص الالتصاق للمواد السنية المرتبطة بالبنية السنية، وبالرغم من أن قيم اختبار قوة القص تحت التحميل الثابت قد لا تعكس الظروف الفموية، إلا أن هذه القيم مفيدة في مقارنة المواد في ظل المراقبة وقد تكون مؤشراً مفيداً للأداء السريري. (Ilday and Seven. 2011)

لذا تضمنت الدراسة الحالية مقارنة قوة القص بين الراتنج الكتلي والراتنج المقوى بألياف البولي إيثيلين. أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن قيم مقدار قوة القص في مجموعة الراتنج المركب الكتلي كانت أصغر منها في مجموعة الراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين، نفس هذه النتائج بما يلي:

إن الألياف المقواة المستخدمة في هذه الدراسة عبارة عن ألياف البولي إيثيلين المعالجة بالغاز البارد والمشبعة بمادة السيلان والراتنج مما يسهل التعامل معها، إذ يسمح تشريب الألياف بالراتنج بدخول الألياف إلى القالب الراتنجي، ويعد هذا شرطاً أساسياً لربط الألياف بالقالب الراتنجي وبالتالي فهو ضروري لقوة الراتنج، كما تلعب الألياف المستخدمة في المناطق ذات الضغط العالي مثل السطح الفاصل بين المادة الترميمية والبنية السنية، دور الاستقرار الداخلي الذي يمنع الكسور من الظهور والانتشار من خلال توزيع الضغوط بنجاح. (Ilday and Seven. 2011)

اتفقت نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة Lassila (2022)، التي قارن فيها قوة القص بين الراتنج المركب السيلان G-aenial Flo X (GC Corp, Japan)، والراتنج الكتلي السيلان المقوى بالألياف ever X Flow (GC Corp, Japan).

استنتج الباحث أن الراتنج الكتلي السيلان المقوى بالألياف حقق الأداء الأفضل لقوة الارتباط. (Lassila, et al. 2022) توافقت أيضاً هذه النتائج مع نتائج دراسة Herda (2017)، التي تضمنت قياس قوة القص لـ 20 عينة اسطوانية من نوعين من الراتنج المركب التقليدي (G-aenial Posterior, Tetric N-CeramTM)، ونوعين من الراتنجات الكتلية المقواة بالألياف ever X Posterior (GC Corp, Japan). تبين للباحث من خلال تطبيق القوى على العينات وتحليل النتائج إحصائياً تفوق الراتنج المقوى بالألياف على بقية الراتنجات المختبرة. (Herda, et al. 2017)

كذلك اتفقت النتائج مع نتائج دراسة Omran (2017)، التي خلصت إلى مقارنة قوة القص بين الراتنج المركب G-aenial Anterior (GC Corp, Japan)، ونوعين من الراتنجات الكتلية (Tetric EvoCeram Bulk Fill, SDRTM)، والراتنج الكتلي المقوى بالألياف Ever X Posterior (GC Corp, Japan). فقد أظهر الباحث تفوق الراتنج الكتلي المقوى بالألياف في قوة القص عند مقارنته مع بقية الراتنجات المدروسة. (Omran, et al. 2017)

كما وتتسجم 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- Filtek Bulk Fill (3M Espe, USA)، والراتنج الكتلي aenial Anterior, Filtek Supreme XTE)، 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 الراتنجات الأخرى. (Bijelic–Donova, et al. 2016)

كما تتفق الدراسة الحالية مع ما توصل إليه Reddy و Basavanna (2016) في دراستهما على أقراص اسطوانية من الراتنج المركب التقليدي (Biodentine (Septodont, France)، والراتنج الكتلي المقوى بالألياف (FILTEK™ Z250 (3M ESPE, USA)، والراتنج المركب الكتلي، ever X Posterior (GC, Europe). واللذين بينا تفوق الراتنج الكتلي المقوى بالألياف على الراتنجات الأخرى المختبرة من ناحية قوة القص وذلك بعد التخزين الجاف بدرجة حرارة 37 درجة مئوية. (Reddy and Basavanna. 2016)

أوضح Ilday و Seven (2011) في دراستهما التي قارنت تأثير إضافة ألياف البولي إيثيلين Ribbond THM Stick (Ribbond, Inc., USA)، والألياف الزجاجية EverStick (Stick Tech Ltd, Finland)، والألياف الزجاجية Stick Tech Ltd, Finland)، وألياف البولي إيثيلين Contruct (Kerr UK Ltd, Peterborough)، إلى الراتنج المركب التقليدي (Gradio (Voco, Germany)، أن إضافة ألياف البولي إيثيلين تأثيرات إيجابية في قوة قص الراتنج المرتبط بالبنية السنية. (Ilday and Seven. 2011)

توافقت أيضاً نتائج هذه الدراسة جزئياً مع دراسة Meiers (2003)، والتي درس فيها تأثير إضافة أربعة أنواع من الألياف المقواة (Ribbond, Connect, Splint–It Woven, Splint–It Unidirectional) إلى الراتنج المركب Tetric Flow (Ivoclar, Vivadent, NY) في قوة القص. وجد الباحث ترافق الراتنج المقوى بألياف البولي إيثيلين مع القيم الأفضل لقوة القص مقارنة مع بقية الألياف المختبرة. (Meiers, et al. 2003)

ولكن اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة Alkhudairy و Ahmad (2016)، التي بينت وجود اختلاف دالٍ إحصائياً بين ثلاثة أنواع من الراتنجات الكتلية (SDR, Biodentine, Activa Bioactive Restorative)، والراتنج المركب الكتلي المقوى بالألياف Ever X Posterior وذلك بعد إجراء اختبار قوة القص فيما بينهم. فقد أظهر الباحثين أن قوة القص لمجموعة الراتنج الكتلي SDR كانت أعلى مقارنة مع الراتنج المركب الكتلي المقوى بالألياف. يمكننا تعليل هذا الاختلاف باستخدام الباحث لموادٍ مختلفة عن الراتنجات المستخدمة في الدراسة الحالية (لم تتضمن دراسة الباحث مادة Bulk Fill (Tetric N–Ceram) المختبرة في الدراسة الحالية)، الأمر الذي يؤثر في نتائج الاختبار. (Alkhudairy and Ahmad. 2016)

كما لم تتوافق نتائج هذه الدراسة مع دراسة Tezvergil (2005)، والتي خلصت إلى مقارنة قوة القص للراتنج المركب التقليدي (Filtek Z250 (3M, USA) مع أو دون إضافة ثلاثة أنواع من الألياف (Stick Net, Ever stick Net, Experimental random)، وذلك بعد الغمر في الماء لمدة 24 ساعة وبدرجة حرارة 37 درجة مئوية. أشار الباحث أن إضافة الألياف لم تظهر زيادة معنوية في قيم قوة القص مقارنة مع مجموعة الراتنج المركب التقليدي. نعزو هذا الاختلاف إلى ذات السبب المذكور آنفاً وهو اختلاف نوع المواد المختبرة في الدراستين. (Tezvergil, et al. 2005)

- تبين أيضاً أنه لا يوجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات نموذج الفشل الحاصل بين مجموعة الراتنج المركب الكتلي ومجموعة الراتنج المركب الكتلي المقوى بألياف البولي إيثيلين في عينة دراسة قوة القص، وأن الفشل بالارتباط حدث في

جميع الضواحك المدروسة مهما كانت المادة الترميمية المستخدمة، يعود ذلك إلى قوة الارتباط العالية والموثوقة لمادة الربط المستخدمة في هذه الدراسة.

اتفقت نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة Lassila (2022) فيما يتعلق بنمط الفشل، فقد أظهر الباحث أن نمط الفشل كان من نوع فشل الارتباط لجميع عينات الدراسة. (Lassila, et al. 2022) كذلك اتفقت النتائج مع نتائج دراسة Omran (2017) فيما يخص نمط الفشل، بين الباحث عدم وجود فروق جوهرية في أنماط الفشل بين جميع عينات الدراسة. (Omran, et al. 2017) كما وتتسجم الدراسة الحالية مع نتائج دراسة Bijelic–Donova (2016) في موضوع نمط الفشل، فقد استنتج الباحث أن نمط الفشل كان من نوع فشل الارتباط لجميع عينات الدراسة. (Bijelic–Donova, et al. 2016) أوضح Seven و Ilday (2011) في دراستهما لنمط الفشل، أن النسبة الأكبر لنمط الفشل في عينات الدراسة كانت من نوع فشل الارتباط، وهو ما اتفق مع الدراسة الحالية. (Ilday and Seven. 2011) بينما اختلفت نتائج هذه الدراسة مع Tezvergil (2005) بعد دراسته لأنماط فشل العينة، أوضح الباحث أن نمط الفشل في عينة دراسته كان مزيج من نمط الفشل التماسكي والارتباطي، يعود هذا الاختلاف إلى استخدام الباحث لمواد مختلفة عن المواد المستخدمة في الدراسة الحالية، الأمر الذي يؤثر في نتائج الاختبار. (Tezvergil, et al. 2005) كما اختلفت نتائج هذه الدراسة مع دراسة Meiers (2003) فيما يتعلق بنمط الفشل، إذ أوضح الباحث أن نمط الفشل الأكثر حدوثاً لجميع العينات هو نمط الفشل التماسكي Cohesive Failure، وبعد مراجعة قسم المواد والطرائق تبين استخدام الباحث لنظام الارتباط من الجيل الرابع بينما استخدم في هذه الدراسة نظام الجيل الخامس، وهو ما يؤدي إلى اختلاف في نتائج الاختبار. (Meiers, et al. 2003)

5. الاستنتاجات:

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

6. التوصيات والمقترحات:

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

6. المراجع:

1. Ala'a Al–Haddad. Characterisation and Performance of Fiber–Reinforced Composite Restorations. (2015). Faculty of Medical and Human Sciences. University of Manchester.
2. A. Tezvergil, L.V.J. Lassila, P.K. Vallittu. (2005). The shear bond strength of bidirectional and random–oriented fibre–reinforced composite to tooth structure. Journal of Dentistry, 33: 509–516.
3. Attik N, Colon P, Gauthier R, et al. (2022). Comparison of physical and biological properties of a flowable fiber reinforced and bulk filling composites. Dent Mater, 38(2): 19–30.

4. 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.
5. Alireza Sadr, Omri Margalit, Alexander Palander, Junji Tagami. (2023). Bulk Fill Composites: Adhesion and Interfacial Adaptation. Springer, Cham., 36: 25–37.
6. Cekic-Nagas I, Ergun G, Tezvergil A, Vallittu PK, Lassila LVJ. (2008). Effect of fiber-reinforced composite at the interface on bonding of resin core system to dentin. *Dent Mater J*, 27: 736–778.
7. 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.
8. 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.
9. Ensaff H, O'Doherty DM, Jacobcen PH. (2001). The influence of the restoration-tooth interface in light cured composite restorations: a finite element analysis. *Biomater*, 22: 3097–3200.
10. Ergun G, Cekic I, Lassila LVJ, Vallittu PK. (2006). Bonding of lithium-disilicate ceramic to enamel and dentin using orthotropic fiber-reinforced composite at the interface. *Acta Odontol Scand*, 64: 293–301.
11. Fahad I Alkhudairy, Zeeshan. (2016). Comparison of Shear Bond Strength and Microleakage of Various Bulk-fill Bioactive Dentin substitutes: An in vitro Study. *J Contemp Dent Pract*, 17(12): 997–1002.
12. Faria-E-Silva AL, Fabiao MM, Sfalcin RA, et al. (2009). Bond strength of one-step adhesives under different substrate moisture conditions. *Eur J Dent*, 3: 290–295.
13. Garoushi S, Gargoum A, Vallittu PK, Lassila L. (2018). Short fiber-reinforced composite restorations: a review of the current literature. *Journal of investigative and clinical dentistry*, 9(3): 123–152.
14. Gul Keskin, Zubeyde Ucar-Gundogar, Gun Burak Tek. (2021). Fracture Resistance of Teeth Restored with Bulk-Fill and Fiber-Reinforced Composites in Class II Cavities. *Odovtos International Journal of Dental Sciences*, 23(2): 2215–3411.
15. Hubsch PF, Middleton J, Knox J. (2000). A finite element analysis of the stress at the restoration-tooth interface, comparing inlays and bulk fillings. *Biomater*, 21: 1015–1023.

16. Jasmina Bijelic–Donova, Sufyan Garoushi, Lippo V. J. Lassila, Filip Keulemans, Pekka K. Vallittu. (2016). Mechanical and structural characterization of discontinuous fiber–reinforced dental resin composite. *Journal of Dentistry*, 2645: 1–9.
17. Jonathan C. Meiers, Reza B. Kazemi, Marco Donadio. (2003). The influence of fiber reinforced of composites on shear bond strengths to enamel. *J Prosthet Dent*, 89: 388–93.
18. 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.
19. L. Lassila, J. Tuokko, A. Suni, S. Garoushi, P. K. Vallittu. (2022). Effect of interfacial surface treatment on bond strength of particulate–filled composite to short fiber–reinforced composite. *BIOMATERIAL INVESTIGATIONS IN DENTISTRY*, 9(1): 33–40.
20. Mennatallah Naguib Salem, Omaima Hassan Ghallab, Mohamed Nasser Anwar, Dina Wafik Elkassas. (2022). Effect of Different Formulations of Dentin Replacement Materials and Aging on the Flexural Strength of the Overlying Resin Composite. *JDMT*, 11: 19–27.
21. Molnar J, Frater M, Sary T, et al. (2022). Fatigue performance of endodontically treated molars restored with different dentin replacement materials. *Dent Mater*, 38: 83–93.
22. 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.
23. Nurcan Ilday, Nilgun Seven. (2011). The influence of different fiber–reinforced composites on shear bond strengths when bonded to enamel and dentin structures. *Journal of Dental Sciences*, 6: 107–115.
24. Ravula A Reddy, RS Basavanna. (2016). Evaluation of Shear Bond Strength of Fiber–reinforced Composite and Methacrylate–based Composite to Pure Tricalcium–based Cement. *CODS Journal of Dentistry*, 8(1): 25–27.
25. 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. *J Adhes Dent*, 8: 247–253.
26. 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.
27. Sufyan Garoushi, Filip Keulemans, Lippo Lassila, Pekka K. Vallittu. (2023). Short Fiber Based Filling Composites. *Springer, Cham.*, 43: 81–96.

28. Tanner J, Tolvanen M, Garoushi S, Sailyoja E. (2018). Clinical Evaluation of Fiber-Reinforced Composite Restorations in Posterior Teeth–Results of 2–5 Year Follow-up. *Open Dent J*, 12: 476–485.
29. Tarek A. Omran, Sufyan Garoushi, Aous A. Abdulmajeed, Lippo V. Lassila, Pekka K. Vallittu. (2017). Influence of increment thickness on dentin bond strength and light transmission of composite base materials. *Clin Oral Invest*, 21: 1717–1724.
30. Weam Doudar, Abdallah F. Elsadany, Asmaa M. Abdallah. (2022). Effect of Thermal Aging on Hardness and Modulus of Elasticity of Different Dental Resin Composites: An in Vitro Study. *E.D.J.*, 68(1): 1004–1012.