

دراسة مخبرية مقارنة لتقييم مقاومة الشد المجهرية بعد تجريف النخر بالسنابل الذكية والتقنية الكيميائية الميكانيكية والليزر السني والترميم بالراتنج المركب السني.

أ.د. عاطف عبدالله**

إياد أحمد*

(الإيداع: 17 أيلول 2023، 25 تشرين الأول 2023)

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى تحري تأثير التقنيات المختلفة في تجريف النخر (التقنية التقليدية-السنابل الذكية-التقنية الكيميائية الميكانيكية-الليزر السني) على قوة الارتباط مع مواد الترميم الراتنجية وذلك من خلال تقييم مقاومة الشد المجهرية للعينات بعد تطبيق نظام ربط نموذجي من الجيل الخامس.

تضمنت الدراسة إجراء تجريف نخر ل (40) رحي بشرية مقلوعة عليها نخور إطباقية، حيث تم تقسيم عينة الأرحاء بشكل عشوائي وبالتساوي إلى أربع مجموعات. كل مجموعة خضعت لتجريف النخر باستخدام تقنية واحدة فقط من تقنيات تجريف النخر. من بعد الانتهاء من تجريف النخر السني حسب مساحة الحفرة السنية المتشكلة من خلال المسح الرقمي والبرامج الحاسوبية، و بعدها تم الترميم باستخدام مادة ترميم راتنجية فائقة الدقة هجينة بعد تطبيق نظام ربط سني من الجيل الخامس لتخضع بعدها لاختبار مقاومة الشد المجهرية وذلك باستخدام جهاز (Testometric).

كانت قيم مقاومة الشد المجهرية الأعلى في مجموعة تجريف النخر بالليزر السني، وكانت قيم مقاومة الشد الأقل في مجموعة تجريف النخر باستخدام السنابل الذكية، ومع ذلك لم تكن هنالك فروق ذات دلالة احصائية بين مجموعات تجريف النخر (بالليزر السني-التقنية التقليدية-التقنية الكيميائية الميكانيكية)، في حين كان هنالك فروق جوهرية بين مجموعة تجريف النخر باستخدام السنابل الذكية وباقي مجموعات تجريف النخر.

أظهرت هذه التجربة المختبرية دور الليزر السني والتقنية الكيميائية الميكانيكية وكذلك التقنية التقليدية في زيادة قوة الارتباط مع مواد الترميم الراتنجية.

الكلمات المفتاحية: النخر السني، السنابل الدوارة، التقنية الكيميائية الميكانيكية، الليزر السني، مقاومة الشد المجهرية.

(1) طالب دراسات عليا (دكتوراه)- اختصاص مداواة الأسنان- كلية طب الأسنان- جامعة حماة

(2) أستاذ في قسم مداواة الأسنان- كلية طب الأسنان- جامعة حماة

A Comparative Laboratory Study to Evaluate the Microtensile Bond Strength after Caries Removal by Rotary Burs ,Chemomechanical Technique and Dental Laser and Restoration by Resin Composite.

Dr. Eyad Ahmad⁽¹⁾

Dr. Atef Abdullah⁽²⁾

(Received: 29 May 2023. Accepted: 10 October 2023)

Abstract:

This research aims to investigate the effect of different techniques for caries removal (conventional stainless steel Burs– Smart Burs II – Chemomechanical Technique – dental laser) on the bond strength with resin restoration materials, by evaluating the microtensile bond strength of samples after applying a typical fifth generation bonding system.

The study included a caries removal of (40) human molars with occlusal caries. The sample was divided randomly into four equal groups :the caries of each group was removed only by one of caries removal techniques. After completing the caries removal, the area of the formed cavity was calculated through digital scanning and computer programs. The cavity restored by nanohybrid resin material after applying 5th generation bonding system .The samples were subjected to a microtensile bond strength test by Testometric device (Universal Testing Machine).

The microtensile Bond strength values were highest in the dental laser caries removal group, and the lowest values were in the caries removal group using smart Burs, however, there were no statistically significant differences between the caries removal groups (with dental laser – the conventional technique – CMCR technique) , While there were significant differences between the group of caries removal using smart Burs and the rest of the Careis Removal groups.

This laboratory experiment showed the role of dental laser, chemio–mechanical technique as well as conventional technique in increasing bond strength with resin restoration materials.

Key Words: Dental caries, Rotary Burs, CMCR ,Laser, microtensile bond strength

* Postgraduate Student (Doctorate Degree) – Department of Endodontic and Operative Dentistry – Faculty of Dentistry – University of Hama.

** Professor – Department of Endodontics & Operative Dentistry– Faculty of Dentistry – University of Hama

المقدمة Introduction :

يعتبر نخر الأسنان هو من الأمراض المعدية التي تصيب الحفرة الفموية ومن الممكن أن يصيب أي فئة عمرية ويرتبط بشكل كبير بالعادات الغذائية للمريض وخصوصاً تناول السكريات بشكل متكرر . (Kiros A 2022)

إنّ النخر السني كمرضٍ يتطور نتيجة تفاعلٍ معقدٍ بين ثلاثة عوامل أساسية وهي الكائنات الحية الدقيقة (اللويحة السنية) والركيزة (السكريات القابلة للتخمر في النظام الغذائي)، وقابلية المضيف (الأسنان واللغاب)، فالعضويات الدقيقة المسببة للنخر السني تخمر السكريات الغذائية وتحولها إلى أحماض تقوم بخسف المعادن من الأنسجة الصلبة للأسنان (الميناء والعاج والملاط). يؤثر تواتر تناول الوجبات الغذائية وقوام الطعام المتناول ونمط السكريات المأخوذة ومدة التعرض على خطر تشكل النخر السني وتقدمه. وفي نفس الوقت هنالك عوامل مختلفة قد تعدل أو تحد من تأثير النظام الغذائي منها إجراءات التنظيف الفموي واستخدام العوامل المضادة للجراثيم والعناصر الوقائية مثل الفلور والعلاجات الوقائية الاحترافية المنجزة في العيادة السنية مثل تطبيق المواد السادة للوهاد والميازيب. (Andrysiak–Karmińska.2022)

يصيب النخر السني ما يقرب من (2.3) مليار إنسان في جميع أنحاء العالم، وهذا يمثل حوالي (32%) من سكان الكرة الأرضية من البشر حسب ما ذكرته منظمة الصحة العالمية، وقد كانت أعلى معدلات الانتشار في البلدان منخفضة ومتوسطة الدخل. (Kurtović 2023)

يختلف نمط انتشار النخر تبعاً لاختلاف العمر والجنس ويعتمد على العرق والموقع الجغرافي والحالة الاجتماعية والاقتصادية والعادات الغذائية وعادات التنظيف الفموي ونمط العضويات الدقيقة الموجودة داخل الفم. (Nomura2020)

يعتبر النخر السني من أكثر مشاكل الصحة العامة شيوعاً وانتشاراً، فالنخر السني غير المُعالج له تأثير كبير في حياة الفرد من خلال التسبب بالألم وعدم الراحة وصعوبة المضغ والتدخل في الأنشطة اليومية مثل التعلم والعمل والنوم والسلوك الاجتماعي، علاوة على ذلك فإنّ نمو الأطفال وصحتهم العامة ووزنهم وكذلك تغذيتهم سوف تكون معرضة للخطر بشكل كبير في حال كانت الإصابات النخرية شديدة لدى الأطفال. (Amare Tefera2022)

تتفق مبالغ ضخمة وكذلك الكثير من الوقت والجهد في علاج النخر السني، فقد بلغت التكلفة السنوية للعناية بالأسنان في الولايات المتحدة الأمريكية قرابة (136) مليار دولار وهو ما يمثل حوالي (7%) تقريباً من إجمالي نفقات الرعاية الصحية في البلاد. (Mousa DG 2022)

حتى مع التقدم والتطور المتسارع في تقنيات المعالجة السنية لا يزال خطر النخر السني في الوقت الراهن مدعاة للخوف والقلق لدى الكثيرين وخصوصاً الحكومات والمنظمات المهتمة بالصحة العامة وواضعي خطط الرعاية الصحية والعاملين على تنفيذ تلك الخطط بما فيهم أطباء الأسنان. (Feng Chou Cheng 2023)

يتكون النخر السني عادة من طبقتين أساسيتين ومتاليتين ومختلفتين عن بعضهما في السمات السريرية والكيميائية والمجهريّة ويظل التمييز بين هاتين الطبقتين تحدياً كبيراً، تُظهر الطبقة الخارجية من النخر (العاج المصاب) تشوهاً في البنية المجهريّة للأقنية العاجية، وتخرباً غير ردود لألياف الكولاجين في العاج ، واستعماراً وغزواً جرثومياً كبيراً ضمن الأقنية العاجية. (Asal MA.2021)

إنّ الطبقة الخارجية للنخر ذات محتوى معدني منخفض و تظهر سريرياً بلون بني داكن أو رمادي وهي رطبة للغاية ويمكن إزالتها بسهولة باستخدام المجارف اليدوية أو الأدوات الدوارة، هذه الطبقة لا يُمكن إصلاحها أبداً، وقد يتم الحفاظ عليها في الآفات النخرية العميقة جداً والتي يكون فيها خطر حدوث الانكشاف اللبي كبيراً. (wareth.2023)

تظهر الطبقة الداخلية (العاج المتأثر) زوالياً جزئياً للتمعدن بين الأنابيب العاجية وترسباً للبلورات المعدنية في لمعة الأنابيب العاجية وتخرباً أقل في شبكة ألياف الكولاجين وعدم وجود غزو جرثومي ، وتكون هذه الطبقة أكثر مقاومة للتحلل البروتيني. (Asal MA.2021)

يمتلك العاج المتأثر لوناً بنياً شاحباً، وهو أكثر صلابة من العاج المصاب وأقل قساوة من العاج السليم وهو مقاوم للتجريف اليودي ولا يكن إزالته إلا بعد تطبيق ضغط كبير وذلك بسبب احتوائه على نسبة كبيرة من المعادن والكولاجين، ويمكن أن يخضع العاج المتأثر إلى التكلس وإعادة التمدن من جديد الأمر الذي يؤدي إلى الترسيب المستمر للمعادن داخل الأفضية العاجية مما قد يؤدي إلى حدوث طمس لهذه الأفضية وحدث تصلب العاج. (wareth.2023)

إنّ أي طريقة فعّالة لإزالة النخر يجب أن تكون قادرة على إيقاف تقدم النخر والسماح بإعادة تمعدن العاج المتبقي، وذلك دون الحاجة للإزالة غير الضرورية للنسج السنّية ويحافظ على النسيج اللبي من الانكشاف. (Dareen Azmi Azzouz 2022).

بشكل تقليدي يقوم أطباء الأسنان بإزالة كامل النخر باستخدام القبضات السنّية والسنايل الدوّارة، وهذا ما يُطلق عليه بإزالة النخر بالتقنية التقليدية وبخطوة واحدة، وتُجرى هذه العملية بالملايين في شتى أنحاء العالم فهي ذات تكلفة مقبولة اقتصادياً وتختصر الكثير من الوقت أثناء العمل، ولكن إزالة النخر بالطريقة التقليدية لها بعض العيوب مثل الألم والخوف والقلق لدى المرضى، والضرر الذي قد يلحق باللب السنّية وإضعاف البنية السنّية نتيجة التضحية غير الضرورية بنسج سنّية سليمة. (David Ricketes 2019)

إنّ الألم وعدم الارتياح أثناء استخدام الطريقة التقليدية والحاجة للتخدير المرافقة للعمل تشكل المصدر الأكبر للقلق للأطفال واليافعين على حد سواء. (Goyal 2022)

نظراً لأننا ندرك الحاجة إلى تغيير المفاهيم القديمة التي كانت سائدة في السنوات الماضية ومواكبة جهات النظر الأحدث فلا بد أن نتجه نحو مفهوم الحد الأدنى من التضحية بالنسج السنّية والحفاظ بالحد الأقصى على بنية الأسنان الطبيعية وحيوية اللب السنّية. (Swati Manhas 2020)

كان في السنوات الأخيرة تغيير في اتجاه إدارة الآفات النخرية في جميع أنحاء العالم نحو التقنيات غير الغازية أو طفيفة التوغل، فالدلائل الحالية تشير إلى أنّ إزالة كامل العاج النخر في الآفات النخرية العميقة ليس ضرورياً بشرط ان يتم إجراء ترميم محكم ، فالعاج المتأثر لديه نشاط جرثومي أقل من العاج المصاب، وقد يكون لذلك فوائد كبيرة، وقد أظهرت دراسة سريرية أنجزت على مدار عشرة سنوات أنّ ترميمات الراتنج المركب محكمة الختم والتي وضعت فوق آفات متحفرة صريحة أوقعت التقدم السريري بشكل كامل للآفات النخرية. (Natarajan Diva 2022)

من التقنيات الحديثة التي تؤمن الحد الأدنى من التداخل الجراحي على النسج السنّية الليزر السنّية والمواد السنّية الذكية والتقنيات الترميمية غير الرضية وتقنيات الإزالة الكيميائية الميكانيكية للنخر. (Abinaya R 2020)

يعتبر تجريف النخر العاجي باستخدام سنايل (Polymer Bur) من الطرق المحافظة والعصرية لإزالة النخر طفيفة التوغل، وهي عبارة عن أداة دوّارة فريدة مصنوعة من مادة بلاستيكية خاصة والتي بحسب الشركة المصنعة لها فإنها تزيل العاج المصاب فقط بشكل انتقائي دون المساس بالعاج السليم. (Asal MA.2021)

السنايل الذكية لا تصنع من الكارباید ولكنها تصنع من مادة بوليمير خاصة تدعى (بولي ايثر كيتون PEKK) الطبية، ولهذه السنايل رقم قساوة سطحية (Knoop 50) ، في حين يتراوح رقم القساوة السطحية للعاج النخر بين (Knoop15-20)، والعاج السليم (70Knoop) وما فوق، وهذا يساعد على الإزالة الانتقائية للعاج المصاب دون أن يسبب ذلك بإزالة غير ضرورية للعاج المتأثر والعاج السليم. (Naghah Khoury 2021)

من سنابل (Polymer Bur) المتوفرة تجارياً (Smart Burs II,SS White,USA)، وهي ذات استعمال واحد فقط، ولها شفرات قاطعة معززة لها شكل المجداف، وتتوافر بثلاثة أحجام (8,6,4) وتستخدم حسب حجم الآفة. (Asmaa M.Faiek) (2023)

إن استعمال هذه السنابل يقلل من احتمال تعرض اللب السني للانكشاف في الآفات النخرية العميقة، كما أن استعمال هذه السنابل لتجريف النخر لا يحتاج لتطبيق التخدير، كما انها أكثر ملاءمة للمرضى الذين يعانون من الخوف والقلق من المعالجات السنية، وقد يعمل استخدام هذه السنابل في العلاج على غرس وخلق موقف إيجابي تجاه تقبل المعالجة السنية خصوصاً عند الأطفال. (Shrimahalakshmi 2022)

تتم إزالة النخر باستخدام هذه السنابل على النحو الموصى به من قبل الشركة المصنعة وذلك بحركات دائرية تبدأ من مركز الآفة النخرية وتنتهي عند الأطراف، وتتوقف عملية الإزالة عندما تتآكل الأداة وتتلاشى شفراتها القاطعة وتصبح غير قادرة على إجراء عملية القطع، وتتعرض للاهتزاز عندما تصل السنبلية إلى منطقة العاج السليم. (Inamdar 2020)

بالرغم من أن هذه السنابل مخصصة للاستعمال بشكل خاص بالقرب من اللب لمنع تعرض اللب للانكشاف إلا أن استعمالها لا يزال يتطلب وجود السنابل المعدنية والماسية من أجل الوصول للآفة وإنهاء حواف التحضير، كما أنها لا تستخدم في حالة النخر المتواجد على طول الملتقى المينائي العاجي، وكذلك العاج ذو اللون الداكن والمتصلب، والعاج الصلب القابل لإعادة التمدن وذلك لأن قساوة هذه السنبلية أقل من قساوة تلك الأنماط من العاج. (Lohmann 2019)

تزيل التقنية الكيميائية الميكانيكية لتجريف النخر النسيج السنية المصابة عن طريق العوامل الاصطناعية والطبيعية، وهي لا تزيل النسيج السنية النخرة فحسب بل تحافظ على الهياكل السنية السليمة، كما أنها تجنب حدوث تهيج النسيج اللبي وحدث الانزعاج والقلق لدى المرضى فهي أقل إبلاماً للمرضى وأكثر راحة أثناء التطبيق ولا تحتاج لتطبيق التخدير، وهذا الأمر بالغ الأهمية عند علاج مرضى رهاب المعالجة السنية والمرضى غير المتعاونين أو المرضى الذين يعانون من إعاقات جسدية أو الذين لديهم أمراض معدية إذ أن استخدام هذه التقنية يقلل من استعمال القبضات السنية ويخفف من إنتاج الرذاذ الملوث الذي قد يكون أحد عوامل نشر الإبتان. يتم تصنيف عوامل التقنية الكيميائية الميكانيكية إلى عوامل قائمة على هيبوكلوريد الصوديوم مثل (GK101,Caridex,Carisolv,Carimove)، وتلك القائمة على الأنزيم مثل (Biosolv,Carie-) (Care,Brix3000,PapaCarie) (Esaad Abdelaziz2022).

ترمم الحفر السنية التي خضعت لتجريف النخر باستخدام التقنية الكيميائية الميكانيكية باستخدام مواد الترميم اللصاقة مثل الراتنج المركب السني والإسمنت الزجاجي الشاردي بدلاً من مواد الترميم التي تتطلب تحضيرات سنية لها شكل ميكانيكي مثبت مثل الأملغم السني. (Esaad Abdelaziz2022)

بأية حال لا يزال استخدام هذه التقنية غير منتشر بشكل كبير كطريقة بديلة للطرق التقليدية وذلك بسبب التكلفة المرتفعة للعلاج، والحاجة للتدريب المكثف للتطبيق وخصوصاً في البلدان النامية وذات الدخل الاقتصادي المنخفض. (Ruchitia Arora 2022)

عام (1997) تمت الموافقة من قبل إدارة الأغذية والأدوية الأمريكية (ADA) على ليزر (ER:YAG) من أجل علاج أنسجة الأسنان الصلبة و علاج أمراض الفم المختلفة لدى البشر مع مزايا كونه آمناً ومريحاً وأكثر محافظة وأقل تداخلاً تجاه النسيج السنية، كما أنه خال من الاهتزازات عالية التردد مقارنة باستخدام القبضة التقليدية عالية السرعة والسنابل الدوارة الأمر الذي يؤدي إلى علاج أكثر رضىً للمرضى. (Wenyan 2022)

ذكرت الدراسات أن لليزر (Er: YAG) العديد من التطبيقات في طب الأسنان ، مثل طب أسنان الأطفال ، المعالجات اللبية ، تقويم الأسنان ، في طب الأسنان الوقائي ، طب الأسنان الترميمي وله الكثير من التطبيقات في مجال الجراحات الفموية وكذلك في مجال إدارة المرضى ذوي الاحتياجات الخاصة.(Geovana Lima.2021)

أصبح الليزر يستخدم على نطاق واسع في مجال الطب بشكل عام وطب الأسنان بشكل خاص بسبب آثاره المفيدة مثل: خصائص التخثر (نزيف أقل) ، وكذلك ألم ووذمة أقل بعد العمل الجراحي، كما يسمح لليزر أيضاً بالشفاء الجيد والسريع للنسيج المستهدف ، ومستوى منخفض جداً من الانزعاج أثناء وبعد التدخل والاختفاء السريع للأعراض. (Gabrić) D.2015 تمتص جزيئات الماء المحتواة في النسيج السنوية طاقة ليزر (ER:YAG) وتتوافق طول موجة ليزر (ER:YAG) (2940) نانومتر مع ذروة امتصاص الماء من قبل بلورات الهيدروكسي أباتيت، وبعد ارتفاع درجة الحرارة وحدوث تبخر الماء تحدث انفجارات مجهرية دقيقة للنسيج الصلبة وبالتالي تحدث الحفرة السنوية. (Kuhn.2022)

تحتوي النسخة النخرة على كمية أكبر من الماء مقارنة مع النسخة السنوية السليمة، السبب الذي يجعل امتصاص طاقة الليزر في النسخة النخرة أعلى منه في النسخة السليمة، وهذا ما يجعل من ليزر (ER:YAG) أداة جيدة وتؤمن إزالة انتقائية ومحافظة للنخر السني وبالتالي تكون الحفر التي جرف النخر فيها باستخدام هذا الليزر حفرًا محافظة دون امتداد مفرط تجاه النسخة السليمة التي تقع تحت على محيط الآفة النخرية. يجمع ليزر (ER:YAG) بين خصائص الاجتثاث الضوئي للنسخة السنوية وخصائص التطهير وخصائص التحضير المحافظ وطفيف التوغل للنسخة السنوية. يمكن إرجاع الخصائص المضادة للجراثيم والعضويات الدقيقة لليزر (ER:YAG) إلى التأثير الضوئي الحراري للإشعاع الليزري، فعندما ترتفع درجة الحرارة أثناء التشعيع يحصل تطهير للجراثيم المتبقية ضمن الحفرة السنوية دون إحداث ضرر لللب السني. إنّ إشعاع الليزر السني يمكن أن يصهر المكونات غير العضوية المتواجدة في العاج الأمر الذي يعطي ختمًا للسطوح السنوية المعالجة ويساعد في عملية إعادة التمدن ويزيد من مقاومة النسخة السنوية تجاه عملية النخر ويعمل على الوقاية من حدوث النخور الثانوية ونكس النخر. (Chiara Valenti 2021)

يتم تحقيق الارتباط الناجح مع العاج من خلال المعالجة السطحية المناسبة، كما أنّ الالتصاق المستقر بين العاج والراتنج السني يمثل مطلباً أساسياً للنجاح السريري، وهو يعتمد على التفاعل المناسب بين البنية السنوية والراتنج الرابط والمادة المرممة الراتنجية. (Martinez–Carrasco 2020)

قد تؤدي طرق إزالة النخر إلى حدوث اختلافات في خصائص السطح العاجي ، وتؤثر بنية السطح العاجي على طبيعة و قيم قوة ارتباط المواد المرممة اللصاقة المستخدمة في طب الأسنان الترميمي، لذلك يجب أن يختار الأطباء طرق وأنظمة إزالة النخر السني وكذلك أنظمة الربط المناسبة لكل حالة وكل مريض. (Sirin Karaarslan 2012)

تم تقديم اختبار مقاومة الشد المجهرية منذ عام (1994) ومنذ ذلك الوقت تم استخدامه في العديد من المختبرات والمؤسسات العلمية التي تُعنى باختبار قوة الارتباط وأصبح في الوقت الحالي من أكثر اختبارات قوة الارتباط القياسية ومتنوعة القدرات. هذا الاختبار وبالرغم من أنه طريقة ثابتة وقائمة على القوة إلا أنها ساهمت مع التحقيقات الكيميائية والطيفية والمورفولوجية والفيزيائية في تطوير أنظمة الارتباط مع العاج، كما أنها طريقة اختبار تتمتع بمقدرة تمييزية كبيرة ، وتمكن أيضاً من تقييم أداء أنظمة الربط والراتجات المركبة المرممة عندما تلتصق بالعاج السليم أو المتأثر في أجزاء مختلفة من الترميم. تعتمد قوة رابطة الشد على مساحة الترابط. (Hidehiko Sano 2020)

أعطت الدراسات نتائج متناقضة ومتباينة فيما يتعلق بتأثير تقنيات إزالة النخر المختلفة على قوة الارتباط اللاحق بالمواد اللاصقة الراتنجية ، لذلك صممت هذه الدراسة لتكون محاولة للكشف عن التأثير المحتمل لتقنيات تجريف النخر المختلفة على قوة الارتباط من خلال تقييم مقاومة الشد المجهرية بعد تطبيق مواد الترميم الراتنجية المركبة.

الهدف من البحث Aim of the study:

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم أثر التقنيات المختلفة في تجريف النخر العاجي (التقنية التقليدية التي توظف سنابل ستانلس ستيل الكروية المركبة على قبضات معوجة منخفضة السرعة _ تقنية السنابل الذكية Smart Burs II والتي تركيب على قبضات معوجة منخفضة السرعة _ التقنية الكيميائية الميكانيكية _ الليزر السني (ER:YAG) على قوة الارتباط مع الراتنج المركب السني (فائق الدقة-هجين) من خلال تقييم مقاومة الشد المجهرية بعد تطبيق نظام ربط نموذجي من الجيل الخامس (تخريش-غسل-ربط).

المواد والطرق Materials and Methods:

تألفت عينة البحث من (40) رحي ثالثة بشرية مقلوعة حديثاً عليها نخور إطباقية لا تمتد إلى السطوح الملاصقة الأنسية والوحشية، ومن حيث عمق الآفة النخرية لا يتجاوز النخر الثلث المتوسط للعاج أو من خلال التصوير الشعاعي الرقمي قبل العمل أو يمكن التأكد من ذلك سريعاً أثناء العمل ومعالجة العينات . قسمت بشكل عشوائي إلى أربع مجموعات (10) أرحاء لكل مجموعة. خضعت كل الأرحاء إلى قطع طولي يمر من مركز الآفة النخرية باستخدام السنابل الماسية والأقراص الفاصلة وجرى تنعيم حواف القطع باستخدام أقراص التنعيم الزجاجية ورؤوس التنعيم المطاطية. تم إجراء فتح وتخطيط الحفرة النخرية وإزالة النخر المينائي والوصول إلى الآفة باستخدام السنابل الماسية الشاقة (CD58-Mani,Japan) المركبة على قبضات ذات التدوير الهوائي عالية السرعة.



الشكل رقم (1) عينة البحث المجموعة وهي أرحاء ثالثة بشرية مقلوعة.

تم تجريف النخر العاجي في الحفر السنوية وفق ما يلي :

-المجموعة الأولى: تجريف النخر وفق الطريقة التقليدية: أزيل النخر العاجي باستخدام سنابل ستانلس ستيل الكروية من شركة (SS White) المركبة على قبضة معوجة منخفضة السرعة، بحركات دائرية تبدأ من منتصف الآفة النخرية وحتى المحيط، مع مراعاة التبريد المائي والهوائي.

-المجموعة الثانية: تجريف النخر باستخدام السنابل الذكية: أزيل النخر العاجي باستخدام سنابل (Smart Burs II-SS white Burs,USA) بحركات دائرية تبدأ من منتصف الآفة النخرية وحتى المحيط، ويجب مراعاة تطبيق الضغط التلامسي أثناء التطبيق والعمل ضمن نطاق تدوير للسنبلة الموصى به من قبل الشركة المصنعة (5000-8000) دورة/دقيقة.

- المجموعة الثالثة: أزيل النخر العاجي وفقاً للطريقة الكيميائية الميكانيكية باستخدام منتج (CarieMove,Egypt). يطبق هلام (CarieMove) على كامل الحفرة لمدة (30) ثانية ومن ثم يكشط العاج النخر بلطف بواسطة مجارف عاجية يدوية

ملعقية الشكل، تكرر العملية حتى يصبح الهلام رائقاً، حينها يزال الهلام المتبقي باستخدام الماء، ويسلط تيار غزير من الماء من أجل إزالة وغسل بقايا الهلام بشكل تام.

-المجموعة الرابعة: جُرف النخر العاجي باستخدام ليزر (ER:YAG-Kavo K Laser III,Germany). بعد اتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة أثناء العمل بالليزر، ومن خلال البرنامج رقم (17) لتحضير العاج وبطاقة نبضة (250) ميلي جول وتواتر نبضة (4) هرتز وبإعدادات التبريد الهوائي المائي المرافقة للبرنامج، باستخدام قبضة التركيز الموجه (2060) التي توضع على بعد (10) مم من البؤرة النخرية لتعطي مساحة تركيز بؤري (1) مم، يستمر تركيز الطاقة على البؤرة لمدة (10) ثواني حتى زوال البؤرة نتيجة الانفجارات المجهرية ليُصار بعدها للانتقال إلى البؤرة المجاورة وهكذا حتى الانتهاء من إزالة كامل التجريف.

فُيَم انتهاء تجريف النخر لكل العينات عن طريق الاحساس للمسي من خلال مسير سني ذو رأس حاد يمرر على كل أنحاء الحفرة النخرية وتحري وجود الصرير العاجي والملمس القاسي للعاج السليم. لم يتم توحيد العمق وكذلك أبعاد الحفر المحضرة، إن توحيد أبعاد الحفر يجب أن يكون باستخدام السنابل الماسية التي ينتج عنها حصول طمس وتشويه للسطح المميز الناتج عن استخدام تقنيات تجريف النخر ويسبب لغطاً في النتائج التي سوف يحصل عليها في وقت لاحق. حُفظت العينات بعدها في الماء المقطر بدرجة حرارة (4) مئوية.



الشكل رقم (2): تقسيم الأرحاء بشكل طولي يمر من مركز الآفة النخرية.



الشكل رقم (3) تجريف النخر السني بالطريقة التقليدية (سنابل ستانلس ستيل من شركة SS White).



الشكل رقم (4) تجريف النخر السني باستخدام سنابل (Smart Burs II,SS White,USA).



الشكل رقم (5) تجريف النخر بالطريقة الكيميائية الميكانيكية باستخدام مركب (CarieMove,Egypt).



الشكل رقم (6) تجريف النخر السني باستخدام ليزر (ER:YAG) والضوابط المتبعة أثناء العمل بالليزر.



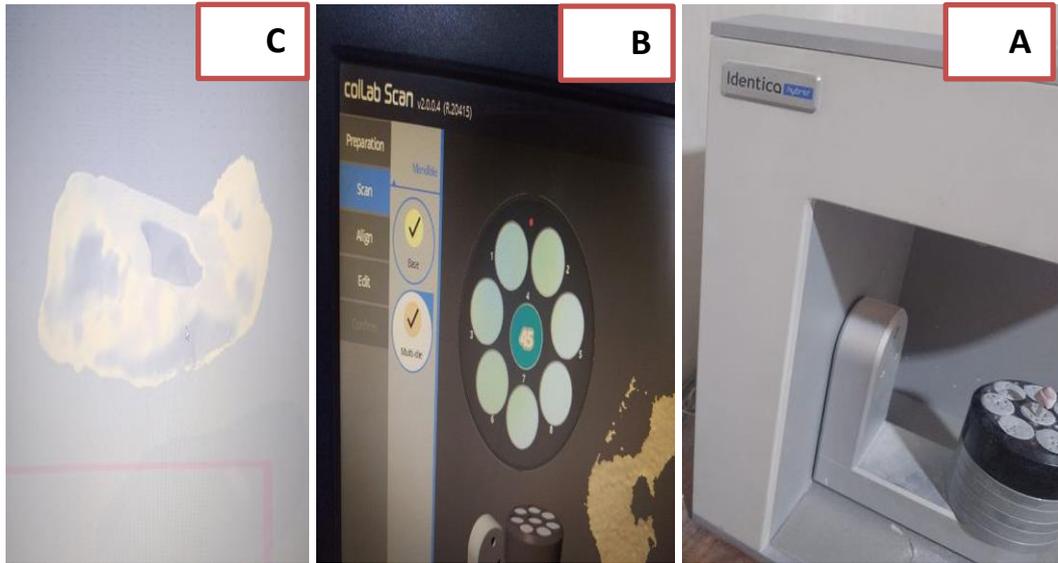
الشكل رقم (7) تقييم انتهاء تجريف النخر السني وذلك باستخدام مسبر سني حاد.

وضعت العينات وثبتت بعد ذلك في قوالب أكريلية خاصة وذلك من أجل سهولة انجاز المراحل التالية من الاختبار، وتم إعطاء لون طلاء محدد لكل مجموعة وكذلك رقم تسلسلي لكل عينة في هذه المجموعات .

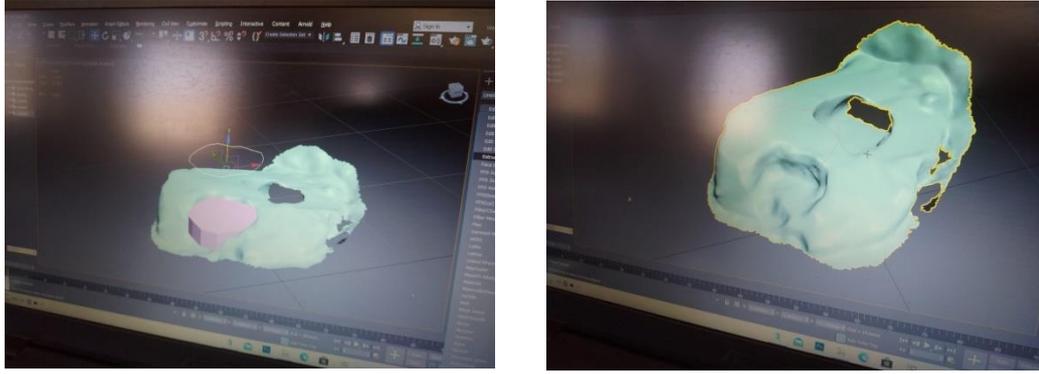


الشكل رقم (8) الانتهاء من تجريف النخر ووضعهما في قوالب أكريلية.

أجري المسح الرقمي للعينات وذلك بواسطة الماسح الضوئي لجهاز (CAD- CAM) (Identico Hybrid) الذي يعطي صورة رقمية بالأبعاد الدقيقة للحفرة السنية المنجزة وبشكل ثلاثي الأبعاد وذلك من خلال برنامج (Collab Scan). صدرت نتائج المسح الرقمي إلى تطبيق (Autodesk Autocad) وذلك لحساب مساحة الحفرة السنية (سطح الارتباط) بشكل دقيق. وضعت قيم مساحات الحفر المقاسة في جداول بحيث تتوافق مع أرقام العينات وتوزيعها ضمن المجموعات في الدراسة.



الشكل رقم (9) : (A) جهاز (Identico Hybrid) للمسح الرقمي للحفرة السنية. (B) برنامج (Collab Scan) لمعالجة الصور ثلاثية الأبعاد الناتجة عن المسح الرقمي. (C) إحدى العينات بعد إجراء المسح الرقمي.



الشكل رقم (10) العينات بعد تصدير ملف التصوير الرقمي ثلاثي الأبعاد إلى برنامج (Autodesk AutoCAD) واستخدامه من أجل تحديد مساحة الحفرة النخرية بشكل دقيق بالمليمتر المربع.

*تم تصنيع عرى من أسلاك تقويمية (0,9) ملم، ومن ثم تم تطبيق نظام ربط نموذجي من الجيل الخامس (N etch و Tetric N bond) على الحفرة السنية، حيث طبق الحمض المخرش مدة (30) ثانية على الميناء السني ومدة (15) ثانية على العاج السني، وبعدها أُجري الغسيل باستخدام تيار مائي على كامل الحفرة لمدة (60) ثانية الأمر الذي يسمح بإزالة كاملة لكل آثار وبقايا الحمض المخرش. جرى تجفيف الحفرة السنية باستخدام الكريات القطنية الصغيرة بشكل متتابع حتى نحصل على المظهر الباهت المميز الناتج عن التخريش، بعدها وباستخدام فراشي التطبيق الخاصة تم تطبيق المادة الرابطة على كامل الحفرة السنية وعلى مرتين لضمان اندخال المادة الرابطة في كل التوهجات الناتجة عن عملية التخريش، بعدها تم تسليط تيار هوائي لطيف خال من الماء والزيت إلى الحفرة وتطبيق التصليب الضوئي للمادة الرابطة باستخدام جهاز تصليب ضوئي ذو شدة ضوئية (1000) م/واط سم2 وذلك لمدة (20) ثانية حسب تعليمات الشركة المصنعة.

*غرست العروة المصنعة من السلك المعدني في الحفرة، وجرى ترميم الحفرة باستخدام الراتنج المركب السني فائق الدقة الهجين (Tetric N ceram–Ivoclar)، كان التطبيق على دفعات صغيرة وتم تصليب كل طبقة على حدى ضوئياً باستخدام جهاز تصليب ضوئي ذو شدة (1000) م/واط سم2 لمدة (20) ثانية وذلك حسب تعليمات الشركة المصنعة

* جرى إنهاء وتنعيم الترميمات المنجزة باستخدام السنابل الماسية المخصصة لإنهاء ترميمات المركب والأقراص الزجاجية وأقماع التنعيم المطاطية متدرجة الثخانة.



الشكل رقم (11): نظام الربط ومادة الترميم المستخدمة في ترميم عينات الدراسة.



الشكل (12): غرس السلك التقويمي في الحفرة والترميم باستخدام مادة (Tetric-N-Ceram) وانتهاء وتلميع العينات باستخدام أقماع التنعيم المطاطية.



الشكل رقم (13): العينات المدرجة في الدراسة بعد انتهاء عمليات الترميم والإنهاء والتلميع.

* خضعت العينات لاختبار مقاومة الشد المجهرية باستخدام جهاز (Testometric- universal tasting machine) حيث كانت سرعة التقدم لرأس الجهاز الفاحص (1 ملم -دقيقة) . سجلت القوة عند حصول الفشل (كسر الترميم أو جزء منه-نزع السلك المغروز في الترميم)، وتقدر بالنيوتن. تم احتساب مقاومة الشد المجهرية لكل عينة من عينات الدراسة من خلال تقسيم القوة اللازمة لحصول الفشل على مساحة سطح الارتباط في الحفرة السنية وتقدر بالميغا باسكال.



الشكل رقم (14) : آلة الاختبار العالمية (Testometric- universal tasting machine).



الشكل رقم (15): انجاز اختبار مقاومة الشد، وتسجيل القوة (بالنيوتن) عند حصول الفشل.

الدراسة الإحصائية Statistical study :

لتحليل نتائج البحث استخدمت الدراسة الإحصائية برنامج (SPSS Inc., Chicago ,USA) الاصدار (25). حيث تم حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لكل متغير ضمن كل مجموعة من مجموعات الدراسة. تم في البداية استخدام اختبار (ANOVA) لدراسة دلالة الفروق لمتوسط قيم القساوة السطحية المجهرية للعاج المتبقي بين المجموعات الأربعة المدروسة تم اعتماد مستوى الثقة (95%) وبالتالي مستوى $p \leq 0.05$ في تحديد وجود اختلافات دالة إحصائية، فإذا كانت القيمة تساوي أو أقل من (0.05) نقرر وجود فروق دالة إحصائية وإذا كانت أكبر من (0.05) نقرر عدم وجود فروق دالة إحصائية.

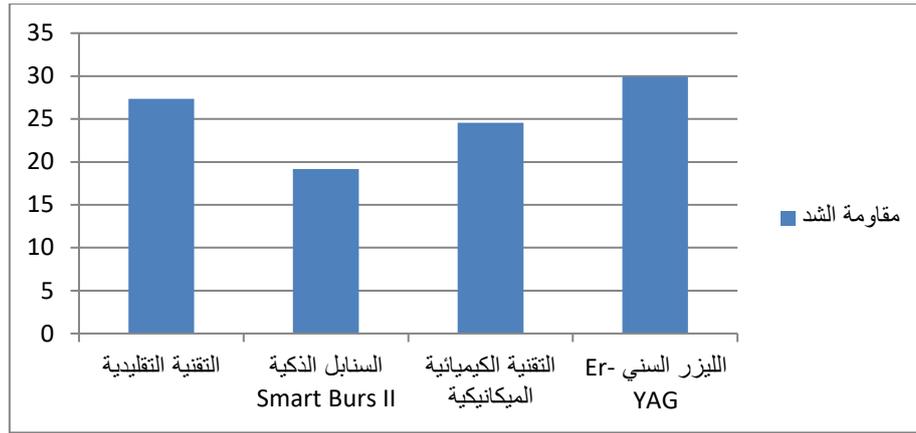
النتائج Results:

دراسة قوة الارتباط (مقاومة الشد) بعد تجريف النخر وتطبيق الترميم:

متوسطات قيم مقاومة الشد تبعاً لطريقة تجريف النخر:

الجدول (1) يبين متوسطات قيم مقاومة الشد بين المجموعات الأربعة المدروسة

المتغير	طريقة تجريف النخر	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري
مقاومة الشد	التقنية التقليدية	27.35	6.8
	Smart Burs II السنابل الذكية	19.15	3.2
	التقنية الكيميائية الميكانيكية	24.57	2.7
	Er-YAG الليزر السني	29.92	5.2



مخطط (1) يوضح متوسطات قيم مقاومة الشد بين المجموعات الأربعة المدروسة

دراسة الفروق الإحصائية بين متوسطات قيم مقاومة الشد للمجموعات المدروسة:
الجدول (2) يبين نتائج اختبار ANOVA لدراسة دلالة الفروق لمتوسط قيم مقاومة الشد بين المجموعات الأربعة المدروسة

المتغير	طريقة تجريف النخر	المتوسط الحسابي	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقاومة الشد	التقنية التقليدية	27.35	0.017	توجد فروقات دالة إحصائياً
	السنابل الذكية Smart Burs II	19.15		
	التقنية الكيميائية الميكانيكية	24.57		
	الليزر السني Er-YAG	29.92		

بالنسبة لدراسة متغير القساوة السطحية للعاج المتبقي وعند المقارنة ما بين المجموعات الأربعة معاً باستخدام اختبار ANOVA في البرنامج الإحصائي SPSS 25 كانت قيمة مستوى الدلالة $P < 0.05$ أي أنه عند درجة الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية بين اثنتين على الأقل من المجموعات الأربعة المدروسة في عينة البحث، ولمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخريات جوهرياً تم إجراء اختبار Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية بين كل زوج من المجموعات الأربعة المدروسة.

الجدول (3) يبين نتائج اختبار Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية لمتوسط قيم مقاومة الشد بين المجموعات الأربعة المدروسة

المتغير	المجموعة (I)	المجموعة (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقاومة الشد	التقنية التقليدية	السنابل الذكية Smart Burs II	8.2	0.032	توجد فروقات دالة إحصائياً

لا توجد فروقات دالة إحصائياً	0.067	6.78	التقنية الكيميائية الميكانيكية	
لا توجد فروقات دالة إحصائياً	0.078	-2.55	الليزر السني Er-YAG	
<u>توجد فروقات دالة إحصائياً</u>	0.011	-1.42	التقنية الكيميائية الميكانيكية	السنابل الذكية Smart Burs II
<u>توجد فروقات دالة إحصائياً</u>	0.017	-10.77	الليزر السني Er-YAG	
لا توجد فروقات دالة إحصائياً	0.061	-9.35	الليزر السني Er-YAG	التقنية الكيميائية الميكانيكية

المناقشة Discussion:

يعتبر العلاج التقليدي الذي يقوم على الإزالة الكاملة للعلاج النخر في الآفات النخرية العميقة حتى الوصول إلى العاج السليم والقاسي علاجاً مفرطاً قد يسبب في حدوث الانكشاف اللبي والمضاعفات التي تتطلب إنجاز المعالجات اللبية والتعقيدات المرتبطة بها. (Yao Yao 2022)

تم مناقشة العديد من منهجيات العلاج المختلفة فيما يتعلق بالنخور السنية وتم إعادة النظر فيها من أجل أن تكون محافظة على النسيج السنية قدر الإمكان وتزيل فقط النسيج التالفة بشكل نهائي الأمر الذي يؤدي إلى زيادة طول عمر الأسنان وإيقاف دورة الترميم التي يخضع لها السن. بالرغم من أن الطرق التقليدية لإزالة النخر السني هي طرق سريعة ومقبولة على نطاق واسع إلا أن هنالك العديد من الأساليب العلاجية الحديثة والواعدة التي تتوافق مع التوجه الجديد نحو النهج المحافظ. (Cardoso M 2020)

إن تحقيق الختم المحكم بين المادة المرممة للصلابة مثل الراتنجات المركبة والنسيج السنية هو الهدف الأساسي ، ولكنّه صعب التحقيق في الواقع العملي وذلك لأنّ عملية الارتباط مع الميناء السني تختلف عن الارتباط مع العاج السني، فالعاج السني هو نسيج غير متجانس من حيث البنية والتركييب و يحتوي على مقدار أكبر من المحتوى العضوي والرطوبة النسبية(السوائل داخل الأفتية العاجية) مقارنة بالميناء، كما أنّ ارتباط العاج بالمواد المرممة الراتنجية يتأثر بالتغيرات البنيوية والهيكلية التي يتعرض لها السطح العاجي. (Hend-s-Ahmed 2021)، وإنّ الالتصاق المستقر بين العاج والراتنج السني يمثل متطلباً أساسياً للنجاح السريري، وهو يعتمد على التفاعل المناسب بين البنية السنية والراتنج الرابط والمادة المرممة الراتنجية (Cardoso M 2020).

إنّ التقنيات المختارة لإزالة النخر تنتج خصائص مختلفة في السطح العاجي ،ويمكن أن تؤثر على قوة الارتباط اللاحق للمواد المرممة السنية (Yildiz 2013)، وإنّ شكل وطبيعة سطح العاج المتبقي بعد إزالة العاج النخر يؤثر على قوة رابطة المواد اللاصقة (Dareen Azmi Azzou 2022)، كما تلعب الخصائص المورفولوجية للسطح العاجي دوراً مهماً في استقرار وثبات الترميم وطول عمر الترميم السريري (Arbabzadeh.2013).

استخدمت الدراسة الحالية تجريف الآفات النخرية الإطباقية الطبيعية الموجودة على أرحاء بشرية مقلوعة حديثاً، وتم العمل على توحيد المتغيرات بين العينات ما أمكن وحصرها بتقنية تجريف النخر العاجي (سنابل ستانلس ستيل، سنابل ذكية، التقنية الكيميائية الميكانيكية، الليزر السني). في هذه الدراسة ، تم إجراء إزالة الأنسجة النخرة حتى يتم الحصول على عاج سليم ،

تم تقييمه من خلال الاختبار الذي تم إجراؤه باستخدام المسبر السنّي كما تم في الكثير من الدراسات السابقة. طبق نظام ارتباط نموذجي من الجيل الخامس (تخريش-غسل-ربط) وبتقنية الارتباط الرطب، كما تم الترميم باستخدام مادة ترميم راتنجية مركبة من النمط (فائق الدقة_هجين). تم إجراء اختبار مقاومة الشد في تصميم يعتمد على أسنان منقسمة. ذكر (Hidehiko Sano 2020) أنّ إجراء اختبار مقاومة الشد باستخدام جهاز إمساك متصل بألة الاختبار العالمية (Universal Testing Machine) هو تقنية تتميز بكونها ذات تكلفة اقتصادية معقولة وينتج عنها مورد بحثي غني وشائع ويمكن الوصول إليه بسهولة في ميدان طب الأسنان.

أظهرت الدراسة الحالية أنّ قيم مقاومة الشد المجهرية في العينات التي خضع فيها النخر العاجي للتجريف باستخدام ليزر (ER:YAG) وبضوابط عمل ليزري (طاقة نبضة 250 ميلي جول، وتواتر نبض 4 هرتز) كانت الأعلى بين المجموعات، في حين كانت قيم مقاومة الشد هي الأدنى في مجموعة تجريف النخر باستخدام السنابل الذكية (Smart Burs II)، وقد أظهرت الدراسة الاحصائية التحليلية عدم وجود فروق ذات دلالة احصائية في قيم مقاومة الشد بين المجموعات الثلاث (تجريف النخر بالطريقة التقليدية-تجريف النخر باستخدام التقنية الكيميائية الميكانيكية ومركب CarieMove-تجريف النخر باستخدام الليزر السنّي ER:YAG)، في حين كان هنالك فروق ذات دلالة احصائية بين مجموعة تجريف النخر باستخدام السنابل الذكية (Smart Burs II) وباقي المجموعات المدرجة في الدراسة.

إنّ القطع وإزالة النخر السنّي (ER:YAG) يترافق بتغييرات بنوية وشكلية وكيميائية في كل من المحتوى العضوي واللا عضوي في العاج، فالسطح العاجي الذي تعرض للإشعاع الليزري يصبح خشناً وأكثر قساوة وصلابة ويحتوي على الكثير من عدم الانتظامات، كما لا توجد شظايا وتزال طبقة اللطاخة بالكامل، وتفتح الأقنية العاجية ويصبح العاج ماحول وداخل القنيوي أكثر بروزاً ووضوحاً، وهذا النموذج المتشكل في العاج بعد التشعيع الليزري سوف يزيد من تغلغل المادة الرابطة ضمن السطح المحضر ويحسن من تفاعل المادة الرابطة مع النسيج السنّي الأمر الذي يزيد من قوة ارتباط المادة المرممة مع النسيج السنّي. (Karaarslan 2012).

عند استخدام التقنية الكيميائية الميكانيكية لإزالة النخر يُزال العاج المصاب فقط ويتم الإبقاء على العاج المتأثر، وتكون السطوح غير منتظمة وخشنة كما أنّ طبقة اللطاخة تزال بالكامل الأمر الذي يسهل من اندخال المادة الرابطة لاحقاً (Hend- S- Ahmad 2021)، وذكر (Bratu.2022) أنّ خصائص الأنسجة المتبقية بعد تطبيق التقنية الكيميائية الميكانيكية على زيادة قوة التصاق المواد المرممة الراتنجية مع النسيج السنّي.

تتميز السنابل الذكية (Smart Burs II) أنها أقل قساوة من العاج السليم، وأكثر قساوة من العاج النخر المصاب، الأمر الذي يجعلها فعالة في إزالة العاج النخر فقط، وبشكل غير إرادي تترك العاج المتأثر دون إزالة الأمر الذي يجعلها انتقائية في تجريف النخر، وهذا العاج المتبقي يكون ناعماً وأقل قساوة من العاج السليم، ولكنّه متسق. (Somani.2019)

يبدو أنّ التقنية التقليدية التي وظفت سنابل الستانلس ستيل من أجل تجريف النخر العاجي، وبالرغم من أنها غير انتقائية قد أزلت كامل النخر العاجي في الحفر السنّي حتى وصلت للعاج السليم، وبالرغم أيضاً من أنّ التقنية التقليدية قد ينتج عنها تشكيل طبقة اللطاخة إلا أنّ نظام الربط المستخدم (نظام ربط نموذجي من الجيل الخامس) قد أزال طبقة اللطاخة بالكامل وأثرها على موضع الارتباط الأمر الذي ساهم في أن تكون قوة الارتباط اللاحق مع مادة الترميم بعد تطبيق نظام الربط أعلى مقارنة عند استخدام السنابل الذكية (Smart Burs II) من أجل إزالة النخر العاجي. ذكر (Otake-S.2019) أنّ العاج المتأثر بالنخر يظهر قوة ارتباط أقل بالمواد المرممة مثل الإسمنت الزجاجي الشاردي والراتنج المركب السنّي بنسبة تتراوح بين (50-20%) مقارنة بارتباط العاج السليم بهذه المواد، وعزى سبب ذلك إلى الخصائص الميكانيكية

الضعيفة للعاج المتأثر. ذكرت (Hend-S- Ahmad 2021) أنّ العاج المتأثر بالنخر يظهر تغيراً ملحوظاً ومميزاً في المحتوى المعدني ونقصاً في التبلور، وتغيراً في القالب العضوي، ولاحظ (Mohanty Pooja 2023) أنّ امتداد وعدد الأوتاد الراتنجية المندخلة في الطبقة الهجينة بعد تطبيق نظام الربط كان أقل مقارنة مع العاج السليم وذلك بسبب أنّ كتلة ألياف الكولاجين المتبقية غير ناضجة، كما أنّ هناك نقص حاد في بلورات الأباتيت في العاج المتأثر المتبقي، كما تمتلئ الأفتية العاجية برواسب معدنية مثل شوارد فوسفات الكالسيوم من النمط β Phosphat (β -Octocalcium) الأمر الذي يجعل العاج المتأثر بالنخر قليل النفاذية ومقاوماً بشكل أكبر للتخريش الحمضي ويقل الارتباط بالمواد الراتنجية الرابطة.

توافقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Heng Li.2011) حيث لم تجد الدراسة فروقاً في قيم مقاومة الشد المجهرية بين طريقة تجريف النخر التقليدية، والتقنية الكيميائية الميكانيكية. كما اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Sirin Karaarslan.2012) حيث لم يكن هنالك فروق بين قيم مقاومة الشد المجهرية بين مجموعات تجريف النخر التي أدرجت في دراسة (Karaarslan) وهي التقنية التقليدية والتقنية الكيميائية الميكانيكية والليزر السني (ER:YAG). وتم الحصول على نتائج مماثلة في دراسة (Hamamah.2014) حيث لم يكن هناك فروق بين تقنيتي تجريف النخر التقليدية والكيميائية الميكانيكية فيما يتعلق بمقاومة الشد المجهرية.

اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Yildize.2013) حيث كانت مقاومة الشد في مجموعة تجريف النخر بالليزر السني أقل من مجموعة تجريف النخر بالتقنية الكيميائية الميكانيكية، ويمكن تفسير الاختلاف بكون الدراسة الحالية أجريت على أرحاء بشرية دائمة، في حين جرت دراسة (Yildize) على أرحاء مؤقتة، كما استخدمت الدراسة الحالية نظام ربط واحد فقط من الجيل الخامس (تخريش-غسل-ربط) في حين وظفت دراسة (Yildize) نظامي ربط أحدهم من الجيل الخامس والآخر نظام ربط تخريش ذاتي وبخطوة واحدة.

اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Mehmet atacebe.2015) حيث كان معدل قيم مقاومة الشد المجهرية في مجموعة تجريف النخر بالليزر أقل مقارنة بمجموعة تجريف النخر بالتقنية الكيميائية الميكانيكية والتقنية التقليدية، ويمكن تفسير النتائج بكون الحفر السنية في دراسة (Mehmet) كانت حفر ملاصقة في حين كانت الحفر في الدراسة الحالية حفر إطباقية، كما أنّ عنصر التقنية الكيميائية الميكانيكية في دراسة (Mehmet) كان (Carisolv) بينما كان منتج (CariMove) هو عنصر التقنية الكيميائية الميكانيكية المستخدم في الدراسة الحالية.

في الدراسة التي قام بها (Lakhani B.2019) كان الارتباط مع المواد المرممة الراتنجية أعلى في مجموعة تجريف النخر بالتقنية الكيميائية الميكانيكية مقارنة بمجموعة تجريف النخر بالتقنية التقليدية التي توظف سنابل تجريف النخر المصنوعة من الستانلس ستيل، يمكن أن يعزى الاختلاف إلى اختلاف عنصر التقنية الكيميائية الميكانيكية بين الدراستين الذي كان في دراسة (Lakhani B) هو (Cariecare)، كما يمكن تفسير الاختلاف أيضاً باختلاف المادة المرممة المستخدمة في ترميم الحفر في كل من الدراستين.

اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Teresa Wohlleb.2020) حيث وجدت (Teresa) أن لا فروق في قيم مقاومة الشد المجهرية بين سنابل (Smart Burs II) وسنابل التجريف التقليدية، كانت الحفر في دراسة (Teresa) ملاصقة وكانت المواد المرممة هي الراتنج المركب الكتلتي (Tetric EvoCeram) والراتنج المركب فائق الدقة الهجين (Ivoclar-Vivadent) كما كانت أنظمة الربط المستخدمة هي أنظمة التخريش الكامل، والتخريش الذاتي بخطوة واحدة وهذا يمكن أن يعد السبب في اختلاف النتائج بين الدراستين.

في دراسة (Sattabanasuk.2006) أظهر الليزر قيم قوة ارتباط أعلى وبفروق ذات دلالة مقارنة مع التقنية التقليدية ، ويمكن أن تعزى هذه النتائج إلى اختلاف أنظمة الربط المستخدمة في كل من الدراستين. بأية حال اقترح المؤلفون واستناداً إلى نتائج الدراسات استخدام نظام ربط بثلاث خطوات (تخريش-غسل-ربط) بعد تجريف النخر بالليزر السني، كما اقترحوا استخدام نظام ربط يعتمد على المبدئات ذاتية التخريش بعد استخدام التقنية الكيميائية الميكانيكية في تجريف النخر السني (Marcelino GD.2021).

الاستنتاجات Conclusions:

أظهرت هذه التجربة المختبرية دور الليزر السني والتقنية الكيميائية الميكانيكية وكذلك التقنية التقليدية في زيادة قوة الارتباط مع مواد الترميم الراتنجية.

التوصيات Recommendations:

استخدام التقنية التقليدية التي توظف سنابل (ستانلس ستيل الدوارة المركبة على القبضات المعوجة بطيئة السرعة)، وكذلك تقنية الليزر السني (ER:YAG)، وكذلك التقنية الكيميائية الميكانيكية من أجل إزالة وتجريف النخر السني العاجي.

المقترحات Suggestions:

- إجراء دراسات تستخدم ضوابط مختلفة للإشعاع الليزري (طاقات نبضات_تواتر النبضة) بهدف تقييم النتائج والوصول إلى الضوابط المثالية أثناء تجريف النخر السني والتي تضمن الكفاءة الأعلى وكذلك السطح المثالي بعد انتهاء تجريف النخر والذي يسمح بزيادة قوة الارتباط إلى مواد الترميم الراتنجية.
- إجراء دراسات مقارنة لتقييم عناصر أخرى للتقنية الكيميائية الميكانيكية مثل (Carisolv,Brix3000...) وتحري كفاءتها وفعاليتها وأثرها على تجريف النخور السنية وكذلك أثرها على قوة الارتباط اللاحق بالمواد المرممة الراتنجية.
- إجراء دراسات من أجل تقييم أثر التقنيات المختلفة في تجريف النخر على الارتباط مع مواد الترميم الراتنجية في أنماط مختلفة من الحفر السنية (حفر ملاصقة-حفر عنقية-نخور جذر) .
- إجراء دراسات لتقييم أثر التقنيات المختلفة في تجريف النخر على موضوع الارتباط مع مواد الترميم الراتنجية المختلفة (هجين، فائقة الدقة هجينة، راتنجات مركبة كتلية، فائقة الدقة)، وكذلك أنظمة الربط المختلفة المتوافرة تجارياً (جيل سادس- جيل سابع).

المراجع References:

1. Kiros A, Saravanan M, Niguse S, Gebregziabher D, Kahsay G, Dhandapani R, Paramasivam R, Araya T, Asmelash T. Bacterial Profile, Antimicrobial Susceptibility Pattern, and Associated Factors among Dental Caries–Suspected Patients Attending the Ayder Comprehensive Specialized Hospital and Private Dental Clinic in Mekelle, Northern Ethiopia. Biomed Res Int. 2022 Oct 17;2022:3463472. doi: 10.1155/2022/3463472. PMID: 36299705; PMCID: PMC9592214
2. – Andrysiak–Karmińska K, Hoffmann–Przybylska A, Przybylski P, Witkowska Z, Walicka E, Borysewicz–Lewicka M, Gregorczyk–Maga I, Rahnama M, Gerreth K,

- Opydo–Szymaczek J. Factors Affecting Dental Caries Experience in 12–Year–Olds, Based on Data from Two Polish Provinces. *Nutrients*. 2022 May 6;14(9):1948. doi: 10.3390/nu14091948. PMID: 35565915; PMCID: PMC9104912
3. Kurtović A, Talapko J, Bekić S, Škrlec I. The Relationship between Sleep, Chronotype, and Dental Caries–A Narrative Review. *Clocks Sleep*. 2023 May 15;5(2):295–312. doi: 10.3390/clockssleep5020023. PMID: 37218869; PMCID: PMC10204555.
 4. Nomura Y, Otsuka R, Wint WY, Okada A, Hasegawa R, Hanada N. Tooth–Level Analysis of Dental Caries in Primary Dentition in Myanmar Children. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Oct 19;17(20):7613. doi: 10.3390/ijerph17207613. PMID: 33086651; PMCID: PMC7589262
 - Asal MA, Abdellatif AM, Hammouda HE. Clinical and Microbiological Assessment of Carisolv and Polymer Bur for Selective Caries Removal in Primary Molars. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2021 May–Jun;14(3):357–363. doi: 10.5005/jp–journals–10005–1956. PMID: 34720507; PMCID: PMC8543989.
 5. Tefera AT, Girma B, Adane A, Muche A, Ayele TA, Getahun KA, Aniley Z, Ali S, Handebo S. The prevalence of dental caries and associated factors among students living with disability in the Amhara region, Ethiopia. *Clin Exp Dent Res*. 2022 Dec;8(6):1505–1515. doi: 10.1002/cre2.646. Epub 2022 Aug 15. PMID: 35971194; PMCID: PMC9760154.
 6. Moussa DG, Ahmad P, Mansour TA, Siqueira WL. Current State and Challenges of the Global Outcomes of Dental Caries Research in the Meta–Omics Era. *Front Cell Infect Microbiol*. 2022 Jun 17;12:887907. doi: 10.3389/fcimb.2022.887907. PMID: 35782115; PMCID: PMC9247192
 7. Cheng FC, Wang YL, Tang LH, Wang LH, Huang GF, Chiang CP. Correlation between dental professionally topical fluoride application and children's dental use for dental caries under the National Health Insurance system in Taiwan from 2008 to 2021. *J Dent Sci*. 2023;18(3):1310–1322. doi:10.1016/j.jds.2023.04.006.
 8. Asal MA, Abdellatif AM, Hammouda HE. Clinical and Microbiological Assessment of Carisolv and Polymer Bur for Selective Caries Removal in Primary Molars. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2021 May–Jun;14(3):357–363. doi: 10.5005/jp–journals–10005–1956. PMID: 34720507; PMCID: PMC8543989.
 9. Warreth A. Dental Caries and Its Management. *Int J Dent*. 2023 Jan 3;2023:9365845. doi: 10.1155/2023/9365845. PMID: 36.

10. Dareen Azmi Azzouz, Fadi Badr Al-Din Al-Nashawati & Osama Al-Jabban. In Vitro Study of Influence of Carisolve on Bond Strength of Composite with Dentine. *Sch J Dent Sci*, 2022 Jun 9(5): 100–111.
11. Ricketts D, Lamont T, Innes NP, Kidd E, Clarkson JE. WITHDRAWN: Operative caries management in adults and children. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019 Jul 24;7(7):CD003808. doi: 10.1002/14651858.CD003808.pub4. PMID: 31339555; PMCID: PMC6653982.
12. Goyal A, Srivastava M, Khanduja R, et al. Comparative Evaluation of Efficiency, Efficacy, and Patient Perception of Caries Excavation Burs in Pediatric Patients: A Randomized Clinical Trial. *J South Asian Assoc Pediatr Dent* 2022;5(1):11–16.
13. Manhas S, Pandit IK, Gugnani N, Gupta M. Comparative Evaluation of the Efficacy of Stepwise Caries Excavation vs Indirect Pulp Capping in Preserving the Vitality of Deep Carious Lesions in Permanent Teeth of Pediatric Patients: An In Vivo Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2020;13(Suppl 1):S92–S97. doi: 10.5005/jp-journals-10005-1874. PMID: 34434021; PMCID: PMC8359879
14. Natarajan D. Silver Modified Atraumatic Restorative Technique: A Way towards "SMART" Pediatric Dentistry during the COVID-19 Pandemic. *Front Dent*. 2022 Mar 12;19:12. doi: 10.18502/fid.v19i12.9215. PMID: 35937154; PMCID: PMC9294662
15. Abinaya R, Nagar P, Urs Pallavi, et al. Comparing the Efficacy of Three Minimally Invasive Techniques on Demineralized Dentin in Primary Teeth and Evaluating Its Residual Dentin and Microhardness Levels: An In Vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent* 2020;13(6):585–589.
16. Nagham Khoury, Mohannad Laflouf, Mohammad Salem Rikab, Saleh AlKurdi, Zuhair AlNerabieh. Muaaz Alkhouli. Efficacy of Smart Burs and CARISOLV in caries removal in comparison to conventional method: A Randomized Controlled Clinical Trial. 2022 *Teikyo Medical Journal*. ISSN: 03875547 Volume 45, Issue 04, June, 2022.
17. Asmaa M. Faiek, Samy Y. Al-Bauomy, Mohamed H. Mostafa. Clinical and Microbiological Evaluation of Smartprep Burs in Caries Removal in Primary Teeth. *AL-AZHAR Journal of Dentistry*. AZJD, Vol. 10, No. 2, April (2023) — PP. 533:541. Print ISSN 2974-4156 Online ISSN 2974-4164.
18. Shrimahalakshmi, Nagalakshmi Chowdhary, Kiran N K, Ravigna Pedd. Clinical Evaluation of Caries Removal Efficacy of Polymer Burs. *International Journal of Innovative Science and Research Technology* .ISSN No:-2456-2165. Volume 7, Issue 1, January – 2022

19. Inamdar MS, Chole DG, Bakle SS, Gandhi NP, Hatte NR, Rao MP. Comparative evaluation of BRIX3000, CARIE CARE, and SMART BURS in caries excavation: An in vivo study. *J Conserv Dent.* 2020 Mar–Apr;23(2):163–168. doi: 10.4103/JCD.JCD_269_20. Epub 2020 Nov 5. PMID: 33384489; PMCID: PMC7720760.
20. Lohmann J, Schäfer E, Dammaschke T. Histological determination of cariously altered collagen after dentin caries excavation with the polymer bur PolyBur P1 in comparison to a conventional bud bur. *Head Face Med.* 2019 Jul 15;15(1):19. doi: 10.1186/s13005-019-0205-9. PMID: 31307514; PMCID: PMC6628479.
21. Abdelaziz, E., Badran, A., Allam, G. Chemomechanical Caries Removal Agents and Their Applications in Pediatric Dentistry. *Advanced Dental Journal*, 2022; 4(1): 11–18. doi: 10.21608/adjc.2021.103368.1119.
22. Rachita Arora, Sayan Chattopadhyay, Amit Kishor, Dr. Shivani Singh Abhijeet Alok (2022) “Chemomechanical Caries Removal With Calcium Hydroxide: An SEM Study”, *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, pp. 4686–4691. doi: 10.47750/pnr.2022.13.S08.607.
23. Wenyan H, Pujue Z, Yuhang H, Zhenni L, Yuejun W, Wenbin W, Ziling L, Pathak JL, Sujuan Z. The impact of Er:YAG laser combined with fluoride treatment on the supragingival plaque microbiome in children with multiple caries: a dynamic study. *BMC Oral Health.* 2022 Nov 24;22(1):537. doi: 10.1186/s12903-022-02537-z. PMID: 36424564; PMCID: PMC9685943.
24. Lima, G. B. B. ., Queiroga, I. S. de M. ., Alves–Silva, E. G. ., Melo, E. L. de ., Gerbi, M. E. M. de M. ., Bispo, M. E. A. ., Sá, R. A. G. de . and Menezes, M. R. A. de . (2021) “The use of Er:YAG laser in Dentistry: integrative review”, *Research, Society and Development*, 10(3), p. e9310313063. doi: 10.33448/rsd-v10i3.13063.
25. Gabrić, D., Baraba, A., Batinjan, G., Blašković, M., Vučićević Boras, V., Filipović Zore, I., Gjorgjevska, E. (2015). *Advanced Applications of the Er:YAG Laser in Oral and Maxillofacial Surgery.* InTech. doi: 10.5772/59273.
26. Kuhn K, Schmid CU, Luthardt RG, Rudolph H, Diebolder R. Er:YAG laser–induced damage to a dental composite in simulated clinical scenarios for inadvertent irradiation: an in vitro study. *Lasers Med Sci.* 2022 Mar;37(2):1017–1030. doi: 10.1007/s10103-021-03348-4. Epub 2021 Jul 11. PMID: 34247315; PMCID: PMC8918135.
27. Valenti C, Pagano S, Bozza S, Ciurnella E, Lomurno G, Capobianco B, Coniglio M, Cianetti S, Marinucci L. Use of the Er:YAG Laser in Conservative Dentistry: Evaluation

- of the Microbial Population in Carious Lesions. *Materials (Basel)*. 2021 May 4;14(9):2387. doi: 10.3390/ma14092387. PMID: 34064339; PMCID: PMC8124663.
28. MARTÍNEZ-CARRASCO, C. A.; NEVÁREZ-RASCÓN, A. & SOTO-BARRERAS, U. Comparative evaluation of bond strength of self-etching and total etch dental adhesive systems to dentin of deciduous and permanent teeth. *Int. J. Odontostomat*14(1):55–59, 2020.
29. E. Sirin Karaarslan E. Yildiz M.A. Cebe Z. Yegin B. Oztur., Evaluation of micro-tensile bond strength of caries-affected human dentine after three different caries removal techniques. *Journal of Dentistry*. Volume 40, Issue 10, October 2012, Pages 793–801. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.05.013>.
30. Hidehiko Sano, Abu Faem Mohammad Almas Chowdhury, Pipop Saikaew, Mariko Matsumoto, Shuhei Hoshika, Monica Yamauti. The microtensile bond strength test: Its historical background and application to bond testing *Japanese Dental Science Review* Volume 56, Issue 1.2020 Pages: 24–31, ISSN 1882–7616.m <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2019.10.001>.
31. Yao Yao, Aoxiang Luo, Yanhong Hao. Selective versus stepwise removal of deep carious lesions: A meta-analysis of randomized controlled trials, *Journal of Dental Sciences* ,Volume 18, Issue 1.2023 Pages 17–26 ISSN 1991–7902, <https://doi.org/10.1016/j.jds.2022.07.021>.
32. Hend S. Ahmed ,Hossam A. Alhussiny. Effect Of Chemo-Mechanical Caries Removal On The Micro-Tensile Bond Strength Of Resin Composite Using Universal Adhesive To Caries Affected Dentine. *Egyptian Dental Journal*. Vol.67, 1729:1741, April, 2021. Print ISSN 0070–9484 • Online ISSN 2090–2360. 10.21608/edj.2021.66704.1543.
33. Yildiz, Esmá & Sirinkaraarslan, E & Göztaş, Zeynep & Cebe, M & Tosun, Gul. (2013). Effect of caries removal techniques on the bond strength of adhesives to caries-affected primary dentin In vitro. *European journal of paediatric dentistry : official journal of European Academy of Paediatric Dentistry*. 14. 209–14.
34. Dareen Azmi Azzouz, Fadi Badr Al-Din Al-Nashawati & Osama Al-Jabban. In Vitro Study of Influence of Carisolve on Bond Strength of Composite with Dentine. *Sch J Dent Sci*, 2022 Jun 9(5): 100–111.
35. Arbabzadeh F, Birang E, Nazem R, Abbasian M, Koosha F, Birang R. A Comparative Study on Micro Hardness and Structural Changes of Dentin Floor Cavity Prepared by Er: YAG Laser Irradiation and Mechanical Bur. *J Dent (Shiraz)*. 2013 Jun;14(2):73–7. PMID: 24724123; PMCID: PMC3977546.

36. Bratu DC, Nikolajevic–Stoican N, Popa G, Pop SI, Dragoş B, Luca MM. A Bibliometric Analysis (2010–2020) of the Dental Scientific Literature on ChemoMechanical Methods of Caries Removal Using Carisolv and BRIX3000. *Medicina (Kaunas)*. 2022 Jun 11;58(6):788. doi: 10.3390/medicina58060788. PMID: 35744051; PMCID: PMC9231379.
37. Somani R, Chaudhary R, Jaidka S, Singh DJ. Comparative Microbiological Evaluation after Caries Removal by Various Burs. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2019 Nov–Dec;12(6):524–527. doi: 10.5005/jp-journals-10005-1678. PMID: 32440068; PMCID: PMC7229379.
38. Otake, S.; Oishi, S.; Ozaki, T.; Ikeda, M.; Komada, W. Effect of Method of Removing Caries–Affected Dentin on the Bond Strength of Composite Resin to Root Canal Dentin. *Healthcare* 2022, 10, 2143. <https://doi.org/10.3390/healthcare10112143>.
39. Mohanty, Pooja R., Lora Mishra, Klara Saczuk, and Barbara Lapinska. 2023. "Optimizing Adhesive Bonding to Caries Affected Dentin: A Comprehensive Systematic Review and Meta–Analysis of Dental Adhesive Strategies following Chemo–Mechanical Caries Removal" *Applied Sciences* 13, no. 12: 7295. <https://doi.org/10.3390/app13127295>.
40. Heng Li, Wen–Mei Wang, Shao–Ling Yu, Qin Wen Morphological and microtensile bond strength evaluation of three adhesive systems to caries–affected human dentine with chemomechanical caries removal *Journal of Dentistry* ,Volume 39, Issue 4,2011, Pages 332–339, ISSN 0300–5712. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2011.02.004>.
41. Hamama HH, Yiu CK, Burrow MF. Effect of chemomechanical caries removal on bonding of self–etching adhesives to caries–affected dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 2014 Dec;16(6):507–516. DOI: 10.3290/j.jad.a33250. PMID: 25516887.
42. Cebe, Mehmet & Ozturk, Bora & Sirin Karaarslan, Emine. (2015). Effect of caries removal techniques on bond strength to caries affected dentin on gingival wall: AFM observation of dentinal surface. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 30. 1–14. 10.1080/01694243.2015.1093339.
43. Lakhani, B., 2019. Scanning Electron Microscope Analysis of Resin Bonding Characteristics Using Mechanical and Chemo Mechanical Caries Removal Techniques–An In Vitro Study. *Dentistry & Dent Pract J*, 2(1), p.180013.
44. Teresa Wohlleb, Dalia Kaisarly, Peter Rösch, Karl–Heinz Kunzelmann Self–limiting caries excavation with a polymer bur: Adhesive bonding to residual dentin *International*

Journal of Adhesion and Adhesives, Volume 98,2020,102509 ISSN 0143-7496<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2019.102509>

45. Marcelino GD, Lopes JH, Faraoni JJ, Dias PC. The use of Er: YAG laser for dental caries removal. Stoma Edu J. 2021;8(3):173–83.

دراسة مقارنة لقوة الربط للإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج والكومبوزيت السيلال مع الأوتاد المقواة بالألياف الزجاجية باستخدام اختبار الدفع

حذيفة بعبر* د. ابتسام سلامة**

(الإيداع: 15 آب 2023، القبول: 2 تشرين الثاني 2023)

الملخص:

يُعد فشل إصاق الأوتاد الجذرية من أكثر الأسباب شيوعاً لفشل الأسنان المعالجة لبياً من الناحية السريرية ومن هنا تركزت الجهود لتطوير أنظمة ترميمات تاجية جذرية متقبلة حيويًا وتحافظ على العاج الجذري ولا تطبق جهود على الجذر وقوية وقابلة للتثبيت بالإسمنتات السنية ومقاومة للتآكل وتجميلية وهذا قاد الباحثين لتطوير أوتاد تجميلية من الراتنج المقوى أو من