

## دراسة مخبرية مقارنة لتقييم فعالية وكفاءة تقنيات مختلفة لتجريف النخر السني.

أ.د. عاطف عبدالله\*\*

إياد أحمد\*

(الإيداع: 4 آذار 2024 ، القبول: 24 آيار 2024)

### الملخص:

يهدف هذا البحث إلى تقييم تقنيات مختلفة لتجريف النخر السني (التقنية التقليدية-السنابل الذكية-التقنية الكيميائية الميكانيكية-الليزر السني) في سياق عملية إزالة النخر السني وذلك من خلال تحري الفعالية (الزمن اللازم لإتمام عملية إزالة النخر السني بشكل كامل) والكفاءة (تحري وجود التراكمات الجرثومية) بعد انتهاء عملية تجريف النخر السني. تضمنت عينة الدراسة (60) رضى بشرية مقلوعة عليها نخور إطباقية، وتم تقسيم عينة الأرحاء بشكل عشوائي وبالتساوي إلى أربع مجموعات. كل مجموعة خضعت لتجريف النخر باستخدام تقنية واحدة فقط من تقنيات تجريف النخر. حُسب الزمن اللازم لتجريف النخر العاجي لكل عينة منذ البداية وحتى الانتهاء، ووضعت الأزمنة في جداول. خضعت العينات بعد ذلك إلى الدراسة النسيجية من خلال تحضير شرائح مجهرية وفحصها تحت المجهر الضوئي من أجل تحري وجود تراكمات جرثومية متبقية بعد انتهاء عملية تجريف النخر السني. خضعت بيانات دراسة حساب الزمن اللازم لتجريف النخر لاختبار (ANOVA) وبعدها لاختبار (Bonferroni) وخضعت بيانات دراسة تحري التراكم الجرثومي لاختبار (Kruskal–Wallis) واختبار (Mann–Whitney U). كانت تقنية تجريف النخر باستخدام الليزر السني هي الأكثر تطلباً للوقت من أجل إنجاز الإزالة الكاملة للنخر السني وبفروق ذات دلالة احصائية مقارنة مع باقي تقنيات تجريف النخر، وبالرغم من ذلك كانت مستويات التراكم الجرثومي بعد انتهاء تجريف النخر هي الأقل في مجموعة تجريف النخر باستخدام الليزر السني، في حين كانت مستويات التراكم الجرثومي الأعلى بعد انتهاء تجريف النخر مترافقة مع استخدام تقنية تجريف النخر باستخدام سنابل (Smart Burs II). لم تجد الدراسة الحالية فروقاً في مستويات التراكم الجرثومي المتبقية بعد تجريف النخر باستخدام التقنية التقليدية والتقنية الكيميائية الميكانيكية. أظهرت هذه التجربة المخبرية كفاءة الليزر السني وفعالية التقنية الكيميائية الميكانيكية وكذلك التقنية التقليدية في سياق عملية تجريف النخر السني.

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

\* طالب دراسات عليا (دكتوراه) - اختصاص مداواة الأسنان - كلية طب الأسنان - جامعة حماة  
\*\* أستاذ في قسم مداواة الأسنان - كلية طب الأسنان - جامعة طرطوس

## A Comparative In Vitro Study to Evaluate the Effectiveness and Efficiency of Different Dental caries removal Techniques

Dr. Eyad Ahmad\*

Dr. Atef Abdullah\*\*

(Received: 24 March 2024, Accepted: 24 May 2024)

### Abstract:

This research aims to evaluate different techniques for caries (conventional stainless steel Burs- Smart Burs II - Chemomechanical Technique - dental laser) in the process of removing dental caries, by investigating the effectiveness (time required to completely caries removal process) and efficiency (detecting the presence of bacterial accumulations) after the completion of the process . The study included a caries removal of (60) 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,G1(caries removal by conventional technique,G2 caries removal by Smart Burs II,G3 caries Removal by CMCR technique,G4 caries removal by ER:TAG laser. The time required to remove dentinal caries for each sample was calculated from the beginning to completion. The samples were then subjected to histological study in order to detect the presence of remaining bacterial accumulations after the completion of removal dental caries. The data of the study of the time required to remove caries were subjected to the (ANOVA) test and the (Bonferroni) test, and the data of the study of investigating bacterial accumulation were subjected to the (Kruskal-Wallis) test and the (Mann-Whitney U) test. The caries removal technique using a dental laser was the most time-consuming in order to complete the complete removal of dental caries, with statistically significant differences compared to the rest of the caries removal techniques. The levels of bacterial accumulation after the end of caries removal was the lowest in the laser caries removal group, While the highest levels of bacterial accumulation were associated with Smart Burs II group. There were no differences in the levels of residual bacterial accumulation after caries removal using the conventional technique and the chemical-mechanical technique

This in vitro experiment demonstrated the efficiency of the dental laser and the effectiveness of the chemo-mechanical technique as well as the conventional technique in the context of the process of removing dental caries.

**Key Words:** Dental caries, Rotary Burs, CMCR , Dental Laser

<sup>(1)</sup> Postgraduate Student (Doctorate Degree) – Department of Endodontic and Operative Dentistry – Faculty of Dentistry – University of Hama.

<sup>(2)</sup> Professor – Department of Endodontics & Operative Dentistry– Faculty of Dentistry – University of Tartous

**المقدمة Introduction :**

ما يزال النخر السني هو المرض المزمن الأكثر شيوعاً وانتشاراً على مستوى العالم، وهو مرض معقد من حيث المنشأ، كما يعتبر مرضاً ديناميكياً يتم التحكم به وتحريكه من قبل العديد من العوامل الموضوعية (قابلية المضيف) والرقم الهيدروجيني لللعاب والكائنات الحية الدقيقة (الجراثيم). لم يتم حتى الآن التوصل بشكل كامل إلى معرفة كل العوامل التي تؤثر في العملية النخرية، كما لم يتم تحديد التداخلات التي تحصل بين هذه العوامل بشكل دقيق أثناء نشوء النخر وتطوره وتقدم العملية النخرية. (Dania G Mousa.2022)

تخمر العضويات الدقيقة المسببة للنخر السني السكريات الغذائية وتحولها إلى أحماض تقوم بخسف المعادن من الأنسجة الصلبة للأسنان (المينا والعاج والملاط). يؤثر تواتر تناول الوجبات الغذائية وقوام الطعام المتناول ونمط السكريات المأخوذة ومدة التعرض على خطر تشكل النخر السني وتقدمه. وفي نفس الوقت هناك 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)

يعتبر النخر السني من الأمراض المعدية التي تصيب الحفرة الفموية ، ومن الممكن أن يصيب أي فئة عمرية بدءاً من مرحلة الطفولة المبكرة وحتى مرحلة الشيخوخة. (Kiros A 2022)

يُعتبر النخر السني مشكلة صحية كبرى، وذلك لأنه المرض الأكثر انتشاراً على مستوى العالم، وقد تصل نسبة البالغين الذين يعانون من نخر الأسنان إلى قرابة 100%، وبالرغم من سهولة الوقاية منه إلا أن معدل انتشاره لم ينخفض بشكل فعال خلال الثلاثين عاماً الماضية، ويزداد هذا الانتشار في البلدان ذات الوضع الاجتماعي والاقتصادي والثقافي المنخفض. (Jacqueline Fraser.2024)

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. (Nomura.2020)

إنَّ النخر 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 فإنَّ نمو الأطفال وصحتهم العامة ووزنهم وكذلك تغذيتهم سوف تكون معرضة للخطر بشكل كبير في حال كانت الإصابات النخرية شديدة لدى الأطفال. ( Amare )

(Tefera.2022)

إن لم يتم علاج النخر السني في مراحله المبكرة فقد يسبب ألماً شديداً لا يُطاق وتورمات في الوجه وتحدد في فتحة الفم، وقد تصل آثاره الخطيرة جداً إلى صعوبة في التنفس وقد يؤدي في بعض الحالات إلى الموت. (Kiros A 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 ومنتاليتين 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 المجهرية 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 سريريّاً 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) زوالاً جزئياً للمعدن 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)

يملك العاج المتأثر لوناً بنياً شاحباً، وهو أكثر صلابة من العاج المصاب وأقل قساوة من العاج السليم وهو مقاوم للتجريف اليدوي 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 الأقفنية العاجية مما قد يؤدي إلى حدوث طمس لهذه الأقفنية وحدوث تصلب العاج. (wareth.2023)

في البدايات الأولى لطب الأسنان الحديث كان النخر يُزال بشكل كامل على أساس مفهوم التمديد الوقائي وفقاً لمنهج العالم بلاك (G.V.Black)، وبعد فترة من الزمن ونظراً للتطور الحاصل في طب الأسنان اتجه طب الأسنان نحو النهج المحافظ (الحد الأدنى من التداخل الجراحي على النسيج السنية والحفاظ بالحد الأقصى على بنية الأسنان الطبيعية وحيوية اللب السني) (Abinaya.2020)، ويعتمد هذا النهج الحديث في إدارة وتدبير النخور السنية على اكتشاف وتشخيص واعتراض الآفة النخرية ومعالجتها وهي في مراحلها المبكرة وفي حدودها الدنيا من حيث الانتشار. (Swati Manhas 2020)

تشير الدلائل الحالية إلى أنّ إزالة كامل العاج النخر في الآفات النخرية العميقة ليس ضرورياً بشرط أن يتم إجراء ترميم محكم ، فالعاج المتأثر لديه نشاط جرثومي أقل من العاج الموقوف، 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 أوقفت التقدم السريري بشكل كامل للآفات النخرية. (Natarajan Diva 2022)

نتيجة لذلك يهدف معظم الأطباء حالياً إلى إزالة الطبقة المصابة فقط قبل البدء بإجراءات الترميم وذلك تجنباً للإزالة غير الضرورية للنسيج السنية، فالعاج المصاب لا يمكن إصلاحه ولا يمكن الاعتماد عليه كركيزة ارتباط موثوقة للمادة الرابطة لإنتاج ختم موثوق به. (Senthilkumar et al.2020)

بشكل تقليدي يقوم أطباء الأسنان بإزالة كامل النخر باستخدام القبضات السنية والسنابل الدوارة، 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 السني وإضعاف البنية السنية نتيجة التضحية غير الضرورية بنسج سنية 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)

إنّ التقنية التقليدية والخوف والانزعاج المرتبط بها كان أحد العوائق الرئيسية التي تحول دون طلب المرضى للرعاية السنية الدورية والمنتظمة، وبالتالي كان ذلك دافعاً لتطوير طرق جديدة في علاج النخر السني تحافظ قدر الإمكان على النسيج السنية وتقلل من المخاطر الناتجة عن الاستهلاك المفرط للنسج السنية وتقلل من الخوف والقلق و مستويات الانزعاج لدى المريض. (Montedori.2016)

من التقنيات الحديثة التي تؤمن الحد الأدنى من التداخل الجراحي على النسيج السنّي اللينر السنّي والمواد السنّي الذكية والتقنيات الترميمية غير الرضية وتقنيات الإزالة الكيميائية الميكانيكية للنخر (Abinaya.2020) وفي محاولة لتطوير أداة دوارة من أجل الإزالة الانتقائية للنخر السنّي تم تقديم سنبله (Polymer Bur) ذات المقدرة المحددة والتي تبقى على العاج المتأثر منزوع التمعدن بشكل جزئي بعد إزالة العاج المصاب بالنخر فقط. (Lakhani B.2019) السنابل الذكية لا تصنع من الكاربيد ولكنها تصنع من مادة بوليمير خاصة تدعى (بولي إيثر إيثر كيتون PEKK) الطبية، ولهذا السنابل رقم قساوة سطحية (Knoop50) ، في حين يتراوح رقم القساوة السطحية للعاج النخر بين (Knoop15-20)، والعاج السليم (Knoop70) وما فوق، وهذا يساعد على الإزالة الانتقائية للعاج المصاب دون أن يسبب ذلك بإزالة غير ضرورية للعاج المتأثر والعاج السليم. (Naghm 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)

إنّ استعمال هذه السنابل يقلل من احتمال تعرض اللب السنّي للانكشاف في الآفات النخرية العميقة، كما أنّ استعمال هذه السنابل لتجريف النخر لا يحتاج لتطبيق التخدير، كما انها أكثر ملاءمة للمرضى الذين يعانون من الخوف والقلق من المعالجات السنّيّة، وقد يعمل استخدام هذه السنابل في العلاج على غرس وخلق موقف إيجابي تجاه تقبل المعالجة السنّيّة 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 الآداة وتتلاشى شفراتها القاطعة وتصبح غير قادرة على إجراء عملية القطع ، وتتعرض للاهتزاز عندما تصل السنبله إلى منطقة العاج السليم. (Inamdar .2020) بالرغم من أنّ هذه السنابل مخصصة للاستعمال بشكل خاص بالقرب من اللب لمنع تعرض اللب للانكشاف إلا أنّ 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 والعاج الصلب القابل لإعادة التمعدن. (Lohmann 2019)

كانت إحدى طرائق طب الأسنان قليل التداخل والمحافظة الأكثر شيوعاً على مدار السنوات العشر الماضية هي استخدام عوامل التقنية الكيميائية الميكانيكية. يعتمد مبدأ التقنية الكيميائية الميكانيكية (CMCR) في تجريف النخر السنّي على تليين العاج النخر بشكل كيميائي ومن ثم إزالته بلطف باستخدام الأدوات اليدوية أو الدوارة التي تدار بسرعات منخفضة للغاية، وهي تختلف عن المعالجات التقليدية حيث تزيل العاج النخر فقط وتحافظ على العاج المتأثر الذي يمتلك القدرة على إعادة تمعدنه في وقت الحق، وبالتالي تعتبر هذه التقنية أقل تدميراً للنسيج السنّي. (Maashi MS.2023) تزيل التقنية الكيميائية الميكانيكية النسيج السنّي المصابة عن طريق العوامل الاصطناعية والطبيعية، وهي لا تزيل النسيج السنّي النخرة فحسب بل تحافظ على الهياكل السنّيّة السليمة، كما أنها تجنب حدوث تهيج النسيج اللبي وحدث الانزعاج والقلق لدى المرضى فهي أقل إيلاًماً للمرضى وأكثر راحة أثناء التطبيق ولا تحتاج لتطبيق التخدير، وهذا الأمر بالغ الأهمية عند علاج مرضى رهاب المعالجة السنّيّة والمرضى غير المتعاونين أو المرضى الذين يعانون من إعاقات جسدية أو الذين لديهم أمراض معدية إذ أنّ استخدام هذه التقنية يقلل من استعمال القبضات السنّيّة ويخفف من إنتاج الرذاذ والهباء الجوي. تم تطوير عوامل (CMCR) منذ عام (1975) ويتم تصنيف عوامل التقنية الكيميائية الميكانيكية إلى عوامل أساسها

هيبوكلووريد الصوديوم مثل (GK101,Caridex,Carisolv,Carimove)، وتلك التي أساسها يعتمد على الأنزيم مثل (Abdelaziz E.2022). (Biosolv,Carie–Care,Brix3000,PapaCarie)

اكتسبت تقنية إزالة النخر الكيميائية الميكانيكية في السنوات الأخيرة قبولاً متزايداً لدى المجمع العلمية والأطباء في العيادات السنية وذلك بسبب الاجراءات البسيطة وغير المؤلمة وتغلبها على العديد من عيوب إزالة النخر وفق الطريقة التقليدية التي تعتمد على الأدوات الدوارة، وهي تقنية محافظة وتقلل من انتاج الرذاذ الملوث بالعضويات الدقيقة الناتج عن تحضير الحفر السنية والذي يشكل تهديداً خطيراً لطواقم العمل في العيادة السنية خاصة خلال فترة جائحة (كورونا Covid-19). (Bratu.2022)

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 والسنبال الدوارة الأمر الذي يؤدي إلى علاج أكثر رضئاً للمرضى. (Wenyan H.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. ( Lima, G.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 السنية طاقة ليزر (ER:YAG) وتتوافق طول موجة ليزر(2940) ER:YAG 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 السنية. ( Kuhn K.2022 )

تحتوي النسيج النخرة على كمية أكبر من الماء مقارنة مع النسيج السنية السليمة، السبب الذي يجعل امتصاص طاقة الليزر في النسيج النخرة أعلى منه في النسيج 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 النسيج السليمة التي تقع تحت على محيط الآفة النخرية. يجمع ليزر (ER:YAG) بين خصائص الاجتثاث الضوئي للنسيج السنية وخصائص التطهير وخصائص التحضير المحافظ وطفيف التوغل للنسيج السنية. 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 السنية دون إحداث ضرر يذكر لللب السني. إن إشعاع الليزر السني يمكن أن يصهر المكونات غير العضوية المتواجدة في العاج الأمر الذي يعطي ختمًا للسطوح السنية المعالجة ويساعد في عملية إعادة التمدن ويزيد من مقاومة النسيج السنية تجاه عملية النخر ويعمل على الوقاية من حدوث النخور الثانوية ونكس النخر. (Chiara Valenti 2021)

يتم الادعاء بأن التقنيات الحديثة المختلفة (الليزر السني-سنابل البوليمر-التقنية الكيميائية الميكانيكية) قادرة على إزالة النسيج السنية النخرة بشكل كامل و بسرعة مقارنة بالطريقة التقليدية، ولكن الدراسات التي أجريت في هذا المجال من أجل التحقق والتأكد من فعالية وكفاءة هذه الأساليب ومدى مقاربتها لمتطلبات ما يطلق عليه (التقنية المثالية لتجريف النخور) خلصت إلى نتائج مختلفة وقد تكون متضاربة في كثير من الأحيان ، ومن أجل الحصول على ارتباط أفضل بين جميع جوانب فعالية وكفاءة هذه الطرق إزالة النخر المختلفة تم إجراء هذه التجربة المختبرية التي تتضمن مقارنة عوامل مثل المدة الزمنية اللازمة لإتمام تجريف النخر العاجي ، وجود العاج النخر أو عدمه ، وتحري جودة العاج المتبقي(خلوه من التراكمات الجرثومية) بعد انتهاء تجريف النخر .

#### الهدف من البحث Aim of the study:

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم فعالية وكفاءة تقنيات مختلفة 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 تتركب على قبضات معوجة منخفضة السرعة \_ التقنية الكيميائية الميكانيكية \_ الليزر السني ER:YAG) السني وذلك من خلال تحري (الزمن اللازم لإتمام عملية إزالة النخر السني بشكل كامل) و(تحري وجود التراكمات الجرثومية) بعد انتهاء عملية تجريف النخر السني.

#### المواد والطرق Materials and Methods:

تألفت عينة البحث من (60) 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 وتم التأكد من ذلك من خلال التصوير الشعاعي الرقمي قبل العمل و التقييم سريرياً أثناء العمل ومعالجة العينات .

قسمت بشكل عشوائي إلى أربع مجموعات (15) رحي لكل مجموعة. وخضعت كل مجموعة لتجريف النخر وفقاً لواحدة من تقنيات تجريف النخر المدرجة ضمن البحث. حسب الزمن اللازم لإتمام تجريف النخر لكل عينة ووضع في جداول ، وبعدها خضعت العينات إلى الدراسة النسيجية تحت المجهر الضوئي لتحري بعد تحضير الشرائح المجهرية لتحري وجود التراكمات الجرثومية المتبقية بعد تجريف النخر .



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

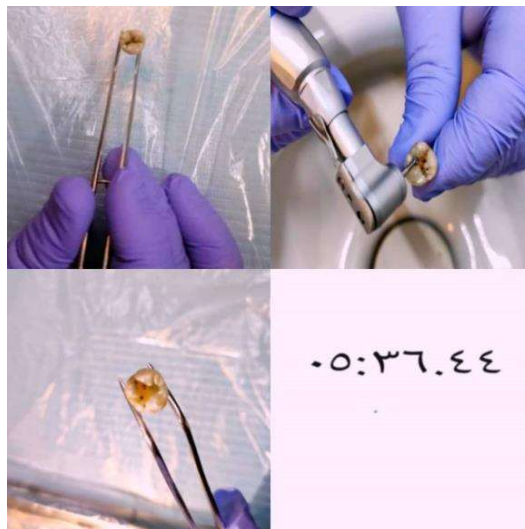
تم تجريف النخر العاجي في الحفر السننية وفق ما يلي :  
-المجموعة الأولى: تجريف النخر وفق الطريقة التقليدية :أزيل النخر العاجي باستخدام سنابل الستانلس ستيل الكروية من شركة (SS White) المركبة على قبضة معوجة منخفضة السرعة، بحركات دائرية تبدأ من منتصف الآفة النخرية وحتى المحيط، مع مراعاة التبريد المائي والهوائي.

-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.

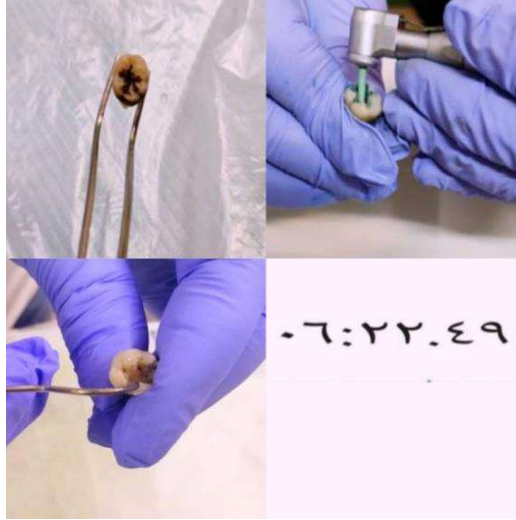
-المجموعة الرابعة: جُرف النخر العاجي باستخدام ليزر (ER:YAG-Kavo K Laser III,Germany).بعد اتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة أثناء العمل بالليزر، ومن خلال البرنامج رقم (17) لتحضير العاج وبطاقة نبضة (250) ميلي جول وتواتر نبضة (4) هرتز وبإعدادات التبريد الهوائي المائي المرافقة للبرنامج، باستخدام قبضة التركيز 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.

فُيم انتهاء تجريف النخر لكل العينات عن طريق الاحساس اللمسي من خلال مسبر سني ذي رأس حاد يمرر على كل أنحاء الحفرة النخرية وتحري وجود الصرير العاجي والملمس القاسي للعاج السليم، وحدد الزمن اللازم لإتمام هذه العملية لكل عينة بدءاً من لحظة بدء تجريف النخر العاجي وسجلت هذه الازمنة في جداول. حُفظت العينات بعدها في الماء المقطر بدرجة حرارة (4) مئوية.

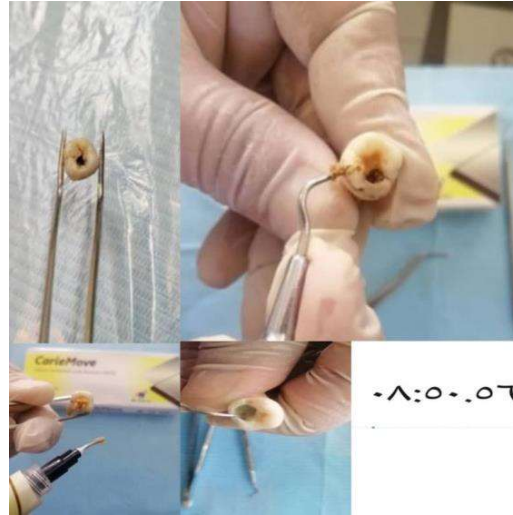


الشكل رقم (2): تجريف النخر وفقاً للطريقة التقليدية والزمن اللازم لإتمام تجريف النخر لإحدى العينات.





الشكل رقم (3) : تجريف النحر باستخدام سنابل البوليمر (Smart Burs II) والزمن اللازم لإتمام تجريف النخر لإحدى العينات.



الشكل رقم (4): تجريف النحر وفقاً للتقنية الكيميائية الميكانيكية، والزمن اللازم لإتمام تجريف النخر لإحدى العينات.



الشكل رقم(5): تجريف النخر باستخدام ليزر (ER:YAG) والضوابط المتبعة في البرنامج (17) في الجهاز والزمن اللازم لإتمام تجريف النخر لإحدى العينات.

خضعت المجموعات للدراسة النسيجية من خلال الحصول على شرائح مجهرية للعينات لتحري فعالية هذه التقنيات. وتم ذلك في قسم التشريح المرضي في كلية طب الأسنان في جامعة حماة.

\* التثبيت Fixation: حفظت العينات في الفورمول (10%) لمدة اسبوع واحد وذلك من أجل تثبيت العينات نسيجياً.

\*بعدها تم وضع العينات في حمض الأزوت (10%) لمدة ثلاثة أيام حتى تتلين العينات وتصبح قابلة للتقطيع.

\*إجراء عملية تقطيع للأرحاء بشكل طولي ومن ثم عرضي لنحصل على منطقة أرض الحفرة النخرية فقط.

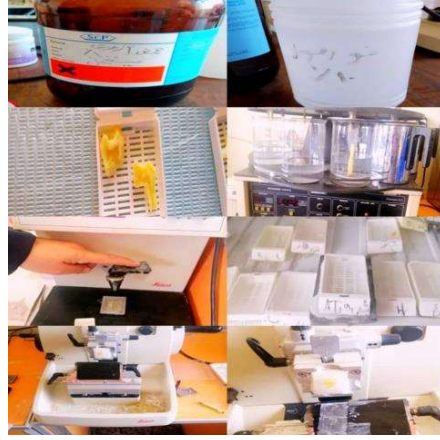
\*نزع الماء Dehydration غمرت المقاطع في تراكيز متدرجة من الكحول ابتداءً من تركيز (70%) حتى الوصول إلى الكحول المطلق بتركيز (100%) وذلك بغرض التجفيف ونزع الماء.

\*الغمر Embedding حيث غمرت العينات بعدها في شمع البارافين السائل بدرجة حرارة (68) مئوية بغرض تشكيل قالب يحتوي العينة المقطعة، يعطى كل قالب رمز ورقم يدل على رقم العينة والمجموعة التي تنتمي إليها تلك العينة.

\* حفظ القالب في الثلاجة حتى يبرد الشمع ويتجمد لينتقل بعدها إلى مرحلة التشذيب .

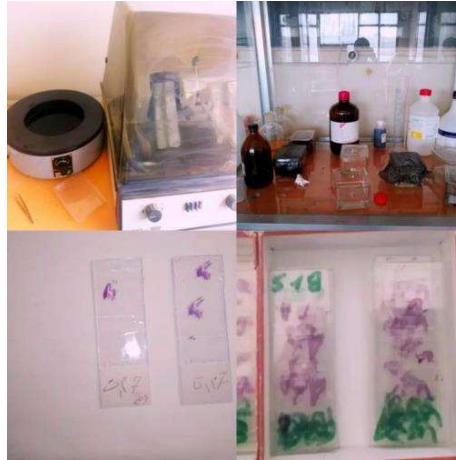
\*التقطيع : Sectioning قُطعت العينة وذلك باستخدام جهاز التقطيع النسيجي (الميكروتوم) الذي يحتوي على شفرة قطع مستدقة وحادة للغاية ويمكن التحكم بثخانة المقاطع المراد أخذها.

\* حملت المقاطع على الشرائح الزجاجية ومن ثم حماية المقاطع من التهتك والإزالة من على الشريحة الزجاجية من خلال تطبيق لاصق خاص (بلسم كندا) فوق الشريحة الزجاجية.



الشكل رقم (6): الخطوات المخبرية لتجهيز الشرائح المجهرية (من مرحلة التثبيت وحتى مرحلة التحميل على الشريحة الزجاجية).

\* التلوين Staining أو عملية الصبغ وذلك باستخدام صبغة الهيماتوكسيلين أيوزين للتلوين النسيجي. تم اعتماد صبغة (الهيماتوكسيلين-أيوزين) من أجل صبغ العينات، وذلك لأنها الصبغة الأكثر استخداماً لدراسة بنية العاج وتقييم التغيرات التي قد يخضع لها. بعدها نظفت الشرائح بعد التلوين، ومن ثم تصنيفها ووضع لصاقات تحدد رقم العينة وإلى أي مجموعة تتبع.

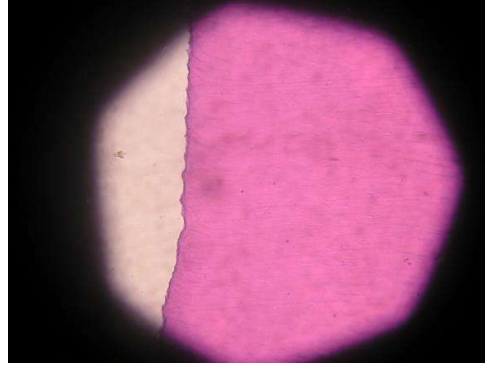


الشكل رقم (7): الخطوات المخبرية لتجهيز الشرائح المجهرية (من مرحلة التلوين حتى مرحلة التصنيف والفرز)

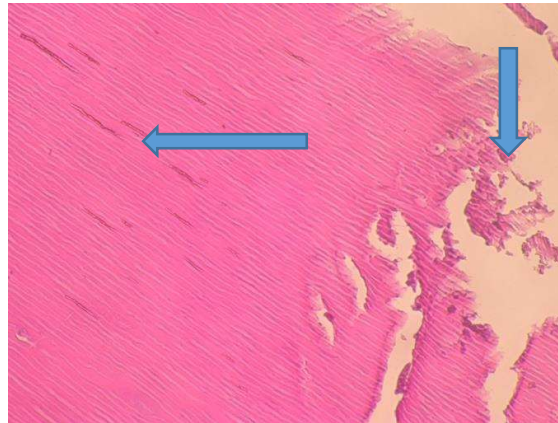
\* فحصت الشرائح المجهرية باستخدام المجهر الضوئي (Nikon Eclipse 80i) تحت تكبيرات (X40) لتحري وجود التجمعات الجرثومية المتبقية بعد تجريف النخر أو عدم وجودها، ولتحري وجود التخرب أو تدمير الأقمية العاجية أو انتظامها، وتم الاستعانة بآلة تصوير (Nikon COOLPIX 8800) التي يمكن ارفاقها بالمجهر وأخذ صور للتوثيق.



الشكل رقم (8): المجهر الضوئي والكاميرا المستخدمة في عملية الفحص النسيجي للشرائح المجهرية للعينات المدروسة.



الشكل رقم (9): صورة نسيجية بتكبير (X40) تظهر سلامة العاج والأقنية العاجية من التخرب والبقايا الجرثومية بعد تجريف النخر.



الشكل رقم (10) صورة نسيجية بتكبير (X40) تظهر التراكبات الجرثومية (الأسهم) والاندخال الجرثومي ضمن الأقنية العاجية بعد تجريف النخر

### الدراسة الإحصائية : Statistical study

لتحليل نتائج البحث استخدمت الدراسة الإحصائية برنامج (SPSS Inc., Chicago ,USA) الإصدار (25). حيث تم حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لكل متغير ضمن كل مجموعة من مجموعات الدراسة. تم اعتماد مستوى الثقة (95%) وبالتالي مستوى  $p \leq 0.05$  في تحديد وجود اختلافات دالة إحصائياً، فإذا كانت القيمة تساوي أو أقل من (0.05) نقرر وجود فروق دالة إحصائياً وإذا كانت أكبر من (0.05) نقرر عدم وجود فروق دالة إحصائياً.

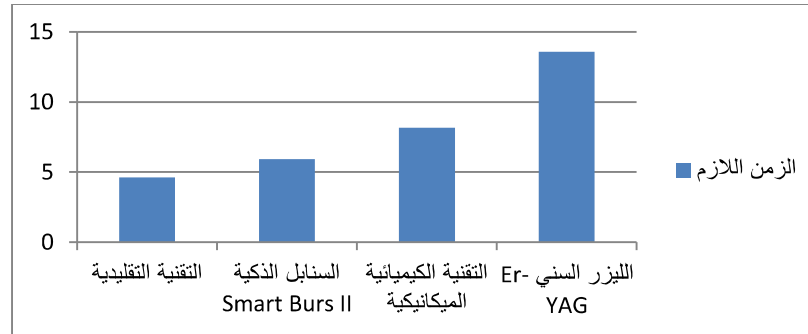
### النتائج :Results

دراسة الفعالية لتقنية تجريف النخر من خلال حساب الزمن اللازم لتجريف النخر:

متوسطات الأزمنة اللازمة لتجريف النخر تبعاً لطريقة تجريف النخر:

الجدول رقم (1): يبين متوسطات الأزمنة اللازمة لتجريف النخر بين المجموعات الأربعة المدروسة

الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	طريقة تجريف النخر	المتغير
2.68	4.62	التقنية التقليدية	الزمن اللازم
2.47	5.92	السنابل الذكية Smart Burs II	
2.94	8.16	التقنية الكيميائية الميكانيكية	
2.01	13.59	الليزر السني Er-YAG	



المخطط رقم(1): يبين يوضح متوسطات الأزمنة اللازمة لتجريف النخر بين المجموعات الأربعة المدروسة

دراسة الفروق الإحصائية بين متوسطات الأزمنة اللازمة لتجريف النخر للمجموعات المدروسة:  
الجدول رقم (2): يبين نتائج اختبار ANOVA لدراسة دلالة الفروق لمتوسطات الأزمنة اللازمة لتجريف النخر بين المجموعات الأربعة المدروسة

المتغير	طريقة تجريف النخر	المتوسط الحسابي	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
الزمن اللازم	التقنية التقليدية	4.62	0.004	توجد فروقات دلالة إحصائية
	السنابل الذكية Smart Burs II	5.92		
	التقنية الكيميائية الميكانيكية	8.16		
	الليزر السني Er-YAG	13.59		

بالنسبة لدراسة متغير الزمن اللازم لتجريف النخر 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 الأخرى جوهرياً تم إجراء اختبار Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية بين كل زوج من المجموعات الأربعة المدروسة.

الجدول رقم (3): يبين نتائج اختبار Bonferronie لدراسة دلالة الفروق الثنائية لمتوسطات الأزمنة اللازمة لتجريف النخر بين المجموعات الأربعة المدروسة

المتغير	المجموعة (I)	المجموعة (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
الزمن اللازم لتجريف النخر	التقنية التقليدية	السنابل الذكية Smart Burs II	-1.3	0.078	لا توجد فروقات دالة إحصائياً
		التقنية الكيميائية الميكانيكية	-3.54	0.091	لا توجد فروقات دالة إحصائياً
		الليزر السني Er-YAG	-8.97	0.035	توجد فروقات دالة إحصائياً
	السنابل الذكية Smart Burs II	التقنية الكيميائية الميكانيكية	-2.24	0.066	لا توجد فروقات دالة إحصائياً
		الليزر السني Er-YAG	-7.67	0.027	توجد فروقات دالة إحصائياً
		التقنية الكيميائية الميكانيكية	-5.43	0.012	توجد فروقات دالة إحصائياً

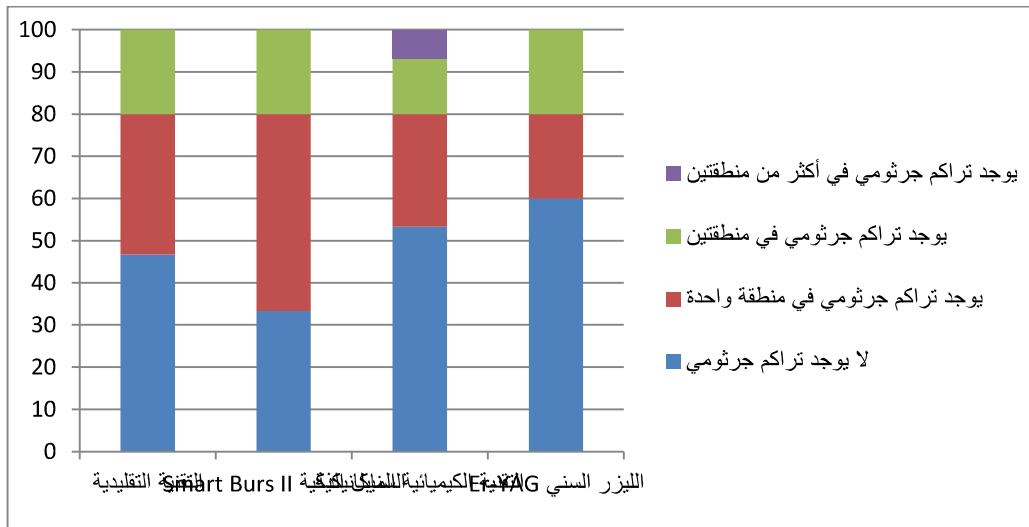
من خلال الجدول السابق نلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة كانت أقل من 0.05% عند المقارنة بين مجموعة الليزر السني ER-YAG وبقية مجموعات البحث أي أن الزمن اللازم لتجريف النخر في مجموعة الليزر السني Er-YAG كان الأطول عند المقارنة مع مجموعات البحث الثلاثة المتبقية مع وجود فروق جوهرية ذات دلالة إحصائية، بينما لم يلاحظ وجود فروق جوهرية ذات دلالة إحصائية في الزمن اللازم لتجريف النخر عند المقارنة بين المجموعات الثلاثة المتبقية وذلك عند مستوى ثقة 95%.

دراسة كفاءة تقنيات تحريف النخر من خلال تحري التراكم الجرثومي بعد انتهاء التجريف:

دراسة درجة التراكم الجرثومي وفقاً لطريقة التحضير:

الجدول رقم (4): نتائج مراقبة درجة التراكم الجرثومي وفقاً لطريقة التحضير

المجموع	النسبة المئوية				عدد الأسنان					طريقة التحضير
	لا يوجد تراكم جرثومي	يوجد تراكم جرثومي في منطقة واحدة	يوجد تراكم جرثومي في منطقتين	يوجد تراكم جرثومي في أكثر من منطقتين	المجموع	لا يوجد تراكم جرثومي	يوجد تراكم جرثومي في منطقة واحدة	يوجد تراكم جرثومي في منطقتين	يوجد تراكم جرثومي في أكثر من منطقتين	
100	46.67	33.3	20	0	15	7	5	3	0	التقنية التقليدية
100	33.3	46.67	20	0	15	5	7	3	0	Smart Burs II
100	53.3	26.67	13.3	6.67	15	8	4	2	1	التقنية الكيميائية الميكانيكية
100	60	20	20	0	15	9	3	3	0	الليزر السني Er-YAG



المخطط رقم (2): النسب المئوية لدرجة التراكم الجرثومي وفقاً لطريقة التحضير.



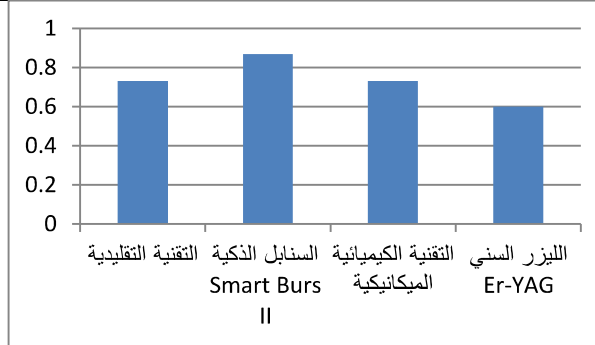
دراسة تأثير طريقة التحضير المتبعة في درجة التراكم الجرثومي:

تم إجراء اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التراكم الجرثومي بين مجموعات طريقة التحضير المتبعة (التقنية التقليدية، السنابل الذكية Smart Burs II، التقنية الكيميائية الميكانيكية، الليزر السني Er-YAG) في عينة دراسة التراكم الجرثومي كما يلي:

- إحصاءات الرتب:

الجدول رقم (5): يبين متوسطات الرتب لدرجة التراكم الجرثومي في عينة الدراسة وفقاً لطريقة التحضير المتبعة

المتغير المدروس = درجة تخرب الأقمشة العاجية		
متوسط الرتب	عدد الأسنان	طريقة التحضير والترميم المتبعة
0.73	15	التقنية التقليدية
0.87	15	السنابل الذكية Smart Burs II
0.73	15	التقنية الكيميائية الميكانيكية
0.6	15	الليزر السني Er-YAG



المخطط رقم (3): يوضح متوسطات الرتب لدرجة التراكم الجرثومي في عينة الدراسة وفقاً لطريقة التحضير المتبعة

- نتائج اختبار Kruskal-Wallis:

الجدول رقم (6) يبين نتائج اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التراكم الجرثومي بين

مجموعات وفقاً لطريقة التحضير المتبعة

المتغير المدروس = درجة التراكم الجرثومي			
قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
5.858	3	0.021	توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائية في تكرارات درجة التراكم الجرثومي بين اثنتين على الأقل من مجموعات طريقة التحضير المتبعة (التقنية التقليدية، السنابل الذكية Smart Burs II، التقنية الكيميائية الميكانيكية، الليزر السني Er-YAG) في عينة دراسة تخرب الأقمشة العاجية، ولمعرفة أي من مجموعات طريقة التحضير المتبعة تختلف عن الأخرى جوهرياً في درجة تخرب التراكم الجرثومي تم إجراء اختبار Mann-Whitney U للمقارنة الثنائية بين كل زوج من المجموعات الخمس المدروس كما يلي:

## - نتائج اختبار Mann-Whitney U:

الجدول رقم (7) يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق الثنائية في تكرارات درجة التراكم الجرثومي وفقاً لطريقة التحضير المتبعة

المتغير المدروس = درجة التراكم الجرثومي				
طريقة التحضير والترميم المتبعة (أ)	طريقة التحضير والترميم المتبعة (ب)	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
التقنية التقليدية	السنابل الذكية Smart Burs II	32.0	0.046	توجد فروق دالة
	التقنية الكيميائية الميكانيكية	16.5	0.680	لا توجد فروق دالة
	الليزر السني Er-YAG	17.0	0.021	توجد فروق دالة
السنابل الذكية Smart Burs II	التقنية الكيميائية الميكانيكية	26.5	0.042	توجد فروق دالة
	الليزر السني Er-YAG	12.5	0.028	توجد فروق دالة
التقنية الكيميائية الميكانيكية	الليزر السني Er-YAG	13.0	0.007	توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في درجة التراكم الجرثومي بين مجموعة التحضير باستخدام الليزر السني ER:YAG وكل من مجموعات التحضير الأخرى (التقنية التقليدية، السنابل الذكية Smart Burs II، التقنية الكيميائية الميكانيكية)، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في تكرارات درجة التراكم الجرثومي بين مجموعات طريقة التحضير المتبعة، وبدراسة قيم متوسطات الرتب نستنتج أن درجة التراكم الجرثومي في مجموعة التحضير باستخدام الليزر السني ER:YAG كانت الأقل بالمقارنة مع المجموعات المتبقية. يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في درجة التراكم الجرثومي بين مجموعة التحضير باستخدام السنابل الذكية Smart Burs II وكل من مجموعات التحضير الأخرى (التقنية التقليدية، الليزر السني ER-YAG، التقنية الكيميائية الميكانيكية)، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في تكرارات درجة التراكم الجرثومي بين مجموعات طريقة التحضير المتبعة، وبدراسة قيم متوسطات الرتب نستنتج أن درجة التراكم الجرثومي في مجموعة التحضير باستخدام السنابل الذكية Smart Burs II كانت الأعلى بالمقارنة مع المجموعات المتبقية.

أما بالنسبة للمقارنات الثنائية بين التقنية التقليدية والتقنية الكيميائية الميكانيكية فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في تكرارات درجة التراكم الجرثومي بين المجموعتين.

**المناقشة Discussion:**

جلبت التطورات المعرفية في علم الأمراض النخرية وكذلك المواد المتطورة التي رفدت طب الأسنان في العقود القليلة الماضية مناهج جديدة تهدف إلى الحفاظ على النسيج السني من خلال اعتماد الممارسات التي تحافظ على الحفرة السنية صغيراً ما أمكن وترميمها بالمواد المرممة الراتنجية اللصاقة. (Asal MA et al.2021). إنَّ أي طريقة فعالة لإزالة النخر يجب أن تكون قادرة على إيقاف تقدم النخر والسماح بإعادة تمعدن العاج المتبقي، وذلك دون الحاجة للإزالة غير الضرورية للنسيج السنية ويحافظ على النسيج اللبي من الانكشاف. وكل ذلك يؤثر على تقبل المرضى تجاه تقنية العلاج ويؤثر على جودة

الارتباط اللاحق بالمواد المرممة وبالتالي طول مدة بقاء الترميم وحفاظ السن على وظيفته وعلى الناحية التجميلية. )

(Dareen Azmi Azzouz 2022)

في الدراسة الحالية تم اختيار أرحاء بشرية مقلوعة حديثاً وعليها نخور إطباقية لا تشمل السطوح الملاصقة وتمتد إلى الثلث المتوسط من العاج وتم التأكد من ذلك من خلال الصور الشعاعية ومن ثم من خلال التقييم السريري. تم تجريف النخر وفق التقنيات المدرجة في البحث وحسب الزمن اللازم لإتمام تجريف النخر العاجي بالخاصة، وذلك من أجل الإشارة إلى فعالية طريقة التجريف، وتم اعتماد طريقة الفحص البصري واللمسي من أجل تقييم انتهاء تجريف النخر باعتبارها الطريقة السريرية الأكثر انتشاراً وموثوقية من أجل فحص المنطقة المتبقية بعد تجريف النخر وذلك من خلال تقييم بنية و قوام العاج المتبقي (Nikil Shamra.2023). بعد تجريف النخر الكامل من جميع العينات حضرت من أجل الفحص النسيجي وتم الحصول على شرائح مجهرية وذلك من أجل تحري وجود تجمعات جراثومية أو عدمها بالإضافة إلى وجود تخرب في الأقمية العاجية أو عدمه وهذا بدوره يشير إلى كفاءة تلك التقنية المحددة. تم اعتماد صبغة (الهيماتوكسيلين-أيزون) من أجل صبغ العينات، وذلك لأنها الصبغة الأكثر استخداماً لدراسة بنية العاج وتقييم التغيرات التي قد يخضع لها (Nikil Shamra.2023). وفحصت هذ الشرائح المجهرية تحت المجهر الضوئي بتكبير (X40).

وجدت الدراسة الحالية أنّ معدل الزمن لإتمام تجريف النخر في مجموعة تجريف النخر بالليزر السني (ER:YAG) كان الأعلى بين باقي المجموعات تليها مجموعة تجريف النخر بالتقنية الكيميائية الميكانيكية تليها مجموعة تجريف النخر باستخدام سنابل (Smart Burs II) ولتكون مجموعة تجريف النخر باستخدام الطريقة التقليدية التي توظف سنابل ستانلس ستيل الكروية المركبة على قبضات معوجة بطيئة السرعة هي الأسرع أو الأقل طلباً للوقت لإتمام تجريف النخر بين المجموعات. أظهرت الدراسة التحليلية الإحصائية أنّ هناك فروقاً جوهرية ذات دلالة احصائية في الزمن اللازم لتجريف النخر في مجموعة تجريف النخر بالليزر السني وباقي المجموعات، في حين لم يكن هناك فروق ذات دلالة احصائية في الزمن اللازم لتجريف النخر بين المجموعات الثلاثة المتبقية (تقليدية-التقنية الكيميائية-السنابل الذكية Smart Burs II).

يمكن أن يرجع سبب الزمن الأقل لإنجاز تجريف النخر في مجموعة تجريف النخر بالطريقة التقليدية هو سرعة الدوران لسنبلة التجريف الدوارة التي قد تزيد عن (20000) دورة/دقيقة والتي تعتبر مرتفعة نسبياً إذا ما قورنت مع مجموعة تجريف النخر باستخدام السنابل الذكية (Smart Burs II) حيث تدار السنابل هذه بسرعة بطيئة للغاية والتي تتراوح حسب تعليمات الشركة المصنعة تتراوح بين (5000-8000 دورة/دقيقة)، كما أنّ قوة الاحتكاك والضغط التي تطبق على السنابل التقليدية أثناء العمل تؤدي إلى تجريف النخر بشكل أسرع، في حين إنّ الضغط الزائد على سنبل (Smart Burs II) يؤدي إلى سرعة تخريبها وتحطم الشفرات القاطعة المصنوعة في الأصل من بوليمير خاص وهو (البولي ايثير ايثير كيتون)، لذلك توصي الشركة المصنعة بعدم تطبيق ضغط تلامسي مبالغ فيه أثناء العمل. يمكن أن يفسر الزمن الطويل نسبياً عند تطبيق التقنية الكيميائية الميكانيكية من أجل تجريف النخر مقارنة بالأدوات الدوارة بطريقة تطبيق عنصر التقنية الكيميائية الميكانيكية التي تحتاج كل مرة منه إلى (30) ثانية وبعدها لا بد من إزالة النخر باستخدام المجارف اليدوية الأمر الذي يتطلب وقتاً أطول لإتمام التجريف، وفي بعض الحالات تتوجب إعادة التطبيق أكثر من مرة وهذا يترتب عليه زيادة الزمن اللازم. ذكر (Divya.2015) أنّ من الأسباب التي تجعل التقنية الكيميائية الميكانيكية وكذلك تقنية تجريف النخر بالليزر السني (ER:YAG) تحتاجان إلى وقت أطول لإنجاز تجريف النخر مقارنة بالأدوات الدوارة هو قلة التدريب والخبرة لدى الأطباء أثناء التعامل مع هذه التقنيات. إنّ ضوابط العمل الليزري المستخدمة لتجريف النخر السني المتبعة في الدراسة (طاقة النبضة 250 ميلي جول وتواتر النبضة 4 هرتز) والتي تتوافق مع الضوابط الأساسية للبرنامج رقم (17) في جهاز ليزر (KAVO K Laser III) قد تكون منخفضة نوعاً ما قد يؤخر الوصول إلى ذروة ارتفاع درجة الحرارة وحدوث تبخر الماء في

النسج النخرة المحتوية على الماء بشكل كبير و حدوث الانفجارات المجهرية الدقيقة التي تعتبر الآلية الدقيقة لعمل الليزر السني (ER:YAG) لاجتثاث النسج السنية الصلبة وكذلك النخر.

\*توافقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Divya.2015) وآخرون والتي هدفت إلى التقييم المخبري لفعالية وكفاءة طرق مختلفة لتجريف النخر (سنابل ذكية-السنابل التقليدية-التقنية الكيميائية الميكانيكية) من حيث تقييم الزمن اللازم لإتمام تجريف النخر، حيث كان معدل الزمن اللازم للإزالة الكاملة للنخر في الطريقة التقليدية هو الأقل تليه السنابل الذكية والتقنية الكيميائية الميكانيكية، ولم يكن هنالك فروق ذات دلالة احصائية بين الطرق المختلفة فيما يتعلق بزمن تجريف النخر بين الطرق المختلفة.

\*توافقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Santosh Kumar.2016) والتي هدفت إلى تقييم فعالية الطرق الكيميائية الميكانيكية لتجريف النخر ومقارنتها مع التقنية الميكانيكية في تجريف النخر والتي توظف السنابل الذكية Smart Burs، وذلك من خلال تقييم الزمن اللازم لإتمام تجريف النخر، وقد وجدوا أن الزمن اللازم لإتمام تجريف النخر باستخدام السنابل الذكية هو الأقل مقارنة مع التقنية الكيميائية الميكانيكية، دون وجود فروق ذات دلالة احصائية بين الطرق المستخدمة لتجريف النخر.

\*توافقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (H.k Soni.2015) وآخرون والتي هدفت إلى مقارنة فعالية طرق مختلفة لتجريف النخر في الأسنان المؤقتة، وقد كانت سنابل (Polymer Burs) في هذه الدراسة فعالة مثل التقنية الكيميائية الميكانيكية من حيث الوقت اللازم لإتمام تجريف النخر.

\*اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Nagham Khoury.2022) وآخرون والتي قارنت فيها بين فعالية التقنية الكيميائية الميكانيكية وسنابل Smart Burs II في إزالة النخر مع التقنية التقليدية من خلال تقييم الزمن اللازم لإتمام تجريف النخر وتقييم مقدار الألم عند المرضى، وقد وجدت دراسة (N.Khoury) أن تجريف النخر باستخدام السنابل الدوارة (تقليدية-سنابل ذكية) كان الأسرع وبفروق ذات دلالة احصائية عن الزمن اللازم لتجريف النخر باستخدام التقنية الكيميائية الميكانيكية، ويمكن تفسير الاختلاف كون دراستنا الحالية كانت مخبرية وأجريت على أرحاء بشرية دائمة مقلوعة، في حين كانت دراسة (N.Khoury) سريرية ومجرأة على أرحاء مؤقتة، كما أن عامل التقنية الكيميائية الميكانيكية مختلف بين الدراستين، ففي الدراسة الحالية كان عامل (CMCR) هو (CarieMove) في حين كان في الدراسة الأخرى (Cariesolv).

\*اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Prabhakar.2009) وآخرون والتي هدفت إلى تقييم أداء سنابل Smart Burs II في إزالة النخر ومقارنتها مع الطريقة التقليدية التي توظف سنابل ستانلس ستيل كروية الشكل، وذلك من حيث تقبل المرضى والزمن اللازم لإتمام تجريف النخر، وقد وجدوا أن السنابل الذكية استغرقت وقتاً أطول لإتمام تجريف النخر وبفروق ذات دلالة احصائية مع مجموعة تجريف النخر باستخدام التقنية التقليدية، ويمكن تفسير الاختلاف في النتائج كون الدراسة الحالية كانت مخبرية في حين كانت دراسة (Prabhakar) سريرية ومجرأة على أسنان مؤقتة.

\*في دراسة (Inamdar.2020) وآخرون والتي هدفت إلى مقارنة الفعالية لعنصرين من عناصر التقنية الكيميائية الميكانيكية لتجريف النخر مع السنابل الذكية، وذلك من خلال حساب الزمن المطلوب لإتمام تجريف النخر بشكل كامل، وقد وجدوا أن الزمن الأعلى لتجريف النخر كان مرتبطاً بمجموعة تجريف النخر بالسنابل الذكية، في حين كان الزمن الأقل لتجريف النخر مرتبطاً مع مركب (Cariecare) وكان هنالك فروق ذات دلالة احصائية بين الطريقتين، وفي نفس الدراسة لم يكن هنالك فروق ذات دلالة احصائية بين الزمن اللازم لتجريف النخر باستخدام السنابل الذكية ومركب (Brix3000)، وكان هناك فروق ذات دلالة احصائية في الزمن اللازم لتجريف النخر بين عنصري التقنية الكيميائية الميكانيكية المستخدمين في الدراسة.

يمكن أن يفسر الاختلاف كون دراستنا مخبرية في حين كانت دراسة (Inamdar) سريرية ، كما أنّ هناك اختلاف في عناصر التقنية الكيميائية الميكانيكية المستخدمة في كلتا الدراستين.

\*اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Duman C.2021) وآخرون والتي هدفت إلى المقارنة بين طريقتي تجريف نخر سني غير منتجتين للرداذ (السنابل الذكية-والنقنية الكيميائية الميكانيكية) وذلك عن طريق حساب الزمن اللازم لتجريف النخر بشكل كامل وتقييم تقبل المرضى لتقنية التجريف ، فكانت نتيجة الدراسة أنّ تجريف النخر باستخدام التقنية الكيميائية الميكانيكية استغرق وقتاً أطول بكثير وبفروق كبيرة ذات دلالة احصائية عن سنابل Smart Burs II، ويمكن أن يعوى الاختلاف بين نتائج الدراستين كون الدراسة الحالية مخبرية في حين كانت الدراسة الأخرى سريرية ومنجزة على أرحاء مؤقت لأطفال.

وجدت الدراسة الحالية أنّ التراكم الجرثومي في عينة تجريف النخر بالتقنية التي تعتمد على السنابل الذكية ( Smart Burs II) كان الأعلى بين باقي مجموعات تجريف النخر المدرجة ضمن البحث، وقد بينت الدراسة الاحصائية أنّ هناك فروق جوهرية ذات دلالة احصائية بين مجموعة تجريف النخر بالسنابل الذكية وباقي مجموعات تجريف النخر، كما بينت الدراسة الاحصائية أنّه لا فروق جوهرية ذات دلالة احصائية عند المقارنة الثنائية بين باقي مجموعات تجريف النخر (التقنية التقليدية-التقنية الكيميائية الميكانيكية-الليزر السني Er:YAG).

يمكن أن تفسر النتائج الحالية بأن التقنية التقليدية وبالرغم من عدم كونها انتقائية أثناء تجريف النخر إلا أنها أزلت النخر العاجي بشكل كامل على الأغلب(مصاب ومتأثر) وبالتالي أزيلت البؤر النخرية وما تحتويه من تراكبات جرثومية، في حين أنّ سنابل البوليمر (Smart Burs II) والتي تتميز بكونها انتقائية حيث تزيل العاج المصاب فقط وتبقي على العاج المتأثر، قد تكون فشلت في إزالة قسم من العاج المصاب وما يحتويه من بؤر وتراكبات جرثومية. ينتمي عنصر التقنية الكيميائية الميكانيكية المستخدم في الدراسة الحالية إلى عائلة عناصر التقنية الكيميائية الميكانيكية التي أساسها هيبوكلووريد الصوديوم، والذي يضاف إليه واحد أو أكثر من الحموض الأمينية، وتعتبر عملية الكلورة (Chlorination) هي الآلية الرئيسية للعمل في عوامل (CMCR) التي أساسها هيبوكلووريد الصوديوم. ويبدو أنّ هيبوكلووريد الصوديوم المتواجد ضمن المنتج وأثناء التطبيق قد عمل على تطهير الحفرة من الجراثيم المسببة للنخر، وقد أبلغ العديد من الباحثين عن الدور الإيجابي الذي يقوم به هيبوكلووريد الصوديوم في هذا المجال منهم ( Salles M.M.2015 ) وآخرون، و(Cha H.S.2016) وآخرون، و(Bahraloomi Z.2017) وآخرون. ذكر (Georgios Romanos.2015) أنّ ليزر (ER:YAG) نجح في تطهير السطوح السنية وخفض أعداد الجراثيم والنمو الجرثومي، كما نجح في التخلص من العديد من العضويات الدقيقة التي تسبب المرض السني، وقد ذكر (Huang Wenyan.2022) أنّ ليزر (ER:YAG) قد كان فعالاً في التقليل من تعداد الجراثيم المسببة للنخر السني وذلك من خلال التأثير الحراري الضوئي لليزر. وفقاً للباحث (Chiera Valenti.2021) أنّ الليزر السني (ER:YAG) جمع بين خصائص القطع الضوئي والتطهير الجرثومي مع خصائص التحضير المحافظ والانتقائي للنخر السني، فالتأثير الحراري الضوئي الذي تم تطويره أثناء الاجتثاث كان مسؤولاً عن تطهير الحفرة من الجراثيم الموجودة داخلها دون ان يسبب ضرراً لللب السني.

\*توافقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Divya.2015) وآخرين التي قارنت كفاءة طرق مختلفة لتجريف النخر(تقليدية-سنابل ذكية-التقنية الكيميائية الميكانيكية) وذلك من خلال تحري بقايا الوجود الجرثومي بعد تجريف النخر باستخدام تلك التقنيات، وقد وجدوا بأن التواجد الجرثومي الأكبر كان مترافقاً مع مجموعة تجريف النخر باستخدام السنابل الذكية، والبقايا الجرثومية كانت أقل وجوداً أو غير موجودة في التقنيتين الأخريين.

\*توافقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Chiara Valenti.2021) وآخرون والتي هدفت إلى تحري دور وتأثير ليزر (ER:YAG) كأحد الطرق طفيفة التوغل في تجريف النخر السنّي على التواجد الجرثومي في الحفرة النخرية بعد تطبيق شعاع الليزر وتأثير هذا الشعاع على الجراثيم من خلال (الأثر الضوئي الحراري-الميكانيكي)، وقد وجدوا أنّ ليزر (ER:YAG) قد نجح في اختزال أو تقليل الوجود الجرثومي وخصوصاً المكورات العقدية الطافرة بنسب مرتفعة جداً قد تصل إلى (100%) من العينات.

\*توافقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Sanjeat Singh.2011) وآخرين والتي هدفت إلى تقييم الفعالية والكفاءة لتقنيتي تجريف نخر سنّي وهما (الطريقة التقليدية والتقنية الكيميائية الميكانيكية) وذلك من خلال تحري التأثير المضاد للجراثيم لكلا التقنيتين، حيث تم إجراء تعداد جرثومي للعينات قبل وبعد انتهاء عملية تجريف النخر السنّي، وقد وجدت الدراسة أنّ كلاً من تقنيتي تجريف النخر كانت ذات كفاءة في التقليل من الوجود الجرثومي بعد انتهاء تجريف النخر.

\*توافقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Prabhakar.2019) وآخرين والتي هدفت إلى تقييم أثر ليزر (ER:YAG) في عملية تجريف النخر ومقارنتها مع التقنية الكيميائية الميكانيكية والطريقة التقليدية وذلك من خلال تحري الوجود الجرثومي نسيجياً وتقييم التغيرات البنيوية في العاج المتبقي بعد تجريف النخر باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح، وقد وجدوا أنّ أكبر نسبة من العينات التي جرى تجريف النخر فيها باستخدام ليزر (ER:YAG) كانت خالية بشكل تام من التواجد الجرثومي، في حين كانت نسبة التواجد الجرثومي في بقية مجموعات الدراسة (الطريقة التقليدية-التقنية الكيميائية الميكانيكية) أعلى، كان هنالك فروق ذات دلالة احصائية بين مجموعة تجريف النخر بالليزر السنّي وباقي المجموعات، ولم يكن هناك فروق ذات دلالة بين مجموعتي تجريف النخر في الدراسة.

\*اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Rani Somani.2019) وآخرون والتي هدفت إلى التقييم الحيوي لوجود الجراثيم بعد إزالة النخر باستخدام سنابل مختلفة (تقليدية-سنابل البوليمر) وذلك من خلال الدراسة النسيجية والتقييم النسيجي للوجود الجرثومي بعد تجريف النخر، فقد وجدوا أنّ البقايا الجرثومية في مجموعة تجريف النخر باستخدام سنابل البوليمر كان أعلى وبشكل كبير وبفروق ذات دلالة عن الوجود الجرثومي المتبقي بعد تجريف النخر باستخدام سنابل التجريف التقليدية، يمكن تفسير الاختلاف بين نتائج الدراستين كون عدد العينات التي خضعت للدراسة كانت أكثر في دراسة (Somani) (40) نصف رحي، في حين كان عدد العينات في الدراسة الحالية (15) نصف رحي مشطور، كما أنّ السنابل المستخدمة في الدراسة الحالية كانت سنبله (SS White Smart Burs II) في حين كان في الدراسة الأخرى (Smart Prep).

\*اختلفت الدراسة الحالية مع نتائج دراسة (Krishna Aswathi.2017) وآخرين والتي هدفت إلى تقييم كفاءة سنابل البوليمر ومقارنتها مع كفاءة التقنية الكيميائية الميكانيكية لتجريف النخر وذلك من خلال تقييم وجود الجراثيم مخبرياً بعد انتهاء تجريف النخر، فقد وجدوا أنّ تقنية تجريف النخر باستخدام السنابل الذكية خفضت بشكل كبير من وجود الجراثيم، مقارنة بالتقنية الكيميائية الميكانيكية، وكان ذلك بفروق ذات دلالة احصائية، ويمكن تفسير الاختلاف بين نتائج الدراستين باختلاف الآلية التي تم فيها تقييم الوجود الجرثومي، ففي الدراسة الحالية تم إجراء مقاطع مجهرية للعاج المتبقي في أرض الحفرة المجهرية ودرستها تحت المجهر الضوئي، في حين في دراسة (Krishna A) تم إجراء استزراع جرثومي للعينات قبل وبعد انتهاء تجريف النخر وإجراء تعداد للجراثيم بالطرق المخبرية المعهودة لهذا النوع من الاختبارات، كما أنّ عنصري التقنية الكيميائية الميكانيكية مختلف بين الدراستين، ففي الدراسة الحالية كان عنصر التقنية الكيميائية الميكانيكية هو (CarieMove) في حين كان في الدراسة الأخرى (CarieCare).

**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 السنوية 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 السنوية (حفر ملاصقة-حفر عنقية-نخور جذر).

**المراجع: References:**

1. 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.
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. 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.
4. Fraser, J., MacInnes, A. **Which caries removal method to select?. Evid Based Dent (2024).** <https://doi.org/10.1038/s41432-024-00973-0>.
5. 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.

6. 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.
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. 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.
11. 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.
12. Senthilkumar V, Ramesh S. **Systematic review on alternative methods for caries removal in permanent teeth.** J Conserv Dent. 2020 Jan–Feb;23(1):2–9. doi: 10.4103/JCD.JCD\_263\_19. Epub 2020 Oct 10. PMID: 33223633; PMCID: PMC.
13. 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.
14. 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.



15. Montedori A, Abraha I, Orso M, D'Errico PG, Pagano S, Lombardo G. **Lasers for caries removal in deciduous and permanent teeth.** Cochrane Database Syst Rev. 2016 Sep 26;9(9):CD010229. doi: 10.1002/14651858.CD010229.pub2. PMID: 27666123; PMCID: PMC6457657.
16. 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.
17. Lakhani B, et al. **Scanning Electron Microscope Analysis of Resin Mechanical Caries Removal Techniques—An In Vitro Study.** Dentistry Dent Pract J 2019, 2(1): 180013.
18. Nagham Khoury, Mohannad Laflouf, Saleh Al Kurdi, “**Efficacy of Polymer Smart Burs compared with Conventional carbide burs in dental caries removal**”, IJDSIR– November – 2022, Vol. – 5, Issue – 6, P. No22– 29.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. Maashi MS, Elkhodary HM, Alamoudi NM, Bamashmous NO. **Chemomechanical caries removal methods: A literature review.** Saudi Dent J. 2023 Mar;35(3):233–243. doi: 10.1016/j.sdentj.2023.01.010. Epub 2023 Feb 6. PMID: 37091279; PMCID: PMC10114597.

24. Abdelaziz E., Badran A., Allam G. **Chemomechanical caries removal agents and their applications in pediatric dentistry.** Adv. Dent. J. 2022;4(1):11–18.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
29. 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.
30. Kuhn K, Schmid CU, Luthardt RG, Rudolph H, Diebold 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.
31. 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.

32. 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.
33. Sharma N, Sisodia S, Jain A, Bhargava T, Kumar P, Rana KS. **Evaluation of the Efficacy of Recent Caries Removal Techniques: An In Vitro Study.** Cureus. 2023 Jan 31;15(1):e34432. doi: 10.7759/cureus.34432. PMID: 36874665; PMCID: PMC9979096.
34. Divya G, Prasad MG, Vasa AA, Vasanthi D, Ramanarayana B, Mynampati P. **Evaluation of the Efficacy of Caries Removal Using Polymer Bur, Stainless Steel Bur, Carisolv, Papacarie – An Invitro Comparative Study.** J Clin Diagn Res. 2015 Jul;9(7):ZC42–6. doi: 10.7860/JCDR/2015/12705.6202. Epub 2015 Jul 1. PMID: 26393204; PMCID: PMC4573036.
35. Kumar KVKS, Prasad MG, Sandeep RV, Reddy SP, Divya D, Pratyusha K. **Chemomechanical caries removal method versus mechanical caries removal methods in clinical and community-based setting: A comparative in vivo study.** Eur J Dent. 2016 Jul-Sep;10(3):386–391. doi: 10.4103/1305–7456.184151. PMID: 27403059; PMCID: PMC4926594.
36. Soni HK, Sharma A, Sood PB. **A comparative clinical study of various methods of caries removal in children.** Eur Arch Paediatr Dent. 2015 Feb;16(1):19–26. doi: 10.1007/s40368–014–0140–1. Epub 2014 Nov 13. PMID: 25391222.
37. Khoury, Nagham & Laflouf, Mohannad & Al Kurdi, Saleh & Alkhouli, Muaaz & Al-Nerabieah, Zuhair. (2022). **Efficacy of Smart Burs and CARISOLV in caries removal in comparison to conventional method: A Randomized Controlled Clinical Trial.** Teikyo Medical Journal. . ISSN: 03875547 Volume 45, Issue 04, June, 2022.
38. Prabhakar A, Kiran NK. **Clinical evaluation of polyamide polymer burs for selective carious dentin removal.** J Contemp Dent Pract. 2009 Jul 1;10(4):26–34. PMID: 19575051.
39. Duman C, Kalaoglu EE, Sirinoglu Capan B, Egil E. **Comparison of Two Aerosol-Free Caries Removal Methods – A Split Mouth Randomized Clinical Trial.** Cumhuriyet Dent J 2021;24:3:266–273.
40. Salles M.M., Badaró M.M., Arruda C.N.F., Leite V., Silva C., Watanabe E., Oliveira V, Paranhos H. **Antimicrobial activity of complete denture cleanser solutions based on sodium hypochlorite and Ricinus communis—A randomized clinical study.** J. Appl. Oral Sci. 2015;23:637–6342. doi: 10.1590/1678–775720150204.

41. Cha H.S., Shin D.H. **Antibacterial capacity of cavity disinfectants against Streptococcus mutans and their effects on shear bond strength of a self-etch adhesive.** Dent. Mater. J. 2016;35:147–152. doi: 10.4012/dmj.2015–175.
42. Bahrololoomi Z., Dadkhah A., Alemrajabi M. **The Effect of Er: YAG laser irradiation and different concentrations of sodium hypochlorite on shear bond strength of composite to primary teeth's dentin.** J. Lasers Med. Sci. 2017;8:29–35. doi: 10.15171/jlms.2017.06.
43. Georgios Romanos, **Current concepts in the use of lasers in periodontal and implant dentistry.** J Indian Soc Periodontol. 2015 Sep–Oct; 19(5): 490–494 doi: 10.4103/0972–124X.153471.
44. Prabhakar A, Lokeshwari M, Naik SV, Yavagal C. **Efficacy of Caries Removal by Carie–Care and Erbium–doped Yttrium Aluminum Garnet Laser in Primary Molars: A Scanning Electron Microscope Study.** Int J Clin Pediatr Dent 2018;11(4):323–329.
45. 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.
46. Aswathi KK, Rani SP, Athimuthu A, Prasanna P, Patil P, Deepali KJ. **Comparison of efficacy of caries removal using polymer bur and chemomechanical caries removal agent: A clinical and microbiological assessment – An in vivo study.** J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2017 Jan–Mar;35(1):6–13. doi: 10.4103/0970–4388.199232. PMID: 28139476.