تقييم فعالية تقنية التثقيب الكهربائي للمتعضيات الدقيقة في تعقيم منظومة القناة الجذرية: دراسة مخبرية، جرثومية

*د . حسان الحلبية

(الإيداع: 26 شباط 2020، القبول: 16 آذار 2020)

الملخص:

تعد المعالجة اللبية صعبة الإنجاز بسبب متغيراتها العديدة ومن أهمها طبيعة تشريح منظومة القناة الجذرية (RCS) المعقدة من الناحية الشكلية والبنيوية، إلى درجة يستحيل معها القضاء التام على كائناتها الدقيقة، ما يمكن أن يؤدي إلى عدم ثبات نتائج المعالجة اللبية خاصة عندما تكون عفنة.

يهدف البحث إلى تقصي قدرة تقنية التثقيب الكهربائي (MET) للمتعضيات الدقيقة في تحقيق تعقيم منظومة القناة الجذرية قبل ختمها في سبيل رفع وتثبيت نسب نجاح المعالجة على المدى البعيد. أجريت الدراسة على أسنان بشرية، وحيدة ومتعددة الجذور، مقلوعة حديثاً، قسمت إلى (8) مجموعات تبعاً لصعوبة التشريح القنوي وطريقة تحييد الكائنات الدقيقة. بعد تشكيل منظومة القناة الجذرية، تم تعقيمها بالحرارة الرطبة ثم تلويثها الجرثومي اللانوعي. قورنت قدرة التحييد الجرثومي القنوي لتقنية التثقيب الكهربائي، باستخدام تيار نبضي بمعايير محددة، بالوسائل الكيميائية التقليدية (سائل الإرواء NaOCl، الضماد ال قنوي$Ca(OH)_2$). استخدم الزرع الجرثومي للتقدير الكمي لتعداد الجراثيم الحية وذلك عن طريق عد الوحدات المكونة للمستعمرات CFU (Colony Forming Units) بعد تطبيق طرائق التحييد الجرثومي المدروسة.

بَينت التحاليل الإحصائية ($P<0.05$) وجود فروق جوهرية بين بعض المجموعات المدروسة. روقبت أعلى معدلات الجراثيم الحية في المجموعات المعتمدة على سائل الإرواء (NaOCl) منفرداً للقضاء على الكائنات الدقيقة القنوية. تفوقت تقنية التثقيب الكهربائي بقدرتها على القضاء على جراثيم منظومة القناة الجذرية مهما بلغت درجة الصعوبة التشريحية. نستنتج أنه باستخدام تقنية التثقيب الكهربائي يمكن تعقيم، أي القضاء على كافة أشكال الحياة، في منظومة القناة الجذرية قبل ختمها، ما يعد سابقة علمية، من شأنها أن تبسط مبادئ وأولويات المعالجة اللبية وتفرز تطبيقات سريرية هامة ومتعددة.

الكلمات المفتاحية: التطهير، التعقيم، الزرع الجرثومي، CFU، منظومة القناة الجذرية (RCS)، تقنية التثقيب الكهربائي للكائنات الدقيقة (MET).

*أستاذ مساعد – رئيس قسم مداواة الأسنان–عميد كلية طب الأسنان – جامعة حماه.

Evaluation of Microorganisms Electroporation Technique Efficiency in Root Canal System Sterilization: Bacterial, *in Vitro* Study

*Dr. Hassan AL HALABIAH

(Received: 26 February 2020, Accepted: 16 March 2020)

Abstract:

Endodontic treatment is difficult to accomplish due to multiple variables, such as the morphological and structural complexity of the root canal system (RCS), so definitive eradication of canal microorganisms is impossible, especially in infected dental pulp, resulting in unstable success rate of treatment.

The aim of this study is to investigate the efficiency of Microorganisms Electroporation Technique (MET) regarding root canal system sterilization before sealing, in order to increase the success rate at long term. Recently extracted, single- and multi-rooted human teeth have been used, and divided into (8) groups according to RCS complexity and microorganisms neutralization methods. After shaping, RCS was sterilized using autoclave, followed by non-specific bacterial infection. Efficiency of bacterial neutralization of MET using pulsed current with specific criteria, were compared with traditional chemical methods (irrigation solution NaOCl, intra-canal dressing $Ca(OH)_2$). Bacterial culture was used to quantitative evaluation of viable bacteria using Colony Forming Units (CFU) after application of studied bacterial neutralization methods.

Statistical Analysis ($P<0.05$) show significant differences between some studied groups. The highest rate of survived bacteria founded in specimens where (NaOCl) has been used only. MET show the best performance to eradicate root canal system microorganism whatever the anatomical complexity. We conclude that RCS sterilization before sealing is possible using MET. This promising technique, used and proved for the first time in dentistry in this study, susceptible to simplify the principles and priorities of endodontic treatment, and could have decisive and multiple clinical applications.

Key words: Disinfection, Sterilization, Bacterial Culture, CFU، Root Canal System (RCS), Microorganism Electroporation Technique (MET).

---

*Dean of Faculty of Dentistry – Hama University.

1-المقدمة:

تتدرج أهداف مداواة الأسنان وذلك تبعاً لخطورة الإصابة السنية وقدرة الخطوط الدفاعية للب السن على احتمالها. يمكن ترميم السن وإعادة تأهيله التجميلي والوظيفي مع المحافظة على حيويته، في حالات الإصابة غير النافذة والحالة الصحية السليمة للب السن. بالمقابل تغدو المعالجة اللبية شرطاً لازماً وضرورياً لإعادة تأهيل السن عند إصابة اللب بالالتهاب بغض النظر عن طبيعة العامل المسبب (Rosenberg وزملاؤه، 2009). في هذا السياق، تعد الإصابة النخرية النافذة السبب الرئيس لإجراء المعالجة اللبية، وهي ترتبط بفعالية جرثومية تعددية لا نوعية تآزرية الطبيعة، تؤدي إلى فقدان مادي في بنية السن نتيجة انخساف أملاح نسجه المتمعدنة. بناء عليه، غالباً ما ترتبط الإصابة اللبية الالتهابية التي تستوجب المعالجة اللبية، بتلوث لبي جرثومي متفاوت من حيث الشدة والنوعية حسب طبيعة الآفة النخرية المسببة. يبلغ هذا التلوث ذروته عند تموت اللب، حيث ينتشر الإنتان اللبي متجاوزاً منظومة القناة الجذرية ليصل إلى النسج حول الذروية، ما يؤثر سلباً في استجابة هذه الأسنان للمعالجة اللبية لاحقاً، ويجعل إنذارها أكثر سوءاً (Haapasalo وزملاؤه، 2003). تتكون المعالجة اللبية من سلسلة من المراحل المتتالية المرتبطة بمتغيرات عديدة، الأمر الذي يجعل إنجازها محفوفاً بالمخاطر والأخطاء الإجرائية المحتملة. بناء عليه لا يمكن ضمان النجاح المطلق للمعالجة اللبية على المدى البعيد حتى في الحالات التي تبدو سهلة للوهلة الأولى (Modh وزملاؤه، 2018).

يعد التشريح القنوي من أهم متغيرات المعالجة اللبية، إذ يرتبط بانغماد جذري متفاوت من حيث درجة الانتظام والتعقيد التطوري تبعاً لكل وحدة سنية، مؤسساً لمنظومة قناة جذرية ذات تكرارية تشريحية فراغية غير ثابتة. رغم ذلك لا يمكن إنجاز المعالجة اللبية بشكل صحيح وآمن دون الإلمام العميق بتشريح منظومة القناة الجذرية لكافة أشكال الأسنان، لذلك حاول الباحثون نمذجة هذا التشريح في أنماط محددة، كانت بسيطة في البداية، ثم ازدادت تعقيداً بمرور الوقت مع ازدياد المعرفة وتطورها (Razumova وزملاؤه، 2019):

- (Weine وزملاؤه، 1969)
- (Vertucci، 1984)
- (Kartal and Yanıkoğlu، 1992)
- (Gulabivala وزملاؤه، 2001)
- (kim وزملاؤه، 2001)
- (Sert& Bayirli، 2004)
- (Peiris وزملاؤه، 2008)
- (Al-Qudah، 2008)
- (Ahmed وزملاؤه، 2018)
- (Bansal وزملاؤه، 2018)

مهما حاول الباحثون حصر الأشكال المحتملة لمنظومة القناة الجذرية، فإن السمات التطورية والفيزيولوجية الذاتية لكل وحدة سنية تجعلها فريدة لا يمكن تأطيرها مهما تعددت وتعقدت التصانيف.

تخضع المعالجة اللبية لمبادئ وتسعى لتحقيق أهداف ذات طبيعة ميكانيكية وحيوية تآزرية تبادلية التأثير (Schilder، 1974)، فإذا كان تحقيق المبادئ والأهداف الميكانيكية مرتبطاً بخصائص الأدوات اللبية من حيث تصميمها الشكلي وتركيبها البنيوي وكيفية استخدامها، فإن المبادئ والأهداف الحيوية ترتبط مباشرة بما تخفيه منظومة القناة الجذرية من كائنات دقيقة

لا يمكن ضمان نجاح المعالجة اللبية دون القضاء عليها نهائياً، أو على الأقل قطع سبل معيشتها (Haapasalo وزملاؤه، 2005). وهذا يمكن تحقيقه في حالات المعالجة اللبية الحية ذات التشريح القنوي النمطي البسيط عبر ختمها الكتيم دون أي تلوث جرثومي. بالمقابل يغدو نجاح المعالجة اللبية أصعب تحقيقاً عندما يرتهن بكمية ونوعية الكائنات الدقيقة المتحصنة في أعماق القنيات العاجية أو في التفاغرات بين القنوية، أو في الأقنية الجانبية أو الإضافية أو في شذوذات منظومة القناة الجذرية، بمنأى عن التأثير الميكانيكي- الكيميائي لوسائل المعالجة، وهذا يصادف في حالات التموت والإنتان اللبي للأسنان ذات التشريح القنوي المعقد (Gomes & Herrera، 2018). هناك حلقة مفقودة في سلسلة المعالجة اللبية، ترتبط بعدم القدرة على القضاء التام على كافة أشكال الحياة ضمن منظومة القناة الجذرية في سياق تشكيلها وقبل ختمها النهائي، حيث يبدو تأثيرها جلياً بمرور الوقت من خلال عدم ثبات نتائج المعالجة، خصوصاً في حالات التشريح القنوي الصعبة أو في حالات المعالجة اللبية العفنة. بالنتيجة، يعد التلوث الجرثومي السبب الرئيس لفشل المعالجة اللبية، ولو تم إنجازها بنجاح من الناحية الميكانيكية (Peciuliene وزملاؤه، 2008).

انطلاقاً من هذه المعطيات، فقد تم تصميم هذه الدراسة لاستقصاء تأثير تقنية التثقيب الكهربائي في القضاء على الكائنات الدقيقة في منظومة القناة الجذرية أثناء تشكيلها وقبل ختمها النهائي، في سبيل رفع نسب نجاح المعالجة اللبية وتحسين إنذارها وتثبيت نتائجها على المدى البعيد.

التنوع والتكامل البيئي الحيوي للكائنات الدقيقة في منظومة القناة الجذرية

تتعدد الزمر الجرثومية المصادفة في منظومة القناة الجذرية في حالة التموت والإنتان اللبي بشكل كبير وذلك حسب نمط الإصابة فيما إذا كانت حادة أو مزمنة، مفتوحة أو مغلقة، لا عرضية أو مترافقة بأعراض سريرية، أولية أو ثانوية، ناكسة أو معندة على المعالجة اللبية (George &Ivančaková، 2007) (Nair، 2004) (Siqueira & Rôças2008) (Pinheiro، وزملاؤه،2002) (Gomes وزملاؤه، 2004) (Singh، 2016). في هذا السياق يمكن أن تتضمن منظومة القناة الجذرية الأنماط الجرثومية التالية:

الجراثيم الهوائية والهوائية المخيرة Aerobes and Facultative Aerobes Bacteria:

- المكورات إيجابية الغرام: مثل *Micrococcus luteus*
- المكورات سلبية الغرام: مثل *Neisseria*
- العصيات إيجابية الغرام: مثل *Brachybacterium sp.*
- العصيات سلبية الغرام: مثل *Wolinella recta*

الجراثيم اللاهوائية واللاهوائية المخيرة Anaerobes and Facultative Anaerobes Bacteria:

- المكورات إيجابية الغرام: مثل
  - Enterococcus faecalis
  - Gemalla haemolysans
  - Staphylococcus intermidius
  - Streptococcus mutans
  - Streptococcus sanguinis
- العصيات إيجابية الغرام: مثل
  - Actinomyces odontolyticus

- Bacillus flexus
- Corynebacterium diphtheria
- Lactobacillus fermentum

– العصيات سلبية الغرام: مثل

- Actinobacillus sp.
- Eikenella corrodens
- Escherichia sp.
- Pasteurella sp.

الجراثيم اللاهوائية:Anaerobes Bacteria

– المكورات إيجابية الغرام: مثل *Peptostreptococcus prevotii*

– المكورات سلبية الغرام: مثل *Acidaminococcus sp., Veillonella parvula*

– العصيات إيجابية الغرام: مثل *Bifidobacterium, Eubacterium branchy*

– العصيات سلبية الغرام: مثل *Acidaminobacter sp., Fusobacterium varium, Prevotella* intermedia

يتظاهر التنوع الجرثومي في منظومة القناة الجذرية بنشوء مستعمرات معقدة بشكل Biofilms، تختلف من حيث التركيب والطبيعة والفعاليات الحيوية باختلاف نطاقات تواجدها القنوية (Drucker & Natsiou، 2000). تتصف هذه التشكلات الجرثومية في منظومة القناة الجذرية بالتكامل من حيث تعايشها الحيوي، إذ تلبي نواتج استقلاب بعض الزمر الجرثومية الاحتياجات الغذائية لزمر أخرى، الأمر الذي يجعل هذه التشكلات قادرة على الاستمرار بالحياة حتى في حالات العوز الغذائي والهوائي الشديد. يضاف إلى ذلك قدرة الجراثيم على التبوغ لمواجهة التحديات المعيشية، ومقاومة وسائل القضاء عليها (Brown، 2000) (Stewart، 2015) ، وهذا يترجم سريرياً بفشل المعالجة اللبية على المدى القصير أو البعيد. وهذه بعض الأمثلة للتكامل البيئي المعيشي للزمر الجرثومية القنوية:

– تؤمن جراثيم Fusobacterium, Eubacterium, Prevotella الأمونيا (NH_4) اللازمة لاستمرار فعالية زمر جرثومية أخرى مثل.Streptococcus, Actinomyces

– تؤمن جراثيم Peptostreptococcusإنتاج (Succinate) اللازمة لفعاليات مختلفة لزمر جرثومية أخرى مثل *Porphyromonas endodontalis, Prevotella intermedius*.

– تؤمن Veillonella إنتاج (Acetate) اللازم والضروري لاستمرار فعالية *Eubacterium, alactolyticum*

– تؤمن جراثيم Streptococcus, Actinomycesإنتاج (Formate) اللازم لاستمرار فعاليات بعض الجراثيم مثل Campylobacter, Wolinella, *Bacteroides gracitis*.

تجدر الإشارة إلى إمكانية مصادفة كائنات دقيقة لا تنتمي للزمر الجرثومية ضمن منظومة القناة الجذرية من أهمها فطور المبيضات البيض Candida Albicans(Ghogre، 2014) (Ashrafوزملاؤه، 2006) والفيروسات Viruses (Sabeti وزملاؤه، 2019)(Bharati وزملاؤه، 2016).

تترصد الزمر الجرثومية المتبقية في منظومة القناة الجذرية للأسنان المعالجة لبياً، **انتهاز** أول فرصة للتواصل مع البيئة حول السنية، بغض النظر عن السبب، لتطلق فعالياتها الانقسامية والإمراضية من جديد، فتكون الترجمة السريرية فشل المعالجة اللبية وعدم ثبات نجاحها مع مرور الوقت، ولو بدا ذلك محققاً على المدى القصير.

سوائل الإرواء Irrigation Solutions

تستخدم سوائل الإرواء خلال مراحل المعالجة اللبية لتحقيق أهداف مختلفة من أهمها التنظيف والتطهير القنوي (Haapasalo وزملاؤه، 2014). هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) بتركيز 5.25% هو من أهم سوائل إرواء الأقنية الجذرية وأكثرها شيوعاً من حيث الاستخدام والفعالية المضادة للجراثيم المثبتة. تعتمد هذه السوائل في فعاليتها على القلوية العالية، التي تؤدي إلى حل المركبات العضوية للنسج الحية والمتموتة. يشترط لتحقيق الفعل الحال للنسج، التماس المباشر لفترة زمنية محددة، أي النقع النسيجي ويتم سريرياً عبر الاستخدام الوفير والمتكرر لسائل الإرواء فيتحقق فعل التنظيف Cleansing ومن ثم التطهير Disinfection لمنظومة القناة الجذرية (warren وزملاؤه، 2015). بالنتيجة يمكن أن يحل سائل الإرواء النسيج اللبي ويقضي على نسبة معتبرة من الكائنات الدقيقة ضمن منظومة القناة الجذرية، إلا أنه لا يمكن الادعاء بقدرته على تحقيق حالة العقامة، أي القضاء على كافة أشكال الحياة، فالكائنات الدقيقة يمكن أن تكون بمنأى عن تأثيره عندما تكون في أعماق القنيات العاجية والتفاغرات بين القنوية والأقنية الجانبية والإضافية في النهاية الذروية للجذر (Gazzaneo وزملاؤه،2019)(Matani وزملاؤه، 2019). تجدر الإشارة إلى وجود تأثيرات سلبية جانبية لسوائل الإرواء عند تطبيقها غير الصحيح أو المبالغ فيه.

هناك العديد من الوسائل والتعديلات التي أُدخلت بهدف تحسين أداء سوائل الإرواء وتعزيز فعاليتها المطهرة (Plotino وزملاؤه، 2016) (Islam وزملاؤه، 2018)(Jaramillo وزملاؤه، 2016)(Silva وزملاؤه، 2019)(van der Sluis وزملاؤه، 2007)، إلا أنها لم تتمكن من تعقيم منظومة القناة الجذرية لاعتمادها جميعاً على التماس المباشر مع الكائنات الدقيقة، وهذا لا يمكن ضمانه في فراغ غير منتظم كما هو الحال في منظومة القناة الجذرية (Wu وزملاؤه، 2006).

ضمادات ماءات الكالسيوم Calcium Hydroxide $Ca(OH)_2$ Dressing

تستخدم معلقات ماءات الكالسيوم خلال المعالجة اللبية العفنة كضمادات قنوية مؤقتة مضادة للجراثيم، بهدف تطهير منظومة القناة الجذرية قبل ختمها النهائي. تعتمد فعالية هذه الضمادات على القلوية العالية التي تصل إلى ذروتها خلال 10-14 يوماً من التطبيق الموضعي (Mohammadi وزملاؤه، 2012)(Mustafa وزملاؤه، 2012). يجب توفر التماس المباشر بين معلقات ماءات الكالسيوم والجراثيم ليتم انحلالها الكيميائي والقضاء عليها. تجدر الإشارة إلى عدم قدرة ماءات الكالسيوم على تعقيم منظومة القناة الجذرية لأسباب عديدة (Kim &Kim، 2014)(Kim & Kim، 2015) من أهمها:

- عدم قدرتها على الوصول إلى كافة أجزاء منظومة القناة الجذرية وخصوصاً الذروية منها.
- انخفاض فعاليتها المضادة للجراثيم في حالات الإنتانات اللبية القيحية.
- نشوء ذراري جرثومية مقاومة لفعاليتها وخاصة في حالة التبوغ.

لا يخلو تطبيق ضمادات ماءات الكالسيوم من التأثيرات الجانبية السلبية، فإضافة إلى طول فترة التطبيق السريري المعيقة للمعالجة، يؤدي تطبيق معلقات ماءات الكالسيوم الشرهة للرطوبة إلى تخفيض جوهري في المقاومة الميكانيكية لجذور الأسنان المعالجة لبياً.

تقنية التثقيب الكهربائي للكائنات الدقيقة (MET)

من التقنيات شائعة الاستخدام في مجالات وتطبيقات حيوية مختلفة (Kang وزملاؤه، 2015)(Pillet وزملاؤه، 2016). يؤدي تعريض الجراثيم إلى تأثير حقل تيار كهربائي نبضي بمعايير محددة إلى خلق ثقوب مؤقته (تثقيب ردود) في الغشاء السيتوبلاسمي لهذه الجراثيم تسمح بدخول مواد أو عناصر أو تراكيب جينية معدلة مثل البلازميدات (Plasmids) إلى داخل هذه الجراثيم. تنغلق هذه الثقوب، بفضل قدرة الجراثيم على ترميم أغشيتها السيتوبلاسمية، ليتابع الجرثوم نسخ وترجمة جيناته بالإضافة إلى الجينات الجديدة (Kotnik وزملاؤه، 2015). يمكن لتقنية التثقيب الكهربائي أن تسبب تثقيباً غير ردود أي

تعديل دائم في نفوذية الغشاء السيتوبلاسمي للكائنات الدقيقة، ما يؤدي إلى فقدان مكوناتها السيتوبلاسمية الداخلية وتوقف فعالياتها الاستقلابية والانقسامية وبالتالي تموتها الحتمي (Novickij وزملاؤه، 2018). يستخدم التثقيب الكهربائي الدائم لتعقيم المواد التي لا يمكن تعقيمها بالحرارة الجافة أو الرطبة مثل المنتجات الغذائية والعصائر الطازجة المختلفة، والمياه، والعقاقير الطبية (Golberg وزملاؤه، 2010)(Golberg وزملاؤه، 2009)(Korma وزملاؤه، 2016)(Liu وزملاؤه، 2013). ذكر بعض الباحثين إمكانية الإفادة من هذه التقنية في تعقيم الجروح وتسريع الشفاء والتجدد النسيجي (Gibot وزملاؤه، 2017)(Polak وزملاؤه، 2013).

بناء عليه ترتبط أهداف ونتائج التثقيب الكهربائي للكائنات الدقيقة بمعايير التيار المعتمدة، فعند تطبيق التقنية بهدف التعقيم يجب أن تتعرض الكائنات الدقيقة لحقل تأثير كهربائي نبضي يولد صدمات كهربائية متتالية يؤدي إلى نفوذية شديدة فتاكة غير قابلة للترميم في غشائها السيتوبلاسمي تنتهي بالقضاء التام عليها.

تجدر الإشارة إلى أن التعقيم المرتبط بالتثقيب الكهربائي لا يعتمد على التماس المباشر مع الكائنات الدقيقة، الأمر الذي يجعل هذه التقنية ذات تطبيقات واسعة الآفاق. إن طبيعة التيار الكهربائي الفتاكة بالنسبة للكائنات الدقيقة والآمنة غير العدائية المتقبلة من قبل جسم الإنسان يجعلها قابلة للتطبيق في مجالات طبية علاجية عديدة، لم يتم سبر آفاقها بعد في اختصاصات طب الأسنان.

تبيان مشكلة البحث

رغم تطور طرائق وأدوات أنظمة التشكيل القنوي من حيث التصميم الشكلي والتركيب البنيوي وطرائق التصنيع، إضافة إلى تطور مواد وأجهزة وطرائق الحشو والختم القنوي، إلا أنه لم يتم التوصل إلى تعقيم أجزاء منظومة القناة الجذرية بعد تشكيلها وقبل ختمها حتى الآن. ترتبط هذه الحلقة الحيوية المفقودة بطبيعة التشريح القنوي، واعتماد وسائل التداخل العلاجي التقليدية الميكانيكية والكيميائية على التماس المباشر للقضاء على الكائنات الدقيقة، وهذا لا يمكن تحقيقه في كافة أجزاء منظومة القناة الجذرية، خصوصاً عندما تكون معقدة.

إن إيجاد تقنية تؤمن تعقيم أجزاء منظومة القناة الجذرية بعد تشكيلها وقبل ختمها، دون الاعتماد على التماس المباشر مع الكائنات الدقيقة، سيحكم ارتباط سلسلة المعالجة اللبية، ويساهم في تبسيطها ورفع نسبة نجاحها وتحسين إنذارها، مهما كانت شدة تلوثها الجرثومي ودرجة صعوبتها التشريحية.

2- الهدف من البحث

يهدف البحث إلى تقييم قدرة تقنية التثقيب الكهربائي للكائنات الدقيقة في تحقيق تعقيم منظومة القناة الجذرية قبل الختم القنوي في سبيل رفع نسبة نجاح المعالجة اللبية وتثبيت نتائجها وتحسين إنذارها.

3-مواد وطرائق البحث

مواد البحث: تم استخدام 80 سناً بشرياً سليماً وحيد ومتعدد الجذور مقلوعة حديثاً، مغلقة الذرا، وغير مصابة بتصدعات أو كسور تاجية أو جذرية. استخدمت سنابل ماسية كروية وشاقة مناسبة القياس (Mani, Japan)، أدوات نظام التحضير القنوي ProTaper Universal (DENTSPLY, Switzerland)، سرنغات ورؤوس الإرواء، أقماع ورقية (DENTSPLY, Switzerland)، سائل الإرواء هيبوكلوريت الصوديوم (5.25%)، مسحوق ماءات الكالسيوم (Kerr, USA)، ماء مقطر معقم، وسط الزرع السائل والصلب (Brain Heart Infusion Agar, Hi-Media, INDIA)، أنابيب ابيندورف (1.5 ml)، رؤوس ماصات ابيندورف معقمة، ماصات ابيندورف(10-100 μL)(Biohit, Finland)، أطباق بيتري، أنابيب زجاجية دقيقة قابلة للتعديل الحراري لنشر وسط الزرع في أطباق بيتري.

الأجهزة المستخدمة: جهاز التحضير القنوي الآلي (Eight-teeth, China)، جهاز التثقيب الكهربائي للمتعضيات الدقيقة، الموصدة، جهاز التقطير، مثفلة، الحاضنة الحرارية (37 درجة مئوية)، جهاز التلهيب الحراري، مجهر مزود بكاميرا رقمية لمراقبة وتسجيل عدد المستعمرات النامية في أطباق الزرع الجرثومي.

طرائق البحث: تمت دراسة تأثير درجة التعقيد التشريحي (سن وحيد الجذر/سن متعدد الجذور) وطريقة التحييد الجرثومي (كيميائي/ كهربائي) باستخدام (8) مجموعات (n=10) وذلك كما يلي:

- مج1: سن وحيد الجذر محضَّر ملوث القناة + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)
- مج2: سن وحيد الجذر محضَّر ملوث القناة + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضماد $Ca(OH)_2$
- مج3: سن وحيد الجذر محضَّر ملوث القناة + تحييد جرثومي كهربائي
- مج4: سن متعدد الجذور محضَّر ملوث الأقنية + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)
- مج5: سن متعدد الجذور محضَّر ملوث الأقنية + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضماد $Ca(OH)_2$
- مج6: سن متعدد الجذور محضَّر ملوث الأقنية + تحييد جرثومي كهربائي
- مج7 (ش+): سن متعدد الجذور محضَّر ملوث الأقنية + إرواء بالماء المعقم بدون تحييد جرثومي
- مج8 (ش-): سن متعدد الجذور محضَّر ومعقم بالحرارة الرطبة دون تلوث جرثومي مقصود

تمت الإجراءات العملية للعينات المدروسة وفق مايلي:

- فتح الحجرة اللبية وتحقيق الانفتاح التاجي المبكر والتسليك القنوي ثم التحضير إلى القياس 25 بقمعية ذروية 0.08 (ProTaper Universal – F2).
- الإرواء: باستخدام الماء المعقم بحجم كلي 10 مل (2مل×5).
- التجفيف: باستخدام أقماع ورقية معقمة (25#×5) لكل قناة.
- تعقيم الأسنان بعد التحضير القنوي بالحرارة الرطبة (134 درجة مئوية، ضغط جوي 2.25 بار، دورة التعقيم الإجمالية 40 دقيقة).

الإنتان الجرثومي المقصود: تم عبر تطبيق (100µl) سائل زرع ناقل ملوث (يتضمن حمل جرثومي لانوعي) (BHI-A, Hi-Media, India) ضمن منظومة القناة الجذرية لجميع الأسنان عدا الشاهد السلبي. وضعت بعدها أسنان جميع العينات ضمن الحاضنة (37) درجة مئوية لمدة 24 ساعة.

الزرع الجرثومي قبل التحييد الجرثومي

تم نقل 50 µl من سائل الزرع الملوث من منظومة القناة الجذرية لكل سن من أسنان المجموعات المختلفة إلى أنبوب ابيندورف خاص (Tube A) يتضمن (450 µl) سائل زرع ناقل معقم، لإنجاز تمديد بنسبة 10/1. ثم نقل 50 µl من سائل (Tube A) لكل سن من أسنان المجموعات المختلفة إلى أنبوب ابيندورف (Tube B) خاص يتضمن (450 µl) سائل زرع ناقل معقم، فتم إنجاز تمديد بنسبة 100/1. تم بعدها الزرع في أطباق الزرع الجرثومي (BHI-AA, Hi-Media, India) عبر تطبيق (100 µl) من سائل زرع (Tube B) لكل عينة ضمن طبق زرع خاص بها في شروط عقامة مشددة. وضعت أطباق الزرع ضمن الحاضنة (37) درجة مئوية لمدة 48-24 ساعة.

التحييد الجرثومي: تم كما يلي:

- كيميائي: عبر إرواء القناة المحضرة والملوثة باستخدام سائل هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) منفرداً بكمية (2مل×3) لعينات المجموعات: 1+4

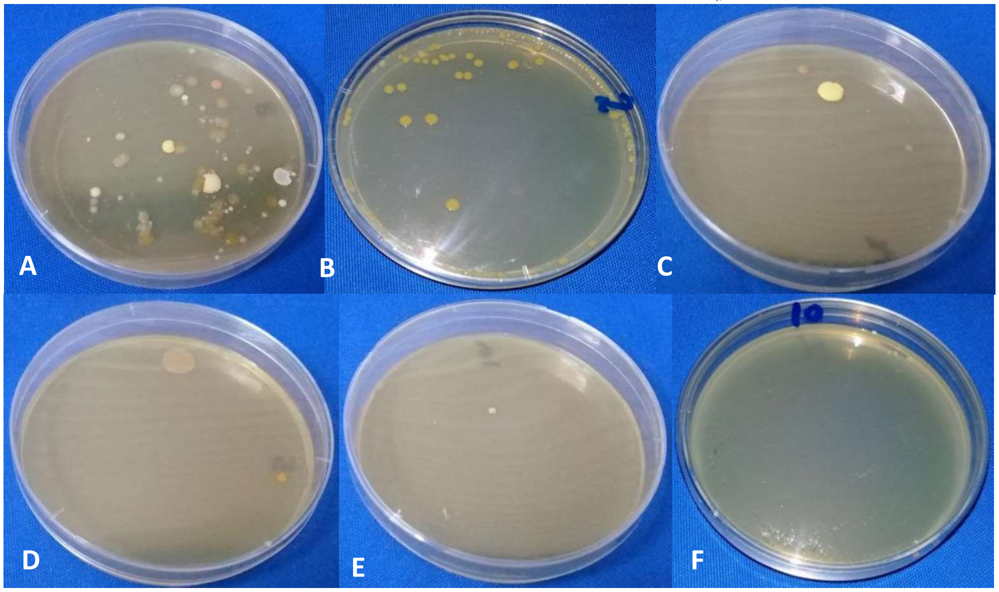
- كيميائي: عبر إرواء القناة المحضرة والملوثة باستخدام سائل هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) بكمية (2مل×3)، متبوعاً بتطبيق ضماد القناة ماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ لمدة (10) أيام لعينات المجموعات: 2+5
- كهربائي: عبر إرواء القناة المحضرة والملوثة بالماء المعقم بكمية (2مل×3) لكل قناة + تطبيق تيار كهربائي نبضي (الاستطاعة 10 فولت، الشدة 2 ميلي أمبير، مدة النبضة: 500 ميلي/ثانية، عدد النبضات: 10)، لعينات المجموعات: 3+6. تم استخدام جهاز خاص مزود بقطبين، يتصل القطب الموجب إلى أداة لبية معقمة موضوعة ضمن القناة الجذرية، ويحيط القطب السالب بعنق السن، والسائل الناقل هو الماء المعقم،

الزرع الجرثومي بعد التحييد الجرثومي

بعد تجفيف أقنية عينات المجموعات المدروسة باستخدام الأقماع الورقية المعقمة (25#×5)، تم تطبيق 100 µl من وسط زرع سائل ناقل معقم (BHI-A, Hi-Media, India) ضمن الحجرة اللبية ومنظومة القناة الجذرية منشطاً برأس إرواء معقم، لمدة 10 دقائق، لكل سن من أسنان المجموعات المختلفة. تم بعدها نقل سائل الزرع لكل عينة إلى طبق زرع خاص بها في شروط عقامة مشددة. وضعت أطباق الزرع ضمن الحاضنة (37) درجة مئوية لمدة 24-48 ساعة.

تعداد المستعمرات الجرثومية

تم إجراء الزرع قبل وبعد التحييد الجرثومي لمحتويات منظومة القناة الجذرية لأسنان العينات المدروسة لمراقبة فعالية طرائق التحييد المطبقة في المجموعات المختلفة في تخفيض عدد جراثيم منظومة القناة الجذرية الحية (CFU/ml)، عبر احتساب تعداد المستعمرات الجرثومية النامية في أطباق الزرع (Quinn وزملاؤه، 2011) (الشكل 1).



الشكل رقم (1): أطباق الزرع الجرثومي التي تظهر المستعمرات النامية انطلاقاً من زرع محتوى منظومة القناة الجذرية للعينات المدروسة. (A): زرع عينة من المجموعة (1)، قبل التحييد الجرثومي، (B): زرع عينة من المجموعة (4)، بعد التحييد الجرثومي الكيميائي (NaOCl)، (C): زرع عينة من المجموعة (5)، بعد التحييد الجرثومي الكيميائي ($Ca(OH)_2$+NaOCl)، (D): زرع عينة من المجموعة (1)، بعد التحييد الجرثومي الكيميائي (NaOCl)، (E): زرع عينة من المجموعة (6)، بعد التحييد الجرثومي الكهربائي، (F): زرع عينة من المجموعة الثامنة: الشاهد السلبي.

تم الأخذ بعين الاعتبار *D-Value* (Decimal reduction Value) التي تقيس كفاءة وسيلة التحييد الجرثومي بحيث لا تقل نسبة انخفاض تعداد الجراثيم عن 90% من التعداد الأولي (Baseline) (Swenson، 2012). تم اعتماد التدرج التالي للحمل الجرثومي وكانت *D-Value* محققة في كافة الدرجات باستثناء الدرجة (5):

0: 0-10 CFU/ml

1: 10-100 CFU/ml

2: 100-500 CFU/ml

3: 500-1000 CFU/ml

4: 1000-5000 CFU/ml

5: أكبر من 5000 CFU/ml

النتائج والدراسة الإحصائية: وجد أن:

- أعلى تعداد للمستعمرات الجرثومية كان في أطباق الزرع الخاصة بعينات المجموعة الشاهدة الإيجابية (مج7) وتوافقت مع نتائج الزرع لمحتويات منظومة القناة الجذرية للعينات المدروسة قبل التحييد الجرثومي.

- أخفض تعداد للمستعمرات الجرثومية كان في أطباق الزرع الخاصة بعينات المجموعة الشاهدة السلبية (مج8)

مايعني أن تفاوت تعداد المستعمرات الجرثومية في أطباق الزرع الخاصة بمحتويات منظومة القناة الجذرية للعينات المدروسة كان تبعاً لدرجة التعقيد التشريحي وفعالية طريقة التحييد الجرثومي فقط. تم إجراء اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات تعداد الجراثيم الحية في المجموعات المدروسة قبل وبعد التحييد الجرثومي كما يبين الجدول (1):

الجدول رقم (1): يبين نتائج اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات تعداد الجراثيم الحية في عينات المجموعات المدروسة قبل وبعد التحييد الجرثومي

المتغير المدروس = تعداد الجراثيم الحية						
المرحلة	المجموعة المدروسة	عدد الأسنان	متوسط الرتب	قيمة كاي مربع	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
قبل التحييد الجرثومي	سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)	10	45.50	79.000	0.000	**توجد فروق دالة**
	سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	10	45.50			
	سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	10	45.50			
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)	10	45.50			
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	10	45.50			
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	10	45.50			
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث (إرواء H2O معقّم) بدون تحييد جرثومي (ش+)	10	45.50			
	سن متعدّد الجذور محضّر (إرواء H2O معقّم) معقّم بالحرارة الرطبة بدون تلوث جرثومي مقصود (ش-)	10	5.50			
بعد التحييد الجرثومي	سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)	10	47.40	64.035	0.000	**توجد فروق دالة**
	سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	10	40.60			
	سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	10	18.20			
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)	10	58.50			
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	10	47.40			
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	10	23.40			
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث (إرواء H2O معقّم) بدون تحييد جرثومي (شاهدة إيجابية)	10	75.50			
	سن متعدّد الجذور محضّر (إرواء H2O معقّم) معقّم بالحرارة الرطبة بدون تلوث جرثومي مقصود (ش-)	10	13.00			
	سن متعدّد الجذور محضّر (إرواء H2O معقّم) معقّم بالحرارة الرطبة بدون تلوث جرثومي مقصود (ش-)	10	13.00			

يبين الجدول (1) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 قبل وبعد التحييد الجرثومي، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائياً في تكرارات تعداد الجراثيم الحية بين اثنتين على الأقل من المجموعات المدروسة، ولمعرفة أي منها تختلف اختلافاً جوهرياً عن باقي المجموعات، تم إجراء اختبار Mann-Whitney U للمقارنة الثنائية بين المجموعات المدروسة في عينة البحث كما يبين الجدول (2).

الجدول رقم (2): نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق الثنائية في تكرارات تعداد الجراثيم الحية بعد التحييد الجرثومي بين المجموعات المدروسة في عينة البحث.

المتغير المدروس = تعداد الجراثيم الحية بعد التحييد الجرثومي				
المجموعة المدروسة (أ)	المجموعة المدروسة (ب)	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)	سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	37.0	0.240	لا توجد فروق دالة
	سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	6.0	0.000	**توجد فروق دالة**
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)	24.0	0.032	**توجد فروق دالة**
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	50.0	1.000	لا توجد فروق دالة
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	12.0	0.002	**توجد فروق دالة**
	المجموعة الشاهدة الإيجابية	0	0.000	**توجد فروق دالة**
	المجموعة الشاهدة السلبية	0	0.000	**توجد فروق دالة**
سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	13.0	0.002	**توجد فروق دالة**
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)	16.0	0.006	**توجد فروق دالة**
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	37.0	0.240	لا توجد فروق دالة
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	21.0	0.014	**توجد فروق دالة**
	المجموعة الشاهدة الإيجابية	0	0.000	**توجد فروق دالة**
	المجموعة الشاهدة السلبية	5.0	0.000	**توجد فروق دالة**
سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)	2.0	0.000	**توجد فروق دالة**
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	6.0	0.000	**توجد فروق دالة**
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	40.0	0.342	لا توجد فروق دالة
	المجموعة الشاهدة الإيجابية	0	0.000	**توجد فروق دالة**
	المجموعة الشاهدة السلبية	40.0	0.146	لا توجد فروق دالة
سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	24.0	0.032	**توجد فروق دالة**
	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	4.0	0.000	**توجد فروق دالة**
	المجموعة الشاهدة الإيجابية	0	0.000	**توجد فروق دالة**
	المجموعة الشاهدة السلبية	0	0.000	**توجد فروق دالة**
سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	12.0	0.002	**توجد فروق دالة**
	المجموعة الشاهدة الإيجابية	0	0.000	**توجد فروق دالة**
	المجموعة الشاهدة السلبية	0	0.000	**توجد فروق دالة**

المتغير المدروس = تعداد الجراثيم الحية بعد التحييد الجرثومي				
المجموعة المدروسة (أ)	**المجموعة المدروسة (ب)**	**قيمة U**	**قيمة مستوى الدلالة**	**دلالة الفروق**
سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	المجموعة الشاهدة الإيجابية	0	0.000	**توجد فروق دالة**
	المجموعة الشاهدة السلبية	30.0	0.029	**توجد فروق دالة**
المجموعة الشاهدة الإيجابية	المجموعة الشاهدة السلبية	0	0.000	**توجد فروق دالة**

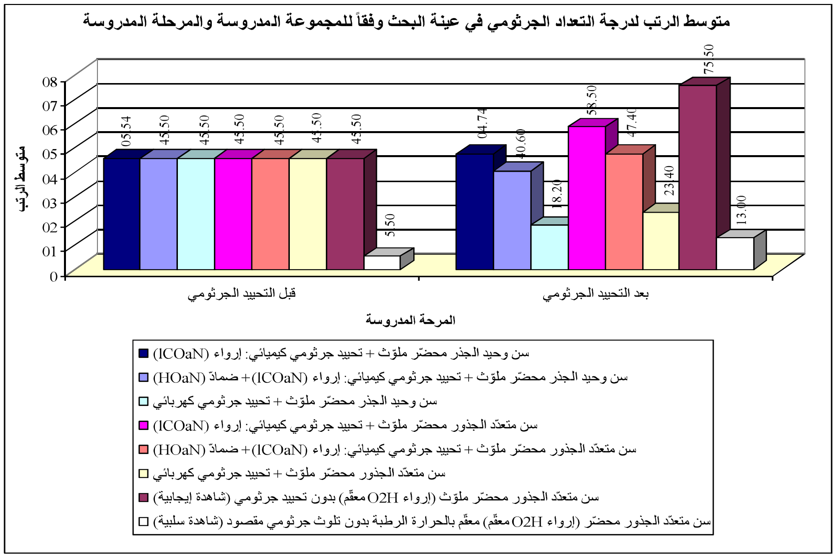
يبين الجدول (2) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند مقارنة تكرارات درجة التعداد الجرثومي بعد التحييد بين:

- المجموعة الشاهدة الإيجابية وكل من المجموعات السبع الباقية كل على حدة،
- المجموعة الرابعة وكل من المجموعات الست الباقية كل على حدة،
- المجموعات الأولى، الثانية، الخامسة وكل من المجموعات الثالثة، السادسة، الثامنة (ش-) كل على حدة
- المجموعة السادسة والثامنة (ش-)

أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في تكرارات تعداد الجراثيم الحية بعد التحييد بين المجموعات المذكورة في عينة البحث. عند دراسة قيم متوسطات الرتب، كما يبين المخطط (1)، نستنتج أن:

- تعداد الجراثيم الحية بعد التحييد في المجموعة الشاهدة الإيجابية كانت أعلى منها في كل من المجموعات السبع الباقية كل على حدة
- تعداد الجراثيم بعد التحييد في المجموعة الرابعة كانت أعلى مقارنة بالمجموعات الست الباقية كل على حدة،
- تعداد الجراثيم الحية بعد التحييد في المجموعات الأولى، الثانية، الخامسة كانت أعلى مقارنة بالمجموعات الثالثة، السادسة، الثامنة (ش-) كل على حدة

أما بالنسبة لباقي المقارنات الثنائية المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في تكرارات تعداد الجراثيم الحية بعد التحييد بين تلك المجموعات في عينة البحث.



المخطط رقم (1): يمثل متوسط الرتب لتعداد الجراثيم الحية في عينة البحث وفقاً للمجموعة والمرحلة المدروسة.

تم إجراء اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية لدراسة دلالة الفروق الثنائية في تكرارات تعداد الجراثيم الحية للمقارنة بين المرحلتين قبل وبعد التحييد الجرثومي في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة كما يبين الجدول (3).

الجدول رقم (3): يبين نتائج اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية لدراسة دلالة الفروق الثنائية في تكرارات تعداد الجراثيم الحية للمقارنة بين المرحلتين قبل وبعد التحييد الجرثومي في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

المتغير المدروس = تعداد الجراثيم الحية، المقارنة بين مرحلتين: بعد التحييد الجرثومي – قبل التحييد الجرثومي			
المجموعة المدروسة	**قيمة Z**	**قيمة مستوى الدلالة**	**دلالة الفروق**
سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)	−2.889	0.004	**توجد فروق دالة**
سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	−2.913	0.004	**توجد فروق دالة**
سن وحيد الجذر محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	−2.972	0.003	**توجد فروق دالة**
سن متعدّد الجذور محضر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl)	−2.850	0.004	**توجد فروق دالة**
سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كيميائي: إرواء (NaOCl) + ضمادّ $Ca(OH)_2$	−2.889	0.004	**توجد فروق دالة**
سن متعدّد الجذور محضّر ملوّث + تحييد جرثومي كهربائي	−2.889	0.004	**توجد فروق دالة**
الشاهدة الإيجابية	0	1.000	لا توجد فروق دالة
الشاهدة السلبية	0	1.000	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول (3) أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 بالنسبة للمجموعة الشاهدة الإيجابية والمجموعة الشاهدة السلبية كل على حدة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائياً في تكرارات تعداد الجراثيم الحية بين المرحلتين المدروستين (قبل التحييد الجرثومي، بعد التحييد الجرثومي) في كل من المجموعة الشاهدة الإيجابية والمجموعة الشاهدة السلبية كل على حدة في عينة البحث.

بالنسبة لباقي المجموعات المدروسة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق دالة إحصائياً في تكرارات تعداد الجراثيم الحية بين المرحلتين المدروستين (قبل التحييد الجرثومي، بعد التحييد الجرثومي) في المجموعات المعنية كل على حدة، وبما أن عدد الرتب الموجبة (التي كانت فيها درجة التعداد الجرثومي بعد التحييد الجرثومي > درجة التعداد الجرثومي قبل التحييد الجرثومي) كان أصغر من عدد الرتب السالبة (التي كانت فيها درجة التعداد الجرثومي بعد التحييد الجرثومي < درجة التعداد الجرثومي قبل التحييد الجرثومي)، نستنتج أن درجة التعداد الجرثومي بعد التحييد كانت أقل منها قبل التحييد، وذلك في كل من المجموعة الأولى، الثانية، الثالثة، الرابعة، الخامسة، السادسة كل على حدة في عينة البحث.

4-المناقشة:

أجريت هذه الدراسة المخبرية باستخدام 80 سناً سليماً وحيد ومتعدد الجذور مقلوعة حديثاً. صممت الدراسة لاستقصاء تأثير درجة التعقيد التشريحي وفعالية طرائق التحييد الجرثومي التقليدية كيميائية الطبيعة مقارنة بطريقة تحييد كهربائية مبتكرة. يعتمد

التثقيب الكهربائي للكائنات الدقيقة على تعريض منظومة القناة الجذرية ومحتوياتها لحقل تيار كهربائي نبضي بمواصفات محددة، مؤدياً إلى زيادة فتاكة غير ردودة في نفوذية الغشاء السيتوبلاسمي للكائنات الدقيقة، ما يؤدي إلى القضاء التام عليها.
تمت مقارنة فعالية طرائق التحييد الجرثومي لمحتويات منظومة القناة الجذرية باستخدام الزرع الجرثومي وتعداد المستعمرات النامية التي ترتبط بعدد الجراثيم الحية ضمن منظومة القناة الجذرية (CFU/ml). أظهرت نتائج الدراسة وجود فروق جوهرية بين بعض المجموعات تبعاً للمتغيرات المدروسة. فقد روقبت أعلى معدلات الوجود والنمو الجرثومي عند تطبيق التحييد الجرثومي الكيميائي باستخدام سائل الإرواء هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) منفرداً في الأسنان متعددة الجذور. وقد زادت فعالية التحييد الجرثومي الكيميائي عند انخفاض درجة التعقيد التشريحي لمنظومة القناة الجذرية أو عندما أتبعت بتطبيق الضماد القنوي ماءات الكالسيوم، إلا أنها لم تصل إلى مستوى التعقيم إلا عند استخدام التحييد الكهربائي. لم يكن لدرجة التعقيد التشريحي لمنظومة القناة الجذرية أي تأثير في قدرة تقنية التثقيب الكهربائي على تعقيم الفراغ القنوي المحضر، فكانت قادرة عموماً على القضاء على كافة أشكال جراثيم منظومة القناة الجذرية لعدم اعتمادها على التماس المباشر مع الجراثيم للفتك بها توافقت نتائج هذه الدراسة جزئياً مع دراسة Bonsor وزملاؤه عام 2006 من حيث عدم قدرة سائل الإرواء هيبوكلوريت الصوديوم منفرداً على تحقيق القضاء التام على جراثيم منظومة القناة الجذرية قبل ختمها وهو شرط لازم وضروري لنجاح بعيد المدى للمعالجة (.Bonsor et al، 2006).
أيضاً، توافقت نتائج هذه الدراسة جزئياً مع دراسة Zhu وزملاؤه عام 2013 من حيث عدم قدرة سائل الإرواء هيبوكلوريت الصوديوم منفرداً على تحقيق القضاء التام على جراثيم منظومة القناة الجذرية قبل ختمها خصوصاً في الثلث الذروي للقناة الجذرية (.Zhu et al، 2013).
كذلك توافقت نتائج هذه الدراسة جزئياً مع دراسة warren وزملاؤه عام 2015 من حيث زيادة نسبة تطهير منظومة القناة الجذرية عند تآزر سائل الإرواء هيبوكلوريت الصوديوم مع سوائل مطهرة أخرى، إلا أن أياً منها لم يكن قادراً على تعقيم منظومة القناة الجذرية (.warren et al،2015).
توافقت نتائج هذه الدراسة جزئياً مع دراسة Jaramillo وزملاؤه عام 2016 من حيث زيادة قدرة سائل الإرواء هيبوكلوريت الصوديوم في القضاء على نسبة كبيرة من جراثيم منظومة القناة الجذرية عند تفعيله بتيار فوتوني ضوئي، إلا أن التفعيل لم يتمكن من تحقيق تعقيم منظومة القناة الجذرية (.Jaramillo et al، 2016).
توافقت نتائج هذه الدراسة جزئياً مع دراسة Gazzaneo وزملاؤها عام 2019 من حيث زيادة فعالية سائل الإرواء هيبوكلوريت الصوديوم في القضاء على نسبة كبيرة من جراثيم منظومة القناة الجذرية بالتآزر مع الفعل الميكانيكي لأنظمة تحضير آلية وحيدة أو متعددة الأدوات، إلا أنها لم تتمكن من تحقيق تعقيم منظومة القناة الجذرية (.Gazzaneo et al، 2019).
فيما يتعلق بنتائج التثقيب الكهربائي للقضاء على المتعضيات الدقيقة في منظومة القناة الجذرية، لا توجد أية دراسات في هذا المجال في الأدب الطبي، ويمكن مقاربة هذا التطبيق المبتكر باستخدام التثقيب الكهربائي للكائنات الدقيقة لتعقيم الجروح والتقرحات الجلدية في سبيل تسريع وتحريض التجدد النسيجي (Gibot وزملاؤه، 2017) (Polak وزملاؤه، 2013). قد تعود المستعمرة المنفردة التي ظهرت في بعض الأطباق الخاصة بعينات التحييد الكهربائي لبعض الزمر الجرثومية المقاومة مثل Enterococcus faecalisأو المتبوغة، ما يمكن أن يستلزم زيادة شدة أو مدة أو عدد النبضات الكهربائية الصادمة في الدراسات المستقبلية للحصول على قدرة تعقيم مطلقة لابد أن تكون مضبوطة باستخدام مشعرات بيولوجية نوعية.

5-الاستنتاجات:

نستنتج من هذه الدراسة أن لدرجة صعوبة تشريح منظومة القناة الجذرية تأثيراً في فعالية طرائق التحييد الجرثومي التقليدية خلال التشكيل وقبل الختم القنوي. لم تتمكن طرائق التحييد الجرثومي التقليدية كيميائية الطبيعة باستخدام سائل الإرواء

هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) منفرداً، أو متبوعاً بالضماد القنوي ماءات الكالسيوم $Ca\ (OH)_2$ من القضاء التام على الوجود الجرثومي في منظومة القناة الجذرية. انخفضت الفعالية المطهرة بشكل متناسب مع زيادة درجة صعوبة التشريح القنوي لاعتماد هذه الطرائق على التماس المباشر مع الجراثيم للقضاء عليها.

أثبتت طريقة التثقيب الكهربائي للكائنات الدقيقة أنها الطريقة الوحيدة الفعالة والملائمة والآمنة بآن معاً، التي من شأنها تحقيق تعقيم منظومة القناة الجذرية خلال تشكيلها وقبل ختمها مهما كانت درجة صعوبتها التشريحية. تعد هذه النتيجة سابقة علمية من شأنها تبسيط إجراءات المعالجة اللبية وتعديل أولوياتها، وخاصة في الحالات الصعبة، في سبيل رفع وتثبيت نسب النجاح على المدى البعيد.

6-التوصيات والمقترحات:

- اعتماد طريقة التثقيب الكهربائي لتعقيم منظومة القناة الجذرية خلال تشكيلها وقبل ختمها النهائي.
- عدم المبالغة في تطبيق وسائل التطهير الكيميائية التقليدية لمحتويات منظومة القناة الجذرية، فهي غير قادرة على تعقيمها وخصوصاً في حالات التشريح المعقدة للأسنان متعددة الجذور.
- إجراء دراسة سريرية جرثومية ومتابعة تأثير المتغيرات المدروسة في هذا البحث لمراقبة فعالية طريقة التثقيب الكهربائي للمتعضيات الدقيقة في تعقيم منظومة القناة الجذرية ومحتوياتها قبل ختمها النهائي.
- إجراء دراسة سريرية جرثومية جزيئية، واستخدام مشعرات بيولوجية، لتحديد هوية الزمر الجرثومية التي يمكن أن تقاوم التعقيم بالتثقيب الكهربائي وذلك لتعديل معايير التثقيب للوصول إلى القضاء التام على كافة أشكال الحياة ضمن منظومة القناة الجذرية.
- إجراء دراسة سريرية لاستقصاء فعالية طريقة التثقيب الكهربائي في تحريض العضوية على ارتشاف الآفات الذروية وتسريع شفائها دون تداخل جراحي بعد إجراء المعالجة اللبية العفنة.
- إجراء دراسة سريرية لاستقصاء فعالية طريقة التثقيب الكهربائي في رفع نسب نجاح المعالجة اللبية التجددية المعتمدة على التغطية اللبية أو إعادة التروية الوعائية اللبية.
- إجراء دراسة سريرية لاستقصاء فعالية طريقة التثقيب الكهربائي في تدبير حالات فشل المعالجة اللبية لأسباب مجهولة، لا تتعلق بجودة الختم القنوي، دون إعادة معالجة.
- إجراء دراسة سريرية لاستقصاء فعالية التثقيب الكهربائي في رفع قدرة تحمل وتعايش العضوية مع بعض الأخطاء الإجرائية مثل الانفصال الذروي للأدوات اللبية غير القابلة للاستخراج أو التجاوز.

شكر وتقدير

أتقدم بالشكر الجزيل لقسم الأحياء الدقيقة وعمادة كلية الطب البيطري في جامعة حماه على المساعدة التقنية القيمة التي تم تقديمها لإنجاز البحث.

7-المراجع:

- Ashraf H, Samiee M, Eslami G, Hosseini M R G, Presence of Candida Albicans in Root Canal System of Teeth Requiring Endodontic Retreatment with and without Periapical Lesions, IEJ, 2007, Vol 2, No 1.

- Bonsor S. J., Nichol R., Reid T. M. S. Pearson G. J., An alternative regimen for root canal disinfection, British Dental Journal, 2006, Vol 201 No 2 JUL 22: 101-105
- Brown k l, Control of bacterial spores, *British Medical Bulletin* 2000.56 (No 1) 158-171
- Deo B D, Shashikala K , Bhat K G, Viruses in Endodontic Infections, IOSR Journal of Dental and Medical Sciences (IOSR-JDMS) (August. 2016), Vol 15, Issue 8 PP 98-102
- Drucker D B& Natsiou I, Microbial Ecology in Health and Disease 2000; 12: 160-169
- Gazzaneo I, Vieira G C.S., Perez A R., Alves F R.F., Goncalves L S., Mdala I, Siqueira J F, Rocas I N., Root Canal Disinfection by Single and Multiple instrument Systems: Effects of Sodium Hypochlorite Volume, Concentration, and Retention Time, J Endod 2019; Vol 1; 1–6
- Gomes B P F A, Herrera D R, Etiologic role of root canal infection in apical periodontitis and its relationship with clinical symptomatology, Braz. Oral Res. 2018;32(suppl): 69, 82-110.
- George M & Ivančaková R, Root Canal Microflor, ACTA MEDICA (Hradec Králové) 2007;50(1):7–15
- Gomes BPFA, Pinheiro ET, Gade-Neto CR, Sousa ELR, Ferraz CCR, Zaina AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ, Microbilogical Examination of infected dental root canals, oral Microbiol immunol 2004: 19: 71-76.
- Ghogre P, Endodontic Mycology: A New Perspective of Root Canal Infection, RRJDS, 2014, Vol 2, Issue 1,: 43-50
- Golberg A, Fischer J, Rubinsky B, The Use of Irreversible Electroporation in Food Preservation, Irreversible Electroporation, BIOMED, 2010, Springer-Verlag Berlin Heidelberg pp 273–312.
- Golberg A, Belkin M, Rubinsky B, Irreversible Electroporation for Microbial Control of Drugs in Solution, AAPS Pharm Sci Tech, 2009, Vol. 10, No. 3.
- Gibot L, Kotnik T, Golberg A, Electroporation Applications in Wound Healing, Bioengineering in Wound Healing, 2017, A Systems Approach.
- Haapasalo M, Udnaes T, Endal U, Persistent, recurrent, and acquired infection of the root canal system post-treatment, Endodontic Topics 2003, 6, 29-56
- Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil J M. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions, Endodontic Topics 2005, 10, 77-102
- Haapasalo M., Shen Y., Wang Z., Gao Y., Irrigation in endodontics, British Dental Journal, 2014, Vol 216, No. 6, MAR 21,

- Islam A. Abdelaziz A, Neelakantan P, Light Activated Disinfection in Root Canal Treatment, A Focused Review, Dent. J. 2018, 6, 31.
- Jaramillo D E., Aguilar E, Arias A, Ordinola-Zapata R, Aprecio R M, Ibarrola J L, Root canal disinfection comparing conventional irrigation *vs* photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) using a buffered 0.5 % sodium hypochlorite solution, Evidence-Based Endodontics (2016) 1:6.
- Kim D, Kim E, Antimicrobial effect of calcium hydroxide as an intracanal medicament in root canal treatment: a literature review - Part I. *In vitro* studies, RDE.2014.39.4.241
- Kim D, Kim E, Antimicrobial effect of calcium hydroxide as an intracanal medicament in root canal treatment: a literature review - Part II. *in vivo* studies, RDE.2015.40.2.97
- Kang S, Kim K-H, Kim Y-C, A novel electroporation system for efficient molecular delivery into *Chlamydomonas reinhardtii* with a 3-dimensional microelectrode, Scientific Reports, 2015, 5:15835.
- Kotnik T, Frey W, Sack M, Meglic S H, Peterka M, Miklavcic D, Electroporation-based applications in biotechnology, Trends in Biotechnology, 2015, Vol. 33, No. 8
- Korma SA, Kamal-Alahmad, Ali AH, Shoaib M, Abed SM, Yves H, Nsor-Atindana J, Qin J, Application of Pulsed Electric Field Technology in Apple Juice Processing. Austin J Nutri Food Sci. 2016; 4(2): 1080.
- Liu C, Xie X, Zhao W, Liu N, Maraccini P A., Sassoubre L M., Boehm A B., Cui Y, Conducting Nanosponge Electroporation for Affordable and High Efficiency Disinfection of Bacteria and Viruses in Water, Nano Lett. 2013, 13, 4288-4293
- Matani P, Chaudhary D, Mathew R, Chouhan B. Current Trends to Improve Root Canal Disinfection – A Review, Chronicles of Dental Research, 2019, Vol 8, Issue 1 : 1-7
- Modh H, Sequeira V, Belur A, Arun N, Dhas S, Fernandes G, Newer Trends in Endodontic Treatment: A Review, (IOSR-JDMS), (2018), Vol 17, Issue 01, PP 14-16
- Mohammadi Z, Shalavi1 S, Yazdizadeh M, Antimicrobial Activity of Calcium Hydroxide in Endodontics: A Review, Chonnam Med J 2012;48:133-140
- Mustafa M, Saujanya KP, Jain D. Sajjanshetty S, Arun A, Uppin L, Kadri M, Role of Calcium Hydroxide in Endodontics : A Review, GJMEDPH, Jan-Feb 2012، Vol 1(1), 66-70
- Nair P.N.R. Pathogenesis of Apical Periodontitis and the Causes of Endodontic Failures, Crit Rev Oral Biol Med, (2004), 15(6):348-381
- Novickij V, Zinkeviciene A, Perminaite E, Cesna R, Lastauskiene E , Paskevicius A, Svediene J, Markovskaja S, Novickij J, Girkontaite I, Non-invasive nanosecond

electroporation for biocontrol of surface infections: an in vivo study, Scientific Reports, (2018) 8:14516

- Peciuliene V, Maneliene R, Balcikonyte E, Drukteinis S, Rutkuna V, Microorganisms in root canal infections: a review, Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal, 2008, 10:4-9,
- Pinheiro ET, Gomes BPFA, Ferraz CCR, Sousa ELR, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. International Endodontic Journal, 2003, 36, 1-11.
- Plotino G, Cortese T, Grande N M., Leonardi D P., Giorgio G D, Testarelli L, Gambarini G, New Technologies to Improve Root Canal Disinfection, Brazilian Dental Journal (2016) 27(1): 3-8
- Pillet F, Formosa-Dague C, Baaziz H, Dague E, Rols M P, Cell wall as a target for bacteria inactivation by pulsed electric fields, (2016), Scientific Reports, 6:19778
- Polak A, Franek A, Taradaj J, High-Voltage Pulsed Current Electrical Stimulation in Wound Treatment, Advances in Wound Care, Mary Ann Liebert Inc, 2014, Vol. 3, No 2.
- Quinn PJ, Markey BK, Leonard FCM Fizpatrick ES, Fanning S, Hartigan PJ, Veterinary Microbiology and Microbial Disease, WILEY-BLACKWELL, 2ed Edition, 2011.
- Razumova S, Brago A, Barakat H, Howijieh A, Morphology of Root Canal System of Maxillary and Mandibular Molars, Human Teeth, Key Skills and Clinical Illustrations, 2019
- Rosenberg P A., Schindler W G., Krell K V., Hicks M L, Davis S B., Identify the Endodontic Treatment Modalities, JOE, 2009, Vol 35, No 12.
- Sabeti M, Golchert K J, Shirgill N, Jakovljevic A, Andric M, Milasin J, Endodontic Periapical Disease: A Virus-Based Perspective, On J Dent & Oral Health, 2019, 2(2).
- Singh H, Microbiology of Endodontic Infections, J Dent Oral Health, Vol 2, Issue 5: 44
- Siqueira J F & Rôças I N., Clinical Implications and Microbiology of Bacterial Persistence after Treatment Procedures, 2008 JOE, Vol. 34, No 11
- Silva E. J. N. L., Prado M. C., Soares D. N., Hecksher F., Martins J. N. R, Fidalgo T. K. S., The effect of ozone therapy in root canal disinfection: a systematic review, International Endodontic Journal, John Wiley & Sons Ltd, 2019.
- Schilder, H., Cleaning and Shaping the Root Canal. Dental Clinics of North America, 1974, 269-296.

- Stewart GC, The Exosporium Layer of Bacterial Spores: a Connection to the Environment and the Infected Host, Microbiology and Molecular Biology Reviews, December 2015, Vol 79 No 4.
- Swenson D, Factors and Principles: The Science of Sterilization, Horizons, AAMI spring, 2012.
- Van der Sluis L. W. M., Versluis M., Wu M. K, Wesselink P. R., Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature, International Endodontic Journal, 2007, vol. 40, 415–426.
- Warren n, Van der vyver pJ, Botha Fs, A comparison of the efficacy of various disinfection protocols in endodontic treatment: an *in vitro* study, SADJ, 2015, Vol 70, No 2, p60- 64.
- Wu M.-K., Dummer P. M. H., Wesselink P. R., Consequences of and strategies to deal with residual post-treatment root canal infection, International Endodontic Journal, 2006, vol. 39, 343–356.
- Zhu X, Yin X, Chang J W.W., Wang Y, Cheung G S.P., Zhang C, Comparison of the Antibacterial Effect and Smear Layer Removal Using Photon-Initiated Photoacoustic Streaming Aided Irrigation Versus a Conventional Irrigation in Single-Rooted Canals: An In Vitro Study, Photomedicine and Laser Surgery, 2013 Mary Ann Liebert, Inc., Vol 31, No 8:371-377.