



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم مداواة الأسنان

**أثر إزالة الأدوات المكسورة بتقنية العروة وتقنية الأمواج فوق
الصوتية المعدلة على كمية العاج المزالة**
دراسة مخبرية

رسالة قُدمت لنيل درجة الماجستير في علوم طبّ الأسنان في اختصاص
مداواة الأسنان

إعداد الباحث:

مضر وفيق حمدان

إشراف:

الأستاذ الدكتور هشام العفيف

أستاذ في قسم مداواة الأسنان – جامعة دمشق

١٤٤٦ هـ / 2025 م

صورة قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا

قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم /٣٨٥٩/ المتخذ
بالمجلس رقم /٢٦/ تاريخ ٢٠٢٥/٩/٨

اطلع مجلس البحث العلمي والدراسات العليا على قرار مجلس كلية طب الأسنان رقم /٥٩٠/
تاريخ ٢٠٢٥/٧/٢٩
وبعد الرجوع إلى اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادرة بالمرسوم /٢٥٠/ لعام ٢٠٠٦
قرار مجلس جامعة دمشق رقم /٨١٢/ ص.م. تاريخ ٢٠٢٤/٢/٢٢ بشأن الموافقة على تسجيل رسالة
الطالب

وبنتيجة المذاكرة قرر مجلس البحث العلمي والدراسات العليا :

الموافقة على تأليف لجنة الحكم على رسالة الماجستير في قسم مداواة الأسنان التي أعدها الطالب مضر
حمادة سمعان : ((أثر إزالة الأدوات المكسورة بتقنية العروة وتقنية الأمواج فوق الصوتية المعالجة على
كمية العاج المزالة - دراسة مخبرية)) بكلية طب الأسنان من السادة الأساتذة :

د. هشام العتيق	الأستاذ في قسم مداواة الأسنان	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص: مداواة الأسنان	عضواً مشرفاً
د. محمد أسامة الحبان	الأستاذ في قسم مداواة الأسنان	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص: مداواة الأسنان	عضواً
د. أنس عبده	الأستاذ المساعد في قسم مداواة الأسنان	كلية طب الأسنان
الجامعة السورية الخاصة	الاختصاص: مداواة الأسنان	عضواً

وذلك وفق ما هو وارد في قرار مجلس الكلية آنف الذكر،،،

ملاحظة: يرجى إرسال نسخة عن الإعلان الخاص بتحديد موعد المناقشة فور صدوره إلى مكتب
نائب رئيس الجامعة لشؤون البحث العلمي والدراسات العليا.

لتحديد موعد المناقشة وحفظها في السجلات

٢٠٢٥/٩/٢٩

مجلس البحث العلمي والدراسات العليا

١٠٢٥/٩/٨

١٠٢٥/٩/٨

السيد الأستاذ الدكتور عميد كلية طب الأسنان

تقدم في مله نسخة من القرار رقم ٣٨٥٩/ الذي اتخذته مجلس البحث العلمي والدراسات العليا في جلسته رقم ٢٦/ التي انعقدت بتاريخ ٢٠٢٥/٩/٨ في شأن تأليف لجنة الحكم على رسالة الماجستير للطالب مضر حمدان .

- يرجى مراجعة الأبحاث (إن وجدت) من قبل لجنة الحكم مع الرسالة وبيان الأصالة وإتباع المنهجية الصحيحة وارتباط الأبحاث بموضوع رسالة الطالب .

ملاحظة : إرفاق تقرير تقييم لجنة الحكم على الأبحاث والرسالة مع منح الدرجة.

يرجى موافقتنا بموعد المناقشة قبل أسبوع من موعدها وفي حال عدم التقيد تلغى المناقشة وتقع المسؤولية على عاتق الطالب العلمي

يرجى الاطلاع وإجراء مقتضى ،،،

دمشق في -

نائب رئيس الجامعة لشؤون البحث العلمي والدراسات العليا

مجلس البحث العلمي والدراسات العليا

الأستاذ الدكتور أحمد شرف الدين براهيمان

تيسيران كتيبة رئيس الأساتذة

الرقم ١٨٧٧ / ١ / ١

التاريخ ٢٠٢٥/٩/٨

٥٥

أ. د. الأستاذ العلمي
م. د. الأستاذ
أ. د. أستاذ الدكتور
م. د. أستاذ
أ. د. أستاذ
أ. د. أستاذ

صورة إلى :ص

ديوان الكلية (صاحب العلاقة)

مجلس البحث العلمي والدراسات العليا

٥٥

تصريح

" لا يوجد أيُّ جزءٍ من هذه الرسالة أخذ كاملاً من عملٍ

آخر أو أنجز للحصول على شهادةٍ أخرى في هذه الجامعة

أو في أيّة جامعةٍ أخرى أو أيّ معهدٍ تعليميٍّ "

الإهداء

إلى تلك القرية التي علمتني البساطة، وشهدت أحلامي الصّغيرة تكبرُ بين حقولها وتترعرع
بين وديانها .

هناك بين حفنة ترابها وصوت معول فلاحها عند شروق الشّمس... نعم هناك بدأت القصة.

سلامٌ إلى مزارع النّعناع والسّماق

سلام الى مدافئ الحطبِ واللّيمون .

إلى مسقط رأسي... قريتي الغالية

إلى جبهته المتعبة التي خطّ عليها الزمن خنادقٌ وسطور....

إلى حضنِ أُمّي الدّافئ حين يخذلني الجّميع....

فليشهد العالم أن الحلمَ الذي زرعتموه بي... قد أزهَرَ

إلى والديّ

إلى شريكة النّجاح ورفيقة الدّرب...

إلى كتفي الثّالث حين يدميني التّعب....

أتأمل الحياة في نجوى العيون الخضر...

إلى زوجتي الحبيبة

الشكر

أتقدم بجزيل الشكر وعميق الامتنان للصرح العلمي العظيم جامعة دمشق وأساتذتها الكرام.

فائق الاحترام للأستاذ الدكتور **هشام العفيف** الأستاذ في قسم مداواة الأسنان في كلية طب الأسنان _جامعة دمشق_ لتفضّله في الإشراف على البحث، والإجابة على تساؤلاتي فكان خير معلّم، خلقاً وعلماً، صحّح هفواتي، وأخذ بيدي إلى طريق النجاح.

والشكر موصول للأستاذ الدكتور أسامة الجبان الأستاذ في قسم مداواة الأسنان _جامعة دمشق_ لتفضّله في تحكيم هذه الأطروحة ولجهوده المميّزة في تطوير قسم مداواة الأسنان وكلّ التقدير للأستاذ الدكتور **أنس عبده** أستاذ في قسم مداواة الأسنان في الجامعة السورية الخاصّة لمساعدته في إنجاز هذا البحث في مخبر التّدريبات المجهرية وساهم بألا يبقى البحث حبيس الكراسات المغلقة ، وكلّ الشّكر لجميع أساتذة قسم مداواة الأسنان الذين كانوا سنداً وعوناً، وكلّ الاحترام للأستاذ الدكتور **محمد الطيان** رئيس قسم مداواة الأسنان في كلية طب الأسنان _جامعة دمشق_.

وكلّ التقدير للأستاذ الدكتور **عمر حشمة** عميد كلية طب الأسنان لإدارته المميزة للكلية، والامتنان موصول للأستاذ الدكتور **حسان عاشور** الوكيل الإداري في الكلية لكل ما قدمه لي، والتقدير للأستاذ الدكتور **مهند لفلوف** الوكيل العلمي في الكلية على وقوفه بجانبني في كل الاوقات

قائمة المحتويات – الفهرس (List of contents):

٢	 التمهيد
٤	١ – مشكلة البحث (Research Problem):.....
٤	٢ – تساؤلات البحث (Research Questions):.....
٤	٣ – أهمية موضوع البحث (Important of The Research):.....
٥	٤ – أهداف البحث (Objective of The Research):.....
٥	٥ – مسوغات البحث (Research Rationale):.....
٥	٦ – محدوديات البحث (Research Limitations):.....
٦	١. المراجعة النظرية.....
٧	١,١. انكسار الأدوات اللبية (Root Canal Instruments Fracture):.....
٩	٢,١. شيوع انكسار الأدوات اللبية (Root Canal Instruments Fracture Prevalence):.....
١٠	٣,١. أسباب انكسار الأدوات اللبية (Causes of Root Canal Instruments Fracture):.....
١١	١,٣,١. الكسر الناتج عن فشل الالتواء (Torsional fracture):.....
١٣	٢,٣,١. التعب الدوري (Cyclical Fatigue):.....
١٥	٤,١. العوامل التي تساهم في انكسار الأدوات (Factors Contributing to Instrument Fracture):.....
٢١	٥,١. علاقة تصميم الأداة بانكسارها ضمن القناة (Instrument Design Role in Fractures):.....
٢١	١,٥,١. أبعاد المقطع العرضي وتصميمه (Cross-sectional Dimension and Design):.....
٢٢	٢,٥,١. قطر الأداة (Instrument Size):.....
٢٢	٣,٥,١. تقنيات تصنيع الأدوات اللبية (Manufacturing Process):.....

٦,١	٦,١. تأثير انكسار الأدوات على نتائج المعالجة اللبية (The Impact of Instrument Fracture on the)
٢٥	٢٥.....: (Outcomes of Endodontic Therapy)
٢٧	٢٧.....: (Management of Root Canal Instruments Fracture)
٢٧	٢٧.....: (Leave Fractured Instruments)
٢٩	٢٩.....: (Remove Fractured Instrument)
٣٣	٣٣.....: (Instruments Removal Techniques)
١,٣,٧,١	١,٣,٧,١. بروتوكول التحضير المعياري لإزالة الأدوات التي يمكن رؤيتها (Standardized Preparation)
٣٤	٣٤.....: (Protocol for Visible Instrument Retrieval)
٢,٣,٧,١	٢,٣,٧,١. بروتوكول التحضير المعياري لإزالة الأدوات التي لا يمكن رؤيتها (Standardized Preparation)
٣٦	٣٦.....: (Protocol for Nonvisible Instrument Retrieval)
٣.3.7.1	٣.3.7.1. إزالة الأدوات المكسورة باستعمال نظام الحلقة (Instrument Retrieval Protocol Using Loop)
٣٧	٣٧.....: (System)
4.3.7.1	4.3.7.1. بروتوكول إزالة الأدوات المكسورة باستعمال نظام (XP–endo Shaper) (Instrument retrieval)
٣٨	٣٨.....: (protocol using the XP–endo Shaper)
5.3.7.1	5.3.7.1. بروتوكول إزالة الأدوات المكسورة باستعمال نظام (Ruddle) (Instrument retrieval protocol)
٣٩	٣٩.....: (using the Ruddle system)
6.3.7.1	6.3.7.1. التقنيات فوق الصوتية في إزالة الأدوات المكسورة (Ultrasonic Technique for Retrieval of)
٤٠	٤٠.....: (Fractured Endodontic Instruments)
4.7.1	4.7.1. الإزالة الجراحية للأدوات المكسورة (Surgical Removal of Fractured Instruments)
٤٢	٤٢.....: (Endodontic Fractured Instruments Bypass)
٤٢	٤٢.....: (Endodontic Fractured Instruments Bypass)
٤٥	٤٥.....: (Previous Studies)
٥١	٥١.....: ٣. أدوات البحث ومنهجيته
٥٢	٥٢.....: (Study Design)
٥٢	٥٢.....: (Study Setting)
٥٢	٥٢.....: (Study Sample)
٥٢	٥٢.....: (Estimation of Sample Size)
٥٤	٥٤.....: (Characteristics of Study Sample)
٥٥	٥٥.....: (Selection Criteria of Sample)
٥٥	٥٥.....: (Inclusion Criteria)

٥٥	2.3.3.2. معايير الاستبعاد (Exclusion Criteria):
٥٦	4.2. مواد البحث (Research Materials):
٥٦	1.4.2. المواد المستعملة في تحضير الأسنان المقلوعة:
٥٧	2.4.2. المواد والأدوات المتعلقة بالتحضير القنوي:
٦٠	3.4.2. المواد والأدوات المتعلقة بإزالة الأدوات المكسورة:
٦٤	4.4.2. الأجهزة المتعلقة بالدراسة المخبرية:
٦٥	5.2. منهجية البحث (Research Method):
٧٦	٦.2. الدراسة المخبرية (An in Vitro Study):
٧٦	1.6.2. تقييم الزيادة في حجم القناة الجذرية النهائي (Increase in total canal volume):
٧٨	2.6.2. تقييم نجاح كل من التقنيتين المستعملتين في إزالة الأدوات المكسورة:
٧٨	3.6.2. تقييم الزمن المستغرق لإزالة الأدوات المكسورة:
٧٨	4.6.2. تقييم الاختلاطات الحاصلة في أثناء إزالة الأداة المكسورة:
٧٨	5.6.2. تقييم المحافظة على مركزية القناة:
٨٠	٧.2. الدراسة الإحصائية (Statistical Study):
٨٠	1.7.2. فرضيات البحث (Hypothesis of the Research):
٨١	٢.7.2. التحليل الإحصائي (Statistical Analysis):
٨٣	٣- النتائج، والتحليل الإحصائي
٨٣	1.3. وصف عينة البحث:
٨٤	٢.3. دراسة مقدار مدة العمل:
٨٦	3.3. دراسة حدوث الاختلاطات:
٨٨	4.3. نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة (نجاح أو فشل):
٩٠	5.3. دراسة حجم القناة:
٩٤	6.3. دراسة الانحراف عن مركزية القناة:
١٠١	٤- المناقشة
١٠٢	1.4. مناقشة بروتوكول العمل المخبري المتبع في البحث:
١٠٢	1.1.4. مناقشة فكرة البحث، وهدفه:
١٠٤	2.1.4. مناقشة مواد البحث، ومنهجيته:
١٠٨	2.4. مناقشة بروتوكول العمل المخبري المتبع في البحث:

١١٧	٥- الاستنتاجات
١٢٠	٦- التوصيات والمقترحات
١٢١	1.6. التوصيات (Recommendations):
١٢١	٢.6. المقترحات (Suggestions):
١٢٢	٧. المراجع
١٢٢	(References)
١٣٠	٨. الملاحق

قائمة الأشكال (List of figures):

رقم الشكل	وصف الشكل	الصفحة
١	يوضح صورة ذروية لرحى أولى علوية اليمنى حدث فيها انكسار لأداة لبية خلال المعالجة في القناة الدهليزية الوحشية	٨
٢	يوضح انكسار ذروة أداة النيكل تيتانيوم، وانفصال حلزاناتها الناتج عن تعب الالتواء	١٢
٣	يوضح دورات التمدد والتقلص المتتالية التي تحصل للأدوات ضمن القناة الجذرية	١٣
٤	يوضح تأثير كل من التعب الدوري، وفشل الالتواء على الأدوات الآلية باستعمال المجهر الإلكتروني الماسح	١٤
٥	يوضح عنق أداة نظام (WaveOne) الآلي المصنوع من النيكل تيتانيوم	٢٠
٦	يوضح انكسار أداة لبية ضمن القناة الأنسية الدهليزية للرحى الأولى السفلية	٢٦
٧	ترك الأدوات اللبية المكسورة ضمن القناة لعدم القدرة على إزالتها	٢٩
٨	يوضح صورة شعاعية حول ذروية للسن رقم ١٦ يظهر فيها بوضوح وجود أدوات مكسورة ضمن قناتين من قنوات السن الجذرية	٣٠
٩	يوضح صورة شعاعية حول ذروية لذات السن في الشكل السابق	٣١
١٠	يوضح تجاوز الأداة اللبية بعد انكسارها ضمن المنطقة الذروية	٣٢
١١	يوضح طريقة التحضير لإزالة الأدوات المكسورة عندما يمكن رؤيتها بشكل مباشر في حال كان انحناء القناة لا يزيد عن ١٥ درجة	٣٥
١٢	يوضح طريقة التحضير لإزالة الأدوات المكسورة عندما يمكن رؤيتها بشكل مباشر في حال كان انحناء القناة أكبر من ١٥ درجة	٣٥
١٣	يوضح طريقة التحضير لإزالة الأدوات المكسورة عند عدم إمكانية رؤيتها بشكل مباشر	٣٦
١٤	يوضح طريقة استعمال نظام الحلقة في إزالة الأدوات المكسورة	٣٧
١٥	يوضح طريقة استعمال نظام (XP-endo Shaper) في إزالة الأدوات المكسورة	٣٨
١٦	يوضح نظام (Ruddle) لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة	٤٠
١٧	يوضح نظام (ProUltra Endo) لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة	٤١
١٨	انكسار أداة لبية ضمن المنطقة الذروية مع تجاوزها لذروة السن، وتدبير الحالة عن طريق إجراء جراحة قطع الذروة	٤٢
١٩	حساب حجم العينة بناءً على برنامج (G-Power)	٥٣
٢٠	جزء من عينة البحث	٥٦
٢١	القبضة التوربينية عالية السرعة	٥٧
٢٢	السنابل المستعملة على قبضة التوربين	٥٨
٢٣	مبارد التحضير اليدوي (K-File)	٥٨
٢٤	جهاز التحضير الآلي المستخدم في البحث	٥٩
٢٥	مبارد التحضير الآلية	٥٩
٢٦	مادة الـ(EDTA) المستعملة في البحث	٦٠
٢٧	المجهر المستعمل في البحث	٦٠
٢٨	سنابل غيتس-غلين المستعملة في البحث	٦١
٢٩	الجهاز الآلي فوق الصوتي	٦٢

٦٢	الرؤوس المركبة على جهاز الأمواج فوق الصوتية	٣٠
٦٣	كيت (BTR) المستعمل في البحث	٣١
٦٣	مبرد (D-Finder).	٣٢
٦٤	الفرق بين مبرد (K) و (D-finder) تحت التكبير المجهرى	٣٣
٦٤	جهاز التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية (CBCT).	٣٤
٦٦	شكل السن داخل القالب الأكريلي	٣٥
٦٦	شكل السن داخل القالب الأكريلي	٣٦
٦٧	التسليك القنوي	٣٧
٦٨	التحضير الآلي	٣٨
٦٩	صورة شعاعية تُظهر الأداة المكسورة	٣٩
٧٠	رؤية مداخل الأقنية تحت التكبير المجهرى	٤٠
٧١	سنابل GG المُعدلة	٤١
٧١	تحضير منصة العمل	٤٢
٧٢	تطبيق مجموعة إزالة الأدوات المكسورة (BTR)	٤٣
٧٢	إدخال مبرد (D-Finder)	٤٤
٧٣	إجراء صورة شعاعية للتأكد من أنّ رأس الجهاز فوق الصوتي تحت الأداة	٤٥
٧٤	إزالة الأداة المكسورة	٤٦
٧٦	المقاطع الثلاثة في المجموعة الأولى (BTR)، من اليسار إلى اليمين: قبل العمل، بعد التحضير، بعد إزالة الأداة المكسورة	٤٧
٧٧	المقاطع الثلاثة في المجموعة الثانية (التجريبية). من اليسار إلى اليمين: قبل العمل، بعد التحضير، بعد إزالة الأداة المكسورة	٤٨
٧٨	دراسة مقدار الانحراف عن مركزية القناة في المجموعة الأولى (BTR)	٤٩
٧٨	دراسة مقدار الانحراف عن مركزية القناة في المجموعة الثانية (التجريبية)	٥٠

قائمة الجداول (List of tables):

رقم الجدول	وصف الجدول	الصفحة
١	يلخص التعديلات من قبل الشركات المصنعة لتحسين خواص الأدوات اللبية، والأنظمة التجارية المتوفرة لكل منها	٢٣
٢	نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة مقدار مدة العمل	٨٣
٣	نتائج الاستقصاء عن حدوث الاختلاطات في عينة البحث	٨٤
٤	نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات حدوث الاختلاطات	٨٥
٥	نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات نوعية الاختلاطات الحاصلة	٨٦
٦	نتائج الاستقصاء عن نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة	٨٧
٧	نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة	٨٨
٨	نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في متوسط حجم القناة في عينة البحث	٨٩
٩	نتائج اختبار Wilcoxon لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط حجم القناة	٩١
١٠	الإحصاءات الوصفية، ونتائج اختبار ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط العاج المزال (بالملم) في عينة البحث وفقاً للجدار المدروس	٩٢
١١	الإحصاءات الوصفية، ونتائج اختبار (T-Student) للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في الانحراف عن مركزية القناة	٩٤
١٢	الإحصاءات الوصفية، ونتائج اختبار ANOVA لدراسة دلالة الفروق في مقدار الانحراف عن مركزية القناة في عينة البحث وفقاً للمنطقة المدروسة	٩٥
١٣	الإحصاءات الوصفية، ونتائج اختبار ANOVA لدراسة دلالة الفروق في مقدار الانحراف عن مركزية القناة في عينة البحث وفقاً للمنطقة المدروسة	٩٦

قائمة المخططات (List of charts):

الصفحة	وصف المخطط	رقم المخطط
٨٢	النسبة المئوية لتوزيع عينة البحث وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة	١
٨٤	المتوسط الحسابي لقيم مدة العمل (بالدقائق) في عينة البحث؛ وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة	٢
٨٥	النسبة المئوية لنتائج الاستقصاء عن حدوث الاختلاطات في عينة البحث	٣
٨٦	النسبة المئوية لنتائج الاستقصاء عن نوعية الاختلاطات الحاصلة في عينة البحث	٤
٨٧	النسبة المئوية لنتائج الاستقصاء عن نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة في عينة البحث	٥
٩٠	المتوسط الحسابي لقيم حجم القناة في عينة البحث	٦
٩٢	المتوسط الحسابي لقيم حجم القناة في عينة البحث حسب المرحلة المدروسة	٧

قائمة الاختصارات (List of Abbreviations):

الاختصار	المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الإنكليزية
BTR	نظام إزالة الأدوات المكسورة	Broken Tool Remover
CBCT	التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية	Cone Beam Computed Tomography
EDTA	إيثلين ثنائي أمين تيترا حمض الخل	ethylenediaminetetraacetic acid
NiTi	النيكل تيتانيوم	Nickel–Titanium
RCT	المعالجة القنوية الجذرية	Root Canal Treatment

الملخص

خلفية البحث، وأهدافه: تُعدّ المعالجة القنوية الجذريّة إجراءً علاجياً ذي اختلاطات، حيث يمكن أن تحدث أخطاء إجرائية عدّة، وأكثرها شيوعاً هو انكسار الأدوات ضمن الأقنية الجذريّة. تتشكّل إزالة الأدوات المكسورة تحدياً للممارس كونها تحمل خطورة الانتقال لاختلاط آخر، فضلاً عن احتمال فقد كمية كبيرة من العاج في أثناء استخراج الأدوات؛ لذلك ينبغي اختيار التقنية المناسبة لإزالة الأدوات المكسورة. يهدف هذا البحث إلى المقارنة بين تقنيتين في إزالة الأدوات المكسورة من حيث: كمية العاج المُزال النهائي، والزمن المستغرق في إزالة الأداة، والاختلاطات الحاصلة في أثناء الإزالة، وكذلك المحافظة على مركزيّة القناة.

أدوات البحث، ومنهجيّته: أُجريت دراسة مخبريّة على ٤٠ ضاحك سفلي، حيث أُجري ضمن القناة الجذريّة منها إحداث كسر صناعي لمبرد آلي أحمر (٠,٠٤) في منطقة الثلث الذروي من السن، بطول ٤ ملم. قُسمت عيّنة البحث عشوائياً إلى مجموعتين متساويتين، وهما: المجموعة الأولى، وهي مجموعة إزالة الأدوات المكسورة باستعمال كيت (BTR)، والمجموعة الثانية، وهي المجموعة التجريبية التي تعتمد على إزالة الأدوات المكسورة باستعمال الاهتزازات فوق الصوتية. قيّمت الدراسة كمية العاج المُزال بأخذ ثلاث مقاطع CBCT (قبل العمل، وبعد تحضير القناة، وبعد استخراج الأداة المكسورة)، وكذلك الزمن المستغرق من بدء استخراج الأداة حتى إزالتها، والاختلاطات الحاصلة في أثناء استخراج الأداة، وكذلك المحافظة على مركزيّة القناة بدراسة كمية العاج المُزال من الجدارين الداخلي والخارجي للقناة.

النتائج: أظهرت نتائج هذه الدراسة أنّ متوسط الفترة الزمنية المستغرقة لإزالة الأداة المكسورة باستعمال التقنية المعدّلة بلغ ٢٧,٠١ د، وفي مجموعة المبرد والعروة ٣٣,٧٠ د، أمّا الاختلاطات فقد حدثت في ٥ حالات لمجموعة المبرد والعروة مقابل حالة واحدة فقط في مجموعة التقنية المعدّلة، أمّا نتيجة نزع الأداة المكسورة فقد حققت مجموعة التقنية المعدّلة نسبة نجاح ٨٠% مقابل نسبة ٩٥% للمجموعة الأخرى، كما بلغ متوسط حجم القناة قبل العمل في مجموعة التقنية المعدّلة ومجموعة المبرد والعروة (٢,٩٦ و ٢,٩٨ ملم^٣) على الترتيب، وبعد التحضير بلغ (٤,٢٤ ملم^٣) في مجموعة التقنية المعدّلة، و(٤,١٦ ملم^٣) في المجموعة الثانية، أمّا بعد نزع الأداة المكسورة فقد بلغ الحجم في مجموعة التقنية المعدّلة (٥,٢١ ملم^٣)، و(٥,٧٩ ملم^٣) في مجموعة المبرد والعروة مما يشير إلى وجود فروق دالة إحصائية ($P<0.05$). أمّا الانحراف عن مركزيّة القناة فقد كان أعلى في مجموعة العروة مقارنة بمجموعة التقنية المعدّلة وذلك في الثلثين الذروي والمتوسط.

الاستنتاجات: ضمن حدود هذه الدراسة يمكن الاستنتاج أنّ التقنية المعدّلة في إزالة الأدوات المكسورة أبدت تفوقاً على تقنية المبرد والعروة من حيث الزمن المستغرق في إزالة الأداة، وكمية العاج المُزالة الأقل الناتجة عن الإزالة، وكذلك عدد الاختلاطات والانحراف عن مركزيّة القناة الأقل.

الكلمات المفتاحية: الأدوات المكسورة - استخراج الأدوات المكسورة - كمية العاج المُزال - المحافظة على مركزيّة القناة.

التمهيد

(Preface)

إنّ نجاح المعالجة القنوية الجذريّة يعتمد على عوامل عدّة، تتضمن: الوصول المناسب للأقنية الجذريّة، والتنظيف والتشكيل الكامل للقناة الجذريّة، والحشو ثلاثي الأبعاد لكامل المنظومة، ومن خلال الخطوات السابقة، فإنّ التحضير الميكانيكي الحيوي للقناة الجذرية يؤدي دوراً حاسماً لنجاح المعالجة القنويّة.

تُعَدُّ انكسار الأدوات اللبنيّة (Endodontic Instruments Fracture) واحدة من أكثر الاختلاطات الإجرائيّة (Procedural Errors) شيوعاً، والتي يمكن أن تحدث في أثناء تحضير القناة الجذريّة. يمكن أن تؤدي الأدوات المكسورة ضمن المنظومة القنوية الجذريّة إلى التداخل مع عمليتي تنظيف وتشكيل (Cleaning and Shaping) القناة الجذريّة، والتي ستؤدي لاحقاً حتماً إلى حدوث فشل في المعالجة اللبنيّة؛ لذلك يجب أن يُعَارَ الاهتمام لاستخراج الأدوات المكسورة ما لم يكن ذلك أمراً صعباً.

يعتمد تدبير الأدوات المكسورة على التشخيص الدقيق، والمعرفة الواسعة لكل حالة على حدة، ويمكن أن يكون نهج تدبير الأدوات المكسورة إمّا بالطريق المحافظ أو الطريق الجراحيّ، ويستطب الأخير في حال فشل الأسلوب المحافظ في تدبير الأدوات المكسورة.

يتضمن التدبير المحافظ للأدوات المكسورة أنماطاً مختلفة من الطرق العلاجيّة، وهي: ترك الأداة المكسورة في موقعها (Left in Place) وإجراء الحشو القنوي حتى مستوى الأداة المكسورة، أو محاولة تجاوز القطعة المكسورة (Bypassing)، أو محاولة استخراج الأداة المكسورة (Retrieval) وإعادة تنظيف القناة الجذريّة وحشوها إلى كامل الطول العامل. إنّ نزع الأدوات المكسورة يُعتبر الحل الأفضل لتدبيرها، لأنّه يسمح بمتابعة التشكيل والتنظيف والحشو القنوي بشكل نموذجي؛ إلا أنّ عمليّة النزع غالباً ما تكون إجراءً صعباً، ومعقداً، ويمكن أن يؤدي إلى تطور اختلاطات إضافيّة. اقترحت طرق عدّة لنزع الأدوات المكسورة من داخل القناة الجذريّة، ومنها الرؤوس فوق الصوتيّة، حيث مع تطور تصميم هذه الرؤوس وظهور المجهر السني ثلاثي الأبعاد فأصبح الحصول على نتائج جيّدة أمراً ممكناً؛ إلا أنّ التجهيزات اللازمة لذلك، وتكلفتها المرتفعة يمكن أن يحد من استعمالها، وهذا ما يدعو للحاجة إلى تطوير تقنيات أخرى أكثر اقتصاديّة.

١ - مشكلة البحث (Research Problem):

تأتي أهمية هذا البحث من كونه سيتناول مشكلة شائعة جداً في مجال المداواة اللبّية، وهي نزع الأدوات اللبّية المكسورة باستعمال تقنية معدّلة، حيث ينبغي أن تتوافق التقنية المستعملة في نزع الأدوات المكسورة بإزالة أقل ما يمكن من النسيج العاجية القنويّة؛ للمحافظة على ديمومة السن المعالجة لأطول فترة ممكنة، وكذلك ينبغي ألا تأخذ وقتاً طويلاً في المعالجة من أجل ضمان راحة المريض، والمحاولة في إنهاء العمل قدر الإمكان في جلسة واحدة، وألا يتم الانتقال من اختلاط إلى آخر، بمعنى ألا ننقل من اختلاط كسر الأداة إلى اختلاط آخر مثل الانتقاب، وكذلك ألا تتطلب معدات باهظة الثمن. من هنا جاءت مشكلة هذا البحث، وهي الحاجة لإيجاد تقنية اقتصادية محافظة في إزالة العاج القنوي، وتتوافق بحد أدنى لخطورة حدوث انتقاب، وهذه التقنية هي تقنية مُعدّلة من قبل الباحث، تعتمد على الاهتزازات فوق الصوتية لاستخراج الأدوات المكسورة.

٢ - تساؤلات البحث (Research Questions):

ضمن مشكلة البحث سابقة الذكر، يمكن طرح السؤال البحثي الأساسي حول تطبيق التقنية المُعدّلة في إزالة الأدوات المكسورة:

"هل يمكن أن يكون هناك اختلاف في كمية العاج المُزالة، والزمن المستغرق، والاختلاطات، ونسب النجاح، والانحراف عن مركزيّة القناة، بعد إزالة الأداة اللبّية المكسورة في الأسنان المقلوعة التي أُجري ضمنها كسر تجريبي لأداة لبّية، وذلك باستعمال التقنية المُعدّلة مقارنة بطريقة المبرد والعروة؟"

٣ - أهمية موضوع البحث (Important of The Research):

يُعَدُّ كسر الأدوات اللبّية ضمن القناة في أثناء تحضيرها وتشكيلها من أكثر الاختلاطات شيوعاً في الممارسة السريريّة، وإنّ الطرق المستعملة في إزالتها يمكن أن تتسبب بحدوث اختلاطات أخرى، مثل حدوث انتقاب جذري، وكذلك يمكن أن تضعف من العاج القنوي بسبب الإزالة الزائدة للعاج في أثناء محاولة استخراج

هذه الأداة؛ مما يؤدي إلى تقليل إنذار السن طويلة الأمد؛ لذلك فإن أهمية هذا الموضوع البحثي تتبع من كونه سيخلص في النهاية إلى اختبار فعالية تقنية مُعدّلة في إزالة الأدوات المكسورة.

٤ - أهداف البحث (Objective of The Research):

يهدف هذا البحث إلى تقييم فعالية التقنية المُعدّلة في إزالة الأدوات المكسورة مقارنة بطريقة المبرد والعروة المستعملة للغرض ذاته، وذلك من خلال تقييم ما يأتي:

١. الزيادة في حجم القناة الجذريّة النهائي.
٢. الزمن المستغرق في استخراج الأداة الليّنة المكسورة.
٣. الاختلاطات الحاصلة في أثناء استخراج الأداة الليّنة المكسورة.
٤. نسب نجاح استخراج الأداة الليّنة المكسورة.
٥. الانحراف عن مركزيّة القناة.

٥ - مسوّغات البحث (Research Rationale):

إنّ المسوّغ الرئيس لهذا البحث هو الحاجة لاختبار التقنية المُعدّلة على أسنان مقلوعة قبل تطبيقها في النواحي السريريّة، في حال أبدت نتائج ضمن المجال المقبول سريرياً، وتقييم فعالية هذه التقنية في استخراج الأدوات المكسورة، وكذلك من مسوّغات هذا البحث هو عدم وجود أبحاث مخبريّة أو سريريّة تقارن بين التقنيتين حتى الآن.

٦ - محدوديات البحث (Research Limitations):

ضمن سياق إجراء هذا البحث، لا يتضمن اختبار تقنيات أخرى في إزالة الأداة الليّنة المكسورة، وكذلك لم يقارن بين طرق إزالة الأدوات أو تجاوزها.

١. المراجعة النظرية

(Literature Review)

١. المراجعة النظرية (Literature Review):

١,١. انكسار الأدوات اللبية (Root Canal Instruments Fracture):

يُعدُّ انكسار الأدوات من الاختلاطات الجديّة التي تواجه الطبيب عند إجراء المعالجات اللبية، حيث يمكن لهذا الاختلاط أن يؤثر بشكل سلبي على نتائج المعالجة، خاصة عندما يؤدي انكسار الأداة إلى منع الوصول إلى المنطقة الذروية من القناة اللبية المصابة بالإنثتان، حيث يؤدي هذا إلى إنذار أسوأ للسن المعالجة، وفي حال وجود آفة حول ذروية، يؤدي كسر الأداة إلى خفض احتمالية حدوث الشفاء التام للآفة حول ذروة السن المعالجة

(Pillay, Vorster, & Van der Vyver, 2020). وعادة ما يرتبط انكسار الأدوات اللبية سريريّاً بالحشو الناقص للمنظومة القنوية (الشكل ١)، فضلاً عن عدم القدرة على تأمين الختم التاجي المناسب للقناة اللبية، أو إجراء ترميم نهائي ذو جودة منخفضة، مما يؤدي لغزو العضويات الدقيقة للمنظومة القنوية اللبية، مما يسبب فشل المعالجة اللبية، أو انكسارها

(Amza, Dimitriu, Suciu, Bartok, & Chirila, 2020).

تختلف الآراء في الأدب الطبي حول مُعدلات انكسار الأدوات خلال المعالجة اللبية، فلا يوجد اتفاق تام حتى اليوم حول الموقع الأكثر شيوعاً لحصول انكسار الأدوات اللبية ضمن القناة الجذرية، أو إن كان لقطر الأداة اللبية دورٌ في انكسارها ضمن القناة. فعلى الرغم من وجود احتمالٍ لانكسار مُختلف أنواع الأدوات اللبية ضمن الأُفنية الجذرية، إلا أنَّ نتائج بعض الدراسات السريرية والمخبرية أظهرت أنَّ الأدوات اللبية صغيرة القطر تكون أكثر عرضة للكسر خلال المعالجة اللبية (Barbosa et al., 2020; Rambabu, 2020). ويمكن أن يُعزى ذلك إلى صغر المقطع العرضي للأداة، والذي يكون أكثر عرضة لحصول فشل الالتواء (Torsional Failure)، فضلاً عن أنَّ الأدوات صغيرة القطر تستعمل عادة في بداية المعالجة اللبية عندما تكون الأُفنية اللبية ضيقة وغير مجهزة لاستيعاب الأدوات اللبية بسهولة، مما يزيد من الضغوط الميكانيكية على الأدوات الصغيرة. بينما أظهرت نتائج دراسات أخرى أن الأدوات الأكثر عرضة للكسر ضمن المنظومة القنوية؛ هي الأدوات كبيرة

القطر والتي تتصف بكونها أكثر صلابة (Stiffer)، مما يقترح أن انكسار الأدوات اللبية يكون في المراحل المتأخرة من المعالجة (Peters, Arias, & Choi, 2020). يسلط هذا التناقض في نتائج الدراسات الضوء على أن انكسار الأدوات اللبية لا يتعلق بشكل مباشر بنوع الأداة المستعملة، أو قطرها، ولكن يمكن أن يرتبط انكسار الأدوات اللبية بمستوى خبرة الممارس، والتقنيات السريري التي يستعملها، فضلاً عن الاختلافات الشكلية والتشريحية

(Feghali et al., 2021).



الشكل (١): (١) يوضح صورة ذروية لرحى أولى علوية اليمنى حدث فيها انكسار لأداة لبية خلال المعالجة في القناة الدهليزية الوحشية، مما سبب نقصاً في حشو القناة وتحضيرها، فضلاً عن عدم إجراء المعالجة الكاملة للقنوات المتبقية، وعدم شفاء الآفة حول الذروية، (٢) صورة ذروية لرحى أولى سفلية يسرى حدث فيها انكسار لعدة أدوات لبية في القناة الدهليزية الأنسية، واللسانية الأنسية، ونلاحظ في الصورة عدم القدرة على إجراء ترميم تاجي جيد، مما أدى لحدوث نخر تاجي واسع حدث بسببه تسرب للعضويات الدقيقة حول الترميم التاجي (Pillay et al., 2020).

٢,١. شيوع انكسار الأدوات اللبية (Root Canal Instruments Fracture Prevalence):

تعتمد الدراسات السريرية على طريقتين أساسيتين في تقدير وتوثيق معدلات انكسار الأدوات اللبية، حيث تقوم بعض الدراسات السريرية بفحص الأدوات اللبية بعد الانتهاء من استعمالها بحثاً عن وجود دليل على انكسار الأدوات (Alapati, Brantley, Svec, Powers, & Mitchell, 2003)، ولكن لا تأخذ هذه الطريقة بعين الحسبان إن كان الانكسار الحاصل وقع ضمن القناة الجذرية أم خارجها، بينما تلجأ دراسات أخرى إلى التقييم الشعاعي لبقاء أجزاء من الأدوات اللبية ضمن القنوات الجذرية بعد الانتهاء من المعالجة (Alfouzan & Jamleh, 2018)، وعلى الرغم من موثوقية هذه الطريقة في توثيق انكسار الأدوات اللبية، إلا أنها لا تأخذ بعين الحسبان الأدوات اللبية المكسورة والمستخرجة بنجاح من القنوات الجذرية (Terauchi, Ali, & Abielhassan, 2022).

ولكن بشكل عام يكون شيوع انكسار المبراد اليدوية المصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ (SS hand instruments) بين ٠,٧ - ٧,٤ % من حالات استعمال هذه المبراد (MB McGuigan, Chris 2013c)، ويُعزى هذا المدى المتفاوت لشيوع انكسار هذه المبراد إلى طريقة الحساب التي تعتمد عليها الدراسات، فبعض الدراسات تعتمد على حساب شيوع الانكسار ضمن الأسنان، وبعضها الآخر ضمن الأقنية المفردة. أما الأدوات اللبية الدوارة المصنوعة من النيكل تيتانيوم (NiTi rotary instruments) فهي تمتلك معدلات انكسار أقل بالمقارنة مع المبراد اليدوية المصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ، حيث أظهرت نتائج الدراسات أن نسبة انكسار هذه الأدوات ضمن الأقنية يساوي ٠,٤ - ٥ % فقط (Madarati, 2019).

يمكن أن يعزى هذا الاختلاف في معدلات الانكسار بين الأدوات اليدوية والأدوات الدوارة إلى بروتوكول المعالجة المعتمد من قبل الأطباء الممارسين، حيث يلجأ الأطباء إلى تحضير مدخل القناة وصولاً إلى المنطقة الذروية في بداية المعالجة اللبية باستعمال المبراد اليدوية، وبعد تحقيق الوصول الجيد إلى الذروة يقوم الأطباء باستعمال الأدوات الآلية الدوارة لإنهاء تحضير المنظومة القنوية، مما قد يؤدي إلى زيادة احتمال انكسار الأدوات

اليدوية بالمقارنة مع الآلية كونها تتعرض لجهود ميكانيكية أكبر وخاصة في المنظومات القنوية المعقدة تشريحاً، أو التي تعاني من مشاكل خاصة كحصول الانسداد، أو التكلس ضمن الفراغ القنوي غير المحضر (McGuigan et al., 2013c).

يشيع انكسار الأدوات اللبية بمختلف أنواعها بشكل رئيس في الأسنان ذات المنظومات القنوية المعقدة كالأرجاء العلوية أو السفلية، وذلك بالمقارنة مع الأسنان ذات المنظومات القنوية الأقل تعقيداً كالضواحك أو الأسنان الأمامية، حيث يعتمد معدل انكسار الأدوات على كمية الجهود الميكانيكية التي تتعرض لها الأدوات خلال إجراء المعالجة اللبية (Ungerechts, Bårdsen, & Fristad, 2014)، ولكن كما ذكرنا سابقاً؛ تُعد خبرة الممارس السريري، ونوع التقنيات التي يستعملها في التحضير، فضلاً عن القدرة على التعامل مع الحالات السريري المعقدة والتي تستدعي القيام بالمعالجة اللبية بهدوء وصبر العامل الرئيس الذي يحدد شيوع حصول انكسار الأدوات اللبية ضمن المنظومات القنوية الجذرية بمختلف أنواعها.

٣,١. أسباب انكسار الأدوات اللبية (Causes of Root Canal Instruments Fracture):

تناقش معظم الدراسات أسباب انكسار الأدوات اللبية الدوارة المصنوعة من النيكل تيتانيوم (NiTi)، حيث تتميز خليطة النيكل تيتانيوم بمجموعة من الخواص التي تميزها عن أنواع الخلطات المعدنية المختلفة، فهي تتمتع بصفة الذاكرة الشكلية (Memory)، والمرونة العالية (Super-elasticity)، فضلاً عن مقاومة الصدأ والتآكل (Corrosion resistance)، والتقبل الحيوي العالي لهذه الخليطة (Biocompatibility)، مما سمح باستعمالها بشكل شائع في أدوات المعالجة اللبية، وقد قدمت أدوات النيكل تيتانيوم الدوارة لأول مرة في طب الأسنان في بدايات القرن الحادي والعشرين، حيث تميزت في ذلك الوقت عن أدوات الفولاذ غير القابل للصدأ بكونها تمتلك مرونة أعلى ب ٢ - ٣ أضعاف مقارنة بالأدوات البديلة، ولكن على الرغم من مرونتها العالية إلا أنَّ قوة الشد (Tensile strength) لخليطة النيكل تيتانيوم زاد من إمكانية انكسارها تحت الجهود الميكانيكية المنخفضة بالمقارنة مع أدوات الفولاذ غير القابل للصدأ (Ferrandez, 2024). يرتبط فشل وانكسار الأدوات المصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ بفرط استعمال الأدوات (Over-use) والتشوه الحاصل للأدوات عند تطبيقها بشكل

متكرر ضمن المنظومات القنوية المعقدة تشريحياً، ومن الجدير بالذكر أنَّ انكسار الأدوات اللبية المصنوعة من الفولاذ القابل للصدأ يسبقه حصول تشوه مرئي قابل للرصد على طول الأداة، مما يعطي للطبيب القدرة على تقدير احتمال حصول انكسار الأداة قبل تطبيقها ضمن القناة، وعلى النقيض من هذا، فلا تتمتع أدوات النيكل تيتانيوم بهذه الميزة، حيث لا يظهر على سطح الأداة أي علامات تدل على حصول تشوه ضمن بنية الخليطة، ولهذا فقد خلصت بعض الدراسات أنَّ انكسار أدوات النيكل تيتانيوم يكون مفاجئاً ودون سابق إنذار (Mohammadi, Soltani, Shalavi, & Asgary, 2014; Srivastava, Alghadouni, & Alotheem, 2018; Zupanc, Vahdat- Pajouh, & Schäfer, 2018). ويحصل انكسار أدوات النيكل تيتانيوم لأحد الأسباب الآتية:

١. التعب الدوري (Cyclical Flexural Fatigue).

٢. فشل الالتواء (Torsional Failure).

٣. اجتماع العاملين السابقين معاً (Combination of Both).

١، ٣، ١. الكسر الناتج عن فشل الالتواء (Torsional fracture):

جهد الالتواء (Torsional Leading) هو الجهد المتجمع ضمن خليطة النيكل تيتانيوم خلال تقدم الأدوات ضمن القناة الجذرية، ويمكن أن يصنف هذه الجهد إلى نوعين مختلفين: جهد الالتواء الحركي (Dynamic)، والذي ينتج عن قوى الاحتكاك (Frictional forces) بين الأداة وجدران القناة، بسبب مقاومة العاج لحركات القطع التي تطبقها الأداة، أما النوع الثاني، فهو جهد الالتواء الساكن (Static)، وهو يحصل عندما يعلق جزء من الأداة ضمن القناة الجذرية (Locked) مع استمرار المحرك بالدوران وزيادة القوة المطبقة على الجزء التاجي من الأداة (Gambarini et al., 2021).

ترتبط مقاومة الأداة لجهد الالتواء بكل من تصميم الأداء، وأبعادها، ونسبة استدقاقها (Taper)، والمعالجة الحرارية للخليطة خلال مراحل التصنيع، فضلاً عن تشريح المنظومة القنوية، حيث تلعب كل هذه العوامل دوراً في مقاومة الأدوات للجهود المطبقة عليها خلال تحضير الأقنية الجذرية في الوضع الحركي، أو

الوضع الساكن، ولكن تمتلك كل الأدوات اللبية حداً لا يمكن تجاوزه من المرونة والقدرة على مقاومة جهود الالتواء، مما يتسبب في انكسار الأدوات اللبية في حال تجاوز هذا الحد (الشكل ٢) (Oh et al., 2017).



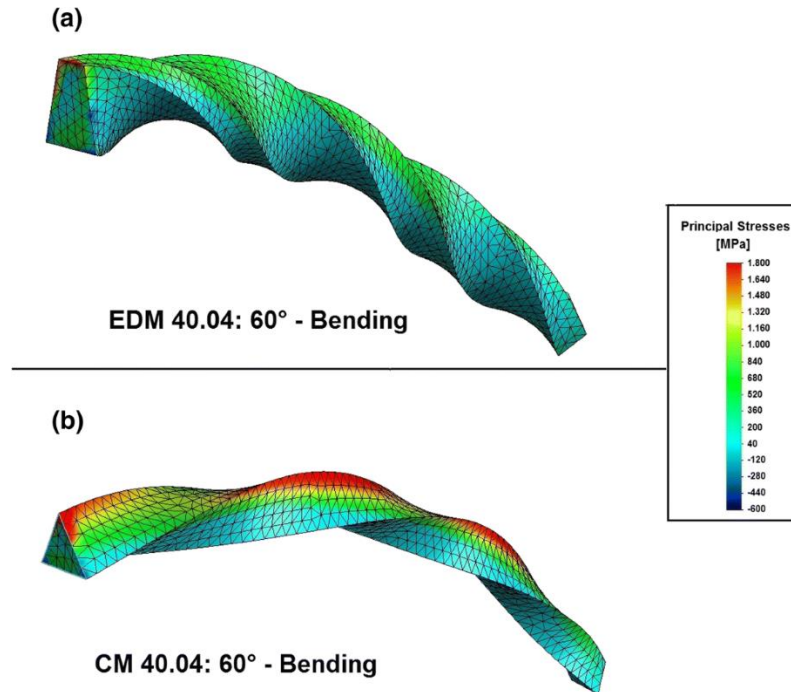
الشكل (٢): يوضح انكسار ذروة أداة النيكل تيتانيوم، وانفصال حلزاناتها الناتج عن تعب الالتواء (McGuigan et al., 2013c).

وضعت منظمة (ISO) ومعهد المقاييس الدولية الأمريكية طريقة لاختبار مقاومة الأدوات اللبية المصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ لقوى الفتل، والتي استخدمت لاحقاً لاختبار الأدوات المصنوعة من النيكل تيتانيوم، وذلك ب تثبيت آخر ٣ ملم من رأس الأداة اللبية، ثم فتلها مع عقارب الساعة، أو عكسها حتى حدوث الكسر، وعملياً تنكسر الأدوات اللبية بسبب الفتل عندما يتم تثبيت رأس الأداة داخل القناة، أو حدوث تباطؤ حركة الرأس نتيجة نصف قطر الأداة غير المتناسب مع قطر الأداة، مع استمرار محورها بالفتل، حتى الوصول إلى عزم مناسب للكسر (Gambarini et al., 2021).

وبالفحص تحت المجهر الإلكتروني الماسح تظهر العلامة المميزة للكسر اللدن، وهي النقرة البيضوية بجوار الكسر، وفي محيط الكسر تظهر علامات دائرية متحدة المركز، وهي ناتجة عن التخریش الناجم عن الطرف المقابل للكسر، وفي منطقة ذات مظهر ليفي في المركز، وهي المسؤولة عن ظهور النقرة، وعندما يتعرض المعدن لقوى زائدة فإن الفقاعات الداخلية والتي توجد بسبب المسامية المجهرية تتطاوّل وتزداد حجماً، لتتحد مع بعضها، وتسبب الكسر، باعتبار أن القوة المطبقة تتناسب عكساً مع مكعب نصف قطر الأداة، لذلك فإن الانكسار يحدث عادة في الجزء الأقرب لنهاية الأداة، باعتبار أن هذه النقطة تمتلك القطر الأصغر (Pillay et al., 2020).

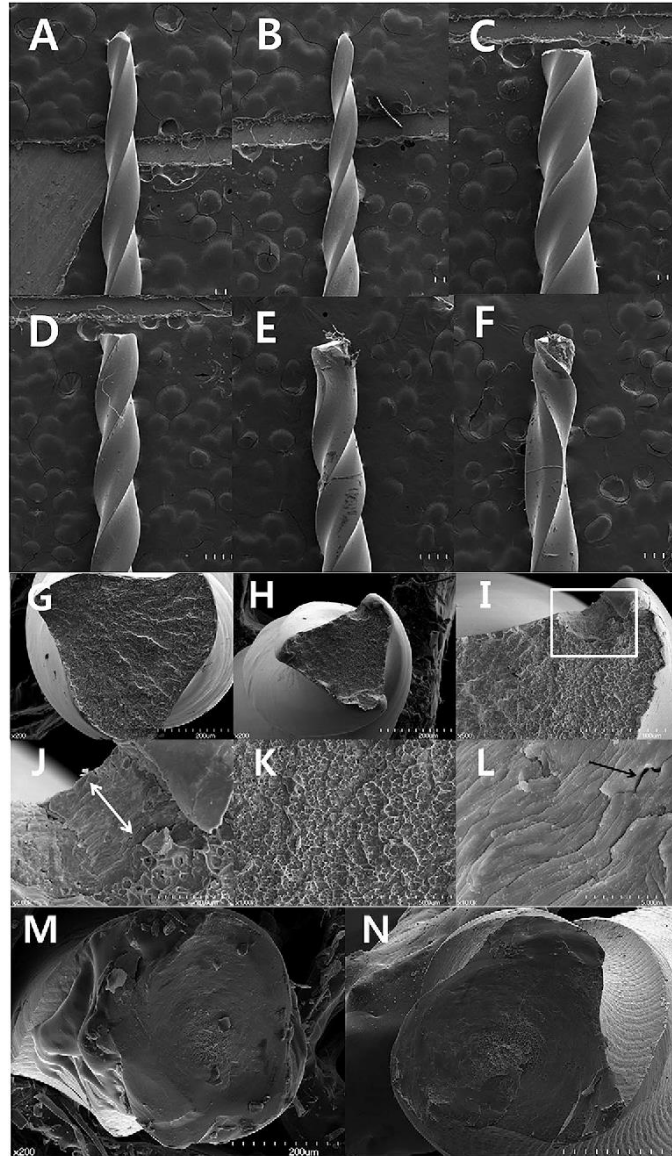
١, ٣, ٢. التعب الدوري (Cyclical Fatigue):

ينتج التعب الدوري عن الجهود المخزنة ضمن خليطة النيكل تيتانيوم للأدوات اللبية الآلية عند دورانها بشكل مستمر ضمن الأفقية الجذرية المنحنية، مما يعرض هذه الأدوات إلى دورات متكررة من الانضغاط والتمدد، والتي يمكن أن تؤدي إلى ضرر غير ردود ضمن بنية الأداة، وقد وجدت الدراسات ارتباطاً قوياً بين قطر الأداة المستعملة، وزيادة مقاومتها للتعب الدوري، حيث كلما قل قطر الأداة زاد احتمال انكسارها عند استعمالها المتكرر في الأفقية الجذرية المنحنية، وخاصة الأفقية التي تمتلك أكثر من انحناء على كامل طولها (Bukhari et al., 2019). ويحصل التعب الدوري بشكل رئيس بسبب الاستعمال المفرط (Over-use) للأدوات الآلية ضمن الأفقية الجذرية المنحنية، وتلعب مجموعة من العوامل دوراً هاماً في مقاومة أدوات النيكل تيتانيوم للتعب الدوري؛ كالتآكل (Corrosion)، والتغيرات الحاصلة ضمن بنية الأدوات والتي تنتج عن التمدد الحراري، والتقلص التالي لانخفاض درجة حرارة الخليطة المعدنية، ويوضح الشكل (٣) التعب الدوري الذي ينتج عن استعمال المفرط للأدوات ضمن الأفقية المنحنية (Ferreira et al., 2017).



الشكل (٣): يوضح دورات التمدد والتقلص المتتالية التي تحصل للأدوات ضمن القناة الجذرية (Lo Savio et al., 2020).

تتعرض أدوات النيكل تيتانيوم إلى كل من التعب الدوري، وتعب الالتواء ضمن القنوات الجذرية المنحنية (الشكل ٤)، بينما تتعرض هذه الأدوات على تعب الالتواء فقط ضمن الأقنية الجذرية المستقيمة، ولكن خلصت نتائج الدراسات إلى أنَّ معظم حالات انكسار الأدوات اللبية الآلية يمكن أو تُعزى إلى تعب الالتواء، مما يشير إلى أنَّ الاستعمال المفرط للأدوات اللبية ضمن الأقنية الجذرية المنحنية هو العامل الرئيس في انكسار هذه الأدوات (Campbell, Shen, Zhou, & Haapasalo, 2014).



الشكل (٤): يوضح تأثير كل من التعب الدوري، وفشل الالتواء على الأدوات الآلية باستعمال المجهر الإلكتروني الماسح (Chang et al., 2016).

تحدث كسور التعب الدوري دون أن تعطي أي علامات أو إشارات سابقة لحدوث الكسر، وتوجد العديد من المتغيرات التي تؤثر في إمكانية حدوث هذا النوع من الكسور، وذلك كسرعة الدوران، وسوائل الإرواء، ومعالجة سطح الأداة، والخصائص المعدنية لخليطة النيكل تيتانيوم، فضلاً عن زاوية الانحناء الجذري، ونصف قطر الأداة اللبية، حيث تزداد مقاومة الأداة اللبية لهذا الكسر كلما قل قطرها، وقد دأبت الشركات المصنعة لحل هذه المشكلة بأساليب مختلفة، فقد قامت الشركات بتطوير خليطة معدنية جديدة معالجة حرارياً وهي خليطة (M-wire)، والتي تكون أكثر مقاومة لقوى الدوران، ولكن على الرغم من كل العوامل التي تؤثر في قدرة تحمل الأداة للقوى المطبقة خلال الدوران إلا أنَّ زاوية انحناء القناة اللبية هي العامل الأهم على الإطلاق، فكلما زادت الزاوية قلت قدرة الأداة على تحمل قوى الدوران المطبقة عليها (De Pedro-Muñoz, Rico-Romano, & Mena-Alvarez, 2024).

٤,١. العوامل التي تساهم في انكسار الأدوات (Factors Contributing to Instrument Fracture):

كما ذكرنا سابقاً، توجد العديد من العوامل التي تلعب دوراً جوهرياً في احتمال حدوث انكسار للأدوات اللبية، وخاصة الأدوات الآلية المصنوعة من خليطة النيكل تيتانيوم، وهي تشكل كلاً من الخبرة العملية للطبيب الممارس، وتقنية التحضير المستعملة، وآلية استعمال الأدوات ضمن القنوات الجذرية، فضلاً عن عدد مرات استعمال الأداة، وتصميمها، والاعتبارات التشريحية للقناة الجذرية، كما يلعب كلٌّ من نوع الخليطة المعدنية، ودورات التعقيم المتتالية أيضاً دوراً في احتمال حدوث انكسار الأدوات، وسنحاول فيما يلي تقديم شرح مسهب عن أهم العوامل سابقة الذكر (Pillay et al., 2020).

أولاً: الخبرة العملية للطبيب الممارس (Operator skill and Experience):

تلعب خبرة الطبيب الممارس دوراً هاماً في حوادث انكسار الأدوات اللبية، حيث أظهرت نتائج الدراسات أنَّه عند تحديد دور العوامل المتبقية التي تساهم في انكسار الأدوات اللبية (تصميم الأداة، وتشريح القناة اللبية، وغيرها) كانت خبرة الطبيب الممارس هي العامل الوحيد والأهم الذي يرتبط بحدوث اختلاط كسر الأدوات اللبية (٤٥)، ولكن على الرغم من هذا لم تجد الدراسات فروق في معدلات حدوث الاختلاطات بين الممارس السريري

الخبير، وغير الخبير، ويمكن أن يُعزى ذلك إلى أن الحالات اللبية الأكثر تعقيداً تحول دوماً إلى الممارسين السريريين الأكثر خبرة، مما يجعل من معدل كسر الأدوات عند الممارسين السريرية الخبراء، والأقل خبرة متساوية تقريباً. ولهذا فمن المهم الحصول على التدريب السريري، والتقني المناسب للأطباء الممارسين لمحاولة تقليل احتمالية حدوث اختلاط انكسار الأدوات اللبية خلال المعالجة (Boutsioukis & Lambrianidis, 2018).

ثانياً: تقنية التحضير المستعملة (Instrumentation Technique):

اقترحت الدراسات أن استعمال تقنية (Crown-down) للتحضير القنوي وذلك عن طريق توسيع المنطقة التاجية من القناة قبل الوصول إلى المنطقة الذروية، فضلاً عن القيام بتحضير المدخل الصحيح للأدوات باستعمال الأدوات اليدوية أولاً (الأدوات المصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ) قبل استعمال الأدوات الدوارة الآلية المصنوعة من خليطة النيكل تيتانيوم له دور مهم في تخفيف احتمالية انكسار الأدوات اللبية، حيث ساهمت هذه التقنية في تحضير الأقنية الجذرية بتقليل انحصار الأدوات اللبية ضمن الأقنية الضيقة، والذي يرتبط بشكل مباشر بتعب الالتواء، وحصول انكسار الأدوات، كما تساهم تقنية (Crown-down) في تخفيف جهود الالتواء (Torsional stresses) المتولدة في الأقنية الضيقة على وجه الخصوص، كما أنها تخفف من العزم اللازم تطبيقه على الأداة لتقوم بمهمتها في تحضير جدران القناة الجذرية، مما يساهم أيضاً في تقليل معدلات انكسار الأدوات اللبية (Bhuva & Ikram, 2020).

ثالثاً: استعمال الأدوات ضمن الأقنية اللبية (Dynamics of Instrument Use):

يلعب كل من عزم الدوران (Torque)، وسرعة الدوران (Rotational Speed) دوراً هاماً في تحديد كمية الجهود الميكانيكية المطبقة على الأدوات اللبية، تتوفر حديثاً المحركات الكهربائية التي توفر خاصية التحكم في عزم دوران الأدوات الآلية (Torque-controlled electric motors)، والتي تتصح الدراسات باستعمالها مع أدوات النيكل تيتانيوم، حيث أظهرت نتائج الدراسات أن استعمال المحركات التي تستطيع الحفاظ على عزم

الدوران بشكل أقل من حد مرونة الأدوات يمكن أن يخفف من احتمال انكسار الأدوات ضمن الألفية الجذرية. كما أظهرت نتائج بعض الدراسات دور سرعة الدوران التي يقدمها المحرك الكهربائي في احتمالك انكسار الأدوات اللبية، وعلى الرغم من أن علاقة سرعة الدوران (عدد الدورات في الدقيقة) بانكسار الأداة يعتمد بشكل رئيس على نوع الأداة المستعملة إلا أن زيادة سرعة الدوران عن ٦٠٠ دورة في الدقيقة بشكل عام عند استعمال أدوات النيكل تيتانيوم يزيد من خطر احتمال انكسار الأدوات ضمن الألفية الجذرية، حيث تتصح معظم الشركات المصنعة بالحفاظ على سرعة الدوران بين ٢٥٠ - ٦٠٠ دورة في الدقيقة، وذلك للحصول على النتائج الأفضل للتحضير القنوي دون رفع خطر حدوث انكسار الأداة (Madarati, 2019).

رابعاً: تشريح الألفية الجذرية، ونوع السن المعالجة (Canal Geometry and tooth type):

أظهرت نتائج الدراسات المخبرية التي قيمت أدوات النيكل تيتانيوم أن الانكسار يحدث عندما تصل الأداة إلى نقطة الالتواء القصوى (Point of Maximum Flexure) والتي تتوافق مع نقطة الالتواء الأعظمي (Point of Greatest Curvature) ضمن الألفية الجذرية الصناعية (Simulated root canals)، فكلما زادت زاوية انحناء القناة الصناعية، بالتزامن مع نقص قطر هذه القناة، تقل عدد الدورات المطلوبة لحصول التعب الدوري، وانكسار الأداة المستعملة، وقد دُعمت هذه النتيجة بالدراسات السريرية، والتي قدرت أن معظم حالات انكسار الأدوات اللبية تكون في الثلث الذروي من القناة، والذي يمتلك زاوية الالتواء الأكبر، والقطر الأصغر على كامل طول القناة، حيث يكون احتمال انكسار الأداة في الثلث الذروي أعلى بنسبة ٣٣% من الثلث التاجي، ونسبة ٦% من الثلث المتوسط من القناة، ويتوافق هذا الاستنتاج مع الواقع السريري وملاحظة الأطباء الممارسين، حيث أن عمر الأداة اللبية ينخفض بشكل ملحوظ وواضح عند استعمالها في القنوات اللبية المنحنية بشكل متكرر (Madarati, 2019).

فضلاً عن هذا، فإن التشريح المعقد للقنوات الجذرية يؤثر بشكل كبير على تعب الالتواء للأداة (Torsional Fatigue)، حيث ينقص قطر القناة اللبية كلما اتجهنا ذروباً في الأجزاء بشكل أكبر من الضواحك، والأسنان الامامية، مما يعرض الأدوات اللبية إلى مقاومة أعلى للقطع من قبل العاج، وهذا ما ينعكس

سريراً بانكسار الأدوات بشكل أكبر ضمن أوعية الأرحاء العلوية أو السفلية بالمقارنة مع الأسنان الأمامية، أو الضواحك، فقد وجدت الدراسات السريرية أن نسبة انكسار الأدوات اللبية في الأرحاء تكون أكبر بثلاثة أضعاف مقارنة بالضواحك. فضلاً عن هذا، تكون نسبة انكسار الأدوات ضمن القناة الدهليزية الأنسية للأرحاء العلوية أكبر بثلاثة أضعاف أيضاً من القناة الدهليزية الوحشية، والأمر سيان بالنسبة للقناة الدهليزية الأنسية للأرحاء السفلية (والتي تتميز بشدة انحناءها عادة) بالمقارنة مع القناة اللسانية الأنسية (Madarati, 2019).

خامساً: تأثير التنظيف والتعقيم (Effect of Cleaning and Sterilization):

أظهرت الدراسات المخبرية أن تعرض أدوات النيكل تيتانيوم إلى دورات التعقيم المتتالية باستعمال الصاد الموصد (Autoclave) أدى إلى ظهور أدلة على حصول تصدعات صغيرة ضمن بنية الخليطة المعدنية، فضلاً عن زيادة عمق التشوهات السطحية للأداة (Surface irregularities)، كما وجدت الدراسات أن التعقيم المستمر للأدوات المصنوعة من النيكل تيتانيوم أدى إلى خفض قدرة قطع هذه الأدوات وتراجع كفاءتها. وقد قدمت الشركات المصنعة للأدوات اللبية تصميماً حديثاً لمحاولة تلافي هذه المشكلة يعتمد على مبدأ جدل الخليطة المعدنية (Twisted) بدلاً من تصنيعها بمبدأ الخراطة المعدنية (Machined)، وقد أظهرت الدراسات أن هذا التصميم يتمتع بمرونة أعلى، ومقاومة تعب انحناء جيدة بعد التعرض لمجموعة من دورات التعقيم المتتالية. ولكن مما يثير الاهتمام أن بعض الدراسات أظهرت أن تعرض الأدوات لدورات متتالية من الحرارة يؤدي إلى تخلص الأدوات من الجهود المتراكمة ضمن الخليطة المعدنية والتي تنتج عن استعمال الأدوات ضمن القناة الجذرية، ولكن في الواقع فإن درجات الحرارة اللازمة للحصول على هذا الأثر لا يمكن عملياً تطبيقها ضمن العيادة

السنية

(Yamaguchi et al., 2018).

ادعت بعض الدراسات القديمة في الأدب الطبي أن استعمال هيبوكلورايد الصوديوم يؤدي إلى تآكل الأدوات المصنوعة من النيكل تيتانيوم، وأن استعمال هيبوكلورايد الصوديوم ضمن الأوعية اللبية المنحنية يمكن أن يزيد من خطر انكسار الأدوات، ولكن تم نقض هذا الادعاء من قبل مجموعة من الدراسات المخبرية والسريرية

وتأكيد عدم وجود تأثير سلبي لاستعمال هيبوكلورايد الصوديوم على الأدوات المصنوعة من النيكل تيتانيوم (Darabara, Bourithis, Zinelis, & Papadimitriou, 2004).

سادساً: عدد مرات الاستعمال (Number of Uses):

أصدرت وزارة الصحة في المملكة المتحدة منذ العام ٢٠٠٧ قرار يلزم أطباء الأسنان باستعمال الأدوات اللبية لمرة واحدة فقط (All endodontic files are single use) وذلك منعاً لحصول انتقال العدوى بين المرضى وخاصة للبريونات (Prion Transmission)، ولكن لم تصدر أي جهة صحية رسمية أخرى في الاتحاد الأوروبي أية قوانين مشابهة، وتركت عدد مرات استعمال الأدوات لتقدير الطبيب الممارس، كما وقد شجعت الشركات المصنعة للأدوات اللبية مؤخراً على استعمال المبادر اللبية لمرة واحدة فقط، وقد قدمت تقنيات جديدة تجعل من المبادر اللبية تعاني من التشوه عند تعقيمها بالصاد الموصد ومن هذه الشركات هي شركة (McGuigan et al., 2013c) (WaveOne™, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

ويوضح الشكل (٥) النظام المقدم من هذه الشركة. ولكن لا يوجد عدد كافٍ من المقالات التي تناقش عدد المرات المسموح فيها استعمال الأدوات اللبية في الادب الطبي، وقد خلصت عدت دراسات أن انكسار أدوات النيكل تيتانيوم يتعلق بشكل رئيس بطريقة استعمالها، بدلاً من عدد مرات استعمالها، ولكن بغض النظر عن طريقة الاستعمال (وباعتبار جرى استعمال الأدوات بالطريقة الصحيحة)، فإن أدوات النيكل تيتانيوم تتعرض لتناقص مقاومة تعب الالتواء مع زيادة عدد مرات الاستعمال، حيث تكون مقاومة تعب الالتواء أقل بشكل ملحوظ ودال إحصائياً بالمقارنة بين الأدوات المستعملة لعدة مرات ضمن الألفية اللبية، والأدوات الجديدة (McGuigan et al., 2013c).

يدعي الباحثون المروجون لفكرة استعمال الأدوات اللبية لمرة واحدة، أن نسبة انكسار الأدوات اللبية الجديدة التي لم تستعمل مسبقاً ضمن الألفية اللبية تصل إلى ٩,٠%، وهي نسبة غير ضئيلة عند الأخذ بعيد الحساب أننا نتحدث عن أدوات جديدة، فعند استعمال الأدوات ضمن الألفية اللبية يزداد تشوه خليطة الأداة

المعدنية بشكل مترقٍ مع كل استعمال مما يزيد من خطر حدوث انكسار للأداة ضمن القناة اللبية. ولكن لا يوجد حتى اليوم أية توصيات تحدد عدد مرات استعمال الأداة اللبية ضمن الأقنية الجذرية. ويترك الأمر لخبرة الممارس، وقدرته على تقييم صعوبة الحالة وتعقيد تشريح القناة الجذرية (McGuigan et al., 2013c).



الشكل (٥): يوضح عنق أداة نظام (WaveOne) الآلي المصنوع من النيكل تيتانيوم، حيث يظهر ضمن الشكل الغلاف البلاستيكي ذو اللون الأحمر، والذي يتعرض للتمدد عند تعقيم الأداة في الصناديق الموصدة، مما يمنع من استعمالها مجدداً (McGuigan et al., 2013c).

١,٥. علاقة تصميم الأداة بانكسارها ضمن القناة (Instrument Design Role in Fractures):

أصبح من المثبت علمياً اليوم أن مقاومة الأداة لجهود الاحتكاك، والالتواء يتأثر بشكل مباشر بتصميم الأداة ومقطعها العرضي، مما يؤثر على مقاومة انكسار الأداة ضمن القناة الجذرية.

١,٥,١. أبعاد المقطع العرضي وتصميمه (Cross-sectional Dimension and Design):

إنَّ زيادة قطر الأداة وحجم مقطعها العرضي يؤدي إلى تحسين مقاومة الأداة لفشل الالتواء (Torsional Failure)، ولكن في نفس الوقت تؤدي زيادة القطر والمقطع العرضي إلى نقص في مرونة الأداة وانخفاض مقاومة فشل الدوران (Flexural fatigue failure)، حيث كون عرض المقطع العرضي الأداة وتصميمه عاملاً مهماً في تحديد قدرة الأداة على مقاومة الانكسار (McGuigan et al., 2013c).

قارنت دراسة سريرية بين أدوات (ProTaper) ذات المقطع المثلثي مع أدوات (ProFile) ذات المقطع بشكل حرف (U-fluted)، حيث وجدت نتائج الدراسة أن توزيع الجهود كان متوازناً بشكل أكبر في أدوات (ProTaper) بالمقارنة مع أدوات (ProFile)، على الرغم من أن تصميم أدوات (ProFile) يعطي للأداة مرونة أكبر، فهي على النقيض من أدوات (ProTaper) لا تمتلك قطراً مستديراً على طول الأداة، حيث تمتلك الأداة قطراً موحداً على كامل طولها العامل (Bayram, Bayram, Ocak, Uygun, & Celik, 2017).

أما بالنسبة لتصميم الحد القاطع للأدوات، فلم تجد الدراسات فروقاً بين التصميمات المختلفة لشفرات الأدوات تؤثر على مقاومة تعد الدوران، أو الالتواء للأداة، على اعتبار أنَّ الأدوات المختبرة كانت جميعها تمتلك القطر ذاته، ولكن وجدت الدراسات أن المادة المصنوعة منها الأدوات تمتلك قدرة على التأثير في مقاومة الأداة للتعيب الدوري، والالتواء، حيث لاحظ الباحثون أن الأدوات المثلثية المقطع المصنوعة من (Controlled memory wire) أظهرت قدرة على توزيع الجهود المطبقة عليها خلال الدوران ضمن القناة الجذرية (Venino, Citterio, Pellegatta, Ciccarelli, & Maddalone, 2017).

١,٥,٢. قطر الأداة (Instrument Size):

سجلت الدراسات السريرية والمخبرية معدلات أعلى من انكسار الأدوات اللبية وتشوهها عندما يكون حجم الأداة المصنوعة من النيكل تيتانيوم صغيراً، وقد خلصت نتائج بعض الباحثين إلى أن أدوات النيكل تيتانيوم الأصغر حجماً تكون أكثر عرضة لحصول فشل تعب الالتواء، وذلك مقارنة بالأدوات الأكبر حجماً، وقد أوصى الباحثون باستعمال الأدوات ذات القطر الصغير (ProFile 20 with diameter of 0.04) لمرة واحدة فقط، وذلك بسبب احتمال التشوه العالي الذي تعاني منه هذه الأدوات (Bürklein, Maßmann, 2021). (Donnermeyer, Tegtmeyer, & Schäfer, 2021).

ومن وجهة النظر السريرية تكون الأدوات اللبية ذات القطر الأصغر أكثر عرضة للتشوه كونها تستعمل في بداية المعالجة اللبية لتجهيز القناة لاستقبال الأدوات ذات الحجم الأكبر، مما يزيد من الجهود الميكانيكية المطبقة عليها ويساهم في زيادة التشوه الحاصل ضمن الخليطة المعدنية (Bürklein et al., 2021).

١,٥,٣. تقنيات تصنيع الأدوات اللبية (Manufacturing Process):

تصنع أدوات النيكل تيتانيوم في الطريقة التقليدية عن طريق خراطة الأداة من بلوك معدني من خليطة النيكل تيتانيوم، وقد أظهرت نتائج الدراسات أن هذه التقنية في تصنيع أدوات النيكل تيتانيوم تصنع سطحاً غير منتظم يتميز بوجود مجموعة من التشوهات السطحية كالأخاديد، والشقوق، وانحناء المعدن، وتزداد هذه التشوهات في الظهور على سطح الأداة كلما كان قطر الأداة أصغر، كما تؤدي هذه التقنية في صنع الأدوات الآلية إلى حدوث تصلب الأدوات (Work hardening)، مما يسبب بوجود مناطق قصفة على سطح الأداة، حيث تعمل هذه العيوب السطحية على إضعاف بنية الأداة لكونها مناطق ضعيفة تتجمع ضمنها الجهود الميكانيكية، وحدوث التشققات والصدوع ضمن بنية الأداة عند الاستعمال السريري (Pillay et al., 2020).

وبشكلٍ عام، تؤثر عيوب سطح الأداة في قدرتها على مقاومة الانكسار، ونتيجة لذلك فقد سعت العديد من الشركات المصنعة إلى تحسين الخصائص الميكانيكية للأدوات الآلية عن طريق تعديل السطح، فضلاً عن تعديل بنية الخليطة المعدنية، وتغيير تقنيات تصنيع الأدوات اليدوية، حيث تشمل هذه التعديلات (McGuigan et al., 2013c):

١. الصقل الإلكتروني (Electropolishing).

٢. التلقيح الشاردي (Ion Implantation).

٣. جدل المبادر اللبية (Twisting of Files).

٤. المعالجة الحرارية للخليطة المعدنية (Heat treatment).

ويظهر الجدول (١) التالي ملخصاً للتعديلات المطبقة من قبل الشركات المصنعة لتحسين خواص

الأدوات اللبية، والأنظمة التجارية المتوفرة لكل منها.

الجدول (١): يلخص التعديلات من قبل الشركات المصنعة لتحسين خواص الأدوات اللبية، والأنظمة التجارية المتوفرة لكل منها (McGuigan et al., 2013c):	
التعديل المطبق	النظام التجاري المتوفر
الصقل الإلكتروني	BioRace (FKG Dentaire, La Chaux-de-fonds, Switzerland)
التلقيح الشاردي	لم يعد متوفراً
جدل المبادر اللبية	Twisted files (SybronEndo, Orange, CA, USA)
Control memory	HyFLEX (Coltène/Whaledent, Cuyahoga Falls, OH, US)
M-Phase	WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ProFile Vortex (Tulsa Dental Specialities, Tulsa, OK, USA)

قدم الباحث (McGuigan et al., 2013c) في مرجعته النظرية (Literature Review) ملخصاً

لمجموعة من التوصيات التي وفي حال تطبيقها من قبل الممارسين السريريين يمكن أن تقلل من خطر حصول انكسار الأدوات اللبية ضمن الأقفنية الجذرية خلال تحضير القنوات، وهي تشمل الآتي:

- الحصول على التدريب العملي الكافي للتعامل من أنظمة التحضير الآلي للأدوات المصنوعة من النيكل تيتانيوم، وذلك قبل الممارسة السريرية.
- بدء المعالجة اللبية عن طريق تشكيل (Glide Path) باستعمال مبادر (K-File) اليدوية بقطر ١٠ - ١٥ وذلك لضمان الوصول الكامل للأدوات التالية لكامل المنظومة القنوية.
- تطبيق تقنية تحضير (Crown-down) خلال تحضير الأقفنية الجذرية، وذلك لضمان الحصول على مدخل أدوات مستقيم ضمن القناة الجذرية.
- استعمال المحركات الآلية التي تضمن القدرة على تطبيق عزم دوران مضبوط (Controlled Torque) واتباع تعليمات الشركة المصنعة خلال تحضير الأقفنية الجذرية.
- يجب الحفاظ على أدوات النيكل تيتانيوم بحركة مستمرة ضمن القناة الجذرية خلال التحضير، وذلك منهاً لتطبيق قوى انحناء كبيرة على الأدوات ضمن القناة الجذرية.
- تجنب استعمال خيار (Reverse mode) خلال تحضير الأقفنية اللبية وذلك لمنع زيادة الجهود المطبقة على الأدوات اللبية خلال تحضير الأقفنية، والتي تزيد من التعب الدوري.
- تجنب الاستعمال الزائد للأدوات ضمن الأقفنية اللبية، وخاصة الأقفنية المنحنية أو متعددة الالتواءات، والذي يمكن أن ينقص من مقاومة الأدوات للانكسار، واستعمال الأدوات صغيرة القطر لمرة واحدة.
- عدم استعمال أدوات النيكل تيتانيوم الآلية ضمن الأقفنية شديدة التشوه، أو المنحنية بشكل كبير ومفاجئ وذلك لتجنب انكسار الأدوات ضمنها.

٦,١. تأثير انكسار الأدوات على نتائج المعالجة اللبية (The Impact of Instrument)

:(Fracture on the Outcomes of Endodontic Therapy)

تصل نسبة نجاح المعالجات اللبية للأسنان حية اللب بشكل عام إلى نسبة تفوق ٩٠% تقريباً في العديد من الدراسات السريري التي تشمل فترات متفاوتة للمتابعة، ويشير مصطلح نجاح المعالجة اللبية في هذه الدراسات عادة إلى غياب الأعراض والعلامات السريرية، فضلاً عن انعدام ظهور أو تشكل شفوفية شعاعية حول ذروية تالية للمعالجة اللبية. ولكن، تنخفض نسب نجاح المعالجة اللبية في حال ظهور دليل شعاعي على وجود التهاب حول ذروي، أو انتان ضمن القناة الجذرية قبل بداية المعالجة اللبية، ففي حالات الالتهاب حول الذروي، يتمثل نجاح المعالجة اللبية في الشفاء التام للآفة حول الذروية واختفاء الشفوفية الشعاعية حول منطقة ذروة جذر السن المعالجة، ومن الجدير بالملاحظة أن الدراسات السريرية لاحظت انخفاضاً أكبر في نسب النجاح في حال إجراء إعادة المعالجة اللبية (Endodontic retreatment)، وعلى الرغم من انخفاض نسب النجاح في هذه الحالات بشكل عام، إلا أن الدراسات السريرية أظهرت أن نسبة نجاح إعادة المعالجة اللبية يمكن أن تصل لمستوى قريب من نسب نجاح المعالجة اللبية للأسنان الحية في حال عدم إجراء تغيير في مورفولوجية القناة خلال إجراءات إعادة المعالجة، وأما إذا ما حدث تغيير في مورفولوجيتها فتتخفض نسب النجاح بشكل ملحوظ وقابل للرصد (Johnsen, Bårdsen, & Haug, 2023).

أجريت مراجعة منهجية مرافق لتحليل تلوي (Systematic review and meta-analysis) لتقييم نتائج المعالجة اللبية في الحالات التي يحصل فيها كسر لأداة لبية ضمن القناة الجذرية مع تركها والمحافظة عليها ضمن القناة بعد انتهاء مراحل المعالجة، وقد ضمت المراجعة النظرية الدراسات التي أجريت على الأسنان الحية فقط، وقد وجدت نتائج هذه المراجعة المنهجية أن بقاء الأدوات اللبية المكسورة في القنوات المَحْضَرَة يمكن أن يقلل من نسب نجاح المعالجة، ولكنه لا يؤثر بشكل جوهري على إنذار الحالة شريطة ألا تترافق بالتهاب حول ذروي، وشفوفية شعاعية محيطية بالمنطقة الذروية. وقد وجدت الدراسة أيضاً أن بقاء الأدوات اللبية المكسورة

ضمن الأقنية الجذرية المعالجة يملك تأثيراً ضئيلاً على عقامة القناة، وذلك في الحالات التي تتبع فيها أعلى معايير تنظيف وتطهير القنوات اللبية فقط (Panitvisai, Parunnit, Sathorn, & Messer, 2010).

تراجع نسب نجاح المعالجات اللبية بشكل كبير في الحالات التي يحصل فيها انكسار الأدوات اللبية المرافق لمعالجة الأسنان المصابة بالتهاب حول المنطقة الذروية، أو الحالات التي تكون فيها الأقنية اللبية مصابة بإنتان، فضلاً عن حالات إعادة المعالجة اللبية، ففي دراسة الباحثين (Alfouzan & Jamleh, 2018) وجدوا أثراً سلبياً كبيراً لبقاء الأدوات اللبية المكسورة ضمن الأقنية الجذرية المتتخرة أو المتوتة (Necrotic pulp)، أو عند وجود أفة شافة شعاعياً حول المنطقة الذروية للجذر السني المعالج، وقد خلصت نتائج دراسات سريرية أخرى إلى أن إنجاز الحشو القنوي الدقيق للمنطقة الذروية والذي يبعد مسافة لا تزيد عن ٠ - ٢ ملم عن الذروية الشعاعية لجذر السن هو من العوامل الهامة التي تضمن نجاح المعالجة اللبية، وهي تقدم النتائج السريرية والشعاعية المطلوبة، ففي الحالات التي يحصل فيها انكسار الأدوات اللبية ضمن الأقنية المعالجة، تقوم الأداة بسد المنطقة الذروية، مما يمنع مادة الحشو القنوي من الوصول لمنطقة الحشو المناسبة، مما يؤدي لتراجع معدلات نجاح الحالات التي تتعرض لهذا الاختلاط، ويوضح الشكل (٦) تأثير انكسار الأدوات اللبية على قدرة ختم المنطقة الذروية باستعمال المادة الحاشية.



الشكل (٦): يوضح انكسار أداة لبية ضمن القناة الأنسية الدهليزية للرحى الأولى السفلية، مما يحجب المنطقة الذروية ويمنع المادة الحاشية من الوصول لختمها، كما تلاحظ الشفافية الشعاعية حول ذروة جذر السن والتي تجعل من الإنذار العام للحالة أسوء (MB McGuigan, C Louca, & HF Duncan, 2013b).

٧,١. تدبير انكسار الأدوات اللبية (Management of Root Canal Instruments)

:(Fracture)

عند محاولة تدبير الأدوات اللبية المكسورة يجب على الطبيب أن يكون قادراً على السيطرة على الموقف سريرياً، وقانونياً، حيث يجب أن يكون قرار الممارس السريري مدعوماً بالدليل العملي، ومبنياً على نتائج كل تقنية من تقنيات تدبير الأدوات المكسورة، فعلى الطبيب أن يكون على دراية بمستويات نجاح كل من هذه التقنيات، فضلاً عن الآثار الجانبية لكل منها، وأن يقوم بموازنة الأخطار مقابل الفوائد المرجوة من تدبير الأداة المكسورة ضمن القناة اللبية (MB McGuigan, C Louca, & HF Duncan, 2013a).

عندما تتكسر أداة لبية ضمن القناة الجذرية يكون الطبيب أمام عدة خيارات يجب أن ينتقي بينها بعناية، فيمكن للطبيب أن يترك الأداة ضمن القناة الجذرية، أو أن يقوم بتجاوز هذه الأداة (Bypass)، أو أن يقوم بمحاولة إزالة الجزء المكسور من الأداة، حيث يكون القرار مبنياً على تقييم الفوائد المتوقع من إزالة الأداة مقارنة مع خطر حدوث الاختلاطات، وتكون مصلحة المريض هي العامل الأهم في اختيار نموذج المعالجة المناسب، حيث يمكن لبعض المرضى أن يقرر قلع السن بدلاً من محاولة تدبير الأداة المكسورة وذلك مجموعة من العوامل كالخوف، والقلق، أو الوقت اللازم لتدبير الأداة، فضلاً عن الناحية الاقتصادية التي قد تحدد من خيارات المريض العلاجية (Rambabu, 2020).

١,٧,١. ترك الأدوات المكسورة ضمن الأقنية الجذرية (Leave Fractured Instruments):

كان من الشائع تاريخياً ترك الأدوات اللبية المكسورة ضمن الأقنية الجذرية بغض النظر عن حالة اللب السني، والقيام بحشو الأقنية الجذرية فوق الأدوات المكسورة، وقد كان من المقترح في ذلك الوقت أن ترك الأدوات المكسورة ضمن الأقنية لا يؤثر في إنذار المعالجة اللبية (Crump & Natkin, 1970; Fox, 1972)، فضلاً عن أن خطر حدوث اختلاط خلال إزالة الأداة أعلى بكثير من الفوائد المرجوة من إزالتها، ولكن من المهم التأكيد على أن هذا الرأي كان شائعاً قبل انتشار استعمال المجهر في المعالجات اللبية، فضلاً عن عدم توفر الأدوات فوق الصوتية، مما شكل عائقاً كبيراً أمام الأطباء في تلك الحقبة لإزالة الأدوات المكسورة، وعلى الرغم من

الاعتقاد الشائع حينها أن بقاء الأدوات المكسورة ضمن القناة الجذرية لا يؤثر في إنذار الحالة، إلا أنه من الواضح أن بقاء الجزء المكسور من الأداة ضمن القناة يؤدي إلى إعاقة ومنع القيام بالتنظيف الميكانيكي الكيميائي (chemo-mechanical cleansing) لمحتويات القناة، فضلاً عن سد الجزء الذروي من القناة وعدم إمكانية وصول الأدوات ومواد الحشي إلى كامل الطول العامل، والحصول على حشو قنوي ناقص (Tang et al., 2015).

أما من وجهة نظر المريض فيمكن أن يسبب ترك الأداة اللبية ضمن القناة الجذرية بعضاً من القلق (Anxiety)، والخوف المستمر، حيث قد ينظر المريض إلى هذه الخطوة على أنها تجاهل من قبل الطبيب لأهمية الحالة، فضلاً عن اعتقاد المريض بأن المشكلات التي قد يواجهها في المستقبل يكون لها علاقة مباشرة بوجود الجزء المكسور من الأداة ضمن القناة الجذرية. أما بالنسبة للطبيب فإن ترك الجزء المكسور من الأداة ضمن القناة يكون نتيجة غير مرضية للمعالجة اللبية، والتي من الممكن أن يكون لها مضاعفات قانونية مستقبلاً (Tang et al., 2015).

ولكن في بعض الحالات المحددة والخاصة يكون ترك الأداة اللبية ضمن القناة أحد الخيارات التي تضمن للمريض الحصول على النتيجة الأفضل للمعالجة، وذلك منعاً لحدوث الاختلاطات، أو خسارة السن، أو التكاليف المالية الباهظة. ومن الحالات التي يمكن فيها ترك الجزء المكسور من الأداة ضمن القناة الجذرية هو ارتباط الجزء المكسور بشدة بالمنطقة الذروية من القناة، وعدم القدرة على إزالته بمختلف الطرق، أما عند انكسار الأدوات ضمن الثلث المتوسط أو التاجي من القناة فيكون الخيار الأكثر صواباً هو إزالة هذا الجزء المكسور أو تجاوزه، ويوضح الشكل (٧) ترك جزء مكسور من أداة لبية ضمن المنطقة الذروية من القناة، لعدم القدرة على إزالتها (Tang et al., 2015).

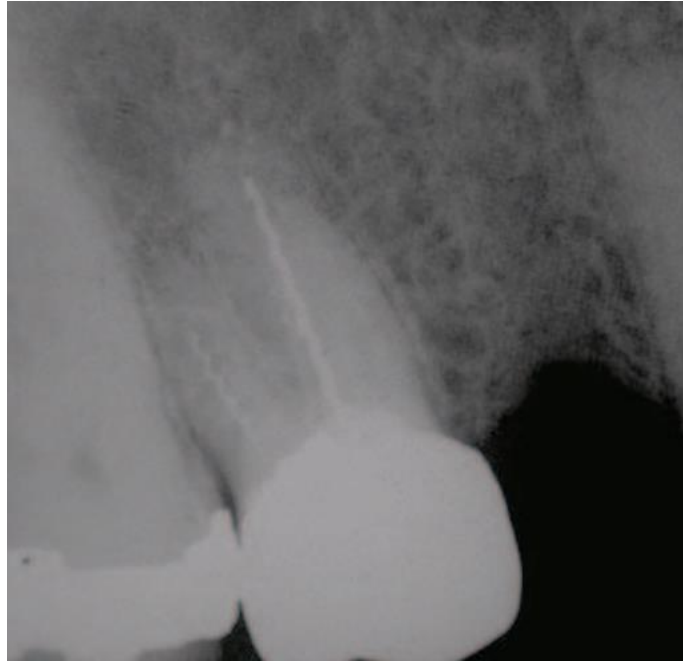


الشكل (٧): ترك الأدوات اللبية المكسورة ضمن القناة لعدم القدرة على إزالتها (Solomonov, 2020).

١, ٧, ٢. إزالة الأداة اللبية المكسورة (Remove Fractured Instrument):

أصبح من المنصوح به مؤخراً في الأدبيات الطبية القيام بمحاولة إزالة أي أداة لبية مكسورة من الأفتنية الجذرية، والحالات الوحيدة التي يسمح فيها بترك الأداة ضمن القناة الجذرية هي عند عدم القدرة على إزالتها باستعمال شتى وسائل الإزالة غير الجراحية، وعدم رغبة المريض بالتعرض لعمل جراحي، والمبرر وراء هذا الموقف هو أن ترك الأداة ضمن القناة سيعيق إجراءات التنظيف الميكانيكي الكيميائي، فضلاً عن عدم القدرة على إنجاز الحشو القنوي الخاتم بالطريقة الصحيحة، مما يسبب تراجع نسب نجاح المعالجة اللبية وانخفاض إنذارها، وفضلاً عن هذا، فقد خلصت الدراسات إلى أن وجود أداة حول ذروية على السن الذي حصل فيه كسر للأداة ولم تنزل فيه الأداة المكسورة من القناة يؤدي إلى تراجع شفاء الآفة حول الذروية، وانخفاض إنذار الحالة بشكل كبير، حيث تؤدي إزالة الجزء المكسور من الأداة إلى إمكانية الوصول إلى كامل الطول العامل (على افتراض عدم حصول تغيير لمسار أو شكل القناة الجذرية خلال إزالة الجزء المكسور من الأداة) مما يزيد من إمكانية الحصول على ختم ذروي جيد في المنطقة عند إنهاء الحشو القنوي، كما أن الإزالة للجزء المكسور من الأداة تعطي للمريض راحة واطمئنان وتجنب الطبيب الخلافات والمشاكل التي يمكن أن يكون لها تداعيات قانونية (الشكل ٨) (Pillay et al., 2020).

لا يشجع الأدب الطبي الحديث على ترك الأدوات اللبية ضمن الأقنية الجذرية إلا في حالات خاصة ومُحددة، كانكسار الأداة اللبية ضمن حذر سن حي اللب، فضلاً عن حصول الكسر في مراحل متأخرة من المعالجة بعد التأكد من حصول التنظيف الميكانيكي الكيميائي الكافي للقناة، ووجود الجزء المكسور في القناة المنطقة الأكثر ذرورية دون القدرة على إزالة الأداة بالتقنيات غير الجراحية، حيث تتعلق درجة عقامة القناة الجذرية بمرحلة التحضير القنوي التي وصل إليها الطبيب قبل انكسار الأداة، فعند حصول الكسر في بداية المعالجة لا يكون الطبيب قد حقق التنظيف الميكانيكي الكيميائي المناسب للقناة الجذرية، وذلك بالمقارنة مع انكسار الأداة في مراحل متأخرة من المعالجة اللبية مما يكون قد سمح للطبيب الممارس بإجراء كافة مراحل التنظيف والتحضير القنوي الضرورية (Van der Vyver, Vorster, & Jonker, 2020).



الشكل (٨): يوضح صورة شعاعية حول ذرورية للسن رقم ١٦ يظهر فيها بوضوح وجود أدوات مكسورة ضمن قناتين من قنوات السن الجذرية، كما يظهر على الصورة وجود شفافية شعاعية حول ذرورية، تؤكد حصول التهاب حول ذروي حول جذور الأسنان، وفي هذه الحالة كان المريض غير واعٍ بوجود الأدوات المكسورة ضمن الأقنية الجذرية (McGuigan et al., 2013a).



الشكل (٩): يوضح صورة شعاعية حول ذروية لذات السن في الشكل السابق، وذلك بعد إزالة الأدوات المكسورة من القناتين وإجراء معالجة لبية جديدة سمحت بإجراء التنظيف الميكانيكي الكيميائي، والحشو القنوي الصحيح، وقد استعملت في إزالة الأجزاء المكسورة الأدوات فوق الصوتية مما حافظ على العاج القنوي دون تغيير شكل القناة، ونلاحظ شفاء الآفة حول الذروية (McGuigan et al., 2013a).

عندما تكون الظروف السريرية ملائمة يمكن أن يجري إزالة الجزء المكسور من الأداة بسهولة، ولكن في الحالات التي يكون فيها الوصول إلى الجزء المكسور من الأداة إجراءً صعباً يترافق مع رؤية محدودة، فقد تؤدي إزالة الجزء المكسور إلى أخطاء طبية (Iatrogenic) غير متعمدة كتشكل الدرجة (Ledge formation)، أو حدوث انتقاب جذري (Perforation)، أو التوسيع المفرط للقناة الجذرية (Excessive Enlargement of the Canal)، مما يسبب ضعف بنية العاج الجذري المتبقي، وزيادة خطر حدوث كسر الجذر العمودي (Vertical Fracture of Root)، وتشمل الاختلاطات الإضافية لمحاولة إزالة الأدوات اللبية المكسورة كسر أداة ثانية بجوار الأداة المكسورة الرئيسة، أو تجاوز الأداة المكسورة للثقبية الذروية وخروجها خارج حيز القناة الجذرية خلال محاولة استرجاعها، وقد أوصت بعض الدراسات بإمكانية القيام بالإزالة الجراحية للأدوات المكسورة، في حال فشل جميع التقنيات غير الجراحية في إزالة الجزء المكسور، وتتضمن التقنية الجراحية بتر المنطقة الجذرية الحاوية على الأداة المكسورة، ولكن يمكن أن يسبب ذلك تقاصر الجذر وانخفاض نسبة التاج

إلى الجذر، مما يؤثر على إنذار السن، والقدرة على ترميمه. وقد اقترح باحثون آخرون القيام بتجاوز الأداة المكسورة بدلاً من محاولة إزالتها، خاصة في الحالات التي يكون من الصعب الوصول إلى الأداة لإزالتها (انحصار الأداة في المنطقة الذروية، أو في المنطقة التالية للانحناء الجذري) مما قد يسبب إزالة لكمية كبيرة من العاج قبل الوصول إلى الأداة (الشكل ١٠)، وقد خلصت نتائج بعض الدراسات أن بقاء الجزء المكسور من الأداة بعد تجاوزه لا يؤثر في جودة الحشو القنوي، ويمكن يبقى خطر الانتان القنوي وعدم القدرة على التنظيف الميكانيكي الكيميائي الجيد للمنطقة التي انكسرت فيها الأداة اللبية (Lambrianidis, 2018).



الشكل (١٠): يوضح تجاوز الأداة اللبية بعد انكسارها ضمن المنطقة الذروية (McGuigan et al., 2013a).

١, ٧, ٣. تقنيات إزالة الأدوات اللبية المكسورة (Instruments Removal Techniques):

يسمح استعمال المجهر السني (Dental Operating Microscope) بالمشاركة مع الرؤوس فوق الصوتية صغيرة القطر بإجراء تحضير محافظ (Minimally Invasive) للقناة اللبية، مما يسهل من الإزالة الآمنة للأداة المكسورة، وتشمل العوامل التي تساهم في تحديد درجة صعوبة إزالة الأداة المكسورة كلاً من (Terauchi et al., 2022):

١. نوع السن المعالجة: حيث تلعب العوامل التشريحية للسن المعالجة دوراً هاماً في القدرة على إزالة الأداة المكسورة، حيث يؤثر نوع السن المعالجة على الرؤية الواضحة للأداة، فضلاً عن القدرة على الوصول لموقع انكسارها، حيث تكون إزالة الأدوات المكسورة من الأسنان الخلفية أكثر صعوبة من إزالتها من الأسنان الأمامية.
٢. نوع الأداة المكسورة: حيث يختلف نوع الكسر، وموقع الكسر ضمن الأداة بين الأدوات اللبية، وتختلف صعوبة إزالة الأداة تبعاً لتصميمها، وموقع انكسارها، والمواد التي تصنع منها.
٣. طول الجزء المكسور من الأداة: تكون معظم الأدوات المكسورة ضمن الألفية اللبية مصنوعة من النيكل تيتانيوم، ويكون الطول الوسطي للجزء المكسور ضمن القناة حسب الدراسات العلمية يصل إلى ٣ ملم تقريباً، حيث أظهرت الدراسات أن الأدوات ذات القطر الأكبر كُسر منها اجزاء ذات طول أعلى من الأدوات ذات القطر الأصغر، وتكون الأدوات ذات الطول الأقل أكثر صعوبة في الإزالة من الأدوات الأطول.
٤. موقع الأداة المكسورة ضمن القناة: تكون معظم كسور الأدوات المصنوعة من النيكل تيتانيوم ضمن الثلث التاجي من القناة الجذرية، مما يسهل من إزالتها بشكل كبير مقارنة بحدوث الانكسار في الثلث المتوسط، أو الذروي.

٥. انحناء القناة: يترافق الانحناء الأكبر من ٣٠ درجة في الأفنية اللبية مع زمن عمل أطول للانتهاء من تحضيرها، مما يزيد من خطر حدوث انكسار الأدوات ضمنها، ويصعب من إزالتها نتيجة لوجود هذا الالتواء.

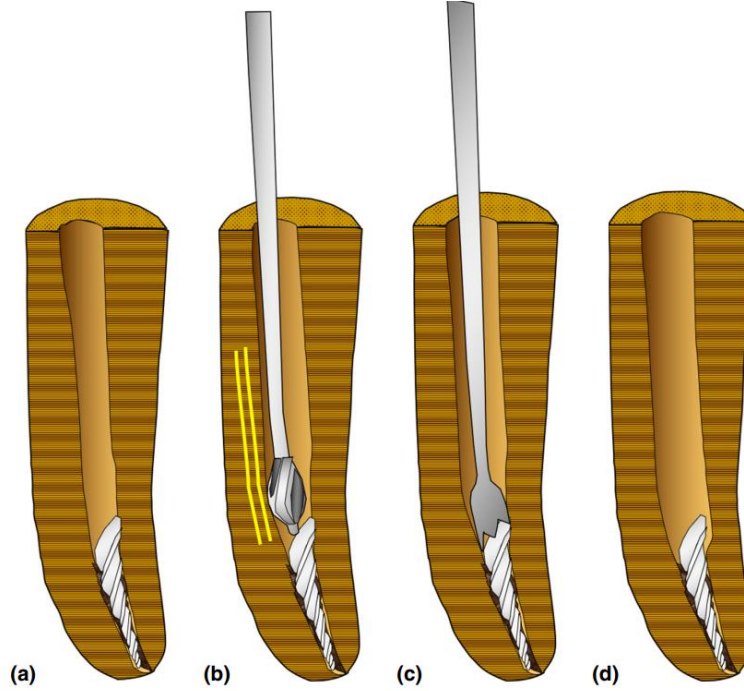
يمكن تصنيف تقنيات إزالة الأدوات المكسورة إلى: تقنيات ميكانيكية، وتقنيات كيميائية، وتقنيات جراحية، ويجب أن يترك خيار التقنيات الجراحية في إزالة الأدوات المكسورة إلى المرحلة الأخيرة وعند فشل التقنيات الأخرى في إزالة الأداة، وتستعمل التقنيات الكيميائية في إزالة الأدوات المكسورة المحلات كحمض النيتريك (Nitric Acid)، وثلاثي الكلورايد اليودي (Iodine Trichloride)، وغيرها من المواد الحمضية لحث تفاعل تأكل الجزء المعدني المكسور من الأداة، وتسهيل إزالتها، أما التقنيات الميكانيكية وخاصة التي تستعمل الأجهزة فوق الصوتية فهي تملك معدلات نجاح مرتفعة في إزالة الأدوات المكسورة، فضلاً عن تقليل الاختلاطات الحاصلة خلال إزالة الأدوات، ولكن تتراوح نسب نجاح إزالة الأدوات باستعمال التقنيات الميكانيكية بشكل واسع في الأدب الطبي، ويعزى ذلك إلى اختلاف بروتوكولات إزالة الأدوات بالاعتماد على موقع الأداة ضمن القناة، وإمكانية رؤيتها (Terauchi et al., 2022).

١,٣,٧,١. بروتوكول التحضير المعياري لإزالة الأدوات التي يمكن رؤيتها (Standardized)

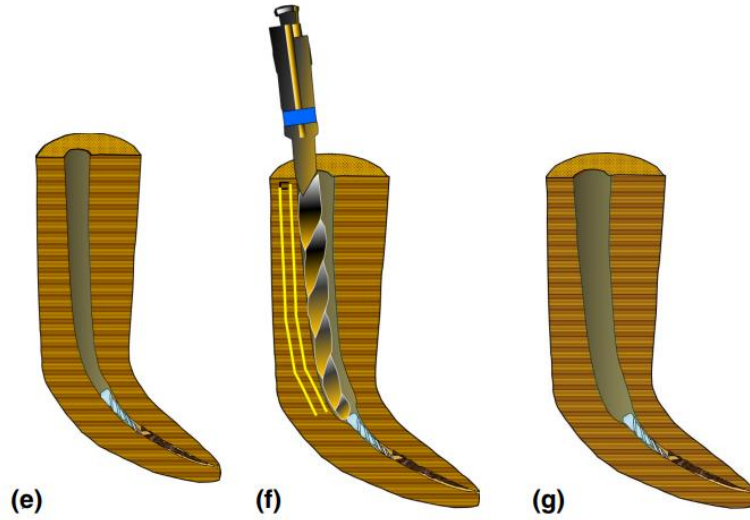
:(Preparation Protocol foe Visible Instrument Retrieval

في الحالات التي يكون فيها انحناء القناة أقل من ١٥ درجة يبدأ التحضير باستعمال سنابل الغيتس غليدين (Gates Glidden) بقياس ٢ أو ٣ لتوسيع القناة بحركات سحب على الجدار الخارجي من القناة، ثم نقوم بعدها باستعمال سنبل (Micro-trephine) لكشف ١ ملم من الطرق التاجي من الأداة المكسورة عن طريق دوران الأداة بعكس عقارب الساعة بسرعة ٦٠٠ دورة في الدقيقة، وبعد كشف الملم الأخير من الأداة، نقوم باستعمال أداة فوق صوتية صغيرة لتحرير الجزء المكسور من القناة اللبية وإزالته (وهذه الإجراءات موضحة في الشكل (١١))، أما في حال كان انحناء القناة بزاوية أكبر من ١٥ درجة، فنقوم حينها باستعمال مبرد نيكل

تيتانيوم بقطر كبير لتوسيع القناة اللبية عن طريق تحضير الجدار الخارجي للقناة، ثم نستعمل الأدوات فوق الصوتية في تحريرها (كما هو موضح في الشكل (١٢)) (Terauchi et al., 2022).



الشكل (١١): يوضح طريقة التحضير لإزالة الأدوات المكسورة عندما يمكن رؤيتها بشكل مباشر في حال كان انحناء القناة لا يزيد عن ١٥ درجة (Terauchi et al., 2022).

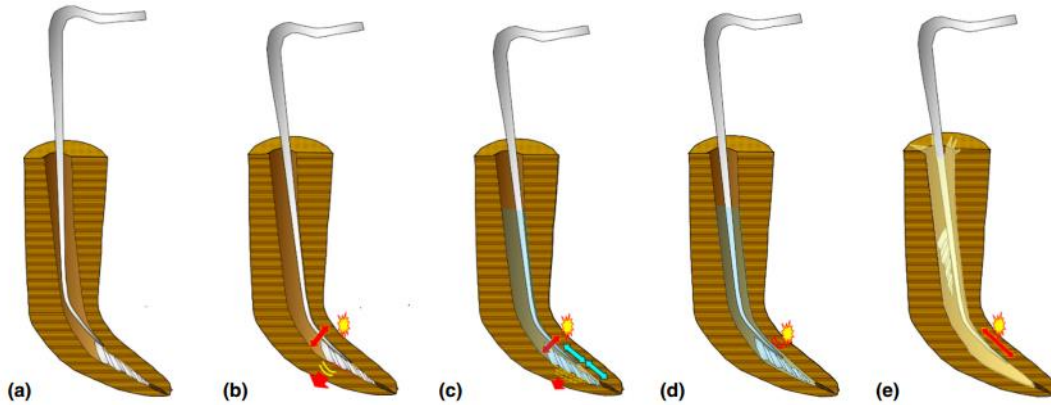


الشكل (١٢): يوضح طريقة التحضير لإزالة الأدوات المكسورة عندما يمكن رؤيتها بشكل مباشر في حال كان انحناء القناة أكبر من ١٥ درجة (Terauchi et al., 2022).

١,٢,٣,٧. بروتوكول التحضير المعياري لإزالة الأدوات التي لا يمكن رؤيتها (Standardized)

:(Preparation Protocol foe Nonvisible Instrument Retrieval

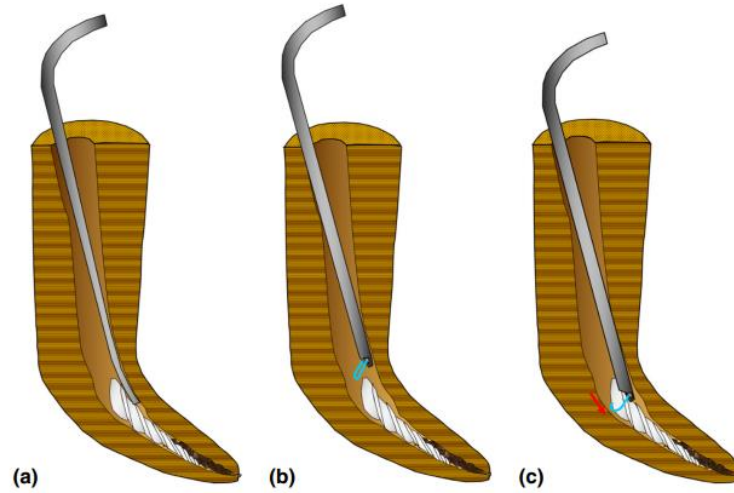
نبدأ في هذه الحالة بتوسيع القناة حتى الوصول إلى الجزء غير المرئي منها، وتتشابه تقنية التحضير لإزالة الأدوات المرئية، وغير المرئية بشكل كبير، وتكمن نقطة الاختلاف الأساسية في كون مرحلة التحضير في الأدوات غير المرئية بعد انحناء القناة الذي يعيق رؤية الأداة يُجرى دون القدرة على تقييم التحضير مباشرة، مما يزيد من صعوبة التحضير، ويقلل من قدرة الطبيب على توقع النتيجة بشكل دقيق، حيث يجري توسيع الجزء المرئي من القناة باستعمال مبرد النيكل تيتانيوم كبيرة القطر، فضلاً عن توسيع الجزء المنحني من القناة، مع استعمال كمية وفيرة من (EDTA)، وبعد الانتهاء من التوسيع في المنطقة المرئية من القناة يجب الانتقال إلى استعمال الرؤوس فوق الصوتية الرفيعة ذات الالتواء الذي يتوافق مع انحناء الجزء غير المرئي من القناة، حيث يمكن استعمال الرأس (TFRK-6/12, DELabs) للوصول إلى المسافة بين الأداة المكسورة والقناة السنية، بحيث يشعر الطبيب بانحسار الأداة ضمن المسافة بما يعرف بـ (Sticky feeling)، ويقوم الطبيب بعدها بتفعيل الرأس فوق الصوتي على الجدار الداخلي للقناة، وتُحرك الأداة بحركات إدخال، وإخراج (Pulsing motions)، ويؤدي هذا إلى إزالة العاج السني المحيط بالأداة حيث تنتقل الاهتزازات فوق الصوتية عبر الأداة إلى الجدار الخارجي للقناة، وتستمر هذه العملية حتى تحرير الأداة من القناة اللبية (الشكل ١٣) (Terauchi et al., 2022).



الشكل (١٣): يوضح طريقة التحضير لإزالة الأدوات المكسورة عند عدم إمكانية رؤيتها بشكل مباشر (Terauchi et al., 2022).

٣.٣.٧.١ . إزالة الأدوات المكسورة باستعمال نظام الحلقة (Instrument Retrieval Protocol) (Using Loop System)

يستعمل نظام الحلقة في إزالة الأدوات المكسورة التي تكون بحجم أكبر من ٤,٥ ملم أو في الحالات التي تفشل الأدوات فوق الصوتية في إزالة الأداة خلال أقل من ١٠ ثواني، ويعمل نظام الحلقة بدون إرواء، وبوسط جاف وذلك لتأمين الرؤية الواضحة خلال استرجاع الأداة، وتتضمن أنظمة الحلقة لإزالة الأدوات المكسورة نظام ((EndoCowboy (Köhrer Medical Engineering)، ونظام ((BTR Pen (CERKAMED)، ونظام ((Yoshi Loop (DELabs)، ويتطلب استعمال نظام الحلقة ضمن القنوات وجود مسافة أكبر أو تساوي ٤ ملم، كما يجب أن يكون الجزء التاجي من الأداة مكشوفاً بطول ٧ ملم على الأقل وذلك للسماح للحلقة بإمساك الجزء التاجي من الأداة المكسورة، حيث يجب إدخال (Plugger) بقياس ٤٠ في المسافة المُحضرة من القناة للتأكد من توفر المساحة الكافية لنظام الحلقة، وتُحنى الحلقة بزاوية ٤٥ درجة وتُدخل ضمن القناة، ثم توضع الحلقة حول الجزء التاجي من القناة ويجري إمساك الأداة بها، ثم تُسحب الحلقة الممسكة بالأداة بزوايا مختلفة حتى خروج الأداة من القناة (الشكل ١٤) (Terauchi et al., 2022).

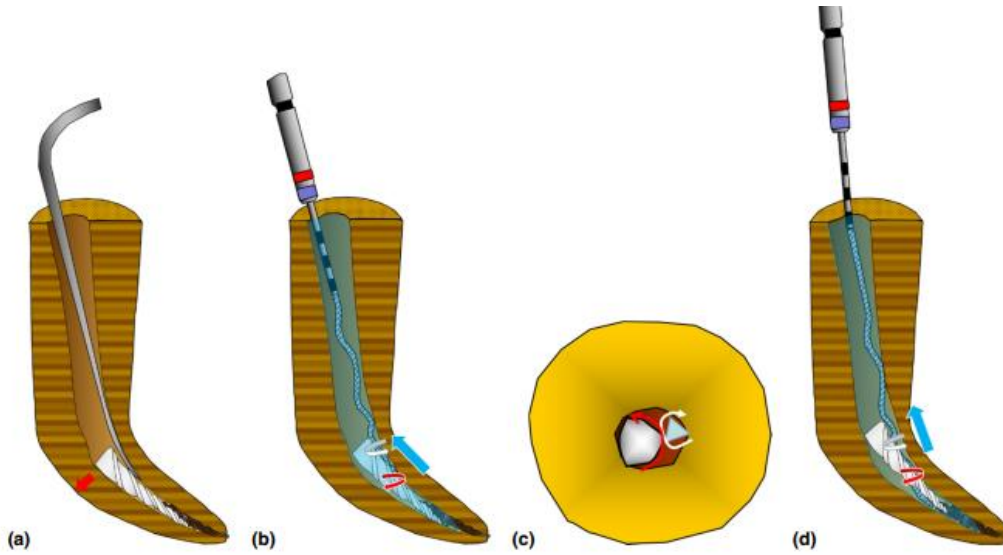


الشكل (١٤): يوضح طريقة استعمال نظام الحلقة في إزالة الأدوات المكسورة (Terauchi et al., 2022).

4.3.7.1. بروتوكول إزالة الأدوات المكسورة باستعمال نظام (XP–endo Shaper)

:(Instrument retrieval protocol using the XP–endo Shaper)

يستعمل هذا النظام في الحالات التي تكون فيها الأداة المكسورة محصورة باتجاه الجدار الخارجي للقناة، مما يجعل من الصعب وضع الحلقة حولها، حيث يعمل هذا النظام على الاشتباك والالتحام مع الأداة ضمن القناة اللبية لإمساكها بشكل فعال وإخراجها من القناة، ويعمل هذا النظام بعد غمر القناة باستعمال زيت خاص يسمح بتزليق الأداة والنظام للسماح باشتباكه معها، ويُدار النظام باتجاه عقارب الساعة وبعد اشتباك النظام مع الأداة تحفز دورانها بعكس عقارب الساعة، وسحبها بالاتجاه التاجي، مما يساهم بتحريرها من القناة (الشكل ١٥) (Terauchi et al., 2022).



الشكل (١٥): يوضح طريقة استعمال نظام (XP–endo Shaper) في إزالة الأدوات المكسورة (Terauchi et al., 2022).

5.3.7.1. بروتوكول إزالة الأدوات المكسورة باستعمال نظام (Ruddle) (Instrument retrieval)

:(protocol using the Ruddle system)

صمم نظام (Ruddle) من قبل الطبيب (Clifford Ruddle) وذلك لإزالة الأدوات المكسورة من الأقفنية اللبية، وقد طور هذا النظام لحل واحدة من أهم العقبات التي تواجه الأطباء خلال الممارسة السريرية عن طريق تقديم طريقة محافظة (Minimally invasive) لإزالة الأدوات المكسورة، عن طريق دمج الأدوات فوق الصوتية مع مجموعة من الأنابيب الدقيقة المتخصصة (Specialized microtubes) التي تسمح بالإزالة الآمنة للأدوات المكسورة (Ruddle, 2022).

يبدأ استخراج الأدوات المكسورة باستعمال هذا النظام عن طريق تطبيق الرؤوس فوق الصوتية لتشكيل حجرة صغيرة حول الجزء المكسور من الأداة، حيث تهتز هذه الرؤوس بسرعات عالية جداً مما يسمح بتحريك الجزء المكسور من الأداة وتحريره من جدران القناة الجذرية، وبعد إزالة الاشتباك بين الأداة المكسورة وجدران القناة يأتي دور الأنابيب الدقيقة التي تمتلك رؤوس مخصصة، حيث تكون هذه الأنابيب مصممة بحيث تتوضع بشكل دقيق حول حواف الأداة المكسورة، مما يسمح بسحب الأداة من القناة الجذرية، ويحتوي النظام أيضاً على سنابل دقيقة يمكن استعمالها في تحضير الحجرة حول الأداة اللبية بالشكل المناسب، ويوضح الشكل (١٦) هذا النظام (Ruddle, 2022).

يتميز هذا النظام بمجموعة من المميزات، وأهمها أنه يحافظ على البنية السنية، بحيث لا يتطلب تحضير كمية كبيرة من الجدران العاجية خلال إزالة الأداة اللبية، مما يحافظ على قوة الجذر، ويقلل هذا من خطر حدوث الانتقابات الجذرية، فضلاً عن الاختلاطات الأخرى المرتبطة بالتقنيات التقليدية في إزالة الأدوات المكسورة، ولكن يتطلب استعمال هذا النظام بشكل ناجح أن يكون الطبيب الممارس متمتعاً بقدر عالٍ من الدقة والخبرة السريرية، حيث لا يمكن ضمان نجاح النظام باستخراج الأدوات المكسورة في جميع الحالات، كما يمكن أن يؤدي استعمال الرؤوس فوق الصوتية إلى توليد كميات كبيرة من الحرارة التي تشكل خطراً كبيراً على النسيج المحيطة (Abdeen, Plotino, Hassanien, & Turkey, 2023).



الشكل (١٦): يوضح نظام (Ruddle) لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة (Ruddle, 2022).

6.3.7.1. التقنيات فوق الصوتية في إزالة الأدوات المكسورة (Ultrasonic Technique for

:(Retrieval of Fractured Endodontic Instruments

قُدمت العديد الأنظمة فوق الصوتية لإزالة الأدوات المكسورة في العقود الماضية، وتعتمد هذه الأنظمة في آلية عملها على تشكيل اهتزازات عالية التردد لإزالة الأجزاء المكسورة من الأدوات اللبية ضمن القناة، وهي توفر حلاً محافظاً وفعالاً لأحد أكثر الاختلاطات صعوبة في التدبير خلال المعالجة اللبية، وتتضمن أنظمة استخراج الأدوات اللبية فوق الصوتية استعمال رؤوس مخصصة تهتز بتردد ٢٥ - ٤٠ ألف هرتزاً في الثانية، وقد تم تصميم هذه الرؤوس لتكون قادرة على تحضير حجرة صغيرة حول الجزء المكسور من الأداة ضمن القناة الجذرية لتحريرها وإزالتها، وتعد رؤوس (ProUltra Endo) من أكثر الرؤوس استعمالاً في هذا الاستطباب، وتتوفر هذه الرؤوس بأشكال وأقطار مختلفة تسمح لها بالتكيف الدقيق مع شكل وموقع الأداة اللبية المكسورة،

ويوضح الشكل (١٧) نظام (ProUltra Endo) فوق الصوتي لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة (Pruthi, Nawal, Talwar, & Verma, 2020).

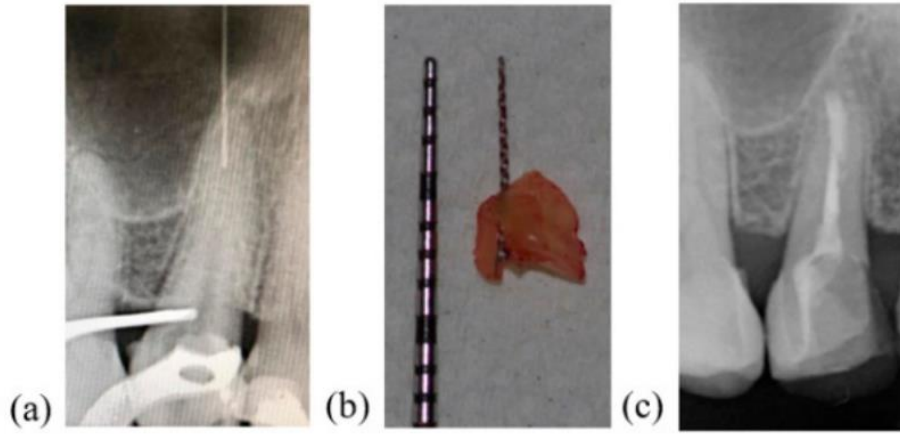
تستعمل هذه الأنظمة بعد التحديد الدقيق لموقع الأداة المكسورة شعاعياً، حيث يقوم الطبيب بإدخال الرأس ضمن القناة اللبية والبدء بتنشيط الرأس بتردد طاقي منخفض لتجنب توليد الحرارة الزائدة، مع تحضير المنطقة المجاورة للأداة المكسورة بعكس جهة عقارب الساعة، حيث تساهم الاهتزازات في تحرير الأداة من الاشتباك مع جدران القناة، وتحريرها تدريجياً مما يسمح بإزالتها باستعمال ملقط دقيق، أو نظام أنبوبي (Aydın & Gençoğlu, 2023).



الشكل (١٧): يوضح نظام (ProUltra Endo) لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة (Ruddle, 2022).

4.7.1. الإزالة الجراحية للأدوات المكسورة (Surgical Removal of Fractured Instruments):

تُعدُّ الإزالة الجراحية للأدوات اللبية المكسورة إحدى الخيارات العلاجية التي قد يلجأ لها الطبيب في الحالات المستعصية والتي لا يمكن تدبيرها باستعمال التقنيات المحافظة في استخراج الأدوات اللبية، وعند الحديث عن المعالجة الجراحية في سياق تدبير الأدوات اللبية المكسورة فأنا نخص بالذكر جراحة قطع الذروة السنية (Apicoectomy). وتضمن جراحة قطع الذروة السنية ثلاثة مراحل رئيسية (Liao et al., 2019):



الشكل (١٨): انكسار أداة لبية ضمن المنطقة الذروية مع تجاوزها لذروة السن، وتدبير الحالة عن طريق إجراء جراحة قطع الذروة (Richert et al., 2021).

5.7.1. تجاوز الأدوات اللبية المكسورة (Endodontic Fractured Instruments Bypass):

تُعدُّ تقنية تجاوز الأدوات المكسورة (Bypass) من التقنيات الحساسة والدقيقة لتدبير انكسار الأدوات ضمن الأقنية اللبية، وتتضمن هذه التقنية تأمين طريق حول الأداة المكسرة لمتابعة مرحلة التحضير والتنظيف للقناة اللبية، مما يسمح بنهاء المعالجة اللبية دون الحاجة لاستخراج الأداة اللبية، وتكون تقنية تجاوز الأدوات مفيدة على وجه الخصوص في الحالات التي تتوضع فيها الأداة المكسورة في موقع معقد تشريحياً وصعب الوصول مما يعيق محاولات الطبيب لاستخراج الأداة، كانكسار الأداة ضمن الثلث الذروي من القناة الجذرية (Fouad, Kikly, Belghith, Glii, & Hodroj, 2023).

تستطب تقنية تجاوز الأدوات في الحالات التي تسد فيها الأداة المكسورة القناة اللبية، مما يعيق عملية تنظيف وتحضير القناة، وتكون مستطبة بشكل خاص في الحالات التي تتوضع فيها الأداة المكسورة بعد انحناء كبير ضمن القناة، أو في القنوات اللبية الضيقة، مما يجعل من استخراج الأداة اللبية مهمة صعبة وشديدة التعقيد، فضلاً عن أنَّ هذه التقنية تكون مستطبة في الحالات التي يتوضع فيها الجزء المكسور من الأداة في منطقة عميقة ضمن القناة اللبية، مما يهدد بخطر إزالة كبيرة جداً من العاج المشكل لجدران القناة عند محاولة استخراج الجزء المكسور، مما يهدد بنية القناة ويضعف قوة تحملها للجهود (Dako, Bica, Lazar, Lazar, & Monea, 2020).

وتشمل خطوات ومراحل تطبيق تقنية تجاوز الأدوات اللبية المكسورة ما يلي (Shah, Attur, Vachhani, & Shah, 2023):

١. التعرف على موقع الأداة المكسورة وتحديد شعاعياً بدقة.
٢. استعمال مبرد يدوية ذات أقطار صغيرة (6-8-10) لبدء تحضير مدخل للأدوات التي تليها، وذلك إلى جانب الجزء المكسور من الأداة اللبية ضمن القناة.
٣. تستعمل هذه المبرد بحركة نواس الساعة وبحذر شديد، مع تطبيق مادة (EDTA) كمزلق خلال عملية التحضير، ويكون الهدف هو تحضير مدخل للأدوات التالية إلى جانب الجزء المكسور من الأداة.
٤. وتعاد هذه العملية بالمبرد اليدوية الأكبر قطراً (٢٠ - ٢٥) حتى الانتهاء من تحضير القناة على كامل طول الجزء المكسور من الأداة.

تتميز تقنية تجاوز الأدوات المكسورة بمجموعة من المميزات، ومن أهمها السماح بمتابعة المعالجة اللبية دون الحاجة لاستخراج الأداة اللبية المكسورة، وخاصة في الألفية اللبية المتكلسة، أو شديدة الانحناء، والتي من الممكن أن تكون شديدة التعقيد، كما تتميز التقنية بتقليل كمية العاج المزال حول الأداة للانتهاء من المعالجة اللبية، وذلك بالمقارنة مع كمية العاج المزال في حال قرر الطبيب محاولة استخراج الأداة المكسورة، كما أنها

تقلل خطر حدوث الانتقابات الجذرية، والاختلاطات الأخرى المرافقة لإزالة الأدوات المكسورة ضمن الألفية المنحنية أو المتكلسة (Shaik et al., 2022).

ولكن، على الرغم من تمتع هذه التقنية بمجموعة من المميزات، إلا أنها تعاني أيضاً من مجموعة من المساوئ، حيث أنها تتطلب خبرة كبيرة، ومهارة عالية من قبل الطبيب والتي قد لا تتوفر عند الأطباء الممارسين، وخاصة الجدد، كما أن نجاح هذه الطريقة غير مؤكد بنسبة عالية، خاصة في الألفية شديدة الانحناء، كما يوجد خطر تشكيل درجة (Ledge)، أو تشكيل قناة كاذبة خلال محاول تجاوز الأداة المكسورة، كما يوجد خطر حدوث الإنتان أيضاً، وذلك كون تقنية تجاوز الأدوات تترك الجزء المكسور من الأداة ضمن القناة اللبية، والذي من الممكن أن يحتوي كمية كبيرة من الجراثيم التي لا يمكن الوصول إليها لتنظيفها (Arshadifar, Shahabinejad, Fereidooni, Shahravan, & Kamyabi, 2022).

8.1. الدراسات السابقة (Previous Studies):

قيم الباحث (Gencoglu & Helvacioğlu, 2009) مجموعة من تقنيات إزالة الأدوات المكسورة، حيث شملت عينة الدراسة ٦٣ سناً أمامية، و ٣٠ سناً خلفية ذات أفضية منحنية حصل خلال إجراء المعالجة اللبية فيها انكسار لأداة مصنوعة من النيكل تيتانيوم، وقد قيم الباحث استعمال الأدوات فوق الصوتية في إزالة الجزء المكسور من الأداة اللبية ضمن القناة، بالمقارنة مع استعمال كيت ماسيران (Masseran) في إزالة الأداة المكسورة، وقد خلصت نتائج دراسة الباحث إلى أنَّ استعمال الأدوات فوق الصوتية أدى إلى تحضير أكثر محافظة لجدران القناة السنية، مما يعني أنَّ حجم القناة النهائي في مجموعة الأدوات فوق الصوتية كان أقل من المجموعة الثانية.

وفي دراسة الباحث (Yang et al., 2017) هدفت إلى تقييم تأثير استعمال سنابل التريفاين بالمقارنة مع استعمال الأدوات فوق الصوتية على كمية العاج المزال من القناة بعد استخراج الأدوات اللبية المكسورة، شملت عينة الدراسة ٢٢ سناً طبيعية مقلوعة ذات تشريح متشابه، وقام الباحث بكسر الأدوات اللبية ضمن القناة اللسانية الأنسية على بعد ٥ ملم من ذروة القناة، ثم قام بتحضير منصة العمل (Staging platform) في المنطقة التاجية من القناة، واستعمل في المجموعة الأولى سنابل التريفاين لمحاول استخراج الأداة، بينما في المجموعة الثانية فقد استعمل الأدوات فوق الصوتية لاستخراجها، وقد قيم الباحث حجم القناة النهائي بعد الانتهاء من إزالة الأداة المكسورة باستعمال التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية (CBCT) وقد خلصت نتائج الدراسة إلى أنَّ استعمال الأدوات فوق الصوتية أدى إلى تحضير أكثر محافظة وحجم قناة أقل بالمقارنة مع استعمال سنابل التريفاين في التحضير لاستخراج الأدوات اللبية.

وفي دراسة مخبرية للباحث ((Pruthi, Nawal, Talwar, & Verma, 2020) قام فيها بتقييم فعالية استعمال الرؤوس فوق الصوتية (ProUltra) بالمقارنة مع نظام عروة لاستخراج الأدوات اللبية (Terauchi file retrieval kit) لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة من الأفضية، قيم فيها كلاً من قدرة التقنية على إزالة الأداة المكسورة، فضلاً عن الزمن المنقضي حتى استخراج الأداة، والمحافظة على الجدران العاجية للقناة، وقد شملت

عينة الدراسة ٨٠ سناً طبيعية بشرية مقلوعة (الأرجاء الأولى السفلية) ذات انحناء خفيف، وقد قسمت الأسنان إلى مجموعتين، أُجري في المجموعتين تحضير الأفقية وكسر الأدوات اللبية في المنطقة المتوسطة من القناة الجذرية، ثم استعمل الباحث إحدى التقنيتين لمحاولة إزالة الأداة المكسورة، وقد خلصت نتائج الدراسة المتعلقة بالمحافظة على بنية جدران القناة أن استعمال الأدوات فوق الصوتية أعطى تحضيراً محافظاً بشكل أكبر بالمقارنة مع استعمال نظام العروة، وهو ما توصلت له نتائج دراستنا أيضاً على الرغم من تقديمنا لتعديل جديد على استعمال الأدوات فوق الصوتية في استخراج الأدوات اللبية المكسورة.

وفي دراسة أيضاً للباحث (Faus-Matoses et al., 2022) قام الباحث بالمقارنة بين استعمال الأدوات فوق الصوتية، ونظام (Endo Rescue) من حيث القدرة على إزالة الأدوات اللبية المكسورة ضمن الأفقية الجذرية، والقدرة على المحافظة على الجدران العاجية للقناة، وقد شملت عينة الدراسة ٤٠ سناً بشرية مقلوعة قسمت إلى مجموعتين بالتساوي، حيث شملت عينة الأدوات فوق الصوتية ٢٠ سناً، كما شملت عينة نظام (Endo Rescue) ٢٠ سناً أيضاً، وقام الباحث بتحضير الأفقية الجذرية وكسر الأدوات اللبية ضمن الثلث المتوسط من القناة، وطبق إحدى التقنيتين لإزالة واستخراج الأداة المكسورة، وقد قام الباحث بتقييم حجم القناة النهائي بعد إزالة الأداة المكسورة باستعمال التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية (CBCT) بين كل من مجموعة الدراسة، والمجموعة الشاهدة، وقد خلصت نتائج الدراسة إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعتين مما يشير إلى تقارب حجم القناة في كل من مجموعة الأدوات فوق الصوتية ومجموعة نظام (Endo Rescue) بعد إزالة الأداة المكسورة.

وفي دراسة أيضاً للباحث (Souter & Messer, 2005) قيم فيها تأثير الأدوات فوق الصوتية على كمية العاج المزال من القناة الجذرية خلال إزالة الأدوات المكسورة من الأفقية الضيقة، وشديدة الانحناء، فقد دعمت نتائج الدراسة قدرة الأدوات فوق الصوتية على تقديم تحضير محافظ للقناة الجذرية خلال استخراج الأدوات اللبية المكسورة، حيث قسمت الدراسة إلى شق سريري (٦٠ حالة سريرية)، وشق مخبري (٦٠ سناً بشرية مقلوعة)، وعلى الرغم من قدم هذه الدراسة وكونها تعود للعام ٢٠٠٥، إلا أن نتائجها شديدة الأهمية لما توضحه

من تأثير للأدوات فوق الصوتية على بنية جدران القناة الجذرية وذلك لحجم العينة الكبير والنتائج القابلة للتعميم، ولهذا فقد قررنا ضرورة عرضها ضمن قسم المناقشة لإيصال المعلومة للقارئ بوضوح.

أجرى الباحثون (Shaik et al., 2022) مراجعة منهجية (Systemic Review) وتحليل تلوي (Meta-Analysis) لتقييم الأدبيات الطبية حتى تاريخ أعداد المراجعة المنهجية فيما يتعلق بمجموعة من المتغيرات خلال إزالة الأدوات اللبية المكسورة من الأقنية الجذرية، وقد خلصت نتائج الدراسة فيما يتعلق بنسب نجاح استخراج الأدوات اللبية عند استعمال الأدوات فوق الصوتية أن هذه الأدوات حققت نسبة ٨٠% في إزالة الأدوات المكسورة، ولكن وجدت المراجعة أن نسب النجاح تتعلق بموقع الأداة المكسورة، فتصل نسبة نجاح الإزالة إلى ١٠٠% عندما تتوضع الأداة المكسورة في الثلث المتوسط، وتنخفض إلى ٧٤% عندما تتوضع في الثلث الذروي، وقد أشارت المراجعة إلى أهمية استعمال الأدوات فوق الصوتية في إزالة الأدوات اللبية المكسورة ضمن الأقنية الجذرية، وخاصة في الحالات التي تتطلب المحافظة على القناة الجذرية.

وفي مراجعة أخرى للباحثين (Abbas Bagheri, 2023) راجعت الأدبيات الطبية حول فعالية استعمال تقنيات متعددة لإزالة الأدوات اللبية المكسورة من الأقنية الجذرية، وجدت الدراسة أن نسب نجاح إزالة الأدوات اللبية المكسورة في حال استعمال الأدوات فوق اللبية تصل إلى ٩٥,٢% بالمقارنة مع استعمال التقنية التقليدية (٨٠,٩%)، وتقنية ماسيران (٤٧,٦%)، وتقنية العروة (٨٣,٣%)، حيث أوضحت هذه المراجعة تفوق الأدوات فوق الصوتية في القدرة على استخراج الأدوات اللبية المكسورة، ولكن شددت الدراسة على أهمية وجود العديد من العوامل التي تلعب دوراً في نجاح إزالة الأدوات اللبية المكسورة، كموقع الأداة، وتشريح القناة الجذرية، وبشكل خاص خبرة الطبيب الممارس وقدرته على التعامل مع الحالة.

وفي دراسة الباحثين ((Shahabinejad, Ghassemi, Pishbin, & Shahravan, 2013)، قام الباحثون بتقييم نسب نجاح استخراج الأدوات اللبية المكسورة باستعمال الأدوات فوق الصوتية، وقد شملت عينة الدراسة ٧٠ سنناً بشرية مقلوعة (ضواحك علوية) قام الباحثون بكسر أداة تحضير آلي مصنوعة من النيكل تيتانيوم ضمنها، قم استعملوا الأدوات فوق الصوتية لاستخراج الأداة اللبية المكسورة، وقد خلصت نتائج الدراسة

أن نسب النجاح في استخراج الأدوات اللبية المكسورة في حال استعمال الأدوات فوق الصوتية تصل إلى ٨٠%، وهي نسبة نجاح مقبولة عند الأخذ بعين الاعتبار تشريح الأسنان المستعملة ضمن الدراسة.

وقد قام الباحثون ((Fu, Huang, He, & Hou, 2018)) بإجراء دراسة مخبرية لتقييم فعالية إزالة الأدوات اللبية المكسورة من الأقنية الجذرية، فضلاً عن تقييم حدوث كسور مجهرية ضمن العاج القنوي خلال عملية الإزالة باستعمال التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية (CBCT)، وقد شملت عينة الدراسة ٣٦ ضاحكاً سفلياً مقلوعاً، وقد قام الباحثون بتقسيم الأسنان إلى مجموعتين متساويتين، جرى في المجموعة الأولى تحضير الأسنان باستعمال نظام (ProTaper Next)، ثم جرى كسر الأدوات ضمن الثلث المتوسط من القناة، أما المجموعة الثانية فقد استعملت مبرد الفولاذ غير القابل للصدأ اليدوية بقياس ٢٠ وجرى كسرها في الثلث المتوسط من الأقنية أيضاً، وقام الباحثون بمحاولة استخراج الأدوات في كلتا المجموعتين بعدها باستعمال الأدوات فوق الصوتية، وقد خلصت نتائج الدراسة إلى أن نسبة نجاح استخراج الأدوات المكسورة في كلتا المجموعتين وصلت إلى ١٠٠%، حيث كانت الأدوات فوق الصوتية قادرة على الوصول إلى الموقع المستهدف واستخراج الأدوات بفعالية عالية.

قام الباحثون ((Pruthi, Nawal, Talwar, & Verma, 2020)) بإجراء دراسة مخبرية لتقييم مجموعة من المتغيرات المتعلقة بإزالة الأدوات اللبية المكسورة من الأقنية الجذرية، حيث شملت عينة الدراسة ٨٠ سناً بشرية مقلوعة من الأرحاء الأولى السفلية، وقد قام الباحثون بتقييم فعالية كل من الأدوات فوق الصوتية، ونظام العروة من حيث القدرة على إزالة الأدوات المكسورة، والتغيرات الحجمية للقناة بعد إزالة الأداة، فضلاً عن الزمن المستغرق لإزالة الأداة، حيث أجري في المجموعتين تحضير الأقنية وكسر الأدوات اللبية في المنطقة المتوسطة من القناة الجذرية، ثم استعمل الباحث إحدى التقنيتين لمحاولة إزالة الأداة المكسورة، وقد خلصت نتائج الدراسة فيما يتعلق بالزمن المستغرق لاستخراج الأدوات اللبية إلى أن نظام العروة كان أكثر سرعة في إزالة الأداة اللبية المكسورة بالمقارنة مع الأدوات فوق الصوتية، ويمكن أن يُعزى الاختلاف مع نتائج دراستنا إلى اختيار الباحثين

للأرجاء الأولى السفلية للقيام بالدراسة، حيث تمتلك الأرجاء الأولى السفلية تشريحاً قنويًا أكثر تعقيداً بالمقارنة مع درستنا، مما يفسر الاختلاف الحاصل في النتائج.

وفي دراسة أيضاً الباحثين (Shahabinejad et al., 2013)، قام الباحثون بتقييم نسب نجاح استخراج الأدوات اللبية المكسورة باستعمال الأدوات فوق الصوتية، وقد شملت عينة الدراسة ٧٠ سناً بشرية مقلوعة (ضواحك علوية) قام الباحثون بكسر أداة تحضير آلي مصنوعة من النيكل تيتانيوم ضمنها، قم استعمالوا الأدوات فوق الصوتية لاستخراج الأداة اللبية المكسورة، وقد خلصت نتائج الدراسة فيما يتعلق بالوقت المستغرق لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة بنجاح إلى أن متوسط الزمن اللازم كان ٣٦,٣ دقيقة مع ارتياب يصل إلى ٧,١٥ دقيقة، وقد لاحظ الباحثون عدم اختلاف الزمن اللازم لاستخراج الأدوات عند وجود الأداة المكسورة في الثلث المتوسط، أو الثلث الذروي من القناة.

وفي دراسة أيضاً للباحث (Faus-Matoses et al., 2022) قام الباحث بالمقارنة بين استعمال الأدوات فوق الصوتية، ونظام (Endo Rescue) من حيث القدرة على إزالة الأدوات اللبية المكسورة ضمن الأقفنية الجذرية، فضلاً عن الزمن المستغرق لإزالة الأداة، وقد شملت عينة الدراسة ٤٠ سناً بشرية مقلوعة قسمت إلى مجموعتين بالتساوي، حيث شملت عينة الأدوات فوق الصوتية ٢٠ سناً، كما شملت عينة نظام (Endo Rescue) ٢٠ سناً أيضاً، وقام الباحث بتحضير الأقفنية الجذرية وكسر الأدوات اللبية ضمن الثلث المتوسط من القناة، وطبق إحدى التقنيتين لإزالة واستخراج الأداة المكسورة، وقد خلصت نتائج الدراسة المتعلقة بالوقت المطلوب لإزالة الأدوات المكسورة إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعتين.

أجرى الباحثون ((Portela, Rech, Marchionatti, & Barasuol, 2022) مراجعة منهجية لدراسات مخبرية تهدف إلى تقييم التقنيات المتوفرة لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة من الأقفنية الجذرية، حيث شملت هذه المراجعة دراسات تقييم العديد من التقنيات كالأدوات فوق الصوتية، وتقنية العروة، فضلاً عن الحالات التي كان

يصعب فيها استخراج الأدوات فتصار إلى تجاوزها، وقد خلصت نتائج الدراسة إلى أن استعمال الأدوات فوق الصوتية أعطى النتائج الأفضل مع الاختلاطات الأقل، بالمقارنة مع غيرها من التقنيات، متضمنة تقنية العروة في إزالة الأدوات المكسورة.

وفي دراسة أخرى أجراها الباحثون (Souter & Messer, 2005) لتقييم مجموعة من المتغيرات المرافقة لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة باستعمال الأجهزة فوق الصوتية، وجد الباحثون أن استعمال الأدوات فوق الصوتية قلل من خطر حدوث الانتقابات الجذرية عند إزالة الأدوات المكسورة في المواقع الأكثر ذروية في القناة الجذرية، بالمقارنة مع تقنية العروة في إزالة الأدوات المكسورة، وقد أوصت الدراسة باستعمال الأدوات فوق الصوتية بدلاً من تقنية العروة في استخراج الأدوات المكسورة من الأفنية اللبية، وخاصة المنحنية منها.

٣. أدوات البحث ومنهجيته

(Materials and Methods)

٢. أدوات البحث، ومنهجيته (Materials and Methods):

1.2. تصميم الدراسة (Study Design):

أُجريت دراسة مخبرية (An In Vitro Study) على ٤٠ ضاحك سفلي، إذ أُجري كسر متعمد (صنعي) لأداة لبية في القناة الجذرية، ثم أُجري استخراج هذه الأداة المكسورة بطريقتين مختلفتين.

وُنِّت جميع الحالات المخبرية، متضمنة المراحل المخبرية العملية، وكذلك الدراسة المخبرية الشاملة لجميع المشعرات المدروسة.

2.2. مكان إجراء البحث (Study Setting):

أُجريت كافة الإجراءات المخبرية، المتضمنة إجراء التحضير القنوي، والكسر الصناعي للأدوات، واستخراج هذه الأدوات في عيادات الدراسات العليا، التابعة لقسم مداواة وتجميل الأسنان في كلية طب الأسنان، في جامعة دمشق.

3.2. عينة البحث (Study Sample):

1.3.2. تقدير حجم العينة (Estimation of Sample Size):

أُجري تقدير حجم العينة بناءً على إحدى الدراسات السريرية المشابهة الحديثة (Pruthi, Nawal, Talwar, Verma, & endodontics, 2020)، حيث أُجريت هذه الدراسة المخبرية على ٣٢ رحي سفلية، بهدف المقارنة بين فعالية تقنية المبرد والعروة (Loop and File)، والمبرد اليدوي (K-File) فقط في استخراج الأدوات المكسورة، حيث قام الباحثون في هذه الدراسة بإجراء كسر صناعي لمبرد (H-File) اليدوي في القناة الوحشية، في المنطقة بين الثلث المتوسط، والثلث الذروي، وكان طول الأداة المكسورة بين ٢ - ٤ ملم، حيث قُسمت عينة البحث إلى مجموعتين متساويتين؛ وفقاً للطريقة المتبعة في إزالة الأداة المكسورة. قُيِّمت هذه الدراسة نسبة نجاح كل من التقنيتين السابقتين (كنسبة مئوية)، وكذلك الفترة الزمنية المستغرقة (بالدقيقة)، والاختلافات

الحاصلة (تسجيلها في حال حدوثها). أظهرت نتائج هذه الدراسة أن الفترة الزمنية المستغرقة (بدءاً من فتح الحجرة اللبئية، حتى استخراج الأداة بصورة كاملة) قد بلغت:

■ في مجموعة المبرد والعروة: 17.95 ± 4.81 .

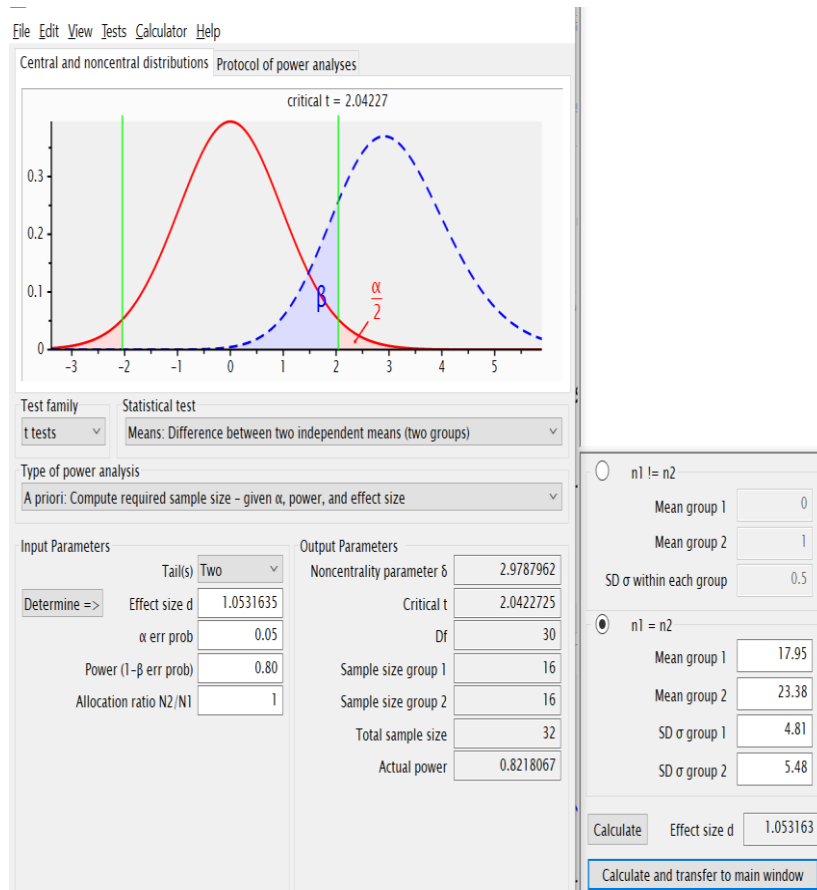
■ في مجموعة المبرد اليدوي: 23.38 ± 5.48 .

وبإدخال النتائج على برنامج الـ (G-power) حيث اختير اختبار (t-test) للعينات المستقلة، وأدخل

متوسط الفترة الزمنية المستغرقة للمجموعتين والانحراف المعياري لهذا المتغير لحساب حجم الأثر (Effect

Size) والذي ظهر بقيمة 1.053، وضمن قوة الدراسة 80%، ومستوى الخطأ $\alpha = 0.05$ تبين أن حجم العينة

الأصغري الكلي هو (32) مفردة (١٦ في كل مجموعة) كما يُظهر الشكل الآتي:



الشكل (١٩): حساب حجم العينة بناءً على برنامج (G-Power).

¹ G Power version 3.1.9.7 (Franz Faul, University of Kiel, Germany).

2.3.2. وصف عينة البحث (Characteristics of Study Sample):

زِيدَ حجم العينة الكلي إلى ٤٠ سن مقلوعة (٢٠ سن مقلوعة في كل مجموعة)، ووزعت الأسنان المقلوعة في عينة البحث بصورة عشوائية إلى مجموعتين متساويتين؛ وفقاً للتقنية المتبعة في إزالة الأداة المكسورة، وهما:

أ- المجموعة الأولى:

تألفت هذه المجموعة من ٢٠ سن مقلوعة (ضاحك سفلي)، أُجري ضمنها التحضير القنوي، وثم أُحدث كسر صناعي لأداة لبيّة في القناة الجذرية، ثم أُجري استخراج هذه الأداة باستعمال تقنية العروة والمبرد (Loop and File Technique).

ب- المجموعة الثانية:

تألفت هذه المجموعة من ٢٠ سن مقلوعة (ضاحك سفلي)، أُجري ضمنها التحضير القنوي، وثم أُحدث كسر صناعي لأداة لبيّة في القناة الجذرية، ثم أُجري استخراج هذه الأداة باستعمال التقنية المعدلة التي تعتمد على الاهتزازات فوق الصوتية.

* التوزيع العشوائي:

• ستُعمد طريقة التوزيع العشوائي اعتماداً على الجداول الحاسوبية على موقع

WWW.randomization.com، حيث أُجري التوزيع العشوائي لعينة البحث، بعد إحداث الكسر

الصناعي للأداة اللبية ضمن القناة الجذرية.

3.3.2. معايير اختيار العينة (Selection Criteria of Sample):

1.3.3.2. معايير التضمن (Inclusion Criteria):

ضُمّت الأسنان في عينة البحث التي توافرت فيها المعايير والشروط الآتية:

- ضواحك أولى سفلية.
- الأسنان متقاربة في الأطوال.
- الأسنان غير المعالجة ليلاً.
- السن خالية من النخور والتصدعات.
- الأسنان مقلوعة لأسباب حول سنّية.
- ألا تبدي الأسنان اختلافاً أكثر من ٢٠% عن المتوسط العام (عند قياس قطر الجذر في الاتجاه الأنسي الوحشي، والدهليزي اللساني لتوحيد المعايير بين العينات ما أمكن).

2.3.3.2. معايير الاستبعاد (Exclusion Criteria):

استُبعدت من عينة البحث الأسنان التي كانت فيها المعايير الآتية:

- الأسنان مفتوحة الذرا.
- الأسنان ذات الجذور الملتحمة.
- السن الحاوية على الترميمات.
- الضواحك السفلية التي تبدي شذوذات تشريحية داخل قنوية.

4.2. مواد البحث (Research Materials):

1.4.2. المواد المستعملة في تحضير الأسنان المقلوعة:

- الأسنان المقلوعة، كما في الشكل (٢٠).
- الكلورامين ٤%.
- المصل الفيزيولوجي.
- القوالب الخشبية.
- مادة الطبع الغروية غير الردودة (الألجينات).
- مادة الطبع المطاطية (السيكونية) من نوع (Zeta Plus) الألمانية.
- الأكريل ذاتي التصلب.
- الأكريل الشفاف.
- شمع أحمر.



الشكل (٢٠): جزء من عينة البحث.

2.4.2. المواد والأدوات المتعلقة بالتحضير القوي:

- قبضة توربينية ذات سرعة عالية من نوع (Being) الصينية، الشكل (٢١).
- السنابل الماسية (الكروية وسنبلة Endo-Z) من شركة (DIAMANT) الألمانية، ذات قطر ١ ملم، وبحبيبات ماسية على سطحها العامل، الشكل (٢٢).
- مبرد يدويّة (K-File) قياس #10، من شركة (MANI) اليابانية، الشكل (٢٣).
- نظام تحضير آلي تقليدي (Endo Radar-Woodpecker, Switzerland) بنظام (ProTaper): حيث يتألف من وحدة ضبط تحكم أساسية، للتحكم بسرعة وتواتر الجهاز، وقبضة توضع عليها مبرد التحضير الآلي، الشكل (٢٤).
- مبرد التحضير الآلي: (20, 0.04/ 15,0.04) (Plex, Orodeka, Italy)، الشكل (٢٥).
- سائل إرواء محلول هيبوكلورايد الصوديوم (NaOCl) ٥,٢٥%.
- مادة (EDTA) ١٧% (EDTA Solution, ShahbaMed) البولندية، الشكل (٢٦).



الشكل (٢١): القبضة التوربينية عالية السرعة.



الشكل (٢٢): السنابل المستعملة على قبضة التوربين.



الشكل (٢٣): مبادر التحضير اليدوي (K-File).



الشكل (٢٤): جهاز التحضير الآلي المستخدم في البحث.



الشكل (٢٥): مبادر التحضير الآلية.



الشكل (٢٦): مادة الـ(EDTA) المستعملة في البحث.

3.4.2. المواد والأدوات المتعلقة بإزالة الأدوات المكسورة:

○ المجهر الجراحي الخاص بالمداواة اللبية لشركة (Semor) الألمانية، وهو يتميز بخمس درجات تكبير

بدءاً من الدرجة الأولى (X4) بقطر حقل رؤية ٥٢ ملم، انتهاءً بالدرجة الخامسة (X25) بقطر حقل

رؤية ٨ ملم (الشكل ٢٧).



الشكل (٢٧): المجهر المستعمل في البحث.

- سنابل غيتس-غلیدن (G.G) التقليدية لشركة (THOMAS) الفرنسية.



الشكل (٢٨): سنابل غيتس-غلیدن المستعملة في البحث.

- الأجهزة فوق الصوتية (Ultra-Sonic): وهو جهاز يعمل بالطاقة الكهربائية الانضغاطية (Piezoelectric)، ويتميز بسرعة من ١ إلى ٢٠، وله قرص دوار (للتحكم بالسرعة)، وكذلك مفتاح التحكم بغزارة السائل (UDS-A, Woodpecker, Switzerland) كما في الشكل (٢٩).
- الرؤوس المستعملة على جهاز الأمواج فوق الصوتية المصنوعة من التيتانيوم-نيبيلوم من شركة (Satelec) الإيطالية، وهي (ET20)، كما في الشكل (٣٠).



الشكل (٢٩): الجهاز الآلي فوق الصوتي.



الشكل (٣٠): الرؤوس المركبة على جهاز الأمواج فوق الصوتية.

○ كيت إزالة الأدوات المكسورة (BTR) (Broken Tool Removal)،

(Cerkamed Medical Company, Poland)، كما في الشكل (٣١).



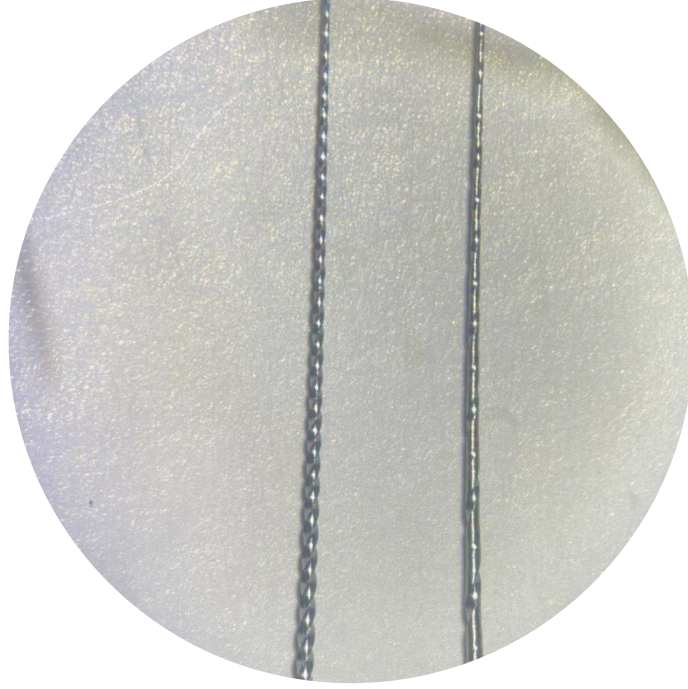
الشكل (٣١): كيت (BTR) المستعمل في البحث.

○ مبرد (D-Finder): وهو مبرد مشابه لمبارد (K-File)، ولكنه أقسى منه، ويُصنع من خليطة كربون-

ستيل، بقياس #8، و #10 من شركة (MANI) اليابانية، كما في الشكل (٣٢).



الشكل (٣٢): مبرد (D-Finder).



الشكل (٣٣): الفرق بين مبرد (K) و (D-finder) تحت التكبير المجهرى.

4.4.2. الأجهزة المتعلقة بالدراسة المخبرية:

○ جهاز التصوير المقطعي المحوسب ذات الحزمة المخروطية (CBCT)، من شركة (Vatech) الكورية،

كما في الشكل (٣٤).

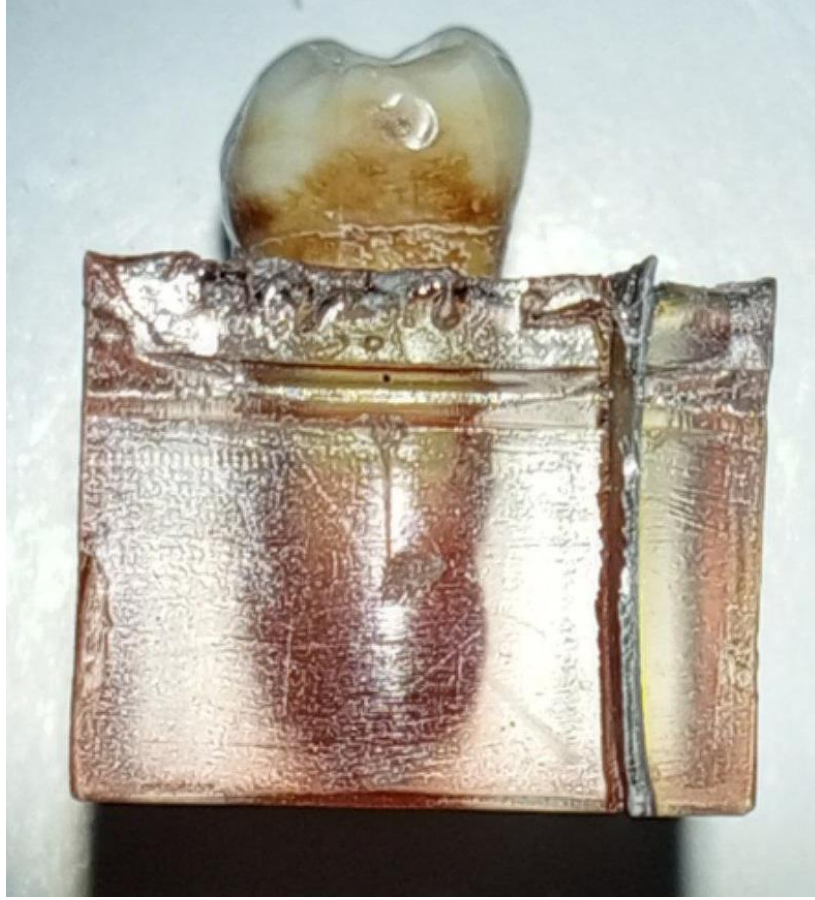


الشكل (٣٤): جهاز التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية (CBCT).

5.2. منهجية البحث (Research Method):

❖ تحضير الأسنان المقلوعة:

١. جُمع ٤٠ ضاحك أول سفلي بشري دائمة مقلوعة حديثاً.
٢. أُجري التأكد أولاً من كون السن المقلوعة تحقق معايير تضمين الدراسة المخبرية ضمن عينة البحث.
٣. ثم أُجريت صورة شعاعية ذروية للسن؛ لمعرفة تشريح المنظومة القنوية الجذرية، وهي بمثابة صورة تشخيصية للسن المُعالجة.
٤. بعد التأكد من كون السن مُحَقَّقة لمعايير الإدخال العامة، والشعاعية، حُفِظَت الأسنان في محلول الكلورامين ٤% لمدة ٢٤ ساعة، ثم حُفِظَت في المصل الفيزيولوجي لحين اكتمال العينة، ولحين الاستخدام.
٥. بعدها، صُمِّمَت قوالب خشبية خاصة على شكل متوازي مستطيلات مصنوعة من الخشب (بأبعاد: 1X1.5X2) سم، وُغْرِزَت ضمن مادة الطبع الغروية غير الردودة (الألجينات).
٦. بعد تصلب الألجينات، نُزِعَت منها القوالب الخشبية، وبعدها صُبَّ ضمنها الأكريل ذاتي التصلب، للحصول على شكل القوالب الخشبية ذاتها، ولكنها أكريلية؛ نظراً لكون القوالب الأكريلية تتميز بمقاومة أعلى.
٧. ثم غُرِزَت القوالب الأكريلية في مادة الطبع النهائية (مادة المطاط السيلكونية) للحصول على القوالب الجاهزة.
٨. بعدها صُبَّت مع الأسنان المخبرية بالأكريل الشفاف الساخن (الشكل ٣٥)، على أن تُغلق ذرى الأسنان بكتل شمعية حمراء صغيرة قبل، وبعدها غُمِرَت الأسنان في القوالب التي سيُصب فيها الأكريل الشفاف الساخن حتى مستوى اعناق الاسنان.
٩. رُقِّمَت القوالب من ١ إلى ٤٠، ثم ستوزع بصورة عشوائية إلى مجموعتين متساويتين بعد كسر الأداة اللبية.



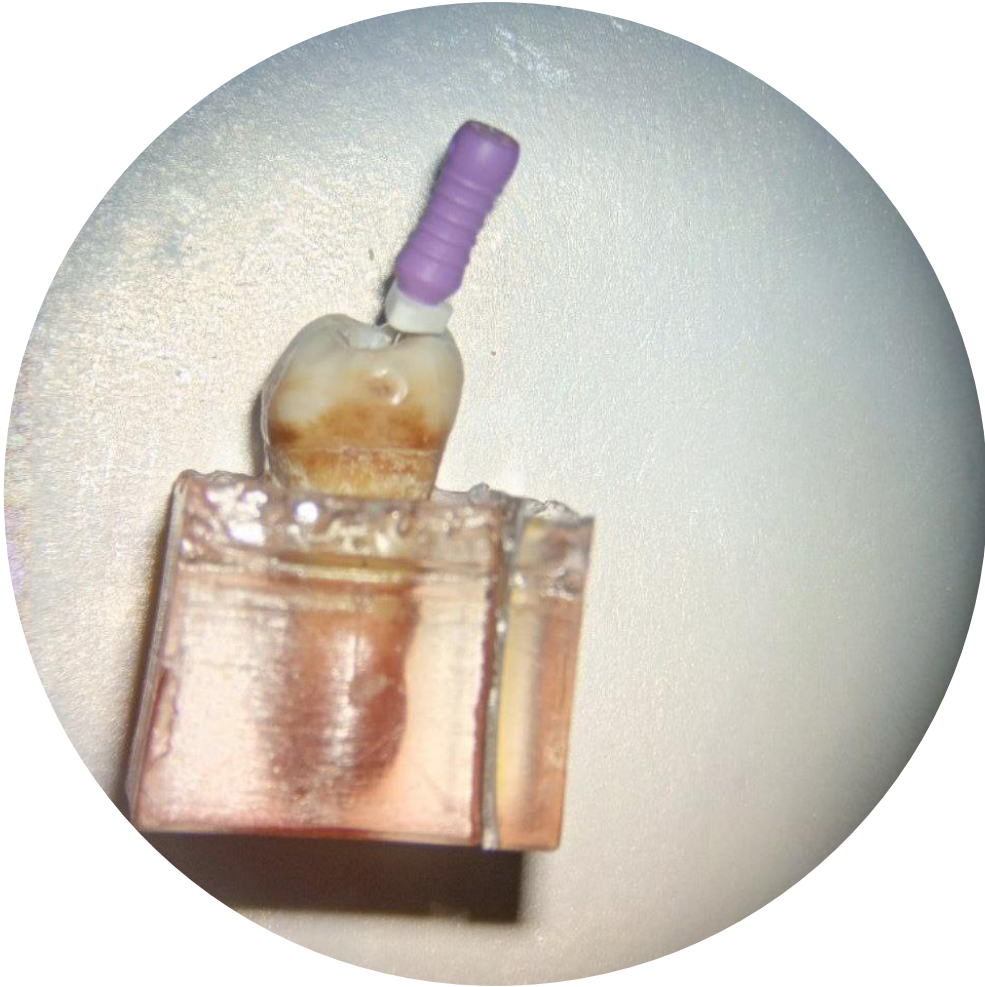
الشكل (٣٥): شكل السن داخل القالب الأكريلي.



الشكل (٣٦): شكل السن داخل القالب الأكريلي.

❖ التحضير القنوي:

١. أخذت صورة مقطعية محوسبة ذات حزمة مخروطية (CBCT) لكل سن.
٢. أُجري فتح الحجرة اللبية بصورة تقليدية، باستعمال السنايل الماسية الموضوعة على القبضات التوربينية عالية السرعة.
٣. بعدها أُجري التسليك القنوي والتأكد من نفوذية القناة حتى الذروة باستعمال مبرد (K-File) قياس #10 كما في الشكل (٣٧).



الشكل (٣٧): التسليك القنوي.

٤. بعدها أُجري تحضير القناة الجذرية آلياً باستعمال نظام تقليديّ مع مبرد آلية (20, 0.04/ 15,0.04) كما في الشكل (٣٨)، وخلال التحضير القنويّ، كان هناك إرواء باستعمال هيبوكلورايد الصوديوم (NaOCl) ٥,٢٥%، و EDTA ١٧%، ومصل فيزيولوجي.



الشكل (٣٨): التحضير الآلي.

٥. بعد الانتهاء من التحضير القنوي أُخذت صورة مقطعية محوسبة ذات حزمة مخروطية (CBCT) ثانية لتقييم كمية العاج المزالة الناتجة عن التحضير في كلتا المجموعتين.
٦. بعدها أُدخل مبرد آلي أحمر (0.04)، وأجري له إضعاف آخر ٤ ملم من المبرد باستعمال قرص فاصل ويدار ضمن القناة حتى يحدث الكسر في منطقة الثلث (الذروي) كما في الشكل (٣٩)، ثم يدخل مبرد K- (File) لمحاولة التأكد من ثبات الجزء المكسور من المبرد عدة مرات، وفي حال استخرجت الأداة بالمبرد ستستبعد السن من العينة.



الشكل (٣٩): صورة شعاعية تُظهر الأداة المكسورة.

❖ استخراج الأدوات المكسورة:

١ - مجموعة استخراج الأدوات المكسورة باستعمال تقنية العروة:

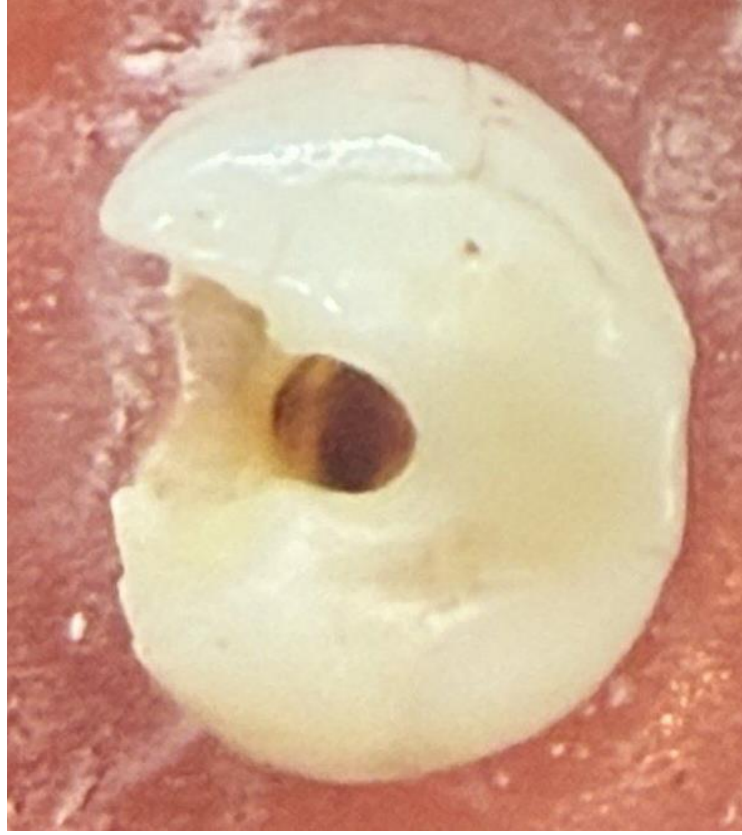
١. تمت معالجة جميع الأسنان في هذه المجموعة تحت التكبير باستعمال المجهر الجراحي، حيث وُضع

ال قالب الأكريلي الحاوي على السن على سطح مستوٍ، وثابت، وتم ضبط التكبير في البداية على الدرجة

١، ثم تم التكيف بدرجة التكبير حسب الحاجة.

٢. يُحضّر المدخل التاجي المستقيم بسنابل شاقة طويلة حتى التأكد من رؤية جميع الأقفنية بواسطة المجهر

الجراحي.



الشكل (٤٠): رؤية مداخل الأفتية تحت التكبير المجهرى.

٣. بعدها بدأ تحضير المدخل الجذري (Ruddle 2002) المستقيم بوساطة سنابل (GG) وصولاً إلى الأداة المكسورة كلما أمكن ذلك، حيث بدأ العمل بسنابل (GG) الأكبر حجماً (غالباً قياس ٤) فالأصغر، وغالباً ما كان قياس السنبل التي وصلت للأداة المكسورة ٢ أو ٣، وتم العمل تحت الإرواء باستعمال هيبوكلورايد الصوديوم ٥,٢٥%، مع التجفيف الجيد بالأقماع الورقية لإتاحة الفرصة لمراقبة العمل، ومشاهدة الجزء التاجي من الأداة المكسورة بوساطة المجهر (كما استعملت رؤوس الأجهزة فوق الصوتية لهذا الغرض).

٤. بدأ فيما بعد تحضير منصة العمل لتوسيع الجزء التاجي من الأداة كما في الشكل (٤٢)، وذلك باستعمال سنابل (GG) المعدلة (حيث يُقَصَّ رأسها العامل عند مستوى قطرها الأعظمي بشكل عمودي

على محورها الطولي كما في الشكل (٤١))، وبعدها أُدخِلت الأداة للقناة وتدور آلياً ليحدث تماس خفيف مع الأداة المكسورة، لتكون هذه الأداة في منتصف منصة العمل مما يتيح رؤيتها تحت المجهر.



الشكل (٤١): سنابل GG المُعدّلة.



الشكل (٤٢): تحضير منصة العمل.

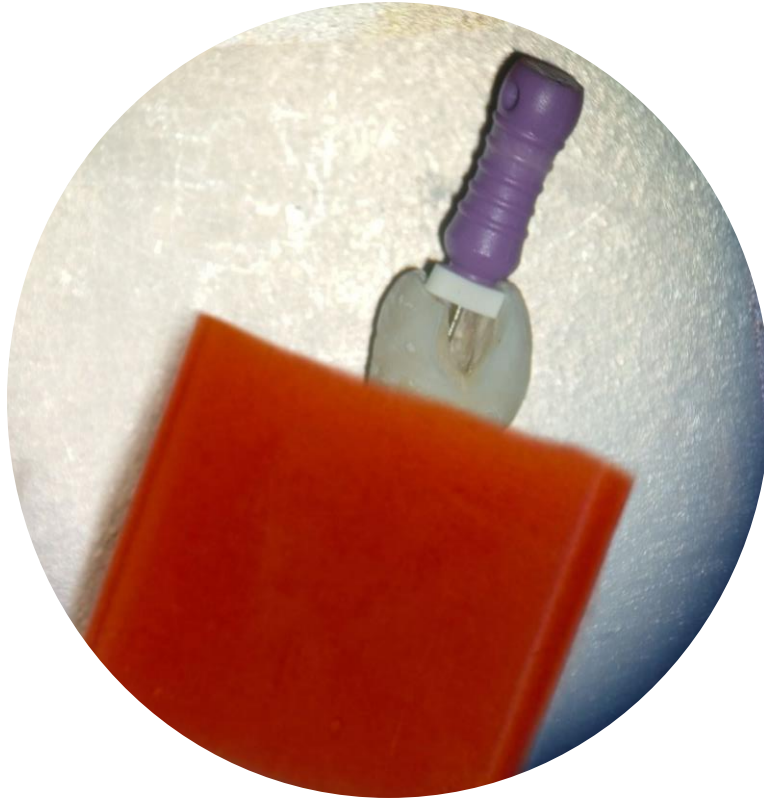
٥. بعدها طُبِّقَت مجموعة إزالة الأدوات المكسورة (BTR) حتى النقاط الأداة، لتمسك الأداة بإحكام، ثم أُخْرِجَت الأداة.



الشكل (٤٣): تطبيق مجموعة إزالة الأدوات المكسورة (BTR).

٢- مجموعة استخراج الأدوات المكسورة باستعمال التقنية المعدلة التي تعتمد على الاهتزازات فوق الصوتية:

١. لم يستعمل المجهر الجراحي في أسنان هذه المجموعة.
٢. بدأ العمل بإدخال مبرد (D-Finder) ليتم تجاوز الأداة عبر هذا المبرد.



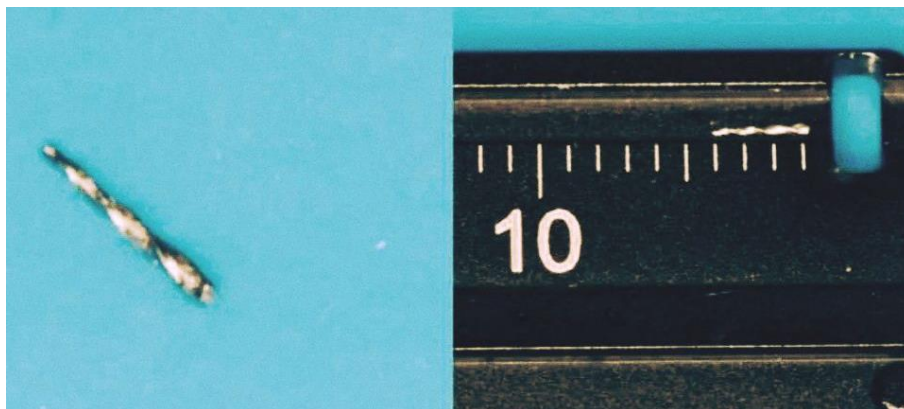
الشكل (٤٤): إدخال مبرد (D-Finder).

٣. ثم أكمل العمل من خلال إجراء تحضير آلي عن طريق مبرد (25, 0.04).
٤. ثم أدخل رأس الجهاز فوق الصوتي (Ultra-Sonic).
٥. ثم أجريت صورة شعاعية للتأكد من أن رأس الجهاز فوق الصوتي تحت الأداة.



الشكل (٤٥): إجراء صورة شعاعية للتأكد من أنّ رأس الجهاز فوق الصوتي تحت الأداة.

٦. ثم يُشغّل الجهاز فوق الصوتي، واستُخرجت الأداة من القناة من خلال الاهتزازات المتولّدة من الرأس والجهاز فوق الصوتي.



الشكل (٤٦): إزالة الأداة المكسورة.

- بعد الانتهاء من إزالة الأداة المكسورة أُخذت صورة مقطعية محوسبة ذات حزمة مخروطية (CBCT) ثالثة لتقييم كمية العاج المزالة الناتجة عن إزالة الأداة المكسورة في كلتا المجموعتين.

٦.٢. الدراسة المخبرية (An in Vitro Study):

1.6.2. تقييم الزيادة في حجم القناة الجذرية النهائي (Increase in total canal volume):

أخذ مقطع باستعمال التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية (CBCT) لكل سن قبل البدء بالعمل، ثم رُسمت نقاط الدراسة على طول جدران القناة الجذرية باستعمال برنامج AutoCAD (١، ٣، ٢، USA، ٢٠٢٠) ثم وُصل بين النقاط السابقة للحصول على مجسم يُمثّل حجم القناة (بالملم^٣)، وبعد الانتهاء من التحضير القنوي يُعاد أخذ مقطع آخر بالـ (CBCT)، وبعد الانتهاء من العمل إزالة الأداة المكسورة، يُعاد أخذ مقطع (CBCT) ثالث للسن ذاته، ضمن المقطع ذاته، وفي كل مرة يتم احتساب حجم القناة ثلاثي الأبعاد (Kumar, Krishnamoorthy, Shanmugam, & PradeepKumar, 2021)، حيث يمثّل الحجم الأول حجم القناة الكلي قبل العمل، والحجم الثاني حجم القناة بعد تحضيرها، والثالث حجم القناة بعد إزالة الأداة، ويكون

الفرق بين الحجم الأول والثالث هو الزيادة الكلية في حجم القناة النهائي والنتيجة عن كلا التحضير وإزالة الأداة المكسورة، أما الزيادة في كمية العاج المزال الناتجة عن إزالة الأداة المكسورة فهي تمثل الفرق بين حجم القناة الثاني والثالث.



الشكل (٤٧): المقاطع الثلاثة في المجموعة الأولى (BTR)، من اليسار إلى اليمين: قبل العمل، بعد التحضير، بعد إزالة الأداة المكسورة.



الشكل (٤٨): المقاطع الثلاثة في المجموعة الثانية (التجريبية). من اليسار إلى اليمين: قبل العمل، بعد

التحضير، بعد إزالة الأداة المكسورة.

2.6.2. تقييم نجاح كل من التقنيتين المستعملتين في إزالة الأدوات المكسورة:

فُيِّم نجاح كل من التقنيتين المستعملتين في إزالة الأدوات المكسورة (في المجموعتين) من خلال حدوث نجاح (نعم) أو فشل (لا) في إزالة الأداة المكسورة في حال إزالة الأداة أو عدم إزالتها، وتدون في كل بطاقة.

3.6.2. تقييم الزمن المستغرق إزالة الأدوات المكسورة:

فُيِّم الزمن المستغرق في إزالة الأداة المكسورة في كلتا التقنيتين باستعمال مؤشر زمني، حيث يبدأ العد الزمني بدءاً من البدء باستخراج الأداة المكسورة حتى الانتهاء من إزالة الأداة المكسورة.

4.6.2. تقييم الاختلاطات الحاصلة في أثناء إزالة الأداة المكسورة:

فُيِّم الاختلاطات الإجرائية ممكنة الحدوث في أثناء إزالة الأداة المكسورة، مثل: حدوث انثقاب جذري، أو تغيير لمسار القناة، أو أي اختلاط آخر حدث في أثناء الإزالة، وسجلت في بطاقة السن.

5.6.2. تقييم المحافظة على مركزية القناة:

دُرِس التغيير في مركزية القناة (بالمحافظة عليها أو الانحراف عنها) كما يأتي:

- رُسِّمَت القناة الجذرية على كامل طولها ابتداءً من المنطقة الذروية وصولاً إلى المنطقة التاجية، حيث جُرِّأت إلى أقسام سمينها المستويات "١٣ مستوى" (من المستوى ٠ عند الذروة وصولاً إلى المستوى ١٢ عند فوهة القناة الجذرية ويبعد كل مستوى عن المستوى الذي يليه ١ ملم) وذلك باستعمال برنامج (Adobe Photoshop CC 2019)، ودُرِسَت هذه المستويات ضمن ثلاث مقاطع: الثلث الذروي (من المستوى ٠ إلى المستوى ٤)، والثلث المتوسط (من المستوى ٥ إلى المستوى ٨)، والثلث التاجي (من المستوى ٩ إلى المستوى ١٢)، واعتمدت تسمية الجدار القنوي من الناحية اليمنى من الصورة المعالجة بالجدار الخارجي، والجدار القنوي من الناحية اليسرى الجدار الداخلي.

• حُسِبَت كمية العاج المُزال من الجدار الداخلي (X1).

• حُسِبَت كمية العاج المُزال من الجدار الخارجي (X2).

- يتم احتساب مقدار الانحراف عن مركزية القناة بالمعادلة الآتية:

الانحراف عن مركزية القناة = كمية العاج المُزال من الجدار الداخلي (X1) - كمية العاج المُزال من الجدار

الخارجي (X2)

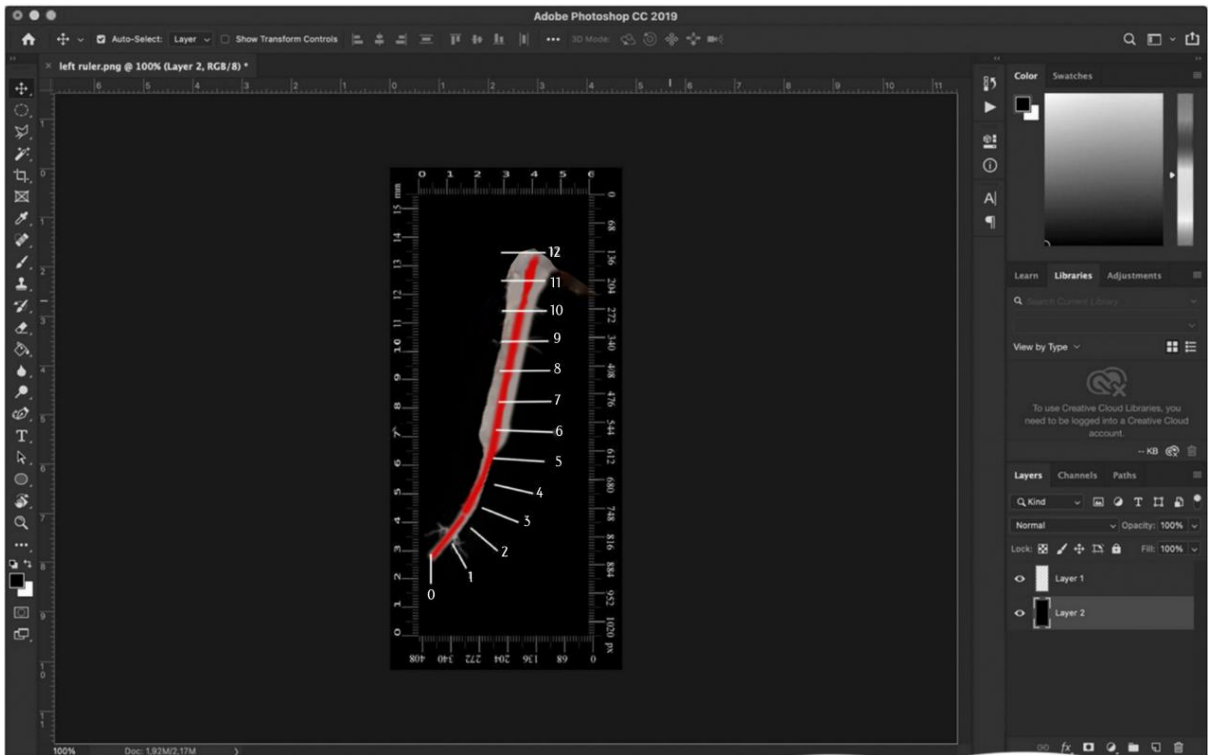
ويُحدّد جهة الانزياح نحو جدران القناة (نحو الجدران الداخلية أو الخارجية) حسب إشارة الناتج، وتُحدّد

حالة مركزية القناة من حيث الحفاظ على مركزية القناة أو غيابه (عندما يكون مقدار الانحراف عن مركزية القناة

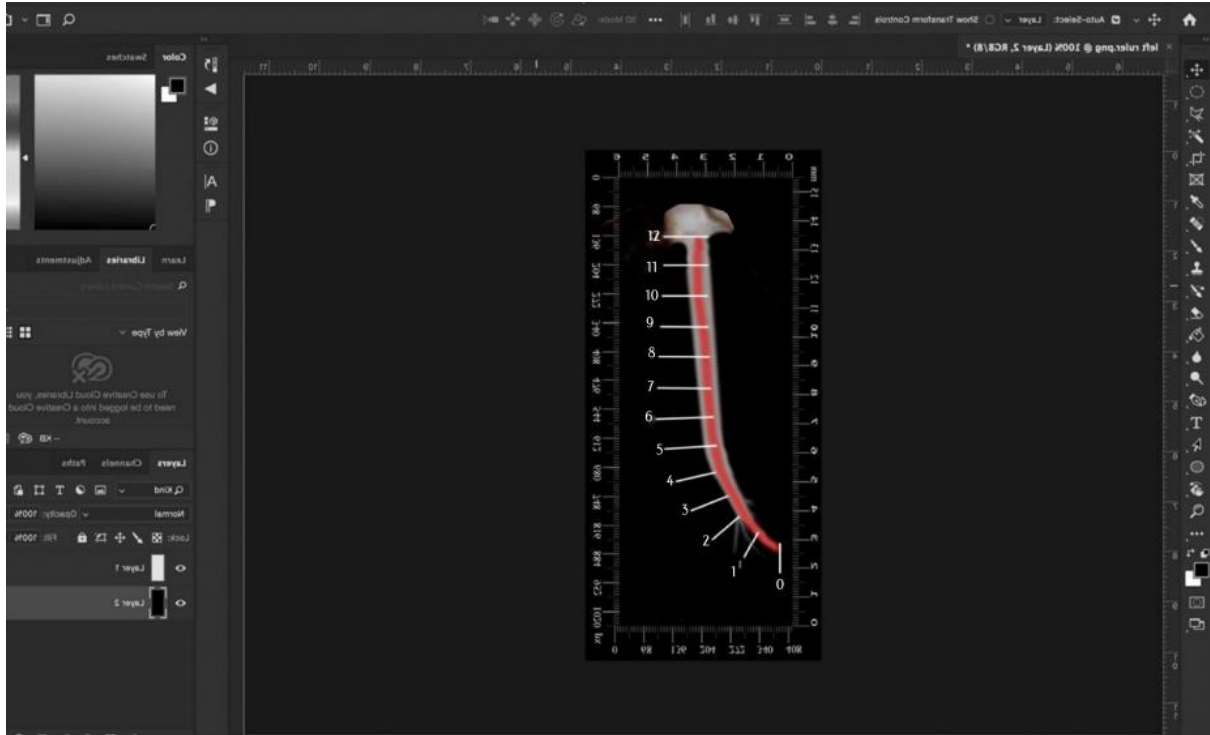
= 0 فيعد ذلك محافظاً على مركزية القناة).

سُجِلَت جميع هذه المشعرات المُقيّمة في بطاقة خاصة لكل مثال مثبت عليه السن المقلوعة (الموضحة

في الملحق ١).



الشكل (٤٩): دراسة مقدار الانحراف عن مركزية القناة في المجموعة الأولى (BTR).



الشكل (٥٠): دراسة مقدار الانحراف عن مركزية القناة في المجموعة الثانية (التجريبية).

٧.٢. الدراسة الإحصائية (Statistical Study):

1.7.2. فرضيات البحث (Hypothesis of the Research):

- المتغيرات البارامترية:

عند مستوى الثقة ٩٥% (أو عند مستوى الدلالة ٠,٠٥):

❖ فرضية العدم الأولى (H_0) μ : لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كل المتغيرات البارامترية

المقاسة (كمية العاج المزال (بالملم)، الزمن المستغرق في إزالة الأداة المكسورة) بين المجموعات المدروسة

في عينة البحث.

❖ الفرضية البديلة الأولى (H_1) μ : توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كل المتغيرات البارامترية المقاسة (كمية العاج المُزال (بالملم)، الزمن المستغرق في إزالة الأداة المكسورة) بين المجموعات المدروسة في عينة البحث.

• المتغيرات اللابارامترية:

عند مستوى الثقة ٩٥% (أو عند مستوى الدلالة ٠,٠٥):

❖ فرضية العدم الثانية (H_0) μ : لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كل المتغيرات اللابارامترية المقاسة (نجاح التقنيتين، الاختلاطات الحاصلة) بين المجموعات المدروسة في عينة البحث.

❖ الفرضية البديلة الثانية (H_1) μ : توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط كل المتغيرات اللابارامترية المقاسة (نجاح التقنيتين، الاختلاطات الحاصلة) بين المجموعات المدروسة في عينة البحث.

٢.٧.٢. التحليل الإحصائي (Statistical Analysis):

بعد جمع البيانات وترتيبها ضمن جداول، تم استخدام البرنامج الإحصائي SPSS الإصدار ٢٤ أو

الإصدار ٢٥ لإجراء الاختبارات التالية:

أُجري اختبار **Kolmogorov-Smirnov** لدراسة التوزيع الطبيعي لقيم كل من المتغيرات البارامترية

المقاسة (كمية العاج المُزال، الزمن المستغرق في إزالة الأداة المكسورة)، فإذا كانت النتيجة أن توزع القيم كان

طبيعياً فسيتم إجراء اختبار T ستودنت للعينات المستقلة للمقارنة بين المجموعات المدروسة.

أما إذا كان توزيع القيم غير طبيعي فسيستخدم اختبار Mann-Whitney U للمقارنة بين المجموعات المدروسة وسيتم استخدام اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية للمقارنة الثنائية بين المجموعات المدروسة.

٣- النتائج، والتحليل الإحصائي (Results and Statistical Analysis)

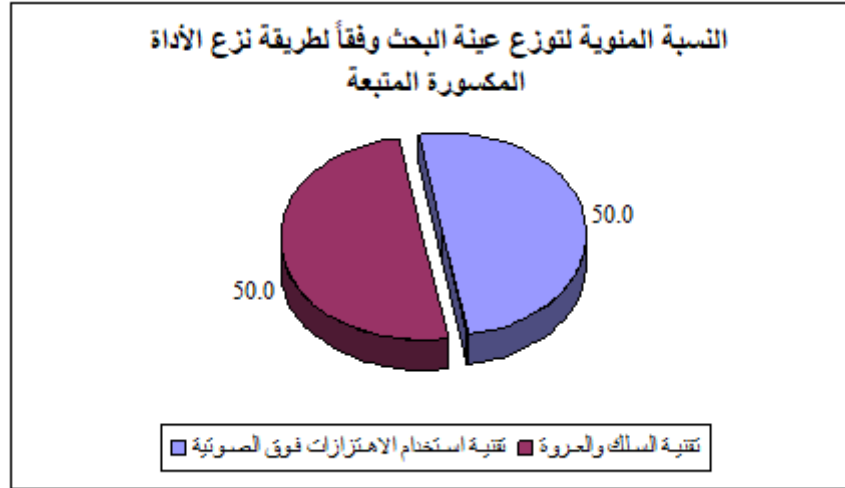
٣. النتائج، والتحليل الإحصائي:

1.3. وصف عينة البحث:

تألفت عينة البحث من ٤٠ ضاحكاً أولاً سفلياً مقلوعاً حديثاً، وكانت الضواحك الأولى السفلية في عينة

البحث مقسمةً إلى مجموعتين رئيسيتين اثنتين متساويتين؛ وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة (التقنية

المعدلة، وتقنية العروة والمبرد)، وكان توزع الضواحك السفلية وفق طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة ونوع السن المدروس وموقعه في عينة البحث كما يأتي:



المخطط (١): النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة.

٢.٣. دراسة مقدار مدة العمل:

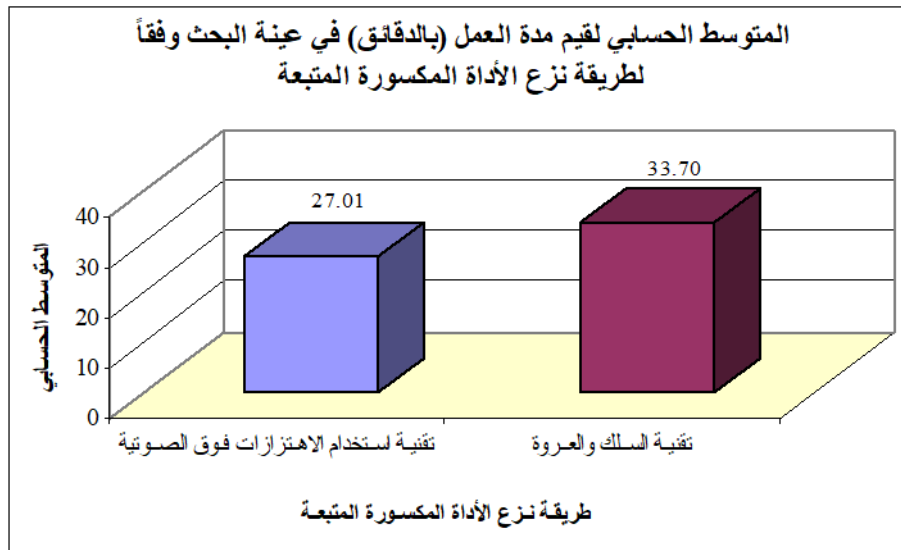
➤ دراسة تأثير طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة في مقدار مدة العمل في عينة البحث:

- تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار مدة العمل (بالدقائق) بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث كما في الجدول الآتي والمخطط (٢):

الجدول (٢): نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة مقدار مدة العمل.									
طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة	عدد الضوايح	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط بين الفرق	قيمة U	الدالة قيمة مستوى	دلالة الفروق
التقنية المعدلة	20	27.01	1.53	25.70	31.68	-6.69	2.0	0.000	توجد فروق دالة
تقنية العروة والمبرد	20	33.70	2.59	31.22	40.95				

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة ٠,٠٥، أي أنه عند مستوى

الثقة ٩٥% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار مدة العمل (بالدقائق) بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين سالبة نستنتج أن قيم مقدار مدة العمل (بالدقائق) في مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة كانت أصغر منها في مجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث.



المخطط (٢): المتوسط الحسابي لقيم مدة العمل (بالدقائق) في عينة البحث؛ وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة.

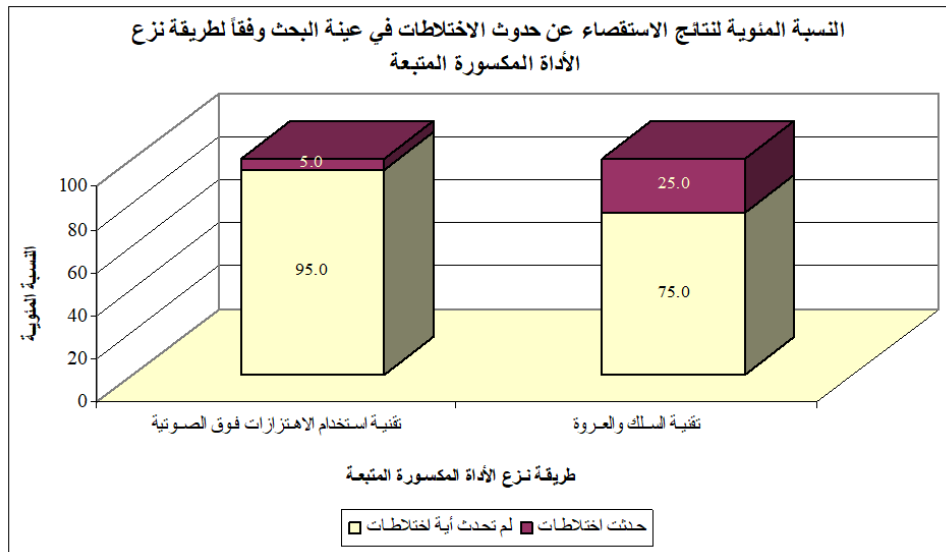
3.3. دراسة حدوث الاختلالات:

➤ نتائج الاستقصاء عن حدوث الاختلالات في عينة البحث وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة:

أجري الاستقصاء عن حدوث الاختلالات بين المجموعتين، وكانت النتائج كما في الجدول الآتي والمخطط

(٣):

الجدول (٣): نتائج الاستقصاء عن حدوث الاختلالات في عينة البحث.						
النسبة المئوية			عدد الضوايح السفلية			طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة
المجموع	حدثت اختلالات	لم تحدث أية اختلالات	المجموع	حدثت اختلالات	لم تحدث أية اختلالات	
100	5.0	95.0	20	1	19	التقنية المعدلة
100	25.0	75.0	20	5	15	تقنية العروة والمبرد



المخطط (٣): النسبة المئوية لنتائج الاستقصاء عن حدوث الاختلافات في عينة البحث.

➤ دراسة تأثير طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة في حدوث الاختلافات في عينة البحث:

أُجري اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات حدوث الاختلافات بين مجموعة نزع الأداة

المكسورة بالتقنية المعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث كما يأتي:

الجدول (٤): نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات حدوث الاختلافات				
عدد الضواحي السفلية	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
40	3.137	1	0.077	لا توجد فروق دالة

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة ٠,٠٥، أي أنه عند مستوى الثقة ٩٥% لا

توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات حدوث الاختلافات بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية

المعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث.

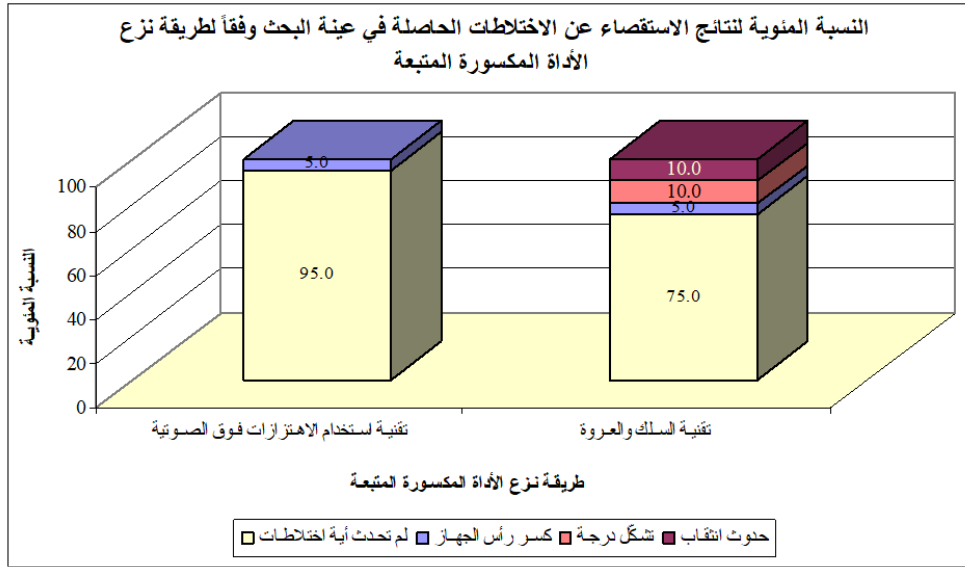
➤ نتائج الاستقصاء عن نوعية الاختلافات الحاصلة في عينة البحث وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة

المتبعة:

يُظهر المخطط (٤) نوع الاختلاف الحاصل في كل مجموعة من مجموعات البحث، كما أُجري اختبار كاي

مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات الاختلافات الحاصلة بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة

ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث كما في الجدول التالي.



المخطط (٤): النسبة المئوية لنتائج الاستقصاء عن نوعية الاختلالات الحاصلة في عينة البحث.

الجدول (٥): نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات نوعية الاختلالات الحاصلة				
عدد الضواك السفلية	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
40	4.471	3	0.215	لا توجد فروق دالة

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة ٠,٠٥، أي أنه عند مستوى الثقة

٩٥% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات نوعية الاختلالات الحاصلة بين مجموعة نزع الأداة

المكسورة بالتقنية المعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث.

٤.٣. نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة (نجاح أو فشل):

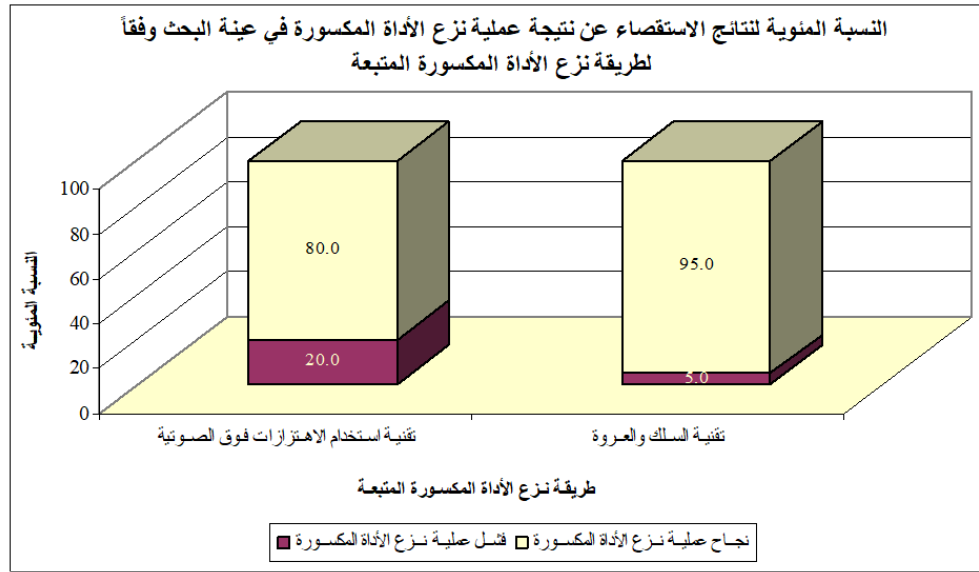
نتائج الاستقصاء عن نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة من حيث النجاح والفشل في عينة البحث وفقاً

لطريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة:

تم الاستقصاء عن نتيجة نزع الأداة المكسورة، وكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول الآتي والمخطط

(٥):

الجدول (٦): نتائج الاستقصاء عن نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة.						
النسبة المئوية			عدد الضوايح السفلية			طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة
المجموع	نجاح العملية	فشل العملية	المجموع	نجاح العملية	فشل العملية	
100	80.0	20.0	20	16	4	التقنية المعدلة
100	95.0	5.0	20	19	1	تقنية العروة والمبرد



المخطط (٥): النسبة المئوية لنتائج الاستقصاء عن نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة في عينة البحث.

➤ دراسة تأثير طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة في نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة من حيث النجاح والفشل في عينة البحث:

أُجري اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة من حيث النجاح والفشل بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث كما يأتي:

- نتائج اختبار كاي مربع:

الجدول (٧): نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة.				
عدد الضواحي السفلية	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
40	2.057	1	0.151	لا توجد فروق دالة

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة ٠,٠٥، أي أنه عند مستوى الثقة

٩٥% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة من حيث النجاح والفشل

بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة

البحث.

٥.٣. دراسة حجم القناة:

➤ دراسة تأثير طريقة نزع الأداة المكسورة المُتَّبَعَة في حجم القناة في عينة البحث وفقاً للمرحلة

المدرسة:

أُجري اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في متوسط حجم القناة (بالملم^٣) بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث، وذلك وفقاً للمرحلة المدروسة كما في الجدول الآتي، والمخطط (٦):

- نتائج اختبار Mann-Whitney U:

الجدول (٨): نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في متوسط حجم القناة في عينة البحث.									
المرحلة المدروسة	طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة	عدد الضوايح	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	الفرق بين المتوسطين	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة
قبل العمل	التقنية المعدلة	20	2.964	0.18	2.73	3.31	-0.02	179.0	0.570
	تقنية العروة والمبرد	20	2.985	0.17	2.73	3.32			
بعد التحضير	التقنية المعدلة	20	4.248	0.12	4.09	4.46	0.08	197.0	0.935
	تقنية العروة والمبرد	20	4.167	0.31	3.24	4.46			
بعد نزع الأداة المكسورة	التقنية المعدلة	16	5.217	0.29	5.02	6.26	-0.58	16.0	0.000
	تقنية العروة والمبرد	19	5.795	0.36	5.52	6.64			

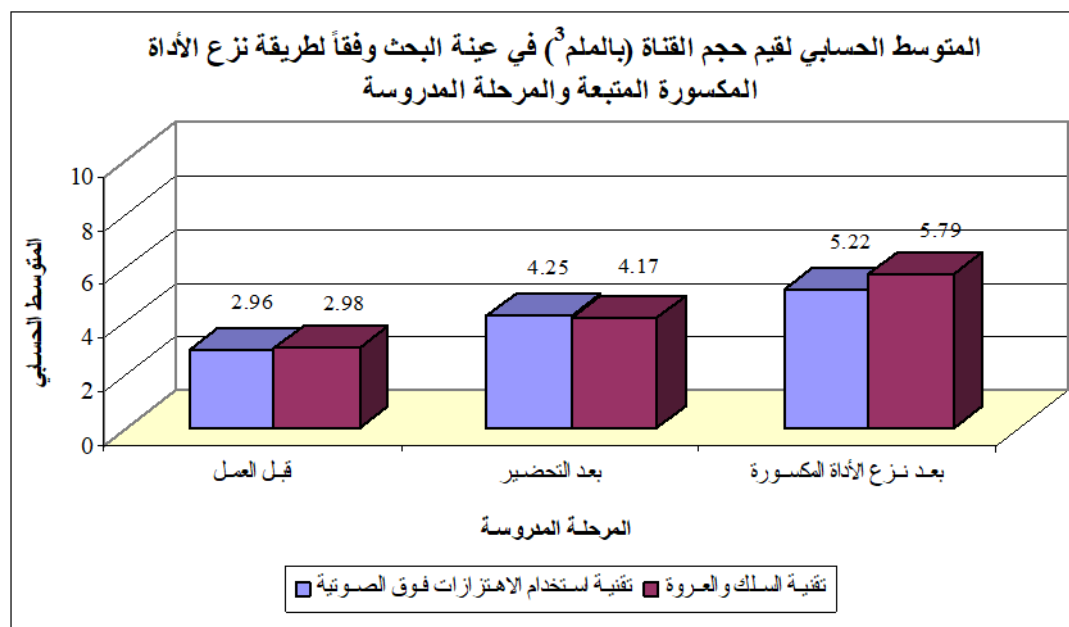
يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة ٠,٠٥ قبل العمل وبعد

التحضير، أي أنه عند مستوى الثقة ٩٥% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط حجم القناة (بالملم^٣) قبل العمل وبعد التحضير بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث.

أما بعد نزع الأداة المكسورة في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة

٠,٠٥، أي أنه عند مستوى الثقة ٩٥% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط حجم القناة (بالملم^٣) بعد نزع الأداة المكسورة بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين سالبة نستنتج أن قيم حجم القناة (بالملم^٣)

بعد نزع الأداة المكسورة في مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة كانت أصغر منها في مجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث.



المخطط (٦): المتوسط الحسابي لقيم حجم القناة في عينة البحث.

➤ دراسة تأثير المرحلة المدروسة في حجم القناة في عينة البحث وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة:

أجري اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط حجم القناة (بالملم³) بين المراحل الثلاث المدروسة (قبل العمل، بعد التحضير، بعد نزع الأداة المكسورة) في عينة البحث، وذلك وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة كما في الجدول الآتي والمخطط (٧):

الجدول (٩): نتائج اختبار Wilcoxon لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط حجم القناة.					
طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة	المقارنة في قيم حجم القناة (بالملم ³) بين المرحلتين:	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق

الجدول (٩): نتائج اختبار Wilcoxon لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط حجم القناة.					
طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة	المقارنة في قيم حجم القناة (بالملم ٣) بين المرحلتين:	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
التقنية المعدلة	بعد التحضير - قبل العمل	1.28	-3.921	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	بعد نزع الأداة المكسورة - قبل العمل	2.24	-3.519	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	بعد نزع الأداة المكسورة - بعد التحضير	0.96	-3.517	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
تقنية العروة والمبرد	بعد التحضير - قبل العمل	1.18	-3.920	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	بعد نزع الأداة المكسورة - قبل العمل	2.82	-3.823	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	بعد نزع الأداة المكسورة - بعد التحضير	1.64	-3.823	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة ٠,٠٥ بالنسبة لجميع

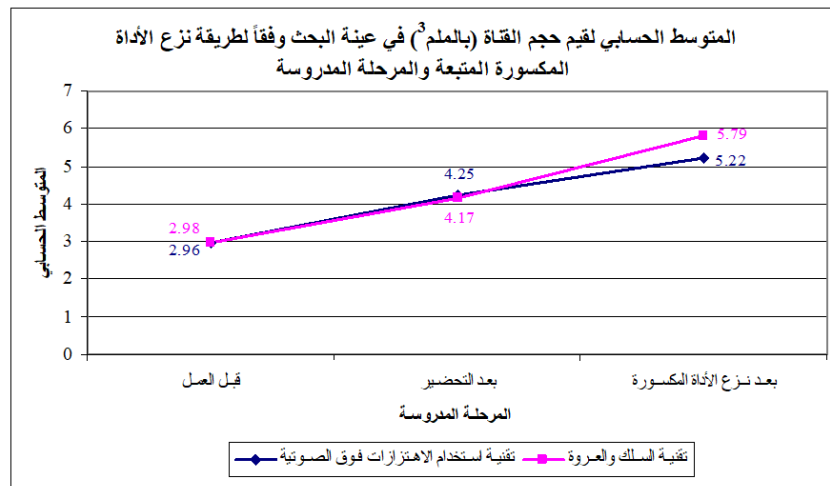
المقارنات الثنائية المدروسة، أي أنه عند مستوى الثقة ٩٥% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في متوسط

حجم القناة (بالملم ٣) بين المراحل الثلاث المدروسة في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين

المتوسطات موجبة نستنتج أن قيم حجم القناة (بالملم ٣) بعد التحضير وبعد نزع الأداة المكسورة كانت أكبر منها

قبل العمل، وكذلك نستنتج أن قيم حجم القناة (بالملم ٣) بعد نزع الأداة المكسورة كانت أكبر منها بعد التحضير،

وذلك مهما كانت طريقة نزع الأداة المكسورة في عينة البحث.



المخطط (٧): المتوسط الحسابي لقيم حجم القناة في عينة البحث حسب المرحلة المدروسة.

٦.٣. دراسة الانحراف عن مركزية القناة:

➤ دراسة تأثير طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة في كمية العاج المزال من الجدار الداخلي والخارجي في

عينة البحث وفقاً للجدار المدروس:

الجدول (١٠): الإحصاءات الوصفية، ونتائج اختبار ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط العاج المزال								
(بالملم) في عينة البحث وفقاً للجدار المدروس								
الجدار المدروس	التقنية المستعملة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	قيمة f المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
الجدار الخارجي	التقنية المعدلة	٢,٨١	٠,٨٦	٠,٧١	٠,٩٣	٩,٤٩٤	٠,٠٠٠	توجد فروق دالة
	المبرد والعروة	٣,٧٣	١,١٢	٠,٩٥	١,١٧			
الجدار الداخلي	التقنية المعدلة	٢,٧٦	٠,٨٤	٠,٠١	٣,٩٦	١,٢٣٣	٠,٢٩٢	لا توجد فروق دالة
	المبرد والعروة	٢,٨١	٠,٩٨	٠,١٣	٦,٣٨			

يُلاحظ في الجدول أعلاه أنَّ قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة ٠,٠٥ لقيم العاج المُزال من الجدار الداخلي (بالملم)، أي أنه عند مستوى ثقة ٩٥% لا توجد فروق دالة إحصائية في قيم متوسط العاج المُزال من الجدار الداخلي (بالملم) بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المُعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث. أمّا بالنسبة لكمية العاج المُزال من الجدار الخارجي (بالملم)، فيُلاحظ في الجدول أعلاه أنَّ قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة ٠,٠٥، أي أنه عند مستوى ثقة ٩٥% توجد فروق دالة إحصائية في قيم متوسط العاج المُزال من الجدار الخارجي (بالملم) بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المُعدلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين سالبة نستنتج أن قيم متوسط إزالة العاج المُزال من الجدار الخارجي (بالملم) في مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المُعدلة كانت أصغر منها في مجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث، ومنه يمكن الاستنتاج أنَّ طريقة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المُعدلة كانت أكثر محافظة على مركبة القناة من تقنية العروة والمبرد.

◀ دراسة كمية العاج المُزال من الجدار الداخلي والخارجي في عينة البحث وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة:

أُجري اختبار (T-Student) للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار العاج المُزال (بالملم) عند الجدران الداخلية، ومتوسط قيم العاج المُزال (بالملم) عند الجدران الخارجية في عينة البحث؛ وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة، وكانت النتائج كما يأتي:

الجدول (١١): الإحصاءات الوصفية، ونتائج اختبار (T-Student) للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في

الانحراف عن مركزة القناة.								
التقنية المستعملة	الجدار	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	قيمة T المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
التقنية المعدلة	الجدار الداخلي	2.766	0.9767	0.13	6.38	1.03	0.173	لا توجد فروق دالة
	الجدار الخارجي	2.813	1.117	1.17	4.49			
تقنية العروة والمبرد	الجدار الداخلي	2.811	0.855	0.01	4.78	2.08	0.004	<u>توجد فروق دالة</u>
	الجدار الخارجي	3.73	0.949	2.57	3.67			

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة ٠,٠٥ للجدار الداخلي والخارجي في مجموعة التقنية المعدلة، أي أنه عند مستوى الثقة ٩٥% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين قيم متوسط مقدار العاج المزال (بالملم) للجدار الداخلي والجدار الخارجي في مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة في عينة البحث. أما في مجموعة تقنية العروة والمبرد، فيلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة ٠,٠٥، أي أنه عند مستوى الثقة ٩٥% توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط قيم العاج المزال عند الجدران الداخلية والجدران الخارجية، وعند دراسة الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطات نجد أن جميعها موجبة؛ مما يعني أن مقدار العاج المزال للجدار الداخلي أعلى من الجدار الخارجي في مجموعة تقنية العروة والمبرد.

➤ دراسة تأثير طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة في قيم مقدار الانحراف عن مركزية القناة في عينة البحث وفقاً للمنطقة المدروسة:

أُجري اختبار (ANOVA) لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مقدار الانزياح عن مركزية القناة بين مجموعات نزع الأداة المكسورة المستخدمة في عينة البحث، وكانت النتائج كما يأتي:

الجدول (١٢): الإحصاءات الوصفية، ونتائج اختبار ANOVA لدراسة دلالة الفروق في مقدار الانحراف عن مركزية القناة في عينة البحث وفقاً للمنطقة المدروسة								
المنطقة المدروسة	التقنية المستعملة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	قيمة f المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
منطقة الثلث الذروي	التقنية المعدلة	-0.014	1.77	0.03	6.38	21.635	0.000	توجد فروق دالة
	المبرد والعروة	-0.085	1.72	0.03	6.43			
منطقة الثلث المتوسط	التقنية المعدلة	-٠,٠٧٨	0.61	0.05	4.16	19.978	0.000	توجد فروق دالة
	المبرد والعروة	0.101	1.08	0.09	2.30			
منطقة الثلث التاجي	التقنية المعدلة	٠,٠٧٥	0.51	0.01	1.96	١,٤٢٥	0.147	لا توجد فروق دالة
	المبرد والعروة	٠,٠٦٧	0.47	0.02	0.44			

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة ٠,٠٥، أي أنه عند مستوى

الثقة ٩٥% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار الانحراف عن مركزية القناة مهما كانت الطريقة

المتبعة في نزع الأداة المكسورة، وذلك في منطقة الثلثين الذروي والمتوسط، وعند دراسة الإشارة الجبرية للفرق بين

المتوسطات نستنتج أن مقدار الانحراف عن مركزية القناة أقل (كونه أقرب إلى ٠) في مجموعة طريقة نزع الأداة

المكسورة باستخدام التقنية المعدلة كان أقل من مجموعة طريقة نزع الأداة المكسورة باستخدام تقنية المبرد والعروة وذلك في منطقة الثلثين الذروي والمتوسط. كما يُلاحظ في الجدول أنّ قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة ٠,٠٥، أي أنه عند مستوى الثقة ٩٥% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار الانحراف عن مركزية القناة مهما كانت الطريقة المتبعة في نزع الأداة المكسورة، وذلك في منطقة الثلث التاجي.

➤ دراسة تأثير طريقة نزع الأداة المكسورة المتبعة في قيم مقدار الانحراف عن مركزية القناة في عينة

البحث وفقاً للمستوى المدروس:

الجدول (١٣): الإحصاءات الوصفية، ونتائج اختبار ANOVA لدراسة دلالة الفروق في مقدار الانحراف عن مركزية القناة في عينة البحث وفقاً للمنطقة المدروسة								
المستوى المدروس	التقنية المستعملة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	قيمة f المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
0	التقنية المعدلة	-0.052	0.47	0.004	1.25	1.881	0.165	لا توجد فروق دالة
	المبرد والعروة	-0.028	0.55	0.011	2.80			
1	التقنية المعدلة	-0.340	0.08	0.130	1.15	9.521	0.000	توجد فروق دالة
	المبرد والعروة	-0.912	0.71	0.396	3.41			
2	التقنية المعدلة	-0.016	0.66	0.008	2.38	11.591	0.000	توجد فروق دالة
	المبرد والعروة	-0.330	0.72	0.071	4.43			
3	التقنية المعدلة	-0.019	0.61	0.005	2.14	10.281	0.001	توجد فروق دالة
	المبرد والعروة	-0.020	0.62	0.003	1.89			

توجد فروق دالة	0.003	6.699	0.250	0.024	0.47	0.056	التقنية المُعَدَّلة	4
			1.29	0.002	0.84	0.060	المبرد والعروة	
توجد فروق دالة	0.033	3.720	1.02	0.016	0.67	0.104	التقنية المُعَدَّلة	5
			3.02	0.139	0.81	-0.733	المبرد والعروة	
توجد فروق دالة	0.001	8.532	1.57	0.006	0.62	0.050	التقنية المُعَدَّلة	6
			3.39	0.094	0.98	0.126	المبرد والعروة	
لا توجد فروق دالة	0.141	1.790	0.52	0.005	0.59	0.020	التقنية المُعَدَّلة	7
			1.12	0.002	0.98	0.028	المبرد والعروة	
لا توجد فروق دالة	0.132	1.532	0.29	0.009	0.49	0.033	التقنية المُعَدَّلة	8
			1.92	0.011	0.83	0.039	المبرد والعروة	
لا توجد فروق دالة	0.149	1.856	0.75	0.001	0.38	0.024	التقنية المُعَدَّلة	9
			1.52	0.081	0.84	0.029	المبرد والعروة	
لا توجد فروق دالة	0.165	1.325	0.634	0.002	0.50	0.006	التقنية المُعَدَّلة	10
			1.547	0.007	0.97	0.009	المبرد	

							والعروة	
لا توجد فروق دالة	0.111	1.462	0.80	0.002	0.46	-0.009	التقنية المعدلة	11
			1.04	0.010	0.92	-0.011	المبرد والعروة	
لا توجد فروق دالة	0.179	1.325	0.93	0.003	0.49	0.008	التقنية المعدلة	12
			1.14	0.013	0.79	0.011	المبرد والعروة	

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة ٠,٠٥ في المستويات من المستوى (١) إلى المستوى (٦)، أي أنه عند مستوى الثقة ٩٥% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار الانحراف عن مركزيّة القناة مهما كانت الطريقة المتبعة في نزع الأداة المكسورة، وفي المستويات من ١ إلى ٦، وعند دراسة الإشارة الجبريّة للفرق بين المتوسطات نستنتج أنّ مقدار الانحراف عن مركزيّة القناة أقل في مجموعة طريقة نزع الأداة المكسورة باستخدام التقنية المعدلة كان أقل من مجموعة طريقة نزع الأداة المكسورة باستخدام تقنية المبرد والعروة وذلك في المستويات من ١ إلى ٦، أمّا بالنسبة للمستويات (٠) ومن (٧) إلى (١٢)، فيُلاحظ أنّ قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة ٠,٠٥ في هذه المستويات، أي أنه عند مستوى ثقة ٩٥% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار الانحراف عن مركزيّة القناة مهما كانت الطريقة المتبعة في نزع الأداة المكسورة في المستويات ٠، ومن ٧ إلى ١٢.

٤- المناقشة

(Discussion)

٤. المناقشة (Discussion):

تألّفت عيّنة الدّراسة المخبريّة من ٤٠ قناة لضواحك أولى سفليّة مقلوعة حديثاً، وقد قُسمت عيّنة البحث عشوائياً إلى مجموعتين رئيسيتين متساويتين؛ وفقاً لطريقة نزع الأداة المكسورة المتّبعة، وهما: المجموعة الأولى (أو المجموعة الشاهدة)، أُجري فيها إزالة الأداة المكسورة باستعمال تقنية المبرد والعروة بوساطة مجموعة (BTR)، أمّا المجموعة الثانية (أو مجموعة الدّراسة)، فقد أُجري فيها إزالة الأداة المكسورة باستعمال التقنية المُعدّلة التي تعتمد على استعمال الاهتزازات فوق الصوتيّة؛ وذلك بهدف تحري الاختلاف في حجم القناة الناتج بعد إزالة الأداة، وكذلك كمية العاج المُزال من الجدران القنوية والانحراف عن مركزيّة القناة، والزمن المستغرق في إزالة الأداة، ونجاح أو فشل التقنية المستعملة، وكذلك تحري الاختلافات الحاصلة في أثناء إزالة الأداة المكسورة.

1.4. مناقشة بروتوكول العمل المخبري المتّبع في البحث:

1.1.4. مناقشة فكرة البحث، وهدفه:

يُعد انكسار الأدوات اللبية من الاختلالات الشائعة خلال تحضير الأقمية الجذرية، حيث تصاب الأدوات اللبية بالفشل الميكانيكي (Mechanical Failure) الناتج عن عوامل متعددة؛ كاستعمال الأدوات المتكرر، والتشريح المعقد للأقمية الجذرية، فضلاً عن تكلس الأقمية، أو وجود معيقات فيزيائية ضمن القناة، واستعمال القوة المفرطة عند تحضير الأقمية اللبية (Doumari, Drouri, El Kharroubi, Skalli, & Benkiran, 2024).

وتستعمل خلال المعالجة اللبية العديد من الأدوات لإنجاز التحضير الأمثل للقناة، كالموسعات، ورؤوس التحضير فوق الصوتية، وإبر الإرواء، وغيرها من الأدوات، ولكن تكون المبرد اللبية، فضلاً عن السنابل المستعملة في التحضير أكثر الأدوات عرضة لحصول الكسر ضمن القناة، وذلك نظراً ل تماسها المباشر واشتباكها مع جدران القناة العاجية، مما يسبّب زيادة الجهود المطبقة على الأداة وزيادة فرصة حدوث الكسر. وتتعرض أدوات الفولاذ غير القابل للصدأ (Stainless steel) للكسر عادةً بسبب استعمال عزم عالٍ (Excessive

(torque) خلال تحضير القناة، أما أدوات النيكل تيتانيوم فهي عادة ما تكسر بسبب تعب الفتل، أو فشل الانحناء (Ferrandez, 2024).

قد لا يكون انكسار الأدوات اللبية سبباً لفشل المعالجة، ولكن بالتأكيد يؤدي انكسار الأدوات إلى تعقيد إجراءات المعالجة اللبية، مما يصعب إجراء تحضير القنوات بالشكل الأمثل، للحصول على حشو قنوي دقيق وخاتم لكافة أجزاء القناة، ويمكن أن يجري تدبير انكسار الأدوات اللبية باستعمال التقنيات الجراحية (Surgical treatment) (Belgacem, Tounsi, Bagga, Ziada, & Sahtout, 2024)، أو التقنيات غير الجراحية المحافظة (Conservative treatment) (Doumari et al., 2024)، وتشمل التقنيات الأشهر لتدبير انكسار الأدوات اللبية بالطريقة المحافظة القيام بتجاوز الجزء المكسور من الأداة (Bypassing of the fragment)، أو إزالة الجزء المكسور من الأداة (Fragment removal)، أو ترك الجزء المكسور من الأداة ضمن القناة (Leaving the fragment in the canal) (Chai et al., 2024).

تُعد إزالة الأدوات اللبية المكسورة من الأقفنية الجذرية التدبير الأمثل والذي يعطي الإنذار الأفضل بعد انتهاء المعالجة اللبية، حيث وجدت العديد من الدراسات السريرية، والمخبرية أن ترك الأدوات اللبية المكسورة ضمن الأقفنية الجذرية يحمل العديد من التأثيرات السلبية على جودة ونتائج المعالجة اللبية، حيث يبقى جزء من القناة اللبية، والذي يكون غالباً في الجزء أو الثلث الذروي من القناة، دون تحضير، مما يبقى على العضويات الدقيقة الممرضة ضمن المنطقة الذروية من القناة، فلا تصل سوائل الإرواء إلى الموقع، كما لا يتمكن الطبيب من تحضير الشكل الأمثل لاستقبال الحشو القنوي الخاتم للقناة، فعند ترك الأدوات المكسورة ضمن الأقفنية يؤدي ذلك إلى تراجع في نسبة نجاح المعالجة اللبية، وزيادة في نسب حدوث فشل المعالجة الناتج عن الاحتداد المتأخر للحالة، وفي حال ترك الأدوات ضمن القناة اللبية فيجب دوماً القيام بالمراقبة الدورية للسن بحثاً عن أية أعراض مبكرة تشير إلى نكس الحالة أو فشلها، ولهذا فتعد إزالة الأدوات اللبية المكسورة من الأقفنية الجذرية الحل الأمثل للحصول على النتائج المرجوة للمعالجة اللبية (Aminsobhani, Hashemi, Hamidzadeh, & Sarraf, 2024).

2024; Dioguardi et al., 2024; Ferrandez, 2024; Liu & Shen, 2024; Sutjiono, Iskandar, Prahasti, Subrata, & Khazin, 2024).

ويُعدُّ استعمال الأدوات فوق الصوتية (Ultrasonic instruments) إحدى أكثر الطرق فعالية في إزالة الأدوات اللبية المكسورة من الأقنية الجذرية، وهي من التقنيات المستعملة في إزالة الأدوات المكسورة في معظم الحالات تقريباً، حيث تصل نسبة نجاح الأدوات فوق الصوتية في إزالة الأدوات اللبية المكسورة حسب الدراسات السريري إلى نسبة بين ٣٠ - ١٠٠% بحسب موقع الأداة المكسورة، وتشريح القناة الجذرية، وتكمن أهمية استعمال الأدوات فوق الصوتية في إزالة الأداة المكسورة في تحرير الجزء المنفصل من الأداة عن الجدران العاجية، وإزالة المعيقات الموجودة ضمن القناة الجذرية لتسهيل الوصول إلى الجزء المكسور واستخراجه (Aminsobhani et al., 2024).

2.1.4. مناقشة مواد البحث، ومنهجيته:

أجري هذا البحث على الأسنان الطبيعية المقلوعة بدلاً من استعمال القوالب الأكريلية الجاهزة، وذلك بهدف الحصول على نتائج دقيقة فيما يتعلق باختبار فاعلية استعمال تقنية إزالة الأدوات المكسورة، حيث إنّ استعمال الأسنان الطبيعية المقلوعة هو الخيار الأقرب إلى الواقع السريري، حيث تمتلك الأسنان المقلوعة الخواص التشريحية، والتحديات العملية المطابقة للقيام بالمعالجة سريرياً (Decurcio et al., 2019)، أما القوالب الأكريلية الجاهزة فهي تقدم خياراً مناسباً للقيام باختبار فاعلية الأدوات اللبية في تحضير الأقنية المنحنية على سبيل المثال، ولكن لا يمكن أن تقدم بديلاً مثالياً عن السن الطبيعية، فهي تقتصر إلى المكونات الأساسية التي تجعل من استخراج الأدوات اللبية تحدياً في الممارسة السريرية اليومية لطبيب الأسنان، فعلى سبيل المثال تقتصر هذه القوالب إلى وجود بنية عاجية حقيقية تشترك معها الأدوات اللبية فيحدث الانكسار، فضلاً عن عدم امتلاك هذه القوالب بنية تاجية أو حول ذروية تمكنا من دراسة الاختلاطات المتنوعة (Khalilak, Fallahdoost, Dadresanfar, & Rezvani, 2008).

وقد استُعمل في هذا البحث الأدوات الآلية الدوّارة (Rotary files) في تحضير الأفنية الجذرية وإجراء الكسر ضمن بنية القناة، وذلك كون الغالبية العظمى من المعالجات اللبية تُجرى باستعمال الأدوات الدوّارة، كما أظهرت نتائج الدراسات السريرية أنّ معدلات انكسار الأدوات الآلية ضمن الأفنية الجذرية تتراوح بين ٠,٢٨ - ١٦,٢%، وهي نسبة كبيرة تجعل من استعمال هذه الأدوات في دراستنا ضرورة ملحة، فضلاً عن نتائج الدراسات حول نجاح استخراج الأدوات الآلية المكسورة ضمن الأفنية اللبية، حيث يمكن أن تصل نسبة نجاح استخراج الأدوات الآلية المكسورة في بعض الدراسات إلى ٥٥%، وخاصة في الأفنية المنحنية أو ذات التشريح المعقد (Gencoglu & Helvacioğlu, 2009).

كما وقد استُعمل في هذه الدراسة مادة (EDTA) خلال إجراءات تحضير الأفنية الجذرية واستخراج الأدوات المكسورة، حيث تلعب هذه المادة دوراً حيوياً في استخراج الأدوات، وذلك لقدرتها على خسف الأملاح المعدنية من العاج القتيوي مما يؤدي لتليين العاج، وتسهيل استخراج الأداة المكسورة، فضلاً عن قدرة المادة على لعب دور مزلق فعال للأدوات اللبية؛ مما يساهم في الوصول إلى موقع الجزء المكسور من الأداة، خاصة عندما يكون الجزء المكسور مشتبكاً بشكل صميمي (Lodged tightly) مع الجدران العاجية للقناة (Rambabu, 2020).

كما استُعمل المجهر السني (Dental operating microscope) خلال إجراءات استخراج الأدوات اللبية المكسورة، فقد أظهرت الدراسات أنّ استعمال المجهر السني أدى إلى زيادة معدلات نجاح استخراج الأدوات اللبية المكسورة، حيث يسمح المجهر السني للطبيب الممارس بالتعرف على الأجزاء الدقيقة للقناة الجذرية، وتحديد المدخل المناسب للوصول إلى الجزء المكسور من الأداة بدقة أعلى، وخاصة في الأسنان ذات التشريح القوي المعقد، والأفنية شديدة الانحناء، مما يساعد على الحفاظ على أكبر قدر ممكن من البنية العاجية لجدران القناة، وتقليل خطر حدوث الاختلاطات كالانتقابات الجذرية وإضعاف بنية الجذر (Meng et al., 2020).

واستُعمل أيضاً في هذه الدراسة الرؤوس فوق الصوتية في استخراج الأدوات اللبية المكسورة، حيث تُعدّ الأدوات فوق الصوتية من المكونات الأساسية لإزالة الأدوات المكسورة من الأفنية اللبية، وذلك لفعاليتها العالية،

فضلاً عن القدرة على تطبيقها بشكل دقيق في موقع محدد، وعدم وصول تأثيرها لمنطقة واسعة من العاج المشكل لجدران القناة الجذرية، وتعمل هذه الرؤوس بتردد عالٍ مما يسمح لها بالاهتزاز وتحرير (Loosen) الجزء المكسور من الأداة، مما يسهل من القدرة على إزالة الأداة المكسورة، وقد أظهرت الدراسات فعالية استعمال الأدوات فوق الصوتية في إزالة الأدوات المكسورة، وقدرتها على رفع نسبة نجاح استخراج الأدوات، وخاصة الأدوات المتوضعة في الثلث الذروي من القناة الجذرية، أو القنوات الجذرية المنحنية (Subrata & Hardini, 2019).

استُعمل أيضاً في هذه الدراسة كيت إزالة الأدوات المكسورة (Broken file removal (BFR) kit) من شركة (Cerkamed) في المجموعة الشاهدة، حيث يستخدم هذا الكيت في إزالة الأدوات المكسورة باستعمال تقنية العروة (Loop-based retrieval mechanism)، فتسمح هذه التقنية بإمساك الجزء المكسور من الأداة دون الحاجة إلى القيام بتحضير شديد وجائر للقناة الجذرية، وهي من أقدم التقنيات المقدمة لإزالة الأدوات اللبية في طب الأسنان، كما تُعد من التقنيات مثبتة الفعالية والتي يمكن اعتبارها معياراً ذهبياً في المعالجة، مما سمح لنا باختبار التقنية الحديثة بالمقارنة معها ((Saad, Baraktat, & Attia, 2024).

واستعملنا أيضاً في هذه الدراسة مبرد (D-finder) لتجاوز الأداة في مجموعة الدراسة، حيث يتميز هذا المبرد بتصميم خاص ومميز يسمح بالتقاط الجزء المكسور من الأداة خاصة في المواقع صعبة الوصول ضمن الأُفنية المنحنية، وهو يستعمل أيضاً في الأُفنية المستقيمة، ويقدم هذا المبرد العديد من المزايا؛ كالمحافظة على أكبر كمية من العاج القنوي، فضلاً عن تحسين القدرة على الرؤية مما يحسن من قدرة الممارس على إجراء مناورات دقيقة ضمن الفراغ القنوي، وقد أثبتت العديد من الدراسات السريرية نجاح هذا المبرد بالمشاركة مع الأدوات فوق الصوتية تحت التكبير المجهر في إزالة الأدوات المكسورة بنسب نجاح عالية (Chaniotis, 2021).

وقد أُجري أيضاً في هذه الدراسة بحفظ الأسنان المقلوقة ضمن المصل الفيزيولوجي بعد معالجتها لحين اكتمال العينة والقدرة على إجراء المعالجة المطلوبة تماشياً مع البروتوكول المتبع في الدراسات المخبرية، حيث

يعمل المصل الفيزيولوجي على الحفاظ على بنية الخلايا الموجودة ضمن الرباط السني، فضلاً عن قدرة المصل الفيزيولوجي على الحفاظ على رطوبة البنية السنية، وخاصة الأفتنية العاجية، ويقدم المصل الفيزيولوجي وسط حفظ معياري لتخزين العينات البشرية بشكل عام، مما يحقق مبدأ التوحيد القياسي أو المعياري (Standardization) في الدراسات البحثية .

كما استُعملت أيضاً سنابل الغيتس غليدن المعدلة عن طريق قص رأسها العامل عند مستوى قطرها الأعظمي بشكل عمودي على محورها الطولي، وذلك خلال مرحلة تحضير منصة العمل (Staging platform)، ويسهم هذا التعديل في تقليل الرض الحاصل للنسج السنية والمحافظة عليها، عن طريق تشكيل رأس سنبل الغيتس غليدن بحيث تؤمن قدر أكبر من التحكم وتقليل خطر أذية النسج السنية المجاورة للموقع المراد تحضيره، كما يقوم هذا التعديل بتحسين الرؤية وتسهيل الوصول على الموقع المستهدف، فضلاً عن زيادة فعالية الأداة في الوصول للموقع، تقليل خطر حدوث الاختلاطات كانكسار الجذر (Martin & Machtou, 2014).

كما أجري أيضاً باستعمال التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية (CBCT) لدراسة الزيادة في حجم القناة الجذرية النهائي بعد إزالة الأدوات المكسورة في كل من المجموعة الشاهدة، ومجموعة الدراسة، حيث يقدم التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية تصويراً دقيقاً ثلاثي الأبعاد يسمح بالتقييم الدقيق لتشريح القناة الجذرية، والتغيرات الحجمية التي تطرأ عليها بعد إزالة الأدوات المكسورة، حيث يتفوق التصوير المقطعي المحوسب على تقنيات التصوير ثنائية الأبعاد في قدرته على تحديد أبعاد القناة بدقة (Kalogeropoulos, Xiropotamou, Koletsi, & Tzanetakis, 2022).

وأخيراً، استُعملت أيضاً برمجية (Adobe Photoshop) في دراسة مركزية القناة الجذرية بعد الانتهاء من إزالة الأدوات المكسورة في كل من مجموعة استعمال كيت BTR، ومجموعة التقنية المعدلة، حيث تتميز هذه البرمجية بقدرتها على إجراء قياسات دقيقة عن طريق معالجة الصور الرقمية، حيث تمكن هذه البرمجية الباحثين من إجراء تحليل دقيق لشكل الأفتنية الجذرية، فضلاً عن التقييم الكمي (Quantitative Assessment)

للتغيرات التي تطرأ على حجم القناة وشكلها، مما مكن من دراسة التغير في مركزية القناة الجذرية بعد الانتهاء من إزالة الأدوات المكسورة ((Shaji, Mathan, Varadan, & Arumugam, 2023).

2.4. مناقشة بروتوكول العمل المخبري المتبع في البحث:

١. تقييم الزيادة في حجم القناة الجذرية النهائي:

بلغ متوسط حجم القناة قبل العمل في التقنية المعدلة $2,964 \pm 0,18$ ملم^٢، وفي تقنية العروة $2,985 \pm 0,17$ ملم^٢، أما بعد التحضير فقد كان متوسط حجم القناة في مجموعة التقنية المعدلة ومجموعة تقنية العروة $4,248 \pm 0,12$ ملم^٢ و $4,167 \pm 0,31$ ملم^٢ على الترتيب، مع عدم وجود فروق دالة إحصائية بين المجموعتين سواء قبل العمل أو بعد التحضير، وقد أجري حساب حجم القناة بعد التحضير للتأكد من أي تغير بعد إزالة الأداة أنه ناجم عن عملية استخراج الأداة وليس عن التحضير، وقد ظهرت الفروق الدالة إحصائياً بين المجموعتين في حجم القناة بعد نزع الأداة المكسورة، حيث بلغ متوسط حجم القناة في مجموعة التقنية المعدلة $5,217 \pm 0,29$ ملم^٣، وهو أفضل وأقل من متوسط حجم القناة في مجموعة تقنية العروة $5,795 \pm 0,36$ ملم^٣.

على الرغم من عدم وجود دراسات سريرية أو مخبرية تقوم بتقييم التقنية ذاتها المستعملة في بحثنا بالمقارنة مع طريقة العروة في إزالة الأدوات المكسورة إلا أننا سوف نقوم بعرض نتائج أبحاث لدراسات قارنت تقنية العروة وغيرها من التقنيات المشابهة مع التقنيات الخاصة بإزالة الأدوات المكسورة بمساعدة الأجهزة فوق الصوتية، حيث قيم الباحث (Gencoglu & Helvacioğlu, 2009) مجموعة من تقنيات إزالة الأدوات المكسورة، حيث شملت عينة الدراسة ٦٣ سناً أمامية، و ٣٠ سناً خلفية ذات أقنية منحنية حصل خلال إجراء المعالجة اللبية فيها انكسار لأداة مصنوعة من النيكل تيتانيوم، وقد قيم الباحث استعمال الأدوات فوق الصوتية في إزالة الجزء المكسور من الأداة اللبية ضمن القناة، بالمقارنة مع استعمال كيت ماسيران (Masseran) في إزالة الأداة المكسورة، وقد خلصت نتائج دراسة الباحث إلى أن استعمال الأدوات فوق الصوتية أدى إلى تحضير

أكثر محافظة لجدران القناة السنية، مما يعني أنَّ حجم القناة النهائي في مجموعة الأدوات فوق الصوتية كان أقل من المجموعة الثانية.

وفي دراسة أخرى للباحث (Yang et al., 2017) هدفت إلى تقييم تأثير استعمال سنابل التريفاين بالمقارنة مع استعمال الأدوات فوق الصوتية على كمية العاج المزال من القناة بعد استخراج الأدوات اللبية المكسورة، شملت عينة الدراسة ٢٢ سنناً طبيعية مقلوعة ذات تشريح متشابه، وقام الباحث بكسر الأدوات اللبية ضمن القناة اللسانية الأنسية على بعد ٥ ملم من ذروة القناة، ثم قام بتحضير منصة العمل (Staging platform) في المنطقة التاجية من القناة، واستعمل في المجموعة الأولى سنابل التريفاين لمحاول استخراج الأداة، بينما في المجموعة الثانية فقد استعمل الأدوات فوق الصوتية لاستخراجها، وقد قيم الباحث حجم القناة النهائي بعد الانتهاء من إزالة الأداة المكسورة باستعمال التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية (CBCT) وقد خلصت نتائج الدراسة إلى أنَّ استعمال الأدوات فوق الصوتية أدى إلى تحضير أكثر محافظة وحجم قناة أقل بالمقارنة مع استعمال سنابل التريفاين في التحضير لاستخراج الأدوات اللبية.

وفي دراسة مخبرية للباحث ((Pruthi, Nawal, Talwar, & Verma, 2020) قام فيها بتقييم فعالية استعمال الرؤوس فوق الصوتية (ProUltra) بالمقارنة مع نظام عروة لاستخراج الأدوات اللبية (Terauchi file retrieval kit) لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة من الأقنية، قيم فيها كلاً من قدرة التقنية على إزالة الأداة المكسورة، فضلاً عن الزمن المنقضي حتى استخراج الأداة، والمحافظة على الجدران العاجية للقناة، وقد شملت عينة الدراسة ٨٠ سنناً طبيعية بشرية مقلوعة (الأرجاء الأولى السفلية) ذات انحناء خفيف، وقد قسمت الأسنان إلى مجموعتين، أجري في المجموعتين تحضير الأقنية وكسر الأدوات اللبية في المنطقة المتوسطة من القناة الجذرية، ثم استعمل الباحث إحدى التقنيتين لمحاولة إزالة الأداة المكسورة، وقد خلصت نتائج الدراسة المتعلقة بالمحافظة على بنية جدران القناة أنَّ استعمال الأدوات فوق الصوتية أعطى تحضيراً محافظاً بشكل أكبر بالمقارنة مع استعمال نظام العروة، وهو ما توصلت له نتائج دراستنا أيضاً على الرغم من تقديمنا لتعديل جديد على استعمال الأدوات فوق الصوتية في استخراج الأدوات اللبية المكسورة.

وفي دراسة أيضاً للباحث (Faus-Matoses et al., 2022) قام الباحث بالمقارنة بين استعمال الأدوات فوق الصوتية، ونظام (Endo Rescue) من حيث القدرة على إزالة الأدوات اللبية المكسورة ضمن الأقفية الجذرية، والقدرة على المحافظة على الجدران العاجية للقناة، وقد شملت عينة الدراسة ٤٠ سناً بشرية مقلوعة قسمت إلى مجموعتين بالتساوي، حيث شملت عينة الأدوات فوق الصوتية ٢٠ سناً، كما شملت عينة نظام (Endo Rescue) ٢٠ سناً أيضاً، وقام الباحث بتحضير الأقفية الجذرية وكسر الأدوات اللبية ضمن الثلث المتوسط من القناة، وطبق إحدى التقنيتين لإزالة واستخراج الأداة المكسورة، وقد قام الباحث بتقييم حجم القناة النهائي بعد إزالة الأداة المكسورة باستعمال التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية (CBCT) بين كل من مجموعة الدراسة، والمجموعة الشاهدة، وقد خلصت نتائج الدراسة إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعتين مما يشير إلى تقارب حجم القناة في كل من مجموعة الأدوات فوق الصوتية ومجموعة نظام (Endo Rescue) بعد إزالة الأداة المكسورة.

وفي دراسة أيضاً للباحث (Souter & Messer, 2005) قيم فيها تأثير الأدوات فوق الصوتية على كمية العاج المزال من القناة الجذرية خلال إزالة الأدوات المكسورة من الأقفية الضيقة، وشديدة الانحناء، فقد دعمت نتائج الدراسة قدرة الأدوات فوق الصوتية على تقديم تحضير محافظ للقناة الجذرية خلال استخراج الأدوات اللبية المكسورة، حيث قسمت الدراسة إلى شق سريري (٦٠ حالة سريرية)، وشق مخبري (٦٠ سناً بشرية مقلوعة)، وعلى الرغم من قدم هذه الدراسة وكونها تعود للعام ٢٠٠٥، إلا أن نتائجها شديدة الأهمية لما توضحه من تأثير للأدوات فوق الصوتية على بنية جدران القناة الجذرية وذلك لحجم العينة الكبير والنتائج القابلة للتعميم، ولهذا فقد قررنا ضرورة عرضها ضمن قسم المناقشة لإيصال المعلومة للقارئ بوضوح.

٢. تقييم نجاح كل من التقنيتين المستعملتين في إزالة الأدوات المكسورة:

سجلت أربع حالات فشل في مجموعة التقنية المعدلة، وحالة فشل واحدة في مجموعة تقنية العروة. مع عدم وجود فروق دالة إحصائية بين المجموعتين. يمكن تفسير ذلك بكون التقنية المعدلة يمكن ألا تكون في الحالات التي لا يمكن فيها تجاوز الأداة أساساً.

أجرى الباحثون (Shaik et al., 2022) مراجعة منهجية (Systemic Review) وتحليل تلوي (Meta-Analysis) لتقييم الأدبيات الطبية حتى تاريخ أعداد المراجعة المنهجية فيما يتعلق بمجموعة من المتغيرات خلال إزالة الأدوات اللبية المكسورة من الأقنية الجذرية، وقد خلصت نتائج الدراسة فيما يتعلق بنسب نجاح استخراج الأدوات اللبية عند استعمال الأدوات فوق الصوتية أن هذه الأدوات حققت نسبة ٨٠% في إزالة الأدوات المكسورة، ولكن وجدت المراجعة أنَّ نسب النجاح تتعلق بموقع الأداة المكسورة، فتصل نسبة نجاح الإزالة إلى ١٠٠% عندما تتوضع الأداة المكسورة في الثلث المتوسط، وتنخفض إلى ٧٤% عندما تتوضع في الثلث الذروي، وقد أشارت المراجعة إلى أهمية استعمال الأدوات فوق الصوتية في إزالة الأدوات اللبية المكسورة ضمن الأقنية الجذرية، وخاصة في الحالات التي تتطلب المحافظة على القناة الجذرية.

وفي مراجعة أخرى للباحثين (Abbas Bagheri, 2023) راجعت الأدبيات الطبية حول فعالية استعمال تقنيات متعددة لإزالة الأدوات اللبية المكسورة من الأقنية الجذرية، وجدت الدراسة أنَّ نسب نجاح إزالة الأدوات اللبية المكسورة في حال استعمال الأدوات فوق اللبية تصل إلى ٩٥,٢% بالمقارنة مع استعمال التقنية التقليدية (٨٠,٩%)، وتقنية ماسيران (٤٧,٦%)، وتقنية العروة (٨٣,٣%)، حيث أوضحت هذه المراجعة تفوق الأدوات فوق الصوتية في القدرة على استخراج الأدوات اللبية المكسورة، ولكن شددت الدراسة على أهمية وجود العديد من العوامل التي تلعب دوراً في نجاح إزالة الأدوات اللبية المكسورة، كموقع الأداة، وتشريح القناة الجذرية، وبشكل خاص خبرة الطبيب الممارس وقدرته على التعامل مع الحالة.

وفي دراسة الباحثين ((Shahabinejad et al., 2013)، قام الباحثون بتقييم نسب نجاح استخراج الأدوات اللبية المكسورة باستعمال الأدوات فوق الصوتية، وقد شملت عينة الدراسة ٧٠ سناً بشرية مقلوعة (ضواحك علوية) قام الباحثون بكسر أداة تحضير آلي مصنوعة من النيكل تيتانيوم ضمنها، قم استعمالوا الأدوات فوق الصوتية لاستخراج الأداة اللبية المكسورة، وقد خلصت نتائج الدراسة أن نسب النجاح في استخراج الأدوات اللبية المكسورة في حال استعمال الأدوات فوق الصوتية تصل إلى ٨٠%، وهي نسبة نجاح مقبولة عند الأخذ بعين الاعتبار تشريح الأسنان المستعملة ضمن الدراسة.

وقد قام الباحثون (Fu et al., 2018) بإجراء دراسة مخبرية لتقييم فعالية إزالة الأدوات اللبية المكسورة من الأفنية الجذرية، فضلاً عن تقييم حدوث كسور مجهرية ضمن العاج القوي خلال عملية الإزالة باستعمال التصوير المقطعي المحوسب ذو الحزمة المخروطية (CBCT)، وقد شملت عينة الدراسة ٣٦ ضاحكاً سفلياً مقلوعاً، وقد قام الباحثون بتقسيم الأسنان إلى مجموعتين متساويتين، جرى في المجموعة الأولى تحضير الأسنان باستعمال نظام (ProTaper Next)، ثم جرى كسر الأدوات ضمن الثلث المتوسط من القناة، أما المجموعة الثانية فقد استعملت مبرد الفولاذ غير القابل للصدأ اليدوية بقياس ٢٠ وجرى كسرها في الثلث المتوسط من الأفنية أيضاً، وقام الباحثون بمحاولة استخراج الأدوات في كلتا المجموعتين بعدها باستعمال الأدوات فوق الصوتية، وقد خلصت نتائج الدراسة إلى أن نسبة نجاح استخراج الأدوات المكسورة في كلتا المجموعتين وصلت إلى ١٠٠%، حيث كانت الأدوات فوق الصوتية قادرة على الوصول إلى الموقع المستهدف واستخراج الأدوات بفعالية عالية.

كما تجدر الإشارة إلى وجود العديد من تقارير الحالة (Case Reports) والتي بينت قدرة الأدوات فوق الصوتية على الاستخراج الناجح للأدوات المكسورة في حالات سريرية معقدة نسبياً، كالحالة المقدمة من الباحثين (Glii et al., 2023)، والحالة المقدمة أيضاً من الباحثين (Sutjiono et al., 2024)، وغيرهم من تقارير الحالة المميزة، وتشير هذه التقارير إلى دقة الأدوات فوق الصوتية، وقدرتها على التحضير المحافظ لجدران القناة، وسهولة التعامل مع الأدوات لاستخراجها بالمقارنة مع تقنيات أخرى.

٣. تقييم الزمن المستغرق لإزالة الأدوات المكسورة:

بلغ متوسط زمن العمل في التقنية المعدلة 27.01 ± 1.53 دقيقة، وفي تقنية العروة 33.70 ± 2.09 دقيقة، وقد أظهر الاختبار الإحصائي وجود فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار مدة العمل (بالدقائق) بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية استخدام الاهتزازات فوق الصوتية ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة، وقد كانت قيم مدة العمل (بالدقائق) في مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المعدلة كانت أصغر منها

في مجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة في عينة البحث. يمكن أن يعزى ذلك إلى وجود تحضير لمنصة العمل في مجموعة العروة لاستخراج الأداة.

قام الباحثون ((Pruthi, Nawal, Talwar, & Verma, 2020)) بإجراء دراسة مخبرية لتقييم مجموعة من المتغيرات المتعلقة بإزالة الأدوات اللبية المكسورة من الأقنية الجذرية، حيث شملت عينة الدراسة ٨٠ سناً بشرية مقلوعة من الأرحاء الأولى السفلية، وقد قام الباحثون بتقييم فعالية كل من الأدوات فوق الصوتية، ونظام العروة من حيث القدرة على إزالة الأدوات المكسورة، والتغيرات الحجمية للقناة بعد إزالة الأداة، فضلاً عن الزمن المستغرق لإزالة الأداة، حيث أجري في المجموعتين تحضير الأقنية وكسر الأدوات اللبية في المنطقة المتوسطة من القناة الجذرية، ثم استعمل الباحث إحدى التقنيتين لمحاولة إزالة الأداة المكسورة، وقد خلصت نتائج الدراسة فيما يتعلق بالزمن المستغرق لاستخراج الأدوات اللبية إلى أن نظام العروة كان أكثر سرعة في إزالة الأداة اللبية المكسورة بالمقارنة مع الأدوات فوق الصوتية، ويمكن أن يُعزى الاختلاف مع نتائج دراستنا إلى اختيار الباحثين للأرحاء الأولى السفلية للقيام بالدراسة، حيث تمتلك الأرحاء الأولى السفلية تشريحاً قنويًا أكثر تعقيداً بالمقارنة مع دراستنا، مما يفسر الاختلاف الحاصل في النتائج.

وفي دراسة أيضاً الباحثين (Shahabinejad et al., 2013)، قام الباحثون بتقييم نسب نجاح استخراج الأدوات اللبية المكسورة باستعمال الأدوات فوق الصوتية، وقد شملت عينة الدراسة ٧٠ سناً بشرية مقلوعة (ضواحك علوية) قام الباحثون بكسر أداة تحضير آلي مصنوعة من النيكل تيتانيوم ضمنها، قم استعملوا الأدوات فوق الصوتية لاستخراج الأداة اللبية المكسورة، وقد خلصت نتائج الدراسة فيما يتعلق بالوقت المستغرق لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة بنجاح إلى أن متوسط الزمن اللازم كان ٣٦,٣ دقيقة مع ارتياب يصل إلى ٧,١٥ دقيقة، وقد لاحظ الباحثون عدم اختلاف الزمن اللازم لاستخراج الأدوات عند وجود الأداة المكسورة في الثلث المتوسط، أو الثلث الذروي من القناة.

وفي دراسة أيضاً للباحث (Faus-Matoses et al., 2022) قام الباحث بالمقارنة بين استعمال الأدوات فوق الصوتية، ونظام (Endo Rescue) من حيث القدرة على إزالة الأدوات اللبية المكسورة ضمن

الأقنية الجذرية، فضلاً عن الزمن المستغرق لإزالة الأداة، وقد شملت عينة الدراسة ٤٠ سناً بشرية مقلوعة قسمت إلى مجموعتين بالتساوي، حيث شملت عينة الأدوات فوق الصوتية ٢٠ سناً، كما شملت عينة نظام (Endo Rescue) ٢٠ سناً أيضاً، وقام الباحث بتحضير الأقنية الجذرية وكسر الأدوات اللبية ضمن الثلث المتوسط من القناة، وطبق إحدى التقنيتين لإزالة واستخراج الأداة المكسورة، وقد خلصت نتائج الدراسة المتعلقة بالوقت المطلوب لإزالة الأدوات المكسورة إلى عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعتين.

٤. تقييم الاختلاطات الحاصلة في أثناء إزالة الأداة المكسورة:

حدثت الاختلاطات بنسبة ٥% (n=1) من الحالات في مجموعة التقنية المعدلة، بينما وصلت نسبة حدوث الاختلاطات في مجموعة العروة ٢٥% (n=5) مع عدم وجود فروق دالة إحصائية بين المجموعتين، وقد حدث في مجموعة تقنية العروة انثقاب بنسبة ١٠%، وتشكل درجة بنسبة ١٠%، كما حدث كسر لرأس الجهاز في كلتا المجموعتين بنسبة ٥% في كل مجموعة على حدة. يمكن تفسير ذلك بكون استخراج الأداة في مجموعة العروة غالباً ما يترافق بحدوث تلك الاختلاطات سواء تشكل الدرجة أو الانثقاب عند إدخال الأدوات للمحاولة باستخراج الأداة أو التوسيع حول الأداة.

أجرى الباحثون ((Portela et al., 2022) مراجعة منهجية لدراسات مخبرية تهدف إلى تقييم التقنيات المتوفرة لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة من الأقنية الجذرية، حيث شملت هذه المراجعة دراسات تقييم العديد من التقنيات كالأدوات فوق الصوتية، وتقنية العروة، فضلاً عن الحالات التي كان يصعب فيها استخراج الأدوات فتصار إلى تجاوزها، وقد خلصت نتائج الدراسة إلى أن استعمال الأدوات فوق الصوتية أعطى النتائج الأفضل مع الاختلاطات الأقل، بالمقارنة مع غيرها من التقنيات، متضمنة تقنية العروة في إزالة الأدوات المكسورة.

وفي دراسة أخرى أجراها الباحثون (Souter & Messer, 2005) لتقييم مجموعة من المتغيرات المرافقة لاستخراج الأدوات اللبية المكسورة باستعمال الأجهزة فوق الصوتية، وجد الباحثون أن استعمال الأدوات

فوق الصوتية قلل من خطر حدوث الانتقابات الجذرية عند إزالة الأدوات المكسورة في المواقع الأكثر ذروية في القناة الجذرية، بالمقارنة مع تقنية العروة في إزالة الأدوات المكسورة، وقد أوصت الدراسة باستعمال الأدوات فوق الصوتية بدلاً من تقنية العروة في استخراج الأدوات المكسورة من الأفنية اللبية، وخاصة المنحنية منها.

٥. تقييم المحافظة على مركزية القناة:

أظهرت نتائج هذه الدراسة أنّ مقدار الانحراف عن مركزية القناة كان أكبر في مجموعة العروة منه من مجموعة التقنية المعدلة وذلك في الثلثين الذروي والمتوسط، والمستويات من المستوى (١) إلى المستوى (٦) التي توافق الثلث الذروي والمتوسط، يمكن تفسير ذلك بكون كمية العاج المُزال كانت أكبر في مجموعة العروة مقارنة بمجموعة التقنية المعدلة، وبالتالي فإنّ الانحراف كان أكبر. يمكن أن يعزى ذلك إلى الإزالة الأكبر من العاج في مجموعة العروة مقارنة بمجموعة التقنية المعدلة، وكون الأداة المكسورة كانت عند الثلث الذروي فقط حصلت معظم التغيرات في الثلث الذروي، وبداية الثلث المتوسط وهو الجزء الذي تم فيه تحضير منصة العمل لاستخراج الأداة المكسورة.

إنّ المحافظة على المركزية القناة الجذرية بعد الانتهاء من التحضير القنوي قبل الحشو الجذري يعتمد على التحضير المتوازن للجدران العاجية للقناة الجذرية، بحيث تبقى سماكة كافية من العاج على كامل محيط القناة الجذرية، مما يعطي الجذر السني قدرة التحمل الكافية لمقاومة الجهود المطبقة، فضلاً عن تقليل حدوث الانتقابات الجذرية التالية، في حال إجراء إعادة المعالجة اللبية، حيث أكدت العديد من الدراسات المخبرية والسريية على أهمية الحفاظ على مركزية القناة اللبية فيما يتعلق بنتائج المعالجة اللبية، ونجاحها طويل الأمد، فعلى سبيل المثال أوصت الورقة البحثية للباحثين (Melian, Salceanu, Giuroiu, & Hamburda,)

(2019) بضرورة التأكد من المحافظة على مركزية القناة الجذرية بعد الانتهاء من إجراء مرحلة التحضير القنوي، مما يضمن الوصول الكافي لكامل المنظومة القنوية مع تجنب الإزالة غير الضرورية للعاج السني، والذي بدوره يحقق نتائج أفضل على المدى الطويل ويقلل من خطر حدوث الانتقابات الجذرية أو إضعاف بنية الجذر السني. تتفق نتائج دراستنا مع هذا المبدأ المهم من مبادئ المعالجة اللبية، حيث تعتمد تقنيتنا المطورة على استعمال الأدوات فوق الصوتية، والتي تهدف بشكل أساسي إلى المحافظة على البنية العاجية سليمة للقناة اللبية، مما يتيح القيام بتحضير محافظ قدر الإمكان، والذي إذا ما قورن باستعمال نظام العروة فهو يقدم بديلاً ناجحاً في إزالة الأدوات اللبية المكسورة مع الحفاظ على بنية الجذر السني، فقد أظهرت العديد من الدراسات أن استعمال الأدوات فوق الصوتية في المعالجة اللبية يسمح بتحكم أثر دقة خلال عملية إزالة العاج السني، وخاصة في الألفية المنحنية، مما يساهم في الحفاظ على شكل القناة الطبيعي بالمقارنة مع غيرها من تقنيات إزالة العاج القنوي والتي تعتبر غير محافظة (Arias- Moliz et al., 2024).

٥- الاستنتاجات

(Conclusions)

٥. الاستنتاجات (Conclusions):

ضمن حدود هذه الدراسة، يمكن استنتاج ما يأتي:

١. إنَّ قيم مقدار مدة العمل (بالدقائق) في مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المُعدَّلة كانت أصغر منها

في مجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث.

٢. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات حدوث الاختلاطات أو نوعيتها بين مجموعة نزع الأداة

المكسورة بالتقنية المُعدَّلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث.

٣. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات نتيجة عملية نزع الأداة المكسورة من حيث النجاح

والفشل بين مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المُعدَّلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة

والمبرد في عينة البحث.

٤. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط حجم القناة (بالملم^٣) قبل العمل وبعد التحضير بين

مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المُعدَّلة ومجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في

عينة البحث.

٥. إنَّ قيم حجم القناة (بالملم^٣) بعد نزع الأداة المكسورة في مجموعة نزع الأداة المكسورة بالتقنية المُعدَّلة

كانت أصغر منها في مجموعة نزع الأداة المكسورة بتقنية العروة والمبرد في عينة البحث.

٦. إنَّ قيم حجم القناة (بالملم^٣) بعد التحضير وبعد نزع الأداة المكسورة كانت أكبر منها قبل العمل، وكذلك

نستنتج أن قيم حجم القناة (بالملم^٣) بعد نزع الأداة المكسورة كانت أكبر منها بعد التحضير، وذلك مهما

كانت طريقة نزع الأداة المكسورة في عينة البحث.

٧. إنَّ مقدار الانحراف عن مركزيّة القناة أقل (كونه أقرب إلى ٠) في مجموعة طريقة نزع الأداة المكسورة

باستخدام التقنية المُعدَّلة كان أقل من مجموعة طريقة نزع الأداة المكسورة باستخدام تقنية المبرد والعروة

وذلك في نقطة التلّثين الذروي والمتوسط، وكذلك ضمن مستويات الدراسة من المستوى (١) إلى (٦).

٨. لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار الانحراف عن مركزيّة القناة مهما كانت الطريقة المتّبعة في نزع الأداة المكسورة في منطقة الثلث التاجي، والمستويات (٠) ومن (٧) إلى (١٢).

٦- التوصيات والمقترحات

(Recommendations and Suggestions)

٦. التوصيات والمقترحات (Recommendations and Suggestions):

1.6. التوصيات (Recommendations):

ضمن حدود هذه الدراسة، يمكن التوصية بما يأتي:

١. استعمال التقنية المعدلة في استخراج الأدوات المكسورة كونها تقنية اقتصادية لا تحتاج إلى استعمال المجهر السني.

٢. استعمال التقنية المعدلة في استخراج الأدوات المكسورة لما أبدته من نجاح أفضل مقارنة بتقنية المبرد والعروة من حيث زمن العمل، والانحراف عن مركزيّة القناة.

٢.6. المقترحات (Suggestions):

ضمن حدود هذه الدراسة، يمكن اقتراح ما يأتي:

١. إجراء دراسة سريريّة لتحري فعالية التقنية المعدلة المدروسة في هذا البحث في إزالة الأدوات المكسورة.

٢. إجراء دراسة سريرية مقارنة بين التقنية المعدلة والتقنيات الأخرى في إزالة الأدوات المكسورة.

٣. إجراء دراسة مخبريّة مقارنة بين التقنية المعدلة وتجاوز الأدوات المكسورة.

٧. المراجع

(References)

٧. المراجع:

(A)

- Abbas Bagheri, Mohammad Gharishvandi Abraki, Mohsen Khataminia. (2023). A Review of Endodontic Broken Instrument Removal Techniques. **International Journal of Chemical and Biochemical Sciences**, 23(3), 280-283.
- Abdeen, Mohamed Ashraf, Plotino, Gianluca, Hassanien, Ehab El-Sayed, & Turkey, Mohammed. (2023). Evaluation of dentine structure loss after separated file retrieval by three different techniques: An ex-vivo study. **European Endodontic Journal**, 8(3), 225-230.
- Alapati, Satish B, Brantley, William A, Svec, Timothy A, Powers, John M, & Mitchell, John C. (2003). Scanning electron microscope observations of new and used nickel-titanium rotary files. **Journal of endodontics**, 29(10), 667-669.
- Alfouzan, K, & Jamleh, A. (2018). Fracture of nickel titanium rotary instrument during root canal treatment and re- treatment: a 5- year retrospective study. **International Endodontic Journal**, 51(2), 157-163.
- Aminsobhani, Mohsen, Hashemi, Nasim, Hamidzadeh, Fatemeh, & Sarraf, Pegah. (2024). Broken Instrument Removal Methods with a Minireview of the Literature. **Case Reports in Dentistry**, 24(1), 966-971.
- Amza, Oana, Dimitriu, Bogdan, Suciu, Ioana, Bartok, Ruxandra, & Chirila, Mihaela. (2020). Etiology and prevention of an endodontic iatrogenic event: instrument fracture. **Journal of Medicine and Life**, 13(3), 378-386.
- Arias- Moliz, Maria Teresa, Pérez- Carrasco, Virginia, Uroz- Torres, David, Santana Ramos, Jose Domingo, García- Salcedo, Jose Antonio, & Soriano, Miguel. (2024). Identification of keystone taxa in root canals and periapical lesions of post- treatment endodontic infections: Next generation microbiome research. **International Endodontic Journal**, 14(3), 42-51.
- Arshadifar, Esmaeil, Shahabinejad, Hasan, Fereidooni, Rahim, Shahravan, Arash, & Kamyabi, Homa. (2022). Possibility of Bypassing Three Fractured Rotary NiTi Files and Its Correlation with the Degree of Root Canal Curvature and Location of the Fractured File: An In Vitro Study. **Iranian endodontic journal**, 17(2), 62-69.
- Aydın, Rabia N, & Gençoğlu, Nimet. (2023). Histological Investigation of the Cleaning Effectiveness of Different Biomechanic Processes of Isthmus in Lower Molars. **European Journal of Dentistry**, 17(02), 517-523.

(B)

- Barbosa, AFA, Silva, EJNL, Coelho, BP, Ferreira, CMA, Lima, CO, & Sassone, LM. (2020). The influence of endodontic access cavity design on the efficacy of canal instrumentation, microbial reduction, root canal filling and fracture resistance in mandibular molars. **International Endodontic Journal**, 53(12), 1666-1679.

Bayram, H Melike, Bayram, Emre, Ocak, Mert, Uygun, Ahmet Demirhan, & Celik, Hakan Hamdi. (2017). Effect of ProTaper Gold, Self-Adjusting File, and XP-endo Shaper instruments on dentinal microcrack formation: a micro-computed tomographic study. **Journal of endodontics**, 43(7), 1166-1169.

Belgacem, Haythem Ben Hadj, Tounsi, Rym, Bagga, Sana, Ziada, Saida, & Sahtout, Saida. (2024). Diverse Strategies in Managing Separated Endodontic Instruments: Case Series. **International Dental Journal**, 74(3), S319-S322.

Bhuva, Bhavin, & Ikram, Omar. (2020). Complications in endodontics: Review. **Primary Dental Journal**, 9(4), 52-58.

Bukhari, Khaled Ali, Almalki, Majed Abdullah, Daghestani, Mohsen Hasan, Bogari, Dania Fuad, Aljifan, Mohamad Khalid, Alharbi, Yazeed Mohamad, & Marqoshi, Raif Rashad. (2019). Cyclic fatigue comparison of different manufactured endodontic files. **Saudi Endodontic Journal**, 9(3). ١٩١-١٨٦ ،

Bürklein, Sebastian, Maßmann, Paul, Donnermeyer, David, Tegtmeier, Karsten, & Schäfer, Edgar. (2021). Need for standardization: Influence of artificial canal size on cyclic fatigue tests of endodontic instruments. **Applied Sciences**, 11(11), 495-500.

(C)

Campbell, Les, Shen, Ya, Zhou, Hui-min, & Haapasalo, Markus. (2014). Effect of fatigue on torsional failure of nickel-titanium controlled memory instruments. **Journal of endodontics**, 40(4), 562-565.

Chai, Rong, Jiang, Xinpei, Ma, Ruixia, Zhang, Qiang, Yang, E, & Zhang, Ansheng. (2024). Different strategies for treating intracanal fractured instruments in a single tooth: A case report. **Experimental and Therapeutic Medicine**, 28(5), 411.

Chang, S W, Shim, K S, Kim, Y. C., Jee, Kwang Koo, Zhu, Q, Perinpanayagam, Hiran, & Kum, Kee-Yeon. (2016). Cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and metallurgical characteristics of V taper 2 and V taper 2H rotary NiTi files. **Scanning**, 38 (6), 564-570.

Crump, Merwyn C, & Natkin, Eugene. (1970). Relationship of broken root canal instruments to endodontic case prognosis: a clinical investigation. **The Journal of the American Dental Association**, 80(6), 1341-1347.

(D)

Dako, TIMEA, Bica, CRISTINA IOANA, Lazar, LUMINITA, Lazar, AP, & Monea, MONICA. (2020). Separated instrument management as a procedural accident in endodontics using the EDTA (C10H16N2O8) aided bypassing technique and the ultrasonic removal method. an in Vitro study. **Rev Chim**, 71(11), 73-79.

Darabara, M, Bourithis, L, Zinelis, S, & Papadimitriou, GD. (2004). Susceptibility to localized corrosion of stainless steel and NiTi endodontic instruments in irrigating solutions. **International Endodontic Journal**, 37(10), 705-710.

De Pedro-Muñoz, Ana, Rico-Romano, Cristina, Sánchez-Llobet, Patricia, Montiel-Company, José María, & Mena-Alvarez, Jesus. (2024). Cyclic Fatigue Resistance of Rotary versus Reciprocating Endodontic Files: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Journal of Clinical Medicine**, 13(3), 882-890.

Decurcio, DA, Lim, E, Chaves, GS, Nagendrababu, V, Estrela, C, & Rossi- Fedele, G. (2019). Pre- clinical endodontic education outcomes between artificial versus extracted natural teeth: a systematic review. **International Endodontic Journal**, 52(8), 1153-1161.

Doumari, Bouchra, Drouri, Sofia, El Kharroubi, Soukaina, Skalli, Radia, & Benkiran, Imane. (2024). Management of Intracanal Separated Instrument Using Bypassing and Braiding Techniques. **European Journal of Dental and Oral Health**, 5(1), 1-4.

(F)

Faus-Matoses ,Vicente, Burgos Ibáñez, Eva, Faus-Llácer, Vicente, Ruiz-Sánchez, Celia, Zubizarreta-Macho, Álvaro, & Faus-Matoses, Ignacio. (2022). Comparative Analysis of Ease of Removal of Fractured NiTi Endodontic Rotary Files from the Root Canal System—An In Vitro Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(2), 718-721.

Feghali, Maya, Xhajanka, Edit, Di Nardo, Dario, Bhandi, Shilpa, Kassabian, Pamela, Seracchiani, Marco, . . . Testarelli, Luca. (2021). Incidence of different types of intracanal fracture of nickel–titanium rotary instruments: a systematic review. **JOURNAL OF CONTEMPORARY DENTAL PRACTICE**, 22(4), 427-434.

Ferreira, F, Adeodato, C, Barbosa, I, Aboud, LRDL, Scelza, P, & Zaccaro Scelza, M. (2017). Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: a systematic review. **International Endodontic Journal**, 50(2), 143-152.

Fouad, B, Kikly, A, Belghith, AC, Glii, W, & Hodroj, LF. (2023). Broken file: bypass or ultrasonic removal technique. **J Dent Maxillofacial Res**, 6(2), 33-36.

Fu ,M, Huang, X, He, W, & Hou, B. (2018). Effects of ultrasonic removal of fractured files from the middle third of root canals on dentinal cracks: a micro- computed tomography study. **International Endodontic Journal**, 51(9), 1037-1046.

(G)

Gambarini, Gianluca, Seracchiani, Marco, Zanza, Alessio, Miccoli, Gabriele, Del Giudice, Andrea, & Testarelli, Luca. (2021). Influence of shaft length on torsional behavior of endodontic nickel–titanium instruments. **Odontology**, 109(4), 568-573.

Gencoglu, Nimet, & Helvacioğlu, Dilek. (2009). Comparison of the different techniques to remove fractured endodontic instruments from root canal systems. **European Journal of Dentistry**, 3(02), 90-95.

Glii, Wided, Kikly, Amira, Brigui, Fouad, Belguith, Ameni Chadlia, Zokkar, Neila, & Douki, Nabihah. (2023). Broken File Retrieval in the Lower Left Second Molar Using the Ultrasonic Technique. **Mathews Journal of Dentistry**, 7(2), 1-7.

(J)

Johnsen, Isabell, Bårdsen, Asgeir, & Haug, Sivakami Rethnam. (2023). Impact of case difficulty, endodontic mishaps, and instrumentation method on endodontic treatment outcome and quality of life: a four-year follow-up study. **Journal of endodontics**, 49(4), 382-389.

(K)

Kalogeropoulos, Konstantinos, Xiropotamou, Alexandra, Koletsi, Despina, & Tzanetakis, Giorgos N. (٢٠٢٢). The Effect of Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) Evaluation on Treatment Planning after Endodontic Instrument Fracture. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(7), 4088-3099.

Khalilak, Zohreh, Fallahdoost, Arjang, Dadresanfar, Bahareh, & Rezvani, Gholamreza. (2008). Comparison of extracted teeth and simulated resin blocks on apical canal transportation. **Iranian endodontic journal**, 3(4), 109-114.

Kumar, Balu Santhosh, Krishnamoorthy, Sridevi, Shanmugam, Sandhya, & PradeepKumar, Angambakkam Rajasekharan. (2021). The Time Taken for Retrieval of Separated Instrument and the Change in Root Canal Volume after Two Different Techniques Using Cbct: An: In-Vitro: Study. **Indian Journal of Dental Research**, 32(4), 489-494.

(L)

Liao, Wan-Chuen, Lee, Yuan-Ling, Tsai, Yi-Ling, Lin, Hseuh-Jen, Chang, Mei-Chi, Chang, Shu-Fang, . . . Jeng, Jjiang-Huei. (2019). Outcome assessment of apical surgery: A study of 234 teeth. **Journal of the Formosan Medical Association**, 118(6), 1055-1061.

Liu, He, & Shen, Ya. (2024). Microsurgical removal of an invisible fractured endodontic instrument from a mandibular first molar. **Journal of Dental Sciences**, 19(1), 724.

Lo Savio, F., La Rosa, G., Bonfanti, M., Alizzio, D., Rapisarda, E., & Pedullà, E. (2020). Novel Cyclic Fatigue Testing Machine for Endodontic Files. **Experimental Techniques**, 44(5). ٦٦٥-٦٤٩

(M)

Madarati, Ahmad A. (2019). Factors influencing incidents of complications while using nickel-titanium rotary instruments for root canal treatment. **BMC Oral Health**, 19(1), 241-249.

Martin, Authors_ Drs Dominique, & Machtou, P. (2014). Instrument fracture removal revisited. **Roots**, 10(4), 10-18.

McGuigan, MB, Louca, C, & Duncan, HF. (2013). Clinical decision-making after endodontic instrument fracture. **British dental journal**, 214(8), 395-400.

Melian, Anca, Salceanu, Mihaela, Giuroiu, Cristian Levente, & Hamburda, Tudor Petru. (2019). Access Cavity Preparation: The First Step to A Successful Endodontic Treatment. **Romanian Journal of Medical and Dental Education**, 8(9).

Meng, Yajun, Xu, Jialei, Pradhan, Babita, Tan, Boon Kit, Huang, Dingming, Gao, Yuan, & Zhou, Xuedong. (2020). Microcomputed tomographic investigation of the trepan bur/microtube technique for the removal of fractured instruments from root canals without a dental operating microscope. **Clinical Oral Investigations**, 24(8), 1717-1725.

Mohammadi, Zahed, Soltani, Mohammad Karim, Shalavi, Sousan, & Asgary, Saeed. (2014). A review of the various surface treatments of NiTi instruments. **Iranian endodontic journal**, 9(4), 421-432.

(O)

Oh, Seung-Hei, Ha, Jung-Hong, Kwak, Sang Won, Ahn, Shin Wook, Lee, WooCheol, & Kim, Hyeon-Cheol. (2017). The effects of torsional preloading on the torsional resistance of nickel-titanium instruments. **Journal of endodontics**, 43(1), 157-162.

(P)

Panitvisai, Piyanee, Parunnit, Pimnalin, Sathorn, Chankhrit, & Messer, Harold H. (2010). Impact of a retained instrument on treatment outcome: a systematic review and meta-analysis. **Journal of endodontics**, 36(5), 775-780.

Peters, Ove A, Arias, Ana, & Choi, Andrew. (2020). Mechanical properties of a novel nickel-titanium root canal instrument: stationary and dynamic tests. **Journal of endodontics**, 46(7), 994-1001.

Pillay, Maheshan, Vorster, Martin, & Van der Vyver, Peet J. (2020). Fracture of endodontic instruments-Part 1: Literature review on factors that influence instrument breakage. **South African Dental Journal**, 75(10), 553-563.

Portela, Nathalia Nadalon, Rech, Júlia Petry, Marchionatti, Ana Maria Estivalet, & Barasuol, Jéssica Copetti. (2022). Techniques to address fractured instruments in the middle or apical third of the root canal in human permanent teeth: a systematic review of the in vitro studies. **Clinical Oral Investigations**, 15(4), 1-9.

Pruthi, Preeti Jain, Nawal, Ruchika Roongta, Talwar, Sangeeta, & Verma, Mahesh. (2020). Comparative evaluation of the effectiveness of ultrasonic tips versus the Terauchi file retrieval kit for the removal of separated endodontic instruments. **Restorative dentistry & endodontics**, 45(2), 53-66.

Pruthi, Preeti Jain, Nawal, Ruchika Roongta, Talwar, Sangeeta, Verma, Mahesh %J **Restorative dentistry, & endodontics**. (2020). Comparative evaluation of the effectiveness of ultrasonic tips versus the Terauchi file retrieval kit for the removal of separated endodontic instruments. 45(2) , 43-51.

(R)

Rambabu, T. (2020). Management of fractured endodontic instruments in root canal: a review. **Journal of Scientific Dentistry**, 4(2), 40-48.

Richert, Raphaël, Farges, Jean-Christophe, Villat, Cyril, Valette, Sébastien, Boisse, Philippe, & Ducret, Maxime. (٢٠٢١) Decision support for removing fractured endodontic instruments: a patient-specific approach. **Applied Sciences**, 11(6), 2602-2610.

Ruddle, Clifford J. (2022). An Opening for 3D Cleaning. **ORAL HEALTH**, 45(2), 53-66.

(S)

Saad, Abdelhamied Yousef, Baraktat, Farah T, & Attia, Mohamed I. (2024). Comparative analysis of the efficiency of the Broken Tool Remover-Pen versus Zumax kit in the removal of fractured NiTi files from the root canal system. An in vitro study. **Saudi Endodontic Journal**, 14(3), 348-355.

Shah, Priyal, Attur, Kailash, Vachhani, Kiran, & Shah, Harvy. (2023). Management of separated rotary endodontic instruments: A case series. **Int Endod J**, 9(1), 222-226.

Shahabinejad, Hasan, Ghassemi, Amirreza, Pishbin, Lida, & Shahravan, Arash. (2013). Success of ultrasonic technique in removing fractured rotary nickel-titanium endodontic instruments from root canals and its effect on the required force for root fracture. **Journal of endodontics**, 39(6), 824-828.

Shaik, Izaz, Qadri, Fida, Deshmukh, Rashmi, Clement, Charlo, Patel, Ankita, & Khan, Muhammad. (2022). Comparing techniques for removal of separated endodontic instruments: systematic review and meta-analysis. **International Journal of Health Sciences**, 6(2), 43-55.

Shaji, Athira, Mathan, RR, Varadan, Preethi, & Arumugam, Chakravarthy. (2023). Comparative Evaluation of Root Canal Centering Ability of Two Heat-treated Single-shaping NiTi Rotary Instruments in Simulated Curved Canals: An In Vitro Study. **World**, 14(6), 536-544.

Souter, Nigel J, & Messer, Harold H. (2005). Complications associated with fractured file removal using an ultrasonic technique. **Journal of endodontics**, 31(6), 450-452.

Srivastava, S, Alghadouni, MA, & Alotheem, HS. (2018). Current strategies in metallurgical advances of rotary NiTi instruments: A review. **J Dent Health Oral Disord Ther**, 9(1), 72-77.

Subrata, Aryadi, & Hardini, Nadia. (2019). Removing a fractured instrument from the root canal using ultrasonic tips. **Scientific Dental Journal**, 3(3), 95-99.

Sutjiono, Y, Iskandar, BO, Prahasti, AE, Subrata, A, & Khazin, SM. (2024). Removal of broken file using ultrasonics at one-third apical second molar distal: A case report . **Clinical Oral Investigations**, 9(2), 1-9.

(T)

Tang, Wei-Rong, Smales, Roger J, Chen, Hui-Feng, Guo, Xiao-Yu, Si, Hai-Yan, Gao, Li-Ming, . . . Wu, You-Nong. (2015). Prevention and management of fractured

instruments in endodontic treatment. **World Journal of Surgical Procedures**, 5(1), 82-98.

Terauchi, Yoshi, Ali, Wagih Tarek, & Abielhassan, Mohamed Mohsen. (2022). Present status and future directions: removal of fractured instruments. **International Endodontic Journal**, 55, 685-709.

(U)

Ungerechts, C., Bårdsen, A., & Fristad, I. (2014). Instrument fracture in root canals - where, why, when and what? A study from a student clinic. **International Endodontic Journal**, 47(2), 183-190.

(V)

Van der Vyver, Peet J, Vorster, Martin, & Jonker, Casper H. (2020). Modern considerations when approaching fractured endodontic instruments-Part 2: A review of the literature and clinical techniques. **South African Dental Journal**, 75(10), 564-574.

Venino, Pier Matteo, Citterio, Claudio Luigi, Pellegatta, Alberto, Ciccarelli, Marta, & Maddalone, Marcello. (2017). A micro-computed tomography evaluation of the shaping ability of two nickel-titanium instruments, HyFlex EDM and ProTaper next. **Journal of endodontics**, 43(4), 628-632.

(Y)

Yamaguchi, Mikiyo, Noiri, Yuichiro, Itoh, Yoshihiro, Komichi, Shungo, Yagi, Kyoko, Uemura, Reo, Hayashi, Mikako. (2018). Factors that cause endodontic failures in general practices in Japan. **BMC Oral Health**, 18(4), 1-5.

Yang, Q., Shen, Y., Huang, D., Zhou, X., Gao, Y., & Haapasalo, M. (2017). Evaluation of Two Trephine Techniques for Removal of Fractured Rotary Nickel-titanium Instruments from Root Canals. **J Endod**, 43(1), 116-120.

(Z)

Zupanc, J, Vahdat- Pajouh, N, & Schäfer, E. (2018). New thermomechanically treated NiTi alloys—a review. **International Endodontic Journal**, 51(10), 1088-1103.

٨. الملاحق

(Appendixes)

الملحق (١): استمارة الدراسة المخبرية للبحث.

SYRIAN ARAB REPUBLIC

Damascus University

School of Dentistry

—*—



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

—*—

قسم مداواة الأسنان

الدراسة المخبرية لحالات عيّنات بحث الماجستير بعنوان:

أثر تجاوز الأدوات المكسورة أو إزالتها بالأمواج فوق الصوتية على مقاومة الجذر للكسر

(دراسة مخبرية مقارنة)

رقم الحالة المخبرية: رقم السن:

المجموعة التي ينتمي إليها السن (حسب تصنيف العينة المخبرية):

١ - كمية العاج المزال:

قبل العمل	بعد تحضير القناة	بعد استخراج الأداة المكسورة

٢ - تقييم نجاح التقنية: نعم ☐ لا ☐

٣ - الفترة الزمنية المستغرقة في الإجراء:

٤ - الاختلاطات الحاصلة (في حال حدوثها):

.....

٥- المحافظة على مركزية القناة:

رقم المستوى	كمية العاج المُزالة من الجدار الداخلي	كمية العاج المُزالة من الجدار الخارجي
٠		
١		
٢		
٣		
٤		
٥		
٦		
٧		
٨		
٩		
١٠		
١١		
١٢		

rate of 80% compared to 95% for the other group, and the average canal size before working in the modified technology group and the file and loop group (2.96 and 2.98 mm^3) respectively, and after preparation it reached (4.24 mm^3) in the modified technology group, and (4.16 mm^3) in the second group, while after removing the broken instrument, the size in the modified technology group reached (5.21 mm^3), and (5.79 mm^3) in the file and loop group, which indicates that there are statistically significant differences ($P<0.05$). The amount of removed dentin at all levels (except level 1 and 2) was lower in the modified technology group, and therefore the amount of deviation from centering–ability is lower in this group.

Conclusion: Within the limits of this study, it can be concluded that the modified technique in removing broken instruments showed superiority over the file and loop technique in terms of the time taken to remove the instrument, the less dentin removed resulting from the removal, as well as the number of fewer complications.

Key Words: Broken Instruments – Retrieval of Broken Instruments – Amount of Removed Dentin – Centering–ability.

Abstract:

Aims and Background: Root canal therapy is a treatment procedure with complications, where several procedural errors can occur, the most common of which is the separated of instruments within the root canal. Removing the broken instrument is a challenge for the practitioner as it carries the risk of moving to another mix, as well as the possibility of losing a large amount of dentin during the removing of the instrument, so the appropriate technique should be chosen to remove the broken instrument. This research aims to compare two techniques in removing broken instrument in terms of: the amount of final removed dentin, the time taken to remove the tool, the complications that occurred during removal, as well as maintaining the central ability.

Materials and Methods: An in vitro study was conducted on 40 lower premolars, where within the root canal an artificial fracture of a red automatic cooler (0.04) was made in the apical third of the tooth, with a length of 4 mm. The research sample was randomly divided into two equal groups: the first group, which is the group of removing broken instrument using a kit (BTR), and the second group, which is an experimental group that relies on removing broken instrument using ultrasonic vibrations. The study evaluated the amount of dentin removed by taking three CBCT sections (before work, after preparing the canal, and after removing the broken tool), as well as the time taken from the start of removing of the instrument until its removal, and the complications that occurred during the removing of the instrument, as well as maintaining the central ability by studying the amount of dentin removed from the inner and outer walls of the canal.

Results: The results of this study showed that the average time taken to remove the broken instrument using the modified technique was 27.01 min, and in the file and loop group 33.70 min, while the complications occurred in 5 cases for the file and loop group compared to only one case in the modified technology group, while as a

result of removing the broken instrument, the modified technology group achieved a success

Syrian Arab Republic
Damascus University
Damascus University Journal



الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
مديرية مجلات جامعة دمشق

موافقة نشر research approval

Damascus: 01/09/2025

دمشق: 01/09/2025

No. : 1624

رقم البحث: 1624

ود/16880

ود/16880

Dear

السادة

Dr. Modar Wafek Hamdan

د. مضر وفيق حمدان

Dr. Hisham Faiz Alafif

د. هشام فايز العفيف

We are pleased to inform you that
your research entitled:

يسرنا إعلامكم أن بحثكم المعنون:

" Evaluation of Canal Centering
Preservation during Removal of
Fractured Instruments Using
Different Technique: An in Vitro
Study "

" تقييم المحافظة على مركزية القناة عند
استخراج الأدوات المكسورة بعدة تقنيات
مختلفة: دراسة مخبرية "

submitted to us on 17/08/2025
has been accepted by Damascus
University Journal for Health
Sciences.

المرسل إلينا بتاريخ 2025/08/17
قد قبل للنشر في مجلة جامعة دمشق للعلوم
الطبية

On 01/09/2025 .

بتاريخ 01/09/2025.

Best regards.

مع فائق الاحترام

Editor in chief for Health
Sciences

رئيس التحرير مجلة العلوم الطبية

Prof. Marwan Jamil Alhalabi

أ. د. مروان جميل الحلبي

Director of journal

مدير المجلات

Prof. Ahed Elias Abou younes

أ. د. عهد إلياس أبو يونس

ISSN 2072-2265

ISSN:2789-6889(online)

Syrian - Damascus University - Damascus
University Journal

سورية - جامعة دمشق - مديرية المجلات

Journals.dpt@damascusuniversity.edu.sy

الجمهورية العربية السورية
وزارة الاقتصاد والصناعة
الرقم: ٨٥٤٦ / ١٦١
٤٥٥٤

1400

Syrian Arab Republic

Damascus University

Faculty of Dental Medicine

Department of Operative and Endodontic Dentistry



The Effect of Removing Broken Instruments Using The Loop Technique and Modified Ultrasonic Technique on The Amount of Dentin Removed

(An in Vitro Study)

A Research Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master in Operative and Endodontic Dentistry

By:

Modar Hamdan

Supervisor:

Prof. Dr. Hisham Alafef

Professor at the Department of Operative and Endodontic Dentistry –
Damascus University

2025