الجمهوريّة العربيّة السّوريّة
جامعة دمشق
كلية طب الأسنان
قسم مداواة الأسنان

فعالية الجريان الضوئيّ–الصوتيّ المُحدَث بواسطة ليزر الإيربيوم (Er:YAG) ضمن سوائل الإرواء القنويَّة في إزالة الفضلات العاجيَّة

(دراسة مخبريّة)

Effectiveness of Photoacoustic Streaming Induced by Erbium: YAG laser in Root Canal Irrigants to Remove Dentine Debris

(in vitro study)

أُطروحة قُدِّمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير في علوم طب الأسنان – اختصاص مداواة أسنان

إعداد الباحث

رامي حمد زين الدين

إشراف

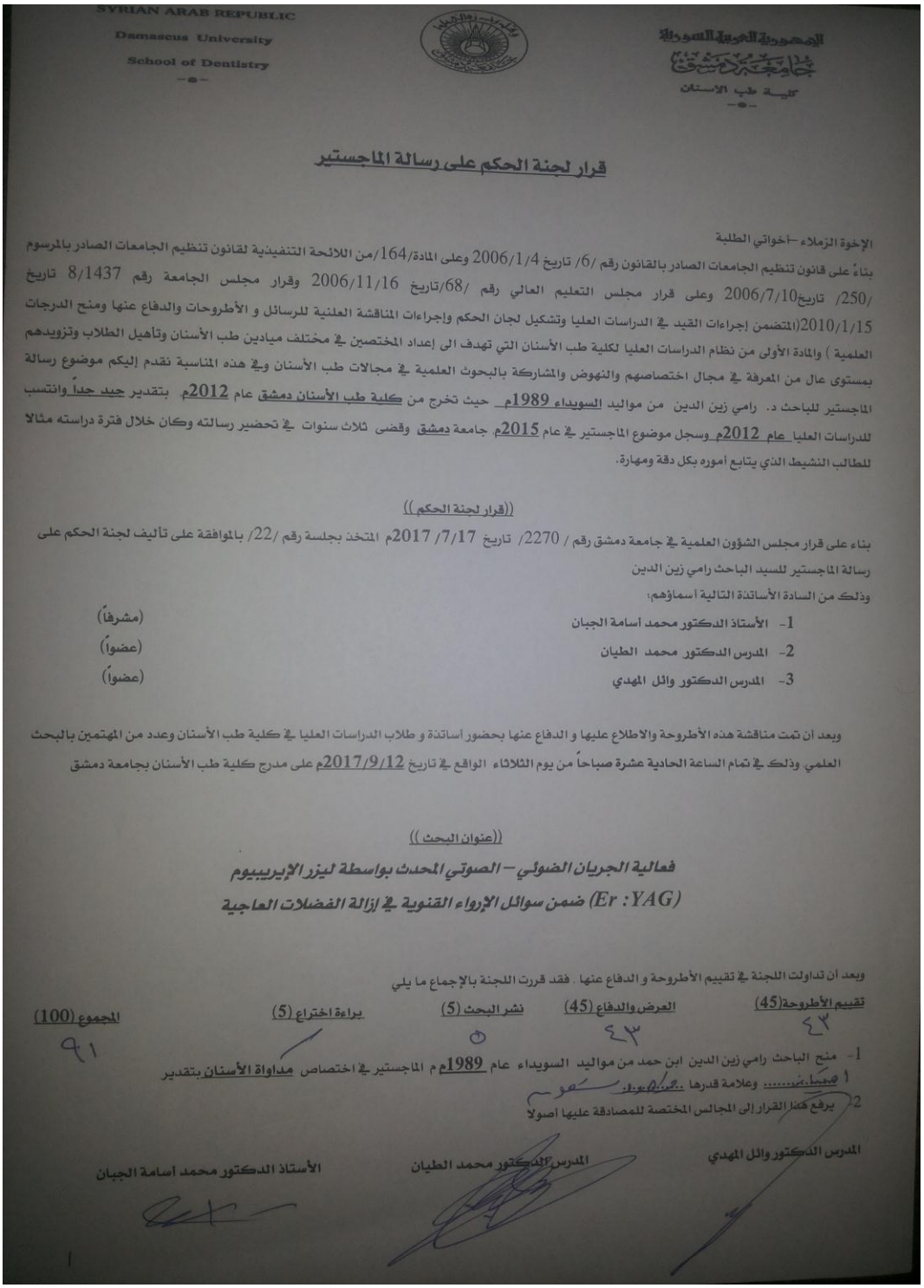
الأستاذ الدكتور محمد أسامة الجبان

المشرف المشارك

المدرس الدكتور عمر حمادة

2017 م/1438 هـ

صورة عن قرار لجنة الحكم على رسالة الماجستير



SYRIAN ARAB REPUBLIC
Damascus University
School of Dentistry

الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية طب الأسنان

قرار لجنة الحكم على رسالة الماجستير

الإخوة الزملاء –أخواتي الطلبة

بناءً على قانون تنظيم الجامعات الصادر بالقانون رقم /6/ تاريخ 2006/1/4 وعلى المادة/164/من اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادر بالمرسوم /250/ تاريخ2006/7/10 وعلى قرار مجلس التعليم العالي رقم /68/تاريخ 2006/11/16 وقرار مجلس الجامعة رقم 8/1437 تاريخ 2010/1/15(المتضمن إجراءات القيد في الدراسات العليا وتشكيل لجان الحكم وإجراءات المناقشة العلنية للرسائل و الأطروحات والدفاع عنها ومنح الدرجات العلمية) والمادة الأولى من نظام الدراسات العليا لكلية طب الأسنان التي تهدف الى إعداد المختصين في مختلف ميادين طب الأسنان وتأهيل الطلاب وتزويدهم بمستوى عال من المعرفة في مجال اختصاصهم والنهوض والمشاركة بالبحوث العلمية في مجالات طب الأسنان وفي هذه المناسبة نقدم إليكم موضوع رسالة الماجستير للباحث د. رامي زين الدين من مواليد السويداء 1989م حيث تخرج من كلية طب الأسنان دمشق عام 2012م بتقدير جيد جداً وانتسب للدراسات العليا عام 2012م وسجل موضوع الماجستير في عام 2015م جامعة دمشق وقضى ثلاث سنوات في تحضير رسالته وكان خلال فترة دراسته مثالا للطالب النشيط الذي يتابع أموره بكل دقة ومهارة.

((قرار لجنة الحكم))

بناء على قرار مجلس الشؤون العلمية في جامعة دمشق رقم / 2270/ تاريخ 2017/7/17م المتخذ بجلسة رقم /22/ بالموافقة على تأليف لجنة الحكم على رسالة الماجستير للسيد الباحث رامي زين الدين

وذلك من السادة الأساتذة التالية أسماؤهم:

1- الأستاذ الدكتور محمد أسامة الجبان (مشرفاً)
2- المدرس الدكتور محمد الطيان (عضواً)
3- المدرس الدكتور وائل المهدي (عضواً)

وبعد أن تمت مناقشة هذه الأطروحة والاطلاع عليها و الدفاع عنها بحضور أساتذة و طلاب الدراسات العليا في كلية طب الأسنان وعدد من المهتمين بالبحث العلمي وذلك في تمام الساعة الحادية عشرة صباحاً من يوم الثلاثاء الواقع في تاريخ 2017/9/12م على مدرج كلية طب الأسنان بجامعة دمشق

((عنوان البحث))

فعالية الجريان الضوئي – الصوتي المحدث بواسطة ليزر الإيربيوم (Er : YAG) ضمن سوائل الإرواء القنوية في إزالة الفضلات العاجية

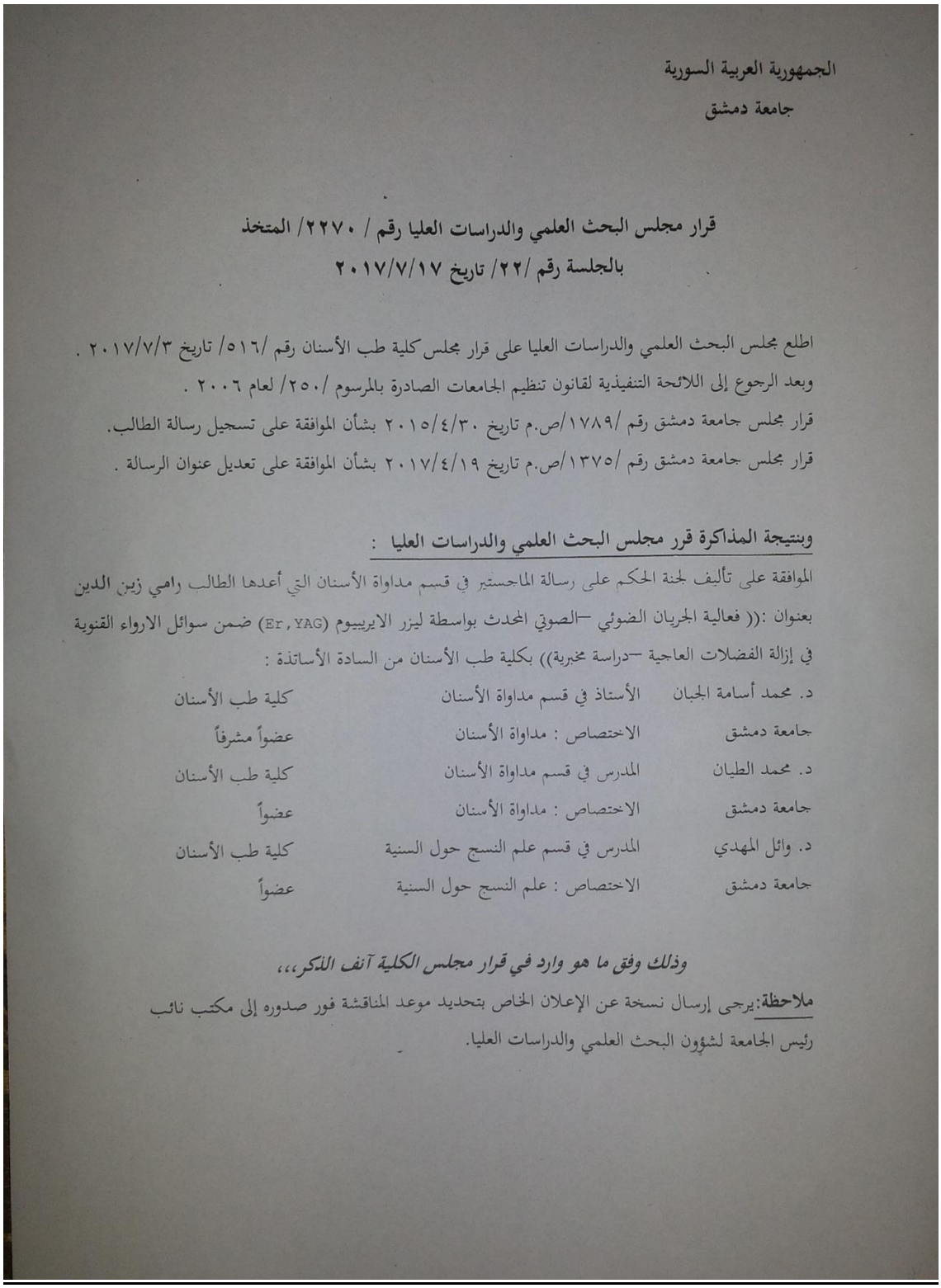
وبعد أن تداولت اللجنة في تقييم الأطروحة و الدفاع عنها . فقد قررت اللجنة بالإجماع ما يلي

تقييم الأطروحة(45)	العرض والدفاع (45)	نشر البحث (5)	براءة اختراع (5)	المجموع (100)
٤٣	٤٣	٥		٩١

1- منح الباحث رامي زين الدين ابن حمد من مواليد السويداء عام 1989م م الماجستير في اختصاص مداواة الأسنان بتقدير ممتاز..... وعلامة قدرها ..جيد جدا.. صوم
2- يرفع هذا القرار إلى المجالس المختصة للمصادقة عليها اصولا

المدرس الدكتور وائل المهدي — المدرس الدكتور محمد الطيان — الأستاذ الدكتور محمد أسامة الجبان

صورة عن قرار مجلس البحث العلمي بتشكيل لجنة الحكم



الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق

قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم / ٢٢٧٠/ المتخذ
بالجلسة رقم /٢٢/ تاريخ ٢٠١٧/٧/١٧

اطلع مجلس البحث العلمي والدراسات العليا على قرار مجلس كلية طب الأسنان رقم /٥١٦/ تاريخ ٢٠١٧/٧/٣ .
وبعد الرجوع إلى اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادرة بالمرسوم /٢٥٠/ لعام ٢٠٠٦ .
قرار مجلس جامعة دمشق رقم /١٧٨٩/ص.م تاريخ ٢٠١٥/٤/٣٠ بشأن الموافقة على تسجيل رسالة الطالب.
قرار مجلس جامعة دمشق رقم /١٣٧٥/ص.م تاريخ ٢٠١٧/٤/١٩ بشأن الموافقة على تعديل عنوان الرسالة .

وبنتيجة المذاكرة قرر مجلس البحث العلمي والدراسات العليا :

الموافقة على تأليف لجنة الحكم على رسالة الماجستير في قسم مداواة الأسنان التي أعدها الطالب **رامي زين الدين** بعنوان :((فعالية الجريان الضوئي –الصوتي المحدث بواسطة ليزر الايربيوم (Er,YAG) ضمن سوائل الارواء القنوية في إزالة الفضلات العاجية –دراسة مخبرية)) بكلية طب الأسنان من السادة الأساتذة :

د. محمد أسامة الجبان	الأستاذ في قسم مداواة الأسنان	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص : مداواة الأسنان	عضواً مشرفاً
د. محمد الطيان	المدرس في قسم مداواة الأسنان	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص : مداواة الأسنان	عضواً
د. وائل المهدي	المدرس في قسم علم النسج حول السنية	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص : علم النسج حول السنية	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.

تصريح

"لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة تمَّ أخذه بالكامل من عمل آخر أو أُنجِز للحصول على شهادة أخرى في هذه الجامعة أو أي جامعة أخرى أو أي معهد تعليمي"

الإهداء Dedication

إلى كلِّ البداياتِ الجميلةِ..... أُمي

كلمة شكر

يولد العرفان من رحم النهاية ليزهر بدايةً جديدةً. وبعد قلب الصفحة الأخيرة من هذه الرحلة الطويلة والشاقة إلى حدٍّ ما لابدّ من البوح بمشاعر الامنتان والتقدير لأولئك الذين كان لهم أيادٍ بيضاء في انجاز هذا العمل والذي ما كان ليكون لولا كانوا نوراً ينير الدرب وسنداً في أحلك اللحظات وأخص بالذكر:

الأستاذ الدكتور محمد أسامة الجبان نائب العميد للشؤون الإدارية –جامعة دمشق –كلية طب الأسنان. ذلك الإنسان الخلوق الطيب قبل أن يكون الأستاذ القدوة والمثل الأعلى الذي شرفني بإشرافه على هذا البحث فكان خير سندٍ وخير معلمٍ. أستاذي ومعلمي كل الشكر والأمنتان.

المدرس الدكتور عمر حمادة النائب العلمي للمعهد العالي لبحوث الليزر وتطبيقاته. الغنيُّ عن التعريف بعلمه وتوقه الدائم لتقديم المساعدة العلمية فكان خير من شارك في الإشراف على هذا البحث فعلمني وساندني وقوَّم أخطائي وصحح عثراتي. من القلب .... كل العرفان والتقدير.

المدرس الدكتور محمد الطيان المدرس في قسم مداواة الأسنان–جامعة دمشق. الأستاذ القدير الذي لم ينفك يمتعنا وزملائي طوال سنوات دراستنا بمحاضراته القيَّمة وحثّه لنا على العلم ليكمل صنيعه معي بالمشاركة في تحكيم هذه العمل الذي أتمنى أن ينال اعجابه.

المدرس الدكتور وائل المهدي المدرس في قسم النسج حول السنية –جامعة دمشق. المثال الأوضح للإنسان الخلوق المتواضع والمعلم السخيُّ المتفاني فكان شرفاً لي قبوله المشاركة في تحكيم هذا العمل المتواضع.

كما أقف إجلالاً واحتراماً أمام هذا الصرح العلمي الشامخ، الصامد رغم كل الصعاب:



وأتوجه بالشكر بشكل خاصٍ إلى **كلية طب الأسنان بجامعة دمشق** ممثلةً:

بالأستاذ الدكتور محمد سالم ركاب عميد الكلية، **والأستاذة الدكتورة رانيا حداد** نائب العميد للشؤون العلمية، **والأستاذ الدكتور محمد أسامة الجبان** نائب العميد للشؤون الإدراية. والشكر موصول لكل أساتذة الكلية في كل الأقسام وأخص منهم أساتذة قسم مداواة الأسنان لما قدموه لي من علم ودعم في مختلف مراحل دراساتي. وأخص بالذكر **الأستاذ الدكتور هشام العفيف** الأب والمعلم والصديق صاحب القلب الطيب والعلم الغزير. كذلك **المدرس الدكتور حسام مللي** الذي كان خير ناصح وصديق.

ختاماً أتوجه بالشكر لزملائي طلاب الدراسات العليا في مختلف الأقسام والذين لم يتوانوا عند تقديم كل مساعدةٍ ممكنةٍ ليتم هذا العمل المتواضع على أكمل وجه. وأخص بالذكر **الدكتور أيهم حجاز، الدكتور فراس عامر، الدكتور يامن السمان، الدكتور رامي العيسمي** لمساعدتهم لي في تأمين عينة البحث وتطبيق مراحل العمل فكانوا رفاق درب ونعم الأصدقاء.

List of Contents قائمة المحتويات

قائمة الجداول List of Tables 3

قائمة الأشكال List of Figures 4

قائمة بالاختصارات List of Abbreviations 6

المقدمة Introduction 7

أهداف البحث Aims of the Study 10

الباب الأول: المراجعة النظرية Literature Review 11

1-1 المعالجة اللبيَّة Root Canal Treatment: 12

١-١-١ التحضير الميكانيكيّ Instrumentation: 13

-٢-١-١الإرواء Irrigation: 16

-١-٢-١-١سوائل الإرواء Irrigant Solutions: 17

2-1-الإرواء التقليديُّ Conventional Irrigation: 20

-١-٢-١العوامل المؤثرة في فعالية الإرواء التقليديّ: 22

-١-١-٢-١كمية سائل الإرواء Volume: 22

-٢-١-٢-١أبعاد القناة الجذريَّة Dimension of the Root Canal: 23

-٣-١-٢-١انحناء القناة الجذريَّة Curvature of The Root Canal: 24

-٤-١-٢-١تشريح المنظومة القنويَّة Anatomy of the Root Canal System: 25

-٥-١-٢-١ظاهرةُ الفقاعة المنحصرة Vapor Lock Phenomenon: 26

-٦-١-٢-١تصميم إبرة الإرواء Needle Tip Design: 27

3-1-وسائل تفعيل سائل الإرواء Irrigant Activation Methods: 28

-١-٣-١تقنية التفعيل الحركيِّ اليدويِّ Manual Dynamic Activation Technique: 29

-٢-٣-١الإرواء المُفعَّل صوتيّاً Sonic Activated Irrigation: 30

-٣-٣-١الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً Ultrasonically Activated Irrigation: 31

-١-٣-٣-١آلية العمل Working Mechanism: 31

-٢-٣-٣-١زمن التفعيل Time of Activation: 34

-٣-٣-٣-١طريقة الغسل Flushing Method: 34

-٤-٣-٣-١أبعاد القناة الجذريَّة Dimension of The Root Canal: 36

-٥-٣-٣-١اتجاه التذبذب Oscillation Direction: 36

-٤-٣-١الليزر laser: 37

-١-٤-٣-١استخدامات الليزر في المداواة اللبيَّة Laser Use in Endodontics: 39

-٢-٤-٣-١الإرواء المُفعَّل بالليزر Laser-Activated Irrigation (LAI): 43

الباب الثاني: مواد وطرائق البحث Materials and methods 54

2-1- العينة Samples: 55

-١-١-٢ معايير الدخول في الدراسة Inclusion Criteria: 55

-٢-١-٢معايير الاستبعاد من الدراسة Exclusion Criteria: 55

2-2-المواد والأجهزة المُستخدمة في الدراسةMaterials and devices used in the study : 56

-١-٢-٢الأجهزة المستخدمة: 56

-٢-٢-٢ المواد المستخدمة: 59

2-3-الطرائق Methods: 64

-١-٣-٢تصميم الدراسة study design: 64

-٢-٣-٢ جمع العينة: 63

-٣-٣-٢ مرحلة التشكيل القنويّ: 66

-٤-٣-٢ مرحلة الشطر النصفي: 68

-٥-٣-٢ مرحلة تحضير الميازيب الصنعيَّة: 70

٦-٣-٢- مرحلة تطبيق الفضلات العاجيَّة: 72

-٧-٣-٢ مرحلة تطبيق برتوكول الإرواء: 73

-٨-٣-٢مرحلة تقييم كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية: 76

2-4-التحاليل الإحصائية Statistical Analysis: 78

الباب الثالث: النتائج والدراسة الإحصائية Results and statistical analysis 79

3-1-وصف العينة: 80

3-2- الدراسة الإحصائية التحليلية: 80

-١-٢-٣نتائج تحديد درجة كمية الفضلات العاجيَّة في عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة والمرحلة المدروسة وموقع القياس: 81

-٢-٢-٣دراسة تأثير المرحلة المدروسة في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة في عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة وموقع القياس: 83

-٣-٢-٣ دراسة تأثير تقنية الإرواء المدروسة في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء في كلا موقعي القياس: 85

-٤-٢-٣ دراسة تأثير موقع القياس في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة: 88

الباب الرابع: المناقشة Discussion 91

الباب الخامس: الاستنتاجات Conclusions 111

الباب السادس: المقترحات والتوصيات Recommendations & Suggestions 113

الباب السابع: المراجع References 115

قائمة الجداول List of Tables

جدول 1. استخدامات الليزر في المداواة اللبيَّة.....39

جدول 2. يبين توزع عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة. 79

جدول 3. يبين توزع الدرجات المعتمدة لكمية الفضلات العاجيَّة المتبقية والقيمة الموافقة المعطاة لكل درجة. 80

جدول 4. يبين نتائج تحديد درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية في عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة والمرحلة المدروسة (قبل الإرواء / بعد الإرواء) وموقع القياس (ميزاب ذرويّ/ ميزاب تاجيّ). 81

جدول 5. يبين الرتب ذات الإشارة الجبرية لدرجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بين المرحلتين المدروستين (قبل الإرواء، بعد الإرواء) وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة وموقع القياس. 83

جدول 6. يبين نتائج اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بين المرحلتين المدروسين (قبل الإرواء، بعد الإرواء) في عينة البحث، وذلك وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة وموقع القياس. 83

جدول 7. يبين متوسط الرتب لدرجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء في عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة في كلا موقعي القياس 85

جدول 8. يبين نتائج اختبار Kruskal–Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء بين تقنيات الإرواء المدروسة في كلا موقعي القياس. 85

جدول 9. يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق الثنائية في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء بين تقنيات الإرواء المدروسة ضمن البحث في كلا موقعي القياس.....86

جدول 10. يبين متوسط الرتب لدرجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية وفقاً لموقع القياس وتقنية الإرواء المدروسة 88

جدول 11. يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بين موقعي القياس المدروسين (في الميزاب الذرويّ، في الميزاب التاجيّ) في عينة البحث، وذلك وفقا ًلتقنية الإرواء المدروسة. 88

List of Figures قائمة الأشكال

الشكل 1: a–تمثيل ثلاثي الأبعاد لمسوحات micro CT يمثِّل التعقيد التشريحي للمنظومة القنويَّة. 14

الشكل 2. رؤوس إبر الإرواء 22

الشكل 3. يوضح محدودية إجراءات الإرواء التقليديّ باستخدام micro CT scans. 26

الشكل 4: نموذج الاهتزازات المتولدة عن المبرد المُفعَّل فوق صوتياً ضمن الوسط السائل 33

الشكل 5: يوضح تقنية التشعيع المباشر باستخدام الليزر. 41

الشكل 6. يوضِّح الفقاعات المُحدَثة بواسطة الليزر. 44

الشكل 7. يوضِّح أنماطاً مختلفةً من رؤوس الليزر المستخدمة في تفعيل الإرواء. 47

الشكل 8. a. جهاز ليزر الإيربيوم من شركة FOTONA. b. قبضة R14.FOTONA 56

الشكل 9. جهاز التفعيل فوق الصوتيّ للاستخدام اللبي P5 Booster,Satelec 57

الشكل 10. جهاز التحضير الآلي X.smartplus, Dentsply Maillefer 57

الشكل 11. المكبرة المخبرية (Meiji techno, Japan). 58

الشكل 12. آلة التصوير الرقمية 58

الشكل 13. أداة تقليح حول سنية CK6 (Medesy–Italy) 59

الشكل 14. الفرجار الرقمي Star Nak 59

الشكل 15. هيبوكلورايد الصوديوم Naocl بتركيز 5.25% ضمن عبوة كتيمة للضوء 59

الشكل 16. محلول خالب EDTA بتركيز 17% (Maouira, Brazil) 60

الشكل 17. المحقنة البلاستيكية 60

الشكل 18. إبرة الإرواء ذات الثقبة الجانبية 60

الشكل 19. قرص الفصل الماسي 61

الشكل 20. a.المحوِّل الخاص لوصل المبرد مع قبضة الجهاز فوق الصوتيّ. b– المبرد موصلاً مع المحول 61

الشكل 21. مادة الطبع المطاطية Zetaplus–Zhermack 62

الشكل 22. رؤوس التفعيل فوق الصوتيّة Satelec–France 62

الشكل 23. رأس الليزر X–pulse(400µm/14mm) من شركة FOTONA. 63
الشكل 24. عينة الدراسة مؤلفة من 45 سن حديثة القلع. 64
الشكل 25. إزالة القلح وبقايا النسج الرخوة بواسطة أداة التقليح حول السنية CK6 65
الشكل 26. صورة شعاعية لإحدى أسنان العينة مأخوذة بالاتجاهين الأنسي – الوحشي والدهليزي – اللساني..... 65
الشكل 27. فتح الحجرة اللبيَّة.. 66
الشكل 28–سبر القناة بمبرد #10 K–file. b– معاينة نفوذ المبرد عبر الثقبة الذرويّة. 66
الشكل 29. a– قياس طول السن وتحديد الطول الموحد المطلوب.. 67
الشكل 30. a–السنبلة الكروية المخصصة لحفر الحجرة اللبيَّة الصنعيَّة. 68
الشكل 31. a– وضع السن بشكل عمودي ضمن القالب الحاوي على مادة الطبع المطاطية. 69
الشكل 32. حفر الميازيب الطولية على السطح الخارجي للجذر تمهيداً لفلعه 69
الشكل 33. فلع السن. 70
الشكل 34. تعديل المكثف الجانبي spreader ووصله مع المحول الخاص بالجهاز فوق الصوتيّ. 70
الشكل 35. شكل ترسيمي يوضح النموذج المستخدم في هذا البحث. 71
الشكل 36. يوضح طريقة تحضير الفضلات العاجيَّة. 72
الشكل 37. صورة للميزاب الصنعي المملوء بالفضلات العاجيَّة باستخدام المكبرة المخبرية تحت تكبير 20x 72
الشكل 38. a– ختم الذروة وكامل الفجوات على طول الجذر بالشمع. 73
الشكل 39. يوضح عينة البحث بعد تحضيرها ووضعها ضمن القوالب المطاطية وتقسيمها إلى ثلاث مجموعات .. 73
الشكل 40. يوضح الإرواء التقليديّ 74
الشكل 41. التفعيل فوق الصوتيّ. 75
الشكل 42. الإرواء المُفعَّل بالليزر. 76
الشكل 43. يوضح نظام التسجيل المستخدم في تقييم كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء 77

List of Abbreviations قائمة بالاختصارات

Micro CT.....التصوير المقطعي المحوسب

Naocl.....هيبوكلورايد الصوديوم

CHX ..... كلورهكسيدين

EDTA..... **حمض إيثلين دي أمين تترا أسيدك**

H_2O_2.....بيروكساید الهيدروجين

IPI. ..... يودين البوتاسيوم

HClO ..... حمض الهيبوكلورايد

OCl..... شوارد الهيبوكلورايد

CI..... الإرواء التقليديّ

UAI.. .....الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً

LAI ..... الإرواء المُفعَّل بالليزر

PUI.....الإرواء فوق الصوتيّ السلبيّ

Introduction المقدمة

يعدُّ التحضير الميكانيكيُّ الحيويُّ Biomechanical preparation واحداً من أهم الإجراءات خلال المعالجة اللبيَّة. ويشمل كلاً من التشكيل Shaping من جهةٍ أولى والذي يعتمد على استعمال الأدوات لقطع وتشكيل جدران القناة وإعطائها شكلاً مناسباً لإجراءات الإرواء والحشو لاحقاً؛ والتنظيف Cleaning من جهةٍ ثانيةٍ والذي يعتمد بدوره على استعمال سوائل الإرواء القنويَّة (Hülsmann et al., 2001). على الرَّغم من التطور الكبير الذي شهدته الأدوات المُستخدَمة في التشكيل القنويِّ إلاَّ أنَّها لا تزال غير فعَّالةٍ في التنضير الكامل للمنظومة القنويَّة Root canal system (Hülsmann et al., 2005). ويعود ذلك بشكلٍ أساسيٍّ إلى التعقيد التشريحي لهذه المنظومة بما تحتويه من شذوذات (Peters, 2004, Ricucci and Bergenholtz, 2003)، ممّا يجعل الأدوات غير قادرةٍ على تنضير كامل السطوح والشذوذات ضمن القناة الجذريَّة تاركةً مناطق غير مُحضَّرةٍ (Wu et al., 2003a, Peters et al., 2001b). هذه الشذوذات والمناطق غير المُحضَّرة تمتلئ بنواتج التحضير والفضلات العاجيَّة Dentine debris ممَّا يسئ إلى الختم وينعكس سلباً على نتائج المعالجة (Peters and Barbakow., 2000, Wu and Wesselink., 2001a). لذلك، فإنَّ التشكيل القنويّ يترافق دائماً مع الإرواء بهدف تنضير المناطق والسطوح التي لا تطالها الأدوات. غالباً ما يتمّ استخدام مركب محقنة _ إبرة لإيصال محلول الإرواء إلى داخل القناة الجذريَّة فيما يصطلح على تسميته بتقنية الإرواء التقليديّ Conventional Irrigation (CI). لكن، يُعتبَر فعل التدفق المُحدَث بهذه التقنية ضعيفاً وغير فعّالٍ في إزالة الفضلات العضويَّة وغير العضويَّة من شذوذات القناة الجذريَّة خاصة في الجزء الذرويّ (Lee et al., 2004, Huang et al., 2008). لذلك، تمّ اقتراح العديد من الطرق والأجهزة بهدف تفعيل الإرواء وتحسين انتشاره ضمن المنظومة القنويَّة مثل الأجهزة الصوتيّة وفوق الصوتيّة وحديثاً الليزر.

يتمّ استخدام الليزر لتفعيل الإرواء عبر نقل طاقته النبضيَّة إلى السائل داخل القنويّ مما يخلق هيجاناً وحركةً سريعةً ضمنه إضافةً إلى تشكُّل موجاتٍ قصيّةٍ قادرةٍ على خلخلة الفضلات وجرفها خارج القناة الجذريَّة (Blanken et al., 2009). هذه التقنية تُعرَف بالإرواء المُفعَّل بالليزر Laser Activated Irrigation (LAI) والتي تستخدم غالباً ليزرات الإيربيوم Erbium Lasers بإعدادات طاقةٍ مختلفةٍ مع رؤوسٍ ليزريةٍ ذات تصاميم متنوعة تُوضع عادةً داخل القناة الجذريَّة على مسافةٍ معينةٍ من الطول العامل. حديثاً، العديد من الدراسات اقترحت استخدام رأس الليزر ضمن الحجرة اللبيَّة فقط دون إدخاله داخل القناة الجذريَّة ووجدت أنَّ هذه الطريقة قادرةٌ على دفع سائل الإرواء بأمانٍ وفعاليةٍ إلى المنطقة الذرويّة من القناة الجذريَّة (Peeters and Suardita,. 2011, Peeters and Mooduto., 2013, Arslan et al., 2015b, DiVito et al., 2012). من جهة ثانيةٍ، وُجِد أنَّ فعالية هذه التقنية في تفعيل الإرواء تكون أكبر قرب ذروة رأس الليزر وتنخفض بعيداً عن هذه النقطة (De Groot et al., 2009). لذلك، يُتوقَع عند استخدام رأس الليزر في الحجرة اللبيَّة أنَّ تتناقص الفعالية من الجزء التاجيّ باتجاه الجزء الذرويّ للمنظومة القنويَّة. لا توجد دراسة حالياً لتقييم فعالية الإرواء المُفعَّل بالليزر في إزالة الفضلات العاجيَّة من الأجزاء المختلفة للمنظومة القنويَّة. لذلك، أُنجِز هذا البحث.

Aims of the Study أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى:

1. تقييم فعالية الإرواء المُفعَّل بالليزر LAI في إزالة الفضلات العاجيَّة من ميزاب صنعيٍّ في الجزء الذرويّ للقناة الجذريَّة مقارنةً مع كلٍّ من الإرواء التقليديّ CI والإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً (UAI).
2. تقييم فعالية الإرواء المُفعَّل بالليزر LAI في إزالة الفضلات العاجيَّة من ميزاب صنعيٍّ في الجزء التاجيّ للقناة الجذريَّة مقارنةً مع كلٍّ من الإرواء التقليديّ CI والإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً (UAI).
3. مقارنة فعالية كل من التقنيات الثلاثة سابقة الذكر (LAI, UAI, CI) في إزالة الفضلات العاجيَّة ما بين الثلثين التاجيّ والذرويّ.

الباب الأول: المراجعة النظرية Literature Review

1-1 المعالجة اللبيَّة Root Canal Treatment:

المعالجة اللبيَّة هي مجموعةٌ من الإجراءات التي تهدف للحفاظ على صحة اللب السنيِّ كلِّه أو جزءٍ منه. عند حدوث أذيةٍ أو مرضٍ في اللب فإنَّ هدف المعالجة يكون الحفاظ على صحة النسج حول الذرويّة، بينما تهدف المعالجة إلى ترميم النسج حول الذرويّة عندما تشملها الأذية (European Society of Endodontology 2006).

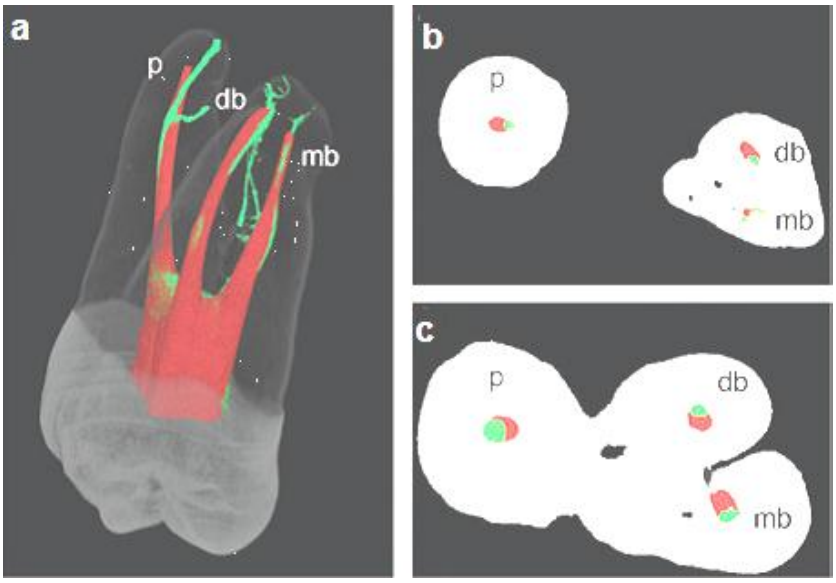
تشمل المعالجة اللبيَّة للمنظومة القنويَّة مجموعة من الإجراءات التي تهدف إلى تنضيرها وتطهيرها وتشمل كلاً من التشكيل Shaping أو التحضير الميكانيكيّ Instrumentation والتنظيف Cleaning أو الإرواء Irrigation والتي تشكِّل بمجموعها ما يسمى بالتحضير الميكانيكيِّ الحيويِّ Biomechanical preparation، إضافةً إلى الحشو القنويِّ Obturation والترميم التاجيِّ Coronal restoration والتي لا تقلُّ أهميةً عما سبق ذكره (Haapasalo et al., 2010).

1-1-1 التحضير الميكانيكيّ Instrumentation:

يهدف التحضير الميكانيكيُّ للقناة الجذريَّة إلى تحقيق إزالةٍ ميكانيكيَّة للنسج اللبيَّة والعاج إضافةً إلى العضويات الممرضة (إنَّ وجدت) من جهةٍ أولى، وإلى توسيع الفراغ القنويّ وإعطائه شكلاً مناسباً لإجراءات الإرواء والحشو لاحقاً من جهةٍ ثانيةٍ (Hülsmann et al., 2005). لكن، التعقيد التشريحي الذي تتميز به المنظومة القنويَّة بما تحتويه من شذوذات مثل البرازخ Isthmus والتشعبات الذرويّة Ramification والجنيحات Fins إضافةً إلى الأقنية الثانويَّة Secondary canals (Çalişkan et al., 1995, Gulabivala et al., 2001, Sert and Bayirli, 2004)؛

يجعل الأدوات المُستخدَمة خلال طور التشكيل القنويّ غير قادرةٍ على الوصول إلى كامل السطوح والشذوذات ضمنها.

قارن Peters وزملاؤه مسوحات تصوير مقطعي محوسب Micro Computed Tomography (Micro CT) للأقنية قبل وبعد التحضير الميكانيكيّ ووجدوا أنَّه بغضِّ النظر عن تقنية التحضير المُستخدَمة فإنَّ 35% –53% من سطوح القناة الجذريَّة تبقى غير ممسوسةٍ من قِبل الأدوات (Peters et al., 2001c, Peters et al., 2001a, Peters et al., 2003b, Paqué et al., 2009) (الشكل 1).



الشكل 1: a–تمثيل ثلاثي الأبعاد لمسوحات micro CT يمثِّل التعقيد التشريحي للمنظومة القنويَّة ومحدودية التحضير الميكانيكيّ " المناطق المُحضَّرة تظهر باللون الأحمر بينما تظهر المناطق غير المُحضَّرة باللون الأخضر". b– مقطع عرضي على بعد 2.5mm من الذروة. c– مقطع عرضي على بعد 5mm من الذروة. نقلاً عن(Paqué et al., 2005)

إضافةً إلى ذلك، القناة الجذريَّة نادراً ما تكون ذات مقطعٍ عرضيٍّ دائريٍّ في أي جزءٍ منها حيث وُجِد أنَّ القناة قد تأخذ مقطعاً عرضياً بيضوياً أو حتى شريطياً بشكلٍ متكررٍ في الجزء الذرويّ (Wu et al., 2000). لذلك، فإنَّ الأدوات اللبيَّة سواء الآلية أو اليدوية سوف تنتج تحضيراً دائرياً في مركز القناة البيضويَّة أو على جانبٍ واحدٍ منها تاركةً بذلك امتدادات غير مُحضَّرَة (Wu et al., 2000, Wu et al., 2003b, Ardila et al., 2003). هذا يتفق مع نتائج دراسة (Wu and Wesselink, 2001b) حيث وجد الباحثان أنَّ حوالي 65% من جدران القناة البيضويَّة لا تمسها الأدوات خلال التحضير الميكانيكيّ.

من جهةٍ ثانيةٍ، التحضير الميكانيكيُّ يؤدي إلى تشكُّل طبقة اللطاخة Smear Layer التي تنتج عندما تمارس الأدوات فعلها القاطع على جدران القناة إضافةً الى الفضلات العاجيَّة Dentine debris التي تتنج عن الأدوات خلال التشكيل (Paque et al., 2009). تتألف الفضلات العاجيَّة في معظمها من البرادة العاجيَّة إضافةً إلى بقايا من النسج اللبيَّة والتي تلتصق بشكلٍ ضعيفٍ على جدران القناة الجذريَّة أو تتكدس ضمن شذوذاتها حيث تتواجد بشكلٍ أساسيٍّ في المناطق التي لم تمسها الأدوات (Hülsmann et al., 2005). على العكس من ذلك، تعدُّ طبقة اللطاخة مزيجاً من الفضلات العاجيَّة وبقايا النسج اللبيَّة إضافة الى العضويات الممرضة (إنَّ وجدت) والتي تشكِّل طبقةً بثخانة (1−2)µm تلتصق بقوةٍ على جدران القناة التي مستها الأدوات خلال طور التشكيل (Şen et al., 1995).

تعدُّ إزالة هذه الفضلات العاجيَّة المتكدسة في المناطق صعبة الوصول إضافةً إلى طبقة اللطاخة الملتصقة على جدران القناة ضروريةً لأنَّ بقائها سوف يقلل من فعالية الضمادات داخل القنويَّة

(Siqueira and Lopes, 1999). ويسئ إلى الختم بين مواد الحشو وجدران القناة مما قدّ يقود إلى التسرب وبالتالي فشل المعالجة (Wu and Wesselink, 2001c).

أخيراً، على الرغم من أنَّ التحضير الميكانيكيّ أُعتبِر خلال العقود الماضية من أهم مراحل المعالجة اللبيَّة (Schilder, 1974)، إلاَّ أنَّ محدوديته في تنضير المنظومة القنويَّة ذات التشريح المعقد دعت إلى إعادة النظر في دوره خلال المعالجة اللبيَّة وخَلُصَ إلى أهميته في تأمين مدخل إلى الجزء الأكثر ذرويّة من القناة الجذريَّة لإيصال محلول الإرواء أكثر من كونه المنجز الأساسي لعملية التنضير (Gulabivala et al., 2005).

1-1-2-الإرواء Irrigation:

يعدُّ الإرواء جزءاً أساسياً في سياق المعالجة اللبيَّة لأنَّه يسمح بالتنضير والتنظيف بشكلٍ أكبرٍ مما يمكن انجازه باستخدام التحضير الميكانيكيِّ منفرداً (Peters et al., 2003c). يهدف الإرواء إلى إزالة بقايا النسج اللبيَّة والعضويات الممرضة إضافةً إلى طبقة اللطاخة والفضلات العاجيَّة (نواتج التحضير الميكانيكيّ) من المنظومة القنويَّة، بالإضافة إلى تعطيل العوامل الممرضة وتزليق جدران القناة خلال التحضير (Zehnder, 2006). على ذلك، يجب على سائل الإرواء أنَّ يتمتع بمجموعةٍ من المواصفات ليكون قادرةً على القيام بوظيفته وقد حددها Haapasalo (Haapasalo et al., 2010) على النحو التالي:

1- جرف الفضلات و بعثرة اللويحات الجرثوميَّة وجرفها خارج القناة الجذريَّة (فعل ميكانيكيٌّ).

2- خواصٌ حالةٌ للنسج العضويَّة وغير العضويَّة (فعل كيميائيٌّ)

3- قتل العضويات الممرضة (فعل كيميائيٌّ)

4- خواصٌ مزلقةٌ من خلال تزليق الأدوات خلال التحضير وتسهيل قطع العاج.

5- عدم أذية أو تخريش النسج حول الذرويّة أو التسبب بتأثيرات سمية.

6- عدم أذية بنية السن.

من جهةٍ أُخرى، تعتمد فعالية الإرواء على إيصال سائل الإرواء ووضعه بتماس مباشر مع العناصر والمواد والبنى التي يجب ازالتها (Chow, 1983). لذلك، فإنَّ التقنية المستخدمة لإيصال سائل الإرواء إلى المنظومة القنويَّة تلعب دوراً مهماً إلى جانب سائل الإرواء بحد ذاته. لذلك علينا التركيز على عاملين هامين خلال الإرواء أولهما قدرة تقنية الإرواء المُستخدَمة على ايصال المحلول لكامل امتدادات الفراغ القنويِّ خاصةً الثلث الذرويُّ وثانيهما قدرته على تنضير كامل المناطق التي لا يمكن تحضيرها ميكانيكياً مثل الأقنية الجانبية والبرزخ (Zehnder, 2006).

1-1-2-1-سوائل الإرواء Irrigant Solutions:

سوائل الإرواء الشائعة حالياً تشمل: هيبوكلورايد الصوديوم Sodium Hypochlorite (Naocl) وكلورهكسيدين Chlorhexidine (CHX) وحمض إيثلين دي أمين تترا أسيدك EDTA وهيدروجين بيروكسايد Hydrogen peroxide (H_2O_2) إضافةً إلى أيودين البوتاسيوم Iodine potassium iodine (IPI) و MTAD (عبارة عن مزيج من التتراسكلين وحمض الستريك ومنظف سطحي).

يُعتبَر هيبوكلورايد الصوديوم سائل الإرواء الأكثر شيوعاً حيث يُستخدَم بتراكيزٍ تتراوح بين 0.5% إلى 6% (Haapasalo et al., 2010). يتأين هيبوكلورايد الصوديوم بالماء إلى شوراد الصوديوم

Na^+ وشوارد الهيبوكلورايد OCl^- ، هذه الأخيرة تكون متوازنةً مع حمض الهيبوكلورايد HClO (hypochlorous acid) ضمن التفاعل العكوس التالي (Estrela et al., 2002):

$$OCl^- + H^+ \longleftrightarrow HClO$$

يكون الكلورين Chlorine على شكل حمض الهيبوكلورايد HClO بشكلٍ سائدٍ ضمن درجة PH حمضيَّةٍ أو معتدلةٍ (PH بين 4 و7)، بينما يكون بشكل شوارد الهيبوكلورايد ضمن درجة PH قلويَّةٍ (PH>9) (McDonnell and Russell, 1999). يعدُّ حمض الهيبوكلورايد المركب الفعَّال الذي يمتلك خواصاً مضادةً للجراثيم حيث يعطل العديد من الوظائف الحيويَّة للجراثيم مسبباً موت الخلايا بينما تعدُّ شوارد الهيبوكلورايد أقل فعاليةٍ في هذا المجال (Camps et al., 2009).

يمتاز هيبوكلورايد الصوديوم بفعاليةٍ مضادةٍ للجراثيم حيث يقتل معظم الجراثيم عند التماس المباشر معها (Siqueira et al., 1997, Siqueira et al., 1998). العديد من الدراسات المخبرية أثبتت فعاليةً عاليةً مضادةً للجراثيم لهيبوكلورايد الصوديوم وأشارت إلى قدرته على قتل العضويات المستهدفة خلال ثوانٍ حتى ضمن تراكيزٍ منخفضةٍ (Gomes et al., 2001) (Vianna et al., 2004). سريرياً، كان هيبوكلورايد الصوديوم فعَّالاً في إنقاص الحمل الجرثومي من الأقنية الجذريَّة بشكلٍ يفوق سوائل الإرواء الأُخرى (Ercan et al., 2004, Vianna et al., 2006)، لكنه كان عاجزاً عن الحصول على أقنيةٍ خاليةٍ تماماً من الجراثيم (Siqueira et al., 2007). في هذا الجانب، قد يحتاج هيبوكلورايد الصوديوم في الواقع السريري إلى وقتٍ أطولٍ لقتل نفس الزمر الجرثوميَّة التي يستطيع القضاء عليها خلال ثوانٍ مخبرياً (Clegg et al., 2006). يعود ذلك بشكلٍ أساسيٍّ إلى وجود المواد العضويَّة (الوذمة الالتهابية وبقايا النسج العضويَّة على سبيل المثال) والتي تستهلك هيبوكلورايد الصوديوم بسرعةٍ وتضعف تأثيره (Haapasalo et al.,

2010)، إضافةً إلى وجود الجراثيم ضمن لويحات Biofilms والتي تجعل الجراثيم أكثر مقاومةً (Svensäter and Bergenholtz, 2004). لذلك، فإنَّ الإرواء المستمر والوقت عاملان أساسيان لضمان فعالية Naocl. إضافةً إلى الفعالية المضادة للجراثيم، يمتاز هيبوكلورايد الصوديوم بخاصيةٍ فريدةٍ وهي قدرته على حلِّ النسج العضويَّة والتي تميزه عن غيره من سوائل الإرواء الأخرى (Naenni et al., 2004).

هناك ارتباطٌ واضحٌ بين فعالية Naocl المضادة للجراثيم وتركيزه (Berber et al., 2006). وجد Clegg وزملاؤه (Clegg et al., 2006) أنَّ التركيز الأعلى من Naocl (تركيز 6%) كان أكثر فعاليةٍ ضد اللويحات الجرثوميَّة مقارنةً مع Naocl تركيز 3%. نفس الأمر ينطبق على فعالية Naocl في حلِّ النسج العضويَّة، وجد Hand وزملاؤه (Hand et al., 1978) فعاليةً أكبر في حلِّ النسج اللبيَّة عند استخدام Naocl تركيز 5.25% مقارنةً مع Naocl تركيز 2.5%، بينما كانَت فعالية Naocl تركيز 1% مشابهةً لفعالية السالين في هذا المجال. الجدير بالذكر هنا، أنَّه بالرغم من زيادة فعالية Naocl عند زيادة تركيزه إلاَّ أنَّ ذلك يرتبط مع تأثيراتٍ تخريشيةٍ أوضح (Hauman and Love, 2003). من جهةٍ أخرى، وجد بعض الباحثين أنَّ التفعيل الميكانيكيّ لهيبوكلورايد الصوديوم يزيد من قدرته على حلِّ النسج العضويَّة (Baker et al., 1975)، كما اقترح Moorer & Wesselink (Moorer and Wesselink, 1982) أنَّ حركة محلول Naocl وقدرة تنضيره الميكانيكيّة قدّ تكون أكثر أهميةً من تركيزه. لذلك عند التفعيل الميكانيكيّ لهيبوكلورايد الصوديوم وتجديده بشكلٍ متكررٍ، ليس من الضروري استخدام تركيزٍ عالٍ.

تتضمن سلبيات Naocl كلاً من الطعم غير المستساغ والسمية (Pashley et al., 1985) إضافةً إلى عدم قدرته على إزالة طبقة اللطاخة Smear layer التي تنتج خلال التحضير الميكانيكيِّ

للمنظومة القنويَّة (Spangberg et al., 1973). تحتوي طبقة اللطاخة هذه إلى جانب البرادة العاجيَّة على بقايا من النسج اللبيَّة إضافةً إلى الجراثيم (Ørstavik and Haapasalo, 1990). لذلك، فإنَّ إزالتها ضروريةٌ لضمان نجاح المعالجة اللبيَّة. في هذا الصدد، يعدُّ محلول EDTA فعّالاً في إزالة طبقة اللطاخة (McComb and Smith, 1975) لكنَّه يفتقد إلى الفعالية المضادة للجراثيم (Dunavant et al., 2006) لذلك يجب أنَّ يُشارك مع محلول مضادة للجراثيم. أظهرت العديد من الدراسات أنَّ المشاركة بين Naocl تركيز (2.5%-5.25%) ومحلول EDTA تركيز (10%-17%) فعَّالةٌ بشكلٍ واضحٍ في إزالة النسج العضويَّة وغير العضويَّة من المنظومة القنويَّة (Goldman et al., 1982, Yamada et al., 1983, Baumgartner and Mader, 1987). الطريقة المُوصَى بها لإزالة طبقة اللطاخة تتضمن غسل القناة بمحلول EDTA لمدة دقيقةٍ واحدةٍ بهدف إزالة المكونات اللاعضويَّة؛ يتلوها غسلٌ نهائيٌّ بمحلول Naocl الذي يزيل المكونات العضويَّة (Baumgartner and Mader, 1987). في هذا المجال، يعدُّ حمض الستريك وMTAD فعاليين كذلك في إزالة طبقة اللطاخة (Torabinejad et al., 2003, Czonstkowsky et al., 1990).

يتمتع الكلورهكسيدين بفعاليةٍ مضادةٍ للجراثيم ذات طيفٍ واسعٍ وديمومةٍ جيدةٍ (Rosenthal et al., 2004) إضافةً إلى سميته القليلة (White et al., 1997). يمتلك محلول الكلورهكسيدين تركيز 2% فعاليةً مضادةً للجراثيم مماثلةً لفعالية Naocl تركيز 5.25% (Jeansonne and White, 1994). كما وجدت دراسة (Kuruvilla and Kamath, 1998) أنَّ المشاركة بين Naocl و CHX ذات تأثيرٍ تآزريٍّ من حيث السيطرة على العضويات الممرضة. لكن، تتمثل سلبية CHX في عدم قدرته على حلِّ النسج العضويَّة أو إزالة طبقة اللطاخة.

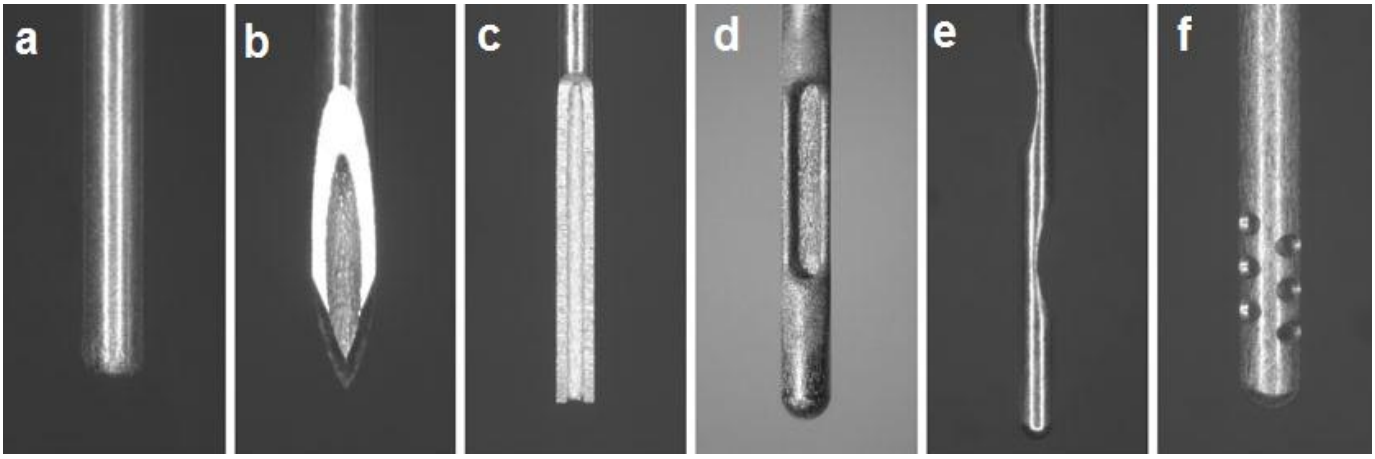
1-2-الإرواء التقليديُّ Conventional Irrigation:

يُعتبَر الإرواء التقليديُّ نظام الإرواء الأكثر شيوعاً وشعبيةً بين الممارسين حيث يعتمد على استخدام محقنةٍ بلاستيكيةٍ مزوَّدةٍ بإبرةٍ لإيصال محلول الإرواء إلى داخل المنظومة القنويَّة. تتوافر المحاقن البلاستيكية بعدة سعاتٍ تتراوح بين 1ml إلى 20ml (Haapasalo et al., 2010). على الرغم من أنَّ استخدام محقنة ذات سعةٍ كبيرٍ ممكن أنَّ يوفر قليلاً من الوقت خلال المعالجة، إلاَّ أنَّ ذلك يُنقِص من السيطرة على الضغط المُطبَق خلال الحقن ممّا قدّ يؤدي إلى تجاوز سائل الإرواء خارج الذروة (Haapasalo et al., 2010, Boutsioukis et al., 2007). في هذا الصدد، تعدَّ المحقنة ذات سعة 5ml هي الأكثر قبولاً بسبب عدم الحاجة إلى إعادة تعبئتها بسائل الإرواء بشكلٍ متكررٍ بالإضافة إلى سهولة استخدامها حيث من الممكن أنَّ يصل معدل تدفق سائل الإرواء عبر هذه المحقنة إلى 0.25 ml/second حتى مع استخدام إبرة ذات قياسٍ صغيرٍ (Boutsioukis et al., 2007).

تتوافر إبر الإرواء بقياسات مختلفة والتي تتبع في قياسها – كحال جميع الإبر الطبية _ إلى نظام Gauge. سابقاً، كانت الإبر ذات القياس الكبير (21-25G) هي المُستخدَمة بشكلٍ شائعٍ لإيصال محلول الإرواء إلى داخل القناة الجذريَّة. لكن، عمق إدخالها المحدود داخل القناة الجذريَّة حتى وإنَّ كانت الأخيرة عريضة نوعاً ما حدَّ من استخدامها (Ram, 1977, Chow, 1983a). حالياً، ينصح باستخدام إبر ذات قياسٍ صغيرٍ (28G. 30G. 31G) بسبب قدرتها على الدخول عميقاً داخل القناة الجذريَّة (Boutsioukis et al., 2010b, Bronnec et al., 2010).

لكن، على الرغم من قدرة هذه الإبر ذات القياس الصغير على إيصال محلول الإرواء قريباً من الطول العامل، إلاَّ أنَّ التوضع القريب لها إلى الثقبة الذرويّة يحمل خطراً أكبراً لحدوث تجاوزٍ في سائل الإرواء خارج الذروة (Chow, 1983). لذلك، تمَّ اقتراح العديد من التعديلات على تصميم رأس الإبر بهدف زيادة فعاليتها في إيصال سائل الإرواء مع التقليل من خطر تجاوزه (Hauser et al., 2007, Sedgley et al., 2005).

تختلف هذه التصاميم فيما بينها بشكلٍ أساسيٍّ بكون رأس الإبر مفتوح open-ended needle أو مغلق النهاية close-ended needle (Boutsioukis et al., 2010b). (الشكل 2)



الشكل 2. رؤوس إبر الإرواء

إبر مفتوحة النهاية a، open-ended–إبرة مقطوعة الرأس flat. b– إبرة مشطوفة النهاية beveled. c– إبرة مثلمة notched. إبر مغلقة النهاية close-ended، d–إبرة ذات ثقبة جانبية side-vented. e– إبرة مزدوجة الثقب الجانبية double side-vented. f– إبرة متعددة الثقب multi-vented.

نقلاً عن (Boutsioukis et al., 2010b)

1-2-1-العوامل المؤثرة في فعالية الإرواء التقليديّ:

1-2-1-1-كمية سائل الإرواء Volume:

الكمية المُستخدَمة من سائل الإرواء من الممكن أنَّ تؤثر في فعالية الإرواء التقليديّ. بالنسبة لهيبوكلورايد الصوديوم، يجب أنَّ تكون الكمية المُستخدَمة منه كافيةً لتجديده بفعاليةٍ للاستفادة من خواصه الكيميائية (الفعالية المضادة للجراثيم والقدرة على حلِّ النسج) من جهةٍ أولى، ولجرف محتويات القناة والفضلات العاجيَّة خارجاً من جهة ثانيةٍ (Haapasalo et al., 2010). العديد من الدراسات أشارت إلى أنَّ زيادة كمية سائل الإرواء تزيد من فعاليته وقدرته على تنظيف القناة الجذريَّة (Baker et al., 1975, Sedgley et al., 2004). على عكس ذلك، أثبت van der sluis et al (Van der Sluis et al., 2006) عدم وجود فرق في إزالة الفضلات العاجيَّة من شذوذات صنعيِّة في الجزء الذرويّ للقناة الجذريَّة عند استخدام 2 ml من Naocl أو 10 ml من نفس المحلول. بشكلٍ عامٍ، يُنصَح بإرواء القناة الجذريَّة بمقدار2ml من Naocl بين كل أداة وأخرى مع إرواءٍ نهائيٍّ بمقدار 10ml من نفس المحلول (Yamada et al., 1983) لكن لا يوجد معلوماتٌ كافيةٌ في الأدب الطبي تدعم ذلك.

1-2-1-2-أبعاد القناة الجذريَّة Dimension of the Root Canal:

تؤثر أبعاد القناة الجذريَّة بشكلٍ كبيرٍ في فعالية الإرواء التقليديِّ حيث أنَّ اختراق سائل الإرواء إلى الجزء الذرويّ من القناة الجذريَّة يعتمد بشكلٍ كبيرٍ على التوسيع الذرويّ الكافي خلال التحضير (Gulabivala et al., 2005)، والذي يسمح بدوره بعمق اختراقٍ أفضل لإبر الإرواء ضمن القناة الجذريَّة (Albrecht et al., 2004). التوجه العام هو أنَّ زيادة التحضير الذرويّ تسمح بوصولٍ

أفضلٍ لسائل الإرواء إلى الجزء الذرويّ وتزيد من تجديده ممَّا يحسِّن من فعالية تنضيره للمنظومة القنويَّة ذرويّاً (Huang et al., 2008, Usman et al., 2004).

هنالك تضاربٌ في وجهات النظر حول مقدار التحضير الذرويِّ اللازم ليكون الإرواء التقليديُّ فعَّالاً دون الإزالة الزائدة من بنية السن. وجد Huang وزملاؤه (Huang et al., 2008) أنَّه عند تحضير القناة إلى قياس #40 ذرويّاً فإنَّ الإرواء يكون أكثر فعاليةً بشكلٍ ملحوظٍ مقارنةً مع قياس #20 ذرويّاً بما يتوافق مع دراسات أخرى (Usman et al., 2004, Ram, 1977). كذلك، أشار Boutsioukis (Boutsioukis et al., 2010a) وزملاؤه إلى أنَّ توسيع الجزء الذرويّ إلى قياس أكبر من #25 يحسن من فعالية الإرواء التقليديّ، بشكلٍ مماثلٍ، وجدت دراسةٌ أخرى أنَّ قياس #30 ذرويّاً هو القياس الأصغريُّ الذي يسمح بوصول سائل الإرواء إلى الجزء الذرويِّ (Khademi et al., 2006).

من جهةٍ ثانيةٍ، أشارت بعض الدراسات إلى أنَّ زيادة استدقاق القناة الجذريَّة يمكن أنَّ يزيد من قدرة التنظيف لسائل الإرواء (Huang et al., 2008, Bronnec et al., 2010). لكن، خلصت دراسات أخرى إلى أنَّ تنضير القناة الجذريَّة يتأثر بشكل أكبر بالقياس الذرويّ النهائيِّ أكثر من تأثره باستدقاق القناة. وجد Albrecht وزملاؤه (Albrecht et al., 2004) أنَّ زيادة الاستدقاق تؤدي إلى تنضير أفضل عندما يتمُّ تحضير القناة الجذريَّة إلى قياس #20 ذرويّاً، بينما لا تقدم زيادة الاستدقاق فائدةً إضافيةً في قدرة الإرواء التقليديّ على إزالة الفضلات من القناة عندما تُحضَّر لقياس #40 ذرويّاً. بشكلٍ مشابهٍ، أشارت دراسةٌ أخرى (Arvaniti and Khabbaz, 2011) إلى أنَّ استدقاق القناة الجذريَّة لا يلعب دوراً في فعالية الإرواء التقليديّ إلا عندما يكون القياس الذرويّ أصغر من #30 .

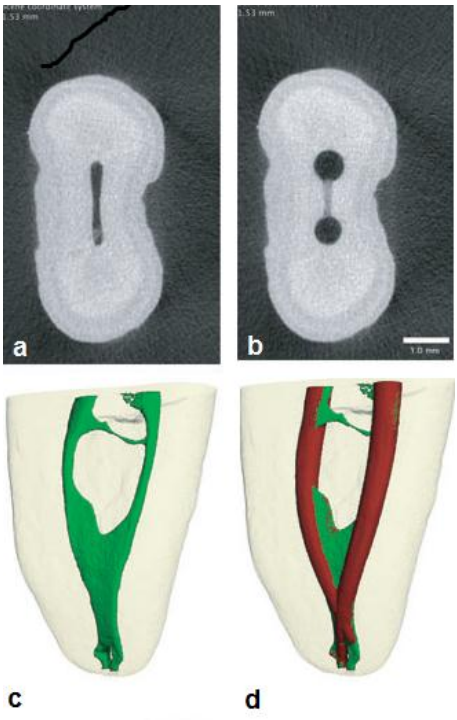
1-2-1-3-انحناء القناة الجذريَّة Curvature of The Root Canal:

إنَّ مقدار انحناء القناة الجذريَّة قد يؤثر في فعالية الإرواء التقليديّ. خلص Nguy وزملاؤه (Nguy and Sedgley, 2006) إلى عدم وجود فرق في قدرة التنضير الخاصة بسائل الإرواء عندما يكون انحناء القناة الجذريَّة أقل من 20 درجة على الرغم من اختلاف القياس الذرويّ. بينما وجد الباحث فرقاً في فعالية الإرواء في تنضير القناة عندما يكون انحناؤها يتراوح بين (28-24) درجة. هذه الدراسة أشارت إلى أنَّه عند زيادة انحناء القناة الجذريَّة فإنَّ زيادة القياس الذرويّ ممكن أنَّ يحسِّن من فعالية الإرواء. لكن، زيادة التحضير الذرويّ في الأقنية المنحنية قد يكون غير ممكناً سريرياً.

1-2-1-4-تشريح المنظومة القنويَّة Anatomy of the Root Canal System:

تشريح المنظومة القنويَّة عالي التعقيد يجعل من الأدوات غير قادرةٍ على الوصول إلى كامل الشذوذات والتعقيدات التشريحيَّة ضمنها. لذلك، فإنَّ مسؤولية تنضير هذه المناطق تقع على عاتق سائل الإرواء. أشار (Zehnder, 2006) إلى أنَّ تقنية الإرواء المُستخدَمة يجب أنَّ تكون قادرةً على إيصال سائل الإرواء لكامل امتدادات الفراغ القنويّ خاصةً الثلث الذرويّ والمناطق التي لا يمكن تحضيرها ميكانيكياً مثل الأقنية الجانبية والبرزخ والتي تشكل مكاناً لتجمع الفضلات ونواتج التحضير الميكانيكيِّ. العديد من الدراسات المخبرية قيمَّت قدرة الإرواء التقليديّ على إزالة الفضلات وتنضير المنظومة القنويَّة. استخدم 'Paque وزملاؤه (Paqué et al., 2011) التصوير المقطعي المحوسب micro-computed tomography (CT scan) لتحديد كمية الفضلات المتراكمة داخل المنظومة القنويَّة بعد إجراءات التشكيل والتنظيف ووجد أنَّ ما يقارب نصف كمية الفضلات المتراكمة

خلال التحضير الميكانيكي لا تُزال بواسطة الإرواء التقليديّ (الشكل 3). هذه النتائج تتفق مع دراسات أخرى (Wu et al., 2000, Wu and Wesselink, 2001b, Lee et al., 2004) والتي وجدت أنَّ الامتدادات البيضويَّة أو الشذوذات الصنعيَّة للقناة الجذريَّة تبقى مملوءةً بشكلٍ كاملٍ أو جزئيٍّ بالفضلات العاجيَّة حتى بعد إجراءات الإرواء التقليديّ. نفس الأمر ينطبق على العديد من الدراسات السريرية والتي أشارت إلى محدودية الإرواء التقليديّ في تنضير المنظومة القنويَّة بشذوذاتها التشريحيَّة المعقدة (Burleson et al., 2007, Nair et al., 2005, Ricucci and Siqueira, 2010).



الشكل 3. يوضح محدودية إجراءات الإرواء التقليديّ باستخدام micro CT scans. a- مقطع عرضي ضمن الجزء الذرويّ قبل إجراءات التشكيل والإرواء. b- نفس المقطع العرضي بعد إجراءات التشكيل والإرواء. c- بناء ثلاثي الأبعاد للقناة الجذريَّة قبل إجراءات التشكيل والإرواء. d- بناء ثلاثي الأبعاد للقناة الجذريَّة بعد إجراءات التشكيل والإرواء تظهر المناطق التي لم يتم تنضيرها والحاوية على فضلات متراكمة باللون الأخضر.

نقلاً عن (Paqué et al., 2011)

1-2-1-5-ظاهرةُ الفقاعة المنحصرة Vapor Lock Phenomenon :

تُعامل القناة الجذريَّة معاملة قنيةٍ مغلقة النهاية Close-end channel لكونها محاطةً بالجوف العظمي والرباط حول السني، الأمر الذي يؤدي إلى انحباس الهواء في نهايتها المغلقة (Pesse et al., 2005, Dovgyallo et al., 1989) هذا الانحباس الهوائي يسمى بظاهرة الفقاعة المنحصرة أو الفقاعة البخارية والتي تظهر في نهاية القناة الجذريَّة خلال إجراءات الإرواء (Dovgyallo et al., 1989, de Gregorio et al., 2009). كان chow (Chow, 1983) أول من وصف هذه الظاهرة وأشار إلى ارتباطها مع عمق توضع إبرة الإرواء ضمن القناة الجذريَّة. كما أشار Gulabivala (Gulabivala et al., 2010) إلى ظاهرة الفقاعة المنحصرة تحت مسمى مستوى الركود Stagnation plan والذي يمنع سائل الإرواء من الوصول إلى النهاية الذرويّة للقناة الجذريَّة ويقلل من تجدده في هذه المنطقة الأمر الذي يقلل من قدرته على تنضير الجزء الذرويّ من المنظومة القنويَّة.

في عام 2010، قام Tay وزملاؤه (Tay et al., 2010) بخلق نظام قناةٍ جذريةٍ مغلقة النهاية Close Canal System عبر وضع السن ضمن قالبٍ يحتوي على مادة طبعٍ مطاطيةٍ لمنع تسرب سائل الإرواء عبر الثقبة الذرويّة، وجد الباحث أنَّ سائل الإرواء لا يصل إلى نهاية القناة الجذريَّة بسبب تأثير الفقاعة المنحصرة والذي يكون أوضح في أخر 0.5-1mm ذرويّاً من القناة الجذريَّة مع وجود بقايا من الفضلات العاجيَّة وطبقة اللطاخة في هذه المنطقة. تجدر الإشارة إلى أنَّه يمكن كسر الفقاعة المنحصرة عبر وضع إبرة الإرواء قريباً بشكلٍ كبيرٍ من الطول العامل أو عبر الجريان الصوتيّ Acoustic Streaming أو عبر الضغط الذرويّ السلبي apical Negative Pressure (Tay et al., 2010 ، Chow,. 1983)

1-2-1-6-تصميم إبرة الإرواء Needle Tip Design:

يمتلك تصميم إبرة الإرواء إضافةً إلى عمق توضعها ضمن القناة الجذريَّة تأثيراً هاماً على إيصال سائل الإرواء إلى نهاية القناة وتجديده بشكلٍ مستمرٍ. قارن Boutsioukis وزملاؤه (Boutsioukis et al., 2010a) تصميمين من إبر الإرواء إحداهما مغلقة النهاية ذات ثقبةٍ جانبيةٍ close-ended side vented needle والاخرى مفتوحة النهاية open-ended flat needle من حيث قدرتهما على إيصال سائل الإرواء إلى النهاية الذرويّة وتجديده بشكلٍ مستمرٍ. أظهرت نتائج دراسته أنَّ الإبرة مغلقة النهاية غير قادرةٍ على إيصال سائل الإرواء أبعد من 1.5mm بعد رأس الإبرة في أحسن الأحوال حتى عندما تُحضَّر القناة لقياس #55 ذرويّاً. بينما كانت الإبرة مفتوحة النهاية قادرةً على دفع سائل الإرواء حتى مسافة 3mm بعد رأسها مع تجديد سائل الإرواء بشكلٍ فعَّالٍ نسبياً حتى عندما لا يتجاوز القياس الذرويّ #35 مقارنةً مع الإبرة مغلقة النهاية. رغم فعاليتها، تعدُّ الإبرة مفتوحة النهاية أكثر خطورة من حيث إمكانية تجاوز سائل الإرواء للذروة (Chow, 1983)؛ لذلك يجب توخي الحذر عند استخدامها والتأكد من كونها حرة ضمن القناة خلال الحقن إضافةً إلى وضعها بعيداً عن الطول العامل مسافة 3 mm (Boutsioukis et al., 2010a).

أخيراً، الإرواء التقليديُّ غير فعَّالٍ في تنضير المنظومة القنويَّة بشكلٍ كاملٍ من الفضلات العضويَّة وغير العضويَّة وكذلك الجراثيم خاصةً في الجزء الذرويّ. ويعود ذلك إلى الانتشار المحدود لسائل الإرواء داخل المنظومة القنويَّة ذات التشريح المعقد وعدم قدرة هذه التقنية على ايصاله إلى المناطق التي لا تطالها الأدوات أو إلى النهاية الذرويّة للقناة الجذريَّة. من هنا جاءت الحاجة لإيجاد وسائلٍ وتقنيات إرواء جديدة بغرض تفعيل محلول الإرواء لزيادة حركيته وانتشاره ضمن القناة الجذريَّة.

1-3-وسائل تفعيل سائل الإرواء Irrigant Activation Methods:

إنَّ محدودية الإرواء التقليديّ دعت إلى تطوير تقنياتٍ وأنظمةٍ جديدةٍ لتوصيل سائل الإرواء وتفعيله بغرض زيادة فعاليته. يمكن أنَّ تقَّسم هذه الأنظمة إلى مجموعتين أساسيتين: أنظمة تفعيل يدوية manual Activation Techniques وأنظمة تفعيل آلية Machine-assisted Activation Techniques (Gu et al., 2009). تتضمن طرق التفعيل اليدوية تحريك إبرة الإرواء صعوداً ونزلاً ضمن فراغ القناة الجذريَّة خلال الإرواء (Druttman and Stock, 1989)، أو تحريك قمع كوتابيركا جيد الانطباق ضمن القناة الجذريَّة المملوءة بسائل الإرواء والمحضرة سلفاً (Caron, 2007). أما أنظمة التفعيل الآلية فهي تتضمن الأجهزة الصوتيّة (Tronstad et al., 1985)، الأجهزة فوق الصوتيّة (Richman, 1957)، أجهزة التفريغ الذرويّ (Schoeffel, 2008)، وأخيراً أجهزة الليزر (Blanken et al., 2009)

1-3-1-تقنية التفعيل الحركيِّ اليدويِّ Manual Dynamic Activation Technique:

يتمّ الإرواء الحركيِّ اليدويِّ عادةً عن طريقة تحريك قمع كوتابيركا جيد الانطباق بسعة حركة 2-3 mm داخل القناة المُحضَّرة والمملوءة بسائل الإرواء، الأمر الذي يحسن حركية السائل ويزيد من تجديده وتماسه مع جدران القناة والمناطق صعبة الوصول (Huang et al., 2008, McGill et al., 2008).

يتداخل بالإرواء الحركيِّ اليدويِّ عدة عوامل (Gu et al., 2009):

1. تحريك القمع جيد الانطباق بحركة إدخال – إخراج push-pull motion يخلق تغييراتٍ سريعةً في ضغط السائل داخل القنويّ قادرةً على دفع السائل ذرويّاً وكسر الفقاعة المنحصرة.

2. الحركة السريعة بتواتر 100هزة خلال 30ثانية تخلق هيجاناً كبيراً في السائل داخل القنويّ.

3. حركة القمع تؤمن تجديداً كافياً لسائل الإرواء بحيث تمسُّ كمياتٍ متجددةً منه باستمرار جدران القناة.

1-3-2-الإرواء المُفعَّل صوتيّاً Sonic Activated Irrigation:

أول من استخدم الأمواج الصوتيّة في المداواة اللبيَّة هو Tronstad (Tronstad et al., 1985) ويختلف الأمواج الصوتيّة عن فوق الصوتيّة بما يلي:

1. الاهتزازات الصوتيّة تكون منخفضة التواتر 1-6 KHz.

2. ينتج عن الأمواج الصوتيّة قوى قصّ أقل مقارنةً مع الأمواج فوق الصوتيّة (Ahmad et al., 1987a).

3. ينتج عن الطاقة الصوتيّة سعةٌ أعظم أو حركةٌ أماميةٌ – خلفيةٌ أكبر لرأس الأداة (Walmsley et al., 1989).

بينت دراساتٌ متعددةٌ فعالية الإرواء الصوتيّ في زيادة تنضير القناة الجذريَّة (Pitt, 2005)، حيث تزداد هذه الفعالية مع زيادة طاقة الجهاز (Stamos et al., 1987, Sabins et al., 2003) بالرغم من تحسُّن فعالية الإرواء باستخدام التفعيل الصوتيّ، يبقى الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً –سيتم الحديث عنه لاحقاً–أكثر فعاليةً مقارنةً بالإرواء الصوتيّ في تنضير القناة الجذريَّة (Sabins et

al., 2003). يعود ذلك إلى سرعة الجريان الصوتيّ والتواتر العالي للأمواج فوق الصوتيّة مقارنةً بالصوتيّة (Gu et al., 2009). بالمقابل لم تجد دراساتٌ أخرى وجود أي اختلافٍ بينهما (Jensen et al., 1999)، ربما يعود ذلك لطول مدة استخدام التنشيط الصوتيّ (3 دقائق) بالمقارنة مع فوق الصوتيّ 60–30 ثانية.

يعدُّ جهاز EndoActivator (Advanced Endodontics, Santa Barbara, CA, USA) إحدى الأمثلة الشائعة عن أجهزة تفعيل الإرواء التي تعتمد على الطاقة الصوتيّة. يعتمد الجهاز على الاهتزاز الصوتيّ الذي يصل لسرعة عظمى تبلغ 10000 دورة بالدقيقة لرأس بلاستيكي ضمن القناة الجذريَّة (Ruddle, 2002). وقد أثبت هذا الجهاز فعاليته في تحسين حركة سائل الإرواء واختراقه ضمن القناة الجذريَّة (Caron, 2007).

1-3-3-الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً Ultrasonically Activated Irrigation:

أُدخِلت الأجهزة فوق الصوتيّة الى المداواة اللبيَّة من قِبل Richman عام 1957 (Richman, 1957). بدايةً تمَّ استخدام المبرد المُفعَّل فوق صوتيّاً لتحضير القناة وتنضيرها ميكانيكياً، حيث يعمل المبرد بنموذجٍ اهتزازيٍّ ضمن ترددٍ فوق صوتيٍّ يتراوح ما بين (25–30 KHz) (van der Sluis et al., 2007b). لكن لوحظ أنَّه من الصعب ضبط قطع العاج خلال التحضير فوق الصوتيّ وقدّ يسبب انثقاباتٍ وأشكالٍ غير نظاميّةٍ في جدران القناة (Lumley et al., 1992b).

من جهةٍ أخرى، لوحظ أنَّ المبرد المُفعَّل فوق صوتيّاً قدّ يكون فعّالاً في تفعيل الإرواء وقدّ تمّ وصف نوعين من الإرواء فوق الصوتيّ في الأدب الطبي. الأول هو الإرواء المتزامن مع تحضير فوق

صوتيَّ للقناة Irrigation with Simultaneous Ultrasonic Instrumentation(UI) والثاني دون تحضيرٍ متزامنٍ للقناة ودُعي الإرواء فوق الصوتيّ السلبيِّ Passive Ultrasonic Irrigation(PUI) (van der Sluis et al., 2007b).

في UI يوضع المبرد قصداً على تماسٍ مع جدران القناة مما يقلل من الجريان الصوتيّ وقدّ أُثبِت أنَّه أقل فعاليةً من PUI (Ahmad et al., 1987b)

1-3-3-1-آلية العمل Working Mechanism:

تمَّ وصف الإرواء فوق الصوتيِّ السلبيِّ لأول مرة عام 1980 من قبل Weller (Weller et al., 1980) وهو في الحقيقة إرواءٌ فعّالٌ لكن مصطلح سلبيٍّ يشير الى الفعل غير القاطع للمبرد المُفعَّل فوق صوتيّاً حيث يعتمد على انتقال الطاقة من المبرد أو السلك الأملس المتذبذب بحريةٍ الى سائل الإرواء ضمن القناة الجذريَّة المُحضَّرة سلفاً (van der Sluis et al., 2007b).

تنتقل الطاقة على شكل موجاتٍ فوق صوتيّةٍ Ultrasonic waves قادرةٍ على انتاج جريانٍ صوتيٍّ Acoustic streaming وتشكيل تجاويف Cavitation ضمن سائل الإرواء (Roy et al., 1994).

مفهوم الجريان الصوتيّ يُوصَف كجريانٍ سريعٍ لجزيئات السائل في حركةٍ شبه دواميَّةٍ حول الجسم المهتز حيث ينتقل السائل من النهاية الذرويّة إلى التاجيّة بمعدل عدة سنتيمرات في الثانية مما ينتج جهود قصٍّ هيدروديناميكيّةٍ حول المبرد قادرةٍ على خلخلة المواد الحيويَّة ودفعها تاجيّاً (van der Sluis et al., 2007b).

تشير التجاويف إلى تشكُّل فقاعاتٍ ضمن الوسط السائل ثم الانفجار الآني لها وما يتلوه من تحررٍ للطاقة الكامنة داخلها (Church, 1989) (الشكل 4).



الشكل 4: نموذج الاهتزازات المتولدة عن المبرد المُفعَّل فوق صوتياً ضمن الوسط السائل

نقلاً عن (Van der sluis 2007)

بعد أنَّ يتمّ تحضير القناة (بغض النظر عن التقنية المُستخدَمة)، يوضع مبردٌ أو سلكٌ أملسٌ صغيٌر قياس #15 مثلاً داخل القناة أقرب ما يمكن للجزء الذرويّ وباعتبار أنَّ القناة تمَّ تحضيرها مسبقاً فإنَّ المبرد أو السلك يمكن أنَّ يتحرك بحريةٍ ويجعل سائل الإرواء يخترق بحريةٍ أكبر إلى الجزء الذرويّ للمنظومة القنويَّة (Roy et al., 1994). مبرد بقياس #25 سوف ينتج جرياناً صوتيّاً أقل مقارنةً مع الجريان المُحدَث بواسطة مبردٍ بقياس #15 أو #20 (Ahmad et al., 1987b). لذلك فإنَّ استخدام مبرد بقياس أكبر من #20 يمكن أنَّ يُعتبَر شكلاً مختلفاً عن قواعد PUI.

مؤخراً، اقترحت دراسةٌ حديثةٌ (Boutsioukis et al., 2013) تغيير مصطلح الإرواء فوق الصوتيِّ السلبيِّ Passive Ultrasonic Irrigation ليصبح الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً Ultrasonically

Activated Irrigation. السبب في ذلك، أنَّه بالرغم من عدم حدوث تماسٍ مقصودٍ مع جدران القناة خلال التفعيل فوق الصوتيّ فإنَّ هذا التماس قد يحدث بشكلٍ غير مقصودٍ خلال فترةٍ معتبرةٍ من عملية التفعيل فوق الصوتيِّ. بالرغم من ذلك، فإنَّ مصطلح الإرواء فوق الصوتيِّ السلبيِّ لا يزال مستخدماً بشكلٍ شائعٍ في الأدب الطبي.

1-3-3-2-زمن التفعيل Time of Activation:

زمن التفعيل المطلوب خلال الإرواء فوق الصوتيِّ غير محددةٍ بدقةٍ. أشار بعض الدراسات (Goodman et al., 1985, Lev et al., 1987) إلى أنَّ 3 دقائق من التفعيل فوق الصوتيِّ باستخدام Naocl كسائل إرواء تحسِّن بشكلٍ ملحوظٍ من نظافة البرازخ Isthmuses في الجذور الأنَّسية للأرحاء السفلية. بالمقابل، لاحظ Metzler & Montgomey (Metzler and Montgomery, 1989) نتائج مشابهة مع 2 دقيقة من التفعيل فوق الصوتيِّ. إضافةً إلى ذلك، أشار Cameron (Cameron, 1995) إلى وجود بقايا أقل من النسج والفضلات العاجيَّة عند استخدام التفعيل فوق الصوتيِّ لمدة 1.5 دقيقة مقارنة مع الإرواء التقليديِّ.

من الجدير بالذكر أنَّ الدراسات الأحدث ركزت على ارتباط زمن التفعيل المطلوب مع طريقة الغسل المتبعة خلال التفعيل فوق الصوتيِّ والتي سوف تتم مناقشتها في الفقرة التالية.

1-3-3-3-طريقة الغسل Flushing Method:

يوجد طريقتين من الغسل خلال الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً وهما:

1. الإرواء المتقطع Intermittent flushing method: في هذه الطريقة يتم إيصال سائل الإرواء إلى القناة الجذريَّة عبر المحقنة والإبرة كما في الإرواء التقليديِّ، ثمَّ يُفعَّل السائل فوق صوتياً عدة مراتٍ منفصلةٍ مع تجديده بعد كل دورة تفعيل (Cameron, 1988).

2. الإرواء المتواصل Continuous flushing method: في هذه الطريقة يتم إيصال سائل الإرواء بشكلٍ متواصلٍ ضمن الحجرة اللبيَّة خلال طول مدة التفعيل فوق الصوتيّ. حيث ينتقل سائل الإرواء من الحجرة اللبيَّة إلى الجزء الذرويِّ للقناة الجذريَّة عبر الجريان الصوتيِّ المُحدَث بالمبرد المُفعَّل فوق صوتيّاً.

عند استخدام طريقة الإرواء المتواصل فإنَّ اختراق سائل الإرواء وفعاليته يعتمدان على الوقت. كلما زاد الزمن زاد اختراق سائل الإرواء عميقاً داخل القناة الجذريَّة (Druttman and Stock, 1989). وجد Passarinho-Neto وزملاؤه (Passarinho-Neto et al., 2006) أنَّ إزالة الفضلات العاجيَّة من القناة الجذريَّة يتحسن عند الإرواء فوق الصوتيِّ المتواصل لمدة 5 دقائق مقارنةً مع دقيقة واحدة. هذا يتفق مع دراسة Van der sluis وزملاؤه (van der Sluis et al., 2007a) الذي أشار إلى أنَّ 1.5 دقيقة أقل فعاليةٍ من 3 دقائق عند استخدام الإرواء فوق الصوتيِّ المتواصل فيما يتعلق بإزالة الفضلات العاجيَّة. عند المقارنة بين الطريقتين، خلصت الدراسة الأخيرة إلى أنَّ 3 دقائق من الإرواء فوق الصوتيِّ المتواصل بنفس فعالية دقيقة واحدة من الإرواء فوق الصوتيِّ المتقطع. من جهةٍ أخرى، وجدت ذات الدراسة أنَّ 6 ml أو 12 ml من Naocl تركيز 2% خلال الإرواء المتقطع هو بنفس فعالية 50 ml من نفس المحلول خلال الإرواء المتواصل فيما يتعلق بإزالة الفضلات العاجيَّة من القناة الجذريَّة.

1-3-3-4-أبعاد القناة الجذريَّة Dimension of The Root Canal:

العديد من الدراسات أثبتت أنَّ الأقنية الضيقة يمكن أنَّ تحدُّ من فعالية الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً (Druttman and Stock, 1989, Krell et al., 1988). هذه النتائج تتوافق مع الدراسات الأحدث التي أثبتت فعالية أفضل للإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً في إزالة الفضلات العاجيَّة ضمن استدقاق أكبر للقناة الجذريَّة (Van der Sluis et al., 2005b). على العكس من ذلك، أشار Merino وزملاؤه (Merino et al., 2013) إلى أنَّ استدقاق القناة الجذريَّة لا يؤثر في قدرة الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً في إيصال سائل الإرواء إلى الجزء الذرويِّ للقناة الجذريَّة. التفسير المحتمل لاختلاف نتائج هذه الدراسة عن الدراسات السابقة هو اختيار أقنية منحنية (بين 30 و40 درجة)، حيث يؤثر انحناء القناة الجذريَّة على فعالية الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً (Amato et al., 2011). في هذا السياق وعلى الرغم من تأثر المبرد المتذبذب فوق صوتياً بانحناء القناة الجذريَّة، يبقى الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً أكثر فعاليةً من الإرواء التقليديّ في الأقنية المنحنية مع الحصول على نتائج أفضل من خلال صنع انحناءٍ مسبقٍ في المبرد المخصص للتفعيل فوق الصوتيِّ قبل استخدامه (Gutarts et al., 2005, Lumley et al., 1992a).

1-3-3-5-اتجاه التذبذب Oscillation Direction:

من الممكن أنَّ يلعب اتجاه تذبذب المبرد المُفعَّل فوق صوتيّاً دوراً في تنظيف المناطق صعبة الوصول عندما يتم توجيهه نحوها. أشار Lumely وزملاؤه (Lumley et al., 1991) إلى فعاليةٍ تنضيريَّةٍ أفضلٍ للامتدادات البيضويَّة ضمن القناة الجذريَّة عندما يتم توجيه المبرد المتذبذب باتجاهها. وقد اقترح الباحث تفسيرين لهذه النتائج:

1. قوى الجريان الصوتيِّ تكون أكثر شدةٍ باتجاه الامتداد البيضوي للقناة.

2. تكون فرصة إعاقة المبرد المتذبذب أو تماسه مع جدران القناة أقل عندما يتم توجيه تذبذبه باتجاه الامتدادات البيضويَّة.

النتائج الأخيرة تم تأكيدها في دراسة أخرى (Jiang et al., 2010) التي أظهرت إنقاضاً أفضلاً بشكلٍ ملحوظٍ للفضلات العاجيَّة الموضوعة ضمن ميزاب صنعيٍّ ذرويٍّ في جدار القناة عندما يتم توجيه تذبذب المبرد باتجاه الميزاب.

من الجدير بالذكر إضافةً إلى ما سبق، أنَّ استخدام سلكٍ أملسٍ موصولٍ إلى قبضة الجهاز فوق الصوتيّ بدلاً من المبرد يقدم نفس الفعالية فيما يخص الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً (Van Der Sluis et al., 2005a)

1-3-4-الليزر laser:

إنَّ الليزر هو اختصارٌ لعبارة تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للإشعاع Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. يُنتِج الليزر ضوءاً ذا خصائص فريدةٍ تميزه عن الضوء الطبيعي، حيث يكون ضوء الليزر ذو طول موجةٍ موحدٍ وهذه الخاصية تُعَرف بأحادية اللون Monochromatic. إضافةً إلى ذلك، يكون ضوء الليزر متماسكاً Coherent ومتوازياً Collimated (Peters et al., 2011).

يمكن أنَّ تصنف الليزرات حسب نمط الانبعاث إلى ليزراتٍ ذات انبعاثٍ متواصلٍ Continuous emission lasers تصدر الإشعاع بشكلٍ متواصلٍ وليزراتٍ ذات انبعاثٍ نبضيٍّ Pulsed emission lasers. يُقاس معدل تكرار النبضات Pulse repetition rate أو ما يدعى بتواتر النبضات

Frequency بالهرتز (Hz) حيث 20Hz تعني 20 نبضة بالثانية الواحدة، بينما تُقاس استطاعة الليزر Power بالواط (W). يمكن حساب طاقة الليزر Laser energy (واحدته جول J أو ميلي جول mJ) من خلال قسمة استطاعة الليزر (W) على معدل تكرار النبضات (Hz). من العوامل الأخرى التي تؤثر على انبعاث طاقة الليزر هي طول النبضة Pulse length (ميكرو ثانيةٍ أو ميلي ثانية) حيث طول نبضةٍ قصيرٍ (أقل من µs 150 ميكرو ثانية) ينتج استطاعةً عُظمى من طاقة الليزر مع أقل أثرٍ حراريٍّ، بينما النبضات الأطول تكون مسؤولةً عن التأثيرات الحرارية العالية (Olivi, 2013).

من جهةٍ أخرى، يمكن تصنيف الليزرات حسب طول موجتها فيما إذا كانت واقعةً ضمن المجال المرئيِّ Visible من الطيف الكهرومغناطيسي Electromagnetic Spectrum أو ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء Infrared (near infrared, middle infrared, far infrared) أو الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet من ذات الطيف (Parker, 2007).

يتبع تفاعل ضوء الليزر مع الجسم المستهدف قواعد الفيزياء البصرية، فالضوء ممكن أنَّ ينعكس Reflect، يُمتَص Absorbed، ينتشر (يتبعثر) Diffused أو ينفذ Transmitted عند تفاعله مع الجسم المستهدف (Parker, 2007). فيما يخص تفاعل ضوء الليزر مع النسج السنيَّة، فإنَّ هذا التفاعل يحدث عندما يكون هناك ألفةٌ بصريةٌ Optical affinity بينهما. يكون هذا التفاعل انتقائياً Selective ومحدداً Specific ويعتمد على امتصاص طاقة الليزر أو بعثرتها. بالمقابل، كلما قلَّت الألفة بين طول موجة ضوء الليزر والنسج السنيَّة فإنَّ مزيداً من ضوء الليزر سوف ينفذ أو ينعكس.

الليزرات الواقعة ضمن المجال القريب من الأشعة تحت الحمراء Near infrared lasers (من 810nm إلى 1340nm) تمتلك ألفةً ضئيلةً للماء والهيدروكسي أباتيت Hydroxyapatite، لذلك

فهي تنفذ إلى مسافاتٍ عميقةٍ ضمن القنيات العاجيَّة Dentinal tubules لتُمتَص أخيراً من قِبل أصبغة الجراثيم (Schoop et al., 2004). على عكس ذلك، فإنَّ الليزرات الواقعة ضمن المجال المتوسط من الأشعة تحت الحمراء Mid infrared lasers (من 2780nm إلى 2940nm) تمتلك ألفةً عاليةً للماء وبدرجةٍ أقلٍ للهيدروكسي أباتيت لذلك فإمكانها إحداث درجةٍ محددةٍ من الاستئصال Ablation لطبقة العاج السطحية فيما تكون فعاليتها المضادة للجراثيم ضمن الطبقات العميقة من العاج ضئيلةً (Schoop et al., 2004).

1-3-4-1-استخدامات الليزر في المداواة اللبيَّة Laser Use in Endodontics:

يعدُّ استخدام الليزر في مجال المداواة اللبيَّة واعداً ويعود ذلك بشكلٍ أساسيٍّ إلى قدرة ضوء الليزر على الوصول إلى المناطق لا تطالها الأدوات أو حتى سوائل الإرواء من جهةٍ أولى. وإلى تفاعل هذه الضوء بشكل انتقائي مع النسج الهدف بسبب خاصية أحادية اللون التي يتمتع بها من جهةٍ ثانيةٍ. يُضاف إلى ذلك، إمكانية تطبيق شدات طاقة عالية ضمن مناطق محددة موضعية بسبب توازي حزمة الليزر وإمكانية تطبيقها بشكلٍ نبضيٍّ (De Moor and Meire, 2014).

يستخدم الليزر في مجال المداواة اللبيَّة بطرقٍ عديدةٍ (جدول 1):

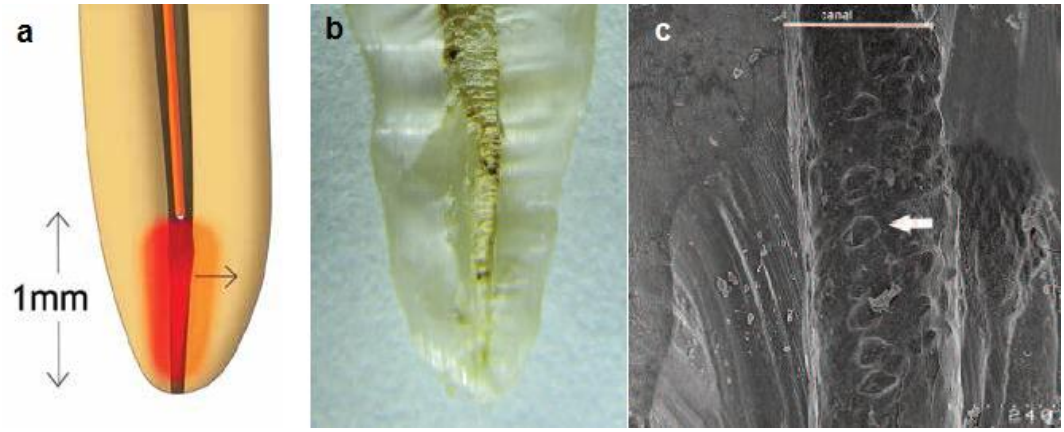
جدول 1. استخدامات الليزر في المداواة اللبيَّة نقلاً عن (Olivi, 2013)

التأثير	الحامل اللوني الهدف	التقنية المستخدمة	نمط الليزر المستخدم
حراري–ضوئي	أصبغة الجراثيم	التشعيع المباشر	**ليزرات المجال القريب من الأشعة تحت الحمراء (من 810nm إلى 1340nm)**
حراري–ضوئي	المحتوى المائي للعاج	التشعيع المباشر	**ليزرات المجال المتوسط من الأشعة تحت الحمراء (2780nm و2940nm)**
كيميائي–ضوئي	مواد حساسة للضوء	التطهير المُفعَّل بالضوء	**ليزرات المجال المرئي من الأشعة تحت الحمراء (مثل diode laser بطول موجة 633nm)**
حراري–ضوئي وكيميائي –ضوئي وصوتي–ضوئي	سوائل الإرواء القنويَّة	الإرواء المُفعَّل بالليزر	**ليزرات المجال المتوسط من الأشعة تحت الحمراء**

أولاً: التشعيع المباشر Direct laser irradiation: تتضمن وضع رأس الليزر ضمن القناة الجذريَّة على بعد 1mm تاجيّاً من الطول العامل ويتم التشعيع مع تحريك الرأس إلى خارج القناة بحركةٍ لولبيةٍ بغرض إيصال الإشعاع إلى كامل جدران القناة. تُستخدَم هذه التقنية ضمن القناة الجذريَّة الجافة بعد تحضيرها لذلك يُطلَق عليه النمط الجاف Dry mode. عند استخدام الليزرات الواقعة في المجال القريب من الأشعة تحت الحمراء Near-infrared lasers مثل Nd:YAG Laser* بنمطٍ جافٍ ضمن الأقنية الجذريَّة–على الرغم من فعاليتها ضد الجراثيم المتواجدة في طبقات العاج العميقة– فإنَّها تؤدي الى تأثيراتٍ حراريّةٍ كبيرةٍ مع خلق تغييراتٍ شكليّةٍ في الجدار العاجيِّ بالإضافة إلى إغلاق القنيات العاجيَّة بسبب صهر البنية العاجيَّة غير العضويَّة مع إزالة جزيئة فقط لطبقة

* neodymium: yttrium-aluminum-garnet

اللطاخة (He et al., 2009). نفس الأمر ينطبق على الليزرات الواقعة في المجال المتوسط من الأشعة تحت الحمراء Mid-infrared lasers مثل ليزرات الإيربيوم (Er:YAG و Er,Cr:YSGG) والتي على الرغم من إزالتها الكاملة لطبقة اللطاخة إلاّ أنَّها تخلق ظاهرة حراريّة على سطح العاج (Yamazaki et al., 2001)، كما أنَّه عند استخدامها بنمط جاف ضمن الأقنية الضيقة أو المنحنية يمكن أن تؤدي إلى حدوث انثقابات أو درجات ضمن جدران القناة الجذريَّة (Roper et al., 2010) (الشكل 5).



الشكل 5: يوضح تقنية التشعيع المباشر باستخدام الليزر. a- شكل ترسيمي يوضّح موضع رأس الليزر ضمن القناة الجذريّة خلال التشعيع المباشر. b- صورة بالمجهر الضوئي توضّح الأذى الحراري الحاصل على سطوح القناة الجذريَّة إثر استخدام ليزر Er:YAG (75 mJ, 15 Hz) بنمط جاف ضمنها. c- صورة بالمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) لسطوح القناة الجذريَّة بعد التشعيع المباشر بواسطة ليزر Er:YAG (75 mJ, 15 Hz)، يشير السهم إلى مناطق الأذى الحراري الحاصل على سطح القناة الجذريَّة. نقلاً عن (DiVito et al., 2011)

ثانياً: التطهير المُفعَّل بالضوء Photo-Activated Disinfection (PAD): تعدُّ بعض المواد الكيميائية حسَّاسة للضوء Photosensitizer مثل أخضر الإندوكيانين Indocyanine green وأزرق الميثيلين Methylene blue وأزرق التولودين Toluidine blue إضافة إلى كلورايد التولونيوم Tolonium chloride حيث تزيد من تأثير الإشعاع الليزري على الجراثيم. إنَّ استخدام ليزرات الديود diode lasers بطول موجة 633nm و 805nm قادرٌ على انتاج الأوكسجين التفاعلي Reactive

Oxygen من خلال تفاعل ضوئيٍّ–كيميائيٍّ مع هذه المواد الحساسة للضوء وخاصةً أخضر الإندوكيانين و كلورايد التولونيوم (Nagayoshi et al., 2011). وجدت الدراسات أنَّ هذه التقنية تساعد في القضاء على أنواع مختلفة من الجراثيم لكنها أقل فعالية تجاه اللويحات الجرثومية وحيدة النوع Single-species biofilms (Lim et al., 2009, Bergmans et al., 2008).

ثالثاً: الإرواء المُفعَّل بالليزر Laser-Activated Irrigation (LAI): قُدمَت هذه التقنية كوسيلة فعَّالة في تفعيل سائل الإرواء داخل المنظومة القنويَّة عبر نقل طاقة الليزر النبضية إليه؛ مما يؤدي إلى خلق تجاويف Cavitation ضمنه عبر التشكل السريع للفقاعات ثم الانفجار التالي لها وما يتلوه من تحرر للطاقة الكامنة بداخلها. تُنتِج هذه الطاقة المتحررة إثر انفجار الفقاعات هيجاناً وحركةً سريعةً لسائل الإرواء وتزيد من قدرته التنضيريَّة (Blanken et al., 2009).

بالرغم من إمكانية استخدام ليزراتٍ متنوعةٍ مع أطوالٍ موجيةٍ مختلفةٍ في هذه التقنية، إلا أنَّ ليزرات الإيربيوم Erbium lasers متضمنةٍ كلّاً من ليزر Er:YAG* بطول موجة 2940 nm ليزر Er,Cr:YSGG** بطول موجة 2780 nm تعدُّ الأكثر استخداماً مع هذه التقنية. يعود ذلك بشكلٍ أساسيٍّ لتوافق أطوال موجاتها مع طيف الامتصاص الأعظمي من قِبل الماء (Robertson and Williams, 1971) الذي يعدُّ المكون الأساسي لسوائل الإرواء اللبيَّة. سيتم مناقشة هذه التقنية بشكل مفصل في الفقرة التالية.

* erbium-doped yttrium aluminum garnet

** erbium-chromium-yttrium-scandium-gallium-garnet

1-3-4-2-الإرواء المُفعَّل بالليزر (Laser-Activated Irrigation (LAI:

1-3-4-2-1-آلية العمل Working Mechanism:

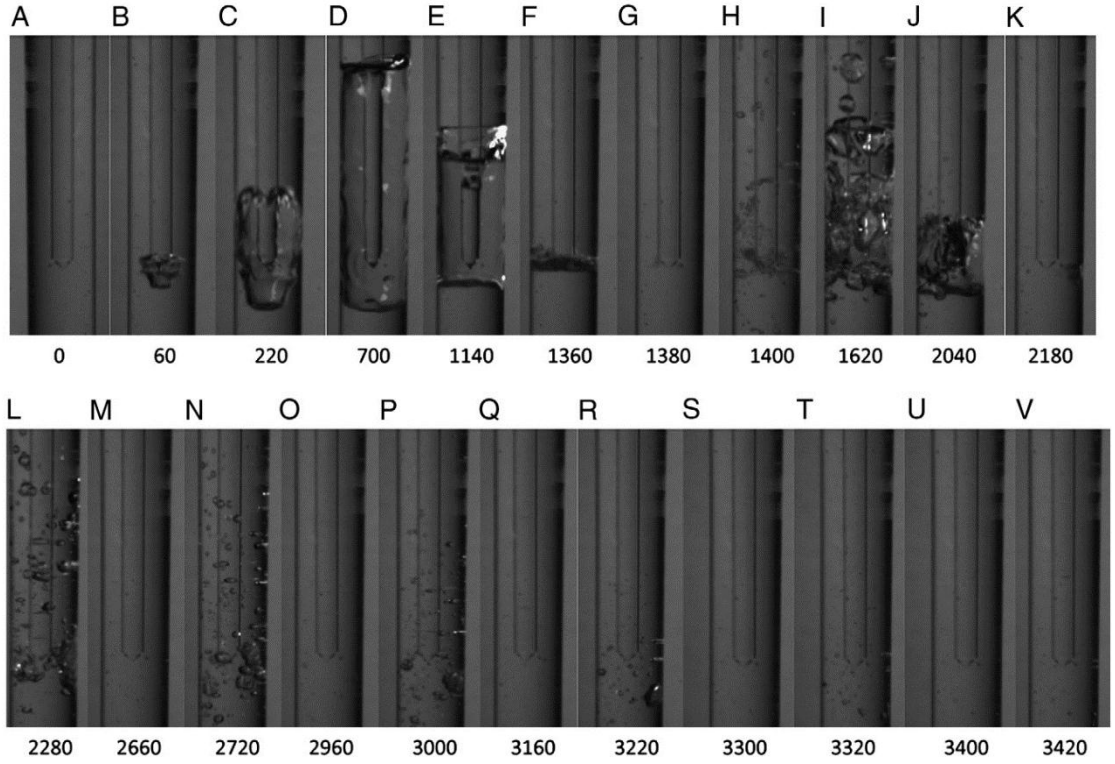
تمَّ وصف آلية عمل الإرواء المُفعَّل بالليزر في العديد من الدراسات*. يعدُّ Blanken & Verdaasdonk (Blanken and Verdaasdonk, 2007) أول من وصفا تأثير ليزر Er,Cr:YSGG على سوائل الإرواء القنويَّة اعتماداً على طرق التصوير عالي السرعة High-speed imaging methods. حيث أشار الباحثان إلى حدوث حركةٍ سريعةٍ تصل إلى20 متراً في الثانية ضمن سائل الإرواء بعد كل نبضة ليزر؛ وحدوث تأثير التجوف Cavitation effect الذي يتضمن التشكل والانفجار التالي للفقاعات الغازية ضمن سائل الإرواء.

أشار Matsumoto وزملاؤه (Matsumoto et al., 2011) إلى أنَّ طاقة ليزرات الإيربيوم تُمتَص بشكلٍ كاملٍ تقريباً من قبل سائل الإرواء وحتى عمق 10 µm جانب الرأس. محلول الإرواء يسخن بشكلٍ فوريٍّ ويصل الى درجة الغليان في أقل من 1µs ويحدث تبخر للسائل Vaporization فينتج ضغطٌ بخاريٌّ عالٍ وتتشكل فقاعةٌ بخاريّةٌ Vapor bubble. تتمدد هذه الفقاعة البخارية مما يُشكّل فراغاً أمام إشعاع الليزر وفي لحظة إيقاف التشعيع تبدأ الفقاعة البخارية بالتقلص لتنفجر نتيجة ضغط السائل المحيط بها؛ ممَّا يشكّل موجات ضاغطة انفجاريّة Implosion-pressure waves والتي تنتقل بسرعة فوق صوتيّة (موجات صادمة Shock waves) في البداية ثم بسرعة صوتيّة (موجات صوتيّة Acoustic waves) لاحقاً (Flotte TJ and A, 1992). ينتج عن هذه الموجات الصادمة الانفجارية

* (Blanken et al., 2009, Blanken and Verdaasdonk, 2007, De Groot et al., 2009, Gregorčič et al., 2012, Matsumoto et al., 2011).

والحركة السريعة المُحدَثة بسببها ضمن سائل الإرواء جهود قصٍّ Shear stress تزيل الفضلات وطبقة اللطاخة وتلعب دوراً هاماً في فعالية التنضير العالية لهذه التقنية (Song et al., 2004).

بعد الانفجار الكامل للفقاعة البخارية الكبيرة يُشاهد عدد من فقاعات التجوف الثانوية Secondary cavitation bubbles الأصغر حجماً والتي تتشكل نتيجة التغير المفاجئ والشديد في الضغط حول رأس الليزر بعد انفجار الفقاعة الأولى. الفقاعات الثانوية تكون أصغر من الفقاعة الأولى ويمكن أنَّ تنفجر مشكِّلة فقاعات أصغر تختفي في أعداد متناقصة تدريجياً (Matsumoto et al., 2011) (الشكل 6)



الشكل 6. يوضّح الفقاعات المُحدَثة بواسطة الليزر، الأرقام توضّح الزمن بالميكرو ثانية. من B إلى D التشكل والتمدد العمودي للفقاعة الأولى. D الفقاعة البخارية الأكبر. من E إلى G انفجار الفقاعة. (I,L,N,P,R) التشكل المتتالي لفقاعات التجوف الثانويَّة.

نقلاً عن (Matsumoto et al., 2011)

في هذا السياق، تكون فقاعات التجوف الثانوية أكثر عدداً وذات تواترٍ أكبرٍ في القناة الجذريَّة مقارنةً مع الماء الحر (De Groot et al., 2009). بدورها هذه الفقاعات تتفعّل بواسطة نبضات الليزر اللاحقة وعندما تتوضع على طول جدران القناة فإنَّ انفجارها يولِّد اندفاعاً مجهرياً عمودياً على الجدران مع قوى موضعيةٍ عاليةٍ جداً (Matsumoto et al., 2011).

1-3-4-2-2-إعدادات الليزر المستخدمة Laser Power Setting:

تأثير التجوف يمكن أنَّ يحدث ضمن إعدادات طاقةٍ مختلفةٍ. أوضح Blanken (Blanken et al., 2009) أنَّ الفقاعات ممكن أنَّ تتشكل ضمن إعدادات 12.5 mJ، 50 mJ، 75 mJ، 125 mJ، 250 mJ ضمن تواتر 20 Hz. لكن، وجد الباحث أنَّه على الرغم من تشكل الفقاعات مع إعدادات الطاقة المنخفضة (12.5 mJ)، فإنَّ معدل طاقة 75 mJ هو معدل الطاقة الأدنى المطلوب لتحقيق إزالةٍ كاملةٍ للصباغ من داخل القناة الجذريَّة خلال زمن تفعيل 30 ثانية. من جهة ثانيةٍ، اقترح de Groot (De Groot et al., 2009) أنَّ الإعدادات المثالية لإزالة الفضلات العاجيَّة من القناة الجذريَّة هي 80 mJ بتواتر 15 Hz . بشكلٍ مشابهٍ، أثبت De Moor (De Moor et al., 2010, De Moor et al., 2009) أنَّ استخدام طاقة 75 mJ خلال الإرواء المُفعَّل بواسطة ليزرات الإيربيوم ذو فعالية تفوق فعالية الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً في إزالة الفضلات العاجيَّة من شذوذات القناة الجذريَّة.

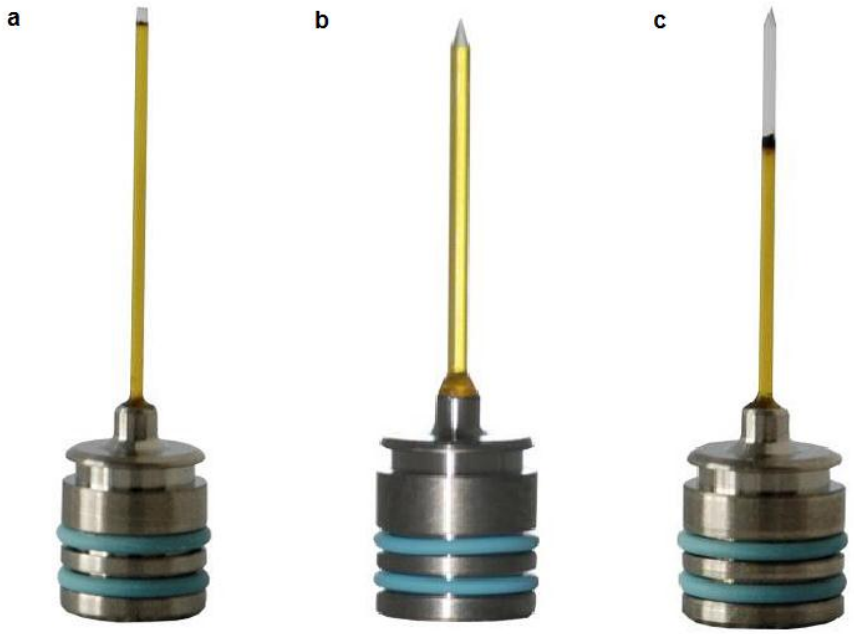
بالرغم من أنَّ إعدادات الطاقة العالية تزيد من فعل التجوف وحركة السائل ضمن القناة الجذريَّة (Blanken et al., 2009)، إلا أنَّها قد تؤدي إلى اندفاع كميةٍ معتبرةٍ من سائل الإرواء تاجيّاً خارج القناة خلال انفجار الفقاعة البخارية مما يترك كميةً قليلةً من السائل داخل القناة الجذريَّة ويقلل من فعالية هذه التقنية (De Groot et al., 2009). إضافةً إلى ذلك، بعض الدراسات السابقة (Ali

et al., 2005, Altundasar et al., 2006) أشارت إلى تأثيراتٍ استئصاليةٍ على جدران القناة عند استخدام ليزرات الإيربيوم مع إعدادات طاقةٍ عاليةٍ. السبب في ذلك قد يعود –إضافةً إلى السبب المذكور أعلاه–إلى التمدد الواسع للفقاعة البخارية والذي يترك مساحةً هوائيةً فازعةً من الماء بين رأس الليزر وجدران القناة والتي بدروها تمتص طاقة الليزر مما يؤدي إلى هذه التأثيرات الاستئصالية (Blanken et al., 2009). لذلك، العديد من الدراسات الحديثة عمدت إلى استخدام إعدادات طاقة منخفضة لا تتجاوز 20 mJ للتخلص من التأثيرات غير المرغوبة سابقة الذكر (Arslan et al., 2014b, DiVito et al., 2012, Koch et al., 2016) وخَلُصت إلى نتائج إيجابيةٍ في إزالة طبقة اللطاخة والفضلات العاجيَّة إضافةً إلى تحسين حركة السائل ضمن القناة الجذريَّة مقارنةً مع الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً.

إما بالنسبة لإعدادات الليزر الاخرى مثل التواتر Frequency وطول النبضات Pulse length ومدة التشعيع Irradiation time فإنَّها لم تُدرَس إلاَّ في دراسةٍ حديثةٍ (Meire et al., 2016) والتي تعدُّ الأولى من حيث دراسة تأثير كل إعدادات الليزر المختلفة في فعالية الإرواء المُفعَّل بالليزر. خَلُصت هذه الدراسة إلى أنَّ استخدام طاقة 40 mJ أعطت نتائج أفضل مقارنة مع طاقة 20 mJ و10 mJ واللذين لم يظهرا فرقاً ملحوظاً في الفعالية. فيما يتعلق بتواتر النبضات، أشارت النتائج إلى أنَّه بالرغم من تحسن الفعالية مع زيادة تواتر النبضات إلا أنَّ الفرق بين التوترات المدروسة (10 Hz, 15 Hz, 20 Hz, 30 Hz) لم يكن ذا دلالةٍ إحصائيةٍ. من جهةٍ أخرى، زيادة زمن التشعيع ومدة النبضة الأقصر أدت إلى زيادةٍ ملحوظةٍ في فعالية التقنية.

1-3-4-2-3-تصميم رأس الليزر Laser Fiber Design:

يؤثر تصميم رأس الليزر على شكل الفقاعة البخارية المُحدَثة (Mrochen et al., 2001) بالإضافة لتأثيره في اتجاه وكمية انبعاث الطاقة (Gregorčič et al., 2012). هناك تصميمين بشكلٍ أساسيٍّ من رؤوس الليزر تمَّ استخدامهما في هذه التقنية وهما رأس مستوي النهاية Flat-ended fiber tip (Blanken et al., 2009, Blanken and Verdaasdonk, 2007, De Groot et al., 2009) ورأس مخروطي النهاية Conical-ended fiber tip (Matsumoto et al., 2011, DiVito et al., 2012) (الشكل 7).



الشكل 7. يوضِّح أنماطاً مختلفةً من رؤوس الليزر المستخدمة في تفعيل الإرواء. a- رأس مستوي النهاية (VARAIN 600µm/14mm). b- رأس مخروطي النهاية (Xpulse 600µm/14mm). c- رأس مخروطي النهاية مع إزالة الغمد البوليميري أخر 3 ملم من ذروة الرأس (PIPS 600µm/14mm). كل الرؤوس من شركة LightWalker AT,FOTONA,Ljubliana-Slovenia

يعدُّ George (George et al., 2008) أول من قارن بين هذين التصميمين من حيث فعاليتهما في إزالة طبقة اللطاخة عند استخدامهما لتفعيل أنواعٍ مختلفةٍ من سوائل الإرواء، وجد الباحث أنَّ الرأس مخروطي النهاية فعَّالٌ بشكلٍ أكبرٍ من الرأس مستوي النهاية في إزالة طبقة اللطاخة بغض النظر عن سائل الإرواء المستخدم. في دراسةٍ لاحقةٍ (Gregorčič et al., 2012)، وجد الباحث أنَّ الرأس مخروطي النهاية قادرٌ على إيصال كميةٍ أكبر من طاقة الليزر إلى سائل الإرواء مقارنةً بالرأس مستوي النهاية من جهةٍ أولى، بالإضافة إلى قدرته على توجيه انبعاث طاقة الليزر جانبياً باتجاه جدران القناة بدلاً من الانبعاث الأمامي الذي تقدمه الرؤوس مستوية النهاية من جهةٍ ثانيةٍ. حديثاً، قدم DiVito (DiVito et al., 2012) رأس جديد التصميم للاستخدام مع ليزرات الإيربيوم دُعي برأس (PIPS tip)، هذه الرأس مستدق مخروطي النهاية مع إزالة الغمد البوليميري ضمن مسافة 3 mm الأخيرة من الرأس بهدف تعزيز الانبعاث الجانبي لطاقة الليزر. على الرغم من استخدام الباحث لإعدادات طاقة تحت استئصالية (20 mJ, 15Hz) مع هذه الرأس ووضعه فقط ضمن الحجرة اللبيَّة دون ادخاله داخل القناة الجذريَّة، فقد وجد نتائج إيجابية تفوق التقنيات التقليديّة في إزالة طبقة اللطاخة. على الرغم من أفضلية الرأس مخروطي النهاية كما أظهرت الدراسات المذكورة أعلاه إلاَّ أنَّ دراسة حديثة (Meire et al., 2016) قارنت بين أنواع مختلفة من الرؤوس ذات قطر وطول موحدين (400 µm كقطر و 14 mm كطول) (flat "Varian", conical "PIPS", conical "Xpulse") ووجدت عدم وجود فرق في قدرتها على تفعيل سائل الإرواء بهدف إزالة الفضلات العاجيَّة من شذوذات القناة الجذريَّة.

من الجدير بالذكر، أنَّ قطر رأس الليزر يؤثر في مقدار الطاقة المنتقلة عبره. قارن Blanken & Verdaasdonk (Blanken and Verdaasdonk, 2007) بين أقطار مختلفة من رؤوس الليزر

(200 µm, 320 µm, 400 µm) حيث لاحظوا أنَّه ضمن إعدادات الطاقة ذاتها تكون أبعاد الفقاعة البخارية المتشكلة أكبر عند استخدام رأسٍ ذي قطرٍ أكبرٍ؛ مما يشير إلى أنَّ انتقال الطاقة عبر الرؤوس الأقل قطراً يكون أقل مقارنةً مع الرؤوس ذات الأقطار الأكبر.

1-3-4-2-4-موقع الرأس ضمن القناة الجذريَّة الفعالية والأمان:

fiber position (Effectiveness & Safety):

إنَّ موقع رأس الليزر خلال الإرواء المُفعَّل بواسطة الليزر يلعب دوراً هاماً في فعالية التنظيف وقدرة هذه التقنية على دفع سائل الإرواء إلى كامل امتدادات المنظومة القنويَّة خاصةً في جزئها الذرويّ. الدراسات الأولى التي ركزت على آلية عمل الليزر في تفعيل الإرواء اعتمدت على استخدام رأس الليزر داخل القناة الجذريَّة قريباً جداً من النهاية الذرويّة (Blanken et al., 2009, Blanken and Verdaasdonk, 2007, Matsumoto et al., 2011). لاحظ Blanken (Blanken et al., 2009) أنَّ طول الفقاعة البخارية المُحدَثة عند استخدام رأس بقطر 200 µm يتراوح بين 3 mm و 3.5 mm. لذلك، اقترح الباحثون في الدراسة الأخيرة أنَّه يمكن الإبقاء على رأس الليزر بعيداً عن نهاية القناة بعدة مليمترات خلال التفعيل الليزريِّ. من جهة ثانيةٍ، أشار Matsumoto (Matsumoto et al., 2011) أنَّه عند وضع رأس الليزر على بعد 5 mm من نهاية القناة، يُلاحظ تشكُّل فقاعات التجوف الثانوية في نهاية القناة. اقترح الباحثون في الدراسة الأخيرة أنَّه ليس من الضروري وضع الرأس قريباً جداً من الطول العامل وإنما يمكن الإبقاء عليه بعيداً مسافة 5 mm من الطول العامل لأنَّ فقاعات التجوف الثانوية المذكورة أعلاه تساعد بشكلٍ فعَّالٍ في تنظيف الجزء الذرويّ. العديد من الدراسات الأخرى استخدمت رأس الليزر (مستوي النهاية Flat-ended) بعيداً عن

الطول العامل بحوالي 5 mm ضمن إعدادات طاقة تراوحت بين 75 mJ و80 mJ وتواتر يتراوح بين 15Hz و20Hz (De Groot et al., 2009, De Moor et al., 2010, De Moor et al., 2009). أشارت كل هذه الدراسات إلى فعالية أفضل للإرواء المُفعَّل بالليزر في إزالة الفضلات العاجيَّة من شذوذات القناة الجذريَّة مقارنةً مع الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً والإرواء التقليديّ.

بالرغم من أنَّ وضع رأس الليزر داخل القناة الجذريَّة قريباً من نهاية القناة الجذريَّة (على بعد 5 mm من الطول العامل) أدى إلى زيادة الفعالية التنضيرية لسائل الإرواء بشكل ملحوظ (Meire et al., 2016)، فإنَّ أمان التقنية يعدُّ عاملاً هاماً بقدر فعاليتها في تفعيل الإرواء. تمَّ وصف العديد من التأثيرات الجانبية المرتبطة مع استخدام رأس الليزر داخل القناة الجذريَّة مثل تشكل الدرجات (Matsuoka et al., 2005) والتفحم Carbonization والصدوع Cracks (Yamazaki et al., 2001) إضافةً إلى التسرب الذرويّ Apical extrusion والتي ارتبطت بشكلٍ أكبرٍ مع إعدادات الطاقة العالية. في هذا السياق، لاحظ Grorge & Walsh (George and Walsh, 2008) تسرباً ذرويّاً أكبر بشكلٍ ملحوظٍ لسائل الإرواء عند استخدام الليزر لتفعليه مقارنةً مع الإرواء التقليديّ رغم استخدامه إعدادات طاقةٍ منخفضةً نوعاً ما (حوالي 60 mJ). إضافةً إلى ذلك، أشار الباحث إلى عدم وجود فرقٍ في مقدار التسرب الذرويّ الحاصل عند وضع رأس الليزر على بعد 5 mm أو 10 mm من نهاية القناة. لذلك، فإنَّ العديد من الدراسات الحديثة اقترحت على استخدام رأس الليزر (بغض النظر عن تصميمه) ضمن الحجرة اللبيَّة فقط أو عند فوهة القناة الجذريَّة دون إدخاله ضمنها (Peeters and Suardita, 2011, DiVito et al., 2012).

في دراسة Peeters & Suardia (Peeters and Suardita, 2011) استخدم الباحثان المجهر الإلكتروني الماسح Scanning Electron Microscope (SEM) لتقيم قدرة الإرواء المُفعَّل بالليزر مع

رأس مستوي النهاية موضوع ضمن الحجرة اللبيَّة على إزالة طبقة اللطاخة من الجزء الذرويّ للمنظومة القنويَّة. خلص الباحثان إلى أنَّ استخدام رأس الليزر داخل الحجرة اللبيَّة فقط دون إدخاله ضمن القناة الجذريَّة قادرٌ على تفعيل سائل الإرواء بشكلٍ فعَّالٍ ليقدم إزالةً أفضل لطبقة اللطاخة الذرويّة مقارنةً مع الطرق الأخرى، بالإضافة إلى ذلك فإنَّ هذه الفعالية لم ترتبط مع رفع حرارة سطح الجذر حيث لم تتجاوز التغييرات الحرارية 5 درجاتٍ مئويةٍ بعد التفعيل الليزري (Peeters and Mooduto, 2012). في دراسةٍ أخرى (Peeters and Mooduto, 2013)، تمَّ دراسة التسرب الذرويّ لسائل الإرواء سريرياً عند استخدام رأس مستوي النهاية موضوع في الحجرة اللبيَّة لتفعيله ضمن إعدادات طاقة 28.5 mJ. استخدمت الدراسة زمن تفعيلٍ يُقدَّر بدقيقةٍ للأسنان مفردة القناة ودقيقتين للأسنان الحاوية على ثلاثة أو أربعة أقنيةٍ وخَلُصت إلى عدم وجود دليل على التسرب الذرويّ لسائل الإرواء بعد تفعيله ليزرياً. بالإضافة إلى ذلك، أُستخدِم رأسٌ ليزريٌّ مستوي النهاية (Peeters and Gutknecht, 2014) ضمن الحجرة اللبيَّة فقط وكان قادراً على دفع سائل الإرواء ذرويّاً وإزالة الفقاعة المنحصرة المنحصر في نهاية القناة.

من جهةٍ أخرى، قيمت العديد من الدراسات قدرة الرأس مخروطي النهاية على تفعيل سائل الإرواء عند وضعه ضمن الحجرة اللبيَّة فقط بدءاً من دراسة DiVito (DiVito et al., 2012) الذي وجد أنَّ استخدم رأس مخروطي النهاية (PIPS tip) ضمن الحجرة اللبيَّة قادرٌ على إزالة طبقة اللطاخة الذرويّة بفعالية رغم استخدام الباحث لإعدادات طاقة تحت استئصالية 20 mJ ضمن تواتر 15 Hz، كما أنَّ ارتفاع الحرارة في الجزء الذرويّ لم يتجاوز 1.2 درجة مئوية بعد 20 ثانيةٍ و1.5 درجة مئوية فقط بعد 40 ثانيةٍ من التشعيع المتواصل. لاحقاً، قارن Arslan وزملاؤه فعالية الإرواء المُفعَّل بالليزر عند استخدام نفس الرأس مخروطي النهاية المذكور أعلاه (PIPS tip) مع كل من الإرواء المُفعَّل فوق

صوتيّاً والإرواء المُفعَّل صوتيّاً والإرواء التقليديّ ضمن عدة دراسات متلاحقة. استخدم الباحث ضمن هذه الدراسات الرأس الليزري ضمن الحجرة اللبيَّة فقط ووجد تفوق هذه التقنية على التقنيات الأخرى في مجال إزالة الفضلات العاجيَّة (Arslan et al., 2014b) وماءات الكالسيوم calcium hydroxide (Arslan et al., 2015a) والضماد مضاد الإنتان antibiotic paste (Arslan et al., 2014a) من الشذوذات الصنعيَّة للقناة الجذريَّة. في دراسةٍ أخرى (Lloyd et al., 2014)، أُستخدِم التصوير المقطعي المحوسب micro CT scan لتقيم إزالة الفضلات العضويَّة وغير العضويَّة المتراكمة ضمن البرازخ والشذوذات التشريحية للجذور الأنَّسية للأرحاء السفلية. أشارت النتائج إلى تفوق الإرواء المُفعَّل بالليزر باستخدام رأس PIPS موضوع ضمن الحجرة اللبيَّة فقط في إزالة الفضلات بمقدار 2.6 مرة مقارنةً مع الإرواء التقليديّ.

من الجدير بالذكر أنَّه على الرغم من تفوق هذه التقنية في إزالة الفضلات العاجيَّة وبقايا النسج اللبيَّة والضمادات من شذوذات القناة الجذريَّة سواء الصنعيَّة أو الحقيقية، فإنَّ النتائج حول فعاليتها في إزالة الجراثيم من المنظومة القنويَّة كانت متناقضةً بين الدراسات. حيث وجدت بعض الدراسات نتائج إيجابية في إنقاص الحمل الجرثومي من داخل القناة الجذريَّة (Al ,2011 ,.Peters et al Shahrani et al., 2014)، بالمقابل وجدت دراساتٌ أخرى عدم جود فرق بين هذه التقنية والتقنيات الأخرى (الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً والإرواء التقليديّ) في إزالة الجراثيم بشكلٍ فعَّالٍ من المنظومة القنويَّة (Pedulla et al., 2012, Pedullà et al., 2014).

كخلاصة، الإرواء المُفعَّل بواسطة ليزرات الإيربيوم يؤدي إلى تحسن حركية السائل ضمن المنظومة القنويَّة ويحسن انتشاره ونفوذه إلى المناطق والشذوذات التي تعجز الأدوات والطرق التقليديّة في الإرواء عن تنضيرها. وعلى الرغم من تحسن فعالية التقنية مع إعدادات الطاقة العالية والتوضع الأكثر ذرويّة

لرأس الليزر داخل القناة الجذريَّة، فإنَّ هذه الفعالية تبقى أفضل مقارنةً مع طرق تفعيل الإرواء الأخرى حتى مع إعدادات الطاقة المنخفضة والتوضع التاجيّ لرأس الليزر والتي ترتبط مع أمأنَّ أكبر من حيث تجاوز سائل الإرواء والأثر الحراري المُحدَث على جدران القناة. يعود ذلك إلى ظاهرة التجوف وقدرتها على خلق هيجانٍ في سائل الإرواء كافٍ لدفعه إلى النهاية الذرويّة من المنظومة القنويَّة.

أخيراً. أشارت إحدى الدراسات (De Groot et al., 2009) إلى إنَّ الحركة المتشكلة في سائل الإرواء وجهود القص الناتجة عن انفجار الفقاعات المُحدَثة بواسطة نبضات الليزر تكون أعظميةً بالقرب من ذروة رأس الليزر وتنخفض بعيداً عن هذه النقطة. لذلك، يُتوقَع عند استخدام رأس الليزر في الحجرة اللبيَّة دون إدخاله ضمن القناة الجذريَّة أن تكون الفعالية التنضيرية أكبر في الجزء التاجيّ مقارنةً مع الجزء الذرويّ. لذلك، أُنجِز هذا البحث بهدف تقييم فعالية الإرواء المُفعَّل بالليزر في إزالة الفضلات العاجيَّة من الثلث التاجيّ مقارنةً مع الثلث الذرويّ للقناة الجذريَّة.

الباب الثاني: مواد وطرائق البحث

Materials and methods

2-1- العينة Samples:

تألفت عينة البحث من 45 سناً بشريةً حديثة القلع جُمعَت من قسم جراحة الوجه والفكين في كلية طب الأسنان – جامعة دمشق.

2-1-1- معايير الدخول في الدراسة Inclusion Criteria:

1. قواطع وأنياب علوية وسفلية وضواحك سفلية.
2. مفردة القناة.
3. مستقيمة القناة.
4. مكتملة الذروة.

2-1-2- معايير الاستبعاد من الدراسة Exclusion Criteria:

1. الأسنان متعددة الجذور أو الأقنية.
2. الأسنان ذات الأقنية المنحنية.
3. الأسنان ذات الذرى المفتوحة.
4. الأسنان ذات الأقنية الحاوية على امتصاص أو تكلس.

2-2-المواد والأجهزة المُستخدمة في الدراسة Materials and devices used in the study:

2-2-1-الأجهزة المستخدمة:

1. جهاز Er:YAG من شركة FOTONA ذو طول موجة 2940 nm، نظام التوصيل أذرع مفصلية (Light Walker, FOTONA, Ljubljana, Slovenia)، مع قبضة (R14-C-300, FOTONA) (الشكل 8).



الشكل 8. a. جهاز ليزر الإيربيوم من شركة FOTONA. b. قبضة R14.FOTONA

2. جهاز فوق صوتيّ للاستخدام اللبي من شركة Satelec.

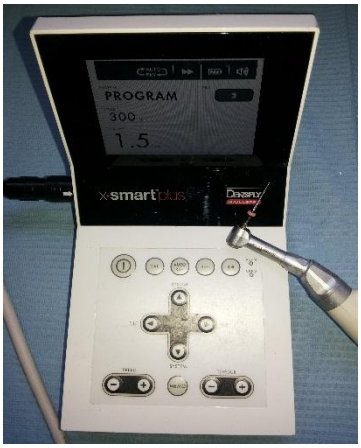
(Suprasso,P5 Booster,Satelec, Acteongroup, France) (الشكل 9).



الشكل 9. جهاز التفعيل فوق الصوتيّ للاستخدام اللبي P5 Booster,Satelec

3. جهاز تحضير آلي للاستخدام اللبي من شركة Dentsply Maillefer

(X.smartplus, Dentsply Maillefer, Switzerland) (الشكل 10).



الشكل 10. جهاز التحضير الآلي X.smartplus, Dentsply Maillefer

4. جهاز أشعة للتصوير السني (Faid, Italy).

5. حساس أشعة إلكتروني dental X-Ray sensor (myray, Zen X sensor, Italy).

6. مكبرة مخبرية (Stereomicroscope, Meiji techno, Japan) ذات تكبيرين 20X و 40X (الشكل 11).



الشكل 11. المكبرة المخبرية (Meiji techno, Japan).

7. كاميرا رقمية نوع Nikon D80 مع عدسة AF Micro nikkor 60mm 1:2:8 D (Nikon Co, Japan) (الشكل 12).



الشكل 12. آلة التصوير الرقمية

2-2-2- المواد المستخدمة:

1. أداة تقليح CK6 (Medesy-Italy) (الشكل 13).



الشكل 13. أداة تقليح حول سنية CK6 (Medesy-Italy)

2. فرجار رقمي (digital caliper) نوع Star Nak(الشكل 14).



الشكل 14. الفرجار الرقمي Star Nak

3. هيبوكلورايد الصوديوم Naocl بتركيز 5.25% (الشكل 15).



الشكل 15. هيبوكلورايد الصوديوم Naocl بتركيز 5.25% ضمن عبوة كتيمة للضوء

4. محلول خالب EDTA بتركيز 17% (Maouira, Brazil) (الشكل 16).



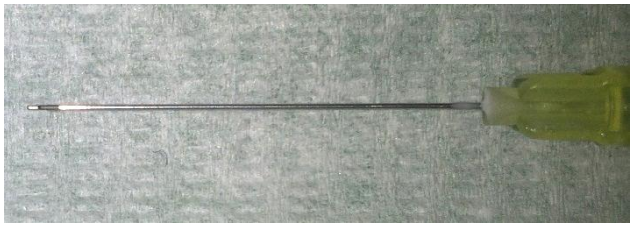
الشكل 16. محلول خالب EDTA بتركيز 17% (Maouira, Brazil)

5. محاقن بلاستيكية سعة 10ml (الشكل 17).



الشكل 17. المحقنة البلاستيكية

6. إبر إرواءٍ بقطر 30G وطول 25mm ذات ثقبةٍ جانبيةٍ side-vented (DiaDent, Netherlands) (الشكل 18).



الشكل 18. إبرة الإرواء ذات الثقبة الجانبية

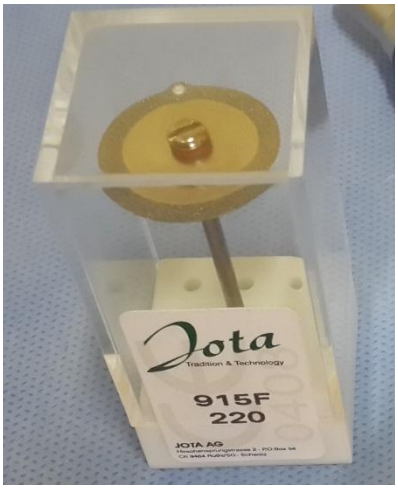
7. سنابل ماسية لفتح الحجرة اللبيَّة وحفر الحجرة اللبيَّة الصنعيَّة (Saeshin, Korea).

8. مبارد يدوية قياس #15, #10 وطول 25mm (tgdent, Uk).

9. مبارد آلية Revo-S (megro-mega, France)

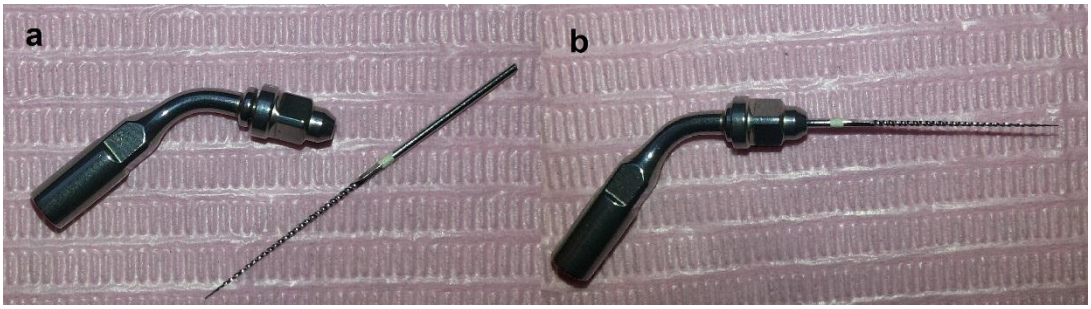
10. أقماع ورقية قياس #30 واستدقاق 06 (Meta, Biomed, Korea).

11. قرص فصل ماسي (Jota AG, Rüthi, Switzerland) (الشكل 19).



الشكل 19. قرص الفصل الماسي

12. محوِّل خاص (File- Holder adaptor) لوصل المبرد على الجهاز فوق الصوتيّ (الشكل 20).



الشكل 20. a.المحوِّل الخاص لوصل المبرد مع قبضة الجهاز فوق الصوتيّ. b- المبرد موصلاً مع المحول

13. مادة طبع مطاطية (Zetaplus-Zhermack-Italy) (الشكل 21).



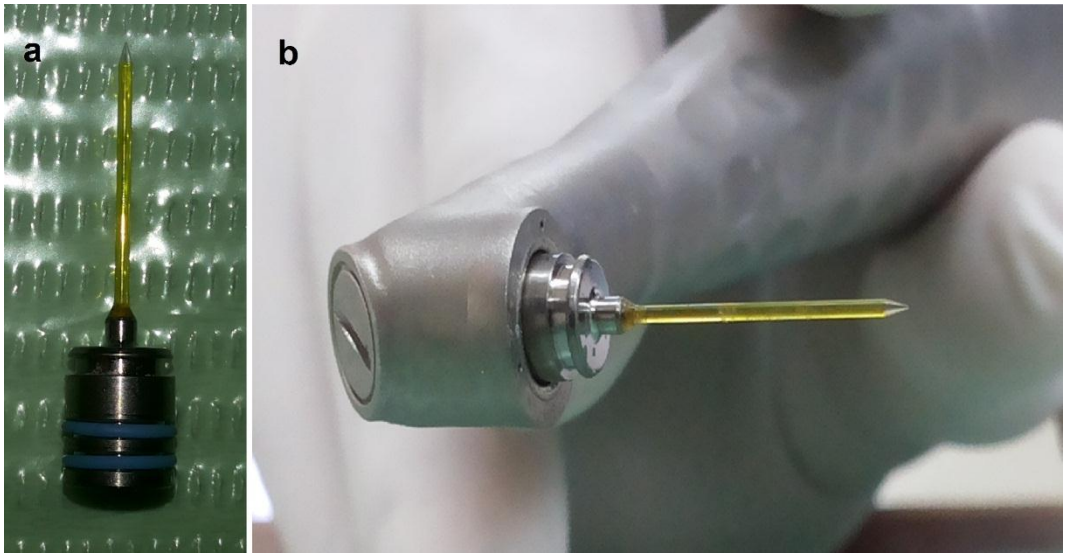
الشكل 21. مادة الطبع المطاطية Zetaplus–Zhermack

14. رؤوس تفعيل فوق صوتيّة k15#/21mm (Satelec-France) (الشكل 22).



الشكل 22. رؤوس التفعيل فوق الصوتيّة Satelec–France

15. رأس ليزري قطر 400µm وطول 14mm ذو فعالية في نقل الطاقة تعادل 90% حسب الشركة المُصنِّعة (X-pulse, Light Walker AT,FOTONA, Ljubljana, Slovenia) (الشكل 23).



الشكل 23. رأس الليزر (X–pulse(400µm/14mm من شركة FOTONA. رأس الليزر موصلاً على قيضة جهاز الإيربيوم R14

2-3-الطرائق Methods:

2-3-1-تصميم الدراسة study design:

دراسةٌ مخبريةٌ لتقيَم ومقارنة فعالية عدة تقنياتٍ مستخدمةٍ لتفعيل سائل الإرواء في إزالة الفضلات العاجيَّة الموضوعة ضمن ميازيبٍ صنعيةٍ مماثلة للشذوذات التشريحية للقناة الجذريَّة في كلٍّ من الثلثين التاجيّ والذرويّ، إضافةً إلى مقارنة فعالية كل تقنية في إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة للقناة الجذريَّة بين الثلثين التاجيّ والذرويّ.

2-3-2- جمع العينة:

تألفت عينة البحث من 45 سناً بشريةً حديثة القلع جُمعت من قسم جراحة الوجه والفكين في كلية طب الأسنان – جامعة دمشق (الشكل 24). طُهِّرت بوضعها في الكلورامين T مدة 48 ساعة.



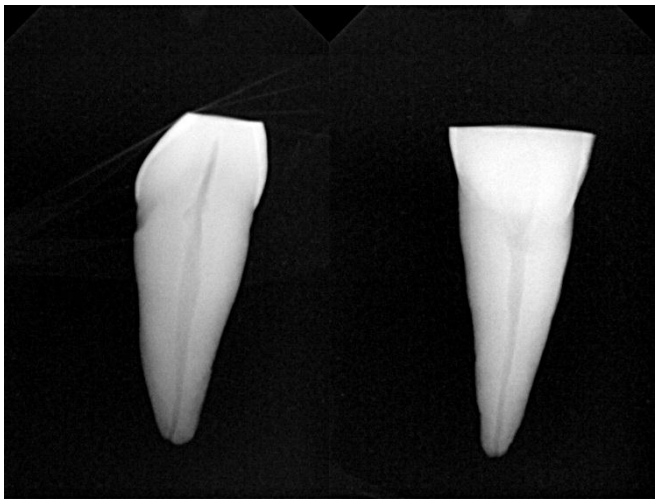
الشكل 24. عينة الدراسة مؤلفة من 45 سن حديثة القلع.

تمّ إزالة القلح وبقايا النسج الرخوة من على سطح الجذر ميكانيكاً باستخدام أداة تقليح حول سنية CK6 (الشكل 25).



الشكل 25. إزالة القلح وبقايا النسج الرخوة بواسطة أداة التقليح حول السنية CK6

أُجريت صورٌ شعاعيةٌ لجميع الأسنان بالاتجاهين الأنسي – الوحشي والدهليزي – اللساني للتأكد من وجود قناةٍ مفردةٍ مستقيمةٍ دون تكلسٍ أو امتصاصٍ (الشكل 26).

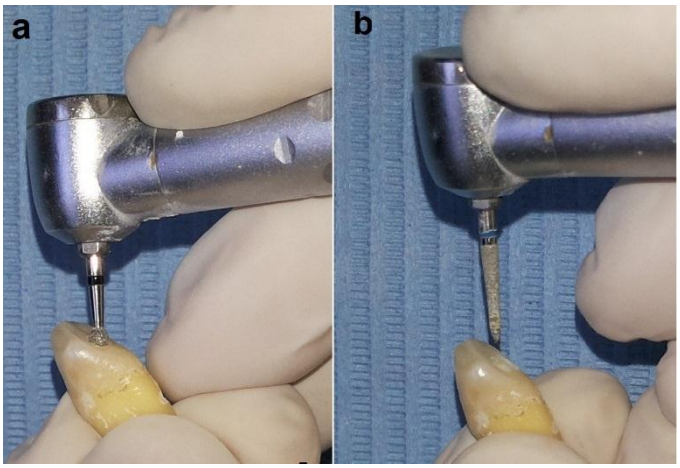


الشكل 26. صورة شعاعية لإحدى أسنان العينة مأخوذة بالاتجاهين الأنسي – الوحشي والدهليزي – اللساني

بعد الانتهاء من جمع العينة، حُفظَت الأسنان في ماءٍ معقَّمٍ بدرجة حرارة الغرفة لحين الاستخدام.

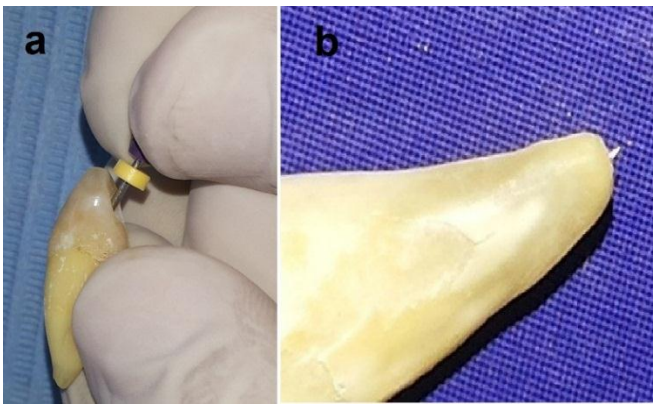
2-3-3- مرحلة التشكيل القنويّ:

فُتحَت الحجرة اللبيَّة للأسنان باستخدام سنبلةٍ كرويةٍ ماسيةٍ ثم أُزيل كامل سقف الحجرة بواسطة سنبلةٍ ماسيةٍ ذات نهايةٍ غير عاملةٍ (الشكل 27).



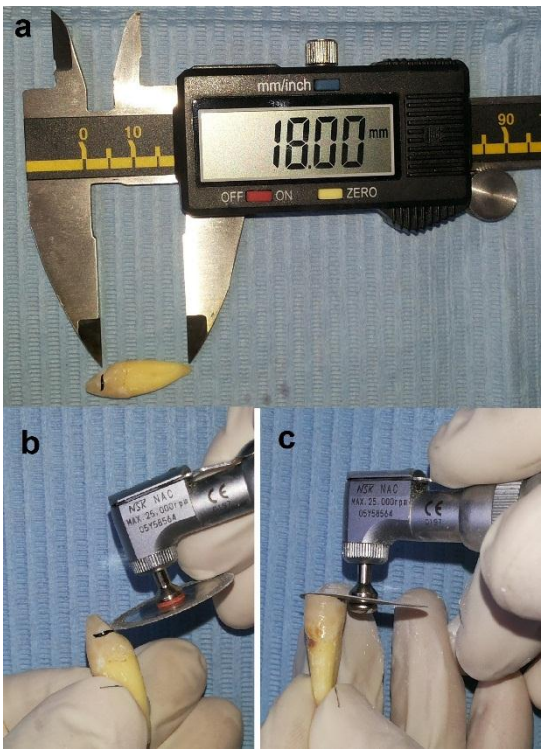
الشكل 27. فتح الحجرة اللبيَّة. a- استخدام السنبلة الكروية لفتح الحجرة اللبيَّة. b- استخدام سنبلة ذات نهاية غير عاملة لإزالة سقف الحجرة اللبيَّة.

حُدّد الطول العامل بإدخال مبرد قياس #10 ومعاينة نفوذه بشكل قليل من خلال الثقبة الذرويّة ثم طرح 1mm (الشكل 28).



الشكل 28a-سبر القناة بمبرد #10 K-file. b- معاينة نفوذ المبرد عبر الثقبة الذرويّة.

تمّ تخفيض التاج لكل سنٍ باستخدام قرص فصلٍ ماسيٍّ مع إرواءٍ مائيٍّ غزيرٍ للحصول على طولٍ موحدٍ لكل الأسنان يساوي 18mm (الشكل 29).



الشكل 29. a- قياس طول السن وتحديد الطول الموحد المطلوب. b- استعمال قرص الفصل. c- تقصير التاج للطول المطلوب باستخدام القرص الماسي.

للحصول على حجرة لبية معيارية بعمق 3mm وعرض 2.3mm في جميع الأسنان تمّ توسيع مسافة 3mm الأكثر تاجيّة باستخدام سنبلة كروية ماسية بقطر 2.3mm (De Moor et al., 2009) (الشكل 30).

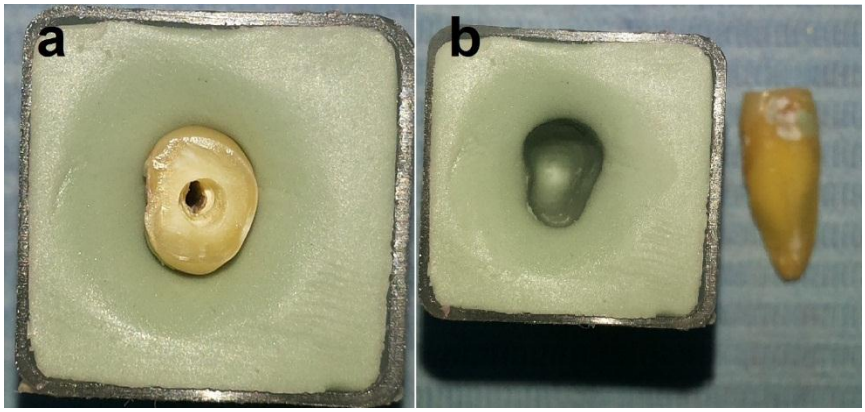


الشكل 30. a–السنبلة الكروية المخصصة لحفر الحجرة اللبيَّة الصنعيَّة. b– الحجرة اللبيَّة الصنعيَّة (منظر إطباقي)

حُضِرت الأقنية باستخدام مبارد Revo-S (megro-mega, France) حتى المبرد AS30 (30#/06) حسب تعليمات الشركة المصنعة وفق التسلسل التالي: SC1 حتى طول 12mm ثمَّ SC2 بعدها SU ثمَّ AS30 لكامل الطول العامل (18mm). خلال التحضير، تمَّ إرواء القناة باستخدام 2ml من Naocl تركيز 5.25% بين كل أداة وأُخرى بواسطة محقنة بلاستيكية وإبرة 30G ذات ثقبة جانبية (DiaDent).

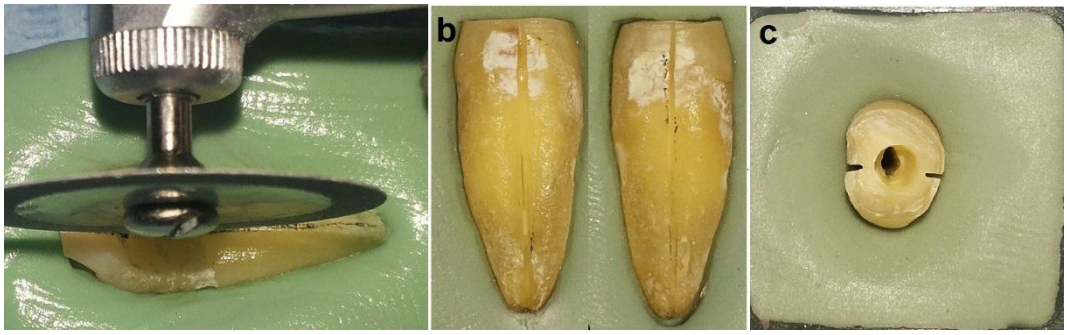
2-3-4- مرحلة الشطر النصفي:

وُضع كل سنٍ بشكلٍ عموديٍّ ضمن قالبٍ بلاستيكيٍّ حاوٍ على مادة طبعٍ مطاطيةٍ وتُرِك حتى تمام تصلبها بحيث يُشكّل قالباً صلباً يسمح بإعادة جمع نصفي السن لاحقاً من أجل تطبيق برتوكول الإرواء (Huang et al., 2008) (الشكل 31).



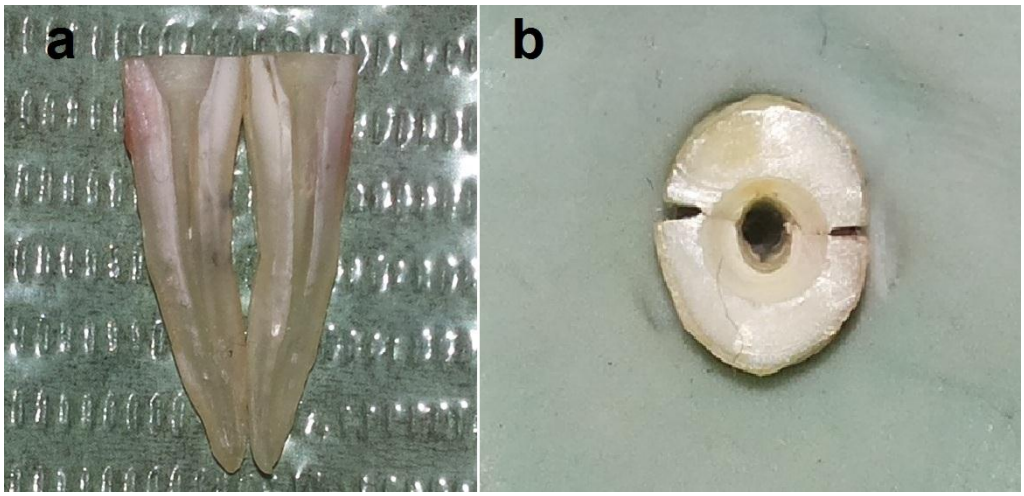
الشكل 31. a- وضع السن بشكل عمودي ضمن القالب الحاوي على مادة الطبع المطاطية. b- إزالة السن من القالب المطاطي بعد تمام تصلب المادة.

ثم وضع السن بشكلٍ طوليٍّ ضمن قالبٍ آخرٍ يحتوي كذلك على مادة الطبع المطاطية حتى تمام التصلب بهدف تشكيل مسندةٍ لحماية السن خلال الفلع. بعدها، صُنعت ميازيب طوليّة على السطوح الخارجية الأنسية والوحشية للجذر باستخدام قرص فصلٍ ماسيٍّ رفيعٍ مترافق بإرواءٍ مائيٍّ غزيرٍ مع تجنب الاختراق الى داخل القناة الجذريَّة (الشكل 32).



الشكل 32. حفر الميازيب الطولية على السطح الخارجي للجذر تمهيداً لفلعه a-وضع السن بشكل طولي ضمن مادة الطبع واستخدام قرص الفصل لحفر ميازيب طولية على السطوح الخارجية للجذر بعد تصلبها. b- ميازيب الفصل على سطح الجذر(يلاحظ عدم النفوذ إلى داخل القناة الجذريَّة). c- منظر إطباقي لميازيب الفصل (يلاحظ عدم النفوذ إلى داخل القناة الجذريَّة)

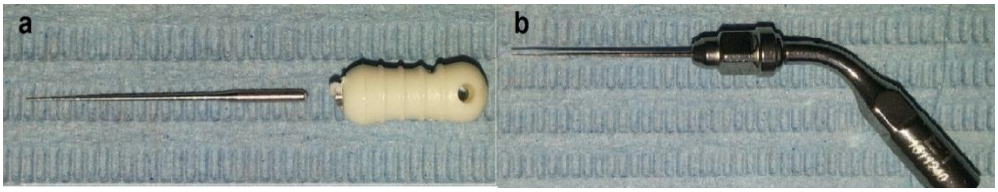
ثمَّ فُلِع السن الى نصفين باستخدام إزميل صغير(الشكل 33)



الشكل 33. فلع السن a–نصفا السن النتاجان بعد الفلع. b– منظر إطباقي بعد إعادة جمع نصفي السن المفلوع وإعادته إلى القالب المطاطي الخاص به.

2-3-5- مرحلة تحضير الميازيب الصنعيَّة:

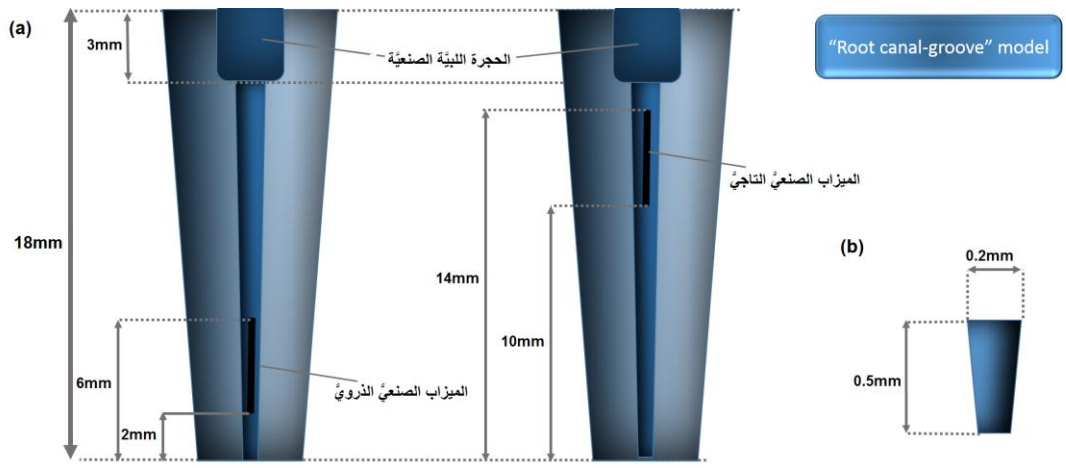
تمّ تعديل المكثف الجانبي Spreader ذي القياس #15 والاستدقاق 0.02 بحيث فُصلَت القبضة البلاستيكية وكُيّفَت لتوصل ضمن المحوِّل الخاص بجهاز التفعيل فوق الصوتيّ وعُدِّل الرأس العامل ليصبح بقطر 0.2mm عند نهايته (Lee et al., 2004) (الشكل 34).



الشكل 34. تعديل المكثف الجانبي spreader ووصله مع المحول الخاص بالجهاز فوق الصوتيّ a–فصل الجزء العامل من المكثف الجانبي عن القبضة البلاستيكية. B– وصل المكثف الجانبي بعد تعديل ذروته لتصبح بقطر 0.2 ملم مع المحوِّل الخاص.

أُستخدِم الرأس المُعّدل المذكور أعلاه بعد وصله بقبضة الجهاز فوق الصوتيّ لتحضير ميزابٍ طوليٍّ نموذجيٍّ (4mm طولاً و 0.2mm عرضاً و 0.5mm عمقاً) على جدار القناة في إحدى النصفين على بعد 2mm إلى 6mm (Lee et al., 2004) من الذروة وميزابٍ آخرٍ بنفس المواصفات على جدار القناة في النصف الآخر على بعد 10mm إلى 14mm (Rödig et al., 2010) من الذروة لتقليد الامتدادات غير المُحضَّرة للقناة الجذريَّة في كلٍّ من الجزء الذرويّ والجزء التاجيّ على التوالي (الشكل 35).

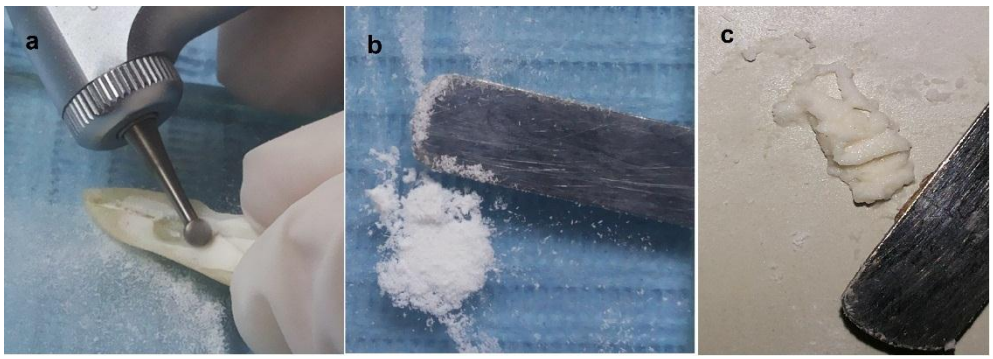
أُزيلت البرادة والفضلات الناتجة عن الفلع وحفر الميزاب باستخدام فرشاة صغيرة. بعدها، جُمِع نصفا السن ليوضع ضمن القالب المطاطي الخاص به وغُسِلت القناة باستخدام 5ml من محلول EDTA تركيز 17% لمدة دقيقةٍ و5ml من Naocl تركيز 5.25% لمدة دقيقة مع شطف القناة بين المحلولين بالماء المقطر تلاها التجفيف بالأقماع الورقية.



الشكل 35. شكل ترسيمي يوضح النموذج المستخدم في هذا البحث. a- يوضح الحجرة اللبيّة الصنعيّة والميازيب الصنعيّة ومواقعها. b- المقطع العرضي للميزاب الصنعيّ.

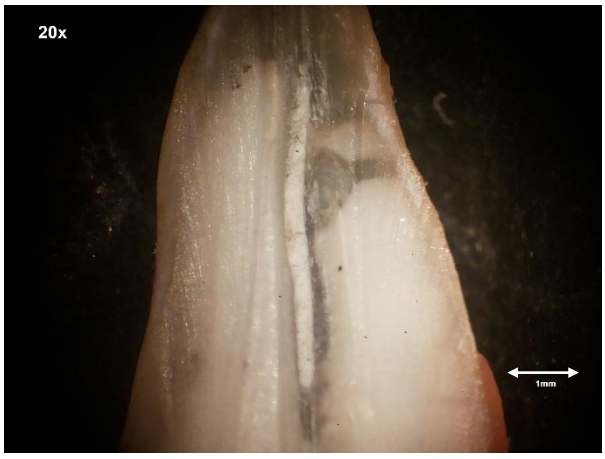
2-3-6- مرحلة تطبيق الفضلات العاجيَّة:

أُخذَت مجموعةٌ أُخرى من الأسنان وشُطِرت طولياً وتمّ حفر العاج من الجانب اللبي إلى الملاطي بواسطة سنبلة كروية للحصول على البرادة العاجيَّة. مُزجِت الفضلات العاجيَّة مع محلول Naocl تركيز 5.25% لمدة 5 دقائق قبل الاستخدام لإنتاج مزيجٍ رمليٍّ بحيث تشابه حالة وجودها ضمن الامتدادات غير المُحضَّرة ضمن القناة الجذريَّة (Lee et al., 2004) (الشكل 36).



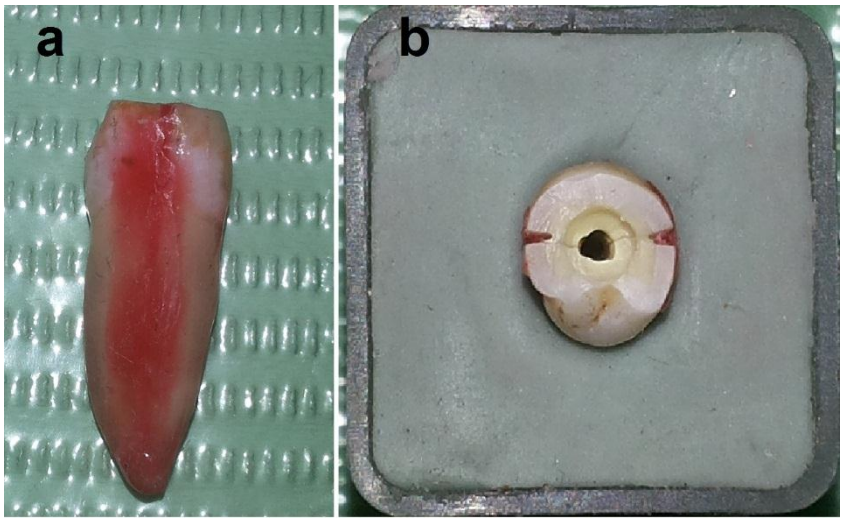
الشكل 36. يوضح طريقة تحضير الفضلات العاجيَّة. a- حفر العاج باستخدام سنبلة كروية b- الفضلات العاجيَّة الناتجة تمهيداً لمزجها مع Naocl. c- القوام الرملي للفضلات العاجيَّة بعد مزجها مع Naocl.

أُستخدِم المكثف الجانبي لنقل الفضلات العاجيَّة إلى الميزاب الصنعي مع تجنب تكديسها وأُخذِت صورة للميزاب باستخدام المكبرة المخبرية تحت تكبير 20x (الشكل 37).



الشكل 37. صورة للميزاب الصنعي المملوء بالفضلات العاجيَّة باستخدام المكبرة المخبرية تحت تكبير 20x

ثمَّ جُمِع نصفا السن تحت المكبرة المخبرية بنفس التكبير السابق للتأكد من تمام الانطباق وخُتمت الذرى وكل الفجوات على طول السن بالشمع لمنع تسرب سائل الإرواء وخلق قناة مغلقة النهاية (Tay et al., 2010)، ثم أُعيد السن الى قالب المطاط الخاص به (الشكل 38).



الشكل 38. a- ختم الذروة وكامل الفجوات على طول الجذر بالشمع. b- إرجاع السن إلى القالب المطاطي الخاص به.

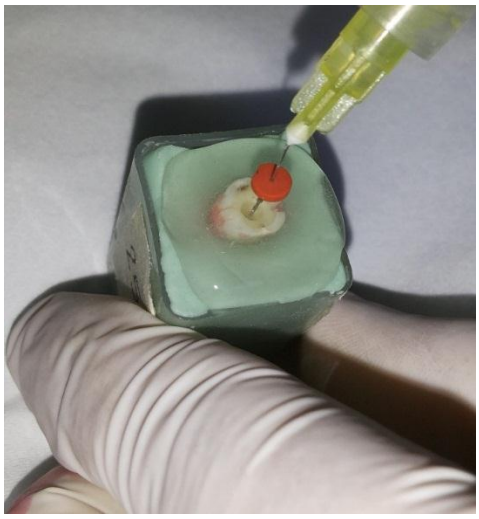
2-3-7- مرحلة تطبيق برتوكول الإرواء:

قُسمت العينة عشوائياً إلى ثلاث مجموعات (n=15) (الشكل 39).



الشكل 39. يوضح عينة البحث بعد تحضيرها ووضعها ضمن القوالب المطاطية وتقسيمها إلى ثلاث مجموعات

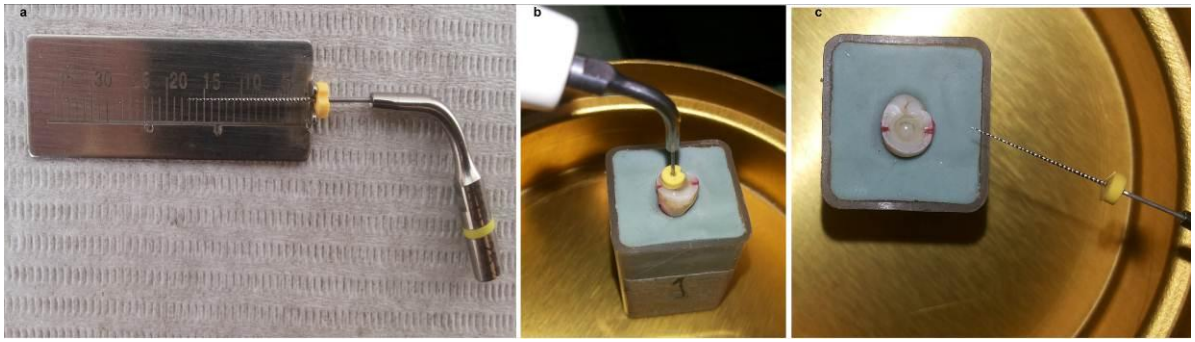
أولاً. الإرواء التقليديّ (CI) Conventional Irrigation: تمَّ الإرواء التقليديّ باستخدام إبرةٍ ذات ثقبةٍ جانبيةٍ قياس 30G (DiaDent-Netherlands) موصولةٍ على محقنةٍ بلاستيكيةٍ بحيث وضعت الإبرة قبل الطول العامل بمسافة 1mm (ضُبطت المحددة المطاطية على بعد 17mm من نهاية الإبرة). تمّ إرواء القناة بمقدار 6ml من محلول Naocl تركيز 5.25% لمدة 60 ثانيةٍ بمعدل تدفق 0.1ml/s مع تحريك الإبرة صعوداً ونزولاً بمدى 4mm خلال الحقن (Druttman and Stock, 1989) (الشكل 40).



الشكل 40. يوضح الإرواء التقليديّ

ثانياً. الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً (UAI) Ultrasonically Activated Irrigation: تمَّ الإرواء المُفعَّل فوق صوتيّاً باستخدام رأس تفعيلٍ فوق صوتيّ (K-file 15#, 21mm) قياس #15 طول 21mm موصولٍ على قبضة الجهاز فوق الصوتيّ (Suprasso,P5 Booster,Satelec) مع الالتزام بتعليمات الشركة المُصنِعة من حيث التواتر frequency (30 KHz). تمّ ملئ القناة والحجرة اللبيَّة الصنعيَّة بمحلول Naocl تركيز 5.25% باستخدام مركب محقنة – إبرة، وضِع رأس التفعيل فوق الصوتيّ قبل الطول العامل بمسافة 1mm (ضُبطت المحددة المطاطية على بعد 17mm من

نهاية رأس التفعيل) وفُعّل محلول الإرواء لمدة 20 ثانيةٍ تلاها شطف القناة بمقدار 2ml من Naocl تركيز 5.25%، ثم كُرر التفعيل لمدة 20 ثانيةٍ مع شطف لاحق للقناة بمقدار 2ml من Naocl ثم كُررت العملية مرة ثالثة أخيرة (van der Sluis et al., 2007a) لينتج زمن تفعيل إجمالي 60 ثانيةٍ مع كمية سائل إرواء إجمالية 6ml (الشكل 41).

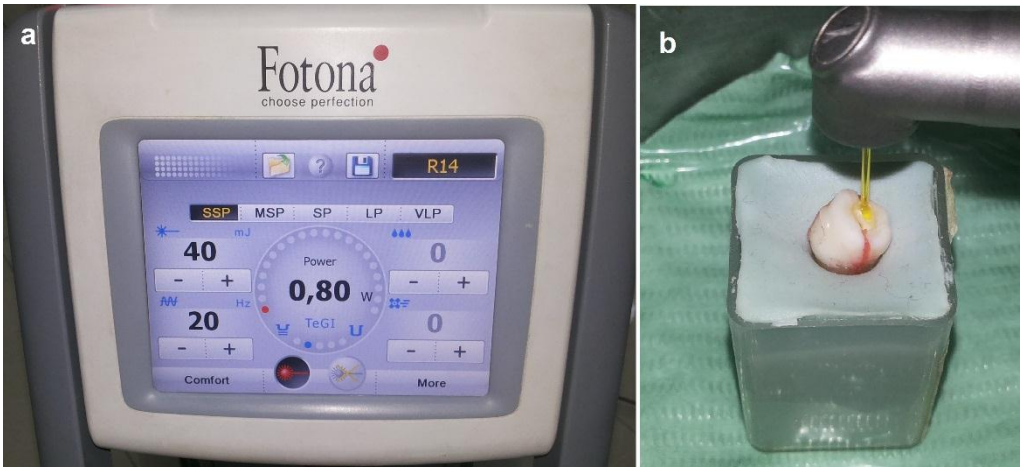


الشكل 41. التفعيل فوق الصوتيّ a–ضبط المحددة المطاطية على طول 17 ملم. b– أثناء التفعيل فوق الصوتيّ لسائل الإرواء. c– بعد الدورة الأولى من التفعيل فوق الصوتيّ (يلاحظ سائل الإرواء العكر ضمن الحجرة اللبيَّة الصنعيَّة).

ثالثاً. الإرواء المُفعَّل بالليزر (LAI) Laser Activated Irrigation : تمَّ الإرواء المُفعَّل بالليزر باستخدام رأس ليزر (X pulse- Fotona) بقطر 400µm وطول 14mm موصولٍ على قبضة جهاز ليزر Er:YAG (Light Walker, FOTONA, Ljubljana, Slovenia) مع ضبط الإعدادات كالتالي (50us_ 20Hz_ 40mj-0.8W) (Meire et al., 2016) وإيقاف الماء والهواء في نظام الليزر.

تمّ ملئ القناة الجذريَّة والحجرة اللبيَّة الصنعيَّة بمحلول Naocl تركيز 5.25% باستخدام مركب محقنة – إبرة. وضِع رأس الليزر ضمن الحجرة اللبيَّة الصنعيَّة وتُرك ثابتاً خلال دورة التفعيل الأولى التي استمرت لمدة 30 ثانيةٍ مع إرواءٍ متواصلٍ بمقدار 3ml من محلول Naocl عبر الحجرة اللبيَّة بمركب محقنة–إبرة. بعد ذلك، تُرِك سائل الإرواء دون تفعيلٍ لمدة 30 ثانيةٍ كفترة استراحة resting time

(Macedo et al., 2010)، تلاها دورة تفعيل ثانيةٍ والتي استمرت كذلك لمدة 30 ثانيةٍ مع إرواءٍ متواصلٍ بمقدار 3ml من محلول Naocl عبر الحجرة اللبيَّة، لينتج زمن تفعيل إجمالي 60 ثانيةٍ مع كمية سائل إرواء إجمالية 6ml (الشكل 42).



الشكل 42. الإرواء المُفعَّل بالليزر. a. لوحة التحكم الخاصة بجهاز الليزر وتظهر الإعدادات المستخدمة. b. موضع رأس الليزر ضمن الحجرة اللبيَّة خلال التفعيل.

2-3-8-مرحلة تقييم كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية:

بعد انتهاء مرحلة الإرواء، جُفف الأقنية بالأقماع الورقية وفُصلت الجذور من جديد ثم تمّ أخذ صور جديدة للميازيب بواسطة المكبرة المخبرية تحت التكبير السابق نفسه 20x. شُفِّرت الصور وعُرضِت على ثلاثة فاحصين مُعمَّيين بالنسبة للتقنية المُستخدَمة في تفعّيل الإرواء ولموقع الميزاب (ذرويّ/تاجيّ). قيّم الفاحصون كمية الفضلات العاجيَّة المُتبقية في كل ميزاب بناءً على نظام التسجيل التالي الموصوف من قبل (Lee et al., 2004) (الشكل 43):

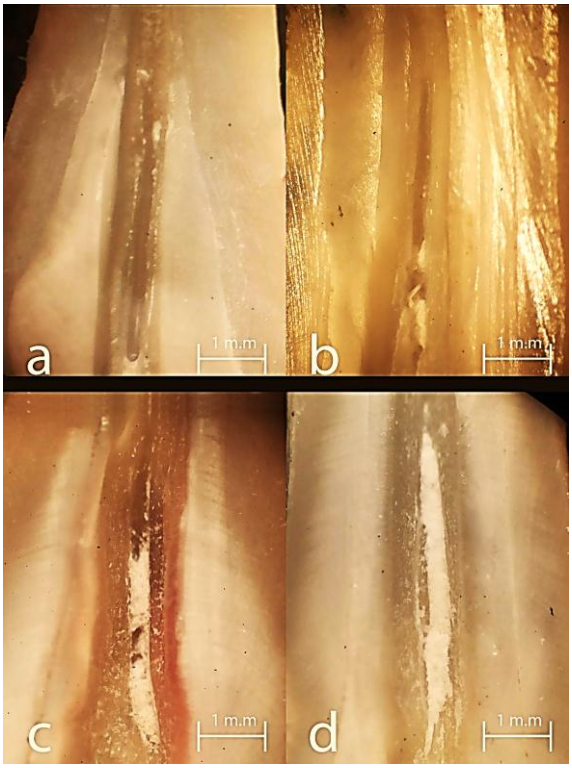
الدرجة 0: الميزاب فارغ.

الدرجة 1: الفضلات تغطي أقل من نصف الميزاب.

الدرجة 2: الفضلات تغطي نصف الميزاب أو أكثر من نصف الميزاب.

الميزاب 3: الميزاب مملوءٌ بشكلٍ كاملٍ بالفضلات.

تمَّ اعتماد درجة الفضلات العاجيَّة المتبقية إذا اتفق اثنان على الأقل من الفاحصين الثلاثة في تحديدها لكل سن من الأسنان المدروسة في عينة البحث.



الشكل 43. يوضح نظام التسجيل المستخدم في تقييم كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء. a- درجة 0: الميزاب فارغ تماماً، b- درجة 1: أقل من نصف الميزاب مملوء بالفضلات، c: درجة 2: نصف الميزاب أو أكثر مملوء بالفضلات، d- درجة 3: الميزاب مملوء كلياً بالفضلات. (الصور مأخوذة تحت تكبير 20x باستخدام المكبرة المخبرية).

2-4-التحاليل الإحصائية Statistical Analysis:

❖ **الفرضيات الإحصائية:**

الفرضية الصفرية (1) H0 Null Hypothesis

لا يوجد اختلافٌ بين تقنيات الإرواء المدروسة في إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة للقناة الجذريَّة في كل من الثلثين التاجيّ والذرويّ.

الفرضية البديلة (1) H1 Alternative Hypothesis

يوجد اختلافٌ بين تقنيات الإرواء المدروسة في إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة للقناة الجذريَّة في كل من الثلثين التاجيّ والذرويّ.

الفرضية الصفرية (2) H0 Null Hypothesis

لا يوجد اختلافٌ في فعالية كل تقنيةٍ من تقنيات الإرواء المدروسة في إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة للقناة الجذريَّة بين الثلثين التاجيّ والذرويّ.

الفرضية البديلة (2) H1 Alternative Hypothesis

يوجد اختلافٌ في فعالية كل تقنيةٍ من تقنيات الإرواء المدروسة في إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة للقناة الجذريَّة بين الثلثين التاجيّ والذرويّ.

❖ **الاختبارات الإحصائية:**

استخدم اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية واختبار Kruskal-Wallis إضافة إلى اختبار Mann-Whitney U.

الباب الثالث: النتائج والدراسة الإحصائية

Results and statistical analysis

3-1-وصف العينة:

تألفت عينة البحث من 45 سناً بشرية حديثة القلع ذات قناةٍ مفردةٍ مستقيمةٍ مع ذرى كاملة التشكل (قواطع وأنياب علوية وسفلية وضواحك سفلية). قُسِمت الأسنان عشوائياً إلى ثلاث مجموعاتٍ متساويةٍ وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة (إرواء مُفعَّل بالليزر LAI، إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI، إرواء تقليدي CI)، وقد كان توزع الأسنان في عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة كما هو موضح في الجدول (2).

جدول 2. يبين توزع عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة.

تقنية الإرواء المدروسة	عدد الأسنان	النسبة المئوية
إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	15	33.3
إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	15	33.3
إرواء تقليدي CI	15	33.3
المجموع	45	100

3-2- الدراسة الإحصائية التحليلية:

تمَّ تحديد درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء في موقعي قياس اثنين مختلفين (في الميزاب الذرويّ، في الميزاب التاجيّ) من قبل ثلاثة فاحصين مختلفين وتمَّ اعتماد درجة كمية الفضلات العاجيَّة المحددة إذا اتفق اثنان على الأقل من الفاحصين الثلاث في تحديدها لكل سنٍ من الأسنان المدروسة في عينة البحث.

وقدَّ تمَّ إعطاء كل درجةٍ من درجات كمية الفضلات العاجيَّة قيمةً متزايدةً تصاعدياً وفقاً لكمية الفضلات المتبقية كما هو موضّح في الجدول (3):

جدول 3. يبين توزع الدرجات المعتمدة لكمية الفضلات العاجيَّة المتبقية والقيمة الموافقة المعطاة لكل درجة.

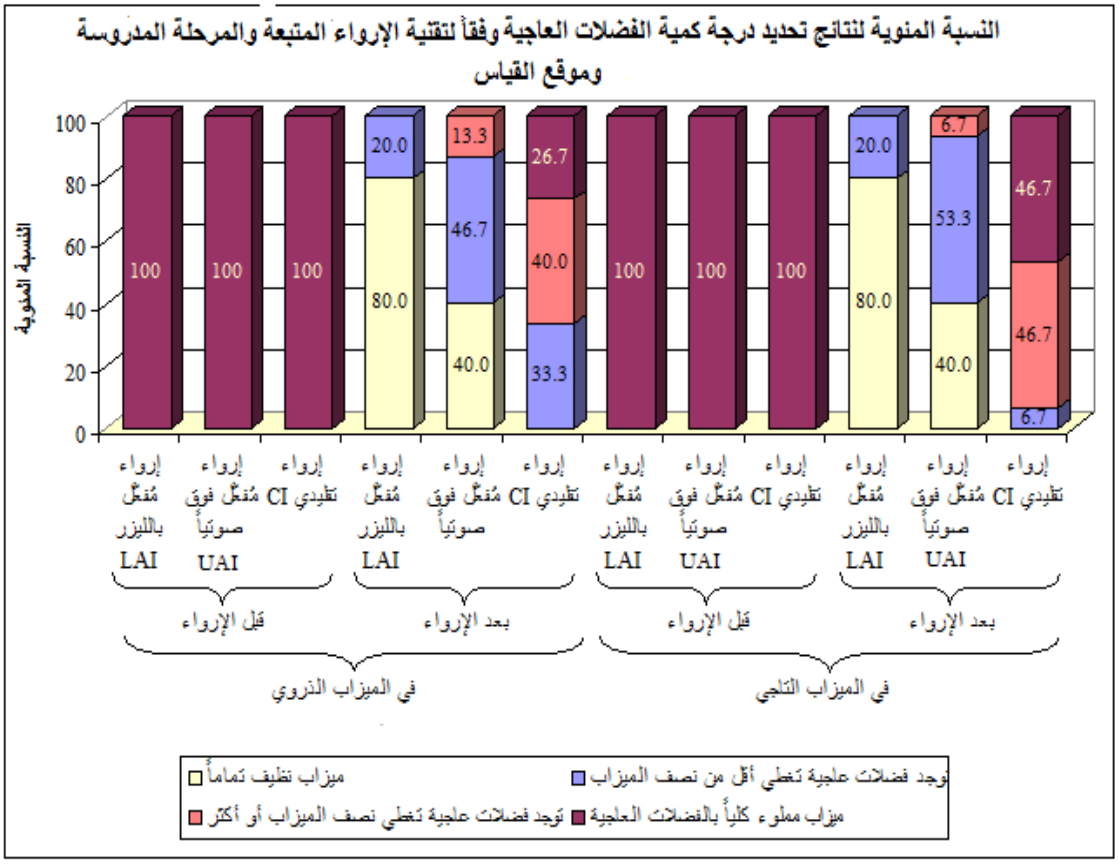
درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية	القيمة الموافقة المعطاة
ميزاب نظيف تماماً	0
توجد فضلات عاجيَّة تغطي أقل من نصف الميزاب	1
توجد فضلات عاجيَّة تغطي نصف الميزاب أو أكثر	2
الميزاب مملوء كلياً بالفضلات العاجيَّة	3

تمَّت دراســـة تأثير كل من المرحلة المدروســـة (قبل الإرواء/ بعد الإرواء) وتقنية الإرواء المدروســـة (LAI،UAI،CI) وموقع القياس (ميزاب ذرويّ/ ميزاب تاجيّ) في درجة كمية الفضلات العاجيَّة في عينة البحث وكانت نتائج التحليل كما يلي:

3-2-1- نتائج تحديد درجة كمية الفضلات العاجيَّة في عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة والمرحلة المدروسة وموقع القياس:

جدول 4. يبين نتائج تحديد درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية في عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة والمرحلة المدروسة (قبل الإرواء / بعد الإرواء) وموقع القياس (ميزاب ذرويّ/ ميزاب تاجيّ).

موقع القياس	المرحلة المدروسة	تقنية الإرواء المدروسة	عدد الأسنان				
			ميزاب نظيف تماماً	توجد فضلات عاجيَّة تغطي أقل من نصف الميزاب	توجد فضلات عاجيَّة تغطي نصف الميزاب أو أكثر	ميزاب مملوء كلياً بالفضلات العاجيَّة	المجموع
في الميزاب الذرويّ	قبل الإرواء	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	0	0	0	15	15
		إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	0	0	0	15	15
		إرواء تقليدي CI	0	0	0	15	15
	بعد الإرواء	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	12	3	0	0	15
		إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	6	7	2	0	15
		إرواء تقليدي CI	0	5	6	4	15
في الميزاب التاجيّ	قبل الإرواء	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	0	0	0	15	15
		إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	0	0	0	15	15
		إرواء تقليدي CI	0	0	0	15	15
	بعد الإرواء	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	12	3	0	0	15
		إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	6	8	1	0	15
		إرواء تقليدي CI	0	1	7	7	15



مخطط 1 يمثل النسبة المئوية لنتائج تحديد درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية في عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة والمرحلة المدروسة وموقع القياس.

3-2-2-دراسة تأثير المرحلة المدروسة في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة في عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة وموقع القياس:

تمَّ إجراء اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة بين المرحلتين المدروسين (قبل الإرواء، بعد الإرواء) في عينة البحث، وذلك وفقاً تقنية الإرواء المدروسة وموقع القياس كما يلي:

- **إحصاءات الرتب:**

جدول 5. يبين الرتب ذات الإشارة الجبرية لدرجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بين المرحلتين المدروستين (قبل الإرواء، بعد الإرواء) وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة وموقع القياس.

المتغير المدروس = درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية						
موقع القياس	تقنية الإرواء المدروسة	عدد الأسنان			متوسط الرتب	
		درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء < درجة كمية الفضلات العاجيَّة قبل الإرواء	درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء > درجة كمية الفضلات العاجيَّة قبل الإرواء	درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء = درجة كمية الفضلات العاجيَّة قبل الإرواء	درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء < درجة كمية الفضلات العاجيَّة قبل الإرواء	درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء > درجة كمية الفضلات العاجيَّة قبل الإرواء
في الميزاب الذرويّ	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	15	0	0	8	0
	إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	15	0	0	8	0
	إرواء تقليدي CI	11	0	4	6	0
في الميزاب التاجيّ	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	15	0	0	8	0
	إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	15	0	0	8	0
	إرواء تقليدي CI	8	0	7	4.5	0

نتائج اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية:

جدول 6. يبين نتائج اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بين المرحلتين المدروسين (قبل الإرواء، بعد الإرواء) في عينة البحث، وذلك وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة وموقع القياس.

المتغير المدروس = درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية				
موقع القياس	تقنية الإرواء المدروسة	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق الثنائية
في الميزاب الذرويّ	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	-3.626	0.000	**توجد فروق دالة**
	إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	-3.473	0.001	**توجد فروق دالة**
	إرواء تقليدي CI	-3.017	0.003	**توجد فروق دالة**
في الميزاب التاجيّ	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	-3.626	0.000	**توجد فروق دالة**
	إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	-3.493	0.000	**توجد فروق دالة**

المتغير المدروس = درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية				
موقع القياس	تقنية الإرواء المدروسة	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق الثنائية
	إرواء تقليدي CI	-2.714	0.007	**توجد فروق دالة**

يبين الجدول (6) أنَّ قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثيرٍ من القيمة 0.05 مهما كانت تقنية الإرواء المدروسة ومهما كان موقع القياس، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروقٌ ذات دلالةٍ إحصائيةٍ في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بين المرحلتين (قبل الإرواء، بعد الإرواء) مهما كانت تقنية الإرواء المدروسة ومهما كان موقع القياس، وبدراسة الرتب ذات الإشارة الجبرية يُلاحظ أن عدد الرتب السالبة (التي كانت فيها درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء < درجة كمية الفضلات العاجيَّة قبل الإرواء) كان أصغر من عدد الرتب الموجبة (التي كانت فيها درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء > درجة كمية الفضلات العاجيَّة قبل الإرواء) مهما كانت تقنية الإرواء المدروسة ومهما كان موقع القياس، وبالتالي نستنتج أن درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء كانت أقل منها قبل الإرواء، وذلك في كل من مجموعة الإرواء المُفعَّل بالليزر LAI ومجموعة الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً UAI ومجموعة الإرواء التقليديّ CI على حدة مهما كان موقع القياس (في الميزاب الذرويّ، في الميزاب التاجيّ) في عينة البحث.

3-2-3- دراسة تأثير تقنية الإرواء المدروسة في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء في كلا موقعي القياس:

تمَّ إجراء اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء بين تقنيات الإرواء المدروسة الثلاثة (إرواء مُفعَّل بالليزر LAI، إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI، إرواء تقليدي CI) ضمن موقعي القياس في عينة البحث كما يلي:

❖ إحصاءات وصفية:

جدول 7. يبين متوسط الرتب لدرجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء في عينة البحث وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة في كلا موقعي القياس

موقع القياس	تقنية الإرواء المدروسة	عدد الأسنان	متوسط الرتب
في الميزاب الذرويّ	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	15	12.80
	إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	15	20.93
	إرواء تقليدي CI	15	35.27
في الميزاب التاجيّ	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	15	12.50
	إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	15	19.17
	إرواء تقليدي CI	15	37.33

❖ نتائج اختبار Kruskal-Wallis :

جدول 8. يبين نتائج اختبار Kruskal–Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء بين تقنيات الإرواء المدروسة في كلا موقعي القياس.

موقع القياس	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
في الميزاب الذرويّ	25.197	2	0.000	**توجد فروق دالة**
في الميزاب التاجيّ	31.637	2	0.000	**توجد فروق دالة**

يبين الجدول (8) أنَّ قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثيرٍ من القيمة 0.05 بعد الإرواء مهما كان موقع القياس المدروس (في الميزاب الذرويّ، في الميزاب التاجيّ) ، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروقٌ ذات دلالةٍ إحصائيةٍ في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء بين اثنتين على الأقل من تقنيات الإرواء المدروسة الثلاثة (إرواء مُفعَّل بالليزر LAI، إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI، إرواء تقليدي CI)، ولمعرفة أي المجموعات تختلف عن الأخريات جوهرياً في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء تمَّ إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق الثنائية في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء بين تقنيات الإرواء المدروسة كما يلي:

❖ نتائج اختبار Mann-Whitney U:

جدول 9. يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق الثنائية في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء بين تقنيات الإرواء المدروسة ضمن البحث في كلا موقعي القياس

المتغير المدروس = درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء					
موقع القياس	تقنية الإرواء المتبعة (أ)	تقنية الإرواء المتبعة (ب)	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
في الميزاب الذرويّ	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	64.5	0.021	توجد فروق دالة
		إرواء تقليدي CI	7.5	0.000	توجد فروق دالة
	إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	إرواء تقليدي CI	33.5	0.001	توجد فروق دالة
في الميزاب التاجيّ	إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	66.0	0.025	توجد فروق دالة
		إرواء تقليدي CI	1.5	0.000	توجد فروق دالة
	إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	إرواء تقليدي CI	8.5	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول (9) أنَّ قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 بالنسبة لجميع المقارنات الثنائية المدروسة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروقٌ ثنائيةٌ ذات دلالةٍ إحصائيةٍ

في تكرارات درجة كمية الفضـــلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء بين تقنيات الإرواء الثلاثة المدروسة (إرواء مُفعَّل بالليزر LAI، إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI، إرواء تقليدي CI) مهما كان موقع القياس المدروس في عينة البحث، وبدراسة قيم متوسطات الرتب نستنتج أنَّ درجة كمية الفضـــلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء في مجموعة الإرواء التقليديّ CI كانت أعلى منها في كل من مجموعة الإرواء المُفعَّل بالليزر LAI ومجموعة الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً UAI على حدة، وأن درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء في مجموعة الإرواء المُفعَّل بالليزر LAI كانت أقل منها في مجموعة الإرواء المُفعَّل فوق صـــوتياً UAI، وذلك مهما كان موقع القياس المدروس (في الميزاب الذرويّ، في الميزاب التاجيّ) في عينة البحث. هذه النتائج تشير إلى تفوق تقنية الإرواء المُفعَّل بالليزر في إزالة الفضلات العاجيَّة من الميازيب الصنعيَّة في كلا الثلثين التاجيّ والذرويّ مقارنة مع الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً UAI والإرواء التقليديّ CI. بالإضـــافة إلى تفوق الإرواء المُفعَّل فوق صـــوتياً على الإرواء التقليديّ في إزالة الفضلات العاجيَّة من الميازيب الصنعيَّة في كلا الثلثين التاجيّ والذرويّ، بينما كانت تقنية الإرواء التقليديّ هي الأقل فعالية في هذا المجال.

3-2-4- دراسة تأثير موقع القياس في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة:

تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء بين موقعي القياس المدروسين (في الميزاب الذرويّ، في الميزاب التاجيّ) في عينة البحث، وذلك وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة كما يلي:

❖ إحصاءات وصفية:

جدول 10. يبين متوسط الرتب لدرجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية وفقاً لموقع القياس وتقنية الإرواء المدروسة

طريقة الإرواء المدروسة	موقع القياس	عدد الأسنان	متوسط الرتب
إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	في الميزاب الذرويّ	15	15.50
	في الميزاب التاجيّ	15	15.50
إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	في الميزاب الذرويّ	15	15.80
	في الميزاب التاجيّ	15	15.20
إرواء تقليدي CI	في الميزاب الذرويّ	15	13.03
	في الميزاب التاجيّ	15	17.97

❖ نتائج اختبار Mann-Whitney U:

جدول 11. يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بين موقعي القياس المدروسين (في الميزاب الذرويّ، في الميزاب التاجيّ) في عينة البحث، وذلك وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة.

تقنية الإرواء المدروسة	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق الثنائية
إرواء مُفعَّل بالليزر LAI	112.5	1.000	لا توجد فروق دالة
إرواء مُفعَّل فوق صوتياً UAI	108	0.836	لا توجد فروق دالة
إرواء تقليدي CI	75.5	0.098	لا توجد فروق دالة

يبين الجدول (11) أنَّ قيمة مســتوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05 مهما كانت تقنية الإرواء المدروسـة، أي أنَّه عند مسـتوى الثقة 95% لا توجد فروقٌ ذات دلالةٍ إحصـائيةٍ في متوسـط درجة كمية الفضـــلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء بين موقعي القياس (في الميزاب الذرويّ، في الميزاب التـاجيّ) في كل من مجموعـة الإرواء المُفعَّل بـالليزر LAI ومجموعـة الإرواء المُفعَّل فوق صـــوتياً UAI ومجموعة الإرواء التقليديّ CI على حدة في عينة البحث. بالرغم من ذلك، بدراسة قيم متوسطات الرتب نلاحظ أنَّ كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء في الميزاب التاجيّ كانت أكبر من كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية في الميزاب الذرويّ بشكلٍ واضـــحٍ في مجموعة الإرواء التقليديّ. هذا يشـير إلى فعالية أكبر للإرواء التقليديّ في الجزء الذرويّ مقارنةً مع فعاليته في الجزء التاجيّ على الرغم من عدم وجود دلالةٍ إحصـــائيةٍ لهذا الفرق.

الباب الرابع: المناقشة

Discussion

يعدُّ الإرواء عنصراً أساسياً في سياق المعالجة اللبيَّة لما له من دورٍ في تنضير التعقيدات والشذوذات التشريحيَّة ضمن المنظومة القنويَّة؛ التي لا تستطيع أدوات التشكيل القنوي الوصول إليها وتنضيرها بشكل فعَّال (Wu et al., 2003a, Peters et al., 2001b). تُشكِّل هذه الشذوذات والسطوح غير المحُضَّرة ضمن القناة الجذريَّة مكاناً لتجمع نواتج التحضير الميكانيكي مثل الفضلات العاجيَّة Dentine debris، والتي يعدُّ تركها دون إزالة عاملاً سلبياً يؤثر على نجاح المعالجة اللبيَّة (Wu et al., 2001).

تعود فعالية الإرواء إلى القدرة الكيميائيَّة لمحلول الإرواء المُستخدَم على حلِّ النسج، إضافةً إلى قدرته الميكانيكيَّة على خلق تيار قويٍّ كفايةً أو ما يدعى بفعل التدفق flushing action ضمن القناة الجذريَّة لجرف الفضلات ونواتج التحضير الميكانيكي خارجها (Haapasalo et al., 2010). يعدُّ فعل التدفق الخاص بسائل الإرواء أكثر أهميةً من قدرته على حلِّ النسج (Baker et al., 1975). لذلك، تمَّ تطوير العديد من طرق تفعيل سائل الإرواء بهدف زيادة فعل التدفق الخاص به وتحسين حركيته ضمن المنظومة القنويَّة ومن ضمنها؛ الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً Ultrasonically Activated Irrigation (UAI) والإرواء المُفعَّل بالليزر Laser Activated Irrigation (LAI) (Blanken and Verdaasdonk, 2007, Gu et al., 2009).

على الرغم من أنَّ العديد من الدراسات السابقة أثبتت فعالية الإرواء المُفعَّل بالليزر والإرواء المُفعَّل فوق صوتياً في تحسين قدرة سائل الإرواء على تنضير الجزء الذرويّ من المنظومة القنويَّة (Arslan et al., 2014b, De Moor et al., 2010, Lee et al., 2004, Van der Sluis et al., 2005b)، إلاَّ أنَّه لا توجد معلوماتٌ كافيةٌ حالياً حول فعالية هذه

التقنيات ضمن المستويات التاجيّة–الذرويّة المختلفة للقناة الجذريَّة. ولهذا السبب أُنجِز هذا البحث والذي يهدف إلى مقارنة فعالية كل من الإرواء التقليديّ والإرواء المُفعَّل فوق صوتياً والإرواء المُفعَّل بالليزر في إزالة الفضلات العاجيَّة من شذوذات صنعية على جدار القناة في كلٍّ من الثلثين الذرويّ والتاجيّ، إضافةً إلى مقارنة فعالية كل تقنية في إزالة الفضلات العاجيَّة ما بين الثلثين الذرويّ والتاجيّ.

تألفت عينة البحث من 45 سناً بشريةً حديثة القلع (قواطع وأنياب علوية وسفلية وضواحك سفلية). استخدام الأسنان الطبيعية في هذه الدراسة بدلاً من النماذج البلاستكية الجاهزة يعود إلى أنّ إزالة الفضلات من الأسنان الطبيعية قدّ يكون أكثر صعوبةً مقارنةً مع النماذج البلاستيكية بسبب الطبيعة المسامية للعاج بحكم وجود القنيات العاجيَّة (Van der Sluis et al., 2005b). أُخذت صورٌ شعاعيةٌ ذرويّةٌ لجميع الأسنان بالاتجاهين الأنسي–الوحشي والدهليزي–اللساني للتأكد من وجود قناةٍ مفردةٍ مستقيمةٍ دون تكلسٍ أو امتصاصٍ بحيث تمَّ استبعاد الأسنان التي تخالف هذه الشروط. بعد فتح الحجرة اللبيَّة وتحديد الطول العامل، تمَّ قصّ تيجان جميع الأسنان للحصول على طولٍ موحدٍ 18mm لتثبيت طول عمود سائل الإرواء وبالتالي ضمان تماثل أكبر في عينة الدراسة (Sirtes et al., 2005).

حُفرَت حجرةٌ لبيَّةٌ صنعيَّةٌ ذات أبعادٍ متماثلةٍ (3mm عمقاً و2.3mm عرضاً) باستخدام سنبلةٍ ماسيةٍ كرويةٍ بهدف خلق حيزٍ ومستودعٍ تاجيٍّ متماثل الأبعاد لسائل الإرواء في جميع الأسنان (De Moor et al., 2009)، بحيث يسمح هذا المستودع التاجيّ من سائل الإرواء بتجديده

ذرويّاً بشكلٍ مستمرٍ. فمثلاً خلال تفعيل سائل الإرواء Naocl والمستخدم في هذا البحث ينتقل المحلول من الحجرة اللبيَّة الصنعيَّة باتجاه الجزء الذرويّ مما يسمح بتجديد هذا السائل ذرويّاً ويوفِّر المزيد من الكلورين chlorine (van der Sluis et al., 2007a). يعدُّ الكلورين العنصر الفعَّال ضمن هيبوكلورايد الصوديوم في حلِّ النسج بالإضافة إلى دوره المحتمل في إنتاج الجريان الصوتيّ acoustic streaming وتأثير التجوف cavitation effect (Cameron, 1987). لهذه الأسباب المذكورة أعلاه ، تمَّ اعتماد محلول هيبوكلورايد الصوديوم Naocl كسائل إرواء في هذا البحث إضافةً إلى كونه سائل الإرواء الأكثر شيوعاً واستخداماً من قبل الممارسين (Haapasalo et al., 2010). في هذا السياق، كان Naocl سائل الإرواء الأكثر فعاليةً في إزالة الفضلات العاجيَّة عند تفعيله فوق صوتياً (van der Sluis et al., 2010). كما كانت الفقاعات المُتشكِّلة خلال التفعيل الليزريِّ أكبر عند استخدام Naocl مقارنةً بالماء إضافةً إلى تشكِّل عددٍ أكبرٍ من فقاعات التجوف الثانوية secondary cavitation bubbles (De Groot et al., 2009).

حُضِّرت جميع الأقنية الجذريَّة للحصول على قياسٍ ذرويٍّ واستدقاقٍ موحدين (30#/06). تمَّ اختيار قياس #30 ذرويّاً لخلق شروطٍ مثاليةٍ لكل تقنيات الإرواء المدروسة في هذا البحث. حيث أشار بعض الباحثين (Boutsioukis et al., 2010a) إلى أنَّ توسيع الجزء الذرويّ إلى قياسٍ أكبرٍ من #25 يحسَّن من فعالية الإرواء، بينما وجد آخرون (Khademi et al., 2006) أنَّ قياس #30 ذرويّاً هو القياس الأصغريُّ الذي يسمح بوصول سائل الإرواء إلى الجزء الذرويّ فيما يتعلق بالإرواء التقليديّ. كذلك الأمر بالنسبة للإرواء

المُفعَّل فوق صوتياً الذي أثبت فعالية أفضل عندما تكون أبعاد الجذريَّة أكبر (Van der Sluis et al., 2005b).

تصميم النموذج المدروس في هذا البحث مشابهٌ للنموذج المُقترَح من قِبل lee وزملاؤه (Lee et al., 2004) حيث تمَّ حفر ميازيب طولية على طول امتداد السطح الخارجي للجذر مع تجنب الاختراق إلى داخل القناة الجذريَّة بواسطة قرص فصلٍ ماسيٍّ رفيع. الهدف من ذلك، هو فصل الأسنان طولياً إلى نصفين متماثلين مع الحفاظ على كامل محيط القناة الجذريَّة عبر فلع السن بواسطة إزميل صغير. بخلاف ذلك، بعض الدراسات اعتمدت على فصل السن بواسطة قرص ماسي مروراً بالقناة الجذريَّة الأمر الذي كان يؤدي إلى ضياع في محيط القناة الجذريَّة مما قدّ يؤثر على النتائج. تمَّ تقليد الامتدادات غير المحُضَّرة وشذوذات القناة الجذريَّة عبر حفر ميزابٍ طوليٍّ نموذجيٍّ بطول 4mm وعرض 0.2mm وعمق 0.5mm في جدار القناة الجذريَّة في الجزء الذرويّ ضمن أحد نصفي السن. كذلك أُضيف ميزابٌ آخرٌ بنفس الأبعاد لكن في الثلث التاجيّ ضمن النصف الآخر من السن (Rödig et al., 2010) وذلك لتقييم قدرة تقنيات الإرواء المدروسة على إزالة الفضلات العاجيَّة ليس فقط من الثلث الذرويّ وإنما من الثلث التاجيّ كذلك.

تساعد الأبعاد النموذجية للميازيب الصنعيَّة على ملئها بكمياتٍ متماثلةٍ من الفضلات العاجيَّة الأمر الذي يسمح بتوحيد كمية الفضلات العاجيَّة الموجودة ضمن شذوذات القناة قبل تطبيق الإرواء. هذا النموذج يسمح بمقارنة كمية الفضلات العاجيَّة قبل وبعد إجراءات الإرواء على عكس الدراسات الأخرى (Abbott et al., 1991, Wu and Wesselink, 1995) والتي

لم يكن من الممكن فيها معرفة كمية الفضلات العاجيَّة الموجودة داخل القناة الجذريَّة قبل الإرواء وبالتالي لم يكن من الممكن تقدير كمية الفضلات المُزالَة بدقة بعد تطبيق إجراءات الإرواء ممّا قدّ يعطي نتائج غير موثوقة. بالرغم من الفوائد المذكورة أعلاه للنموذج المختار، إلاَّ أنّ الميازيب الصنعيَّة المُصمَمة بهدف تقليد الشذوذات غير المُحضَّرة للقناة الجذريَّة قدّ لا تماثل تعقيد المنظومة القنويَّة بدقة لذلك قدّ يكون من الأسهل إزالة الفضلات العاجيَّة منها مقارنةً مع شذوذات القناة في الواقع السريري (Van der Sluis et al., 2005b) .

بعد ملء الميازيب الصنعيَّة بالفضلات العاجيَّة أُخذَت صورة لكل ميزابٍ بواسطة آلة تصوير رقمية بالاستعانة بالمكبرة المجهرية تحت تكبير 20x، أُعيد جمع نصفي السن وخُتمَت الذروة وكل الفجوات على طول الجذر بالشمع ووضع السن ضمن قالبٍ مطاطيٍّ خاص به ومُجهَّز بشكل سابق لفلعه. الهدف من ذلك خلق قناةٍ جذريةٍ مغلقة النهاية closed system بحيث تشابه الواقع السريري حيث تكون القناة الجذريَّة محاطةً بالرباط حول السني والجوف العظمي، الأمر الذي يؤدي إلى تشكُّل ظاهرة الفقاعة المنحصرة vapor lock في نهايتها والتي تمنع سائل الإرواء من الوصول وتنضير هذه المنطقة بشكل فعَّال (Tay et al., 2010).

اعتمدت هذه الدراسة على استخدام محلول هيبوكلورايد الصوديوم Naocl فقط كسائل إرواء نهائي دون اعتماد برتوكول إرواء نهائي Final Rinse مؤلف من مجموعة من محاليل الإرواء. السبب هو تركيز هذه الدراسة على الأثر الميكانيكيِّ لسائل الإرواء أكثر من تركيزها على الفعل الكيميائيِّ المتمثل بالقدرة على حلِّ النسج. وبالرغم من أن الفضلات العاجيَّة تتألف من

30% من المكونات العضويَّة (Haapasalo et al., 2007)، إلاَّ أنَّ مزج هذه الفضلات مع Naocl لمدة 5 دقائق قبل الإرواء قدّ يؤدي إلى حلِّ جزءٍ معتبرٍ من هذه المكونات العضويَّة (van der Sluis et al., 2010).

أُختبرَت ثلاث تقنيات إرواء في هذه الدراسة وهي الإرواء التقليديّ (CI) والإرواء المُفعَّل فوق صوتياً (UAI) والإرواء المُفعَّل بالليزر (LAI). كانت كمية سائل الإرواء المُستخدِمة هي 6ml مع زمن تفعيل 1 دقيقة في جميع التقنيات المدروسة لتوحيد كافة المعايير.

أُستخدِمت إبرة قياس 30G ذات ثقبةٍ جانبيةٍ خلال الإرواء التقليديّ. القياس الصغير للإبرة يسمح لها بعمق توضع أكبر داخل القناة الجذريَّة (Boutsioukis et al., 2010b, Bronnec et al., 2010). كما أن الثقبة الجانبية تقلل من خطر تجاوز سائل الإرواء في الواقع السريري رغم التوضع القريب للإبرة من الثقبة الذرويّة (Hauser et al., 2007, Sedgley et al., 2005). على الرغم من أن الإبرة ذات الثقبة الجانبية غير قادرةٍ على إيصال سائل الإرواء أبعد من 1.5mm بعد رأسها مقابل قدرة الإبرة مفتوحة النهاية على دفع سائل الإرواء حتى مسافة 3mm بعد رأسها مع تجديد سائل الإرواء ذرويّاً بشكل أكثر فعالية، إلاَّ أنه لم يتمَّ استخدام الإبرة الأخيرة في هذه الدراسة كونها تعدُّ أكثر خطورة من حيث إمكانية تجاوز سائل الإرواء للذروة (Boutsioukis et al., 2010a). عوضاً عن ذلك، وضعت الإبرة ذات الثقبة الجانبية على بعد 1mm تاجيّاً للطول العامل، إضافةً لذلك تمَّ تحريكها صعوداً ونزولاً بمدى حركة 4mm كنوع من التفعيل لسائل الإرواء (Druttman and Stock, 1989, Gu et al., 2009). وجِّه ثقب الإبرة بحيث يكون مقابلاً

للميزاب الصنعي الذرويّ طوال فترة الإرواء، حيث وجد أنَّ سطح القناة الجذريَّة المواجه لثقب الإبرة كان أكثر نظافةً مقارنةً للسطح المعاكس له (Huang et al., 2008, McGill et al., 2008).

خلال التفعيل فوق الصوتيّ تمَّ استخدام رأس تفعيلٍ عبارة عن k-file قياس #15 واستدقاق 2%. القياس الأصغر من المبرد المُفعَّل فوق صوتياً يسمح بحركته بحريةٍ أكبرٍ داخل القناة الجذريَّة ويزيد من اختراق سائل الإرواء إلى المنطقة الذرويّة (Krell et al., 1988). وضِع المبرد المُفعَّل فوق صوتياً على بعد 1mm من الطول العامل مع تفعيل كل دفعةٍ من سائل الإرواء على حِدى لمدة 20 ثانية يتلوها شطف للقناة بمقدار 2ml من Naocl وكررت هذه العملية ثلاث مراتٍ (van der Sluis et al., 2007a). هذا النموذج من الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً يسمى بطريقة الإرواء المتقطع intermittent flushing method (Cameron, 1987) أما الطريقة الأخرى فتسمى طريقة الإرواء المستمر continuous flushing method والتي يتم فيها إيصال سائل الإرواء عبر القبضة فوق الصوتيّة بشكلٍ متزامنٍ مع التفعيل فوق الصوتيّ. في الطريقة الأخيرة اختراق سائل الإرواء يعتمد على الزمن (Passarinho-Neto et al., 2006) لذلك أُستخدِم نموذج الإرواء المتقطع في هذه الدراسة حيث أظهرت دراسة (van der Sluis et al., 2007a) أنّ دقيقة واحدة من الإرواء فوق الصوتيّ المتقطع كان لها نفس فعالية 3 دقائق من الإرواء فوق الصوتيّ المستمر في إزالة الفضلات العاجيَّة من شذوذات القناة الجذريَّة. إضافةً إلى ذلك، تتمثل فائدة نموذج الإرواء المتقطع المستخدمة في هذه الدراسة بتحكمٍ جيدٍ بتجديد سائل الإرواء ذرويّاً وبالكمية المستخدمة منه. يعدُّ تجديد هيبوكلورايد الصوديوم ضرورياً لأن الكلورين (وهو العنصر الفعال في Naocl) يعدُّ مركباً غير مستقرٍ ويُستهلك بسرعة (Moorer and Wesselink, 1982).

ضُبطَت شدة الجهاز فوق الصوتيّ intensity على السرعة (3) التزاماً بتعليمات الشركة المصنعة، حيث يكون التواتر frequency ضمن هذه الشروط قرابة 30 kHz بينما تتراوح سعة التذبذب displacement amplitude بين 20µm و30µm.

أُستخدِم في مجموعة الإرواء المُفعَّل بالليزر رأسٌ مخروطيُّ النهاية conical fiber tip (Xpulse 400µm/14mm, Fotona) بسبب قدرته على نقل مزيدٍ من طاقة الليزر إلى جدران القناة بشكلٍ أكثر فعالية مقارنةً بالرؤوس مستوية النهاية التقليديّة (George et al., 2008). تضمنت الإعدادات المستخدمة طاقةً استئصاليةً أصغريةً 40mJ مع تواتر 20Hz ومدة نبضات 50µs. ترافقت هذه الإعدادات مع أفضل إزالةٍ للفضلات العاجيَّة مع الأخذ بعين الاعتبار أمان التقنية وحدود الطاقة لرأس الليزر المستخدم كما أوضحت دراسة (Meire et al., 2016). تمّ وضع رأس الليزر ضمن الحجرة اللبيَّة الصنعيَّة بعد ملء القناة بمحلول Naocl وفُعِّل المحلول ليزرياً لمدة 60 ثانية مقسمة على دورتين مع فترة استراحة resting time بينهما لمدة 30 ثانية. ترافقت كل دروة تفعيل مع إرواءٍ متواصلٍ بمقدار 3ml من محلول Naocl عبر الحجرة اللبيَّة الصنعيَّة بمركب محقنة–إبرة. حيث قد يؤدي انفجار الفقاعة البخارية إلى اندفاع كميةٍ معتبرةٍ من سائل الإرواء تاجيّاً خارج القناة مما يترك كميةً قليلةً من السائل داخل القناة الجذريَّة ويقلل من فعالية هذه التقنية (De Groot et al., 2009) لذلك تمَّ الإرواء بشكلٍ متواصلٍ خلال دورة التفعيل لمنع حدوث هذا التأثير. تسمح فترة الاستراحة بين دورتي التفعيل بتحرر كميةٍ أعظم من الشكل الفعَّال لهيبوكلورايد الصوديوم (Macedo et al., 2010).

قُيِّمت كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء اعتماداً عن نظام التسجيل الموصوف من قبل Lee (Lee et al., 2004) والمكون من أربع درجات (من 0 إلى 3) بحيث تُمثِّل القيمة الأعلى بقاء كميةٍ أكبر من الفضلات العاجيَّة . تمَّ التقييم من قبل ثلاثة فاحصين مُعمَّيين بالنسبة للتقنية المُستخدَمة في تفعّيل الإرواء ولموقع الميزاب (ذرويّ/تاجيّ) لضمان عدم التحيز وذلك من خلال تشفير الصور المعروضة عليهم؛ بحيث يتمُّ اعتماد درجة الفضلات العاجيَّة المتبقية إذا اتفق اثنان على الأقل من الفاحصين الثلاثة في تحديدها لكل عينة من العينات المدروسة.

حُللت البيانات الناتجة عن هذه الدراسة إحصائياً بالاعتماد على اختباراتٍ إحصائيةٍ لامعلميةٍ Non-Parametric Tests كون البيانات الناتجة تمثل بيانات نوعيَّة رتبية Qualitative ordinal Data لا معنى للمتوسط الحسابي لها. أُستخدِم اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية لتقييم فعالية كل تقنية من التقنيات المدروسة في إزالة الفضلات العاجيَّة من خلال المقارنة بين المرحلتين (قبل الإرواء/بعد الإرواء). بينما أُستخدِم اختبارا Kruskal-Wallis و Mann-Whitney U للمقارنة بين فعالية التقنيات المدروسة من جهةٍ أولى، ولمقارنة فعالية كل تقنية بين الثلثين الذرويّ والتاجيّ من جهةٍ ثانيةٍ فيما يخصُّ إزالة الفضلات العاجيَّة.

أظهرت النتائج الحالية أنَّه على الرغم من قدرة كل التقنيات المدروسة (LAI***، UAI**، CI*) على إنقاص كمية الفضلات العاجيَّة بشكلٍ ملحوظٍ من الميازيب الصنعيَّة في كلا الثلثين الذرويّ والتاجيّ، إلاَّ أنَّه لا توجد تقنيةٌ قادرةٌ على إزالة هذه الفضلات بشكلٍ كاملٍ.

* CI: الإرواء التقليديّ. ** UAI: الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً. *** LAI: الإرواء المُفعَّل بالليزر

من الجدير بالذكر، أنَّ الدرجة (3)* لوحِظت بشكلٍ كبيرٍ في مجموعة الإرواء التقليديّ (46.7% من الميازيب في الثلث التاجيّ و26.7% من الميازيب في الثلث الذرويّ) بينما لم تلاحظ الدرجة (0)** في أي من الميازيب سواء بالثلث الذرويّ أو التاجيّ من ذات المجموعة. هذه النتائج تتفق مع نتائج دراسة (Paqué et al., 2011) التي أشارت إلى أنَّ ما يقارب نصف الفضلات العاجيَّة المتراكمة ضمن القناة الجذريَّة بعد التحضير الميكانيكي لا تزال بواسطة إجراءات الإرواء التقليديّ. وكذلك مع كل من دراسة (Goodman et al., 1985) ودراسة (Wu and Wesselink, 2001a) اللتين أوضحتا أنَّ الامتدادات غير المُحضَّرة والشذوذات ضمن القناة الجذريَّة تبقى مملوءةً بشكلٍ كاملٍ أو جزئيٍّ بالفضلات العاجيَّة بعد الإرواء التقليديّ.

مناقشة نتائج دراسة تأثير تقنية الإرواء المدروسة في كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء في كلا من الميزابين الذرويّ والتاجيّ:

❖ في الميزاب الذرويّ:

كان الإرواء المُفعَّل بالليزر أكثر فعاليةً بشكلٍ ملحوظٍ مقارنةً بكلٍ من الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً والإرواء التقليديّ في إزالة الفضلات العاجيَّة من الميزاب الصنعيّ الذرويّ. على الرغم

* الدرجة (3): ميزاب مملوء بشكل كامل بالفضلات العاجيَّة.

** الدرجة (0): ميزاب خالٍ تماماً من الفضلات العاجيَّة.

من أنَّ فعل التجوف قد يحدث خلال التفعيل فوق الصوتيّ إلاَّ أنَّه يكون أكثر وضوحاً في الإرواء المُفعَّل بالليزر. يعود ذلك إلى الطبيعة الانفجارية للفقاعات المُحدَثة بواسطة طاقة الليزر (De Groot et al., 2009) والتي تعزز الأثر الميكانيكي لسائل الإرواء وتحسن من حركيته وتوزعه ضمن المنظومة القنويَّة (Koch et al., 2016, De Meyer et al., 2016) الأمر الذي يفسر النتائج المذكورة أعلاه. تتفق النتائج الأخيرة مع العديد من الدراسات (De Groot et al., 2009, De Moor et al., 2010, De Moor et al., 2009) رغم أنَّ هذه الدراسات استخدمت رأس الليزر ضمن القناة الجذريَّة على بعد 5mm من الذروة على عكس الدراسة الحالية التي استخدمت رأس الليزر ضمن الحجرة اللبيَّة فقط. إضافةً لذلك، تتفق هذه النتائج مع دراسة (Arslan et al., 2014b) التي استخدمت رأس مخروطي النهاية موضوع ضمن الحجرة اللبيَّة بشكلٍ مماثلٍ لدراستنا. الجدير بالذكر، أن هناك توافق بين النتائج الحالية ودراسة كل من (Arslan et al., 2015a) و (Arslan et al., 2014a) حيث استخدم كذلك رأس ليزر مخروطي النهاية ضمن الحجرة اللبيَّة في هاتين الدراستين لكنها درستا فعالية إزالة ماءات الكالسيوم calcium hydroxide والضماد مضاد الإنتان antibiotic paste على التوالي من شذوذات صنعية في الجزء الذرويّ للقناة الجذريَّة. كذلك اتفقت دراستنا مع دراسة (Lloyd et al., 2014) التي قيمت قدرة الإرواء المُفعَّل بالليزر على إزالة الفضلات العضويَّة وغير العضويَّة من المنظومة القنويَّة بالاستعانة بالتصوير المقطعي المحوسب micro-Computed Tomography ووجدت تفوق الإرواء المُفعَّل بالليزر على الإرواء التقليديّ بمقدار 2.6 مرة في هذا المجال. من جهةٍ ثانيةٍ، اختلف نتائج هذه الدراسة مع دراسة (Deleu et al., 2015) التي أظهرت عدم وجود فرقٍ بين الإرواء المُفعَّل بالليزر والإرواء

المُفعَّل فوق صوتياً في إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة للقناة الجذريَّة. على الرغم من أنَّ النموذج المستخدم في الدراسة الأخيرة مماثل للنموذج المستخدم في دراستنا إلاَّ أنَّها اعتمدت على شطر السن إلى نصفين مروراً بالقناة الجذريَّة بدلاً من فلعه الأمر الذي من الممكن أن يغير من محيط تلك القناة ويقلل الحيز المتوفر لسائل الإرواء ضمنها. كما أن الطريقة الأخيرة قدَّ تفشل في تحقيق انطباق مثالي بين نصفي السن عند إعادة جمعهما لتطبيق الإرواء، مما قد يؤدي إلى تسرب سائل الإرواء جانبياً عبر خط الفصل بين نصفي السن خلال تفعيله.

أظهرت نتائج هذه الدراسة كذلك تفوق الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً على الإرواء التقليديّ في إزالة الفضلات العاجيَّة من الميزاب الصنعيِّ الذرويِّ. هذه النتيجة تتفق مع العديد من الدراسات (Lee et al., 2004, Rödig et al., 2010, Van der Sluis et al., 2005b، عبدالعزيز ر، الطيان م.، 2017) والتي أشارت إلى تفوقٍ ملحوظٍ للإرواء المُفعَّل فوق صوتياً على الإرواء التقليديّ في إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة للقناة الجذريَّة. من جهةٍ أخرى، اختلف هذا النتائج مع دراسة (Mayer et al., 2002) التي خلصت إلى عدم قدرة الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً على تحسين إزالة الفضلات العاجيَّة من القناة الجذريَّة عند مقارنته مع الإرواء التقليديّ. وكذلك وجد اختلاف بين هذه النتائج ونتائج دراسة (Castagna et al., 2013) التي أشارت إلى عدم وجود فرقٍ بين الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً والإرواء التقليديّ في إزالة الفضلات العاجيَّة من الجزء الذرويّ. التفسير المحتمل لهذا الاختلاف في النتائج هو اعتماد الدراستان الأخيرتان على طريقة عمل مختلفة عن دراستنا، تتمثل بتحضير القناة الجذريَّة وتطبيق برتوكول الإرواء ومن ثم فلع السن وتقييم كمية الفضلات المتبقية. في

هذه الطريقة لا يمكن معرفة كمية الفضلات الموجودة ضمن القناة قبل الإرواء وبالتالي لا يمكن معرفة مقدار الفضلات المُزالة بدقة بعد الإرواء الأمر الذي قد يؤثر على النتائج.

❖ في الميزاب التاجيّ:

بشكلٍ مماثلٍ للنتائج التي تمَّ الحصول عليها ضمن الميزاب الذرويّ، أظهرت النتائج في الميزاب الصنعيِّ التاجيِّ تفوق الإرواء المُفعَّل بالليزر على الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً والإرواء التقليديّ في إزالة الفضلات العاجيَّة. في الحقيقة عددٌ قليلٌ من الدراسات ركزت على قدرة تقنية الإرواء على تنظيف الجزء التاجيّ من القناة الجذريَّة خصوصاً تلك المعتمدة على نفس النموذج المستخدم في هذه الدراسة. من هذه الدراسات دراسة (Arslan et al., 2014a) التي قارنت قدرة الإرواء المُفعَّل بالليزر على إزالة الضماد مضاد الإنتان من ميزاب صنعي تاجيّ مقارنة مع الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً والإرواء التقليديّ وخلصت إلى تفوق الإرواء المُفعَّل بالليزر على تقنيات الإرواء الأخرى المدروسة بما يتفق مع نتائج دراستنا والتي أظهرت أفضلية الإرواء المُفعَّل بالليزر لكن فيما يخص إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة التاجيّة. كذلك وجدت دراستنا أنَّ الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً كان ذو فعاليةٍ أكبر في إزالة الفضلات العاجيَّة من الميزاب الصنعيّ التاجيّ مقارنة بالإرواء التقليديّ بما يتفق مع دراسة (Rödig et al., 2010) ودراسة (عبدالعزيز ر، الطيان م.، 2017). خلافاً لهذه النتائج، أظهرت دراسة (Mayer et al., 2002) عدم وجود فرقٍ بين الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً والإرواء التقليديّ في إزالة الفضلات العاجيَّة من الثلث التاجيّ للقناة الجذريَّة. السبب قد يعود كما ذكرنا أعلاه إلى اعتماد هذه الدراسة على تقييم كمية الفضلات المزالة دون معرفة كمية الفضلات الموجود ضمن القناة الجذريَّة قبل الإرواء.

مناقشـــة تأثير موقع القياس (الميزاب الذرويّ/الميزاب التاجيّ) في كمية الفضـــلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء وفقاً لتقنية الإرواء المدروسة:

❖ **الإرواء التقليديّ:**

أشــارت العديد من الدراســات إلى أنَّ فعالية الإرواء التقليديّ تكون أكثر وضــوحاً في الجزء الذرويّ (Huang et al., 2008, McGill et al., 2008, Rödig et al., 2010). قدَّ يعود ذلك إلى استخدام هذه الدراسات لرأس إبرة رفيع ووضعه قريباً من الطول العامل. بشكلٍ معاكسٍ، أشــارت دراســات أخرى (Druttman and Stock, 1989, Walters et al., 2002) إلى أنَّ إزالة الفضــلات وتجديد ســائل الإرواء تكون أكثر صــعوبة ذرويّاً. الجدير بالذكر، أنَّ الدراستين الأخيرتين لم تحددا عمق توضع الإبرة ضمن القناة الجذريَّة.

أشــارت النتائج الحالية إلى بقاء كميةٍ أقل من الفضــلات العاجيَّة ضــمن الميازيب الصــنعيَّة الذرويّة مقارنةً مع الميازيب التاجيّة. بالرغم من ذلك، فإن الفروق في كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بين الثلثين التاجيّ والذرويّ لم تكن دالةً إحصائياً.

❖ **الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً:**

تُعزَى فعالية التنضير الخاصة بالإرواء المُفعَّل فوق صوتياً بشكلٍ أساسيٍّ إلى الجريان الصوتيّ acoustic streaming (Ahmad et al., 1988)، الذي ينتج عندما يتحرك المبرد أو السلك الأملس المتذبذب فوق صوتياً بحريةٍ ضمن سائل الإرواء في القناة الجذريَّة المُحضَّرة مسبقاً. إضافةً إلى الجريان الصوتيّ، يمكن لفعل التجوف cavitation effect أن يحدث ضمن سائل

الإرواء خلال تفعيله فوق صوتياً. لكن، يتطلب حدوثه تحضيراً ذرويّاً كبيراً من جهةٍ أولى وإعدادات طاقةٍ فوق صوتيَّةٍ عاليةٍ من جهةٍ ثانيةٍ (Jiang et al., 2010).

تكون سعة التذبذب وسرعة جريان سائل الإرواء أعظميةً عند رأس المبرد المُفعَّل فوق صوتياً الذي يوضع أقرب إلى الثلث الذرويّ ممّا يوحي بفعالية أكبر في الثلث الذرويّ مقارنةً مع أجزاء القناة الأخرى خاصة الثلث التاجيّ الأبعد عن ذروة المبرد المتذبذب (Rödig et al., 2010). لكن التشريح الأكثر تعقيداً وقياس القناة الأضيق في الثلث الذرويّ من الممكن أن يجعل من تنضيره عميلة أكثر تعقيداً (Mayer et al., 2002)، حيث أنَّ أي تماس للمبرد المتذبذب مع جدران القناة سوف يعيق الجريان الصوتيِّ بشكلٍ أكبرٍ في الجزء الذرويِّ مقارنة مع أجزاء القناة الأخرى. هذا قد يفسر نتائج دراستنا والتي بينت عدم وجود فروق دالة إحصائياً في فعالية الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً في إزالة الفضلات العاجيَّة من الثلث الذرويّ الأضيق والأكثر تعقيداً تشريحياً مقارنةً مع الثلث التاجيّ الأبعد عن ذروة الرأس المُفعَّل فوق صوتياً.

عددٌ قليلٌ من الدراسات قارنت فعالية الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً في إزالة الفضلات العاجيَّة بين الأجزاء المختلفة للقناة. تباينت النتائج بين هذه الدراسات حيث وجد(Munley and Goodell, 2007) وكذلك (Castagna et al., 2013a) إضافةً إلى (Rödig et al., 2010) ودراسة (عبدالعزيز ر، الطيان م.، 2017) عدم وجود فرقٍ في كمية الفضلات العاجيَّة المتبقية بعد الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً بين الثلثين التاجيّ والذرويّ بما يتفق مع ما خَلُصت إليه دراستنا الحالية بينما وجد (Agrawal et al., 2012) كمية فضلات عاجيَّة متبقية أقل في الثلث الذرويّ مقارنةً مع الثلث التاجيّ بخلاف دراستنا وقدّ يعود ذلك إلى زمن تفعيل الإرواء الأطول في هذه الدراسات بالإضافة إلى استخدام قياس ذرويّ أكبر مقارنة مع

ما تمّ استخدامه في دراستنا. كذلك اختلفت دراستنا مع دراسة (Mayer et al., 2002) التي وجدت كمية فضلات عاجيَّة متبقية أقل في الثلث التاجيّ مقارنة مع الثلث الذرويّ الأمر الذي قدّ يُعزى إلى استخدام استدقاق ذرويّ أصغر مقارنة مع دراستنا.

❖ **الإرواء المُفعَّل بالليزر:**

يعدُّ فعل التجوف آلية العمل الرئيسية للإرواء المُفعَّل بالليزر والذي يحدث عندما تُمتَص طاقة الليزر من قبل السائل داخل القنويِّ مؤديةً إلى تشكُّل فقاعةٍ بخاريةٍ vapor bubble في مقدمة رأس الليزر. تتمدد هذه الفقاعة وتنفجر لاحقاً مسببةً موجاتٍ صادمةً وحركةً سريعةً ضمن سائل الإرواء. إضافةً إلى ذلك، يؤدي التغير المفاجئ في الضغط حول رأس الليزر بعد انفجار الفقاعة البخارية الأولى إلى ظهور عددٍ من فقاعات التجوف الثانويَّة secondary cavitation bubbles؛ والتي تختفي في أعدادٍ متناقصةٍ تدريجياً وتساهم في تنضير الجزء الذرويّ (Blanken et al., 2009, Blanken and Verdaasdonk, 2007, Matsumoto et al., 2011, De Groot et al., 2009).

أشارت الدراسات المبكرة إلى فعالية تقنية الإرواء المُفعَّل بواسطة ليزرات الإيربيوم في إزالة الفضلات العاجيَّة من شذوذات القناة الجذريَّة (De Groot et al., 2009, De Moor et al., 2010, De Moor et al., 2009). لكن، اعتمدت هذه الدراسات على استخدام رأس مستوي النهاية plain fiber tip داخل القناة الجذريَّة على بعد 5mm بعيداً عن الطول العامل. من جهةٍ أخرى، أشارت دراساتٌ سابقةٌ إلى حدوث تأثيراتٍ جانبيةٍ عند استخدام رأس الليزر داخل القناة الجذريَّة والتي تتضمن تشكُّل

درجات (Matsuoka et al., 2005) وحدوث التفحم والصدوع في الجدران العاجيَّة (Yamazaki et al., 2001) إضافة إلى التسرب الذرويّ لسائل الإرواء (George and Walsh, 2008). للتخلص من هذه التأثيرات الجانبية اقترح بعض الباحثون استخدام رأس الليزر داخل الحجرة اللبيَّة أو عند فوهة القناة الجذريَّة دون إدخاله ضمنها (Peeters and Suardita, 2011, DiVito et al., 2012).

على الرغم من التخلص من التأثيرات الجانبية سابقة الذكر عند استخدام رأس الليزر ضمن الحجرة اللبيَّة فقط دون ادخاله ضمن القناة الجذريَّة، فإنَّه من غير المعروف فيما إذا كان هذا النمط من الإرواء المُفعَّل بالليزر قادراً على الحفاظ على تدفق سائل الإرواء ليبقى بنفس الفعالية في كل أجزاء القناة الجذريَّة بدءاً من الثلث التاجيّ إلى الجزء الأكثر ذرويّة منها. اقترحت دراسةٌ سابقةٌ (De Groot et al., 2009) أنَّ فعالية الإرواء المُفعَّل بالليزر تكون أكبر قرب ذروة الرأس حيث تكون قوى القصِّ الناتجة عن انفجار الفقاعة البخاريَّة أكثر قوةً ثمَّ تنخفض هذه الفعالية تدريجياً بعيداً من هذه النقطة. لذلك، فإنَّه من المتوقع عند استخدام رأس الليزر ضمن الحجرة اللبيَّة –كما هو الحال في دراستنا–أن تكون الفعالية أكبر في الثلث التاجيّ بحكم قربه من ذروة الرأس الليزري مقارنةً مع الثلث الذرويّ الأبعد. بالرغم من ذلك، أظهرت نتائج الدراسة الحالية عدم وجود فرق في فعالية الإرواء المُفعَّل بالليزر بين الثلثين التاجيّ والذرويّ في مجال إزالة الفضلات العاجيَّة. هذا يتفق مع دراسة (Arslan et al., 2014a) التي تحرت فعالية الإرواء المُفعَّل بالليزر في إزالة الضماد مضاد الإنتان من ميزابين صنعيين أحدهما في الثلث الذرويّ والآخر في الثلث التاجيّ، وخلصت إلى عدم تأثر فعالية هذه التقنية بموقع الميزاب (ذرويّ/تاجيّ). من جهةٍ أخرى، اختلفت نتائجنا مع نتائج دراسة (Meire et

al., 2016) التي أظهرت تحسناً في إزالة الفضلات العاجيَّة عند وضع رأس الليزر قريباً من الميزاب الصنعيِّ المملوء بهذه الفضلات ممَّا يفترض فعاليةً أكبر في الثلث التاجيّ في الدراسة الحالية بحكم استخدام الباحث في الدراسة الحالية لرأس الليزر في الحجرة اللبيَّة أقرب إلى الميزاب التاجيّ. التفسير المحتمل لهذا الاختلاف هو استخدام دراستنا لهيبوكلوراید الصوديوم كسائل إرواء بدلاً من الماء المستخدم في الدراسة الأخيرة؛ حيث يعزز هيبوكلوراید الصوديوم من عدد فقاعات التجوف الثانوية والتي تساهم بدورها في تنظيف الجزء الذرويّ (De Groot et al., 2009, Matsumoto et al., 2011). التفسير الأخر هو زمن التفعيل الأطول في الدراسة الحالية (60 ثانية) والذي يرتبط بدوره بإزالة أفضل للفضلات العاجيَّة (Meire et al., 2016) مقابل زمن تفعيل 20 ثانية في الدراسة الأخيرة.

من جهةٍ ثانيةٍ، أظهرت نتائج هذه الدراسة أنَّ 80% من الميازيب الصنعيَّة كانت خاليةً تماماً من الفضلات العاجيَّة. بشكلٍ مماثلٍ، أوضح Arslan ((Arslan et al., 2014b) أن 75% من الميازيب الصنعيَّة كانت خاليةً تماماً من الفضلات العاجيَّة بعد تفعيل Naocl لمدة 60 ثانية مع رأس مخروطي النهاية موضوع ضمن الحجرة اللبيَّة. إضافةً إلى ذلك، وجد نفس الباحث في دراسةٍ أخرى (Arslan et al., 2015a) عدم بقاء أي أثر لضماد ماءات الكالسيوم ضمن شذوذات القناة الصنعيَّة بعد تفعيل محلول EDTA لمدة 60 ثانية برأس مخروطي النهاية موضوع عند فوهة القناة الجذريَّة.

بناءً على ما سبق، يمكن لزمن التفعيل ومحلول الإرواء المستخدم أن يلعب دوراً هاماً إلى جانب موقع رأس الليزر ضمن القناة الجذريَّة. لذلك اقترحت الدراسة الحالية أنَّه عند زيادة زمن التفعيل واستخدام محلول إرواء مناسب للبنى المطلوب إزالتها من القناة الجذريَّة، فإنَّه ليس من

الضروري وضع رأس الليزر ضمن القناة الجذريَّة؛ وإنما يمكن الإبقاء عليه ضمن الحجرة اللبيَّة أو عند فوهة القناة الجذريَّة. لكن هذه الاقتراحات تتطلب دراسات أكثر لتبين أثر زمن التفعيل ومحلول الإرواء المستخدم في فعالية الإرواء المُفعَّل بالليزر عند استخدام الرأس الليزري ضمن الحجرة اللبيَّة فقط.

الباب الخامس: الاستنتاجات

Conclusions

ضمن حدود وإمكانيات هذا البحث يمكن أن نستنتج ما يلي:

1. لم تتمكن أيٌّ من تقنيات الإرواء المدروسة من إزالة الفضلات العاجيَّة بشكلٍ كاملٍ من الشذوذات الصنعيَّة في جدران القناة الجذريَّة في كِلا الثلثين الذرويّ والتاجيّ.

2. كان الإرواء المُفعَّل بواسطة ليزر Er: YAG الأكثر فعالية في إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة في جدران القناة الجذريَّة في كِلا الثلثين الذرويّ والتاجيّ مقارنةً مع الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً والإرواء التقليديّ.

3. كانت تقنية الإرواء التقليديّ هي الأقل فعالية في إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة في جدران القناة في كِلا الثلثين الذرويّ والتاجيّ مقارنةً مع الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً والإرواء المُفعَّل بالليزر.

4. لم يكن هناك فرق في فعالية كل تقنيةٍ على حدى في إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة في جدران القناة من الثلث الذرويّ مقارنةً مع الثلث التاجيّ.

الباب السادس: المقترحات والتوصيات

Recommendations

&

Suggestions

1. نوصي بضرورة تفعيل سائل الإرواء لتحسن قدرته على تنضير المنظومة القنويَّة.

2. نوصي باستخدام تقنية الإرواء المُفعَّل بالليزر لما لها من دور في إزالة الفضلات من شذوذات المنظومة القنويَّة وتحسين حركية سائل الإرواء ضمنها.

3. نقترح إجراء دراسةٍ مشابهةٍ مع وضع ذروة رأس الليزر ضمن مستوياتٍ مختلفةٍ داخل القناة الجذريَّة لدراسة أثر موقع الرأس الليزري ضمن القناة الجذريَّة على فعالية تقنية الإرواء المُفعَّل بالليزر.

4. نقترح إجراء دراسةٍ مشابهةٍ مع استخدام عدة سوائل إرواء ودراسة أثر ذلك على فعالية كل تقنية.

5. نقترح إجراء دراسةٍ مشابهةٍ مع عدة أزمنة تفعيل ودراسة أثر ذلك على فعالية كل تقنية.

6. نقترح إجراء دراسةٍ لتحري أثر زيادة زمن التفعيل خلال الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً ومقارنته مع الإرواء المُفعَّل بالليزر.

7. نقترح إجراء دراسةٍ مشابهةٍ مع وضع ذروة المبرد المُفعَّل فوق صوتياً ضمن مستويات مختلفة بعيداً عن الطول العامل للتقليل من تماسه مع جدران القناة ودراسة أثر ذلك على فعالية هذه التقنية في إزالة الفضلات العاجيَّة من الأجزاء المختلفة للقناة.

الباب السابع: المراجع

References

1. ABBOTT, P., HEIJKOOP, P., CARDACI, S., HUME, W. & HEITHERSAY, G.An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *International Endodontic Journal.*1991*,* 24**,** 308-316
2. AGRAWAL, V. S., KAPOOR, S. & AGRAWAL, V.An in vitro electron microscopic study comparing the efficacy of passive ultrasonic and syringe scanning irrigation methods using sodium hypochlorite in removal of debris from the root canal system. *Journal of the Irish Dental Association.*2012*,* 58
3. AHMAD, M., FORD, T. P., CRUM, L. & WALTON, A.Ultrasonic debridement of root canals: acoustic cavitation and its relevance. *Journal of endodontics.*1988*,* 14**,** 486-493
4. AHMAD, M., FORD, T. R. P. & CRUM, L. A.Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. *Journal of Endodontics.*1987a*,* 13**,** 93-101
5. AHMAD, M., PITT FORD, T. J. & CRUM, L. A.Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.*1987b*,* 13**,** 490-9
6. AL SHAHRANI, M., DIVITO, E., HUGHES, C. V., NATHANSON, D. & HUANG, G. T.-J.Enhanced removal of Enterococcus faecalis biofilms in the root canal using sodium hypochlorite plus photon-induced photoacoustic streaming: an in vitro study. *Photomedicine and laser surgery.*2014*,* 32**,** 260-266
7. ALBRECHT, L. J., BAUMGARTNER, J C. & MARSHALL, J. G. Evaluation of apical debris removal using various sizes and tapers of ProFile GT files. *Journal of Endodontics.*2004*,* 30**,** 425-428
8. ALI, M. N., HOSSAIN, M., NAKAMURA, Y., MATSUOKA, E., KINOSHITA, J.-I. & MATSUMOTO, K.Efficacy of root canal preparation by Er, Cr: YSGG laser irradiation with crown-down technique in vitro. *Photomedicine and Laser Therapy.*2005*,* 23**,** 196-201
9. ALTUNDASAR, E., ÖZCELIK, B., CEHRELI, Z. C. & MATSUMOTO, K.Ultramorphological YSGG laser irradiation and two :and histochemical changes after ER, CR different irrigation regimes. *Journal of endodontics.*2006*,* 32**,** 465-468
10. AMATO, M., VANONI-HEINEKEN, I., HECKER, H. & WEIGER, R.Curved versus straight root canals: the benefit of activated irrigation techniques on dentin debris removal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and .Endodontology.*2011*,* 111**,** 529-534
11. ARDILA, C., WU, M. K. & WESSELINK, P.Percentage of filled canal area in mandibular molars after conventional root-canal instrumentation and after a noninstrumentation technique (NIT). *International Endodontic Journal.*2003*,* 36**,** .591-598
12. ARSLAN, H., AKCAY, M., CAPAR, I., SAYGILI, G., GOK, T. & ERTAS, H.An in vitro ,comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic ,sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide. .*International Endodontic Journal.*2015a*,* 48**,** 246-251
13. ARSLAN, H., AKCAY, M., CAPAR, I. D., ERTAS, H., OK, E. & UYSAL, B.Efficacy of needle irrigation, EndoActivator, and photon-initiated photoacoustic streaming technique on removal of double and triple antibiotic pastes. *Journal of endodontics.*2014a*,* 40**,** 1439-1442
14. ARSLAN, H., AKCAY, M., ERTAS, H., CAPAR, I. D., SAYGILI, G. & MEŞE, M.Effect of PIPS technique at different power settings on irrigating solution extrusion. *Lasers in medical science.*2015b*,* 30**,** 1641-1645

15. ARSLAN, H., CAPAR, I., SAYGILI, G., GOK, T. & AKCAY, M.Effect of photon-initiated photoacoustic streaming on removal of apically placed dentinal debris. *International Endodontic Journal.*, 47, 1072-1077,2014b.
16. ARVANITI, I. S. & KHABBAZ, M. G.Influence of root canal taper on its cleanliness: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics.*2011, 37, 871-874
18. BAKER, N. A., ELEAZER, P. D., AVERBACH, R. E. & SELTZER, S.Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *Journal of endodontics.*1975, 1, 127-135
19. BAUMGARTNER, J. C. & MADER, C. L.A. scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of Endodontics*.157-147 ,13 ,1987
20. BERBER, V., GOMES, B., SENA, N., VIANNA, M., FERRAZ, C., ZAIA, A. & SOUZA-FILHO, F.Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing Enterococcus faecalis within root canals and dentinal tubules. *International Endodontic Journal.*2006, 39, 10-17.
21. BERGMANS, L., MOISIADIS, P., HUYBRECHTS, B., VAN MEERBEEK, B., QUIRYNEN, M. & LAMBRECHTS, P.Effect of photo-activated disinfection on endodontic pathogens ex vivo. *International Endodontic Journal.*2008, 41, 2 .239-27
22. BLANKEN, J., DE MOOR, R. J. G., MEIRE, M. & VERDAASDONK, R.Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers in surgery and medicine.*2009, 41, 514-519.
23. BLANKEN ,J. W. & VERDAASDONK, R. M.Cavitation as a working mechanism of the Er, Cr: YSGG laser in endodontics: a visualization study. *J Oral Laser Appl.*2007, 7, .97-106
24. BOUTSIOUKIS, C., GOGOS, C., VERHAAGEN, B., VERSLUIS, M., KASTRINAKIS, E. & VAN DER SLUIS, L.The effect of apical preparation size on irrigant flow in root canals evaluated using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *International Endodontic Journal.*2010a, 43, 874-881.
25. BOUTSIOUKIS, C., LAMBRIANIDIS, T., KASTRINAKIS, E. & BEKIAROGLOU, P.Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *International Endodontic Journal.*2007, 40, .504-513
26. BOUTSIOUKIS, C., LAMBRIANIDIS, T., VERHAAGEN, B., VERSLUIS, M., KASTRINAKIS, R. & VAN DER SLUIS, L. W.The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. *Journal of Endodontics.*2010b, 36, 1664-1668.
27. BOUTSIOUKIS, C., VERHAAGEN, B., WALMSLEY L .Measurement and visualization of file-to-wall contact during ultrasonically activated irrigation in simulated canals. *International Endodontic Journal.*2013, 46, 1046-1055.
28. BRONNEC, F., BOUILLAGUET, S. & MACHTOU, P.Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the final irrigation regimen. *International Endodontic Journal.*2010, 43, 663-672.
29. BURLESON, A., NUSSTEIN, J., READER, A. & BECK, M.The in vivo evaluation of hand/rotary/ultrasound instrumentation in necrotic, human mandibular molars. *Journal of Endodontics.*2007, 33, 782-787.
30. ÇALIŞKAN, M. K., PEHLIVAN, Y., SEPETCIOĞLU, F., TURKUN, M. & TUNCER, S. Ş.Root canal morphology of human permanent teeth in a Turkish population. *Journal of Endodontics.*1995, 21, 200-204

31. CAMERON, J. A.The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite: a scanning electron microscope evaluation. *Journal of Endodontics.*1987*,* 13**,** 541-545
32. CAMERON, J. A.The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *Journal of Endodontics.*1988*,* 14**,** 554-559
33. CAMERON, J. A.The choice of irrigant during hand instrumentation and ultrasonic irrigation of the root canal: a scanning electron microscope study. *Australian dental journal.*1995*,* 40**,** 85-90
34. CAMPS, J,. POMMEL, L., AUBUT, V., VERHILLE, B., SATOSHI, F., LASCOLA, B. & ABOUT, I.Shelf life, dissolving action, and antibacterial activity of a neutralized 2.5% sodium hypochlorite solution. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.*2009*,* 108**,** e66-e73
35. CARON, G.Cleaning efficiency of the apical millimeters of curved canals using three different modalities of irrigant activation: an SEM study. *Paris: Paris VII University.*2007
36. CASTAGNA, F., RIZZON, P., DA ROSA, R. A., SANTINI, M. F., BARRETO, M. S., DUARTE, H., ANTONIO, M. & REIS Só, M. V.Effect of passive ultrassonic instrumentation as a final irrigation protocol on debris and smear layer removal—a SEM analysis. *Microscopy research and technique.*2013a*,* 76**,** 496-502
37. CHOW, T.Mechanical effectiveness of root canal irrigation. *Journal of Endodontics.*1983a*,* 9**,** 475-479
38. CHURCH, C. C.A theoretical study of cavitation generated by an extracorporeal shock wave lithotripter. *J Acoust Soc Am.*1989*,* 86**,** 215-217
39. CLEGG, M., VERTUCCI, F., WALKER, C., BELANGER, M. & BRITTO, L.The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *Journal of Endod* 437-434 ,32 ,2006.
40. CZONSTKOWSKY, M., WILSON, E. G. & HOLSTEIN, F.The smear layer in endodontics. *Dental Clinics of North America.*1990*,* 34**,** 13-25
41. DE GREGORIO, C., ESTEVEZ, R., CISNEROS, R., HEILBORN, C. & COHENCA, N.Effect of EDTA, sonic, and ultrasonic activation on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals: an in vitro study. *Journal of Endodontics.*2009*,* 35**,** 891-895
42. DE GROOT, S., VERHAAGEN, B., VERSLUIS, M., WU, M. K., WESSELINK, P. & VAN DER SLUIS, L.Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow .visualization. *International Endodontic Journal.*2009*,* 42**,** 1077-1083
43. DE MEYER, S., MEIRE, M., COENYE, T. & DE MOOR, R.Effect of laser-activated irrigation on biofilms in artificial root canals. *International Endodontic Journal.*2016
44. DE MOOR, R. & MEIRE, M.High-power lasers in endodontics–fiber placement for laserenhanced endodontics: in the canal or at the orifice. *JLA&HA.*2014*,* 2014**,** .20-8
45. DE MOOR, R. J., MEIRE, M., GOHARKHAY, K., MORITZ, A. & VANOBBERGEN J. ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially Efficacy of .placed dentin debris plugs. *Journal of Endodontics.*2010*,* 36**,** 1580-1583
46. DE MOOR, R. J. G., BLANKEN, J., MEIRE, M. & VERDAASDONK, R.Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 2: evaluation of the efficacy. *Lasers in surgery and medicine.*2009*,* 41**,** 520-.523

47. DELEU, E., MEIRE, M. A., ROELAND, J. & DE MOOR, G.Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. .*Lasers in medical science.*2015*,* 30**,** 831
48. DIVITO, E., PETERS, O. & OLIVI, G.Effectiveness of the erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal .instrumentation. *Lasers in medical science.*2012*,* 27**,** 273-280
49. DIVITO, E. E., COLONNA, M. P. & OLIVI, G.The photoacoustic efficacy of an Er: YAG laser with radial and stripped tips on root canal dentin walls: an SEM evaluation. .*J Laser Dent.*2011*,* 19**,** 156-161
50. DOVGYALLO, G., MIGUN, N. & PROKHORENKO, P.The complete filling of dead-end conical capillaries with liquid. *Journal of Engineering Physics and* .*Thermophysics.*1989*,* 56**,** 395-397
51. DRUTTMAN, A. & STOCK, C.An in vitro comparison of ultrasonic and conventional methods of irrigant replacement. *International Endodontic Journal.*1989*,* 22**,** .174-178
52. DUNAVANT, T. R., REGAN, J. D., GLICKMAN, G. N., SOLOMON, E. S. & HONEYMAN, A. L.Comparative evaluation of endodontic irrigants against Enterococcus faecalis .biofilms. *Journal of Endodontics.*2006*,* 32**,** 527-531
53. ERCAN, E., ÖZEKINCI, T., ATAKUL, F. & GUL, K.Antibacterial activity of 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite in infected root canal: .in vivo study. *Journal of Endodontics.*2004*,* 30**,** 84-87
54. ESTRELA, C. R., BARBIN, E. L., SPANó, J. C. E., MARCHESAN, M. A. & ,.ESTRELA, C PECORA, J. D.Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental* .*journal.*2002*,* 13**,** 113-117
55, FLOTTE TJ & *SPIE,* A, D.Laser induced pressure effects. *Laser Tissue Interaction.*1992 300.–295
56. GEORGE, R., MEYERS, I. A. & WALSH, L. J.Laser activation of endodontic irrigants with improved conical laser fiber tips for removing smear layer in the apical .third of the root canal. *Journal of endodontics.*2008*,* 34**,** 1524-1527
57. GEORGE, R. & WALSH, L. J.Apical extrusion of root canal irrigants when using Er: YAG and Er, Cr: YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *Journal of* .*endodontics.*2008*,* 34**,** 706-708
58. GOLDMAN, M., GOLDMAN, L. B., CAVALERI, R., BOGIS, J. & LIN, P. S.The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: .part 2. *Journal of Endodontics.*1982*,* 8**,** 487-492
59. GOMES, B., FERRAZ, C., ME, V., BERBER, V., TEIXEIRA, F. & SOUZA-FILHO, F.In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of Enterococcus faecalis. .*International Endodontic Journal.*2001*,* 34**,** 424-428
60. GOODMAN, A., READER, A., BECK, M., MELFI, R. & MEYERS, W.An in vitro the stepback technique versus a step- comparison of the efficacy of back/ultrasonic technique in human mandibular molars. *Journal of* .*Endodontics.*1985*,* 11**,** 249-256
61. GREGORČIČ, P., JEZERŠEK, M. & MOŽINA, J.Optodynamic energy-conversion efficiency during an Er: YAG-laser-pulse delivery into a liquid through different .fiber-tip geometries. *Journal of biomedical optics.*2012*,* 17**,** 0750061-0750069

62. GU, L.-S., KIM, J. R., LING, J., CHOI, K. K., PASHLEY, D. H. & TAY, F. R.Review of *of* contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal* .*Endodontics.*2009*,* 35**,** 791-804
63. GULABIVALA, K., AUNG, T., ALAVI, A. & NG, Y. L.Root and canal morphology of Burmese mandibular molars. *International Endodontic Journal.*2001*,* 34**,** 359-.370
64. GULABIVALA, K., NG, Y., GILBERTSON, M. & EAMES, I.The fluid mechanics of root .canal irrigation. *Physiological Measurement.*2010*,* 31**,** R49
65. GULABIVALA, K., PATEL, B., EVANS, G. & NG, Y. L.Effects of mechanical and chemical .procedures on root canal surfaces. *Endodontic topics.*2005*,* 10**,** 103-122
66. GUTARTS, R., NUSSTEIN, J., READER, A. & BECK, M.In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human .mandibular molars. *Journal of Endodontics.*2005*,* 31**,** 166-170
67. HAAPASALO, M., QIAN, W., PORTENIER, I. & WALTIMO, T.Effects of dentin on antimicrobial properties of endodontic medicaments. *Journal of* .*Endodontics.*2007*,* 33**,** 917-925
68. HAAPASALO, M., SHEN, Y., QIAN, W. & GAO, Y.Irrigation in endodontics. *Dental* .*Clinics of North America.*2010*,* 54**,** 291-312
69. HAND, R. E., SMITH, M. L. & HARRISON J. W.Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. *Journal of* .*Endodontics.*1978*,* 4**,** 60-64
70. HAUMAN, C. & LOVE, R.Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. .*International Endodontic Journal.*2003*,* 36**,** 75-85
71. HAUSER, V., BRAUN, A. & FRENTZEN, M.Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). *International* .*Endodontic Journal.*2007*,* 40**,** 644-652
72. HE, H., YU, J., SONG, Y., LU, S., LIU, H. & LIU, L.Thermal and morphological effects of the pulsed Nd:YAG laser on root canal surfaces. *Photomed Laser Surg.*2009*,* 27**,** .235-40
73. HUANG, T. Y., GULABIVALA, K. & NG, Y. L.A .ex-vivo model to evaluate bio-molecular the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of film .irrigation. *Int Endod J.*2008*,* 41**,** 60-71
74. HULSMANN, M., PETERS, O. A. & DUMMER, P. M.Mechanical preparation of root .canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic topics.*2005*,* 10**,** 30-76
75. HULSMANN, M., SCHADE, M. & SCHäFERS, F.A comparative study of root canal preparation with HERO 642 and Quantec SC rotary Ni–Ti instruments. *Int Endod* .*J.*2001*,* 34**,** 538-546
76. JEANSONNE, M. J. & WHITE, R. R.A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *Journal of* .*Endodontics.*1994*,* 20**,** 276-278
77. JENSEN, S. A., WALKER, T. L., HUTTER, J. W. & NICOLL, B. K.Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation .after hand instrumentation in molar root canals. *J Endod.*1999*,* 25**,** 735-8
78. JIANG, L.-M., VERHAAGEN, B., VERSLUIS, M. & VAN DER SLUIS, L. W.Influence of the cleaning efficacy of passive oscillation direction of an ultrasonic file on the .ultrasonic irrigation. *Journal of Endodontics.*2010*,* 36**,** 1372-1376

79. KHADEMI, A., YAZDIZADEH, M. & FEIZIANFARD, M.Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal .systems. *Journal of Endodontics.*2006*,* 32**,** 417-420
80. KOCH, J. D., JARAMILLO, D. E., DIVITO, E. & PETERS, O. A.Irrigant flow during photon-induced photoacoustic streaming (PIPS) using Particle Image Velocimetry (PIV). 386.-81*Clinical oral investigations.*2016*,* 20**,** 3
81. KRELL, K. V., JOHNSON, R. J. & MADISON, S.Irrigation patterns during ultrasonic canal instrumentation. Part I. K-type files. *Journal of Endodontics.*1988*,* 14**,** 65-.68
82. KURUVILLA, J. R. & KAMATH, M. P.Antimicrobial activity of 2.5% sodium and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as hypochlorite .endodontic irrigants. *Journal of Endodontics.*1998*,* 24**,** 472-476
83. LEE, S. J., WU, M. K. & WESSELINK, P.The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root .canal walls. *Int Endod J.*2004*,* 37**,** 672-678
84. LEV, R., READER, A., BECK, M. & MEYERS, W.An in vitro comparison of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique for 1 and 3 minutes. *Journal* 530.-523 ,13 ,7*of Endodontics.*198
85. LIM, Z., CHENG, J., LIM, T., TEO, E., WONG, J., GEORGE, S. & KISHEN, A.Light activated disinfection: an alternative endodontic disinfection strategy. .*Australian dental journal.*2009*,* 54**,** 108-114
86. LLOYD, A., UHLES, J. P., CLEMENT, D. J. & GARCIA-GODOY, F.Elimination of intracanal tissue and debris through a novel laser-activated system assessed using high-resolution micro–computed tomography: a pilot study. *Journal of* .*endodontics.*2014*,* 40**,** 584-587
87. LUMLEY, P., WALMSLEY, A. & LAIRD, W.Streaming patterns produced around .endosonic files. *International Endodontic Journal.*1991*,* 24**,** 290-297
88. LUMLEY, P., WALMSLEY, A., WALTON, R. & RIPPIN, J.Effect of precurving endosonic .files on the amount of debris and smear layer remaining in curved root canals .*Journal of Endodontics.*1992*,* 18**,** 616-619
89. MACEDO, R., WESSELINK, P., ZACCHEO, F., FANALI, D. & VAN DER SLUIS, L.Reaction rate of NaOCl in contact with bovine dentine: effect of activation, exposure time, concentration and pH. *International Endodontic Journal.*2010*,* 43**,** 1108-.1115
90. MATSUMOTO, H., YOSHIMINE, Y cavitation induced by Er: YAG laser within a root cavitation induced by Er: YAG laser within a root canal model. *Journal of endodontics.*2011*,* 37**,** 839-843
91. MATSUOKA, E., JAYAWARDENA, J. A. & MATSUMOTO, K.Morphological study of the Er, Cr: YSGG laser for root canal preparation in mandibular incisors with curved .root canals. *Photomedicine and Laser Therapy.*2005*,* 23**,** 480-484
92. MAYER, B., PETERS, O. & BARBAKOW, F.Effects of rotary instruments and ultrasonic irrigation on debris and smear layer scores: a scanning electron microscopic .study. *International Endodontic Journal.*2002*,* 35**,** 582-589
93. MCCOMB, D. & SMITH, D. C.A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics.*1975*,* 1**,** 238-.242
94. MCDONNELL, G. & RUSSELL, A. D.Antiseptics and disinfectants: activity, action, and .resistance. *Clinical microbiology reviews.*1999*,* 12**,** 147-179

95. MCGILL, S., GULABIVALA, K., MORDAN, N. & NG, Y. L.The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film'from an ex vivo model. *International .Endodontic Journal.*2008*,* 41**,** 602-608
96. MEIRE, M. A., HAVELAERTS, S. & DE MOOR, R. J.Influence of lasing parameters on the cleaning efficacy of laser-activated irrigation with pulsed erbium lasers. *.Lasers in medical science.*2016*,* 31**,** 653-658
97. MERINO, A., ESTEVEZ, R., GREGORIO, C. D. & COHENCA, N.The effect of different taper preparations on the ability of sonic and passive ultrasonic irrigation to reach the working length in curved canals. *International Endodontic .Journal.*2013*,* 46**,** 427-433
98. METZLER, R. S. & MONTGOMERY, S.The effectiveness of ultrasonics and calcium hydroxide for the debridement of human mandibular molars. *Journal of* 378.-*Endodontics.*1989*,* 15**,** 373
99. MOORER, W. & WESSELINK, P.Factors promoting the tissue dissolving capability of .sodium hypochlorite. *International Endodontic Journal.*1982*,* 15**,** 187-196
100. MROCHEN, M., RIEDEL, P., DONITZKY, C. & SEILER, T.Erbium: yttrium–aluminum–garnet laser induced vapor bubbles as a function of the quartz fiber tip .geometry. *Journal of biomedical optics.*2001*,* 6**,** 344-350
101. MUNLEY, P. J. & GOODELL, G. G.Comparison of passive ultrasonic debridement between fluted and nonfluted instruments in root canals. *Journal of .Endodontics.*2007*,* 33**,** 578-580
102. NAENNI, N., THOMA, K. & ZEHNDER, M.Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *Journal of Endodontics.*2004*,* 30**,** 785-.787
103. NAGAYOSHI, M., NISHIHARA, T., NAKASHIMA, K., IWAKI, S., CHEN, K & KITAMURA, C.Bactericidal effects of diode laser irradiation on Enterococcus faecalis using .periapical lesion defect model. *ISRN dentistry.*2011*,* 2011
104. NAIR, P., HENRY, S., CANO, V. & VERA, J.Microbial status of apical root canal human mandibular first molars with primary apical periodontitis after system of "one-visit" endodontic treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, .Oral Radiology, and Endodontology.*2005*,* 99**,** 231-252
105. NGUY, D. & SEDGLEY, C.The influence of canal curvature on the mechanical efficacy of root canal irrigation in vitro using real-time imaging of bioluminescent .bacteria. *Journal of Endodontics.*2006*,* 32**,** 1077-1080
106. OLIVI, G.Laser use in endodontics: evolution from direct laser irradiation to laser-.activated irrigation. *J Laser Dent.*2013*,* 21**,** 58-71
107. ØRSTAVIK, D. & HAAPASALO, M.Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Dental Traumatology.*1990*,* 6**,** 142-.149
108. PAQUE, F., BARBAKOW, F. & PETERS, O.Root canal preparation with Endo-Eze AET: changes in root canal shape assessed by micro-computed tomography. *.International Endodontic Journal.*2005*,* 38**,** 456-464
109. PAQUE, F., BOESSLER, C. & ZEHNDER, M.Accumulated hard tissue debris levels in mesial roots of mandibular molars after sequential irrigation steps. *International .Endodontic Journal.*2011*,* 44**,** 148-153

110. PAQUE, F., LAIB, A., GAUTSCHI, H. & ZEHNDER, M.Hard-tissue debris accumulation analysis by high-resolution computed tomography scans. *Journal of .Endodontics.*2009*,* 35**,** 1044-1047
111. PARKER, S.Verifiable CPD paper: Laser-tissue interaction. *British dental journal.*
112. PASHLEY, E., BIRDSONG, N., BOWMAN, K. & PASHLEY, D. H.Cytotoxic effects of .NaOCl on vital tissue. *Journal of Endodontics.*1985*,* 11**,** 525-528
113. PASSARINHO-NETO, J. G., MARCHESAN, M. A., FERREIRA, R. B., SILVA, R. G., SOUSA-NETO, M. D.In vitro evaluation of endodontic debris removal as obtained by rotary instrumentation coupled with ultrasonic irrigation. *Australian .Endodontic Journal.*2006*,* 32**,** 123-128
114. PEDULLA, E., GENOVESE, C., CAMPAGNA, E., TEMPERA, G. & RAPISARDA E.Decontamination efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming (PIPS) of irrigants using low-energy laser settings: an ex vivo study. *International .Endodontic Journal.*2012*,* 45**,** 865-870
115. PEDULLA, E., GENOVESE, C., SCOLARO, C., CUTRONEO, M., TEMPERA, G., RAPISARDA, E. & TORRISI, L. Root canals decontamination by coherent photons initiated photoacoustic streaming (PIPS) of irrigants: an ex-vivo study. Journal of .Physics: Conference Series, 2014. IOP Publishing, 012026
PEETERS, H. H. & GUTKNECHT, N. Efficacy of laser-driven irrigation versus ultrasonic in 1 removing an airlock from the apical third of a narrow root canal. *Australian* . *.Endodontic Journal.*2014*,* 40**,** 47-53
117. PEETERS, H. H. & MOODUTO, L.Measurement of temperature changes during cavitation generated by an erbium, chromium: Yttrium, scandium, gallium .garnet laser. *Open Journal of Stomatology.*2012*,* 2**,** 286
118. PEETERS, H. H. & MOODUTO, L.Radiographic examination of apical extrusion of root canal irrigants during cavitation induced by Er, Cr: YSGG laser irradiation: an .in vivo study. *Clinical oral investigations.*2013*,* 17**,** 2105-2112
119. PEETERS, H. H. & SUARDITA, K.Efficacy of smear layer removal at the root tip by using ethylenediaminetetraacetic acid and erbium, chromium: yttrium, .scandium, gallium garnet laser. *Journal of endodontics.*2011*,* 37**,** 1585-1589
120. PESSE, A. V., WARRIER, G. R. & DHIR, V. K.An experimental study of the gas entrapment process in closed-end microchannels. *International Journal of Heat .and Mass Transfer.*2005*,* 48**,** 5150-5165
121. PETERS, O., PETERS, C., SCHONENBERGER, K. & BARBAKOW, F.ProTaper rotary root preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro canal .CT. *International endodontic journal.*2003*,* 36
122. PETERS, O., SCHöNENBERGER, K. & LAIB, A.Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *.International Endodontic Journal.*2001a*,* 34**,** 221-230
123. PETERS, O. A.Current challenges and concepts in the preparation of root canal .systems: a review. *J Endod.*2004*,* 30**,** 559-67
124. PETERS, O. A. & BARBAKOW, F.Effects of irrigation on debris and smear layer on canal walls prepared by two rotary techniques: a scanning electron microscopic .study. *J Endod.*2000*,* 26**,** 6-10
125. PETERS, O. A., BARDSLEY, S., FONG, J., PANDHER, G. & DIVITO, E.Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *Journal of .endodontics.*2011*,* 37**,** 1008-1012

126. PETERS, O. A., LAIB, A., GöHRING, T. N. & BARBAKOW, F.Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. .*J Endod.*2001b*,* 27**,** 1-6
127. PETERS, O. A., PETERS, C. I., SCHONENBERGER, K. & BARBAKOW, F.ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by .micro CT. *Int Endod J.*2003c*,* 36**,** 86-92
128PITT, W. G.Removal of oral biofilm by sonic phenomena. *Am J Dent.*2005*,* 18**,** 345-52
129. RAM, Z.Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral* .*Pathology.*1977*,* 44**,** 306-312
130. RICHMAN, M. J.The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J* .*Dent Med.*1957*,* 12**,** 12-18
131. RICUCCI, D. & BERGENHOLTZ, G.Bacterial status in root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration and fracture or caries–a histobacteriological study of treated cases. *International Endodontic* .*Journal.*2003*,* 36**,** 787-802
132. RICUCCI, D. & SIQUEIRA, J. F.Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. .*Journal of Endodontics.*2010*,* 36**,** 1-15
133. ROBERTSON, C. W. & WILLIAMS, D.Lambert absorption coefficients of water in the .infrared. *JOSA.*1971*,* 61**,** 1316-1320
134. RöDIG, T., BOZKURT, M., KONIETSCHKE, F. & HULSMANN, M.Comparison of the vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *Journal of Endodontics.*2010*,* 36**,** 1410- .1413
135. ROPER, M., WHITE, J., GOODIS, H. & GEKELMAN, D.Two-dimensional changes and surface characteristics from an erbium laser used for root canal preparation. .*Lasers in surgery and medicine.*2010*,* 42**,** 379-383
136. ROSENTHAL, S., SPåNGBERG, L. & SAFAVI, K.Chlorhexidine substantivity in root *Oral Radiology, and* ,canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* .*Endodontology.*2004*,* 98**,** 488-492
137. ROY, R. A., AHMAD, M. & CRUM, L. A.Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J.*1994*,* 27**,** .197-207
138. RUDDLE, C. J.Cleaning and shaping the root canal system. *Pathways of the* .*Pulp.*2002**,** 231-292
139. SABINS, R. A., JOHNSON, J. D. & HELLSTEIN, J. W.A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand 8.-674 ,instrumentation in molar root canals. *J Endod.*2003*,* 29
140. SCHILDER, H.Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.*1974*,* 18**,** 269-296
141. SCHOEFFEL, G. J.The EndoVac method of endodontic irrigation, part 2--efficacy. .*Dentistry today.*2008*,* 27**,** 82, 84, 86-7
142. SCHOOP, U., KLUGER, W., MORITZ, A., NEDJELIK, N., GEORGOPOULOS, A. & SPERR, W.Bactericidal effect of different laser systems in the deep layers of dentin. .*Lasers in surgery and medicine.*2004*,* 35**,** 111-116
143. SEDGLEY, C., APPLEGATE, B., NAGEL, A. & HALL, D.Real-time imaging and quantification of bioluminescent bacteria in root canals in vitro. *Journal of* .*Endodontics.*2004*,* 30**,** 893-898

144. SEDGLEY, C., NAGEL, A., HALL, D. & APPLEGATE, B.Influence of irrigant needle depth in removing bioluminescent bacteria inoculated into instrumented root canals using real-time imaging in vitro. *International Endodontic Journal.*2005*,* .38**,** 97-104
145. ŞEN, B., WESSELINK, P. & TURKUN, M.The smear layer: a phenomenon in root .canal therapy. *International Endodontic Journal.*1995*,* 28**,** 141-148
the root canal configurations of the mandibular SERT, S. & BAYIRLI, G. S.Evaluation of and maxillary permanent teeth by gender in the Turkish population. *Journal of* .*Endodontics.*2004*,* 30**,** 391-398
146. SIQUEIRA, J., MACHADO, A., SILVEIRA, R., LOPES, H. & UZEDA, M. D.Evaluation of of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the effectiveness the elimination of Enterococcus faecalis from the root canal, in vitro. .*International Endodontic Journal.*1997*,* 30**,** 279-282
147. SIQUEIRA, J. F., BATISTA, M. M., FRAGA, R. C. & DE UZEDA, M.Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and .facultative bacteria. *Journal of Endodontics.*1998*,* 24**,** 414-416
148. SIQUEIRA, J. F., GUIMARãES-PINTO, T. & ROCAS, I. N.Effects of chemomechanical preparation with 2.5% sodium hypochlorite and intracanal medication with calcium hydroxide on cultivable bacteria in infected root canals. *Journal of* .*Endodontics.*2007*,* 33**,** 800-805
149. SIQUEIRA, J. F., JR. & LOPES, H. P.Mechanisms of antimicrobial activity of calcium .review. *Int Endod J.*1999*,* 32**,** 361-9 hydroxide: a critical
150. SIRTES, G., WALTIMO, T., SCHAETZLE, M. & ZEHNDER, M.The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution .capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod.*2005*,* 31**,** 669-71
151. SONG, W., HONG, M., LUKYANCHUK, B. & CHONG, T.Laser-induced cavitation bubbles for cleaning of solid surfaces. *Journal of applied physics.*2004*,* 95**,** 2952-.2956
152. SPANGBERG, L., ENGSTRöM, B. & LANGELAND, K.Biologic effects of dental materials: 3. Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro. .*Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.*1973*,* 36**,** 856-871
153. STAMOS, D. E., SADEGHI, E. M., HAASCH, G. C. & GERSTEIN, H.An in vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand, sonic, and .ultrasonic instrumentation. *J Endod.*1987*,* 13**,** 434-40
154. SVENSäTER, G. & BERGENHOLTZ, G.Biofilms in endodontic infections. *Endodontic* .*topics.*2004*,* 9**,** 27-36
155. TAY, F. R., GU, L.-S., SCHOEFFEL, G. J., WIMMER, C., SUSIN, L., ZHANG, K., ARUN, S. N., KIM, J., LOONEY, S. W. & PASHLEY, D. H.Effect of vapor lock on root canal debridement by using a side-vented needle for positive-pressure irrigant .delivery. *Journal of Endodontics.*2010*,* 36**,** 745-750
156. TORABINEJAD, M., KHADEMI, A. A., BABAGOLI, J., CHO, Y., JOHNSON, W. BK., KIM, J. & SHABAHANG, S.A new solution for the removal of the smear layer. *Journal* .*of Endodontics.*2003*,* 29**,** 170-175
157. TRONSTAD, L., BARNETT, F., SCHWARTZBEN, L. & FRASCA, P.Effectiveness and *Dental Traumatology.*1985*,* .safety of a sonic vibratory endodontic instrument .1**,** 69-76
158. USMAN, N., BAUMGARTNER, J. C. & MARSHALL, J. G.Influence of instrument size .on root canal debridement. *Journal of Endodontics.*2004*,* 30**,** 110-112

159. VAN DER SLUIS, L., GAMBARINI, G., WU, M. & WESSELINK, P.The influence of type of irrigant and flushing method on removing artificially placed volume, dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. .*International Endodontic Journal.*2006*,* 39**,** 472-476
160. VAN DER SLUIS, L., WU, M. & WESSELINK, P.A Comparison of Two Different Flushing Methods Used in Passive Ultrasonic Irrigation (pui). *Journal of* .*Endodontics.*2007a*,* 33**,** 344
161. VAN DER SLUIS, L., WU, M. K. & WESSELINK, P.A comparison between a smooth wire and a K-file in removing artificially placed dentine debris from root canals in resin blocks during ultrasonic irrigation. *International Endodontic Journal.*2005a*,* .38**,** 593-596
162. VAN DER SLUIS, L., WU, M. K. & WESSELINK, P.The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *International Endodontic Journal.*2005b*,* 38**,** .764-768
163. VAN DER SLUIS, L. W., VERSLUIS, M., WU, M. K. & WESSELINK, P. R.Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod* .*J.*2007b*,* 40**,** 415-26
164. VAN DER SLUIS, L. W., VOGELS, M. P., VERHAAGEN, B., MACEDO, R. & WESSELINK, P. R.Study on the influence of refreshment/activation cycles and irrigants on mechanical cleaning efficiency during ultrasonic activation of the irrigant. .*Journal of endodontics.*2010*,* 36**,** 737-740
165. VIANNA, M., HORZ, H., GOMES, B. & CONRADS, G.In vivo evaluation of microbial reduction after chemo-mechanical preparation of human root canals containing .*Journal.*2006*,* 39**,** 484-492 necrotic pulp tissue. *International Endodontic*
166. VIANNA, M. E., GOMES, B. P., BERBER, V. B., ZAIA, A. A., FERRAZ, C. C. R. & DE SOUZA-FILHO, F. J.In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral* .*Pathology, Oral Radiology, and Endodontology.*2004*,* 97**,** 79-84
167. WALMSLEY, A., LUMLEY, P. & LAIRD, W.The oscillatory pattern of sonically .powered endodontic files. *International Endodontic Journal.*1989*,* 22**,** 125-132
168. WALTERS, M. J., BAUMGARTNER, J. C. & MARSHALL,J. G.Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. *Journal of Endodontics.*2002*,* 28**,** 837-839
169. WELLER, R. N., BRADY, J. M. & BERNIER, W. E.Efficacy of ultrasonic cleaning. *J* .*Endod.*1980*,* 6**,** 740-3
170. WHITE, R., HAYS, G. & JANER, L.Residual antimicrobial activity after canal irrigation chlorhexidine. *Journal of Endodontics.*1997*,* 23**,** 229-231 with
171. WU, M.-K., R'ORIS, A., BARKIS, D. & WESSELINK, P. R.Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral* .*Radiology, and Endodontology.*2000*,* 89**,** 739-743
172. WU, M.-K. & WESSELINK, P. R.Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral* .496-*Radiology, and Endodontology.*1995*,* 79**,** 492
173. WU, M., SLUIS, L. & WESSELINK, P.The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *Int Endod* .*J.*2003a*,* 36**,** 218-224

174. WU, M., SLUIS, L. & WESSELINK, P.The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *International* .*Endodontic Journal.*2003b*,* 36**,** 218-224
175. WU, M. K., DE SCHWARTZ, F., VAN DER SLUIS, L. & WESSELINK, P.The quality of root fillings remaining in mandibular incisors after root-end cavity preparation. .*International Endodontic Journal.*2001*,* 34**,** 613-619
176. WU, M. K. & WESSELINK, P.A primary observation on the preparation and .obturation of oval canals. *Int Endod J.*2001*,* 34**,** 137-141
177. YAMADA, R. S., ARMAS, A., GOLDMAN, M. & LIN, P. S.A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating .solutions: Part 3. *Journal of Endodontics.*1983*,* 9**,** 137-142
178. YAMAZAKI, R., GOYA, C., YU, D.-G., KIMURA, Y. & MATSUMOTO, K.Effects of chromium: YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning erbium electron microscopic and thermographic study. *Journal of endodontics.*2001*,* 27**,** .9-12
179. ZEHNDER, M.Root canal irrigants. *J Endod.*2006*,* 32**,** 389-398
180. عبدالعزيز ،ر.، الطيان ،م. تقييم فعالية ثلاث تقنيات إرواء لإزالة البرادة العاجية من الأقنية الجذرية -دراسة مخبرية-. مجلة جامعة دمشق للعلوم الصحية. 2017

الملخص:

الهدف من البحث: تقيّم فعالية الإرواء المُفعَّل بواسطة ليزر Er:YAG في إزالة الفضلات العاجيَّة من الأجزاء الذرويّة–التاجيّة المختلفة للقناة الجذريَّة مقارنةً مع الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً والإرواء التقليديّ.

الطرائق: تألفت عينة البحث من 45 سناً بشريةً وحيدة القناة شُطرَت طولياً إلى نصفين اثنين. تمَّ حفر ميزاب نموذجي بامتداد من 2mm إلى 6mm بعيداً عن الذروة على طول جدار القناة في النصف الأول، وميزاب آخر مماثل بامتداد من 10mm إلى 14mm بعيداً عن الذروة على طول جدار القناة في النصف الآخر. الهدف من ذلك، تقليد الشذوذات غير المحضَّرة للقناة الجذريَّة في كلٍّ من الجزء الذرويّ والتاجيّ على التوالي، تمَّ ملء كل ميزاب بالفضلات العاجيَّة بعد مزجها بهيبوكلورايد الصوديوم 5.25%. ثمَّ أُعيد جمع نصفي السن باستخدام الشمع اللاصق ومادة طبع مطاطيَّة. قُسِّمت العينات إلى ثلاث مجموعات تبعاً لتقنية الإرواء: الإرواء التقليديّ و الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً و أخيراً الإرواء المُفعَّل بواسطة ليزر Er:YAG. أُخذَت صور للميازيب قبل وبعد الإرواء بمساعدة المكبرة المجهرية وآلة تصوير رقميَّة؛ ثمَّ قيِّمت كمية الفضلات العاجيَّة المتبقيَّة بعد الإرواء بالاستعانة بهذه الصور باستخدام نظام تسجيل مُقسَّم إلى أربع درجات من 0 إلى 3 بحيث تُمثِّل القيمة الأعلى بقاء فضلات أكثر. حُلِّلت المعطيات إحصائياً باستخدام اختباري Kruskal-Wallis و Mann-Whitney U . اعتبرت المقارنات ذات دلالة إحصائية إذا كانت قيمة P أصغر من 0.05.

النتائج: أزال الإرواء المُفعَّل بواسطة ليزر Er:YAG كميةً أكبر بشكلٍ ملحوظٍ من الفضلات العاجيَّة مقارنةً مع الإرواء التقليديّ و الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً ($P<0.05$). لم تتأثر فعالية أي من التقنيات المدروسة في إزالة الفضلات العاجيَّة بموقع الميزاب ($P>0.05$).

الخلاصة: حسَّن الإرواء المُفعَّل بواسطة ليزر Er:YAG من إزالة الفضلات العاجيَّة من الشذوذات الصنعيَّة ضمن القناة الجذريَّة بفعالية متماثلة في كِلا الثلثين الذرويّ والتاجيّ.

الكلمات المفتاحية: الإرواء المُفعَّل بواسطة ليزر Er:YAG، الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً، الإرواء التقليديّ، إزالة الفضلات العاجيَّة، المنظومة القنويَّة.

Abstract:

Objective: to evaluate the efficacy of Er:YAG laser-activated irrigation (LAI) in removing of dentine debris from different coronal-apical levels of the root canal when compared to ultrasonically activated irrigation (UAI) and conventional irrigation(CI).

Methods: Forty-five single rooted human teeth were split longitudinally into two halves. On the canal wall of one half a standardized groove was cut 2-6mm from the apex, while on the canal wall of the other half a similar groove was cut 10-14mm from the apex; to simulate un-instrumented canal irregularities in apical and coronal thirds respectively. Each groove was filled with dentine debris mixed with sodium hypochlorite 5.25%. Each tooth re-assembled using sticky wax and an impression putty material. The samples were assigned to 3 experimental groups according to the irrigant activation techniques (n=15); (a) conventional irrigation (CI), (b) ultrasonically activated irrigation (UAI) and (c) Er:YAG laser activated irrigation (LAI). . Before and after irrigation, images of each groove were taken using stereomicroscope and a digital camera. The amount of remaining dentine debris was evaluated by using a 4-grade scoring system; the higher the score, the more the debris. The data were analyzed by means of .Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U-test. All comparisons were considered statistically significant if $p<0.05$.

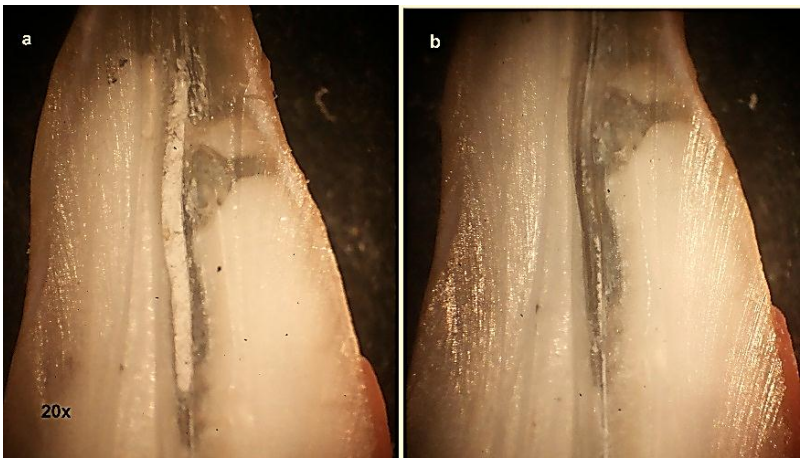
Results: Er:YAG laser activated irrigation (LAI) removed significantly more debris than ultrasonic irrigation and conventional irrigation systems ($p<0.05$). The efficacy of dentine debris removal was not affected by location of the groove within all groups ($p>0.05$).

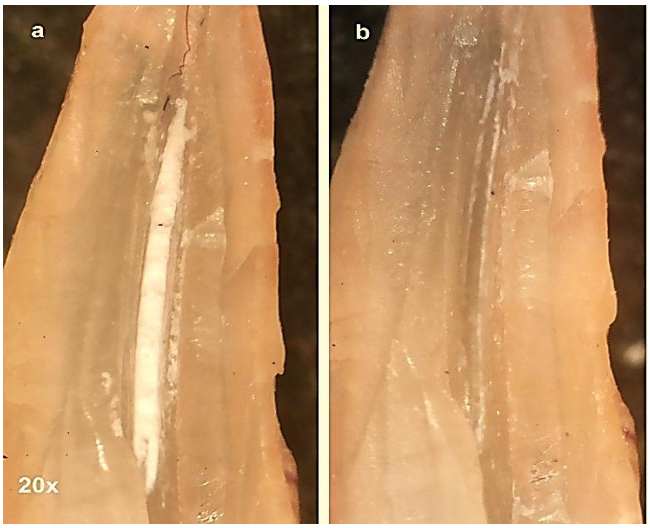
Conclusion: Er:YAG laser activated irrigation enhances dentine debris removal from artificially irregularities in the root canal. The efficacy of laser-activated irrigation was similar in the apical and coronal thirds.

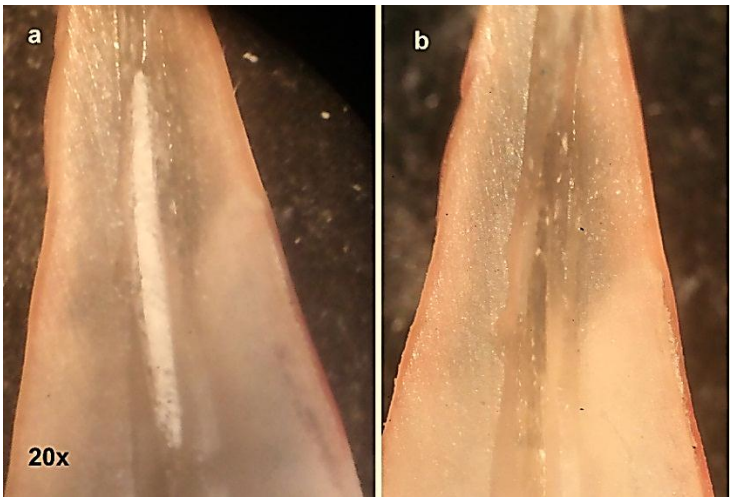
Keywords: Laser Activated Irrigation (LAI), Ultrasonically Activated Irrigation (UAI), Conventional Irrigation (CI), Dentine debris removal, Root canal system

Appendices الملحقات

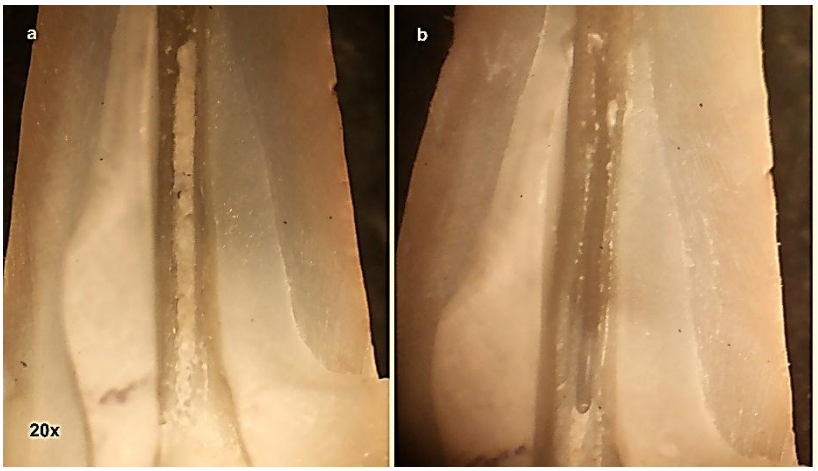
ملحق 1: صور من مجموعة الإرواء المُفعَّل بالليزر ضمن الثلث الذرويّ (a. قبل الإرواء، b. بعد الإرواء)

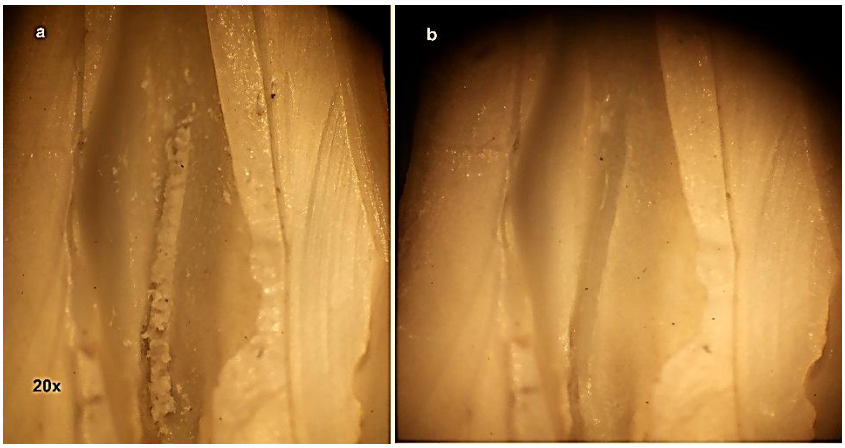


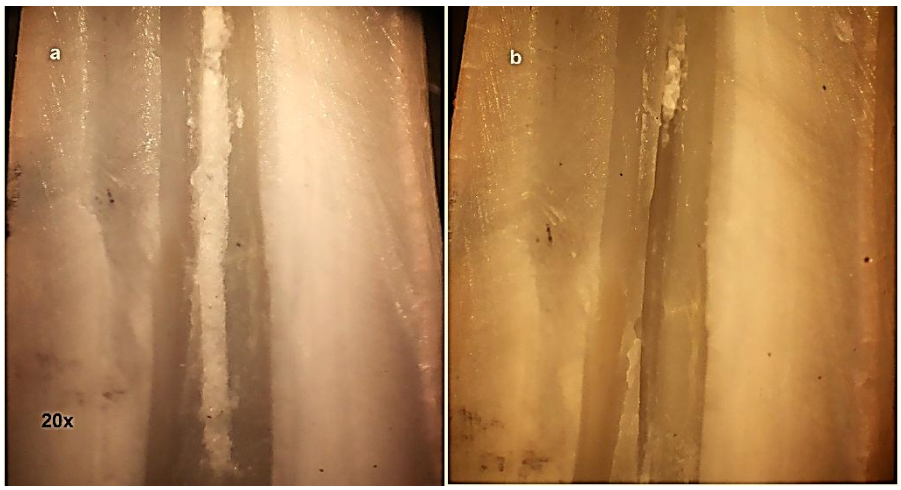




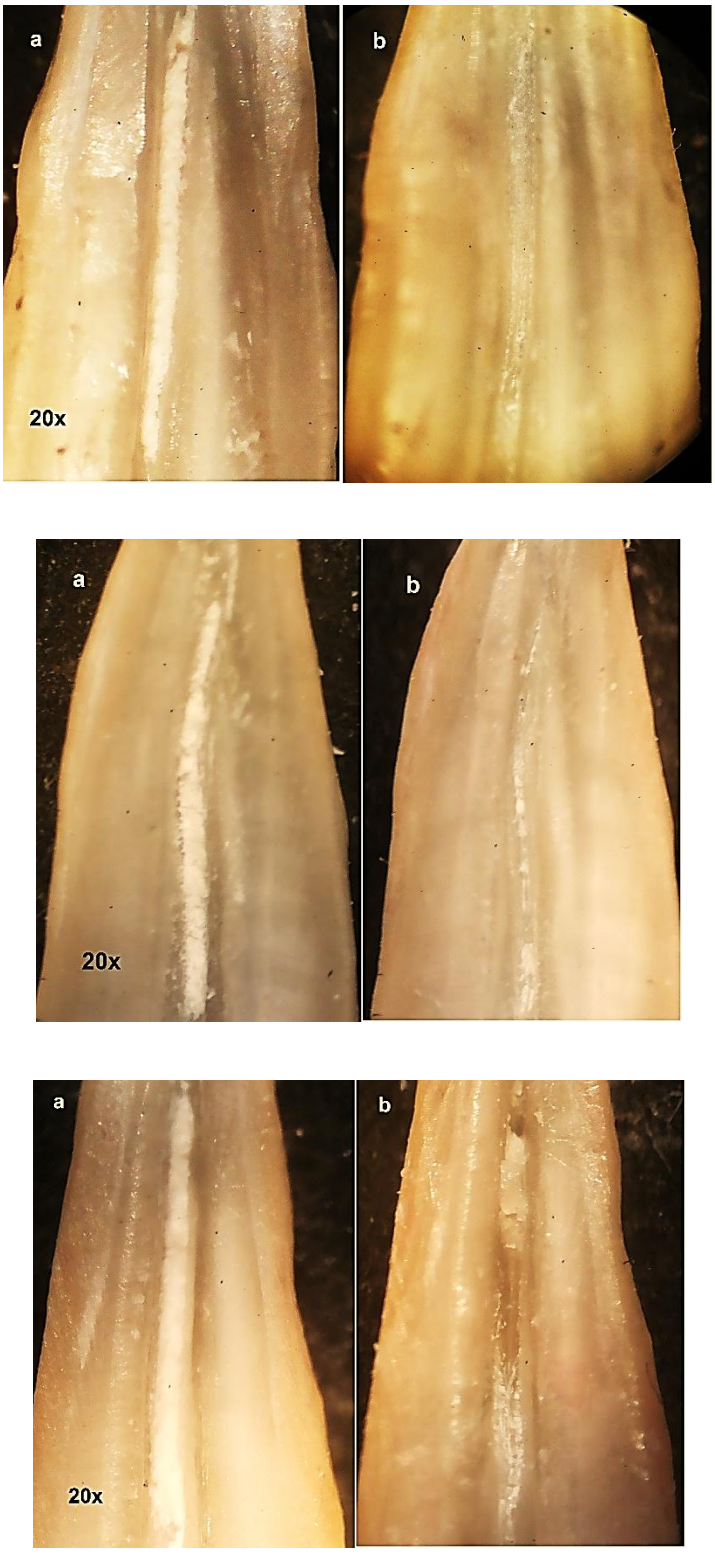
ملحق 2: صور من مجموعة الإرواء المُفعَّل بالليزر ضمن الثلث التاجي (a. قبل الإرواء، b. بعد الإرواء)



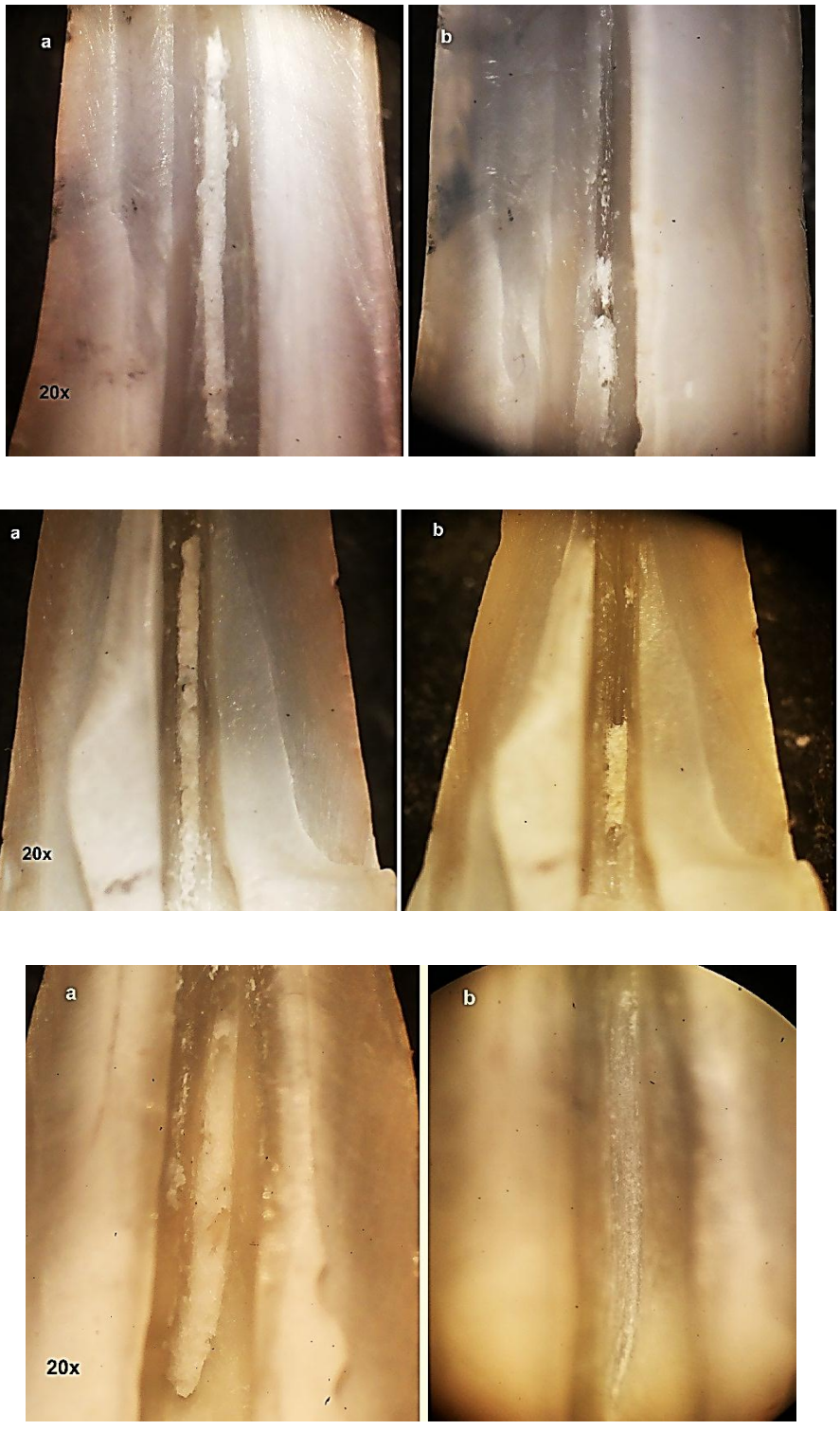




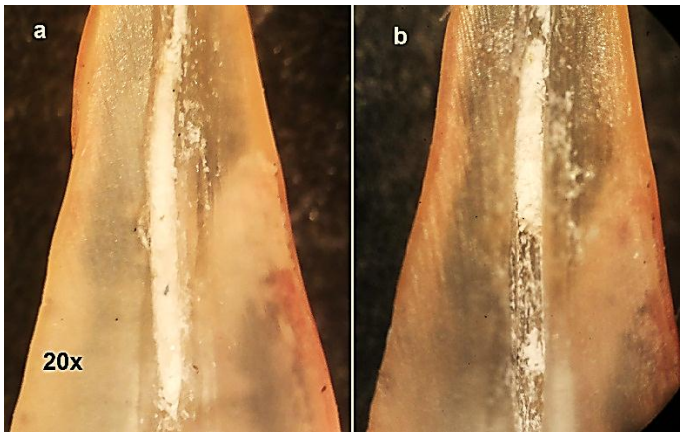
ملحق 3: صور من مجموعة الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً ضمن الثلث الذرويّ (a. قبل الإرواء، b. بعد الإرواء)

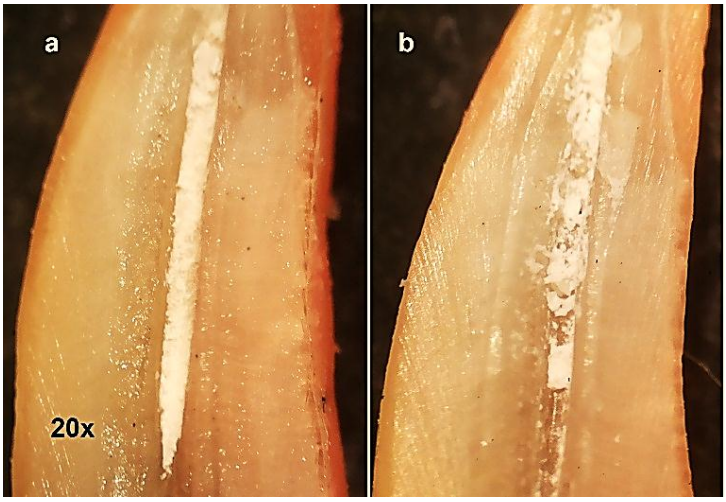


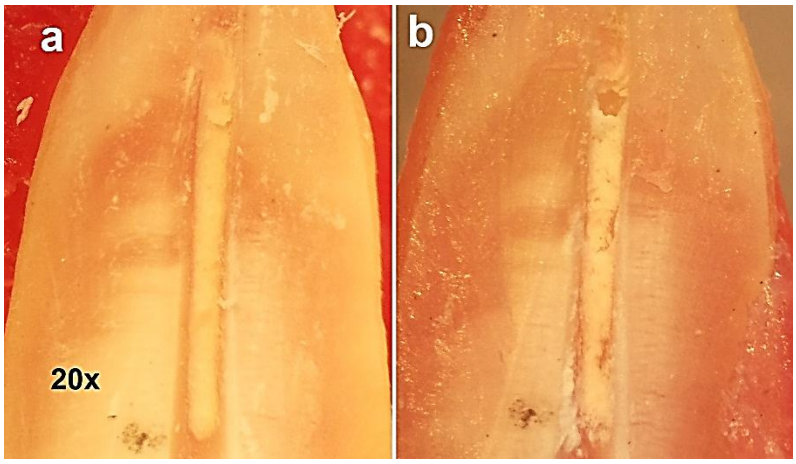
ملحق 4: صور من مجموعة الإرواء المُفعَّل فوق صوتياً ضمن الثلث التاجيّ (a. قبل الإرواء، b. بعد الإرواء)



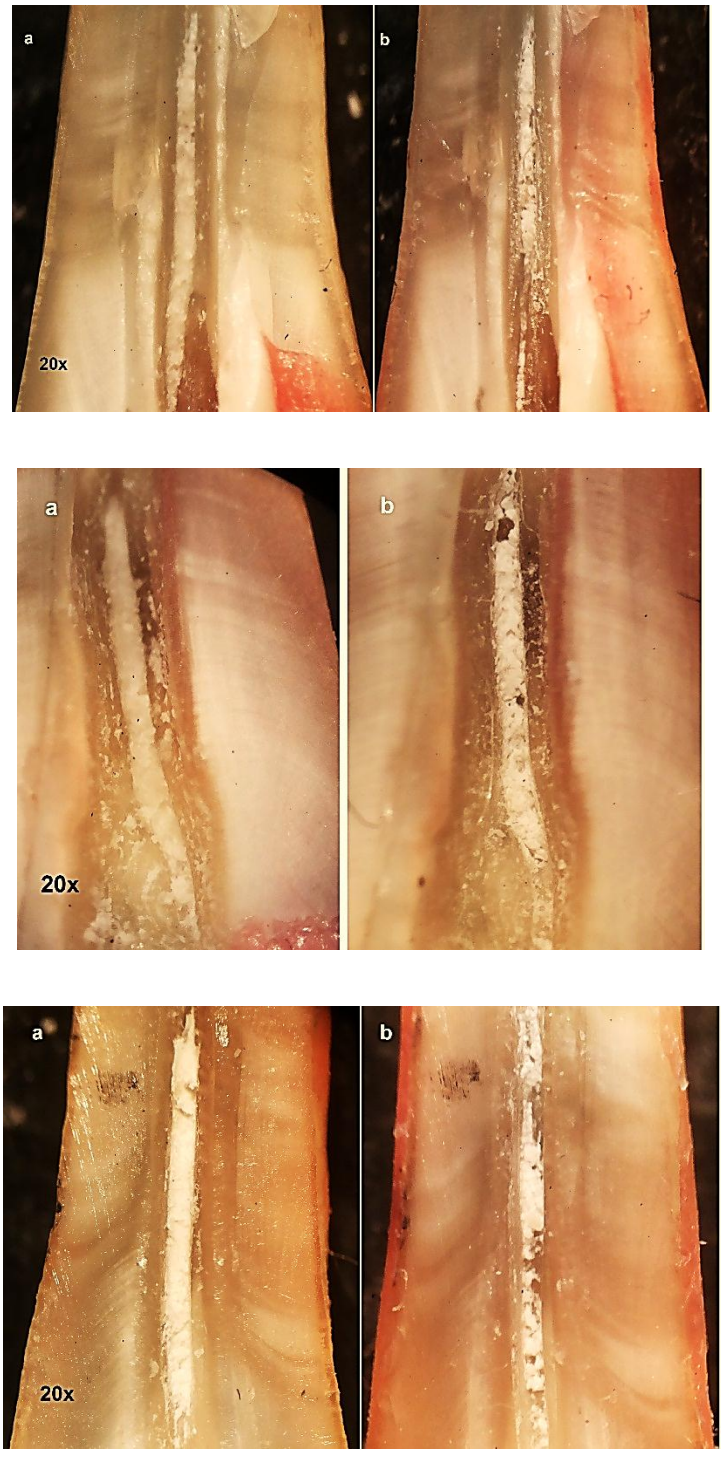
ملحق 5: صور من مجموعة الإرواء التقليديّ ضمن الثلث الذرويّ (a. قبل الإرواء، b. بعد الإرواء)







ملحق 6: صور من مجموعة الإرواء التقليديّ ضمن الثلث التاجيّ (a. قبل الإرواء، b. بعد الإرواء)



ملحق 7: المقالة المنشورة في مجلة جامعة دمشق للعلوم الصحيَة:

SYRIAN ARAB REPUBLIC
DAMASCUS UNIVERSITY
Damascus University Journal
for Medical Sciences
/ISSN 2072-2265/

الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
مديرية مجلات جامعة دمشق
مجلة جامعة دمشق للعلوم الصحية

الرقم: /689/ ص
التاريخ:2017/4/27

السيد الأستاذ الدكتور نائب رئيس جامعة دمشق لشؤون البحث العلمي والدراسات العليا

تقدم السيد رامي زين الدين (طالب ماجستير) في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق ببحث للنشر في مجلة جامعة دمشق بعنوان:

مقارنة فعالية الإرواء فوق الصوتي السلبي في إزالة الفضلات العاجية من الثلثين الذروي والتاجي للمنظومة القنوية (دراسة مخبرية)

بإشراف الأستاذ الدكتور أسامة الجبان ومشاركة المدرس الدكتور عمر حمادة
وتم تحكيمه وقبوله للنشر.

رئيس التحرير
مجلة جامعة دمشق للعلوم الصحية
الأستاذ الدكتور صلاح فيحة

دمشق – سورية – ص.ب 5735 – هاتف: 33923500 – فاكس 2129807
Damascus – SYRIA – P.O. Box : 5735 – Tel : 33923498 – Fax : 2129807