



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم مداواة الأسنان

تأثير استخدام درجات حرارة مختلفة على جودة الختم الذروي لمعجون الحشو
Bioceramic HiFlow عند الحشو بتقنية التكثيف بالألوان المستمرة
(دراسة مخبرية مقارنة)

أطروحة قدمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير في كلية طب الأسنان - اختصاص مداواة الأسنان

إعداد الباحث :

محمد محمد شاهر دقماق

إشراف :

المدرسة الدكتورة دارين جلّول

مدرسة في قسم مداواة الأسنان - جامعة دمشق

م 1447هـ - 2025م

قرار لجنة الحكم Approval Page

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Dental Medicine



اتت لجنة الحكم في جلسة علنية لمناقشة بحث الماجستير الذي تقدمت به طالبات الدراسات العليا محمد دقماقي في
عنة العاشرة صباحاً من يوم الخميس الموافق ٢٠٢٥/٨/١٤ وبعد الاستماع إلى دفاع طالبات الدراسات العليا
مناقشة التي تمت، أوصت اللجنة بما يلي:

- قبول الأطروحة والحكم على أهلية طالبات الدراسات العليا محمد دقماقي (دون إجراء التعديلات / بعد إجراء
التعديلات) لتأيل درجة الماجستير في علوم طب الأسنان باختصاص مداواة الأسنان وفق التوزيع المرفق:

توزيع الدرجة					أعضاء اللجنة
الدرجة النهائية من ١٠٠ درجة	أصل مسودة ١٠ درجات	المجموع ٩٠ درجة	مخرجات ١٥ درجة	التقييم الأطروحة ١٥ درجة	
	شتر دقماقي	٨٩	٤٠	٤٩	الأستاذ الدكتور مهدي لفلوف
٨٧	دقماقي	٨٤	٤٩	٤٠	المدرس الدكتور طاهر الأجا
٨٧	دقماقي	٨٦	٤٩	٤٩	المدرسة الدكتورة دارين جلول
٨٧	دقماقي	٨٤	٤٩	٤٠	المجموع

- وبذلك منح طالبات الدراسات العليا محمد دقماقي درجة الماجستير بعد المناقشة العلنية بتقدير أجدا / وعلامة قدرها /
رقماً / ٨٧ كتابةً بمع دقماقي درجة فقط.

تمشى في ٢٠٢٥/٨/١٤

توقيع أعضاء لجنة الحكم

المدرسة الدكتورة دارين جلول

المدرس الدكتور طاهر الأجا

الأستاذ الدكتور مهدي لفلوف

ملاحظات:

- مرفق استمارات التحكم للسادة أعضاء اللجنة (الاستمارة رقم ٣ و ١ من مكتب إجراءات القيد)

- مرفق علامة التميز (شرفي: مجلة جامعة دمشق، مجلة معتمدة محلياً، مجلة معتمدة عالمياً ذات تصنيف Q1-Q2-Q3-Q4 ، أو
صورة مصغرة عن براءة اختراع باسم الطالب وبموضوع بحثه)

Faculty of Dental Medicine
Address: Damascus Mezzah Highway
Phone: +963112121635
Website: www.damascusuniversity.edu.sy/dent



كلية طب الأسنان - جامعة دمشق
العنوان: دمشق أوتوسراد المرز
هاتف: +963112121635
Email: dean.dent@damascusuniversity.edu.sy

قرار مجلس البحث العلمي

الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق

قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم /٣١٦٩/ المتخذ
بالجلسة رقم /٢٢/ تاريخ ٢٠٢٥/٧/١٤

اطلع مجلس البحث العلمي والدراسات العليا على قرار مجلس كلية طب الأسنان رقم /٥٢٨/
تاريخ ٢٠٢٥/٧/١٤

وبعد الرجوع إلى اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادرة بالمرسوم /٢٥٠/ لعام ٢٠٠٦ .
قرار مجلس جامعة دمشق رقم /١٩٧٠/ص.م تاريخ ٢٠٢٤/٦/٦ بشأن الموافقة على تسجيل رسالة
الطالب

وبنتيجة المذاكرة قرر مجلس البحث العلمي والدراسات العليا :

الموافقة على تأليف لجنة الحكم على رسالة الماجستير في قسم مداواة الأسنان التي أعدها الطالب محمد
دقماق بعنوان ((تأثير استخدام درجات حرارة مختلفة على جودة الختم الذروي لمعجون الحشو
Bioceramic Hiflow عند الحشو بتقنية التكثيف بالأمواج المستمرة - دراسة مخبرية مقارنة))
بكلية طب الأسنان من السادة الأساتذة :

د. مهند لفلوف	الأستاذ في قسم طب أسنان الأطفال	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص: طب أسنان الأطفال	عضواً
د. طاهر الأجا	المدرس في قسم مداواة الأسنان	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص: مداواة الأسنان	عضواً
د. دارين جلول	المدرس في قسم مداواة الأسنان	كلية طب الأسنان
جامعة دمشق	الاختصاص: مداواة الأسنان	عضواً مشرفاً

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 الرسالة أخذ بالكامل من عمل آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في هذه الجامعة أو في جامعة أخرى أو أي معهد تعليمي وإن الأعمال والنتائج المذكورة كافة هي نتيجة جهودي الشخصية ويتوجيه من المشرف، وإن أية معلومات أو نتائج أخرى ذكرت قد نسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

الإهداء Dedication

إلى من كانت دعواتها زادي، وابتسامتها طمأنينتي
إلى من لا يفيضها البحر مداداً لوصف عطائها
أمي الغالية

إلى من علمني الصبر، وغرس فيّ حب الاجتهاد
إلى أول الفخر، وبيا أصدق القدوات
أبي العزيز

إلى رفيقة دربي، وسند روحي
شكراً لأنك كنت النور حين أظلمت الدروب
والقوة التي آزررتني في لحظات الوهن
زوجتي الحبيبة

إلى رفاق الطفولة، مصدر القوة والبهجة
نعم العون في الحياة، لكم كل التقدير والحب
أخوتي الأعزاء

إلى عائلتي الثانية المحبة
الذين كانوا دائماً عوناً وسنداً
عائلة زوجتي

إلى شركاء الحلم، من منحني دفء الصداقة
إلى من تقاسموا معي التعب قبل الفرح، والقلق قبل الوصول
أصدقائي

الشكر والتقدير Acknowledgment Page

بدايةً أحمد الله عزّ وجل الذي وفقني وأعانني على إنجاز هذا البحث، وبعد..

أتقدم بجزيل الشكر والاحترام للمدرسة الدكتورة دارين جلول، مدرسة في قسم مداواة الأسنان-كلية طب الأسنان-جامعة دمشق، التي تكرّمت بالإشراف على هذا البحث، فكانت لي خير دليل وعون بما قدمته لي من إرشاد وتوجيه وتشجيع، لك مني كل الشكر والتقدير.

وأقدم بالشكر إلى أعضاء لجنة الحكم الموقرين:

الأستاذ الدكتور مهند لفلوف، أستاذ في قسم طب أسنان الأطفال ونائب العميد للشؤون العلمية-كلية طب الأسنان-جامعة دمشق، الذي تشرفت بتحكيمة لهذا البحث، والذي أعطاني من وقته وعلمه وخبرته الكبيرة، فله مني فائق الشكر والاحترام.

والشكر الجزيل للمدرس الدكتور طاهر الآجا، مدرس في قسم مداواة الأسنان-كلية طب الأسنان-جامعة دمشق، لتفضله بقبول تحكيم هذا البحث وإغناؤه بتوجيهاته ونصائحه، فله مني كامل الشكر والامتنان. وأتقدم بعظيم الشكر لجامعة دمشق العريقة التي أفخر بحمل شهادتها مع خالص العرفان لرئاسة الجامعة، ولإدارة كلية طب الأسنان ممثلةً بالأستاذ الدكتور خلدون عاطف درويش عميد الكلية، والأستاذ الدكتور مهند لفلوف نائب العميد للشؤون العلمية، والأستاذ الدكتور عمر حشمة نائب العميد للشؤون الإدارية على كل ما يبذلوه لرفع السوية العلمية ودعم مسيرة البحث العلمي.

كما أنني أشكر أصدقائي وزملائي في القسم الذين قدموا لي دعماً وكانوا لي عوناً لإنجاز هذا البحث.

قائمة المحتويات

List of contents

1	المُلخَص
2	الجزء التمهيدى
3	المقدمة Introduction
5	مشكلة البحث
5	تساؤلات البحث
5	الهدف من البحث
5	أهمية موضوع البحث
6	فرضيات البحث
6	مبررات البحث
6	محدوديات البحث
7	الباب الأول: المراجعة النظرية Literature Review
8	الفصل الأول: المعالجة اللبية القنوية
8	1-1- أهمية المعالجة اللبية
8	1-2- خطوات المعالجة اللبية
8	1-2-1- التشخيص

9	1-2-2-فتح الحجرة اللبية
9	1-3-2-التنظيف والتحضير Cleaning and Shaping
9	1-3-2-1-التحضير Shaping
11	1-2-3-2-التنظيف والإرواء Cleaning and Irrigation
11	❖ صفات سائل الإرواء المثالي
12	❖ أهم سوائل الإرواء المستخدمة في المداواة اللبية
12	1. هيبوكلوريد الصوديوم Sodium Hypochloride (NaOCl)
13	2. حمض دي أمين تترأ أسيتيك Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)
14	الفصل الثاني: حشو الأقمية الجذرية
14	2-1-تعريف وأهمية حشو الأقمية الجذرية
15	2-2-مواد الحشو القنوي الجذري
15	2-2-1-الصفات المثالية لمواد الحشو المستخدمة في المداواة اللبية
16	2-2-2-مواد القالب الرئيسي
16	2-2-2-1-الكوتابيركا
19	2-2-3-معاجين حشو الأقمية الجذرية Sealers
19	2-3-2-1-صفات معجون الحشو المثالي
20	2-3-2-2-أنماط معاجين الحشو

20	2-2-3-2-1-معاجين أساسها أكسيد الزنك والأوجينول
21	2-2-3-2-2-معاجين أساسها هيدروكسيد الكالسيوم
21	2-2-3-3-3-معاجين حشو أساسها الزجاج الشاردي
22	2-2-3-2-4-معاجين حشو أساسها راتنجي
23	2-2-3-2-5-معاجين حشو أساسها سيليكوني
23	2-2-3-2-6-معاجين حشو أساسها سيليكات الكالسيوم
25	-معجون الحشو Bioceramic
28	-معجون الحشو TotalFill BC HiFlow
29	2-2-3-3-3-طرق حشو الأقنية الجذرية
29	2-2-3-3-1-التكثيف الجانبي البارد Cold Lateral Condensation
29	2-2-3-3-2-التكثيف العمودي الحراري Warm Vertical Condensation
30	2-2-3-3-3-تقنية الحقن الحراري Thermoplastic Injection Techniques
31	2-2-3-3-4-الحشو بالقمع المفرد Single Cone Obturation Technique
32	الفصل الثالث: طرائق قياس التسرب المجهرية
32	3-1-طريقة النفوذ الصباغي Dye Penetration Method
33	3-2-طريقة التحليل باستخدام المجهر الإلكتروني Scanning Electronic Microscope Method

34	3-3- طريقة ارتشاح السوائل Fluid filtration
34	3-4- طريقة النفوذ الجرثومي Bacterial Penetration

35	3-5- طريقة المعاوقة الكيمائية الكهربائية Electrochemical impedance
35	3-6- طريقة النظائر المشعة Radioisotops
36	الفصل الرابع: الدراسات السابقة
41	الباب الثاني: المواد والطرائق Material and Methods
42	2-1- العينة Samples
42	2-1-1- معايير التضمين والاستبعاد
42	2-1-1-1- معايير التضمين
42	2-1-1-2- معايير الاستبعاد
43	2-1-2- توزيع العينة
43	2-2- الأجهزة والمواد المستخدمة في الدراسة
43	2-2-1- الأجهزة المستخدمة
47	2-2-2- المواد المستخدمة
51	2-3- الطرائق Methods
51	2-3-1- تصميم الدراسة Study design

51	2-3-2- طريقة العمل
59	2-3-3- الدراسة الإحصائية
60	الباب الثالث: النتائج والدراسة الإحصائية Results and Statistical Study
61	3-1- وصف العينة
62	3-2 - الدراسة الإحصائية التحليلية
66	الباب الرابع: المناقشة Discussion
67	4-1- مناقشة فكرة البحث وهدفه
68	4-2- مناقشة مواد وطرائق البحث
73	4-3- مناقشة نتائج البحث
76	الباب الخامس: الاستنتاجات Conclusions
78	الباب السادس: التوصيات و المقترحات Recommendations and Suggestions
79	6-1- التوصيات Recommendations
79	6-2- المقترحات Suggestions
80	الباب السابع: المراجع References
109	Abstract

قائمة الأشكال List of Figures

رقم الشكل	مضمون الشكل	رقم الصفحة
1	يبين قبضة الميكروتور المستقيمة المستخدمة في البحث	44
2	يبين الأقراص الماسية المستخدمة	44
3	يبين قبضة التوربين	44
4	يبين الميكروتور المستخدم	45
5	يبين جهاز التحضير الآلي وجهاز الحشو الحراري المستخدم	45
6	يبين المجهر السني المستخدم في فحص العينات	45
7	يبين أداة القياس الرقمية المستخدمة في البحث	46
8	محاقن بلاستيكية بسعة 5ml	46
9	يبين إبر الإرواء المستخدمة في البحث	46
10	يبين مبرد يدوية K-file ذات قياس 10# و 15# المستخدمة في البحث	46
11	يبين المكثفات الجانبية المستخدمة في الحشو	47
12	يبين مبرد التحضير الآلي المستخدمة في البحث	47
13	يبين 17% EDTA المستخدم في البحث	48
14	يبين المصل الفيزيولوجي المستخدم في البحث	48

48	يبين الحبر الصيني المستخدم في البحث	15
49	يبين أقماع الكوتابيركا القياسية #30 واستدقاق 4% المستخدمة في البحث	16
49	يبين الأقماع الورقية القياسية #30 واستدقاق 4% المستخدمة في البحث	17
49	يبين أقماع الكوتابيركا القياسية #25 واستدقاق 2% المستخدمة في البحث	18
49	يبين معجون حشو TotalFill HiFlow Bioceramic المستخدم في البحث	19
50	يبين الاسمنت الزجاجي الشاردي المستخدم في البحث	20
52	يبين أسنان العينة التي تم جمعها للبحث	21
52	يبين الصور الشعاعية للأسنان قبل اختيارها ضمن العينة.	22
53	يبين تجربة الأقماع لأسنان العينة	23
53	يبين خطوة التجفيف لأسنان العينة	24
54	يبين حقن معجون الحشو ضمن القناة	25
54	يبين حشو أسنان العينة في المجموعة (0) بتقنية الحشو بالتكثيف الجانبي البارد	26
55	يبين إجراء قطع الكوتابيركا أثناء الحشو العمودي الحراري واختلاف درجة الحرارة المطبقة حسب المجموعات المدروسة بالترتيب (من اليمين إلى اليسار).	27
56	يبين تكثيف الكوتابيركا بأداة تكثيف مناسبة	28
56	يبين حقن الكوتابيركا لملء الجزء المتوسط والتاجي من القناة.	29
57	يبين صورة شعاعية لأسنان العينة للتأكد من جودة الحشو القنوي	30

31	يدين ترميم الجزء التاجي لأسنان العينة بالاسمنت الزجاجي الشاردي حسب ترتيب المجموعات (من اليمين إلى اليسار).	57
32	يدين أسنان العينة بعد غرسها بشمع الصف حسب ترتيب المجموعات (من الأعلى إلى الأسفل).	57
33	يدين المقاطع الطولية لأسنان العينة بعد فحصها بالمجهر السني	58

قائمة الجداول List of Tablets

رقم الجدول	مضمون الجدول	رقم الصفحة
1	يبين توزيع عينة البحث وفقاً لطريقة الحشو المتبعة	61
2	يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار التسرب الذروي (بالملم) في عينة البحث وفقاً لطريقة الحشو المتبعة	63
3	يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التسرب الذروي (بالملم) بين مجموعات طريقة الحشو المتبعة الأربع المدروسة في عينة البحث.	64

قائمة المخططات التوضيحية List of Charts

<u>رقم المخطط</u>	<u>مضمون المخطط</u>	<u>رقم الصفحة</u>
1	يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لطريقة الحشو المتبعة.	62
2	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار التسرب الذروي (بالملم) في عينة البحث وفقاً لطريقة الحشو المتبعة	64

الملخص

خلفية البحث وهدفه: تكمن أهمية هذا البحث في تقييمه لتأثير تطبيق درجات حرارة مختلفة عند الحشو بتقنية الحشو العمودي الحراري بالأمواج المستمرة في فعالية الختم الذروي لمعجون الحشو Bioceramic Hiflow، حيث كان الهدف من البحث هو إجراء دراسة مخبرية لتقييم جودة الختم الذروي لمعجون الحشو Bioceramic HiFlow باختلاف درجة الحرارة المطبقة أثناء الحشو بتقنية الأمواج المستمرة، وذلك لتحري درجة الحرارة الأفضل التي يجب استخدامها عند استخدام Bioceramic Hiflow كمعجون حشو قنوي.

مواد البحث وطرائقه: تألفت عينة البحث من 40 سناً وحيدة الجذر وحيدة القناة، قُسمت عشوائياً إلى أربع مجموعات متساوية في كل منها 10 أسنان، وذلك حسب تقنية الحشو المستخدمة باستخدام معجون الحشو Bioceramic Hiflow، حيث تم الحشو بتقنية التكتيف الجانبي البارد في المجموعة الأولى، وفي المجموعة الثانية تم الحشو بتقنية التكتيف العمودي الحراري بالأمواج المستمرة باستخدام درجة حرارة 90 درجة مئوية عند القطع، وفي المجموعة الثالثة تم استخدام درجة الحرارة 150 درجة مئوية أثناء القطع، وتم استخدام 200 درجة مئوية أثناء القطع في المجموعة الرابعة، وبعد تصلب معجون الحشو تم تقييم الختم الذروي بواسطة طريقة التسرب الصباغي، ثم قُطعت الأسنان طولياً وفُحصت تحت التكبير بواسطة المجهر السني لتقييم عمق اختراق الصباغ، سُجلت البيانات وتم تحليلها إحصائياً باستخدام اختبار One-Way ANOVA عند مستوى الدلالة ($P < 0.05$).

النتائج: بينت النتائج عدم وجود فروقات إحصائية بين المجموعات المدروسة.

الاستنتاجات: ضمن حدود هذه الدراسة المخبرية، يمكن الاستنتاج أن الختم الذروي لمعجون الحشو Bioceramic HiFlow لم يتأثر باختلاف طرق الحشو المدروسة (التكتيف الجانبي البارد، التكتيف العمودي الحراري بالأمواج المستمرة)، ولم يتأثر باختلاف درجة الحرارة المستخدمة في تقنية التكتيف العمودي الحراري بالأمواج المستمرة.

الكلمات المفتاحية: الختم الذروي، التكتيف الجانبي البارد، التكتيف العمودي الحراري، Bioceramic HiFlow.

الجزء التمهيدي

Introductory Part

المقدمة Introduction:

تتضمن المعالجة اللبية العديد من الخطوات السريرية والتي تشمل التحضير الميكانيكي والكيميائي للمنظومة القنوية ثم الحشو الكتيم ثلاثي الأبعاد باستخدام الكوتابيركا ومعجون حشو مثالي (Schilder, 2006).

يجب على معجون الحشو المستخدم في حشو الأقنية الجذرية أن يتمتع بعدة صفات ومنها عدم الانحلالية في سوائل النسج، التقبل الحيوي، قابلية الانسياب، وقت تصلب ملائم، مضاد للجراثيم وقادر على الالتصاق مع الجدران العاجية (Zhou et al., 2013).

وإن الحصول على ختم ذروي مرضٍ يمنع الغزو الجرثومي وتلوث الأقنية بعد تحضيرها وتطهيرها وإن قدرة الختم لمعجون الحشو تتعلق بسيولته وارتباطه بالعاج وملؤه للفراغات في المنظومة القنوية (HOVLAND & DUMSHA, 2002).

أهم هذه المعاجين هي معاجين الحشو ذات الأساس من سيليكات الكالسيوم والتي تتكون من الألومينا، الزركونيا، الزجاج الفعال حيويًا، الخزف الزجاجي، هيدروكسي الأباتيت وفوسفات الكالسيوم (Entire, 2017).

وتمتلك المواد ذات الأساس من سيليكات الكالسيوم ميزات هامة لاستخدامها كمعجون حشو، أهمها:

1- التقبل الحيوي وعدم الرفض من النسج المحيطة (K. Koch & D. J. D. Brave, 2009).

2- تحتوي على فوسفات الكالسيوم والذي يحسن من خصائصه التصليبية وتشكيل بنية بلورية مشابهة

لهيدروكسي الأباتيت في الأسنان والعظام (Ashkar, I. 2023) والذي يحسن من ارتباط معجون الحشو بالعاج الجذري.

3-تمتلك خواص مضادة للجراثيم وتتمدد قليلاً بعد التصلب (Best, Porter, Thian, & Huang, 2008).

ويعتبر تركيبها مشابه لتركيب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (MTA) Mineral Trioxide Aggregate (Zhang, Li, & Peng, 2009)، وبالتالي تمتلك نفس الخصائص المفضلة لمادة الـ MTA مع التخلص من سلبياتها كزمن التصلب الطويل، وصعوبة التعامل معها، وانخفاض قدرتها على الانسياب وتتفوق أيضاً بخاصية ثبات الأبعاد والتي تعتبر الميزة لمعاجين الحشو ذات الأساس من سيليكات الكالسيوم (G. Sfeir et al., 2021).

في السابق كان الحشو المثالي للأقنية الجذرية يتم باستخدام الكوتابيركا بشكل أساسي مع كمية قليلة من معجون الحشو، وإن استخدام معجون الحشو Bioceramic قد غير نسبياً من هذه الفكرة، حيث أن زيادة نسبة معجون الحشو لم تعد سلبية حيث يتمتع بخصائص بيولوجية مناسبة وخصائص مضادة للجراثيم مما حسن من نتائج المعالجة اللبية، ولكن استخدام تقنية القمع المفرد بما تطبقه من قوة تكثيف منخفضة بقمع كوتابيركا وحيد تعتبر غير كافية لحشو البنية التشريحية المعقدة للمنظومة القنوية، ولكن تم تطوير معجون الحشو Bioceramic لاستخدامه مع تقنيات الحشو الباردة فقط حيث إن استخدام تقنيات الحشو الحراري يمكن أن تؤثر على الخصائص الكيميائية والفيزيائية لمعجون الحشو مما يؤثر سلبياً على التفاعل التصلبي له وحتى الآن لا يوجد معلومات واضحة حول التأثيرات بعيدة الأمد للحرارة على معجون الحشو Bioceramic (S. R. Kim et al., 2019).

ظهر حديثاً معجون الحشو Bioceramic HiFlow (HF) وهو التركيبة المطورة من الـ Bioceramic التقليدي، حيث أقر المصنعون أنه تم إنقاص حجم الجزيئات لتحسين الإنسيابية كما تم زيادة تركيز أوكسيد الزيركونيوم لزيادة الظلالية مع الحفاظ على لزوجة منخفضة، وسمح ذلك باستخدامه مع تقنيات الحشو الحراري وتأمين الختم ثلاثي الأبعاد للمنظومة القنوية (Buchanan, 2004; Schilder, 2006) حيث أن تسخين وتكثيف الكوتابيركا يؤمن انطباق أفضل على جدران الأقنية الجذرية (Donnermeyer et al., 2021)، وكان اندخال معجون الحشو والكوتابيركا في الشقوق والبرزخ ضمن المنظومة القنوية أفضل عندما أستخدم معجون الحشو Bioceramic HiFlow مع تقنية الحشو الحراري (Reynolds, Augsburger, 2020). (Svoboda, & Jalali, 2020).

مشكلة البحث:

إن للحرارة أثر سلبي على الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمعاجين الحشو ذات الأساس من سيليكات الكالسيوم ولكن تم تطوير Bioceramic HiFlow لاستخدامه مع تقنيات الحشو الحراري ومع ذلك لم تكن هنالك أبحاث كافية حول قدرته على تحمل درجات الحرارة المختلفة المستخدمة في هذه التقنيات وتأثيرها على خصائصه وبالتالي على قدرته على الختم الذروي للمنظومة القنوية.

تساؤلات البحث:

-هل يؤثر اختلاف درجة الحرارة المطبقة عند الحشو الحراري على قدرة الختم الذروي لمعجون الحشو Bioceramic HiFlow ؟

الهدف من البحث Aim of Study

إجراء دراسة مخبرية لتقييم :

جودة الختم الذروي لمعجون الحشو Bioceramic HiFlow باختلاف درجة الحرارة المطبقة أثناء الحشو بتقنية الأمواج المستمرة.

أهمية موضوع البحث:

تكمن أهمية البحث في تقييمه لقدرة تحمل معجون الحشو Bioceramic HiFlow لمختلف درجات الحرارة المطبقة وتأثيرها على الختم الذروي للمنظومة القنوية.

فرضيات البحث:

• **فرضية العدم:**

- تتشابه نتائج المجموعات في فعالية الختم الذروي ولا يوجد فروقات بينهم باختلاف درجة الحرارة المطبقة.

• **الفرضية البديلة:**

- يوجد فروقات بين المجموعات في فعالية الختم الذروي نتيجة لتأثير درجة الحرارة المطبقة.

مبررات البحث:

عدم كفاية الدراسات السابقة في تقييم تأثير درجات الحرارة المختلفة على الختم الذروي لمعجون الحشو

.Bioceramic HiFlow

محدوديات البحث:

قد تختلف النتائج عن بعض الدراسات التي تستخدم أجهزة حشو حراري أو مواد أخرى.

الباب الأول

المراجعة النظرية

Literature Review

الفصل الأول

المعالجة اللبية القنوية

1-1- أهمية المعالجة اللبية:

تُجرى المعالجة اللبية لحماية الأسنان الطبيعية من التهدم الشديد، التهابات اللب المؤلمة والتهاب اللب غير الردود. حيث يتعرّض النسيج اللبي المكوّن من شعيرات دموية، أعصاب ونسيج ضام إلى أذية نتيجة الرضوض، الكسور، المعالجة السنية السابقة أو النخور، فيسبب الألم والانزعاج والخراجات (Khanvilkar, 2024).

وبالتالي فإن الهدف الأساسي للمعالجة اللبية هو إزالة العوامل الممرضة والشفاء منها من أجل الحفاظ على الأسنان (Huang, 2024).

1-2- خطوات المعالجة اللبية:

1-2-1- التشخيص:

يهدف التشخيص إلى معرفة المشكلة لدى المريض وسببها والذي يوجه الطبيب إلى العلاج المناسب. ويتم التشخيص بمعرفة الشكوى الرئيسية للمريض والحصول على تاريخه الصحي والسني والتي يمكن أن توجه الطبيب نحو معالجة محددة. ثم يتم فحص المريض سريرياً داخل وخارج الفم للبحث عن أي علامات

مرضية كالوذمة أو الانتباج أو وجود الناسور، ويتم فحص حيوية اللب باستخدام طرق مختلفة كاختبار البرودة (Louis H. Berman, 2021).

ويتم إجراء صورة ذروية شعاعية تظهر كامل الجذر وحوالي 2-3 ملم من المنطقة حول الذروية لفحصها قبل البدء بالمعالجة (European Society of Endodontology, 2006).

1-2-2- فتح الحجرة اللبية:

يجب إزالة كامل النخر والترميمات المعيبة قبل فتح الحجرة اللبية وإجراء المعالجة اللبية ليتم تشخيص النخور المخفية والكسور إن وجدت، كما تُحدد قابلية السن للترميم بدقة (James L. Gutmann, 2021).

الأهداف التي يجب أن تتحقق عند فتح الحجرة اللبية التقليدية:

- إزالة كامل النخر.
- المحافظة على النسيج السنية السليمة.
- إزالة سقف الحجرة اللبية كاملاً.
- إزالة كامل النسيج اللبي التاجي (حي أو متموت).
- تحديد فوهات الأُفنية اللبية.
- تأمين مدخل مستقيم للأدوات.

ولكن ظهر مؤخراً مفهوم الفتح الأصغري للحجرة اللبية وذلك بهدف الحفاظ على النسيج السنية السليمة وتجنب إضعاف السن وتعرضه لخطر الكسر ولكن بما يسمح بتحديد موقع الأُفنية وإجراء التحضير والتوسيع

وحشو الأفنية اللبية ومنها: فتح الحجرة اللبية الموجهة بالدليل (Connert, 2018) و Truss access opening (Kapetanaki, 2021).

1-2-3- التنظيف والتحضير :Cleaning and Shaping

تعتبر عمليتا التنظيف والتحضير متلازمتان حيث يتم التحضير والتوسيع من أجل تسهيل عملية التنظيف باستخدام سائل الإرواء (Ove A. Peters, 2021).

1-2-3-1- التحضير Shaping

إن الأهداف الأساسية للتحضير الفتوي تتضمن (Hülsmann, 2005):

- إزالة النسيج اللبي (الحي والمنتوت).
- القضاء على الحمل الجرثومي أو تخفيضه.
- تحييد سموم الجراثيم ومنتجاتها في العاج المصاب (Affected dentin).
- خلق مساحة كافية للحشو.
- الحفاظ على شكل ومكان الثقبة الذروية.
- تجنب تغيير شكل القناة الطبيعي.
- تجنب التخريش أو دفع الإنتان الشديد نحو النسيج حول الذروية.
- المحافظة على العاج الجذري السليم لتحسين الإنذار طويل الأمد للأسنان.

ويمكن تحقيق هذه الأهداف باستخدام العديد من التقنيات لتحضير الأتية (O. A. Peters & Paque, 2010) وهي:

- التحضير اليدوي باستخدام أدوات مختلفة.
- التحضير الآلي باستخدام مباد من الفولاذ اللاصدئ Stainless steel.
- نظام التحضير الآلي باستخدام مباد من النيكل تيتانيوم.
- التحضير باستخدام الأمواج الصوتية وفوق الصوتية.
- الليزر.
- التحضير بدون استخدام الأدوات الميكانيكية NIT.

ولكن تبقى مناطق واسعة من الجدران القنوية غير محضرة ولم تمسها الأدوات مهما كانت طريقة التحضير المتبعة لذلك يعد الإرواء هو الوسيلة الوحيدة للتخلص من الفضلات والعضويات الدقيقة الموجودة على الجدران القنوية والتي لا يمكن الوصول إليها باستخدام التحضير الميكانيكي حيث تتدخل هذه الفضلات ضمن القنويات العاجية الدقيقة والشذوذات التشريحية (Wu & Wesselink, 2001).

1-2-3-2 - التنظيف والإرواء M. Haapasalo,) Cleaning and Irrigation

:(Shen, Qian, & Gao, 2010

الإرواء هو جزء مهم في العلاج اللبي حيث يهدف إلى:

1. إزالة النسيج المتموتة والجراثيم ومنع دفعها ذروباً.
2. إزالة البرادة العاجية الناتجة عن التحضير.

3. حل النسيج العضوية أو اللاعضوية.

4. القضاء على الإنتان.

❖ صفات سائل الإرواء المثالي (Rotstein & Ingle, 2019):

1. توتر سطحي منخفض.

2. لزوجة منخفضة.

3. تأثير مضاد للجراثيم.

4. يؤثر في الغلاف الحيوي.

5. تأثير حال للنسج.

6. يعطل الظيفانات الجرثومية وعوامل الفوعة.

7. تأثير مزلق للأدوات.

8. عديم اللون.

9. لا يصبغ النسج السنية.

10. يمتلك تأثير خالب للأملاح.

11. يبقى مؤثراً بوجود الدم والمصل والبقايا البروتينية.

12. متقبل حيويًا من النسج حول الذروية.

13. احتمالية ضعيفة للتحسس.

14. لا يؤثر في الخصائص الفيزيائية للعاج.

15. لا يتعارض مع إصاق المواد المرممة للأسنان.

16. لا يؤثر في نشاط الخلايا الجذعية.

17. مطهرة لأقماع الكوتابيركا.

ولكن حتى الآن لا يوجد سائل إرواء وحيد يحقق جميع الصفات المثالية لسائل الإرواء (Gomes, Aveiro, & Kishen, 2023)، وإن الجمع بين المحاليل يعطي النتيجة الأفضل للمعالجة.

❖ أهم سوائل الإرواء المستخدمة في المداواة اللبية:

1. هيبوكلورايد الصوديوم Sodium Hypochloride (NaOCl):

هو الأكثر شيوعاً واستخداماً بين المحاليل ويعد تركيز 5,25% هو الأكثر استخداماً (McDonnell & Russell, 1999).

حيث يعتبر الأفضل كقاتل للجراثيم بشكل سريع حتى بتركيزه المنخفضة حيث يمتلك NaOCl توتر سطحي منخفض يسمح له بالاندخال ضمن الأفنية العاجية بين 77 و 300 μm خلال مدة تعرض 20 دقيقة، كما يتميز هيبوكلورايد الصوديوم بقدرته على حل الأنسجة العضوية (Kuruvilla & Kamath, 1998). وتزداد فعاليته في حل النسيج عند زيادة التركيز المستخدم أو تنشيطه باستخدام الأمواج الصوتية أو فوق الصوتية أو برفع درجة حرارة المحلول (Fouad & Burleson, 2003).

ولكنه لا يملك أي خاصية لحل النسيج اللاعضوية لذلك تكون إلى سوائل حمضية (EDTA- Citric acid) لإزالة طبقة اللطاخة (Kuruvilla & Kamath, 1998).

2. حمض دي أمين تترا أسيتيك (EDTA) Ethylenediaminetetraacetic acid

يُستخدم عادةً بتركيز 17% في سبر الأقفنية الضيقة والمتكلسة (Zehnder, Schmidlin, Sener, & Waltimo, 2005).

كما يُستخدم الـ EDTA في إزالة طبقة اللطاخة بتماسه المباشر مع جدران الأقفنية الجذرية لمدة دقيقة واحدة، والتي تتشكل نتيجة التحضير الميكانيكي للأقفنية الجذرية بتراكم بقايا لاعضوية وبقايا عضوية (جراثيم، نسيج متموتة، بقايا لبية وخلايا دموية) على جدران الأقفنية (Ertas & Sagsen, 2015; Razmi, Bolhari, Karamzadeh Dashti, & Fazlyab, 2016; Verma, Taneja, & Kumari, 2018). وبالتالي تزيد من احتمالية التسرب المجهرى (Razmi et al., 2016).

ولكن لا يستطيع الـ EDTA إزالة طبقة اللطاخة وحده بفعالية عادةً حيث يجب إضافة مكون محل عضوي كهيبوكلو رايد الصوديوم لإزالة المكونات العضوية لطبقة اللطاخة (Goldman, Kronman, Goldman, Clausen, & Grady, 1999).

ولكن يجب اختصار وقت التطبيق للهيبوكلو رايد لمدة لا تتجاوز الدقيقة بعد الـ EDTA لتفادي حدوث تآكل في الجدران العاجية (Reeh, Messer, & Douglas, 1998).

الفصل الثاني

حشو الأقنية الجذرية

2-1-تعريف وأهمية حشو الأقنية الجذرية:

يُعرّف حشو الأقنية الجذرية نقلاً عن لجمعية الأمريكية للمداواة اللبية (American Association of Endodontics) بأنه الحشو ثلاثي الأبعاد لكامل المنظومة القنوية حتى الملتقى الملاطي العاجي (Kapoor, 2024) ، حيث يؤمن الختم الذروي الوثيق الذي يمنع عبور السوائل والأحياء الدقيقة وذيفاناتها إلى النسيج حول الذروية (Ozok, van der Sluis, Wu, & Wesselink, 2008).

يرتبط الحشو غير الكافٍ للأقنية الجذرية بتطور الأمراض حول الذروية، ويُعتبر مؤشراً لفشل العلاج اللبي (Pedro et al., 2016). حيث أثبت أن الجراثيم هي السبب الرئيسي لفشل المعالجة اللبية، ويؤدي غياب الختم للمنظومة القنوية لخلق بيئة ملائمة لتكاثر الجراثيم، وبالأخص الجراثيم اللاهوائية المخيرة (Tennert et al., 2014).

يتضمن حشو الأقنية الجذرية استخدام مواد قالب رئيسية (core) ومعجون حشو لملء وختم الأقنية الجذرية المحضرة، حيث تشغل مادة القلب الرئيسية جزءاً من القناة الجذرية وينساب معجون الحشو ضمن الشذوذات التي لم يتم الوصول إليها بواسطة التحضير الميكانيكي، حيث يجب على حشوة القناة أن

تتطبق بشكل جيد على جدران الأفنية الجذرية وأن يندخل معجون الحشو ضمن القنيات العاجية إن أمكن (Bhandi et al., 2021).

حيث تعد معاجين الحشو ضرورية لتشكيل حاجز غير قابل للنفوذ بين مادة القلب الرئيسي وجدران الأفنية الجذرية (ØRSTAVIK, 2005).

وقد أدركت أهمية معاجين الحشو في أوائل القرن العشرين حيث كان الحشو بأقماع الكوتابيركا وحدها يؤدي إلى التهاب النسيج حول الذروية في أغلب الحالات (José F. Siqueira, Jr. et al., 2000). حيث تتسبب معاجين الحشو في الأماكن التي لا تصل إليها مواد القالب الرئيسي وتساعد في الحصول على ختم ملائم مهما كانت طريقة الحشو المتبعة (Bhandi et al., 2021).

2-2- مواد الحشو القنوي الجذري:

2-2-1- الصفات المثالية لمواد الحشو المستخدمة في المداواة اللبية (Grossman, 2014):

1. أن تكون قابلة بشكل كامل للتكيف مع جدران الأفنية المَحَضَّرَة.

2. ثابتة الأبعاد.

3. غير قابلة للامتصاص لفترة غير محددة من الزمن .

4. غير مهيجة للنسج .

5. مثبطة لنمو الجراثيم أو على الأقل لا تساعد على نموها .

6. غير مصبغة للأسنان .

7.يفضل أن تكون شبه سائلة قبل الإدخال وصلبة بعده .

8.القدرة على ختم الأفنية ذروباً وجانبياً .

9.غير نفوذة للماء.

10.ظليلة على الأشعة.

11.عقيمة أو قابلة للتعقيم.

12.سهولة الإزالة من القناة عند الضرورة.

13.سهولة الاستخدام.

14.تلتصق بجدران الأفنية.

15.غير ناقلة للحرارة.

16.تتمدد قليلاً بعد وضعها.

17.زمن عملها مقبول.

وتم استخدام عدة مواد لحشو الأفنية الجذرية ولكن لم تحقق أي منها جميع هذه الصفات والمعايير المطلوبة،

جعل ذلك مفهوم التشارك بين المواد لحشو الأفنية الجذرية ضرورياً، حيث يتم استخدام مادة قلب أساسية

لملء معظم الفراغ القنوي، ويضاف إليها معجون حشو قادر على تحقيق الختم وملء الفراغات بين مادة

القلب الرئيسية وجدران الأفنية الجذرية (Camps, Pommel, Bukiet, & About, 2004)

2-2-2- مواد القالب الرئيسي:

2-2-2-1-الكوتايركا:

تعد أهم وأكثر المواد استخداماً كمادة قلب رئيسية في الحشو القنوي، حيث أنها تتمتع بالعديد من الميزات أهمها (Hargreaves, Berman, Rotstein, & Cohen, 2021):

1. اللدونة والمطاوعة.
2. سهولة التعامل معها وإمكانية إدخالها إلى القناة بطرق مختلفة.
3. قليلة السمية.
4. ظليلة شعاعياً.
5. سهولة إزالتها باستخدام الحرارة أو المحلات.
6. التقبل الحيوي الممتاز من قبل النسج.
7. تمتلك تأثير مثبط للجراثيم، يعود ذلك لوجود أوكسيد الزنك.
8. سهلة التطهير، من خلال وضعها بهيبوكلوريد الصوديوم لمدة دقيقة واحدة (J. F. Siqueira, Jr., Batista, Fraga, & de Uzeda, 1998).

أما عيوبها فهي (Hargreaves et al., 2021):

1. لا تمتلك القدرة على الالتصاق بجدران الأفنية الجذرية.
2. التقصص عند التصلب بعد تليدها حرارياً أو بواسطة المحلات العضوية والذي يمكن تجنبه بواسطة التكتيف بعد التليين الحراري لمعاكسة التغيرات الحجمية الحاصلة في طور البرودة.

3. صلابتها غير كافية (خاصة بالقياسات الصغيرة)، فلا يمكن دوماً دفعها لنهاية القناة في حال وجود درجة.

تركيب الكوتابيركا:

تتكون أقماع الكوتابيركا بشكل أساسي من:

-أكسيد الزنك 50-79%.

-كوتابيركا 19-22%.

-كبريتات معدنية 1-17%.

-شمع أو راتنج 1-4% (C. E. Friedman, Sandrik, Heuer, & Rapp, 1999).

فالكوتابيركا ليست المكون الأكبر فهي تعتبر كالحالب، بينما يعتبر أكسيد الزنك مادة مالئة، والراتجات والشموع ملينات، والكبريتات المعدنية للظلالية.

الأشكال الفيزيائية للكوتابيركا:

تتواجد الكوتابيركا بثلاث أطوار تبعاً لخصائصها الفيزيائية والكيميائية (Vishwanath & Rao, 2019):

1- الطور ألفا: يتميز باللدونة واللزوجة المنخفضة والالتصاقية والسيولة العالية عندما يتم تسخينه.

2- الطور بيتا: يتصف بالثبات والصلابة وقابلية الانضغاط، كما أنه أقل التصاقية وسيولة عند تسخينه

من الطور ألفا.

3-الطور غاما: مشابه للطور ألفا، لكنه عديم الثبات والاستقرار.

الأشكال التجارية للكوتابيركا (Vishwanath & Rao, 2019):

1- أقماع الكوتابيركا الصلبة: تتوفر أقماع الكوتابيركا بالشكلين القياسي وغير القياسي (التقليدي)، فالأقماع القياسية صُممت لتوافق الاستدقاق والقياس الذروي لأدوات التحضير، أما الأقماع غير القياسية فتسمى تبعاً لأبعاد رأس القمع وجسمه مثال: Fine-Medium حيث يكون رأس القمع Fine وجسم القمع Medium.

2- الكوتابيركا القابلة للدك حرارياً وميكانيكاً.

3- الكوتابيركا الملدنة حرارياً: تتوفر بالشكل القابل للحقن (الطور ألفا)، حيث يتم استخدام أجهزة خاصة لتسخين الكوتابيركا إلى حرارة ملائمة.

4- الكوتابيركا السيالة الباردة: خالية من الأوجينول، حيث يتم المزج بين الكوتابيركا بشكل بودرة ومعجون حشو ذو أساس ريزيني في كبسولة واحدة، لزجة وتؤمن ختم جيد.

تم إجراء العديد من التعديلات على أقماع الكوتابيركا تجارياً مثل (Vishwanath & Rao, 2019):

- الكوتابيركا المعدلة السطح: كالأقماع المطلية بالريزين والأقماع المطلية بالBioceramic.

- الكوتابيركا بخصائص مضادة للجراثيم: كالأقماع التي يدخل في تركيبها الكلورهيكسيدين

والبيودوفورم.

- الكوتابيركا الغنية بالجزيئات النانومترية: كأقماع الكوتابيركا المطلية بجزيئات الفضة.

2-2-3- معاجين حشو الأتنية الجذرية Sealers:

تم تصميم معاجين الحشو لتحسين الختم ولذلك سميت بالمواد الخاتمة (sealers) حيث لا تكفي المواد الصلبة أو شبه الصلبة في تأمين ختم المنظومة القنوية بالكامل وتبقى العديد من الفجوات بين جدران الأتنية ومادة الحشو (Rotstein & Ingle, 2019).

2-2-3-1- صفات معجون الحشو المثالي (Rotstein & Ingle, 2019):

- 1- سهل الاستخدام مع وقت عمل كافٍ.
- 2- سهل المزج.
- 3- لزج بعد المزج، ويلتصق بالجدران القنوية.
- 4- متقبل حيويًا.
- 5- قابل للتمدد بعد وضعه، ولا يتقلص.
- 6- خامل.
- 7- غير قابل للامتصاص والانهلال في السوائل النسيجية.
- 8- ظلليل شعاعياً.
- 9- لا يصبغ الأسنان.
- 10- مثبط للجراثيم.

11-سهل الإزالة بالمحلات المعروفة.

12-غير مسرطن.

2-2-3-2-أنماط معاجين الحشو:

2-2-3-2-1-معاجين أساسها أكسيد الزنك والأوجينول:

أُستخدمت هذه المعاجين لفترة طويلة من الزمن ولها تاريخ طويل من النجاح، تمتلك زمن تصلب بطيء (Allan, Walton, & Schaeffer, 2001)، من مميزات أنها تمتلك خواص مضادة للجراثيم (al-Khatib et al., 1990) ولكنها تتعرض للنقل التصلبي (Kazemi, Safavi, & Spångberg, 1993) كما أنها قابلة للانحلال حيث يؤثر ذلك بشكل واضح على قدرة الختم لهذه المعاجين (D. D. Peters, 1996)، كما يمكن أن تسبب تصبغ الأسنان ولكن تم تقادي ذلك في المعاجين الحديثة باستخدام سلفات الباريوم بدلاً من التركيبة القديمة مما حسن أيضاً من الظلالية الشعاعية (Camps et al., 2004).

أشهر المعاجين ذات الأساس من أكسيد الزنك والأوجينول: Endofil، Rickert's (Kerr).

2-2-3-2-2-معاجين أساسها هيدروكسيد الكالسيوم:

أُستخدم هيدروكسيد الكالسيوم لأول مرة كمعجون حشو من قبل Rhoner عام 1940 (Kang, Kwon, 2021).

حيث تم تطويرها لغرض علاجي باعتقاد أنها قد تحقق الأثر المضاد للجراثيم بالإضافة إلى خاصية تحريض تشكل العظم والملاط ولكن للأسف لم يتم تحقيق هذه الأهداف كما تبين أنها غير قادرة على تحقيق الختم طويل الأمد نظراً لقابلية الانحلال العالية التي تتصف بها (Desai & Chandler, 2009).

ومن الأمثلة عليها: Sealapex.

2-2-3-2-3-معاجين حشو أساسها الزجاج الشاردي:

تم تشجيع استخدامها لقدرتها على الارتباط بالعاج وتحقيق الالتصاق بين معجون الحشو وجدران القناة (S. Friedman, Löst, Zarrabian, & Trope, 1995).

ولكنها تتصف بالانحلالية العالية عند تماسها مع الرطوبة قبل التصلب التام كما أنها قد تسبب تهيج في النسيج وسمية خفيفة ولا تمتلك أي فعالية مضادة للجراثيم (Berman, Hargreaves, & Rotstein, 2020).

أشهرها تجارياً (Ketac-Endo (3M ESPE, Minneapolis, MN, USA).

2-2-3-2-4-معاجين حشو أساسها راتنجي:

بشكل مشابه للمواد المستخدمة في ترميم الأسنان، تم تطوير معاجين الحشو ذات الأساس الراتنجي لقدرتها المتميزة على الارتباط بالعاج حيث لاقت رواجاً كبيراً بسبب خواصها الفيزيائية والكيميائية والحيوية (S. R. Kim et al., 2019).

تصنف في فئتين أساسيتين:

1-الايوكسي ريزين:

- أشهرها AH-26 حيث يمتلك زمن عمل طويل وقدرة ختم جيدة، ولكنه يحترق الفورم ألدهيد خلال عملية التصلب نتيجة لاحتوائه على الميثانامين وراتنج الفينول لبدء التصلب (M. J. Koch, 1999).
- AH Plus هو التركيبة المطورة من AH-26 حيث لا تحرر الفورم ألدهيد عند التصلب بتغيير تركيبه إلى راتنج أمين ايوكسيد (Leonardo, Bezerra da Silva, Filho, & Santana da Silva, 1999)، كما أنه يتصلب بشكل كامل خلال 8 ساعات ويتميز بخواص ختم وثبات في الأبعاد وثباتية لونية عالية (De Bruyne & De Moor, 2004).

2-ميتاكريلات ريزين: أشهرها Hydron، EndoREZ، MetaSEAL.

2-2-3-2-5-معاجين حشو أساسها سيليكوني:

تم تطوير GuttaFlow2, GuttaFlow بالإضافة جزيئات من الكوتابيركا بحجم أقل من $30\ \mu\text{m}$ إلى مادة ذات أساس سيليكوني، حيث تتوفر بشكل كبسولات جاهزة، تُصبح عند مزجها سيالة في درجة حرارة الغرفة وتتصلب خلال 10 دقائق (Bouillaguet, Shaw, Barthelemy, Krejci, & Wataha, 2008).

يتميز بحشو جميع الشذوذات ضمن الأقنية حيث يكون بسماكات رقيقة مما يسمح بزيادة كتلة الكوتابيركا الأساسية ويُحسن ذلك من قابلية الختم لهذه المعاجين (Zielinski, Baumgartner, & Marshall,).

(2008)، كما أنها تمتاز بالتقبل الحيوي العالي والسمية المنخفضة (Collado-González, Tomás-)

..(Catalá, Oñate-Sánchez, Moraleda, & Rodríguez-Lozano, 2017).

آخرها GuttaFlow bioseal حيث أضيفت مواد فعالة حيويًا كالكالسيوم والسيليكا إلى التركيب الأصلي

وهذا يحرض على شفاء النسيج ويحسن من خصائص هذه المعاجين (Camargo et al., 2017).

2-2-3-2-6-معاجين حشو أساسها سيليكا الكالسيوم:

قُدمت في مجال المعالجة اللبية عام 1991، حيث أستخدمت المواد ذات الأساس من سيليكا الكالسيوم

بدايةً كاسمنتات لإصلاح الجذور، ثم كمعجون حشو للأقنية الجذرية (K. A. Koch & Brave, 2012).

تتكون هذه المعاجين من الألومينا والزيرونيوم والتي لا تمتلك أي أثر حيوي أو فيزيائي (Saikia et al.,)

(2008)، ومن الزجاج الخزفي والزجاج الفعال حيويًا وفوسفات الكالسيوم وهيدروكسي الأباتيت والتي تعتبر

مكونات فعالة حيويًا تتفاعل مع النسيج المحيطة بالسن لتشكل بنية أكثر مقاومة وقوة (K. A. Koch & D.)

(Brave, 2009).

تتصف هذه المواد بكونها متقبلة حيويًا، غير سامة، لا تمتلك تقلص تصلبي كما تمتلك تركيب كيميائي ثابت

في البيئة البيولوجية حيث أنها لا تُحرض استجابة التهابية عند تجاوزها للذروة أثناء الحشو (J. Camilleri)

(& Pitt Ford, 2006).

تُبدى معاجين الحشو ذات الأساس من سيليكا الكالسيوم الخصائص التالية (Debelian, G., & Trope,

:M. 2016)

- 1- لها خواص محبة للماء.
 - 2- متقبلة حيويًا من قبل النسج المحيطة بالسن.
 - 3- تكون قيمة الـ PH أعلى من 12 قبل التصلب.
 - 4- لا تتقلص، بل تتمدد قليلاً عند تصلبها.
 - 5- لا تُمتص في سوائل النسج.
 - 6- لها خصائص ختم ممتازة.
 - 7- صعبة الإزالة من القناة الجذرية بعد تمام التصلب وذلك في سياق إعادة المعالجة اللبية.
 - 8- تمتلك درجة من الانحلالية.
- وبعكس معاجين الحشو التقليدية، تعتبر المواد ذات الأساس من سيليكات الكالسيوم محبة للماء وتحتاج للماء لبدء التفاعل التصلبي، يتم تحرير شوارد الكالسيوم والهيدروكسيل بوجود الماء حيث تقوم شوارد الكالسيوم بتحفيز التمدن الحيوي بينما تقوم شوارد الهيدروكسيل بزيادة الـ PH مما يؤمن خواص مضادة للجراثيم (Germain Sfeir et al., 2021).
- وعند حدوث التفاعل بين سيليكات الكالسيوم والعاج الرطب (بين جزيئات الفوسفات وسيليكات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم) يحدث ارتباط كيميائي بينهما وحدوث ختم على السطح البيني (عاج-معجون حشو) بتشكيل منطقة الارتشاح المعدني (Reyes-Carmona, Felipe, & Felipe, 2009).

ولكن وُجد أن الانسيابية تنقص بشكل واضح بتطبيق الحرارة (Germain Sfeir et al., 2021)، حيث تتحطم الروابط أوكسجين-هيدروجين في درجات الحرارة المرتفعة ويتبخر الماء الموجود في معجون الحشو

وبالتالي تؤثر على خصائصه الفيزيائية والكيميائية فينقص زمن التصلب وتنقص السيولة (Josette Camilleri, Atmeh, Li, & Meschi, 2022).

-معجون الحشو Bioceramic

هو معجون حشو مُسبق المزج، قابل للحقن من الخزف الحيوي ذو الأساس من سيليكات الكالسيوم، يتكون بشكل أساسي من أوكسيد الزركونيوم، سيليكات الكالسيوم، فوسفات الكالسيوم، هيدروكسيد الكالسيوم، مواد مألثة وعوامل تزيد الثخانة (Al-Haddad & Che Ab Aziz, 2016).

أهم ميزة يتمتع بها الـ Bioceramic هي التقبل الحيوي الكبير له، حيث أنه لا يحرض ردة فعل التهابية أو سمية عند تماسه مع النسج حول الذروية نتيجة لوجود فوسفات الكالسيوم في تركيبه (J.-S. Kim, Baek, & Bae, 2004)، كما يمتلك سيولة ملائمة تسمح له بأن ينساب ضمن الشذوذات في الأفتنية الجذرية (G. T. d. M. Candeiro, Correia, Duarte, Ribeiro-Siqueira, & Gavini, 2012) وهذا ما مكن من استخدامه بتقنية الحشو بالقمع المفرد إضافة إلى كونه ثابت الأبعاد نسبياً ولا يبدي تقلصاً تصلبياً ذا أهمية وتأثير على خصائص الختم لهذه المعاجين (K. Koch & D. J. D. Brave, 2009). ويمتلك معجون الحشو Bioceramic زمن عمل يقدر وسطياً بحوالي أربع ساعات، كما أن الماء الموجود في القننات العاجية يساعد معجون الحشو على بداية وإكمال التفاعل التصلبي ويسرعه بشكل ملحوظ (Nagas et al., 2012).

تأثير الحرارة على خواص معجون الحشو Bioceramic

تؤثر الحرارة بشكل ملحوظ على الخواص الفيزيائية والكيميائية لمعجون الحشو Bioceramic ، حيث يختلف تأثيره بالحرارة تبعاً لتركيبه ودرجة الحرارة المطبقة (La Rosa, Canova, Leotta, & Pedullà, 2025)، ولكن هذه التغيرات في خواصه جعلته غير قابل للاستخدام مع تقنيات الحشو الحراري واقتصار استخدامه في تقنيات الحشو الباردة كالحشو بالقمع المفرد والتكثيف الجانبي البارد (K. A. Koch & Brave, 2012).

زمن التصلب

يُمكن أن تُغير الحرارة من زمن التصلب لمعجون الحشو حيث وُجد أن زمن التصلب لمعجون الحشو BioRoot RCS كان أقل بشكل واضح عند تعرّضه لحرارة 100 درجة مئوية (H. I. Kim, Jang, 2024)، بالمقابل وُجد أن زمن التصلب لـ Bio-C sealer قد تطّاول بشكل واضح عند تعرّضه لنفس درجة الحرارة (Nomura, Bortoluzzi, Tay, Garcia, & Teixeira, 2023).

قابلية التدفق (السيولة)

إن التعرّض للحرارة العالية قد يُنقص من سيولة معظم معاجين الحشو Bioceramic (Karam et al., 2024).

التقلّص

إن تطبيق الحرارة يؤدي لتقلّص في معاجين الحشو Bioceramic ، حيث تمت ملاحظة تقلّص واضح في المادة عند تطبيق حرارة 60 و 200 درجة مئوية مع تقلّص أكبر عند تطبيق الحرارة 200 درجة مئوية (Karam et al., 2024) .

التغيّرات السطحية لمعاجين الحشو Bioceramic

إن التعرّض للحرارة يؤدي لتغيّرات سطحية في معاجين الحشو، حيث ازدادت الفجوات وأصبح السطح غير منتظم عند التعرّض لحرارة 200 درجة مئوية (Karam et al., 2024).

التركيب الكيميائي

ينتج عن الحرارة تغيّرات كيميائية في معاجين الحشو Bioceramic حيث أكدت دراسة مطيافية تشتت الطاقة بالأشعة السينية (Energy-dispersive X-ray) حدوث تغيّرات بنيوية في معجون الحشو Bioceramic نتيجة لتحلل وتحول في تركيبه نتيجة تعرّضه للحرارة (Karam et al., 2024).

-معجون الحشو TotalFill BC HiFlow

تم طرح معجون الحشو TotalFill BC HiFlow من قبل شركة FKG السويسرية، حيث تم تطويره بتغيير تركيبة معجون الحشو TotalFill BC لتجعله أكثر تحملاً لدرجات الحرارة العالية التي يتم تطبيقها عند

استخدام تقنيات الحشو الحراري والتي لا يمكن استخدامها مع معجون الحشو Bioceramic التقليدي (Donnermeyer et al., 2021)، حيث تُوصي الشركة المصنّعة باستخدامه مع درجات الحرارة بين 150-220 درجة مئوية.

يمتاز هذا المعجون بلزوجة منخفضة وانسيابية عالية وسماكة تطبيق منخفضة عند تعرضه للحرارة العالية، كما أنه يتمتع بذات التقبل الحيوي لمعجون الحشو Bioceramic التقليدي (B. Chen et al., 2020).

تأثير الحرارة على خواص معجون الحشو TotalFill BC HiFlow

وجدت الدراسات عدم تأثر خواص معجون الحشو TotalFill BC HiFlow بالحرارة، حيث بقيت سيولته وسماكته الفلمية وزمن تصلبه وتركيبه الكيميائي ثابتاً (Donnermeyer et al., 2021).

ولكن يمكن أن يختلف أثر الحرارة على خواص معجون الحشو TotalFill BC HiFlow باختلاف درجة الحرارة المطبقة أو وقت التعرض لهذه الحرارة وما يؤدي ذلك إلى تغيير في قدرة الختم لهذا المعجون حيث يحتاج ذلك للمزيد من الأبحاث (La Rosa et al., 2025).

2-2-3-3 طرق حشو الأقنية الجذرية:

2-2-3-3-1-التكثيف الجانبي البارد Cold Lateral Condensation:

تعد من أكثر الطرق شيوعاً في حشو الأقنية الجذرية (Cailleateau & Mullaney, 1997)، من ميزات هذه الطريقة هي السيطرة على الطول العامل، ولكن من سلبياتها أنها لا تقوم بحشو الشذوذات والأقنية

الجانبية (Wu & Wesselink, 2001)، كما أنها تعد مضاد استطباب في الحالات شديدة الانحناء وحالات الامتصاص الداخلي حيث أن الحشوة الناتجة بهذه الطريقة ليست كتلة واحدة متجانسة وإنما هي مجموعة من الأقماع الملتصقة ببعضها بواسطة معجون حشو (Torabinejad, Walton, & practice, 2008).

3-5-2- التكثيف العمودي الحراري Warm Vertical Condensation:

تم تعريفها من قبل شيلدر عام 1967 ، ويشترط عند تطبيقها أن يكون تحضير الأقنية الجذرية باستدقاق مناسب مع الحفاظ على الذروة بأصغر قياس ممكن (Schilder, 2006).

تم طرح عدة أجهزة لتكون مصدر حراري لتأمين تكثيف الكوتابيركا مثل جهاز System B، ويتم استخدام المكثفات المصنوعة من الفولاذ اللاصدئ بعدة قياسات (Lee, Van Cura, & BeGole, 1998).

من مميزات أنها تؤمن الختم ثلاثي الأبعاد للمنظومة القنوية ولكن من سلبيات هذه الطريقة هو حدوث صدوع مجهرية في القناة الجذرية وتعد هذه الطريقة مستهلكة للوقت (Kapoor, 2024)، ولكن في دراسة حديثة وجدت أن التكثيف العمودي الحراري والتكثيف الجانبي يمكن أن يسببوا الصدوع المجهرية بالتساوي وبشكل أكبر من الحشو بتقنية القمع المفرد (Omar & Selivany, 2024).

3-5-3- تقنية الحقن الحراري Thermoplastic Injection Techniques:

تعتمد هذه الطريقة على تسخين الكوتابيركا بواسطة جهاز تسخين حراري ثم حقنها ضمن القناة المحضرة (Hargreaves et al., 2021).

أشهر الأجهزة تجارياً هو Obtura 2 (Spartan, USA) وultrafill (VDW, Germany).

من ميزات هذه الطريقة هي الملء الكامل للمنظومة القنوية بواسطة الكوتابيركا المذابة بالحرارة خصوصاً في الأفنية البيضوية، ولكن من سيئاتها هي عدم ضبط الطول العامل حيث يجب استخدام هذه الطريقة في حشو القسم التاجي للقناة بشكل سريع وفعال وذلك بعد أن يتم حشو الثلث الذروي بطريقة الحشو الحراري العمودي أو الحشو الجانبي البارد بحيث يتم ختم الذروة بطريقة حشو أكثر انضباطاً (Kapoor, 2024).

3-5-4- الحشو بالقمع المفرد Single Cone Obturation Technique:

طُرحت تقنية القمع المفرد حديثاً مع تطور أنظمة التحضير الآلي للأفنية الجذرية، وهي أبسط التقنيات وأقلها تعقيداً، حيث يتم فيها استخدام قمع كوتابيركا يتناسب مع آخر مبرد تحضير آلي مستخدم دون الحاجة لأقماع كوتابيركا إضافية. حيث تعتمد هذه الطريقة على معجون الحشو لملء الفراغات والشذوذات داخل منظومة القناة الجذرية (A. Pereira, Nishiyama, & Pintro, 2012).

ولكن أهم سلبياتها هي وجود الفجوات، والتقلص التصليبي التالي لمعجون الحشو، والانطباق الضعيف في الثلثين المتوسط والتاجي للأفنية الجذرية (Ahluwalia et al., 2019).

الفصل الرابع

طرائق قياس التسرب المجهرى

يعتمد نجاح المعالجة اللبية بشكل مباشر على تحقيق الختم الكامل للمنظومة القنوية من خلال الحشو الجيد ثلاثي الأبعاد للمنظومة القنوية وتأمين الختم التاجي بواسطة ترميم جيد حيث لا يقل ذلك أهمية عن الختم الذروي ، ويعرّف التسرب الذروي بأنه عبور للسوائل من النسج حول الذروية محمّلة بالجراثيم وذيفاناتها مؤدية لفشل المعالجة اللبية (Zan & Demir, 2021)، وهناك العديد من الدراسات التي قيّمت الختم الذروي فقد اعتمدت على عدة طرائق لتقييم هذا الختم نذكر منها:

4-1- طريقة النفوذ الصباغي Dye Penetration Method:

تعتبر الطريقة الأكثر استخداماً لتقييم جودة الختم الذروي، وقد سُجلت هذه الطريقة لأول مرة من قبل Grossman عام 1939 حيث وجد أن جزيئات محلول الصباغ لها القدرة على النفوذ بشكل أكبر من جزيئات اللعاب (Veríssimo & do Vale, 2006)، وإن أهم محاليل الأصبغة الكاشفة المستخدمة في هذه الطريقة هي: (أزرق الميتيلين-أحمر الفوكسين-صباغ الفوشين-أزرق الأنيلين-نترات الفضة-الحبر الهندي-الحبر الصيني-أزرق Alcain -إيوزين Y).

ويتم في هذه الطريقة غمر دُرى العينات ضمن المحلول الصباغ بتركيز معين ومدة زمنية معينة، ثم تحضّر بعد ذلك مقاطع طولية وأحياناً مستعرضة للأسنان ويتم فحص المقاطع وتسجيل النفوذ الخطي للصباغ بين

المادة المختبرة وسطح السن (Sultana, Musani, & Ahmed, 2016). ويتم فحص المقاطع باستخدام التكبير الضوئي لقياس مقدار انتشار الصباغ بدقة (Ahlberg, Assavanop, & Tay, 1995). إن إجراء المقاطع الطولية يُمكن من فحص مادة الحشو المكشوفة وملاحظة أي تسرب للصباغ بين مادة الحشو والسطح العاجي ، حيث أن هذه الطريقة تُقدم معلومات موثوقة أكثر حول مقدار التسرب الحقيقي مقارنة بالمقاطع العرضية والتشيف (Wu & Wesselink, 1993). ولكن من مساوئها أن محور القطع قد لا ينطبق على نقطة التسرب الصباغي الأعظمي مما قد يؤدي إلى تسجيل بيانات غير جديرة بالثقة عند التقدير اللاحق للتسرب (Gilhooly, Hayes, Bryant, & Dummer, 2000).

4-2- طريقة التحليل باستخدام المجهر الالكتروني الماسح Scanning Electronic

:Microscope Method

تعتبر تقنية فعالة في تقديم معلومات دقيقة عن تكيف المعاجين مع الجدران العاجية حيث تُعطي صورة مجهرية تكشف سطح العينة بمسحها ضوئياً في نموذج نقطي مع شعاع من الالكترونات النشيطة (Borges et al., 2014).

لكن من مساوئها هي عدم القدرة على الحصول على صورة كاملة للعينة ذات تفاصيل واضحة عند استخدام التكبير (Mamootil & Messer, 2007).

4-3- طريقة ارتشاح السوائل Fluid filtration :

تُقاس جودة الختم في هذه الطريقة عن طريق حركة فقاعات الهواء داخل الأنبوب الشعري. حيث أُستُخدمت هذه الطريقة لأول مرة عام 1986 من قبل Pashley لقياس التسرب المجهرى حول الترميمات التاجية ثم قُدمت من قبل Wu عام 1993 كطريقة لتقييم التسرب في الأقنية الجذرية.

تتألف هذه الطريقة من قناة جذرية محشوة ترتبط نهايتها التاجية بأنبوب مليء بالماء تحت ضغط جوي يمكن التحكم به، في حين ترتبط نهايتها الذروية بأنبوب شعري زجاجي مدرج سعة (20 ميكروليتر) و طول (170 ملم) مملوء بالماء حتى ارتفاع محدد، وبعد ذلك يُطبق ضغط جوي بمقدار (0,1 atm) عبر الجزء التاجي مما يؤدي إلى دفع الماء عبر المسافات الفارغة على طول حشوة القناة الجذرية ويتم قياس التسرب المجهرى عن طريق تعداد فقاعات الهواء الصغيرة المتحركة ضمن الماصة المجهرية لجهاز الارتشاح (Wu, De Gee, & Wesselink, 1994).

4-4- طريقة النفوذ الجرثومي Bacterial Penetration :

تعتبر من الطرق الصعبة نوعاً ما كما أنها تعتبر طريقة نوعية وليست كمية كما أنها تحتاج لأدوات خاصة ووسط عقيم تماماً حيث يبقى القسم التاجي للسن معزولاً عن الوسط الخارجي ولا يتعرض سوى لجراثيم التجربة، وغالباً ما يستخدم اللعاب البشري بما يحتويه من جراثيم لهذا الغرض، أما ذروة السن فتتصل بالوسط الكاشف الصافي الذي يتعكر بمجرد وصول الجراثيم النافذة عبر القناة الجذرية فقط وليس نتيجة تلوثه بجراثيم أخرى (Veríssimo & do Vale, 2006).

4-5- طريقة المعاوقة الكيميائية الكهربائية Electrochemical impedance:

تعتمد هذه الطريقة على أن العينة (سن-حشوة الجذر) تشكل جزءاً من خلية كهروكيميائية حيث يعرف مقدار التسرب من خلال حساب مقاومة العينة بعد قياس التيار المار عبر العينة وذلك وفقاً لقانون أوم (المقاومة=التيار المطبق/التيار الناتج)، من مميزات هذه الطريقة معرفة مقدار الختم لنفس العينة في فترات زمنية مختلفة ومعرفة مقدار التسرب الكلي الحاصل في المسافة الفاصلة بين مادة الحشو والسن وداخل كتلة الحشو نفسها، ومن سيئاتها صعوبة العمل وحاجتها لجهاز خاص (Martell & Chandler, 2002).

4-6- طريقة النظائر المشعة Radioisotops :

تعتبر طريقة جيدة لمقارنة التسرب لكنها لا تعطي الصورة الحقيقية للتسرب الحاصل سريرياً، وذلك لأن الشوارد المستخدمة أصغر من جزيئات الصباغ وتنتشر بسرعة أكبر من الجزيئات الأخرى (Pereira, I. 2021).

الفصل الخامس

الدراسات السابقة

أُجريت العديد من الأبحاث حول الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمعجون الحشو HF ومقارنته مع البيوسيراميك التقليدي :

1. قام Chen وزملاؤه في عام 2020 بمقارنة تأثير الحرارة على خصائص مختلفة للبيوسيراميك التقليدي وال HF، حيث أن تطبيق الحرارة على ال HF لم يغير من وقت التصلب والقساوة المجهرية والإنسيابية والتركيب الكيميائي والسميّة الخلويّة له، وكان أدائه أفضل من حيث الإنسيابية واللزوجة والسمّاكة الفلمية من البيوسيراميك التقليدي خاصةً عند التعرّض لدرجات الحرارة العالية ولكن كان التفاعل التصلبي لل HF أقصر بارتفاع درجة الحرارة (Binwen Chen et al., 2020).

2. في دراسة Yamauchi.S وزملاؤه في عام 2021 حول تأثير الحرارة على الخواص الفيزيائية لعدة معاجين حشو ذات أساس من سيليكات الكالسيوم ومن ضمنها EndoSequence BC Sealer HiFlow حيث طبقت عليها درجة حرارة 100 درجة مئوية لمدة دقيقة واحدة، وجدوا أن الحرارة قد سرعت من عملية التصلب لمعجون الحشو وزادت كمية هيدروكسيد الكالسيوم المنطلق أثناء هذا التفاعل دون أن يخفض ذلك من PH المعجون مما حافظ على خواصه المضادة للجراثيم والمحفّزة للتمعدن. بالإضافة إلى أن معجون الحشو HF كان أكثر سيولة بشكل ملحوظ من البيوسيراميك التقليدي عند تعرّضه للحرارة (Yamauchi, Watanabe, & Okiji, 2021).

3. في دراسة Aksel.H وزملاؤه عام 2021 حول تأثير الحرارة على الخواص الفيزيائية والتركيب الكيميائي لمعاجين الحشو ذات الأساس من سيليكات الكالسيوم ومن ضمنها معجون الحشو HiFlow BC حيث طبقت حرارة 37 درجة مئوية ثم تم تعريضها لدرجة حرارة 200 درجة مئوية لمدة 10 و 30 ثانية، وأظهر معجون الحشو HiFlow خواصاً ثابتة حتى بعد تعرضه للحرارة مع انسيابية أعلى ولزوجة أقل (Aksel et al., 2021).

4. في دراسة مقارنة للباحث أغيد وائل عثمان في جامعة دمشق عام 2021 حول قدرة ال HF بالاندخال ضمن القنيات العاجية مقارنة مع ال Ah plus عند الحشو بتقنية القمع المفرد، حيث تم التقييم عبر إجراء المقاطع الطولية للعينة في الثلثين المتوسط والذروي وفحصها عبر المجهر المجسم، وأظهرت النتائج تفوق معجون الحشو AH Plus في قيم الاندخال ضمن القنيات العاجية مقارنة مع معجون الحشو HF في الثلثين المتوسط والذروي، كما أظهرت الدراسة أن قيم الاندخال في الثلث المتوسط كانت أعلى وبفرق دال إحصائياً مقارنة مع الثلث الذروي مهما كان معجون الحشو المستخدم (العثمان، 2021).

5. في دراسة Alegre وزملاؤه في عام 2022 ، تم دراسة اندخال معجون الحشو HF في القنيات العاجية باستخدام تقنيات الحشو الحراري ومقارنتها مع تقنية الحشو بالقمع المفرد، حيث وجدوا أن اندخال معجون الحشو HF كان أعلى عند استخدام تقنيات الحشو الحراري على طول الجذر في الثلث التاجي والمتوسط والذروي، وكان الاندخال أعلى في الثلث التاجي مقارنةً بالجزء الذروي باختلاف التقنية المتبعة بالحشو، قد يعود ذلك لحجم وكثافة هذه القنيات حيث تقل كلما اتجهنا نحو الذروة، كما أن تبادل سوائل الإرواء يصبح أصعب كلما اتجهنا نحو الذروة وإن اختلاف الضغط المطبق باختلاف تقنيات الحشو والحرارة المطبقة والخصائص الفيزيائية والكيميائية لمعجون الحشو كلها عوامل تؤثر في اندخال السيلر في القنيات العاجية. ولكن امتلاك ال HF حجم جزيئي وسطي يقدر ب 0.2 ميكرومتر،

حسّنت من اندخاله ضمن القنّيات العاجية وبشكل ملحوظ في قنّيات التلث الذروي (Casino Alegre et al., 2022a).

6. في دراسة للباحث محمد ماجد الصحن في جامعة دمشق عام 2022 حول تأثير الحشو الحراري على قدرة معجون بيوسيراميك HF في ختم الأفنية الجانبية الصنعية (دراسة مخبرية)، وجد أنه قادر على ملء الأفنية الجانبية عند استخدامه مع تقنية القمع المفرد ولكن ليس بنفس الجودة التي يتم ملئ الأفنية فيها عند استخدامه بتقنية الحشو بالتكثيف بالأمواج المستمرة، حيث يكون قادراً على الاندخال في الأفنية الجانبية الموجودة في مستويات مختلفة من الجذر وببنفس الجودة في جميع المستويات (التاجي والمتوسط والذروي)، ويقوم بختم الأفنية الجانبية بجودة مماثلة لقدرة معجون الحشو AH Plus عند استخدام نفس تقنية الحشو (الصحن, 2022).

7. قام J. Alberdi وزملاؤه عام 2023 بدراسة تأثير الحرارة المطبقة في عدة تقنيات حشو حراري على قوة ارتباط معجون الحشو بيوسيراميك بالعاج حيث وجدوا أن الحرارة المطبقة باختلاف طرق الحشو لم تؤثر على قوة ارتباط المعجون بالجدران العاجية (Alberdi, Martin, Risso, & Kaplan, 2023).

8. قام Lin.P وزملاؤه بدراسة مقارنة قدرة الختم لثلاث معاجين حشو ذات أساس من سيليكات الكالسيوم ومن ضمنها ال HF بتطبيق تقنية الحشو بالتكثيف الهيدروليكي، وتم تقييمها بواسطة ال Micro CT، حيث وجدوا أن نسبة الفجوات بين مادة الحشو وجدران القناة كان أعلى في HF مقارنة بال Endoseal MTA ولكنه أقل بشكل ملحوظ من BC sealer و AH Plus (Lin, Lin, Huang, Hsu, & Tu, 2023).

9. قامت **Khoshnoodi.A** في عام 2023 بدراسة مقارنة لتأثير الحرارة على الخصائص الفيزيائية للبيوسيراميك التقليدي والبيوسيراميك HF حيث وجدت فروقات إحصائية في السيولة بين المعجونين بدرجات الحرارة المختلفة (37°C , 100°C and 150°C) و وجدت أن الظلالية الشعاعية كانت أعلى في ال HF و كانت مختلفة باختلاف درجة الحرارة بين 21°C and 100°C . ووجدت أنه لا فروقات إحصائية بين المعجونين في القدرة على الاندخال في الأفنية الجانبية عند درجة حرارة 21°C بينما كانت الفروقات واضحة عند درجات الحرارة الأعلى (Khoshnoodi, 2023).

10. في دراسة Abu-Zeid & Alamoudi في عام 2024، تمت مقارنة الاندخال ضمن القنيات العاجية لمعاجين الحشو BC HF ، BC Sealer ، AH Plus عند استخدام طريقتين في الحشو وهما: التكتيف العمودي الحراري والتكتيف الجانبي البارد. وكانت النتائج كالتالي: في مجموعة الحشو بتقنية التكتيف الجانبي البارد كان ال AH Plus هو الأقل اندخالا ضمن القنيات العاجية بوجود فرق دال إحصائياً مقارنة مع BC HF ، BC Sealer اللذين كانا متشابهين دون وجود فرق دال إحصائياً بينهما. أما في مجموعة الحشو بتقنية التكتيف العمودي الحراري فكان معجون BC HF هو الأكثر اندخالا ضمن القنيات العاجية بفرق دال إحصائياً. كما وجد أن تقنية التكتيف العمودي الحراري قد زادت من نسبة الاندخال ضمن القنيات العاجية لمعجون الحشو BC HF ، AH Plus بفرق دال إحصائياً مقارنة مع تقنية الحشو بالتكتيف الجانبي البارد، بعكس معجون الحشو BC Sealer الذي انخفضت نسبة اندخاله ضمن القنيات العاجية عند استخدامه مع تقنية الحشو بالتكتيف العمودي الحراري لكن دون وجود فرق دال إحصائياً (Abu-Zeid & Alamoudi, 2024).

11. في دراسة الباحث محمد ياسر مبيض في جامعة دمشق عام 2024 حول أثر التكتيف الحراري على معجون الحشو BC HiFlow حيث درس أثر الحرارة على عمق اندخال معجون الحشو ضمن القنيات العاجية مقارنة مع تقنيتي حشو (التكتيف الجانبي البارد، القمع المفرد) عبر المجهر الالكتروني

الماسح وأثرها على نسبة مساحة الكوتابيركا ومعجون الحشو والفجوات وتكرارها عبر دراسة المقاطع العرضية (تاجي، متوسط وذروي)، حيث وجد أن تقنية الحشو بالتكثيف العمودي الحراري مع معجون الحشو BC Hiflow لم تُنقص من نسبة الفجوات المتشكلة مقارنةً مع تقنية التكثيف الجانبي البارد ولكنها بالتأكيد كانت أفضل من تقنية الحشو بالقمع المفرد، كما وجد أن معجون الحشو BC HiFlow جيد الاندخال ضمن القنيتات العاجية بغض النظر عن تقنية الحشو المتبعة ولكن استخدامه مع تقنية الحشو العمودي الحراري قد زاد من عمق اندخاله ضمن القنيتات العاجية (مبيّض, 2024).

الباب الثاني

المواد والطرائق

Material and Methods

2-1- العينات : Samples

تتألف عينة البحث من 40 سناً بشريةً دائمةً وحيدة الجذر وحيدة القناة مقلوعة حديثاً، تم تحديد حجم العينة اعتماداً على البرنامج الإحصائي G Power إصدار 3.1.9.4 باستخدام الاختبار الإحصائي ONE WAY ANOVA وباعتماد قوة دراسة 95% وجعل قيمة α هي 0.05 وقيمة الـ Effect Size 0,7 اعتماداً على الدراسات السابقة.

2-1-1- معايير التضمين والاستبعاد:

2-1-1-1- معايير التضمين:

- 1- أسنان بشرية دائمة وحيدة الجذر وحيدة القناة.
- 2- مقلوعة حديثاً، تم تحديد أعمار المرضى بين 18 و 60 عاماً، قُلت لأسباب تقويمية وأمراض حول سنية.
- 4- خالية من التصدعات والكسور.
- 5- ذات ذرى مكتملة.
- 6- ذات جذور سليمة خالية من الامتصاصات الداخلية أو الخارجية.
- 7- غير معالجة لبياً.

2-1-1-2- معايير الاستبعاد:

- 1- الأسنان المصابة بالكسور أو التصدعات.
- 2- الأسنان ذات الذرى غير المكتملة أو الممتصة.

3- الأسنان ذات الجذور المصابة بامتصاص داخلي أو خارجي.

4- الأسنان المعالجة لبياً.

5- الأسنان ذات الجذور شديدة الانحناء.

2-1-2- توزيع العينة:

تم توزيع الأسنان ضمن أربع مجموعات بشكل عشوائي بحسب درجة الحرارة المطبقة أثناء الحشو بتقنية التكتيف بالأمواج المستمرة إضافة إلى وجود عينة شاهدة تم الحشو فيها باستخدام طريقة التكتيف الجانبي البارد بدون تطبيق أي حرارة بحيث يكون 10 أسنان في كل مجموعة.

حيث توزعت العينة كما يلي:

المجموعة الشاهدة (0) : تم الحشو بتقنية التكتيف الجانبي البارد بدون تطبيق أي حرارة.

المجموعة الأولى (1) : تم الحشو بتقنية التكتيف بالأمواج المستمرة بتطبيق درجة حرارة 90 درجة مئوية عند القطع.

المجموعة الثانية (2) : تم الحشو بتقنية التكتيف بالأمواج المستمرة بتطبيق درجة حرارة 150 درجة مئوية عند القطع.

المجموعة الثالثة (3) : تم الحشو بتقنية التكتيف بالأمواج المستمرة بتطبيق درجة حرارة 200 درجة مئوية عند القطع.

2-2- الأجهزة والمواد المستخدمة في الدراسة:

2-2-1- الأجهزة المستخدمة:

1-قبضة ميكروتور مستقيمة من شركة Being ، صنع الصين (الشكل 1) مع أقراص ماسية (الشكل 2).



الشكل (1): يبين قبضة الميكروتور المستقيمة المستخدمة في البحث

الشكل (2): يبين الأقراص الماسية المستخدمة

2-قبضة توربين من شركة Being ، صنع الصين (الشكل3).



الشكل (3): يبين قبضة التوربين

3-ميكروتور strong صنع كوريا الجنوبية (الشكل4)

4-جهاز تصوير شعاعي من شركة Bemems وحساس ذروي من شركة Vatech.

5-جهاز تحضير آلي من شركة Eighteeth ، صنع الصين (الشكل5).

6- جهاز الحشو الحراري من شركة Eighteeth ، صنع الصين (الشكل5)

6- حاضنة Incubator من نوع CARBOLITE من إنتاج شركة PIF-400 صنع بريطانيا، وهي

موجودة في قسم الجراثيم والطفيليات في كلية الطب البشري-جامعة دمشق.

7- مجهر سني Dental Microscope من شركة Bomedent ، صنع الصين-سيشوان (الشكل 6).



الشكل (4): يبين الميكروترور المستخدم



الشكل (5): يبين جهاز التحضير الآلي وجهاز الحشو الحراري المستخدم



الشكل (6): يبين المجهر السني المستخدم في فحص

8-أداة القياس الرقمية بياكوليس (الشكل 7).

9-محاقن بلاستيكية بسعة 5ml (الشكل 8).



الشكل (7): يبين أداة القياس الرقمية المستخدمة في البحث



الشكل (8): محاقن بلاستيكية بسعة 5ml

10- إبر إرواء بقطر 27G وطول 25mm ذات ثقبه جانبية Side-Vented (الشكل 9).

11- مبرد يدوية K-file ذات قياس #10 و #15 من شركة MANI، صنع اليابان (الشكل 10).



الشكل (9): يبين إبر الإرواء المستخدمة في البحث



الشكل (10): يبين مبرد يدوية K-file ذات قياس #10 و

#15 المستخدمة في البحث

12-مكثفات جانبية Spreaders من شركة MANI، صنع اليابان (الشكل 11).

13- مبادر تحضير آلي من شركة UDG ، صنع الصين (الشكل 12).



الشكل (11): يبين المكثفات الجانبية المستخدمة في الحشو



الشكل (12): يبين مبادر التحضير الآلي المستخدمة في البحث

14- مسطرة لبية.

15- لوح زجاجي وسباتول معدني.

16- مدك معدني.

17- قنديل زجاجي.

18- قالب اسفنجي.

2-2-2- المواد المستخدمة:

1- محلول هيبوكلوريت الصوديوم 5.25% .

2- محلول 17% EDTA من شركة أفاميا، صنع سوريا (الشكل 13)

4- مصل فيزيولوجي معقم (كلور الصوديوم 0,9%) من شركة Miamed، صنع سوريا (الشكل 14).

1- حبر صيني أزرق من شركة HERO، صنع الصين (الشكل 15)



الشكل (13): يبين EDTA 17% المستخدم في البحث

الشكل (14): يبين المصل الفيزيولوجي المستخدم في البحث



الشكل (15): يبين الحبر الصيني المستخدم في البحث.

- 2- أقماع كوتابيركا قياسية #30 واستدقاق 4% من شركة Dia Dent، صنع كوريا الجنوبية (الشكل 16).
- 3- أقماع ورقية قياسية #30 واستدقاق 4% من شركة Dia Dent، صنع كوريا الجنوبية (الشكل 17).
- 4- أقماع كوتابيركا قياسية #25 واستدقاق 2% من شركة GAPA DENT، صنع الصين (الشكل 18).



الشكل (16): يبين أقماع الكوتابيركا القياسية #30 واستدقاق 4% المستخدمة في البحث



الشكل (17): يبين الأقماع الورقية القياسية #30 واستدقاق 4% المستخدمة في البحث



الشكل (18): يبين أقماع الكوتابيركا القياسية #25 واستدقاق 2% المستخدمة في البحث

- 5- معجون حشو TotalFill HiFlow Bioceramic من شركة FKG، صنع سويسرا (الشكل 19).



الشكل (19): يبين معجون حشو TotalFill HiFlow Bioceramic المستخدم في البحث

11-اسمنت زجاجي شاردي من شركة HUGE، صنع الصين (الشكل 20).

12-شمع صف أحمر.



الشكل (20): يبين الاسمنت الزجاجي الشاردي المستخدم
في البحث

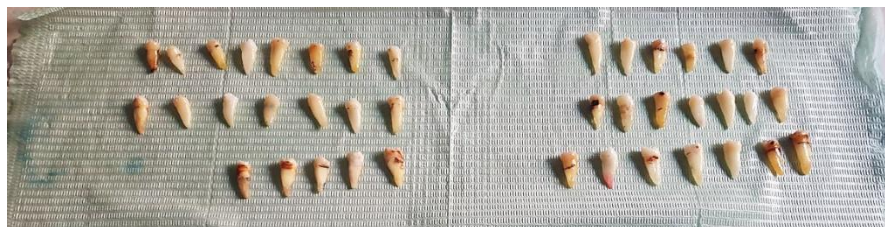
2-3-الطرائق Methods:

2-3-1-تصميم الدراسة Study design:

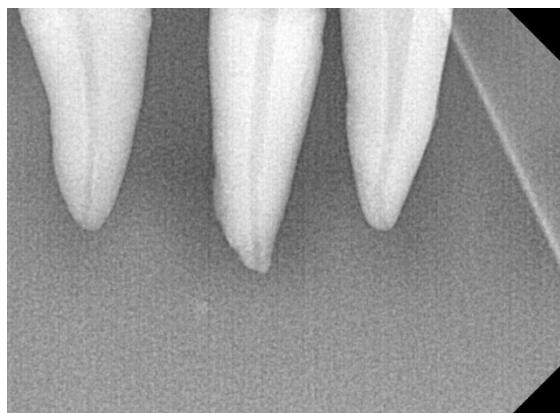
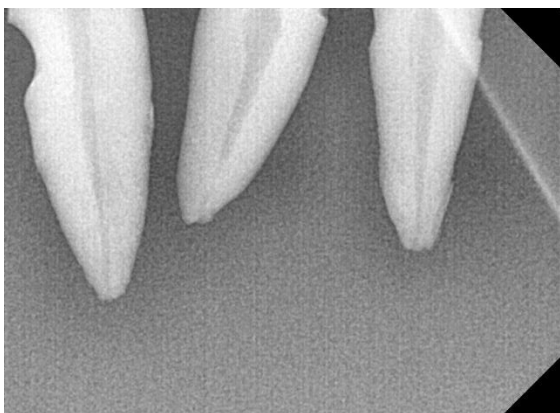
دراسة مخبرية تجريبية مضبوطة لتقييم تأثير درجات الحرارة المختلفة على فعالية الختم الذروي لمادة ال Bioceramic HiFlow، تمت في مخابر كلية طب الأسنان وعياداتها-جامعة دمشق.

2-3-2-طريقة العمل:

- جُمعت العينة والتي تألفت من 40 سناً أحادية الجذر والقناة مقلوعة حديثاً، حيث جمعت العينة من قسمي جراحة الفم والفكين وتقويم الأسنان في كلية طب الأسنان في جامعة دمشق، وتم تنظيفها وغمرها بمحلول ملحي 0.9% (الشكل 21).
- أُجريت صورة شعاعية من الناحية الدهليزية اللسانية، والأنسية الوحشية لكل سن، وذلك للتأكد من التشريح الداخلي للقناة، وعدم وجود تظاهرات مرضية كالتكلسات أو الامتصاصات (الشكل 22).
- قُصّت تيجان الأسنان باستخدام قرص ماسي مركب على قبضة مستقيمة لتوحيد طول الجذر في العينات بما يقارب 16 mm ، ثم تم فتح الحجرة اللبية لكل الأسنان بوساطة قبضة التوربين والسنابل الماسية تحت التبريد المائي.
- سُبرت الأقنية بمبارد يدوية K 10# و 15# وحُدد الطول العامل بخروج المبرد من الذروة للتأكد من نفوذية القناة، ثم سحبه بالابتعاد عن الثقبة الذروية 0.5 ملم .
- حُضرت الأقنية بالمبارد الآلية UDG 3M Gold حتى قياس 30# وباستدقاق 4% .



الشكل (21): يبين أسنان العينة التي تم جمعها للبحث



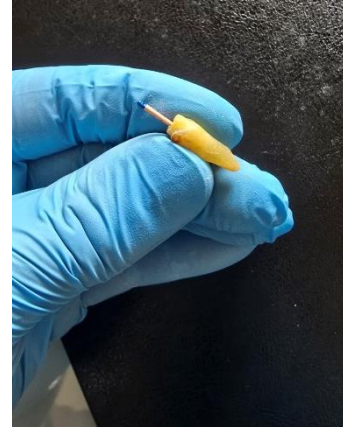
الشكل (22): يبين الصور الشعاعية للأسنان قبل اختيارها ضمن العينة.

- مع كل إخراج للمبرد تم إرواء القناة بـ 5ml من هيبوكلوريد الصوديوم 5,25%.
- أُجريت تجربة الأقماع الرئيسية لجميع الأسنان بالحصول على tug back عند الطول العامل (الشكل (23).

- ثم تم الإرواء النهائي للأسنان بوجود الماصة الجراحية، بواسطة 5 مل من هيبوكلوريد الصوديوم 5,25% ثم 5 مل من الماء المقطر ثم 5 مل EDTA 17% لمدة دقيقة ثم 5 مل من الماء المقطر ثم 5 مل من هيبوكلوريد الصوديوم 5,25% لمدة دقيقة، ثم تم التجفيف بواسطة أقماع ورقية قياسية #30 باستدقاق 4% (الشكل 24).



الشكل (24): يبين خطوة التجفيف
لأسنان العينة



الشكل (23): يبين تجربة الأقماع
لأسنان العينة

- قُسمت العينة عشوائياً إلى أربع مجموعات متساوية في كل منها (10) أسنان وذلك تبعاً لتقنية الحشو المتبعة حيث:

- في المجموعة الشاهدة (0) : تم الحشو بتقنية التكتيف الجانبي البارد بدون تطبيق أي حرارة.
- في المجموعة الأولى (1) : تم الحشو بتقنية التكتيف بالأمواج المستمرة بتطبيق درجة حرارة 90 درجة مئوية عند القطع.
- في المجموعة الثانية (2) : تم الحشو بتقنية التكتيف بالأمواج المستمرة بتطبيق درجة حرارة 150 درجة مئوية عند القطع.
- في المجموعة الثالثة (3) : تم الحشو بتقنية التكتيف بالأمواج المستمرة بتطبيق درجة حرارة 200 درجة مئوية عند القطع.

- حيث تم الحشو بتقنية التكتيف الجانبي البارد في المجموعة (0) باستخدام أقماص الكوتابيركا ومعجون الحشو TotalFill BC HiFlow لشركة (FKG) ، حيث تم حقن معجون الحشو ضمن القناة (الشكل 25) وتم

إدخال القمع الرئيسي بحركة باتجاه واحد ثم أُجري التكثيف الجانبي بواسطة أقمع الكوتابيركا بقياس #25 واستدفاق 2% (الشكل 26)، وتم قُطع الزائد من الأقمع باستخدام أداة محمّاة لدرجة الاحمرار.

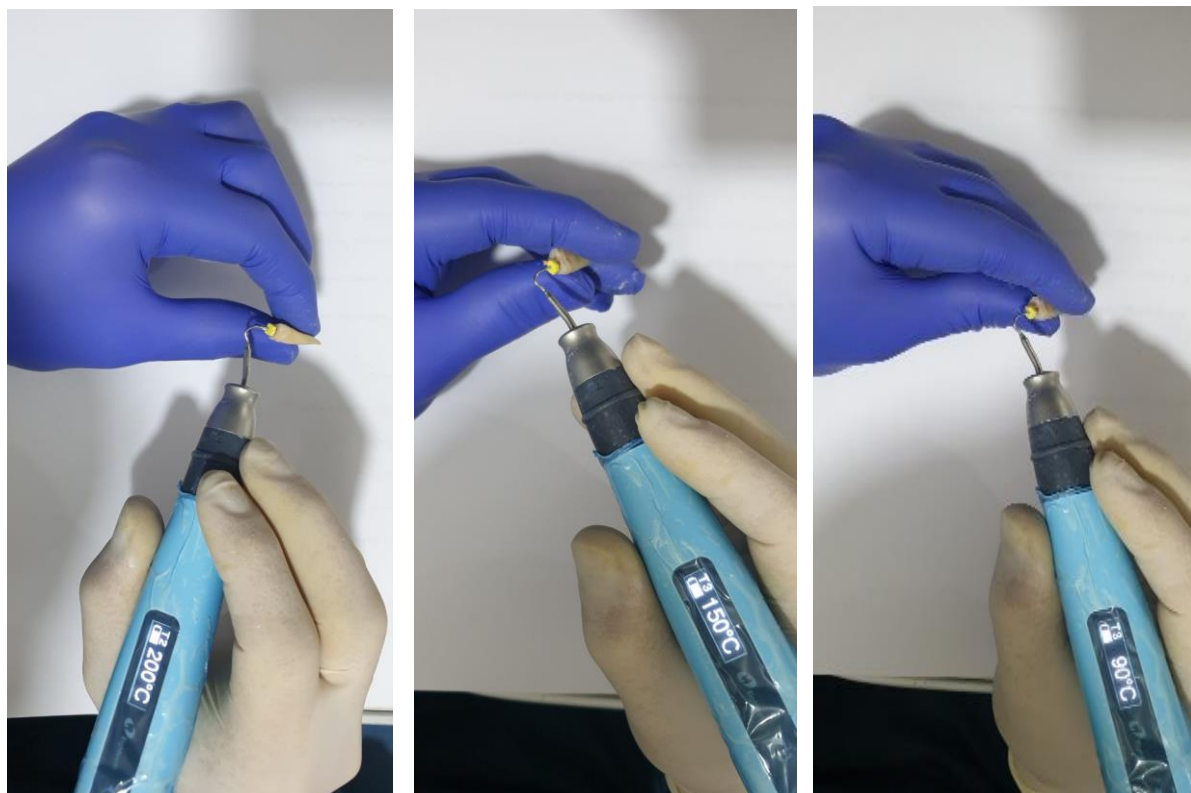


الشكل (25): يبين حقن معجون الحشو ضمن القناة.

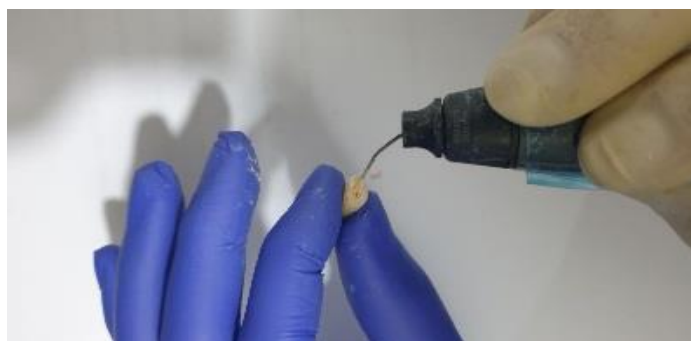
الشكل (26): يبين حشو أسنان العينة في المجموعة (0) بتقنية الحشو بالتكثيف الجانبي البارد

- وتم الحشو بتقنية التكثيف العمودي الحراري بالأمواج المستمرة في باقي المجموعات باختلاف درجة الحرارة المطبقة أثناء القطع، حيث تم التأكد من قياس رأس جهاز System B بحيث يصل أقل من الطول العامل بـ 4-5 ملم (نقطة التوقف) ووضعت المحددة عند هذا الطول، وتم ضبط درجة الحرارة تبعاً للمجموعة المدروسة حيث في المجموعة الأولى (1) تم ضبطها على حرارة 90 درجة مئوية، وضُبطت على 150 درجة مئوية في المجموعة الثانية (2) و 200 درجة مئوية في المجموعة الثالثة (3)، وتم حقن معجون الحشو TotalFill BC Hiflow من خلال رؤوس الحقن المرفقة حيث تم إيصال رأس الحقن لما قبل التضيق الذروي بـ 3-4 ملم حسب تعليمات الشركة المصنعة، ثم الحقن مع التراجع حتى وصول معجون الحشو إلى فوهة القناة. وتم إدخال القمع الرئيسي الذي أُختير مسبقاً بعد قص 0.5 ملم من ذروته لتجنب تجاوز الكوتا الملدنة حرارياً خارج الذروة، ثم تم وضع رأس جهاز FAST-PACK

عند الكوتابيركا وتفعيل الحرارة مع تطبيق ضغط مستمر حتى الوصول إلى ما قبل نقطة التوقف بـ 3 ملم خلال 1-2 ثانية (الشكل 27)، ليتم إيقاف الحرارة مع الاستمرار بالضغط حتى الوصول إلى نقطة التوقف ولمدة 5-10 ثواني (Drukteinis & Camilleri, 2021)، ثم تم تفعيل الحرارة لمدة 1-1.5 ثانية لإزالة الرأس وضمان انفصاله عن كتلة الكوتابيركا المكثفة، ثم كثفت الكوتابيركا باستخدام أداة التكتيف العمودي الحراري (Plugger) المناسب لقطر القناة (الشكل 28). ثم يتم ملء كامل القناة حتى فوهتها بواسطة جهاز FAST-FILL (الشكل 29)، حيث يقوم الجهاز بتليين الكوتابيركا بدرجة حرارة 220 درجة مئوية ليتم حقنها ضمن القناة وتكثيفها باستخدام أدوات التكتيف العمودي الحراري (Pluggers) على شكل دفعات وصولاً لفوهة القناة.



الشكل (27): يبين إجراء قطع الكوتابيركا أثناء الحشو العمودي الحراري واختلاف درجة الحرارة المطبقة حسب المجموعات المدروسة بالترتيب (من اليمين إلى اليسار).

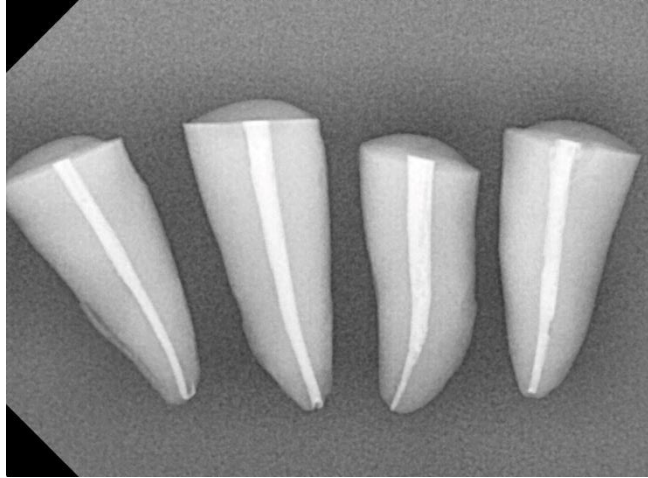


الشكل (29): يبين حقن الكوتابيركا
لملء الجزء المتوسط والتاجي من
القناة.



الشكل (28): يبين تكثيف الكوتابيركا
بأداة تكثيف مناسبة

- تم التأكد من جودة الحشو القنوي بإجراء الصور الشعاعية لجميع أسنان العينة (الشكل 30)، ورُممت الأسنان بواسطة الاسمنت الزجاجي الشاردي (الشكل 31)، ثم وُضعت الأسنان في حاضنة Incubator بدرجة حرارة 37° ورطوبة 100% لمدة أسبوعين في مخابر الطب البشري، للتأكد من تمام تصلب المادة الحاشية.
- ثم تم طلي كل أسنان العينة بشكل كامل ما عدا حوالي 1 ملم من المنطقة الذروية بطبقتين من طلاء الأظافر بوساطة فرشاة صغيرة وذلك بهدف عزلها والسماح للنفوذ الصباغي أن يكون فقط عن طريق النقبة الذروية ومنعه من النفوذ عن طريق الأقنية الجانبية (في حال وجودها)، وثُركت الأسنان لتجف بشكل كامل، ثم غُرست الأسنان في شمع الصف الأحمر (الشكل 32) وغُمِرت جذور الأسنان في الحبر الصيني لمدة أسبوع وذلك تبعاً لدراسة سابقة استخدمت الحبر الصيني في اختبار التسرب الذروي (Dadresanfar, Khalilak, & Shiekholeslami, & Afshar, 2010).
- بعد انتهاء المدة أُخرجت الأسنان من المحلول وتم غسلها وإجراء المقاطع الطولية بالاتجاه الدهليزي-اللساني للأسنان بوساطة قبضة الميكروتور المستقيمة وقرص ماسي بثخانة 0,25mm مع التبريد المائي.



الشكل (30): يبين صورة شعاعية لأسنان العينة للتأكد من جودة الحشو القنوي

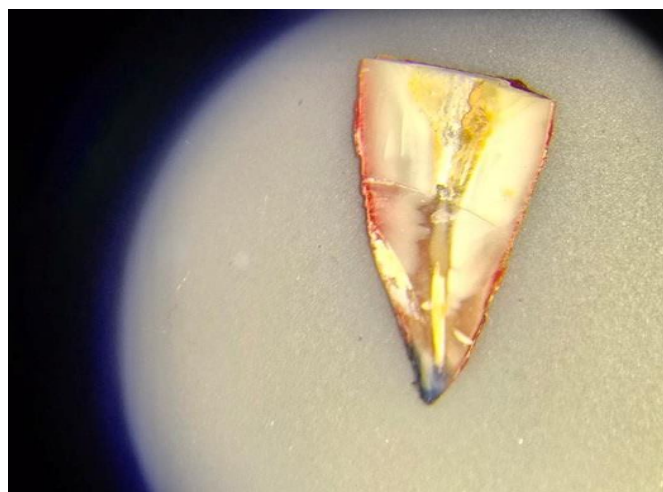


الشكل (31): يبين ترميم الجزء التاجي لأسنان العينة بالاسمنت الزجاجي الشاردي حسب ترتيب المجموعات (من اليمين إلى اليسار).



الشكل (32): يبين أسنان العينة بعد غرسها بشمع الصف حسب ترتيب المجموعات (من الأعلى إلى الأسفل).

- تم فحص العينات بعد ذلك بواسطة المجهر السني Dental Microscope (الشكل 33)، حيث تم قياس مقدار التسرب الحاصل اعتباراً من نهاية الجزء الذروي للقناة حتى أبعد نقطة لوحظ فيها وجود التسرب الصباغي وذلك باستخدام أداة القياس الرقمي (بياكوليس)، وتسجيل النتائج بالملم للقيام بالدراسة الإحصائية.



الشكل (33): يبين المقاطع الطولية لأسنان العينة بعد فحصها بالمجهر السني

2-3-3- الدراسة الإحصائية:

بعد جمع وترتيب البيانات في جداول، تم استخدام البرنامج الإحصائي SPSS لإجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب **One-Way ANOVA** وأُعتمد في تقدير الفروقات الإحصائية على مستوى الدلالة (0.05) أي مستوى الثقة 95%.

الباب الثالث

النتائج والدراسة الإحصائية

Results and Statistical Study

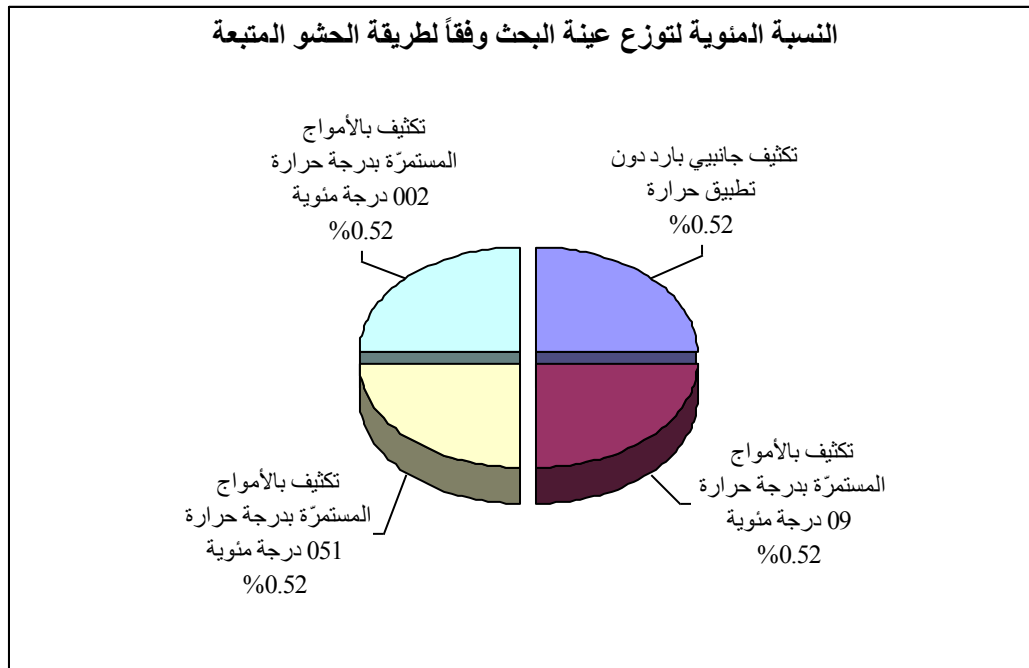
3-1- وصف العينة:

تألفت عينة البحث من 40 سناً بشرياً دائماً وحيد الجذر وحيد القناة ومقلوع حديثاً، وكانت الأسنان في عينة البحث مقسمةً إلى أربع مجموعات متساوية وفقاً لطريقة الحشو المتبعة (تكتيف جانبي بارد دون تطبيق حرارة، تكتيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 90 درجة مئوية، تكتيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 150 درجة مئوية، تكتيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 200 درجة مئوية)، وقد كان توزع عينة البحث كما يلي (جدول، مخطط 1):

- توزع عينة البحث وفقاً لطريقة الحشو المتبعة:

جدول رقم (1) يبين توزع عينة البحث وفقاً لطريقة الحشو المتبعة.

طريقة الحشو المتبعة	عدد الأسنان	النسبة المئوية
تكتيف جانبي بارد دون تطبيق حرارة	10	25.0
تكتيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 90 درجة مئوية	10	25.0
تكتيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 150 درجة مئوية	10	25.0
تكتيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 200 درجة مئوية	10	25.0
المجموع	40	100



مخطط رقم (1): يمثل النسبة المئوية لتوزيع عينة البحث وفقاً لطريقة الحشو المتبعة.

3-2 - الدراسة الإحصائية التحليلية:

تم قياس مقدار التسرب الذروي (بالملم) لكل سن من الأسنان المدروسة في عينة البحث ثم تمت دراسة تأثير طريقة الحشو المتبعة في قيم مقدار التسرب الذروي (بالملم) في عينة البحث وكانت نتائج التحليل كما يلي:

➤ دراسة تأثير طريقة الحشو المتبعة في مقدار التسرب الذروي في عينة البحث:

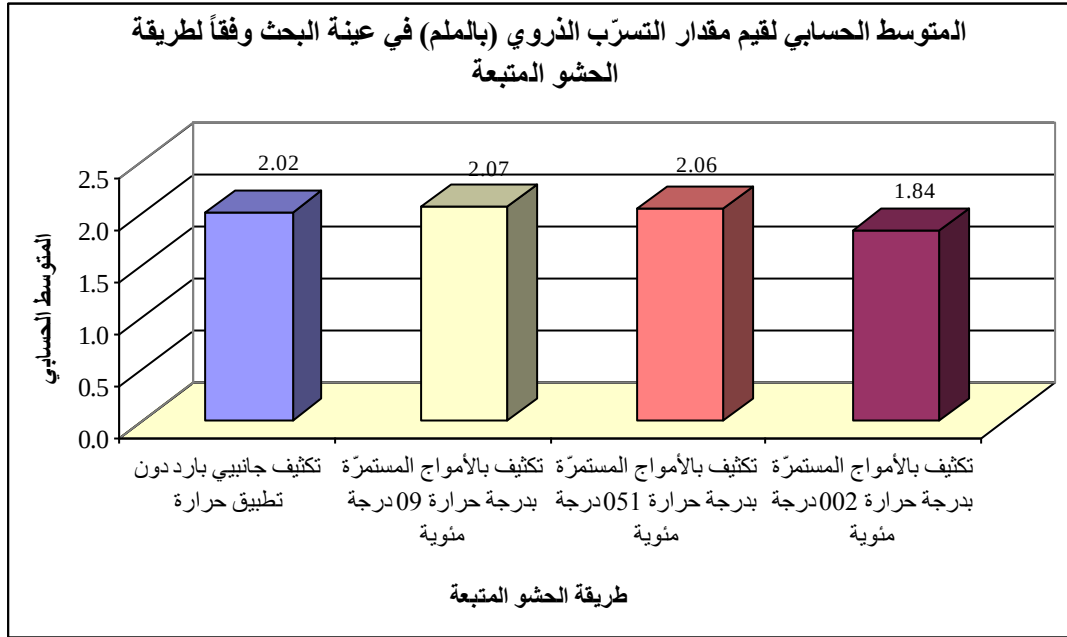
- تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التسرب الذروي (بالملم) بين مجموعات طريقة الحشو المتبعة الأربع المدروسة (تكتيف جانبي بارد دون تطبيق

حرارة، تكثيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 90 درجة مئوية، تكثيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 150 درجة مئوية، تكثيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 200 درجة مئوية) في عينة البحث كما يلي (جدول، مخطط 2):

- إحصاءات وصفية:

جدول رقم (2) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار التسرب الذروي (بالملم) في عينة البحث وفقاً لطريقة الحشو المتبعة.

المتغير المدروس = مقدار التسرب الذروي (بالملم)						
طريقة الحشو المتبعة	عدد الأسنان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
تكثيف جانبي بارد دون تطبيق حرارة	10	2.02	0.99	0.31	0.5	3.1
تكثيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 90 درجة مئوية	10	2.07	1.23	0.39	0.4	4.9
تكثيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 150 درجة مئوية	10	2.06	0.98	0.31	1.15	3.5
تكثيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 200 درجة مئوية	10	1.84	1.31	0.42	0.2	4.65



مخطط رقم (2): يمثل المتوسط الحسابي لمقدار التسرب الذروي (بالملم) في عينة البحث وفقاً لطريقة الحشو المتبعة.

نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

جدول رقم (3) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار التسرب الذروي (بالملم) بين مجموعات طريقة الحشو المتبعة الأربع المدروسة في عينة البحث.

المتغير المدروس	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار التسرب الذروي (بالملم)	0.089	0.966	لا توجد فروق دالة

يُلاحظ في الجدول (3) أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار التسرب الذروي (بالملم) بين مجموعات طريقة الحشو المتبعة الأربع المدروسة (تكتيف جانبي بارد دون تطبيق حرارة، تكتيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 90 درجة مئوية، تكتيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 150 درجة مئوية، تكتيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 200 درجة مئوية) في عينة البحث.

الباب الرابع

المناقشة

Discussion

4-1- مناقشة فكرة البحث وهدفه:

يُعد الختم التاجي والذروي للمنظومة القنوية من أهم أهداف المعالجة اللبية وذلك لمنع عودة الإنتان إلى الأفتية الجذرية وضمان النجاح طويل الأمد للمعالجة اللبية، حيث يجب على حشو الأفتية الجذرية أن يؤمن الختم لكل الطرق المحتملة لحدوث التسرب بين الأفتية اللبية والنسج حول السنية، وإن معظم المعالجات اللبية التي تفشل تكون بسبب حدوث التسرب عبر الذروة (Hosoya et al., 2000).

يُستخدم في الحشو أقماع الكوتابيركا بشكل أساسي ومعجون حشو ملائم لملئ المساحات بين الكوتابيركا والجدران العاجية وتأمين الارتباط بها، وذلك لعدم قدرة الكوتابيركا على الارتباط بالجدران العاجية حيث يعتمد الختم بشكل أساسي على معجون الحشو المستخدم (DeLong, He, & Woodmansey, 2015).

مؤخراً حازت معاجين الحشو ذات الأساس من سيليكات الكالسيوم BioCeramics على اهتمام الباحثين والممارسين السريريين حيث تمتلك العديد من الإيجابيات وتحقق معظم الصفات المثالية التي يجب أن يتمتع بها معجون الحشو حيث تتصف بالقلوية العالية وقدرتها على تحرير أيونات الكالسيوم لتشكيل طبقة هيدروكسي الأباتيت (G. T. M. Candeiro et al., 2016)، النقبل الحيوي والنشاط الحيوي (Zordan-Bronzel et al., 2019)، كما أنها سريعة التصلب ولا تسبب تلون الأسنان كما أنها تتوافر كمعاجين مسبقة المزج مما يجعل العمل بها أسهل وأسرع، وتتميز عن بقية معاجين الحشو بكونها محبة للماء وتحتاج إلى الرطوبة لحدوث التفاعل التصلبي للمادة (Rekha et al., 2023).

ولكن أثبتت العديد من الدراسات عدم إمكانية استخدام معاجين الحشو Bioceramic عند اتباع طريقة الحشو بالتكثيف الحراري العمودي وذلك بسبب تأثير الحرارة الضار على الخواص الفيزيائية والكيميائية لهذه

المعاجين (Binwen Chen et al., 2020)، لذلك قامت العديد من الشركات بطرح تركيبة مطورة سُميت بالـ Bioceramic HiFlow والتي تتمتع بالصفات الإيجابية لمعاجين الحشو Bioceramic إضافةً لكونها أكثر سيولة وقابلة للاستخدام مع تقنيات الحشو العمودي الحراري، حيث أثبتت العديد من الدراسات عدم تأثير خواصه الفيزيائية والكيميائية عند تعرّضه للحرارة أو حدوث تغيّرات طفيفة إيجابية في خواصه الفيزيائية كازدياد سيولته واندخاله الأفضل في القنيات العاجية (Aksel et al., 2021).

ولكن قد يختلف تأثير خواص الـ Bioceramic Hiflow تبعاً لدرجة الحرارة المطبقة عليه، حيث أن الدراسات التي بحثت تأثير الحرارة على معجون الحشو Bioceramic Hiflow قد استخدمت درجة حرارة محددة دون المقارنة مع درجات حرارة أخرى (Aksel et al., 2021; Yamauchi et al., 2021)، كما أنها ذكرت أثر الحرارة على بعض الخواص كسرعة التصلب، السيولة، اللزوجة وقدرته على تحرير شوارد الكالسيوم دون البحث حول أثر هذه التغيّرات على الأداء السريري لهذه المعاجين كقدرتها على الختم الذروي للأقنية الجذرية ولذلك تم إجراء هذا البحث لقلّة الدراسات المشابهة.

4-2- مناقشة مواد وطرائق البحث:

تم إجراء هذا البحث على أسنان بشرية وحيدة الجذر، وحيدة القناة، سليمة التاج والجذر، قلعت لأسباب تقويمية أو حول سنية، وذلك لسهولة تأمينها ولتوحيد الظروف المخبرية والتحكم بالمتغيرات والتحيزات المحتملة (I. R. Pereira et al., 2021)، وتم فحص الأسنان تحت المجهر المجسم (المكبرة الضوئية) Stereomicroscope للتأكد من خلوها من الكسور والتصدعات، وأُخذت صور شعاعية ذروية للأسنان للتأكد من التشريح الداخلي للأقنية وعدم وجود شذوذات، أقنية إضافية، وتظاهرات مرضية كالتكلسات

والامتصاصات، ثم حُفظت العينة في المصل الفيزيولوجي إلى أن بدأ استخدامها للحفاظ على رطوبتها ومنع جفافها (Al-Zaka, Atta-Allah, Al-Gharrawi, & Mehdi, 2018).

قُصت تيجان الأسنان بواسطة قرص ماسي تم تركيبه على قبضة مستقيمة، وتم توحيد أطوال أسنان العينة بحيث تكون جميعها بطول 16 ملم (Eid et al., 2021) وذلك لتوحيد المعايير بين أسنان العينة وذلك مع التبريد المائي وذلك لمنع ارتفاع درجة الحرارة واحتراق النسيج السنية (Romeiro et al., 2020). وفُتحت الحجرة اللبية لجميع الأسنان باستخدام قبضة التوربين والسنابل الماسية مع التبريد المائي الغزير.

تم قياس الطول العامل للأسنان بواسطة المبرد اليدوية MANI 10# ، 15# بإخراج المبرد من الذروة وسحبه 0.5 ملم (Eid et al., 2021) وذلك حسب فرضية إنهاء التحضير عند التضيق الذروي، وتم تحضير جميع الأقفنة الجذرية للأسنان إلى نفس القياس (30# استدقاق 4%) (Shokouhinejad et al., 2013) على كامل الطول العامل باستخدام المبرد الآلية 3-M Gold من شركة UDG حيث تم توحيد مقاس الذرى لكامل أسنان العينة وتحديد انفراجها وذلك لتوحيد المعايير.

خلال مرحلة التحضير تم الإرواء بهيبوكلووريد الصوديوم بتركيز (5,25%) باعتباره سائل الإرواء المفضل في الحالات السريرية بسبب خصائصه المضادة للجراثيم بالإضافة إلى قدرته على حل النسيج المتموتة (Al-Zaka et al., 2018)، وذلك باستخدام محقنة بلاستيكية (5ملم) وإبرة (27G) ذات فتحة جانبية لإزالة الفضلات الناجمة عن التحضير.

ثم أُجريت تجربة الأقماع لجميع الأسنان باستخدام أقماع الكوتابيركا 30# استدقاق 4% من شركة DiaDent .

ثم تم الإرواء النهائي بوجود الماصة الجراحية لمحاكاة الواقع السريري بواسطة 5 مل من هيبوكلووريد الصوديوم 5,25% ثم 5 مل من الماء المقطر ثم 5 مل EDTA 17% لمدة دقيقة ثم 5 مل من الماء المقطر ثم 5 مل من هيبوكلووريد الصوديوم 5,25% لمدة دقيقة، حيث تم استخدام هيبوكلووريد الصوديوم لتحقيق فوائده التي ذكرناها مسبقاً بعد انتهاء التحضير (الفعالية المضادة للجراثيم وحل النسيج المتموتة)، وتم الإرواء بالـ EDTA 17% لإزالة طبقة اللطاخة حيث يؤدي التحضير الميكانيكي للأقنية الجذرية سواء باستخدام الأدوات المصنوعة من الفولاذ اللاصدئ أو النيكل تيتانيوم إلى تشكيل طبقة اللطاخة على الجدران العاجية (Markus Haapasalo, Qian, & Shen, 2012)، وإن بقاءها على الجدران العاجية قد يسد القنيات العاجية ويعيق اندخال معجون الحشو ويضعف الارتباط الميكانيكي بين معجون الحشو والعاج وبالتالي يزيد من احتمالية التسرب المجهرى (Razmi et al., 2016).

وكونها تتألف بشكل أساسي من بقايا لاعضوية وبقايا عضوية تتضمن الجراثيم، نسيج متموتة، بقايا لبية وخلايا دموية (Ertas & Sagsen, 2015; Razmi et al., 2016; Verma et al., 2018) فإن إزالتها تتطلب استخدام مادة خالصة ومحل عضوي بترتيب معين لإزالتها بفعالية وأمان (M. Haapasalo et al., 2010). حيث لا يستطيع الـ EDTA إزالة طبقة اللطاخة وحده بفعالية حيث يؤثر فقط في البقايا اللاعضوية لطبقة اللطاخة، فنحتاج إلى محل عضوي كهيبوكلووريد الصوديوم لإزالة المكونات العضوية لطبقة اللطاخة ولذلك تم إعادة تطبيق هيبوكلووريد الصوديوم بعد الـ EDTA (Goldman et al., 1999). ولكن وجدت الدراسات أن استخدام الهيبوكلووريد بعد إزالة طبقة اللطاخة بالـ EDTA يؤدي لحدوث تآكل في الجدران العاجية مما قد يؤدي لإضعاف بنية السن ولكن يمكن تفادي ذلك باختصار وقت التطبيق للهيبوكلووريد لمدة لا تتجاوز الدقيقة بعده (Reeh et al., 1998).

وتم الفصل بين سوائل الإرواء السابقة باستخدام الماء المقطر وذلك لقدرته على تجميع وتعديل آثار سوائل الإرواء المستخدمة (Prado et al., 2013).

قُسمت العينة عشوائياً إلى أربع مجموعات متساوية في كل منها (10) أسنان وذلك تبعاً لتقنية الحشو المتبعة، حيث تم الحشو بتقنية التكتيف الجانبي البارد في المجموعة (0) باستخدام أقماع الكوتابيركا ومعجون الحشو TotalFill BC HiFlow لشركة (FKG) ، حيث تم حقن معجون الحشو ضمن القناة وتم إدخال القمع الرئيسي بحركة باتجاه واحد ثم أُجري التكتيف الجانبي بواسطة أقماع الكوتابيركا بقياس #25 واستدقاق 2% ، وتم قطع الزائد من الأقماع باستخدام أداة محماة لدرجة الاحمرار. وتم اختيار الحشو بطريقة التكتيف الجانبي البارد Cold Lateral Condensation كمجموعة شاهدة حيث لا يتعرض معجون الحشو فيها إلى الحرارة حيث يتم تجميع أثر الحرارة على خواص الـ Bioceramic Hiflow، وكونها أعطت نتائج أفضل من الحشو بطريقة القمع المفرد (Nouroloyouni, Samadi, Salem Milani, Noorolouny, & Valizadeh- (Haghi, 2023).

وتم الحشو بتقنية التكتيف العمودي الحراري بالأمواج المستمرة في باقي المجموعات باختلاف درجة الحرارة المطبقة أثناء القطع، حيث تم اختيار هذه الطريقة في الحشو لما لها من ميزات كختم الشذوذات والتعقيدات التشريحية بشكل جيد باعتمادها على انسياب الكوتابيركا الملدنة حرارياً ضمن هذه الشذوذات وختمها (Deus, Gurgel-Filho, Maniglia-Ferreira, & Coutinho-Filho, 2004)، وتم ضبط درجة الحرارة لجهاز الـ Fast-Pack عند القطع تبعاً للمجموعة المدروسة حيث في المجموعة الأولى (1) تم ضبطها على حرارة 90 درجة مئوية وذلك كونها أخفض درجة حرارة تُحقق اللدونة وقابلية التكتيف للكوتابيركا عند استخدام طرق الحشو الحراري (C.-H. Chen, Shen, & Hsieh, 2014) ، وضُبطت على 150

درجة مئوية في المجموعة الثانية (2) و 200 درجة مئوية في المجموعة الثالثة (3) كون درجة الحرارة بين 150-200 درجة مئوية تعتبر مثالية في تلدين الكوتابيركا والقدرة على تكثيفها دون خوف من انتقال الحرارة العالية إلى النسيج حول السنية وأذيتها (Blum, Parahy, & Machtou, 1997) .

وُضعت الأسنان بعد الحشو في حاضنة Incubator بدرجة حرارة 37° ورطوبة 100% لمدة أسبوعين في مخابر الطب البشري، للتأكد من تمام تصلب المادة الحاشية (Casino Alegre et al., 2022a).

أُستخدم في الدراسة الحالية طريقة التسرب الصباغي لتقييم الختم الذروي للأسنان وهي الطريقة الأكثر شيوعاً في الدراسات المخبرية لكونها طريقة سهلة وغير مكلفة، تم طلاء جميع الأسنان بطبقتين من طلاء الأظافر ماعدا 1 ملم من الذروة وذلك للسماح باندخال الصباغ من الثقب الذروي فقط وعدم اندخاله من الألفية الجانبية في حال وجودها، ثم غمرت جذور الأسنان في الحبر الصيني لمدة أسبوع بحسب الدراسات السابقة (Dadresanfar et al., 2010)، حيث تم اختيار الحبر الصيني Chinese ink لقدرته العالية على التلوين وسميته المنخفضة بالإضافة لسهولة استخدامه والحصول عليه، كما أنه لا يؤثر في البنية الجزيئية لمركب سيليكات الكالسيوم كما يفعل أزرق الميثيلين والذي يؤثر في مصداقية نتائج التسرب (Beaudoin, 2009). (Patarachao, Raki, & Alizadeh, 2009).

وُستخدمت طريقة المقاطع الطولية لقياس مقدار التسرب الذروي لأنها تتيح رؤية واضحة لكامل حشوة الجذر (Ballullaya et al., 2017).

4-3- مناقشة نتائج البحث:

أظهرت نتائج هذا البحث عدم وجود فرق دال إحصائياً بين مجموعات طرق الحشو المدروسة في هذا البحث من حيث تأثيرها على الختم الذروي (تكثيف جانبي بارد دون تطبيق حرارة، تكثيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 90 درجة مئوية، تكثيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 150 درجة مئوية والتكثيف بالأمواج المستمرة بدرجة حرارة 200 درجة مئوية).

تعود قدرة معجون الحشو Bioceramic HiFlow على الختم الذروي إلى اندخال جزيئاته ضمن القنيتات العاجية وتشكيل معقدات هيدروكسي الأباتيت وتحقيق الارتباط الكيميائي مع العاج، وإن ال Bioceramic HiFlow يمتلك السيولة وقدرة التدفق الملائمة التي تسمح له بالاندخال ضمن القنيتات العاجية بشكل جيد (Reynolds et al., 2020) ، حيث يمتلك حجم جزيئات صغير $0.2 \mu m$ يسمح له بالاندخال ضمن القنيتات العاجية باختلاف طريقة الحشو المتبعة (Osiri, Banomyong, Sattabanasuk, & Yanpiset, 2018)، وتختلف سيولة معاجين الحشو باختلاف حجم الجزيئات التي تدخل في تركيبه ودرجة الحرارة المطبقة عليه (H. Chen et al., 2017)، ووجدت الدراسات أن تأثير الحرارة على خواصه محدود وأن سيولة ال Bioceramic HiFlow ملائمة في مختلف درجات الحرارة خلافاً لل Bioceramic التقليدي (Binwen Chen et al., 2020)، كما وجدت العديد من الدراسات ازدياد اندخال معجون الحشو Bioceramic HiFlow ضمن القنيتات العاجية بتطبيق ضغط أثناء الحشو مقارنةً بطريقة الحشو بالقمع المفرد حيث يقتصر الضغط المطبق فيها على الضغط بواسطة قمع الكوتابيركا فقط والذي يدفع معجون الحشو باتجاه الجدران العاجية دون استخدام أي قوى ضغط أخرى (Casino Alegre et al., 2022a)، أما عند الحشو بتقنيتي الحشو الجانبي البارد والحشو بالتكثيف الحراري بالأمواج المستمرة فإن الضغط المطبق بالأدوات المستخدمة أثناء الحشو يؤمن ختم أفضل بدفع كتلة الحشو

نحو الجدران العاجية وملء كافة الفراغات الموجودة داخل المنظومة القنوية (Hugh, Walton, & Facer, 2005).

ساهمت جميع هذه العوامل بالتأثير الطفيف للختم الذروي لل Bioceramic HiFlow وعدم وجود فروقات إحصائية بين المجموعات المدروسة.

قلة من الدراسات بحثت حول قدرة الختم الذروي لل Bioceramic HiFlow وتأثيره باستخدام طريقتي الحشو بالتكثيف الجانبي البارد والحشو بالتكثيف الحراري العمودي باختلاف درجات الحرارة المستخدمة، حيث أن معظم الدراسات تناولت موضوع اندخال معجون الحشو ضمن القنيات العاجية والبعض قد ربط اندخال معجون الحشو ضمن القنيات العاجية بقدرته على تحقيق الختم الملائم للمنظومة القنوية (Eid et al., 2021)، لذلك سنعتمد في المقارنة على ترابط هذين المفهومين وسنقارن مع الدراسات التي تناولت موضوع الختم الذروي لمعجون الحشو Bioceramic Hiflow والدراسات حول قدرته على الاندخال ضمن القنيات العاجية حيث:

اتفقنا مع الدراسة المنهجية ل (Rangappa A, 2024) حيث وجد عدم وجود فروقات بين تقنية الحشو الحراري و تقنية الحشو البارد بتحقيق الختم الذروي لمعجون الحشو.

واختلفنا مع دراسة (Casino Alegre et al., 2022b) حيث تفوق اندخال معجون الحشو في القنيات العاجية عند الحشو بتقنية التكثيف العمودي الحراري مقارنة بتقنية الحشو بالقمع المفرد، واختلفت هذه الدراسة عن دراستنا باختيار مجموعة المقارنة حيث تم الحشو بتقنية التكثيف الجانبي البارد بدلاً من تقنية الحشو بالقمع المفرد.

واختلفنا مع نتائج دراسة (Abu-Zeid & Alamoudi, 2024) حيث وجد أن اندخال معجون الحشو Bioceramic Hiflow ضمن القنيات العاجية كان أعلى عند الحشو بتقنية التكثيف العمودي الحراري مقارنة بتقنية التكثيف الجانبي البارد.

الباب الخامس:

الاستنتاجات

Conclusions

5-الاستنتاجات :Conclusions

ضمن حدود هذه الدراسة المخبرية، يمكن استنتاج ما يلي :

١- لم يتأثر الختم الذروي لمعجون الحشو Bioceramic HiFlow باختلاف طرق الحشو المدروسة

(التكثيف الجانبي البارد، التكثيف العمودي الحراري بالأمواج المستمرة).

٢- لم يتأثر الختم الذروي لمعجون الحشو Bioceramic HiFlow باختلاف درجة الحرارة المستخدمة في

تقنية التكثيف العمودي الحراري بالأمواج المستمرة.

الباب السادس:

التوصيات و المقترحات

Recommendations and Suggestions

6-1-التوصيات Recommendations:

ضمن حدود هذه الدراسة المخبرية، يُوصى بمايلي:

- 1- يُوصى باتباع طريقة الحشو بالتكثيف العمودي الحراري بالأمواج المستمرة عند استخدام معجون الحشو Bioceramic HiFlow وذلك كونها طريقة سريعة وتؤمن ختم كامل المنظومة القنوية بالكوتابيركا الملدنة حرارياً إضافة لمعجون الحشو الذي يتمتع بالسيولة الملائمة عند تطبيق مختلف درجات الحرارة عليه.

6-2-المقترحات Suggestions:

ضمن حدود هذه الدراسة، يُقترح مايلي:

- 1- إجراء دراسة مخبرية حول تأثير درجات الحرارة المختلفة المتبعة عند الحشو بالتكثيف العمودي الحراري على قوة الارتباط لمعجون الحشو Bioceramic HiFlow.
- 2- إجراء دراسة مخبرية حول درجات الحرارة الحقيقية المطبقة عند استخدام أجهزة الحشو الحراري المختلفة ومدى تأثير نوع الجهاز على درجة الحرارة .
- 3- إجراء دراسة مخبرية مشابهة لهذه الدراسة مع المتابعة لفترات زمنية أطول لتحري ديمومة الختم الذروي لل Bioceramic Hiflow .

- 4- إجراء دراسة سريرية حول تأثير استخدام درجات الحرارة المختلفة المتبعة عند الحشو بالتكثيف العمودي الحراري عند تطبيق معجون الحشو Bioceramic HiFlow على جودة الحشو القنوي ودراسة تأثير الحرارة على ألم المريض التالي للمعالجة.

الباب السابع:

المراجع

References

- Abu-Zeid, S., & Alamoudi, R. (2024). Comparative Analysis of Interfacial Adaptation and Depth Penetration of Recent HiFlow versus Regular Bioceramic Sealers in Conjunction with BC Gutta-Percha Points Using Two Different Obturation Techniques—A Preliminary Report of an Ex Vivo Study. ***Journal of Functional Biomaterials***, 15(5), 134.
- Ahlberg, K. M. F., Assavanop, P., & Tay, W. M. (1995). A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled teeth. ***Int Endod J***, 28(1), 30-34.
- Ahluwalia, Y., Sharma, U., Kumar, N., Malik, A., Singh, A., & Narayan, A. (2019). Adaptation of Single-Cone Gutta-Percha in Curved Canals Prepared and Obturated with Protaper and Heroshaper Systems by Using Cone Beam Computed Tomography. ***J Int Soc Prev Community Dent***, 9(2), 185-193.
- Aksel, H., Makowka, S., Bosaid, F., Guardian, M. G., Sarkar, D., & Azim, A. A. (2021). Effect of heat application on the physical properties and chemical structure of calcium silicate-based sealers. ***Clin Oral Investig***, 25(5), 17-25.
- Al-Haddad, A., & Che Ab Aziz, Z. A. (2016). Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. ***Int J Biomater***, 2016(1), 1-10.
- al-Khatib, Z. Z., Baum, R. H., Morse, D. R., Yesilsoy, C., Bhambhani, S., & Furst, M. L. (1990). The antimicrobial effect of various endodontic sealers. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol***, 70(6), 784-790.
- Anita Aminoshariae, William T. Johnson, James C. Kulild, Franklin Tay (2020). Obturation of the cleaned and shaped root canal system. Louis H. Berman, Kenneth M. Hargreaves. ***Cohen's pathways of the pulp twelfth edition***, p:1113-1114, Canada.
- Al-Zaka, D. I. M., Atta-Allah, D. A. A.-A., Al-Gharrawi, D. H. A., & Mehdi, D. J. A. (2018). The effect of different root canal irrigants on the sealing ability of Bioceramic sealer. ***Mustansiria Dental Journal***, 10(1), 1-7.

- Alberdi, J., Martin, G., Risso, L., & Kaplan, A. (2023). “Effect of Heat Generated by Endodontic Obturation Techniques on Bond Strength of Bioceramic Sealers to Dentine”. ***J Endod***, 49(11), 65-69.
- Allan, N. A., Walton, R. C., & Schaeffer, M. A. (2001). Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in vitro conditions. ***J Endod***, 27(6), 421-423.
- Ballullaya, S. V., Vinay, V., Thumu, J., Devalla, S., Bollu, I. P., & Balla, S. (2017). Stereomicroscopic Dye Leakage Measurement of Six Different Root Canal Sealers. ***J Clin Diagn Res***, 11(6), 65-68.
- Beaudoin, J. J., Patarachao, B., Raki, L., & Alizadeh, R. (2009). The Interaction of Methylene Blue Dye with Calcium–Silicate–Hydrate. ***Journal of the American Ceramic Society***, 92(1), 204-208.
- Best, S., Porter, A., Thian, E., & Huang, J. J. J. o. t. E. C. S. (2008). Bioceramics: Past, present and for the future. ***Journal of the European Ceramic Society***, 28(7), 19-27.
- Bhandi, S., Mashyakhy, M., Abumelha, A. S., Alkahtany, M. F., Jamal, M., Chohan, H., . . . Patil, S. (2021). Complete Obturation-Cold Lateral Condensation vs. Thermoplastic Techniques: A Systematic Review of Micro-CT Studies. ***Materials (Basel)***, 14(14), 13-40.
- Blum, J. Y., Parahy, E., & Machtou, P. (1997). Warm vertical compaction sequences in relation to gutta-percha temperature. ***J Endod***, 23(5), 307-311.
- Borges, A. H., Bandeca, M. C., Tonetto, M. R., Faitaroni, L. A., Carvalho, E. R., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru Filho, M. (2014). Portland cement use in dental root perforations: a long term followup. ***Case Rep Dent***, 2014(1), 1-5.

- Bouillaguet, S., Shaw, L., Barthelemy, J., Krejci, I., & Wataha, J. C. (2008). Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. ***Int Endod J***, 41(3), 219-226.
- Buchanan, L. S. (2004). Filling root canal systems with centered condensation: concepts, instruments, and techniques. ***Dent Today***, 23(11), 102-106.
- Cailleteau, J. G., & Mullaney, T. P. (1997). Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools. ***J Endod***, 23(6), 394-396.
- Camargo, R. V., Silva-Sousa, Y. T. C., Rosa, R., Mazzi-Chaves, J. F., Lopes, F. C., Steier, L., & Sousa-Neto, M. D. (2017). Evaluation of the physicochemical properties of silicone- and epoxy resin-based root canal sealers. ***Braz Oral Res***, 31(1), 72-76.
- Camilleri, J., Atmeh, A., Li, X., & Meschi, N. (2022). Present status and future directions: Hydraulic materials for endodontic use. ***Int Endod J***, 55(3), 710-777.
- Camilleri, J., & Pitt Ford, T. R. (2006). Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. ***Int Endod J***, 39(10), 747-754.
- Camps, J., Pommel, L., Bukiet, F., & About, I. (2004). Influence of the powder/liquid ratio on the properties of zinc oxide–eugenol-based root canal sealers. ***Dental Materials***, 20(10), 915-923.
- Candeiro, G. T. d. M., Correia, F. C., Duarte, M. A. H., Ribeiro-Siqueira, D. C., & Gavini, G. (2012). Evaluation of Radiopacity, pH, Release of Calcium Ions, and Flow of a Bioceramic Root Canal Sealer. ***J Endod***, 38(6), 842-845.
- Candeiro, G. T. M., Moura-Netto, C., D'Almeida-Couto, R. S., Azambuja-Júnior, N., Marques, M. M., Cai, S., & Gavini, G. (2016). Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. ***Int Endod J***, 49(9), 858-864.

- Casino Alegre, A., Aranda Verdú, S., Zarzosa López, J. I., Plasencia Alcina, E., Rubio Climent, J., & Pallarés Sabater, A. (2022). Intratubular penetration capacity of HiFlow bioceramic sealer used with warm obturation techniques and single cone: A confocal laser scanning microscopic study. ***Heliyon***, 8(9), 88-103.
- Chen, B., Haapasalo, M., Mobuchon, C., Li, X., Ma, J., & Shen, Y. (2020). Cytotoxicity and the Effect of Temperature on Physical Properties and Chemical Composition of a New Calcium Silicate-based Root Canal Sealer. ***J Endod***, 46(4), 531-538.
- Chen, C.-H., Shen, Y.-K., & Hsieh, s.-c. (2014). The investigation of gutta-percha temperature and compaction force change when using the vertical compaction of warm gutta-percha technique. ***Journal of Polymer Engineering***, 34(3), 211-213.
- Chen, H., Zhao, X., Qiu, Y., Xu, D., Cui, L., & Wu, B. (2017). The Tubular Penetration Depth and Adaption of Four Sealers: A Scanning Electron Microscopic Study. ***Biomed Res Int***, 2017(2017), 1-8.
- Collado-González, M., Tomás-Catalá, C. J., Oñate-Sánchez, R. E., Moraleda, J. M., & Rodríguez-Lozano, F. J. (2017). Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AH Plus on Human Periodontal Ligament Stem Cells. ***J Endod***, 43(5), 816-822.
- Dadresanfar, B., Khalilak, Z., Shiekholeslami, M., & Afshar, S. (2010). Comparative study of the sealing ability of the lateral condensation technique and the BeeFill system after canal preparation by the Mtwo NiTi rotary system. ***J Oral Sci***, 52(2), 281-285.

- De Bruyne, M. A. A., & De Moor, R. J. G. (2004). The use of glass ionomer cements in both conventional and surgical endodontics. **Int Endod J**, 37(2), 91-104.
- De Deus, G. A., Gurgel-Filho, E. D., Maniglia-Ferreira, C., & Coutinho-Filho, T. (2004). The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing. **Aust Endod J**, 30(1), 23-28.
- DeLong, C., He, J., & Woodmansey, K. F. (2015). The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. **J Endod**, 41(3), 385-388.
- Desai, S., & Chandler, N. (2009). Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review. **J Endod**, 35(4), 475-480.
- Donnermeyer, D., Ibing, M., Bürklein, S., Weber, I., Reitze, M. P., & Schäfer, E. (2021). Physico-Chemical Investigation of Endodontic Sealers Exposed to Simulated Intracanal Heat Application: Hydraulic Calcium Silicate-Based Sealers. **Materials (Basel)**, 14(4), 728.
- Drukteinis, S., & Camilleri, J. (2021). **Bioceramic materials in clinical endodontics (1st ed)**, p:85-86. Springer Nature Switzerland.
- Eid, D., Medioni, E., De-Deus, G., Khalil, I., Naaman, A., & Zogheib, C. (2021). Impact of Warm Vertical Compaction on the Sealing Ability of Calcium Silicate-Based Sealers: A Confocal Microscopic Evaluation. **Materials**, 14(2), 372.
- Entire, B. (2017). Bioceramics: From Clinic to Concept. **Bioceramics Development and Applications**, 07(1), 100-108.
- Ertas, H., & Sagsen, B. (2015). Comparison of the effect of MTAD and conventional irrigation agents on apical leakage and push-out bond strength of root canal filling. **Scanning**, 37(6), 393-398.

- Fouad, A. F., & Burleson, J. (2003). The effect of diabetes mellitus on endodontic treatment outcome: data from an electronic patient record. *J Am Dent Assoc*, 134(1), 43-51.
- Friedman, C. E., Sandrik, J. L., Heuer, M. A., & Rapp, G. W. (1999). Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. *J Endod*, 3(8), 304-308.
- Friedman, S., Löst, C., Zarrabian, M., & Trope, M. (1995). Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *J Endod*, 21(7), 384-390.
- Gilhooly, R. M. P., Hayes, S. J., Bryant, S. T., & Dummer, P. M. H. (2000). Comparison of cold lateral condensation and a warm multiphase gutta-percha technique for obturating curved root canals. *Int Endod J*, 33(5), 415-420.
- Goldman, M., Kronman, J. H., Goldman, L. B., Clausen, H., & Grady, J. (1999). New method of irrigation during endodontic treatment. *J Endod*, 2(9), 257-260.
- Gomes, B., Aveiro, E., & Kishen, A. (2023). Irrigants and irrigation activation systems in Endodontics. *Braz Dent J*, 34(4), 1-33.
- GROSSMAN L.I (2014), c15:Obturation of the radicular space. B.SURESH CHANDRA, V.GOPIKRISHNA. *Grossman'S Endodontic practice (13th ed.)*.P:343. India, newdelhi.
- Haapasalo, M., Qian, W., & Shen, Y. (2012). Irrigation: beyond the smear layer. *Endod Topics*, 27(1), 35-53.
- Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., & Gao, Y. (2010). Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am*, 54(2), 291-312.

- Hosoya, N., Nomura, M., Yoshikubo, A., Arai, T., Nakamura, J., & Cox, C. F. (2000). Effect of canal drying methods on the apical seal. *J Endod*, 26(5), 292-294.
- HOVLAND, E. J., & DUMSHA, T. C. (2002). Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex. *Int Endod J*, 18(3), 179-182.
- Hugh, C. L., Walton, R. E., & Facer, S. R. (2005). Evaluation of intracanal sealer distribution with 5 different obturation techniques. *Quintessence Int*, 36(9), 721-729.
- Kang, S.-H., Kwon, M., Kwon, Y.-H., & Moon, J. (2021). Effects of polycarboxylate ether (PCE)-based superplasticizer on the dissolution and subsequent hydration of calcium oxide (CaO). *Cement and Concrete Research*, 146(1), 106-110.
- Kapoor, K. (2024). Endodontic obturation techniques: A review. *International journal of health sciences*, 8, 1033-1040.
- Karam, M., Faraj, M., Mhanna, R., Khalil, I., Habib, M., Makhoul, M., & Zogheib, C. (2024). Effect of heat application on the physicochemical properties of new endodontic sealers: an in vitro and SEM study. *Odontology*, 112(2), 512-525.
- Kazemi, R. B., Safavi, K. E., & Spångberg, L. S. (1993). Dimensional changes of endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 76(6), 766-771.
- Khoshnoodi, A. (2023). *The effect of temperature on the physical properties of bioceramic sealers*. (DDS), Boston University, OpenBU database.
- Kim, H. I., Jang, Y. E., Kim, Y., & Kim, B. S. (2024). Physicochemical Changes in Root-Canal Sealers under Thermal Challenge: A Comparative Analysis of Calcium Silicate- and Epoxy-Resin-Based Sealers. *Materials (Basel)*, 17(8), 1-8.

- Kim, J.-S., Baek, S.-H., & Bae, K.-S. (2004). In Vivo Study on the Biocompatibility of Newly Developed Calcium Phosphate-Based Root Canal Sealers. ***J Endod***, 30(10), 708-711.
- Kim, S. R., Kwak, S. W., Lee, J. K., Goo, H. J., Ha, J. H., & Kim, H. C. (2019). Efficacy and retrievability of root canal filling using calcium silicate-based and epoxy resin-based root canal sealers with matched obturation techniques. ***Aust Endod J***, 45(3), 337-345.
- Koch, K., & Brave, D. J. D. (2009). The increased use of bioceramics in endodontics. ***dentaltown*** 10, 39-43.
- Koch, K. A., & Brave, D. (2009). EndoSequence: melding endodontics with restorative dentistry, part 3. ***Dent Today***, 28(3), 88- 92.
- Koch, K. A., & Brave, D. G. (2012). Bioceramics, part I: the clinician's viewpoint. ***Dent Today***, 31(1), 130-135.
- Koch, M. J. (1999). Formaldehyde release from root-canal sealers: influence of method. ***Int Endod J***, 32(1), 10-16.
- Kuruvilla, J. R., & Kamath, M. P. (1998). Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. ***J Endod***, 24(7), 472-476.
- La Rosa, G. R. M., Canova, F. S., Leotta, M. L., & Pedullà, E. (2025). Effects of heating on bioceramic sealers: a scoping review of chemo-physical properties and clinical implications. ***Odontology***, 113(1), 1-14.
- Lee, F. S., Van Cura, J. E., & BeGole, E. (1998). A comparison of root surface temperatures using different obturation heat sources. ***J Endod***, 24(9), 617-620.

- Leonardo, M. R., Bezerra da Silva, L. A., Filho, M. T., & Santana da Silva, R. (1999). Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 88(2), 221-225.
- Lin, P.-H., Lin, D.-J., Huang, H.-L., Hsu, J.-T., & Tu, M.-G. (2023). Comparison sealing ability in three bioceramic sealers applied in hydraulic condensation technique by using micro-computed tomography. **Journal of Dental Sciences**, 18(3), 1258-1263.
- Mamootil, K., & Messer, H. H. (2007). Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. **Int Endod J**, 40(11), 873-881.
- Martell, B., & Chandler, N. J. Q. i. (2002). Electrical and dye leakage comparison of three root-end restorative materials. **Quintessence Int**, 33(1), 30-34.
- Markus Haapasalo, Ya Shen, James S. Lin, Ellen Park, Wei Qian, Zhejun Wang (2019), c21:Irrigants and Intracanal Medicaments. Rotstein, I., & Ingle, J. I.. **Ingle's endodontics 7** (50th anniversary edition). p:635-668. Raleigh, North Carolina: PMPH USA.
- McDonnell, G., & Russell, A. D. (1999). Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. **Clin Microbiol Rev**, 12(1), 147-179.
- Nagas, E., Uyanik, M. O., Eymirli, A., Cehreli, Z. C., Vallittu, P. K., Lassila, L. V., & Durmaz, V. (2012). Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. **J Endod**, 38(2), 240-244.
- Nomura, L. H., Bortoluzzi, E. A., Tay, F. R., Garcia, L., & Teixeira, C. D. S. (2023). The effects of heating on the physicochemical properties of tricalcium silicate root canal sealers. **Braz Dent J**, 34(4), 34-43.
- Nourolouyouni, A., Samadi, V., Salem Milani, A., Noorolouny, S., & Valizadeh-Haghi, H. (2023). Single Cone Obturation versus Cold Lateral Compaction

- Techniques with Bioceramic and Resin Sealers: Quality of Obturation and Push-Out Bond Strength. ***Int J Dent***, 2023(1), 1-8.
- Omar, S., & Selivany, B. (2024). Dentinal Crack Formation and Quality of Obturation Using Two Single File Systems and Two Obturation Techniques: A micro-CT Study. ***Erbil Dental Journal***, 7(1), 60-74.
- Ørstavik, D., Nordahl, I., & Tibballs, J. E. (2001). Dimensional change following setting of root canal sealer materials. ***Dent Mater***, 17(6), 512-519.
- Osiri, S., Banomyong, D., Sattabanasuk, V., & Yanpiset, K. (2018). Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate-based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. ***J Endod***, 44(12), 1843-1848.
- Ozok, A. R., van der Sluis, L. W., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2008). Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material. ***J Endod***, 34(2), 204-207.
- Pedro, F. M., Marques, A., Pereira, T. M., Bandeca, M. C., Lima, S., Kuga, M. C., . . . Borges, A. H. (2016). Status of Endodontic Treatment and the Correlations to the Quality of Root Canal Filling and Coronal Restoration. ***J Contemp Dent Pract***, 17(10), 830-836.
- Pereira, A., Nishiyama, C., & Pinto, L. D. C. (2012). Single-cone obturation technique: A literature review. ***Rev Sul-Bras Odontol***, 9(1), 442-447.
- Pereira, I. R., Carvalho, C., Paulo, S., Martinho, J. P., Coelho, A. S., Paula, A. B., Marques Ferreira, M. (2021). Apical Sealing Ability of Two Calcium Silicate-Based Sealers Using a Radioactive Isotope Method: An In Vitro Apexification Model. ***Materials (Basel)***. 14(21), 64-56.
- Peters, D. D. (1996). Two-year in vitro solubility evaluation of four Gutta-percha sealer obturation techniques. ***J Endod***, 12(4), 139-145.

- Peters, O. A., & Paque, F. (2010). Current developments in rotary root canal instrument technology and clinical use: a review. *Quintessence Int*, 41(6), 479-488.
- Prado, M., Santos Júnior, H. M., Rezende, C. M., Pinto, A. C., Faria, R. B., Simão, R. A., & Gomes, B. P. (2013). Interactions between irrigants commonly used in endodontic practice: a chemical analysis. *J Endod*, 39(4), 505-510.
- Rangappa A, R. S., Meena N. (2024). Sealing Ability of Root Canal Sealers in Warm Obturation Techniques Compared to Cold Obturation Techniques: A Systematic Review. *J Clin of Diagn Res*, 18(5), 63-69.
- Razmi, H., Bolhari, B., Karamzadeh Dashti, N., & Fazlyab, M. (2016). The Effect of Canal Dryness on Bond Strength of Bioceramic and Epoxy-resin Sealers after Irrigation with Sodium Hypochlorite or Chlorhexidine. *Iran Endod J*, 11(2), 129-133.
- Reeh, E. S., Messer, H. H., & Douglas, W. H. (1998). Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod*, 15(11), 512-516.
- Rekha, R., Kavitha, R., Venkitachalam, R., Prabath, S. V., Deepthy, S., & Krishnan, V. (2023). Comparison of the sealing ability of bioceramic sealer against epoxy resin based sealer: A systematic review & meta-analysis. *J Oral Biol Craniofac Res*, 13(1), 28-35.
- Reyes-Carmona, J. F., Felipe, M. S., & Felipe, W. T. (2009). Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *J Endod*, 35(5), 731-736.
- Reynolds, J. Z., Augsburger, R. A., Svoboda, K. K. H., & Jalali, P. (2020). Comparing dentinal tubule penetration of conventional and 'HiFlow' bioceramic sealers with resin-based sealer: An in vitro study. *Aust Endod J*, 46(3), 387-393.

- Romeiro, K., de Almeida, A., Cassimiro, M., Gominho, L., Dantas, E., Chagas, N., . . . Albuquerque, D. J. C. o. i. (2020). Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures. **Clin Oral Investiq.** 24(1), 405-416.
- Saikia, K. C., Bhattacharya, T. D., Bhuyan, S. K., Talukdar, D. J., Saikia, S. P., & Jitesh, P. (2008). Calcium phosphate ceramics as bone graft substitutes in filling bone tumor defects. **Indian J Orthop,** 42(2), 169-172.
- Schilder, H. (2006). Filling root canals in three dimensions. 1967. **J Endod,** 32(4), 281-290.
- Sfeir, G., Zogheib, C., Patel, S., Giraud, T., Nagendrababu, V., & Bukiet, F. (2021). Calcium Silicate-Based Root Canal Sealers: A Narrative Review and Clinical Perspectives. **Materials.**14(14), 1-21.
- Shokouhinejad, N., Gorjestani, H., Nasseh, A. A., Hoseini, A., Mohammadi, M., & Shamshiri, A. R. (2013). Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. **Aust Endod J,** 39(3), 102-106.
- Siqueira, J. F., Jr., Batista, M. M., Fraga, R. C., & de Uzeda, M. (1998). Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. **J Endod,** 24(6), 414-416.
- Siqueira, J. F., Jr., Favieri, A., Gahyva, S. M. M., Moraes, S. R., Lima, K. C., & Lopes, H. P. (2000). Antimicrobial Activity and Flow Rate of Newer and Established Root Canal Sealers. **J Endod,** 26(5), 274-277.
- Sultana, M., Musani, M. A., & Ahmed, I. M. (2016). An in-vitro comparative study for assessment of apical sealing ability of Epiphany/AH Plus sealer with Resilon/gutta-percha root canal filling materials. **J Int Soc Prev Community Dent,** 6(4), 321-326.

- Tennert, C., Fuhrmann, M., Wittmer, A., Karygianni, L., Altenburger, M. J., Pelz, K., . . . Al-Ahmad, A. (2014). New bacterial composition in primary and persistent/secondary endodontic infections with respect to clinical and radiographic findings. ***J Endod***, 40(5), 670-677.
- Torabinejad, M., Walton, R. J, Pulp and periapical pathosis (2008) ***ENDODONTICS: PRINCIPLES AND PRACTICE***, 4th Edition.p:4-49.
- Veríssimo, D. M., & do Vale, M. S. (2006). Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. ***J Oral Sci***, 48(3), 93-98.
- Verma, D., Taneja, S., & Kumari, M. (2018). Efficacy of different irrigation regimes on the push-out bond strength of various resin-based sealers at different root levels: An in vitro study. ***J Conserv Dent***, 21(2), 125-129.
- Vishwanath, V., & Rao, H. (2019). Gutta-percha in endodontics - A comprehensive review of material science. ***Journal of Conservative Dentistry***, 22(1), 216-220.
- Wu, M. K., De Gee, A. J., & Wesselink, P. R. (1994). Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. ***Int Endod J***, 27(5), 233-238.
- Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (1993). Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. ***Int Endod J***, 26(1), 37-43.
- Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2001). A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. ***Int Endod J***, 34(2), 137-141.
- Yamauchi, S., Watanabe, S., & Okiji, T. (2021). Effects of heating on the physical properties of premixed calcium silicate-based root canal sealers. ***J Oral Sci***, 63(1), 65-69.

- Zan, R., & Demir, A. Ş. (2021). CONTEMPORARY ENDODONTIC OBTURATION TECHNIQUES: A COMPREHENSIVE LITERATURE REVIEW. ***Cumhuriyet Dental Journal***, 24(3), 310-317.
- Zehnder, M., Schmidlin, P., Sener, B., & Waltimo, T. (2005). Chelation in root canal therapy reconsidered. ***J Endod***, 31(11), 817-820.
- Zhang, W., Li, Z., & Peng, B. (2009). Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod***, 107(6), 79-82.
- Zhou, H. M., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y. F., & Haapasalo, M. (2013). Physical properties of 5 root canal sealers. ***J Endod***, 39(10), 1281-1286.
- Zielinski, T. M., Baumgartner, J. C., & Marshall, J. G. (2008). An evaluation of Guttaflow and gutta-percha in the filling of lateral grooves and depressions. ***J Endod***, 34(3), 295-298.
- Zordan-Bronzel, C. L., Esteves Torres, F. F., Tanomaru-Filho, M., Chávez-Andrade, G. M., Bosso-Martelo, R., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2019). Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer. ***J Endod***, 45(10), 1248-1252.
- Abu-Zeid, S., & Alamoudi, R. (2024). Comparative Analysis of Interfacial Adaptation and Depth Penetration of Recent HiFlow versus Regular Bioceramic Sealers in Conjunction with BC Gutta-Percha Points Using Two Different Obturation Techniques—A Preliminary Report of an Ex Vivo Study. ***Journal of Functional Biomaterials***, 15(5), 134.
- Ahlberg, K. M. F., Assavanop, P., & Tay, W. M. (1995). A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled teeth. ***Int Endod J***, 28(1), 30-34.
- Ahluwalia, Y., Sharma, U., Kumar, N., Malik, A., Singh, A., & Narayan, A. (2019). Adaptation of Single-Cone Gutta-Percha in Curved Canals Prepared

- and Obturated with Protaper and Heroshaper Systems by Using Cone Beam Computed Tomography. **J Int Soc Prev Community Dent**, 9(2), 185-193.
- Aksel, H., Makowka, S., Bosaid, F., Guardian, M. G., Sarkar, D., & Azim, A. A. (2021). Effect of heat application on the physical properties and chemical structure of calcium silicate-based sealers. **Clin Oral Investig**, 25(5), 17-25.
- Al-Haddad, A., & Che Ab Aziz, Z. A. (2016). Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. **Int J Biomater**, 2016(1), 1-10.
- al-Khatib, Z. Z., Baum, R. H., Morse, D. R., Yesilsoy, C., Bhambhani, S., & Furst, M. L. (1990). The antimicrobial effect of various endodontic sealers. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, 70(6), 784-790.
- Anita Aminoshariae, William T. Johnson, James C. Kulild, Franklin Tay (2020). Obturation of the cleaned and shaped root canal system. Louis H. Berman, Kenneth M. Hargreaves. **Cohen's pathways of the pulp twelfth edition**, p:1113-1114, Canada.
- Al-Zaka, D. I. M., Atta-Allah, D. A. A.-A., Al-Gharrawi, D. H. A., & Mehdi, D. J. A. (2018). The effect of different root canal irrigants on the sealing ability of Bioceramic sealer. **Mustansiria Dental Journal**, 10(1), 1-7.
- Alberdi, J., Martin, G., Risso, L., & Kaplan, A. (2023). “Effect of Heat Generated by Endodontic Obturation Techniques on Bond Strength of Bioceramic Sealers to Dentine”. **J Endod**, 49(11), 65-69.
- Allan, N. A., Walton, R. C., & Schaeffer, M. A. (2001). Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in vitro conditions. **J Endod**, 27(6), 421-423.
- Ballullaya, S. V., Vinay, V., Thumu, J., Devalla, S., Bollu, I. P., & Balla, S. (2017). Stereomicroscopic Dye Leakage Measurement of Six Different Root Canal Sealers. **J Clin Diagn Res**, 11(6), 65-68.
- Beaudoin, J. J., Patarachao, B., Raki, L., & Alizadeh, R. (2009). The Interaction of Methylene Blue Dye with Calcium–Silicate–Hydrate. **Journal of the American Ceramic Society**, 92(1), 204-208.

- Best, S., Porter, A., Thian, E., & Huang, J. J. J. o. t. E. C. S. (2008). Bioceramics: Past, present and for the future. *Journal of the European Ceramic Society*, 28(7), 19-27.
- Bhandi, S., Mashyakhy, M., Abumelha, A. S., Alkahtany, M. F., Jamal, M., Chohan, H., . . . Patil, S. (2021). Complete Obturation-Cold Lateral Condensation vs. Thermoplastic Techniques: A Systematic Review of Micro-CT Studies. *Materials (Basel)*, 14(14), 13-40.
- Blum, J. Y., Parahy, E., & Machtou, P. (1997). Warm vertical compaction sequences in relation to gutta-percha temperature. *J Endod*, 23(5), 307-311.
- Borges, A. H., Bandeca, M. C., Tonetto, M. R., Faitaroni, L. A., Carvalho, E. R., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru Filho, M. (2014). Portland cement use in dental root perforations: a long term followup. *Case Rep Dent*, 2014(1), 1-5.
- Bouillaguet, S., Shaw, L., Barthelemy, J., Krejci, I., & Wataha, J. C. (2008). Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. *Int Endod J*, 41(3), 219-226.
- Buchanan, L. S. (2004). Filling root canal systems with centered condensation: concepts, instruments, and techniques. *Dent Today*, 23(11), 102-106.
- Cailleteau, J. G., & Mullaney, T. P. (1997). Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in United States dental schools. *J Endod*, 23(6), 394-396.
- Camargo, R. V., Silva-Sousa, Y. T. C., Rosa, R., Mazzi-Chaves, J. F., Lopes, F. C., Steier, L., & Sousa-Neto, M. D. (2017). Evaluation of the physicochemical properties of silicone- and epoxy resin-based root canal sealers. *Braz Oral Res*, 31(1), 72-76.

- Camilleri, J., Atmeh, A., Li, X., & Meschi, N. (2022). Present status and future directions: Hydraulic materials for endodontic use. ***Int Endod J***, 55(3), 710-777.
- Camilleri, J., & Pitt Ford, T. R. (2006). Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. ***Int Endod J***, 39(10), 747-754.
- Camps, J., Pommel, L., Bukiet, F., & About, I. (2004). Influence of the powder/liquid ratio on the properties of zinc oxide–eugenol-based root canal sealers. ***Dental Materials***, 20(10), 915-923.
- Candeiro, G. T. d. M., Correia, F. C., Duarte, M. A. H., Ribeiro-Siqueira, D. C., & Gavini, G. (2012). Evaluation of Radiopacity, pH, Release of Calcium Ions, and Flow of a Bioceramic Root Canal Sealer. ***J Endod***, 38(6), 842-845.
- Candeiro, G. T. M., Moura-Netto, C., D'Almeida-Couto, R. S., Azambuja-Júnior, N., Marques, M. M., Cai, S., & Gavini, G. (2016). Cytotoxicity, genotoxicity and antibacterial effectiveness of a bioceramic endodontic sealer. ***Int Endod J***, 49(9), 858-864.
- Casino Alegre, A., Aranda Verdú, S., Zarzosa López, J. I., Plasencia Alcina, E., Rubio Climent, J., & Pallarés Sabater, A. (2022). Intratubular penetration capacity of HiFlow bioceramic sealer used with warm obturation techniques and single cone: A confocal laser scanning microscopic study. ***Heliyon***, 8(9), 88-103.
- Chen, B., Haapasalo, M., Mobuchon, C., Li, X., Ma, J., & Shen, Y. (2020). Cytotoxicity and the Effect of Temperature on Physical Properties and Chemical Composition of a New Calcium Silicate-based Root Canal Sealer. ***J Endod***, 46(4), 531-538.
- Chen, C.-H., Shen, Y.-K., & Hsieh, s.-c. (2014). The investigation of gutta-percha temperature and compaction force change when using the vertical

- compaction of warm gutta-percha technique. **Journal of Polymer Engineering**, 34(3), 211-213.
- Chen, H., Zhao, X., Qiu, Y., Xu, D., Cui, L., & Wu, B. (2017). The Tubular Penetration Depth and Adaption of Four Sealers: A Scanning Electron Microscopic Study. **Biomed Res Int**, 2017(2017), 1-8.
- Collado-González, M., Tomás-Catalá, C. J., Oñate-Sánchez, R. E., Moraleda, J. M., & Rodríguez-Lozano, F. J. (2017). Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AH Plus on Human Periodontal Ligament Stem Cells. **J Endod**, 43(5), 816-822.
- Dadresanfar, B., Khalilak, Z., Shiekholeslami, M., & Afshar, S. (2010). Comparative study of the sealing ability of the lateral condensation technique and the BeeFill system after canal preparation by the Mtwo NiTi rotary system. **J Oral Sci**, 52(2), 281-285.
- De Bruyne, M. A. A., & De Moor, R. J. G. (2004). The use of glass ionomer cements in both conventional and surgical endodontics. **Int Endod J**, 37(2), 91-104.
- De Deus, G. A., Gurgel-Filho, E. D., Maniglia-Ferreira, C., & Coutinho-Filho, T. (2004). The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing. **Aust Endod J**, 30(1), 23-28.
- DeLong, C., He, J., & Woodmansey, K. F. (2015). The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. **J Endod**, 41(3), 385-388.
- Desai, S., & Chandler, N. (2009). Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review. **J Endod**, 35(4), 475-480.
- Donnermeyer, D., Ibing, M., Bürklein, S., Weber, I., Reitze, M. P., & Schäfer, E. (2021). Physico-Chemical Investigation of Endodontic Sealers Exposed to

Simulated Intracanal Heat Application: Hydraulic Calcium Silicate-Based Sealers. **Materials (Basel)**, 14(4), 728.

Drukteinis, S., & Camilleri, J. (2021). **Bioceramic materials in clinical endodontics (1ST ed)**, p:85-86. Springer Nature Switzerland.

Eid, D., Medioni, E., De-Deus, G., Khalil, I., Naaman, A., & Zogheib, C. (2021). Impact of Warm Vertical Compaction on the Sealing Ability of Calcium Silicate-Based Sealers: A Confocal Microscopic Evaluation. **Materials**, 14(2), 372.

Entire, B. (2017). Bioceramics: From Clinic to Concept. **Bioceramics Development and Applications**, 07(1), 100-108.

Ertas, H., & Sagsen, B. (2015). Comparison of the effect of MTAD and conventional irrigation agents on apical leakage and push-out bond strength of root canal filling. **Scanning**, 37(6), 393-398.

Fouad, A. F., & Burleson, J. (2003). The effect of diabetes mellitus on endodontic treatment outcome: data from an electronic patient record. **J Am Dent Assoc**, 134(1), 43-51.

Friedman, C. E., Sandrik, J. L., Heuer, M. A., & Rapp, G. W. (1999). Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. **J Endod**, 3(8), 304-308.

Friedman, S., Löst, C., Zarrabian, M., & Trope, M. (1995). Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. **J Endod**, 21(7), 384-390.

Gilhooly, R. M. P., Hayes, S. J., Bryant, S. T., & Dummer, P. M. H. (2000). Comparison of cold lateral condensation and a warm multiphase gutta-percha technique for obturating curved root canals. **Int Endod J**, 33(5), 415-420.

Goldman, M., Kronman, J. H., Goldman, L. B., Clausen, H., & Grady, J. (1999). New method of irrigation during endodontic treatment. ***J Endod***, 2(9), 257-260.

Gomes, B., Aveiro, E., & Kishen, A. (2023). Irrigants and irrigation activation systems in Endodontics. ***Braz Dent J***, 34(4), 1-33.

GROSSMAN L.I (2014), c15:Obturation of the radicular space. B.SURESH CHANDRA, V.GOPIKRISHNA. ***Grossman'S Endodontic practice (13th ed.)***.P:343. India, newdelhi.

Haapasalo, M., Qian, W., & Shen, Y. (2012). Irrigation: beyond the smear layer. ***Endod Topics***, 27(1), 35-53.

Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., & Gao, Y. (2010). Irrigation in endodontics. ***Dent Clin North Am***, 54(2), 291-312.

Hosoya, N., Nomura, M., Yoshikubo, A., Arai, T., Nakamura, J., & Cox, C. F. (2000). Effect of canal drying methods on the apical seal. ***J Endod***, 26(5), 292-294.

HOVLAND, E. J., & DUMSHA, T. C. (2002). Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex. ***Int Endod J***, 18(3), 179-182.

Hugh, C. L., Walton, R. E., & Facer, S. R. (2005). Evaluation of intracanal sealer distribution with 5 different obturation techniques. ***Quintessence Int***, 36(9), 721-729.

Kang, S.-H., Kwon, M., Kwon, Y.-H., & Moon, J. (2021). Effects of polycarboxylate ether (PCE)-based superplasticizer on the dissolution and subsequent hydration of calcium oxide (CaO). ***Cement and Concrete Research***, 146(1),106-110.

Kapoor, K. (2024). Endodontic obturation techniques: A review. ***International journal of health sciences***, 8, 1033-1040.

- Karam, M., Faraj, M., Mhanna, R., Khalil, I., Habib, M., Makhlouf, M., & Zogheib, C. (2024). Effect of heat application on the physicochemical properties of new endodontic sealers: an in vitro and SEM study. ***Odontology***, 112(2), 512-525.
- Kazemi, R. B., Safavi, K. E., & Spångberg, L. S. (1993). Dimensional changes of endodontic sealers. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol***, 76(6), 766-771.
- Khoshnoodi, A. (2023). *The effect of temperature on the physical properties of bioceramic sealers*. (DDS), Boston University, OpenBU database.
- Kim, H. I., Jang, Y. E., Kim, Y., & Kim, B. S. (2024). Physicochemical Changes in Root-Canal Sealers under Thermal Challenge: A Comparative Analysis of Calcium Silicate- and Epoxy-Resin-Based Sealers. ***Materials (Basel)***, 17(8), 1-8.
- Kim, J.-S., Baek, S.-H., & Bae, K.-S. (2004). In Vivo Study on the Biocompatibility of Newly Developed Calcium Phosphate-Based Root Canal Sealers. ***J Endod***, 30(10), 708-711.
- Kim, S. R., Kwak, S. W., Lee, J. K., Goo, H. J., Ha, J. H., & Kim, H. C. (2019). Efficacy and retrievability of root canal filling using calcium silicate-based and epoxy resin-based root canal sealers with matched obturation techniques. ***Aust Endod J***, 45(3), 337-345.
- Koch, K., & Brave, D. J. D. (2009). The increased use of bioceramics in endodontics. ***dentaltown*** 10, 39-43.
- Koch, K. A., & Brave, D. (2009). EndoSequence: melding endodontics with restorative dentistry, part 3. ***Dent Today***, 28(3), 88- 92.
- Koch, K. A., & Brave, D. G. (2012). Bioceramics, part I: the clinician's viewpoint. ***Dent Today***, 31(1), 130-135.

- Koch, M. J. (1999). Formaldehyde release from root-canal sealers: influence of method. **Int Endod J**, 32(1), 10-16.
- Kuruvilla, J. R., & Kamath, M. P. (1998). Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. **J Endod**, 24(7), 472-476.
- La Rosa, G. R. M., Canova, F. S., Leotta, M. L., & Pedullà, E. (2025). Effects of heating on bioceramic sealers: a scoping review of chemo-physical properties and clinical implications. **Odontology**, 113(1), 1-14.
- Lee, F. S., Van Cura, J. E., & BeGole, E. (1998). A comparison of root surface temperatures using different obturation heat sources. **J Endod**, 24(9), 617-620.
- Leonardo, M. R., Bezerra da Silva, L. A., Filho, M. T., & Santana da Silva, R. (1999). Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 88(2), 221-225.
- Lin, P.-H., Lin, D.-J., Huang, H.-L., Hsu, J.-T., & Tu, M.-G. (2023). Comparison sealing ability in three bioceramic sealers applied in hydraulic condensation technique by using micro-computed tomography. **Journal of Dental Sciences**, 18(3), 1258-1263.
- Mamootil, K., & Messer, H. H. (2007). Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. **Int Endod J**, 40(11), 873-881.
- Martell, B., & Chandler, N. J. Q. i. (2002). Electrical and dye leakage comparison of three root-end restorative materials. **Quintessence Int**, 33(1), 30-34.
- Markus Haapasalo, Ya Shen, James S. Lin, Ellen Park, Wei Qian, Zhejun Wang (2019), c21:Irrigants and Intracanal Medicaments. Rotstein, I., & Ingle, J. I.. **Ingle's endodontics 7** (50th anniversary edition). p:635-668. Raleigh, North Carolina: PMPH USA.

- McDonnell, G., & Russell, A. D. (1999). Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. ***Clin Microbiol Rev***, 12(1), 147-179.
- Nagas, E., Uyanik, M. O., Eymirli, A., Cehreli, Z. C., Vallittu, P. K., Lassila, L. V., & Durmaz, V. (2012). Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. ***J Endod***, 38(2), 240-244.
- Nomura, L. H., Bortoluzzi, E. A., Tay, F. R., Garcia, L., & Teixeira, C. D. S. (2023). The effects of heating on the physicochemical properties of tricalcium silicate root canal sealers. ***Braz Dent J***, 34(4), 34-43.
- Nouroloyouni, A., Samadi, V., Salem Milani, A., Noorolouny, S., & Valizadeh-Haghi, H. (2023). Single Cone Obturation versus Cold Lateral Compaction Techniques with Bioceramic and Resin Sealers: Quality of Obturation and Push-Out Bond Strength. ***Int J Dent***, 2023(1), 1-8.
- Omar, S., & Selivany, B. (2024). Dentinal Crack Formation and Quality of Obturation Using Two Single File Systems and Two Obturation Techniques: A micro-CT Study. ***Erbil Dental Journal***, 7(1), 60-74.
- Ørstavik, D., Nordahl, I., & Tibballs, J. E. (2001). Dimensional change following setting of root canal sealer materials. ***Dent Mater***, 17(6), 512-519.
- Osiri, S., Banomyong, D., Sattabanasuk, V., & Yanpiset, K. (2018). Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate-based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. ***J Endod***, 44(12), 1843-1848.
- Ozok, A. R., van der Sluis, L. W., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2008). Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material. ***J Endod***, 34(2), 204-207.
- Pedro, F. M., Marques, A., Pereira, T. M., Bandeca, M. C., Lima, S., Kuga, M. C., . . . Borges, A. H. (2016). Status of Endodontic Treatment and the

- Correlations to the Quality of Root Canal Filling and Coronal Restoration. **J Contemp Dent Pract**, 17(10), 830-836.
- Pereira, A., Nishiyama, C., & Pinto, L. D. C. (2012). Single-cone obturation technique: A literature review. **Rev Sul-Bras Odontol**, 9(1), 442-447.
- Pereira, I. R., Carvalho, C., Paulo, S., Martinho, J. P., Coelho, A. S., Paula, A. B., Marques Ferreira, M. (2021). Apical Sealing Ability of Two Calcium Silicate-Based Sealers Using a Radioactive Isotope Method: An In Vitro Apexification Model. **Materials (Basel)**. 14(21), 64-56.
- Peters, D. D. (1996). Two-year in vitro solubility evaluation of four Gutta-percha sealer obturation techniques. **J Endod**, 12(4), 139-145.
- Peters, O. A., & Paque, F. (2010). Current developments in rotary root canal instrument technology and clinical use: a review. **Quintessence Int**, 41(6), 479-488.
- Prado, M., Santos Júnior, H. M., Rezende, C. M., Pinto, A. C., Faria, R. B., Simão, R. A., & Gomes, B. P. (2013). Interactions between irrigants commonly used in endodontic practice: a chemical analysis. **J Endod**, 39(4), 505-510.
- Rangappa A, R. S., Meena N. (2024). Sealing Ability of Root Canal Sealers in Warm Obturation Techniques Compared to Cold Obturation Techniques: A Systematic Review. **J Clin of Diagn Res**, 18(5), 63-69.
- Razmi, H., Bolhari, B., Karamzadeh Dashti, N., & Fazlyab, M. (2016). The Effect of Canal Dryness on Bond Strength of Bioceramic and Epoxy-resin Sealers after Irrigation with Sodium Hypochlorite or Chlorhexidine. **Iran Endod J**, 11(2), 129-133.
- Reeh, E. S., Messer, H. H., & Douglas, W. H. (1998). Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. **J Endod**, 15(11), 512-516.

- Rekha, R., Kavitha, R., Venkitachalam, R., Prabath, S. V., Deepthy, S., & Krishnan, V. (2023). Comparison of the sealing ability of bioceramic sealer against epoxy resin based sealer: A systematic review & meta-analysis. *J Oral Biol Craniofac Res*, 13(1), 28-35.
- Reyes-Carmona, J. F., Felipe, M. S., & Felipe, W. T. (2009). Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *J Endod*, 35(5), 731-736.
- Reynolds, J. Z., Augsburger, R. A., Svoboda, K. K. H., & Jalali, P. (2020). Comparing dentinal tubule penetration of conventional and 'HiFlow' bioceramic sealers with resin-based sealer: An in vitro study. *Aust Endod J*, 46(3), 387-393.
- Romeiro, K., de Almeida, A., Cassimiro, M., Gominho, L., Dantas, E., Chagas, N., . . . Albuquerque, D. J. C. o. i. (2020). Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures. *Clin Oral Investig*. 24(1), 405-416.
- Saikia, K. C., Bhattacharya, T. D., Bhuyan, S. K., Talukdar, D. J., Saikia, S. P., & Jitesh, P. (2008). Calcium phosphate ceramics as bone graft substitutes in filling bone tumor defects. *Indian J Orthop*, 42(2), 169-172.
- Schilder, H. (2006). Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod*, 32(4), 281-290.
- Sfeir, G., Zogheib, C., Patel, S., Giraud, T., Nagendrababu, V., & Bukiet, F. (2021). Calcium Silicate-Based Root Canal Sealers: A Narrative Review and Clinical Perspectives. *Materials*.14(14), 1-21.
- Shokouhinejad, N., Gorjestani, H., Nasseh, A. A., Hoseini, A., Mohammadi, M., & Shamshiri, A. R. (2013). Push-out bond strength of gutta-percha with a new

- bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. **Aust Endod J**, 39(3), 102-106.
- Siqueira, J. F., Jr., Batista, M. M., Fraga, R. C., & de Uzeda, M. (1998). Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. **J Endod**, 24(6), 414-416.
- Siqueira, J. F., Jr., Favieri, A., Gahyva, S. M. M., Moraes, S. R., Lima, K. C., & Lopes, H. P. (2000). Antimicrobial Activity and Flow Rate of Newer and Established Root Canal Sealers. **J Endod**, 26(5), 274-277.
- Sultana, M., Musani, M. A., & Ahmed, I. M. (2016). An in-vitro comparative study for assessment of apical sealing ability of Epiphany/AH Plus sealer with Resilon/gutta-percha root canal filling materials. **J Int Soc Prev Community Dent**, 6(4), 321-326.
- Tennert, C., Fuhrmann, M., Wittmer, A., Karygianni, L., Altenburger, M. J., Pelz, K., . . . Al-Ahmad, A. (2014). New bacterial composition in primary and persistent/secondary endodontic infections with respect to clinical and radiographic findings. **J Endod**, 40(5), 670-677.
- Torabinejad, M., Walton, R. J, Pulp and periapical pathosis (2008) **ENDODONTICS: PRINCIPLES AND PRACTICE**, 4th Edition.p:4-49.
- Veríssimo, D. M., & do Vale, M. S. (2006). Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. **J Oral Sci**, 48(3), 93-98.
- Verma, D., Taneja, S., & Kumari, M. (2018). Efficacy of different irrigation regimes on the push-out bond strength of various resin-based sealers at different root levels: An in vitro study. **J Conserv Dent**, 21(2), 125-129.
- Vishwanath, V., & Rao, H. (2019). Gutta-percha in endodontics - A comprehensive review of material science. **Journal of Conservative Dentistry**, 22(1), 216-220.

- Wu, M. K., De Gee, A. J., & Wesselink, P. R. (1994). Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. ***Int Endod J***, 27(5), 233-238.
- Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (1993). Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. ***Int Endod J***, 26(1), 37-43.
- Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2001). A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. ***Int Endod J***, 34(2), 137-141.
- Yamauchi, S., Watanabe, S., & Okiji, T. (2021). Effects of heating on the physical properties of premixed calcium silicate-based root canal sealers. ***J Oral Sci***, 63(1), 65-69.
- Zan, R., & Demir, A. Ş. (2021). CONTEMPORARY ENDODONTIC OBTURATION TECHNIQUES: A COMPREHENSIVE LITERATURE REVIEW. ***Cumhuriyet Dental Journal***, 24(3), 310-317.
- Zehnder, M., Schmidlin, P., Sener, B., & Waltimo, T. (2005). Chelation in root canal therapy reconsidered. ***J Endod***, 31(11), 817-820.
- Zhang, W., Li, Z., & Peng, B. (2009). Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod***, 107(6), 79-82.
- Zhou, H. M., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y. F., & Haapasalo, M. (2013). Physical properties of 5 root canal sealers. ***J Endod***, 39(10), 1281-1286.
- Zielinski, T. M., Baumgartner, J. C., & Marshall, J. G. (2008). An evaluation of Guttaflow and gutta-percha in the filling of lateral grooves and depressions. ***J Endod***, 34(3), 295-298.
- Zordan-Bronzel, C. L., Esteves Torres, F. F., Tanomaru-Filho, M., Chávez-Andrade, G. M., Bosso-Martelo, R., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2019).

Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer. *J Endod*, 45(10), 1248-1252.

المراجع العربية:

الصحن، محمد ماجد. (2022). تأثير الحشو الحراري على قدرة معجون BC HiFlow (Bioceramic) في ختم الأقتنية الجانبية الصناعية. درجة الماجستير. قسم مداواة الأسنان. كلية طب الأسنان. جامعة دمشق. دمشق: سوريا. ص:160.

العثمان، أغيد. (2021). دراسة مقارنة بين Bio-Ceramic Hiflow و AHplus من حيث قدرة الإندخال ضمن القنيتات العاجية. درجة الماجستير. قسم مداواة الأسنان. كلية طب الأسنان. جامعة دمشق. دمشق: سوريا. ص:122.

مبيّض، محمد. (2024). أثر التكتيف الحراري على معجون الحشو BC HiFlow. درجة الماجستير. قسم مداواة الأسنان. كلية طب الأسنان. جامعة دمشق. دمشق: سوريا. ص:179.

Abstract

Background and Objective: The significance of this study lies in evaluating the impact of different temperatures applied during root canal obturation using the continuous wave technique on the apical sealing ability of Bioceramic HiFlow sealer. The objective was to conduct an in vitro investigation to assess the quality of apical sealing achieved by Bioceramic HiFlow sealer when subjected to various temperatures during obturation with the continuous wave technique, aiming to determine the optimal temperature for its clinical use.

Materials and Methods: The study sample consisted of 40 single-rooted, single-canaled human teeth, randomly divided into four equal groups of 10 teeth each, according to the obturation technique applied with Bioceramic HiFlow sealer. Group 1 was obturated using the cold lateral condensation technique. In Group 2, the continuous wave technique was applied with a temperature of 90°C during down-packing. Group 3 used 150°C, and Group 4 used 200°C. After complete setting of the sealer, apical sealing was evaluated using the dye penetration method. The teeth were then longitudinally sectioned and examined under a dental microscope to measure the depth of dye penetration. Data were recorded and statistically analyzed using one-way ANOVA at a significance level of $P < 0.05$.

Results: The results showed no statistically significant differences among the studied groups.

Conclusions: Within the limitations of this in vitro study, it can be concluded that the apical sealing ability of Bioceramic HiFlow sealer was not affected by the obturation technique used (cold lateral condensation or continuous wave vertical condensation), or by the temperature applied during the continuous wave technique.

Keywords: Apical sealing, Cold lateral condensation, Continuous wave vertical condensation, Bioceramic HiFlow.

Syrian Arab Republic

Damascus University

Faculty of Dentistry

Department Of Operative Dentistry and Endodontics



The effect of using different temperatures on sealability of Bioceramic HiFlow endodontic sealer with continuous wave technique (A Comparative in vitro study)

**A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the
degree of Master in Operative Dentistry and Endodontics**

BY

Dr.Mohammad Mhd Shaher Dukmak

Supervisor

Asst.Prof.Dr. Darin Tawfiq Jalloul

**Assistant Professor in Department Of Operative Dentistry and Endodontics-
Faculty of Dentistry- Damascus University**

2025