الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم طب أسنان الأطفال

تقييم استخدام مزيج هلام هيبوكلوريت الصوديوم 2.25% مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض في بتر لب الأرحاء المؤقتة

(دراسة سريرية شعاعية نسيجية)

رسالة قدمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير في اختصاص طب أسنان الأطفال

إعداد الباحثة

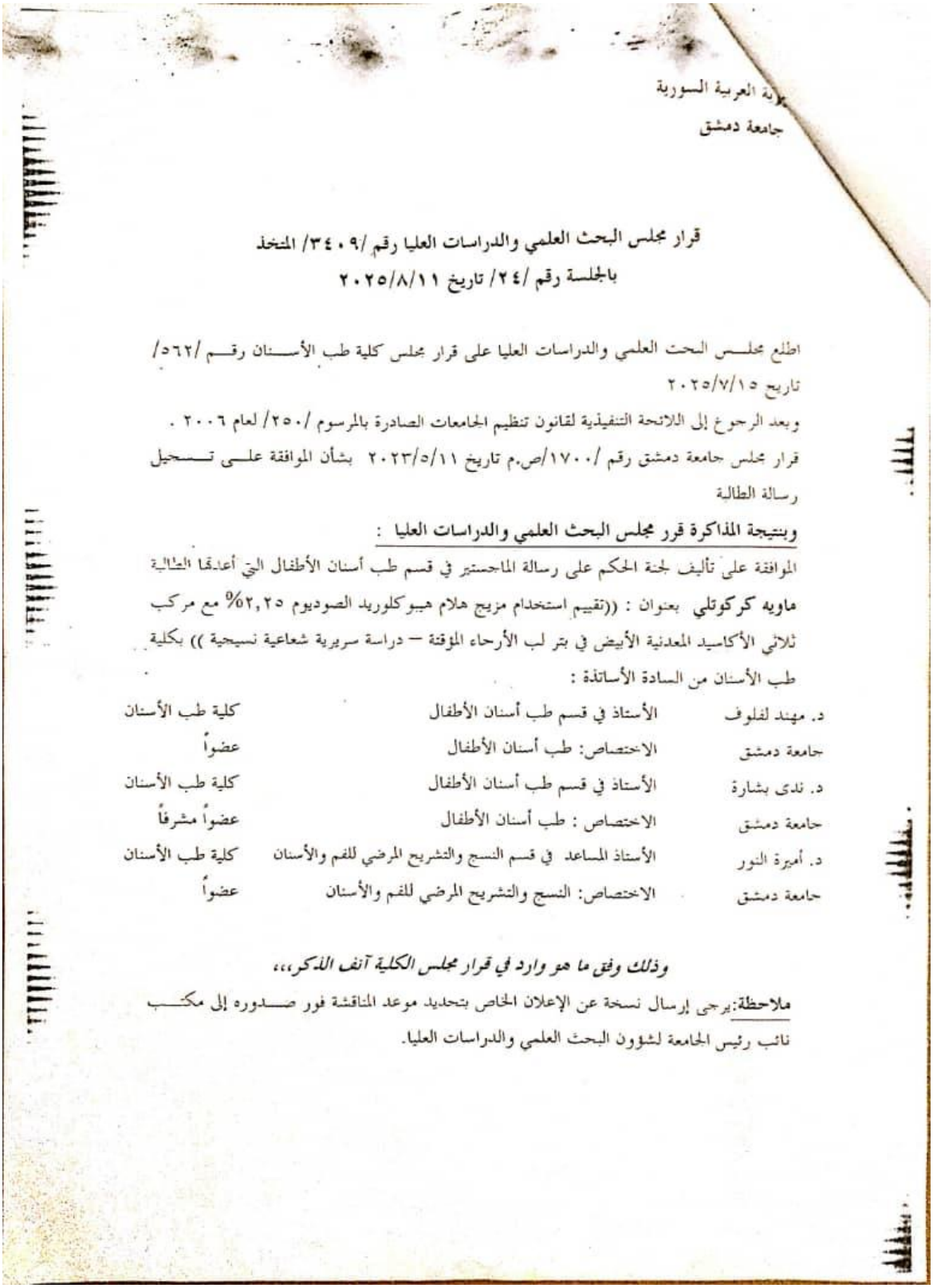
ماويه كركوتلي

إشراف

أ.د ندى بشاره

2025م

قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا بالموافقة على تشكيل لجنة الحكم



الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق

قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم /٣٤٠٩/ المتخذ
بالجلسة رقم /٢٤/ تاريخ ٢٠٢٥/٨/١١

اطلع مجلس البحث العلمي والدراسات العليا على قرار مجلس كلية طب الأسنان رقم /٥٦٢/ تاريخ ٢٠٢٥/٧/١٥

وبعد الرجوع إلى اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات الصادرة بالمرسوم /٢٥٠/ لعام ٢٠٠٦ .

قرار مجلس جامعة دمشق رقم /١٧٠٠/ص.م تاريخ ٢٠٢٣/٥/١١ بشأن الموافقة على تسجيل رسالة الطالبة

وبنتيجة المذاكرة قرر مجلس البحث العلمي والدراسات العليا :

الموافقة على تأليف لجنة الحكم على رسالة الماجستير في قسم طب أسنان الأطفال التي أعدتها الطالبة **ماويه كركوتلي** بعنوان : ((تقييم استخدام مزيج هلام هيبوكلوريد الصوديوم ٢,٢٥% مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض في بتر لب الأرحاء المؤقتة – دراسة سريرية شعاعية نسيجية)) بكلية طب الأسنان من السادة الأساتذة :

د. مهند لفلوف جامعة دمشق	الأستاذ في قسم طب أسنان الأطفال الاختصاص: طب أسنان الأطفال	كلية طب الأسنان عضواً
د. ندى بشارة جامعة دمشق	الأستاذ في قسم طب أسنان الأطفال الاختصاص : طب أسنان الأطفال	كلية طب الأسنان عضواً مشرفاً
د. أميرة النور جامعة دمشق	الأستاذ المساعد في قسم النسج والتشريح المرضي للفم والأسنان الاختصاص: النسج والتشريح المرضي للفم والأسنان	كلية طب الأسنان عضواً

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

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

تصريح

أُصرّح بأن البحث الموصوف في هذه الأطروحة بعنوان: تقييم استخدام مزيج هلام هيبوكلوريت الصوديوم 2.25% مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض في بتر لب الأرحاء المؤقتة (دراسة سريرية شعاعية نسيجية) لا يوجد أي جزء منه أُخِذ بالكامل من عمل آخر، أو أُنجز للحصول على شهادة أخرى في هذه الجامعة أو في أية جامعة أخرى، أو أي معهد تعليمي، وأن الأعمال والنتائج المذكورة كلها هي نتيجة جهود شخصية وبتوجيه من الأستاذ المشرف، وأن أية معلومات أو نتائج أخرى قد نسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

طالبة الماجستير

ماويه كركوتلي

شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الأطروحة هو نتيجة بحث علمي قامت به الطالبة ماويه كركوتلي – قسم طب أسنان الأطفال – كلية طب الأسنان – جامعة دمشق، وأيّة مراجع أخرى بحثت في هذه الرسالة موثقة في النص.

الأستاذ المشرف

أ. د ندى بشاره

الإهداء

إلى أغلى ما أملك

عائلتي

كلمة الشكر

أتوجه بالشكر إلى **الأستاذة الدكتورة ندى بشاره** و**الأستاذة الدكتورة أميرة النور** و**الدكتور جمال العبد الله** لتوجيههم للبحث وإغناؤه.

كما أتقدم بالشكر إلى الأساتذة: **الأستاذ الدكتور مهند لفلوف** و**الأستاذة الدكتورة أميرة النور** لقراءة هذا البحث ومناقشته.

أتوجه بالامتنان إلى كلية طب الأسنان بكل أقسامها وأساتذتها والعاملين فيها على كل ما يقدمونه لاستمرار هذه المؤسسة عبر الإدارات المتمثلة بالأساتذة: **الأستاذ الدكتور خلدون درويش** عميد كلية طب الأسنان، و**الأستاذ الدكتور مهند لفلوف** نائب العميد للشؤون العلمية، و**الأستاذ الدكتور عمر حشمة** نائب العميد للشؤون الإدارية.

وأشكر قسم طب أسنان الأطفال أساتذة وطلاباً وموظفين ممثلين برئيس القسم **الأستاذ الدكتور محمد بشير المنقل** و**الأستاذ الدكتور محمد كامل التيناوي** و**الأستاذ الدكتور مهند لفلوف** و**الاستاذ الدكتورة شذى قوشجي** و**الأستاذ الدكتورة ميسون دشاش** و**الأستاذ الدكتورة اتحاد أبو عراج** و**الأستاذ الدكتور شادي عزاوي** و**الدكتورة ليليان الأزرق** و**الدكتور معتز السمان** ولكل من ساهم في تطوير القسم.

و في النهاية أتقدم بالشكر إلى رفاقي خلال مراحل الدراسة المختلفة، ومن أعانني على إتمام هذا العمل.

المحتويات List of Contents

الملخص.....1

الجزء التمهيدي Introductory Part.....4

الباب الأول: المراجعة النظرية Literature Review.....12

1-1 بتر اللب في الأسنان المؤقتة.....13

2-1 مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية.....23

3-1 محلول هيبوكلوريت الصوديوم.....37

4-1 هلام هيبوكلوريت الصوديوم.....42

5-1 مسرعات تصلب مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض.....44

6-1 مزيج هلام هيبوكلوريت الصوديوم ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض.....44

الباب الثاني: المواد والطرائق Materials and Methods.....53

1-2 مواد الدراسة.....54

2-2 دراسة الخصائص المورفولوجية والكيميائية لمزيج هلام هيبوكلوريت الصوديوم مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض.....59

3-2 الدراسة النسيجية.....62

4-2 الدراسة السريرية والشعاعية.....68

5-2 الاعتبارات الأخلاقية.....71

6-2 التحليل الإحصائي.....71

7-2 فرضيات الدراسة.....72

الباب الثالث: النتائج Results.....74

1-3 نتائج دراسة الخصائص المورفولوجيةوالكيميائية لعينةWMTA + NaOCl gel.....75

2-3 نتائج توزع العينة النسيجية.....79

3-3 نتائج الدراسة النسيجية.....81

4-3 نتائج توزع العينة السريرية والشعاعية.....104

5-3 نتائج الدراسة السريرية والشعاعية.....106

الباب الرابع: المناقشة Discussion.....116

1-4 مناقشة فكرة الدراسة.....117
2-4 مناقشة تصميم الدراسة.....119
3-4 مناقشة أساليب التقييم المستخدمة.....120
4-4 مناقشة حجم عينة الدراسة.....124
5-4 مناقشة معايير التضمين والاستبعاد.....125
6-4 مناقشة طريقة العمل.....126
7-4 مناقشة التحاليل الإحصائية.....128
8-4 مناقشة نتائج الدراسة.....129
9-4 محدوديات الدراسة.....140

الباب الخامس: الاستنتاجات Conclusions.....141

الباب السادس: المقترحات والتوصيات Recommendations and Suggestions.....143

1-6 المقترحات.....144
2-6 التوصيات.....144

الباب السابع: المراجع References.....145

الباب الثامن: الملحقات Appendices.....193

Abstract.....210

قائمة الجداول List of Tables

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
1-1	ملخص مراجعة الدراسات السابقة في بتر لب الأسنان المؤقتة وفق التسلسل الزمني	48
1-3	نتائج تحليل EDX في العينات بعد 24 ساعة و28 يوماً	77
2-3	توزع العينة النسيجية	80
3-3	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة و WMTA + NaOCl gel بعد 7 أيام	83
4-3	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة و WMTA + NaOCl gel بعد 30 يوماً	84
5-3	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة و WMTA + NaOCl gel بعد 90 يوماً	85
6-3	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الفترات الزمنية المدروسة في مجموعة WMTA + NaOCl gel	86
7-3	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الفترات الزمنية المدروسة في المجموعة الشاهدة	88
8-3	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة و NaOCl gel → WMTA بعد 7 أيام	92
9-3	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة و NaOCl gel → WMTA بعد 30 يوماً	93
10-3	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة و NaOCl gel → WMTA بعد 90 يوماً	94
11-3	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الفترات الزمنية المدروسة في مجموعة NaOCl gel → WMTA	95
12-3	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة و NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 7 أيام	99
13-3	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة و	100

	NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 30 يوماً	
101	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة و NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 90 يوماً	14-3
102	نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الفترات الزمنية المدروسة في مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel	15-3
105	توزع العينة السريرية والشعاعية	16-3
107	نتائج مقارنة نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة و WMTA + NaOCl gel خلال فترات المتابعة المختلفة	17-3
111	نتائج مقارنة نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة و NaOCl gel → WMTA خلال فترات المتابعة المختلفة	18-3
114	نتائج مقارنة نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة و NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel خلال فترات المتابعة المختلفة	19-3
200	المجموعة الشاهدة وWMTA + NaOCl gel بعد 3 أشهر	1-8
201	المجموعة الشاهدة وWMTA + NaOCl gel بعد 6 أشهر	2-8
201	المجموعة الشاهدة وWMTA + NaOCl gel بعد 12 شهراً	3-8
202	المجموعة الشاهدة وNaOCl gel → WMTA بعد 3 أشهر	4-8
202	المجموعة الشاهدة وNaOCl gel → WMTA بعد 6 أشهر	5-8
203	المجموعة الشاهدة وNaOCl gel → WMTA بعد 12 أشهراً	6-8
203	المجموعة الشاهدة وNaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 3 أشهر	7-8
204	المجموعة الشاهدة وNaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 6 أشهر	8-8
204	المجموعة الشاهدة وNaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 12 شهراً	9-8

قائمة الأشكال List of Figures

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1-1	التحليل المورفولوجي والكيميائي لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA)	28
2-1	التحليل المورفولوجي والكيميائي لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (MTA Angelus®)	28
1-2	مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض	58
2-2	هلام هيبوكلوريت الصوديوم	58
3-2	المجهر الإلكتروني الماسح وجهاز EDX	58
4-2	قبضة توربينية	59
5-2	قبضة بطيئة السرعة	59
6-2	محلول ملحي	59
7-2	العينات المدروسة	61
8-2	العينات داخل حجرة المجهر الإلكتروني الماسح	61
9-2	تحليل العينات	61
10-2	حساب حجم العينة للدراسة النسيجية	63
11-2	قوالب شمع البارافين	65
12-2	العينات النسيجية	66
13-2	حساب حجم العينة للدراسة السريرية والشعاعية	68
14-2	خطوات بتر اللّب في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 8 سنوت	70
1-3	التحليل المورفولوجي والكيميائي للعينات المدروسة	76
2-3	مخطط CONSORT للدّراسة النّسيجية	79
3-3	مقطع نسيجي لعينة WMTA + NaOCl gel بعد 7 أيام	87
4-3	مقطع نسيجي لعينة WMTA + NaOCl gel بعد 30 يوماً	87
5-3	مقطع نسيجي لعينة WMTA + NaOCl gel بعد 90 يوماً	87
6-3	مقطع نسيجي لعينة شاهدة بعد 7 أيام	89
7-3	مقطع نسيجي لعينة شاهدة بعد 30 يوماً	89

8-3	مقطع نسيجي لعينة شاهدة بعد 90 يوماً	89
9-3	مقطع نسيجي لعينة WMTA → NaOCl gel بعد 7 أيام	96
10-3	مقطع نسيجي لعينة WMTA → NaOCl gel بعد 30 يوماً	96
11-3	مقطع نسيجي لعينة WMTA → NaOCl gel بعد 90 يوماً	96
12-3	مقطع نسيجي لعينة WMTA + NaOCl gel → NaOCl gel بعد 7 أيام	103
13-3	مقطع نسيجي لعينة WMTA + NaOCl gel → NaOCl gel بعد 30 يوماً	103
14-3	مقطع نسيجي لعينة WMTA + NaOCl gel → NaOCl gel بعد 90 يوماً	103
15-3	مخطط CONSORT للدّراسة السّريرية والشّعاعية	104
16-3	صورة شعاعية لمجموعة WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 5 سنوات بعد متابعة 3 أشهر	108
17-3	صورة شعاعية لمجموعة WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 5 سنوات بعد متابعة 6 أشهر	108
18-3	صورة شعاعية لمجموعة WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 6 سنوات بعد متابعة 12 شهراً	108
19-3	صورة سريرية لمجموعة WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 6 سنوات بعد متابعة 12 شهراً	108
20-3	صورة شعاعية للعينة الشاهدة في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 5 سنوات بعد متابعة 3 أشهر	109
21-3	صورة شعاعية للعينة الشاهدة في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 5 سنوات بعد متابعة 6 أشهر	109
22-3	صورة شعاعية للعينة الشاهدة في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 6 سنوات بعد متابعة 12 شهراً	109
23-3	صورة سريرية للعينة الشاهدة في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 6 سنوات بعد متابعة 12 شهراً	109
24-3	صورة شعاعية لعينة WMTA → NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 8 سنوات بعد متابعة 3 أشهر	112

25-3	صورة شعاعية لعينة WMTA → NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 8 سنوات بعد متابعة 6 أشهر	112
26-3	صورة شعاعية لعينة WMTA → NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 9 سنوات بعد متابعة 12 شهراً	112
27-3	صورة سريرية لعينة WMTA → NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 9 سنوات بعد متابعة 12 شهراً	112
28-3	صورة شعاعية لمجموعة WMTA + NaOCl gel → NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 7 سنوات بعد متابعة 3 أشهر	115
29-3	صورة شعاعية لمجموعة WMTA + NaOCl gel → NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 7 سنوات بعد متابعة 6 أشهر	115
30-3	صورة شعاعية لمجموعة WMTA + NaOCl gel → NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 8 سنوات بعد متابعة 12 شهراً	115
31-3	صورة سريرية لمجموعة WMTA + NaOCl gel → NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 8 سنوات بعد متابعة 12 شهراً	115

قائمة المخططات List of Charts

رقم المخطط	عنوان المخطط	رقم الصفحة
1-3	مخطط أعمدة مقارن بين نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة ومجموعة WMTA + NaOCl gel خلال فترات المتابعة المختلفة	107
2-3	مخطط أعمدة مقارن بين نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة ومجموعة NaOCl gel → WMTA خلال فترات المتابعة المختلفة	111
3-3	مخطط أعمدة مقارن بين نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة ومجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel خلال فترات المتابعة المختلفة	114

قائمة الاختصارات List of Abbreviations

الاختصار	العبارة
H_0	فرضية العدم
H_1	الفرضية البديلة
pH	الرقم الهيدروجيني
EDX	تحليل الأشعة السينية المشتتة للطاقة
FC	الفورموكريزول
CH	هدروكسيد الكالسيوم
MTA	مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية
GMTA	مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي
WMTA	مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض
PC	الإسمنت البورتلاندي
NaOCl	هيبوكلوريت الصوديوم
WMTA + NaOCl gel	مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم
الشاهدة	مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض
WMTA + NaOCl gel	التغطية بمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم
NaOCl gel → WMTA	التغطية بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بعد تثبيت اللب بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم
NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel	التغطية بمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم بعد تثبيت اللب بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم
p-value	قيمة الاحتمالية

قائمة المصطلحات List of Terminology

المصطلح باللغة الانكليزية	المصطلح باللغة العربية
Streptococcus Mitis	المكورات العقدية الهينة
Streptococcus Mutans	المكورات العقدية الطافرة
Streptococcus Salivarius	المكورات العقدية اللعابية
Lactobacillus	العصيات اللبنية
Staphylococcus Epidermidis	المكورات العنقودية البشروية
Enterococcus faecalis	المكورات المعوية البرازية
Escherichia coli	الإشريكية القولونية
Staphylococcus aureus	المكورات العنقودية المذهبة
Lactobacillus casei	العصيات الملبنة المجبنة
Candida albicans	المبيضات البيض
Pseudomonas pyocyanea	زائفة القيح الأزرق
Chi-square	مربع كاي
Post-hoc	المقارنات البعدية
Selection bias	انحياز الاختيار
Assessment bias	انحياز التقييم
ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way	ANOVA: التأثيرات الثابتة، الشاملة، أحادي الاتجاه
F tests	اختبارات إف
Leeway space	مسافة التباين
Angiogenesis	تولد الأوعية

قائمة الصيغ الكيميائية List of Chemical Formulas

المصطلح الكيميائي	الصيغة الكيميائية
أوجينول	$C_{10}H_{12}O_2$
سيليكات الكالسيوم	$CaO.SiO_2$
هيبوكلوريت الصوديوم	$NaOCl$
كربوكسي ميثيل السليلوز	$C_6H_7O_2(OH)$
فوسفات ثنائي الصوديوم	Na_2HPO_4
فوسفات الصوديوم	Na_3PO_4
الكلورهكسيدين	$C_{22}H_{30}Cl_2N_{10}$
كلوريد الكالسيوم	$CaCl_2$
حمض الليمون	$C_6H_8O_7$
لاكتات غلوكونات الكالسيوم	$C_9H_{16}CaO_{10}$
فورمالدهيد	CH_2O
كريزول	$C_8H_{10}O_2$
غليسيرين	$C_3H_8O_3$
ماء	H_2O
غلوتارالدهيد	$C_5H_8O_2$
سلفات الحديد	$Fe_2(SO_4)$
هدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$
أكسيد الكالسيوم	CaO
أكسيد السيليكون	SiO_2
أكسيد الحديد الثلاثي	Fe_2O_3
أكسيد الألمنيوم	Al_2O_3
أكسيد الحديد	FeO_2
ألومينات الحديد رباعي الكالسيوم	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$
أكسيد البزموت	Bi_2O_3
أكسيد الزركونيوم	ZrO_2

Ca_2SiO_4	سيليكات ثنائية الكالسيوم
$3CaO.SiO_2$	سيليكات ثلاثية الكالسيوم
$CaSO_4$	كبريتات الكالسيوم
$3CaO.2SiO_2.3H_2O$	هيدرات سيليكات الكالسيوم
$3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.31H_2O$	سلفوألومينات الكالسيوم
$3CaO.Al_2O_3$	ألومينات ثلاثية الكالسيوم
H_3O^+	شوارد الهيدرونيوم
OH^-	شوارد الهيدروكسيل
$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$	هيدروكسي أباتيت
Ca^{2+}	شوارد الكالسيوم
C	كربون
O	أوكسيجين
N	نتروجين
O_2	غاز الأوكسيجين
Cl_2	غاز الكلور
Ca	كالسيوم
Si	سيليكون

تقييم استخدام مزيج هلام هيبوكلوريت الصوديوم 2.25% مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض في بتر لب الأرحاء المؤقتة

(دراسة سريرية شعاعية نسيجية)

الملخّص

خلفية البحث وهدفه

تُعدّ مادة مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية المادة المثالية لبتر اللب في الأرحاء المؤقتة، إلا أنّ من مساوئها صعوبة التّعامل وطول زمن التّصلب، لتلافي ذلك، اقترحت دراسات مخبرية مزجها مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم. يُستخدم محلول هيبوكلوريت الصوديوم في بتر لب الأسنان المؤقتة وقد اقترحت الدراسات استعمال الهلام كبديل للمحلول لتقليل السلبيات. كما يُستخدم أكسيد الزنك والأجينول كمادة قاعدية بعد بتر اللّب، إلا أنه يُسبب التهاباً لبياً، مما دفع إلى اقتراح مواد أكثر توافقاً حيوياً. يَهدف هذا البحث إلى تقييم الخصائص المورفولوجية والكيميائية لمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصّوديوم، وتقييم النّجاح النّسيجي والسريري والشعاعي لبتر اللّب بمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصّوديوم ودراسة تثبيت اللّب بالهلام في الأرحاء المؤقتة.

المواد والطرائق

القسم المخبري

تضمنت الدراسة مجموعتين (n = 1): المجموعة (1) (WMTA + NaOCl gel): مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم. المجموعة (2) (الشاهدة): مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع الماء المقطر. تم تقييم الخصائص المورفولوجية للسّطح وإجراء تحليل الأشعة السّينية المشتتة للطاقة (EDX) وقياس الرقم الهيدروجيني، وسُجلت النتائج بعد 24 ساعة و28 يوماً من تحضير الإسمنت.

القسم السريري

تضمنت أربع مجموعات: المجموعة (1) (الشاهدة): التغطية بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض. المجموعة (2) (WMTA + NaOCl gel): التغطية بمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم. المجموعة (3) (NaOCl gel → WMTA): التغطية بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بعد تثبيت اللب بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم. المجموعة (4) (NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel): التغطية بمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم بعد تثبيت اللب بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم. شملت عينة الدراسة النّسيجية 24 حالة بتر لب في الأرحاء الأولى المؤقتة لدى أطفال أصحاء تراوحت أعمارهم بين 8-10 سنوات مع القلع الدوري بعد أسبوع أو شهر أو ثلاثة أشهر، وتألفت عينة الدراسة السريرية والشعاعية من 80 حالة بتر لب في الأرحاء الثانية المؤقتة عند أطفال أصحاء تراوحت أعمارهم بين 5-10 سنوات، وتمت المتابعة لكل مجموعة لمدة 3 أشهر و6 أشهر و12 شهراً.

النتائج

أظهرت مجموعة WMTA + NaOCl gel تركيبة كيميائية وشكل سطح وقلوية مماثلة للمجموعة الشاهدة بعد 28 يوماً. حسنت مجموعة WMTA + NaOCl gel تعضي النسيج الرخو، وحققت نتائج سريرية وشعاعية ممتازة، وتفوقت مجموعة NaOCl gel → WMTA على المجموعة الشاهدة في النواحي النسيجية والسريرية والشعاعية، وحققت مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel نتائج نسيجية إيجابية، إلا أن نسب النجاح السريرية والشعاعية كانت متدنية.

الاستنتاجات

يمكن استخدام هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم في تثبيت اللب في الأرحاء المؤقتة متبوعاً بالتغطية بمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع الماء المقطر، واستخدام مزيج WMTA + NaOCl gel كمادة تغطية في الأرحاء المؤقتة ولكن بعد الإرقاء بالماء المقطر فقط.

الكلمات المفتاحية

مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض – هلام هيبوكلوريت الصوديوم – بتر اللب – الأرحاء المؤقتة

الجزء التمهيدي Introductory Part

Introduction المقدمة

تُشكل نخور الطفولة المبكرة تحدّياً كبيراً لطبيب الأطفال، حيث يُؤدي فقدانها إلى مشاكل في حفظ المسافة وتطور مشاكل تقويميةٍ لاحقةٍ ونقص الوظيفة الماضغة. لذا يَسعى طب أسنان الأطفال إلى الحفاظ على الجانبين الوظيفي والتّطوري للأسنان المؤقتة (Lucas-Rincón, 2019).

تُعدّ مادة ثلاثي الأكاسيد المعدنية المادة المثالية لبتر اللب في الأرحاء المؤقتة، وأُعتبرت بديلاً مناسباً لبتر اللّب الدّوائي باستخدام الفورمكريزول (Guo *et al.*, 2023)، إلا أنّ لها عدة مساوئ من بينها صعوبة التّعامل معها وطول زمن تّصلبها عند مزجها مع الماء المُقطر (Altan & Tosun, 2016).

اقترحت عدة دراسات مخبرية مزج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية مع مواد مختلفة لتحسن خصائصه المختلفة ولتقلل زمن التّصلب، وكان من ضمنها هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم، حيث لوحظ في عدة دراسات مخبرية تقبله الحيوي الجيد وتقصير زمن التّصلب (Kogan *et al.*, 2006; Jafarnia *et al.*, 2009; AlAnezi *et al.*, 2011)، بينما وجدت دراسة أخرى الأثر السّام له عند مزجه مع محلول 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم (Karygianni *et al.*, 2016). أُقترح إجراء دراسة سريرية على الجسم الحي لتقييم نجاح المادة نسيجياً وسريرياً وشعاعياً لعدم وجود دراسات سابقة، وللتقييم الدّقيق لتأثيرها على الجسم البشري (Zapf *et al.*, 2015).

ذُكر استخدام هيبوكلوريت الصوديوم في بتر لب الأسنان المؤقتة وكبديل لسلفات الحديد (Smaïl-., 2018 Faugeron *et al*). كما أُقترح استخدام هلام هيبوكلوريت الصوديوم بدلاً من المحلول لتقليل سلبيات الشّكل المحلول (Zand *et al.*, 2016). يُستخدم أكسيد الزنك والأجينول على نطاق واسع كمادة قاعدية بعد بتر اللّب باستخدام محلول هيبوكلوريت الصوديوم، إلا أن الدراسات ذكرت أنه يُسبب التهاباً لبيّاً متوسط الشدة عند تطبيقه مباشرة على الأنسجة اللبية دون تشكُّل جسر عاجٍ، بسبب سمّيته الناتجة عن تحرير الأوجينول ($C_{10}H_{12}O_2$). لذا، أُقتُرِح البحث عن مواد أكثر توافقاً حيويّاً (Aburel *et al.*, 2021).

مشكلة البحث Research problem

يُعد زمن التّصلب الطّويل وصعوبة التّعامل مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض من أبرز مساوئه. كما أن استخدام الشكل السّائل لهيبوكلوريت الصوديوم في بتر اللّب قد يؤثر سلباً على جودة المعالجة المقدمة، خاصة لدى الأطفال، بسبب صعوبة التكيف والتعاون لديهم.

تساؤلات البحث Research questions

1. هل يحقق بتر اللب باستخدام مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم في الأرحاء المؤقتة نجاحاً نسيجياً بعد متابعة لمدة 3 أشهر؟
2. هل يُحقق بتر اللب باستخدام مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم في الأرحاء المؤقتة نجاحاً سريرياً وشعاعياً بعد متابعة لمدة 12 شهر؟
3. هل يحقق بتر اللب باستخدام هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم في الأرحاء المؤقتة متبوعاً بتغطية اللب بالمزيج السابق نجاحاً نسيجياً بعد متابعة لمدة 3 أشهر؟
4. هل يحقق بتر اللب باستخدام هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم في الأرحاء المؤقتة متبوعاً بتغطية اللب بالمزيج السابق نجاحاً سريرياً وشعاعياً بعد متابعة لمدة 12 شهر؟

أهمية البحث Research importance

تكمن أهمية هذا البحث في إيجاد بديل لمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بالماء المقطر، وذلك بهدف تقليل زمن التصلب وتأمين السهولة في التعامل مع المادة، مما يسهم في تقليل مدة المعالجة ورفع جودتها. كما يهدف البحث إلى استبدال طريقة البتر باستخدام سائل هيبوكلوريت الصوديوم بما يحسّن تعاون الأطفال المرضى أثناء الإجراءات العلاجية.

مبررات البحث Research Rational

1. افتقار الأدبيات الطبية لدراسات سريرية سابقة تقيّم استخدام مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم في بتر اللب بالأرحاء المؤقتة.
2. افتقار الأدبيات الطبية لدراسات مقارنة سريرية بين مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم مع مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بالماء المقطر في إجراءات بتر لب بالأسنان المؤقتة.
3. افتقار الأدبيات الطبية لدراسات حول بتر اللب بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم متبوعة بتغطية اللب بإحدى المواد السابقة الذكر.
4. اقتصار الأبحاث المنشورة على دراسات مخبرية تقيّم الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والمضادة للعضويات الدقيقة ودراسة التقبل الحيوي لمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم.
5. اقتصار الأبحاث المنشورة على دراسات سريرية لبتر اللب باستخدام محلول هيبوكلوريت الصوديوم متبوعاً بالتغطية بأكسيد الزنك والأوجينول.

وذلك بناءً على مراجعة شاملة للأدبيات الطبية في قواعد البيانات Medline/PubMed/Google Scholar.

أهداف البحث Objectives

1. تقييم الخصائص المورفولوجية والكيميائية لمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصّوديوم بعد فترتي 24 ساعة و28 يوماً.
2. تقييم النّجاح النّسيجي لبتر اللّب باستخدام مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصّوديوم في الأرحاء المؤقتة بعد فترات متابعة 7 أيام و30 و90 يوماً.

3. تقييم النّجاح السّريري والشّعاعي لبتر اللّب باستخدام مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصّوديوم في الأرحاء المؤقتة بعد متابعة 3 و6 أشهر و12 شهراً.
4. تقييم النّجاح النّسيجي لبتر اللّب باستخدام هلام 2.25% هيبوكلوريت الصّوديوم في الأرحاء المؤقتة بعد فترات متابعة 7 أيام و30 و90 يوماً.
5. تقييم النّجاح السّريري والشّعاعي لبتر اللّب باستخدام هلام 2.25% هيبوكلوريت الصّوديوم في الأرحاء المؤقتة بعد متابعة 3 و6 أشهر و12 شهراً.

محدوديات البحث Research limitaions

يقتصر هذا البحث على الفئة العمرية من 5 إلى 10 وفترات المتابعة القصيرة نسبياً حتى 12 شهراً.

فرضيات البحث Research hypothesis

فرضية العدم (H_0): لم يتفوق مزيج WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة في الخصائص المورفولوجية والكيميائية.

الفرضية البديلة (H_1): تفوق مزيج WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة في الخصائص المورفولوجية والكيميائية.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة NaOCl gel → WMTA إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة NaOCl gel → WMTA إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة NaOCl gel → WMTA إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة NaOCl gel → WMTA إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

مصطلحات البحث Research terms

بتر اللب في الأسنان المؤقتة

يُعد بتر اللّب إجراءً علاجياً مقبولاً وشائعاً للأسنان المؤقتة المصابة بانكشاف لبي نخري، يتم في هذا الإجراء إزالة الأنسجة المصابة ووضع مادة متوافقة حيوياً على أنسجة اللّب السليمة أو المُلتهبة القابلة للعلاج (Rodd et al., 2006)، وتكمن أهمية هذا العلاج في كونه يحافظ على حيوية اللّب المتبقي وسلامة القوس السنية حتى بزوغ الأسنان الدّائمة (Fuks & Papagiannoulis, 2016).

مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية

إسمنت حيوي نشط يتألف أساساً من سيليكات الكالسيوم ($CaO.SiO_2$)، ويتميز بتوافقه الحيوي العالي وتحفيز تجدد الأنسجة. يُستخدم في التّغطية اللّبية المباشرة وترميم الانثقابات وبتر اللّب الحي والتّصنع الذروي (Hosoya *et al.*, 2019). يُعدّ المعيار الذّهبي حسب المبادئ التوجيهية لعام 2017م الصّادرة عن الأكاديمية الأمريكية لطب أسنان الأطفال للمعالجات اللّبية في الأسنان المؤقتة (Guo *et al.*, 2023;).

هلام هيبوكلوريت الصوديوم

يتكون من محلول هيبوكلوريت الصوديوم (**NaOCl**) مع محلول حمض أميني لزج من كربوكسي ميتيل السللوز ($C_6H_7O_2(OH)$) لتأمين اللزوجة (Irani *et al.*,2024)، ويظهر فعالية مضادة للجراثيم مماثلة لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم إلا أنه يُعدّ أقل تخريشاً من المحلول لأنّه أقل قلوية، لذا يُعدّ خياراً أكثر أماناً مقارنةً بالشّكل السّائل في طب أسنان الأطفال (Luz *et al.*, 2019).

مسرعات تصلب مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية

يُعدّ زمن التّصلب الطّويل من العيوب الأساسية، مما دفع الباحثين لدراسة إضافات متعددة لتسريع التصلب مع الحفاظ على التّوافق الحيوي، ومنها فوسفات ثنائي الصوديوم (Na_2HPO_4) وفوسفات الصوديوم (Na_3PO_4) وهلام الكلورهكسيدين ($C_{22}H_{30}Cl_2N_{10}$) وكلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) وهلام هيبوكلوريت الصوديوم ($NaOCl$) وحمض الليمون ($C_6H_8O_7$) ولاكتات غلوكونات الكالسيوم ($C_9H_{16}CaO_{10}$) (Bolhari *et al.*, 2024)، ويبرز هلام هيبوكلوريت الصوديوم كخيار ممتاز بسبب توافره وتكلفته المنخفضة وتحسينه للخصائص الفيزيائية والكيميائية والمضادة للعضويات الدقيقة (Andrade *et al.*, 2015; Kogan *et al.*, 2006).

المراجعة النظرية

Literature Review

1-1 بتر اللّب في الأسنان المؤقتة

1-1-1 التّعريف

تُشكل نخور الطّفولة المبكرة تحدّياً كبيراً لطبيب الأطفال، حيثُ يختلف المرضى الأطفال عن المرضى البالغين في استجابتهم لنخور الأسنان، فعدم قدرة الأطفال على التعبير الدقيق عن مشكلاتهم الصحية الفموية يجعل النّخر السّني يُؤثر سلباً على جودة حياتهم (Singh *et al.*, 2020). ويُؤدي الفقدان المبكر للأسنان المؤقتة لمشاكل في حفظ المسافة وتطور مشاكل تقويمية لاحقة ونقص الوظيفة الماضغة، لذلك يُهدف طب أسنان الأطفال إلى الحفاظ على الوظيفة والتّطور الطبيعي للأسنان المؤقتة (Lucas-Rincón *et al.*, 2019).

يُعد بتر اللّب إجراءً علاجياً مقبولاً وشائعاً للأسنان المؤقتة المصابة بانكشاف لبي نخري، حيث تحتوي أنسجة اللب التّاجي عادةً على عضويات دقيقة وتظهر علامات التهاب وتنكس. يتم في هذا الإجراء إزالة الأنسجة المصابة ووضع مادة متوافقة حيوياً على أنسجة اللّب السليمة أو المُلتهبة القابلة للعلاج (Rodd *et al.*, 2006)، وتكمن أهمية هذا العلاج في كونه يحافظ على حيوية اللّب المتبقي وسلامة القوس السنية حتى بزوغ الأسنان الدّائمة (Fuks & Papagiannoulis, 2016).

يتألف لبّ الأسنان المؤقتة من نسيجٍ ضام يحتوي على أوعية دموية وأعصاب وخلايا مناعية. وقد أظهرت الدّراسات النّسيجية تشابهاً كبيراً بين أنسجة الأسنان المؤقتة والدائمة (Sahara *et al.*, 1993; Sari *et al.*, 1999)، كما تحتفظ الأسنان المؤقتة بقدرتها على التعافي حتى في المراحل المتأخرة من امتصاص الجذر الفيزيولوجي (Monteiro *et al.*, 2009).

2-1-1 التّصنيف

يُصنف بتر اللّب في الأرحاء المؤقتة اعتماداً على الأهداف العلاجية إلى ثلاث تصانيف رئيسية (Ranly, 1994; Parisay *et al.* 2015):

1-2-1-1 التّحنيط أو إزالة الحيوية أو التّخثير

يُعدّ تحنيط اللّب أولى الطّرق استخداماً في البتر، حيث قدّم Sweet *et al.* عام 1930م طريقة بتر اللّب على عدة جلسات باستخدام الفورموكريزول لإزالة الحيوية بشكلٍ كاملٍ، فيُصبح اللّب الجذري بذلك عقيماً مما يمنع الإنتان والامتصاص الدّاخلي. وقد حققت هذه الطريقة نجاحاً كبيراً (Ranly, 1994; Parisay *et al.* 2015). من أبرز المواد المستخدمة في التحنيط:

1-1-2-1-1 الفورموكريزول

يتكون الفورموكريزول أو محلول باكلي من 19% فورمالدهيد (**CH_2O**)، و35% كريزول (**$C_8H_{10}O_2$**) في سواغ مؤلف من 15% غليسيرين (**$C_3H_8O_3$**) وماء (**H_2O**). الفورمالدهيد الموجود في الفورموكريزول مبيداً قوياً للجراثيم ومثبطاً للعديد من الأنزيمات في العملية الالتهابية (Issrani *et al.*, 2023).

يَهدف استخدام الفورموكريزول إلى التّثبيت الكامل لجميع أنسجة اللّب المُتبقية والمواد المتنخرة داخل القناة الجذرية (Issrani *et al.*, 2023). وقد أظهرت المعالجة بالفورموكريزول استجابة نسيجية غير جيدة للُّب، حيث أفاد العديد من الباحثين أنّه بعد تطبيق الفورموكريزول يحدث تثبيت للثلث التّاجي في اللّب الجذري والتهاب مزمن في الثّلث المتوسط، مما يبقي الثّلث الجذري غير معالج. وأفاد مؤلفون آخرون أن أنسجة اللّب المتبقية تكون متنخرة بشكلٍ جزئي أو كلي (Guo *et al.*, 2023; Smaïl-Faugeron *et al.*, 2018). وخَلصت الوكالة الدّولية لأبحاث السّرطان (IARC) في عام 2004م إلى أن التّعرض المزمن لمستويات عالية من الفورمالدهيد يُسبب سرطان البلعوم الأنفي لدى البشر، لذلك دُرست العديد من البدائل (Lewis, 2009).

2-1-2-1-1 الغلوتارالدهيد

يُعدُّ الغلوتارالدهيد (**$C_5H_8O_2$**) محلولاً فعالاً ضدّ الكائنات الحيّة الدّقيقة، وأظهر فعالية ضدّ فيروس نقص المناعة البشري، لذا يُنصح باستخدام محلول 2% غلوتارالدهيد لتعقيم الأدوات الجراحية والطّبعات السّنية وساحة العمل داخل العيادة وكما استخدم سابقاً لتعقيم الأقنيّة الجذريّة (Rusmah, 1993).

اقترح استخدام الغلوتارالدهيد من قبل Kopel *et al.* عام 1980م كبديل عن الفورموكريزول في بتر اللّب؛ نظراً لتفوقه بالخصائص المثبتة، وانخفاض سميته (Kopel *et al.*, 1980)، ويتميز -إضافة لما سبق- باختراقه المحدود للأنسجة الحيوية مما يُحافظ على حيوية الأنسجة اللّبية في الثّلث الجذري بعد إجراء بتر اللّب. كما يتم استقلاب العينات التي تتوزع جهازياً بسرعة، فتطرح عن طريق الزّفير أو البول على شكل غاز ثنائي أكسيد الكربون (Rusmah, 1993).

3-1-2-1-1 مراجعة الدّراسات السّابقة في تقنية التّحنيط

اقترح Doyle عام 1962م إجراء بتر اللُّب باستخدام الفورموكريوزل على جلستين لاعتبارات سلوكية واقتصادية (Doyle, 1962)، ثم، وخلال سنوات قليلة، أجرى Spedding *et al.* عام 1965م دراسة حيوانية (Spedding *et al.*, 1965)، وأجرى Readig عام 1968م دراسة بشرية لتطبيق الفورموكريزول لمدة 5 دقائق حيث أُستُغنِي عن التّحنيط الكامل للنسيج اللّبي، وأصبحت الطّريقة المعيارية التي تقارن بها جميع الطّرق الحديثة المدروسة (Readig, 1968).

أجريت عدة دراسات حيوانية نسيجية عام 1970م بواسطة Straffon & Han (Straffon & Han, 1970) وعام 1971م بواسطة Loos & Han (Loos & Han, 1971) لتخفيف تركيز الفورموكريزول إلى 1:5 نظراً لسميته. ثم أجريت دراسة بشرية على الفورموكريزول الممدد 1:5 عام 1975م من قبل Morawa *et al.* (Morawa *et al.*, 1975)، وفي عام 1978م، أُجريت دراسة حيوانية على القرود لتحري التّوزع الجهازي للفورموكريزول بواسطة Myers *et al.*، حيث كُشف عن تراكيز كبيرة منه في النّسيج اللّبي والعاج والأنسجة حول السّنية والعظام (Myers *et al.*, 1978).

اقترح Kopel *et al.* عام 1980م استخدام الغلوتارالدهايد كبديل للفورموكريزول؛ لأنّه أقل سميةً وأكثر فعاليةً في تثبيت النّسيج اللُّبي (Kopel *et al.*, 1980)، كما اقترح Ruemping *et al.* عام 1983م استخدام التّخثير الكهربائي كبديل عبر دراسة حيوانية نسيجية (Ruemping *et al.*, 1983)، إلا أن النّتائج غير مشجعة. بعد

ذلك، أُجريت دراسة استطلاعية على أسنان بشرية عام 1987م بواسطة Sheller *et al.*، فتبين أن التخثير الكهربائي يحرض على حدوث التموت اللُّبي نسيجياً سريرياً وشعاعياً (Sheller *et al.*, 1987).

وجد Tsai *et al.* عام 1993م معدلات فشلٍ عاليةٍ عند استخدام الغلوتارالدهيد في بتر لب الأسنان المؤقتة بعد المتابعة طويلة المدى، مما دفع إلى استبعاده كعامل بديل للفورمكريزول (Tsai *et al.*, 1993). بالمقابل، أظهرت دراسة سلطان وخردجي عام 1994م النّسيجية والشّعاعية تفوق الغلوتارالدهيد على الفورموكريزول، حيث أثار الأخير ارتكاساً التهابياً شديداً في النّسيج اللّبي، بينما حفز الغلوتارالدهيد على الشّفاء (سلطان وخردجي، 1994)، أجرى سلطان وخردجي عام 1997م دراسة دموية كيميائية حيوية ودراسة تشريحية مرضية، خلصت إلى أن الغلوتارالدهيد كان الأفضل مقارنةً بالفرموكريزول وهدروكسيد الكالسيوم (سلطان وخردجي، 1997) **(الجدول 1-1)**.

2-2-1-1 المحافظة على الحيوية أو إزالة الحيوية بالحد الأدنى

يُحنّط النّسيج اللّبي بالحد الأدنى مع الحفاظ على أقصى درجة ممكنة من الحيوية في اللّب الجذري ومن دون تحفيز تشكل الجسر العاجي (Ranly, 1994; Parisay *et al.* 2015). ومن أكثر المواد شيوعاً في المحافظة على الحيوية:

1-2-2-1-1 سلفات الحديد

يُعدّ محلول 15.5% سلفات الحديد ($Fe_2(SO_4)$) عامل تخثير معروف، ويُستخدم في تبعيد اللثة والتحكم في النّزف أثناء المعالجة اللّبية. وتكمن الميزة الأساسية لسلفات الحديد في قدرته على تقليل احتمالية تفكك الخثرة بعد تشكلها، حيث يُشكل عند ملامسته للدم مركباً بروتينياً غنياً بالحديد، مما يُؤمن إغلاقاً ميكانيكياً للشعيرات الدموية ويقلل الاستجابة الالتهابية (Bandi *et al.*, 2017).

2-2-2-1-1 محلول هيبوكلوريت الصوديوم

يُعدّ محلول هيبوكلوريت الصوديوم (**NaOCl**) أكثر محاليل الإرواء استخداماً في المعالجة اللبية نظراً لخصائصه المضادة للعضويات الدقيقة، وقدرته على حلّ الأنسجة والإرقاء (Mohammadi *et al.*, 2021)، وأظهرت العديد من الدراسات السريرية والشعاعية أن لبتر اللب باستخدام محلول هيبوكلوريت الصوديوم نسب نجاح عالية، قريبة من تلك المُحققة بالفورموكريزول (Guo *et al.*, 2023; Smaïl-Faugeron *et al.*, 2018).

3-2-2-1-1 مراجعة الدراسات السابقة في تقنية المحافظة على الحيوية

أُجريت دراسة سريرية على البشر عام 1971م بواسطة Magnusson لتقييم استخدام أكسيد الزنك والأوجينول مباشرة على اللب، لكن التقييم النسيجي كشف عن آثاره السلبية مثل الالتهاب (Magnusson, 1971). وفي عام 1991م، أقترح Fei *et al.* استخدام سلفات الحديد بعد إجراء دراسة سريرية على بتر اللب في الأرحاء المؤقتة (Fei *et al.*, 1991). وفي عام 1999م، أجرى لفلوف وخردجي دراسة سريرية وشعاعية خلصت إلى أن سلفات الحديد والتخثير الكهربائي بديلان فعّالان عن بتر اللب بالفورموكريزول في الأرحاء المؤقتة (لفلوف وخردجي، 1999). وفي نفس العام اقترح Liu *et al.* استخدام الليزر في بتر لب الأرحاء المؤقتة، حيث أظهر ليزر Nd:YAG نتائج أفضل بالمقارنة مع الفورموكريزول (Liu *et al.*, 1999). أشار Papagiannoulis عام 2002م إلى إمكانية استخدام سلفات الحديد كبديل للفورموكريزول (Papagiannoulis, 2002). وأخيراً، خلصت مراجعة منهجية أجراها Peng *et al.* عام 2007م إلى أن معدلات النّجاح السّريري والشّعاعي لبتر اللّب في الأسنان المؤقتة كانت متقاربة بين الفورموكريزول وسلفات الحديد، مع تميز الأخير بانخفاض تكلفته وعدم وجود مخاوف بشأن سميّته أو تأثيره المُسرطن، مما دفع إلى التّوصية به كبديل للفورموكريزول (Peng *et al.*, 2007)، أما دراسة الحسين والمنقل عام 2012م، فقد خلصت إلى إمكانية اعتبار ليزر Nd:YAG وDiode بديلاً جيداً للفورموكريزول في بتر لب الأرحاء المؤقتة (الحسين والمنقل، 2012). وكما خلص الشاعر ولفلوف عام 2023م إلى اعتبار هلام الصبار بديلاً عن الفورموكريزول في بتر لب الأرحاء المؤقتة المصابة بالتهاب لب

غير ردود عبر دراسة سريرية وشعاعية ونسيجية (الشاعر ولفلوف، 2023) **(الجدول 1-1)**. سيتم توسيع الشرح ومراجعة الدراسات السابقة الخاصة بمحلول هيبوكلوريت الصوديوم في الصفحات 39-41.

3-2-1-1 التجدد أو الإصلاح

يهدف التجدد إلى الحفاظ على حيوية النّسيج اللّبي وتحفيز تكوُّن عاجٍ مُرمِّم باستخدام مواد حيوية مختلفة. ومن أكثر المواد شيوعاً في هذا المجال:

1-3-2-1-1 هدروكسيد الكالسيوم

طُرح استخدام هدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) في طب الأسنان لأول مرة بواسطة Nygren عام 1938م (Nygren, 1938)، بعد أن أظهر Hermann عام 1930م أن المادة تحفز تكون جسرٍ عاجٍ عند ملامستها للنسيج اللّبي (Hermann, 1930). تتميز مادة هدروكسيد الكاسيوم بقلويتها العالية (pH = 12)، مما يجعلها مادة كاوية تسبب تنخراً سطحياً في النسيج اللبي الحي عند ملامسته. ومع ذلك، يتشكل أسفل النسيج المتنخر نسيج لبي سليم خالٍ من الخلايا الالتهابية. وقد استُخدمت على نطاق واسع في المعالجات اللّبية الحية، مثل بتر اللّب في الأرحاء الدّائمة الفتية والمؤقتة والتّغطية اللّبية المباشرة نظراً لخصائصها المضادة للجراثيم وقدرتها على تحفيز تكوّن العاج (Nishanthi & Ravindran, 2020).

مع ذلك، أشار Waterhouse *et al.* عام 2002م إلى ضرورة اتباع معايير صارمة عند استخدام هدروكسيد الكالسيوم في الأسنان المؤقتة، (Waterhouse *et al.*, 2002)، حيث قد تسبب التهاباً مزمناً وامتصاصاً داخلياً (Huth *et al.*, 2005).

2-3-2-1-1 مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية

طُرح مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية كبديل واعد للفورموكيزول نظراً لخصائصه الفريدة التي تشمل تحرير إفراز السّيتوكينات من الخلايا العظمية وتعزيز تكوين الأنسجة الصّلبة وفعالية مضادة للعضويات الدقيقة والحفاظ على حيوية اللّب بعد إجراءات التّغطية أو البتر. يتميز مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية بعدة

خصائص مرغوبة مثل التوافق الحيوي العالي والقدرة على الإغلاق المحكم والظلالية الشعاعية وانخفاض معدل الذوبان والخاصية المحبة للماء (Hosoya *et al.*, 2019).

تمّ تركيب مادة ثلاثي الأكاسيد المعدنية في التسعينات من قبل Lee *et al.* (Lee *et al.*, 1993)، ثم طرحت تجارياً عام 1995م من قبل Torabinejad & White، وتتكون هذه المادة من أكسيد الكالسيوم (**CaO**) وثاني أكسيد السيليكون (**SiO_2**) وأكسيد الحديد الثلاثي (**Fe_2O_3**) وأكسيد الألمنيوم (**Al_2O_3**) (Torabinejad & White, 1995). حصلت المادة على موافقة هيئة الغذاء والدواء الأمريكية عام 1998م وطُرحت في الأسواق تحت الاسم التجاري ProRoot® MTA، لتنتشر بعد ذلك عالمياً وتُستخدم على نطاق واسع في العديد من التطبيقات السريرية، مثل التّغطية اللّبية المباشرة وترميم الانثقابات والحشو الراجع وبتر اللّب الحي والتّصنع الذروي. مع انتشارها التّجاري، أُجريت العديد من الدّراسات لاختبار التقبل الحيوي للمادة، وقدرتها على تحفيز تكوين الأنسجة الصلبة، بالإضافة إلى قدرتها الخاتمة (Hosoya *et al.*, 2019; Torabinejad & Parirokh, 2010).

واجه الأطباء صعوبة في التّعامل مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية عند طُرحها لأول مرة، إلا أن توفُّر أجهزة مخصصة في السوق لاحقاً سهَّل استخدامها وتطبيقها بشكل كبير. كانت المنتجات الأولى من هذه المادة باللون الرمادي، وأُجريت معظم الأبحاث المبكرة على هذه الصيغة. لكن بسبب مشكلة التّلون الناتج عن بقايا المادة في التاج السني، طُرحت نسخة بيضاء منها في عام 2002م تحت الاسم التجاري نفسه ProRoot® MTA. قد أظهرت الصيغة البيضاء انخفاضاً في احتمالية التلون، لكن يتوجب على الطبيب إزالة جميع آثارها قبل ترميم الأسنان في المناطق الجمالية (Hosoya *et al.*, 2019). يعود الفرق بين اللونين بشكلٍ رئيسي إلى انخفاض تركيز أكسيد الحديد (**FeO_2**) في الصيغة البيضاء وغياب مركب ألومينات الحديد رباعي الكالسيوم (**$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$**) الموجود في الصيغة الرمادية. ومع ذلك، حافظت الصيغة البيضاء على خصائص مشابهة للصيغة الرمادية من حيث الأداء والتلون بسبب وجود أكسيد البزموت (**Bi2O3**) (Patel *et al.*, 2014).

يُعدّ مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية المعيار الذهبي وفقاً لأحدث التوجيهات الإرشادية الصادرة عن الأكاديمية الأمريكية لطب أسنان الأطفال فيما يخص المعالجات اللبية للأسنان المؤقتة (Dhar *et al.*, 2017;

(American Academy of Pediatric Dentistry, 2021)، حيث أظهر هذا المركب معدلات نجاح عالية سريرياً وشعاعياً ونسيجياً عند استخدامه في عمليات بتر اللّب للأرحاء المؤقتة، مما أكسبه مكانة المعيار الذهبي في هذا المجال (Guo *et al.*, 2023; Smaïl-Faugeron *et al.*, 2018)، غير أن للمادة بعض العيوب الرئيسية كارتفاع التكلفة وزمن التّصلب الطّويل البالغ 3-4 ساعات ومشكلة التلون (Hosoya *et al.*, 2019).

يَنتج التلون عن تفاعل المادة الظليلة المؤلفة من أكسيد البزموت (Bi_2O_3) مع ألياف الكولاجين في العاج ضمن بيئة ناقصة الأوكسيجين، للتغلب على هذه المشكلة، اقترحت الدراسات استبدال أكسيد البزموت بأكسيد الزركونيوم (ZrO_2) كمادةٍ ظليلةٍ بديلةٍ، حيث أظهرت نتائج واعدة في تقليل التلون (Kang *et al.* 2015). تم تطبيق هذه التعديلات في المنتج التجاري الذي طُرح لاحقاً تحت اسم RootDent MTA (Džanković, 2020; Fetouh, 2022; Ma, 2023; Fetouh, 2024).

3-3-2-1-1 الإسمنت البورتلاندي

يُعرف الإسمنت البورتلاندي بأنه مسحوق ناعم يتكون أساساً من سيليكات ثنائية الكالسيوم (Ca_2SiO_4) وسيليكات ثلاثية الكالسيوم ($3CaO.SiO_2$) وكبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$)، ويُعد هذا المركب الأساسي لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية. نظراً لهذه العلاقة التركيبية، حظي الإسمنت البورتلاندي باهتمام كبير كبديل اقتصادي لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية، خاصةً أنه لا يحتوى على أكسيد البزموت (Bi_2O_3)، مما يقلل من مشكلة التّلون لكنه يفقد خاصية الظلالية الشعاعية (Shahi *et al.*, 2022).

يُشتق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية من الإسمنت البورتلاندي كمادة أساسية، ويشتركان في بعض الخصائص الكيميائية، إلا أنهما يختلفان في عدة جوانب أساسية. حيث تخضع منتجات مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية لعملية تنقية ومعالجة إضافية وتتميز بحجم جسيمات أصغر مقارنة بالإسمنت البورتلاندي وتحتوي على نسبة أقل من المعادن الثقيلة السّامة (Shahi *et al.*, 2022). أظهر الإسمنت البورتلاندي نتائج نجاح عالية في عمليات بتر اللب للأرحاء المؤقتة (Steffen & Waes, 2009).

4-3-2-1-1 مراجعة الدّراسات السّابقة في تقنية التّجدد

شهدت الأبحاث في مجال تقنية التّجدد تطوراً تدريجياً بدءاً من الدراسات النّسيجية الأساسية ووصولاً إلى التّطبيقات السريرية، تعود البدايات إلى عام 1938م عندما أجرى Teuscher & Zander دراسة بشرية تقيم استخدام هدروكسيد الكالسيوم في بتر لب الأسنان (Teuscher & Zander; 1938). بعد ذلك بثلاثة عقود، في عام 1970م، قدّم Magnusson دراسات إضافية داعمة لهذا الأسلوب العلاجي (Magnusson, 1970). مع تقدم التقنيات البحثية، انتقلَ العلماء إلى استخدام نماذج حيوانية أكثر تعقيداً. ففي عام 1984م، استخدم Fuks *et al.* القرود لدراسة فعالية الصفائح الغنية بالكولاجين (Fuks *et al.*, 1984)، بينما قام Fadavi *et al.* عام 1988م بتقييم العظم المجفف والمجمد على نفس النوع من الحيوانات (Fadavi *et al.*, 1988). مع اقتراب تسعينيات القرن الماضي، بدأ Nakashima سلسلة من الأبحاث الرائدة على الكلاب، حيث استخدم العاج منزوع المعادن عام 1989م (Nakashima, 1989). ثم انتقل إلى دراسة البروتينات المولدة للعظم عام 1990م (Nakashima, 1990)، بلغت هذه الأبحاث ذروتها مع دراسة Rutherford *et al.* عام 1993م، التي مثلت أول تطبيق سريري للبروتينات المولدة للعظم في البشر (Rutherford *et al.*, 1993).

في عام 1996م، قدم باحثون من جامعة Loma Linda في الولايات المتحدة الأمريكية أول تقييم لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض في بتر اللّب عبر دراسة حيوانية بواسطة Ford *et al.* (Ford *et al.*, 1996)، تتبع ذلك عام 2001م أول تطبيق سريري على البشر بواسطة Eidelman *et al.* (Eidelman *et al.*, 2001). في عام 2002م، أظهرت دراسة Holland *et al.* على الكلاب تشابهاً في الأداء البيولوجي بين الإسمنت البورتلاندي ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض المطوّر من جامعة Loma Linda ، حيث حفز كلاهما تكوّن الجسر العاجي بنفس الكفاءة (Holland *et al.*, 2002). أجرى Conti *et al.* عام 2009م تقرير لحالتين استخدم فيهما الإسمنت البورتلاندي لبتر لب رحى أولى وثانية سفلية مؤقتة، وأجريت متابعة سريرية وشعاعية لمدة 3 و6 و12 شهراً. كانت نتائج المعالجة ناجحة، حيث تم الحفاظ على حيوية اللّب وتشكل جسر عاجٍ (Conti *et al.*, 2009). أجرى Sakai *et al.* عام 2009م دراسة سريرية مضبوطة معشاة قارن فيها بين

استخدام الإسمنت البورتلاندي ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي (MTA ANGELUS®) في بتر لب الأرحاء المؤقتة، وأجريت متابعة سريرية وشعاعية لمدة 24 شهراً، وخلص إلى أن نسب النّجاح السّريرية والشّعاعية لكلا المادتين كانت متقاربة، ويمكن أن يكون الإسمنت البورتلاندي البديل الأقل ثمناً (Sakai *et al.*, 2009). قيّم Oliveira *et al.* عام 2013م الاستجابة النّسيجية والسّريرية والشّعاعية للنسيج اللّبي بعد البتر باستخدام مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (MTA ANGELUS®) والإسمنت البورتلاندي وهدروكسيد الكالسيوم، وخلصت دراسته إلى تفوق كلاً من مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية والإسمنت البورتلاندي (Oliveira *et al.*, 2013). تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) في دراسة مسلماني وقوشجي عام 2015م، سريرياً وشعاعياً على الإسمنت البورتلاندي الأبيض في بتر اللب على الأرحاء المؤقتة الثانية السفلية بعد متابعة عام، ولكن بنسب نجاح متقاربة (مسلماني وقوشجي، 2015). قارن Yildirim *et al.* عام 2016م في دراسته بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (ProRoot® MTA) والإسمنت البورتلاندي والفورموكريزول ومشتق القالب المينائي في بتر لب الأرحاء المؤقتة، وأجريت المتابعة لمدة 24 شهراً، وخلصت إلى تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية على جميع المواد السّابقة (Yildirim *et al.*, 2016). قارن Santa *et al.* عام 2017م بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (ProRoot® MTA) والإسمنت البورتلاندي في بتر لب الأرحاء المؤقتة، وأجريت المتابعة السّريرية والشّعاعية لمدة 12 شهراً، وخلصت الدّراسة إلى أنّه يمكن اعتبار الإسمنت البورتلاندي بديلاً اقتصادياً عن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية، حيث أظهرت الدراسة نسب نجاح متقاربة (Santa *et al.*, 2017). أظهرت دراسة Maroto *et al.* عام 2019م نتائج مشابهة، حيث كانت نسب النجاح السريرية والشعاعية 100% بعد متابعة 6 و12 شهراً للإسمنت البورتلاندي وبالتالي يمكن اعتباره بديلاً اقتصادياً (Maroto *et al.*, 2019). قارن Petel *et al.* عام 2021م بين الإسمنت البورتلاندي النقي (MedcemMTA®) المضاف له 25% أكسيد زركونيوم (ZrO_2) كمادة ظليلة، والفورموكريزول في بتر لب الأرحاء المؤقتة، وأجريت المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 4 سنوات، وخلص إلى أنه يمكن استخدام الإسمنت البورتلاندي النقي في بتر لب الأرحاء المؤقتة (Petel *et al.*, 2021). قدم الزعبي وبشاره عام 2021م دراسة نسيجية سريرية وشعاعية مقارنة بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA)

والإسمنت البورتلاندي الأبيض في بتر لب الأسنان الأمامية العلوية المؤقتة، وخلص إلى أنه يمكن اعتبار الإسمنت البورتلاندي الأبيض بديل رخيص الثمن (الزعبي وبشاره، 2021). قارن Gisour *et al.* عام 2024م بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (NeoMTA Plus®) والإسمنت البورتلاندي والفورموكريزول في بتر لب الأرحاء المؤقتة، وخلص بعد المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 12 شهراً، إلى أنّه يمكن اعتبار الإسمنت البورتلاندي ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بديل عن الفورموكريزول (Gisour *et al.*, 2024) **(الجدول 1-1)**. سيتم استعراض التفاصيل الكاملة للدراسات السابقة الخاصة بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية في الصفحات 30-38.

2-1 مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية

2-2-1 الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية

1-2-2-1 زمن التصلب

يبلغ زمن التّصلب الأولي لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية 58.30 دقيقة، وهو الزّمن من لحظة المزج مع الماء وحتى بداية تشكل الإسمنت وبدء ظهور التّغيرات الفيزيائية، ويبلغ زمن التّصلب النهائي 217.20 دقيقة، وهو الزمن منذ بدء مزج الإسمنت وحتى التّصلب النهائي، أي حوالي 4 ساعات (Nashibi *et al.*, 2025).

يَتصلب مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية في بيئة رطبة، على عكس العديد من المواد السّنية الأخرى، فيتحول المكون الرئيسي، وهو أكسيد الكالسيوم (**CaO**)، إلى هدروكسيد الكالسيوم (**$Ca(OH)_2$**) وينتج عن ذلك بيئة ذات قلوية عالية لها تأثيرات مضادة للعضويات الدقيقة. توضح المعادلات الآتية آلية التفاعل (Camilleri, 2008):

Eq.1 $2(3CaO.SiO_2) + 6H_2O \rightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + 3Ca(OH)_2$,

هدروكسيد الكالسيوم هيدرات سيليكات الكالسيوم ماء سيليكات ثلاثية الكالسيوم

Eq.2 $2(2CaO.SiO_2) + 4H_2O \rightarrow 3CaO.2SiO_2.3H_2O + Ca(OH)_2$,

هدروكسيد الكالسيوم هيدرات سيليكات الكالسيوم ماء سيليكات ثنائية الكالسيوم

Eq.3 $3CaO.Al_2O_3 + CaSO_4 + H_2O \rightarrow 3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.31H_2O$

سلفوألومينات الكالسيوم ماء كبريتات الكالسيوم ألومينات ثلاثية الكالسيوم

1-2-2-2 مقاومة الانضغاط

تبلغ مقاومة الانضغاط بعد 24 ساعة من المزج 40.00 ميجاباسكال، ثم تزداد إلى 67.30 ميجاباسكال بعد 21 يوماً. وأظهر مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي مقاومة انضغاط أعلى من المركب الأبيض (Torabinejad *et al.*, 1995).

1-2-2-3 الظلالية الشعاعية

يُعدّ مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية أقل ظلالية شعاعية من IRM وSuper EBA والأملغم والكوتابيركا، بينما يتمتع بدرجة ظلالية شعاعية قريبة من أكسيد الزنك والأوجينول. ويبلغ متوسط الظلالية الشعاعية لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية 17 من سماكة الألومنيوم المكافئ، مما يجعله سهل التمييز في الصور الشعاعية (Alhaddad Alhamoui, 2014).

1-2-2-4 الانحلالية

لا يظهر إسمنت مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض أي انحلال عند تصلبه، إلا في حال استخدام كميات كبيرة من الماء أثناء المزج، ويحرر الإسمنت المتصلب هدروكسيد الكالسيوم (**$Ca(OH)_2$**) عند تعرضه للماء والذي يعد المسؤول عن خصائص التجدد الحيوي (Pushpalatha *et al.*, 2022).

1-2-2-5 القدرة الخاتمة

يتميز مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بقدرة خاتمة جيدة، حيث تُعدّ سماكة 4 ملم كافية لتأمين ختم جيد. ويعود هذا الختم المُتحقق إلى خصائص التمدد والانكماش في هذا المركب التي تتشابه إلى حدّ كبير مع خصائص العاج، مما يُكسبه مقاومة عالية للتسرب الحفافي وهجرة العضويات الدقيقة إلى النظام القنيوي. ويُعد وجود حاجز ثابت ضدّ تسرب العضويات الدقيقة والسّوائل أحد العوامل الأساسية التي تُسهم في النّجاح السّريري (Hachmeister *et al.*, 2002).

1-2-2-6 الرقم الهيدروجيني

يُعرف الرقم الهيدروجيني (pH) بأنه مقياس يُحدد درجة حموضة أو قلوية المحلول، ويُعبّر عن التركيز النسبي لشوارد الهيدرونيوم (H_3O^+) وشوارد الهيدروكسيل (OH^-) فيه. يتراوح مقياس الرقم الهيدروجيني من 0 إلى 14، حيث تمثل القيمة 7 حالة التعادل، بينما تشير القيم الأعلى من 7 إلى الوسط القلوي، والقيم الأقل من 7 إلى الوسط الحمضي. ويُعبر عنه رياضياً باللوغاريتم العشري السالب لتركيز شوارد الهيدرونيوم في المحلول المدروس (Hopkins *et al.*, 2018):

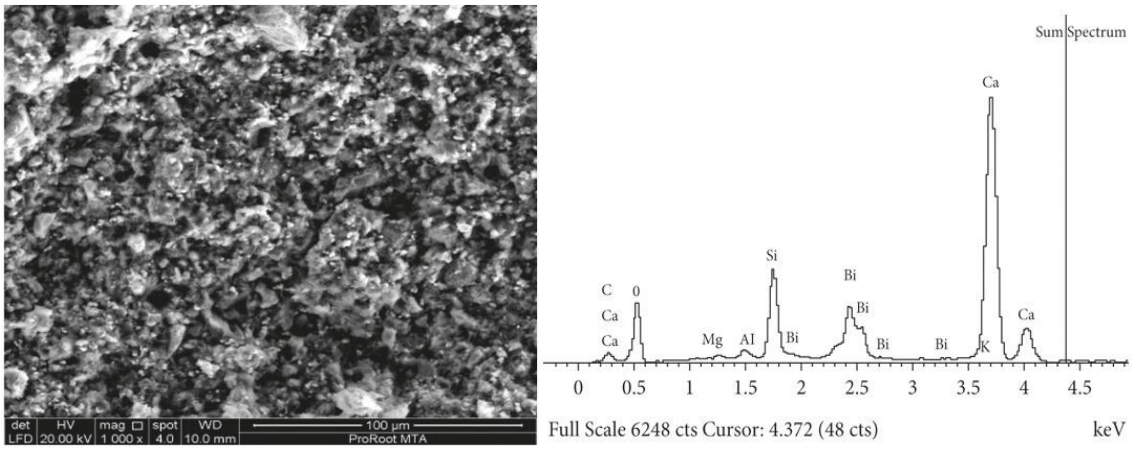
$$\mathrm{pH} = \log_{10}[H_3O^+]$$

يتميز مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بقيم رقمية هيدروجينية عالية تتمثل في (pH = 9.93) عند التصلب النهائي، مع ارتفاع ملحوظ بعد 24 ساعة ليصل إلى (pH = 10.28)، ويحافظ على هذه القيم المرتفعة بعد 28 يوماً (pH = 10.80)، مما يدل على استمرارية التفاعلات الكيميائية حتى اكتمال عملية التصلب (Ghazvini *et al.*, 2009).

تؤدي الدّرجة القلوية العالية لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية إلى تحفيز تكوّن الأنسجة الصلبة عبر تحرير شوارد الكالسيوم (Ca^{2+}) وتنظيم إفراز السيتوكينات وخلق بيئة معقمة عند تماسها مع الأنسجة الحية. هذه الآليات تعزز هجرة الخلايا البانية للأنسجة الصلبة وتمايزها الوظيفي وتكوين هيدروكسي أباتيت ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) وتحقيق إحكام بيولوجي فعّال (Okiji & Yoshiba, 2009).

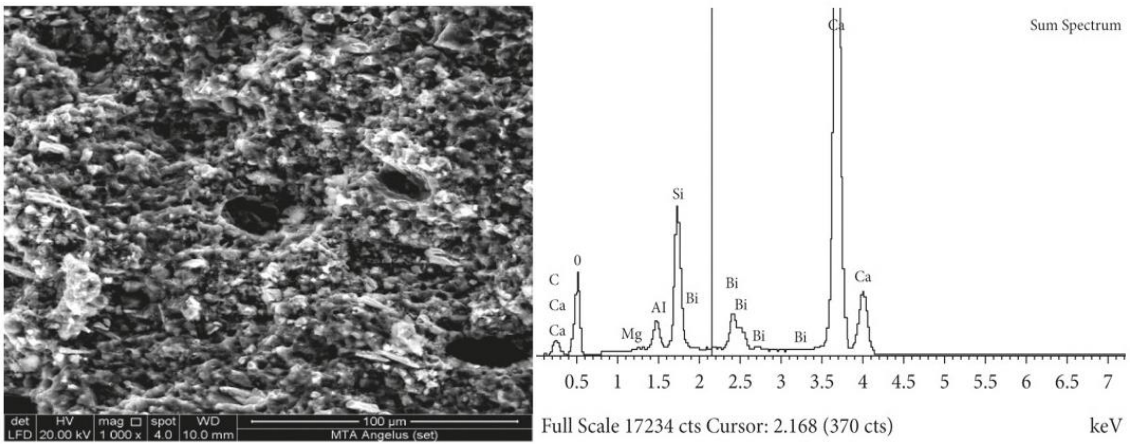
7-2-2-1 الخصائص المورفولوجية والتحليل الكيميائي

تُعرَّف دراسة مورفولوجيا السطح بأنها التحليل ثلاثي الأبعاد والوصف النوعي لخصائص السطح، حيث تجرى باستخدام المجهر الضوئي أو المجهر الإلكتروني الماسح. يعمل المجهر الإلكتروني الماسح من خلال تركيز حزمة إلكترونية على العينة المدروسة بجهد عالٍ يصل إلى 30 KV، ومن ثم تسجيل الإشارات الناتجة عن تفاعل الإلكترونات مع العينة وتحويل هذه الإشارات إلى صورة رقمية عبر أجهزة كشف متخصصة. يُستخدم المجهر الإلكتروني الماسح لتحديد الخصائص البنيوية للمواد البيولوجية التي تتكون من سلاسل طويلة من الوحدات المتكررة من العناصر ذات الوزن الذري المنخفض كالهيدروجين (**H**) والكربون (**C**) والأوكسيجين (**O**) والنتروجين (**N**). تطبق تقنية تحليل الأشعة السينية المشتتة للطاقة (EDX) جنباً إلى جنبا مع المجهر الإلكتروني الماسح لتحديد التركيب العنصري للسطح وتحليل التوزيع الكمي والنوعي للعناصر وتكوين خرائط عنصرية دقيقة (Fischer *et al.*, 2012). كان لجزيئات مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) أو (MTA Angelus®) بنية متطاولة ويتألف من سيليكات ثلاثية الكالسيوم (Ca_3SiO_5) وسيليكات ثنائية الكالسيوم (Ca_2SiO_4) وألومينات ثلاثية الكالسيوم ($Ca_3Al_2O_6$) وأكسيد البزموت (Bi_2O_3) و هدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) (**الشكل 1-1**) و(**الشكل 1-2**) (Mahmoud *et al.*, 2022).



الشكل 1-1. التحليل المورفولوجي والكيميائي لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot®

MTA) (Mahmoud *et al.*, 2022).



الشكل 1-2. التحليل المورفولوجي والكيميائي لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (MTA

Angelus®) (Mahmoud *et al.*, 2022).

3-2-1 التقبل الحيوي

يتمتع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية بتوافق حيوي عالٍ، حيث يُحفز استجابات شفائية مثالية، حيث أظهرت الدراسات النسيجية تكوّن ملاط جديد في المناطق الذروية المحيطة واستجابة التهابية محدودة وتشكيل جسور عاجية متجانسة (Tawil *et al.*, 2015).

يتميز مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية بعدم تسببه في حدوث طفرات، كما أنه أقل سمية خلوية مقارنة ب Super EBA وIRM، وهذا يدعم تفوقه على الفورموكريزول في بتر اللب. وقد كشفت اختبارات السمية الجينية -بعد معالجة الخلايا اللمفاوية الطرفية بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية- عدم حدوث أي تلف في الحمض النووي وإحداث استجابة التهابية خفيفة عند التماس المباشر وتحفيز فعال لعملية تجدد الأنسجة. أثبت فعالية ملحوظة في مجال الحشو الراجع عبر تحفيز تكوين نسيج ملاطي متمايز. كما أظهر أداءً متميزاً في عمليات الإصلاح العظمي للثقوب من خلال تحفيزه لتشكل نسيج عظمي جديد. على المستوى الخلوي، سجل المركب تفاعلاً إيجابياً مع الخلايا البانية للعظم، حيث حافظ على حيوية الخلايا بنسبة تجاوزت 85% بعد 72 ساعة من التطبيق، مع تحفيز ملحوظ لإفراز الكولاجين (Rao *et al.*, 2009).

4-2-1 الخصائص المضادة للعضويات الدقيقة

لا يظهر مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية فعالية ضد الجراثيم اللاهوائية المجبرة، لكنه يظهر فعالية محدودة ضد خمسة أنواع من الجراثيم اللاهوائية المخيرة، كالمكورات العقدية الهينة (Streptococcus Mitis) والمكورات العقدية الطافرة (Streptococcus Mutans) والمكورات العقدية اللعابية (Streptococcus Salivarius) والعصيات اللبنية (Lactobacillus) والمكورات العنقودية البشروية (Staphylococcus Epidermidis). لا يمتلك مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية فعلاً مضاداً للجراثيم في المعالجات اللبية، لأن معظم الجراثيم في الأقنية اللبية هي لا هوائية مجبرة ولا هوائية مخيرة (Kim *et al.*, 2015).

5-2-1 مراجعة الدراسات السابقة في بتر لب الأرحاء المؤقتة باستخدام مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية

كانت نتائج الدّراسات متباينة بين تلك التي بينت تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية في بتر لب الأرحاء المؤقتة وتلك التي ذكرت بدائل أخرى بنتائج مشجعة.

استخدم مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية من جامعة Loma Linda لأول مرة في دراسة نسيجية ل Ford *et al.* عام 1996م في التغطية اللبية المباشرة لأسنان القرود، مقارنة بهدروكسيد الكالسيوم، وخلصت الدراسة إلى إمكانية استخدام مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية سريرياً في المعالجات اللّبية الحيوية (Ford *et al.*, 1996). أجرى Eidelman *et al.* عام 2001م دراسة سريرية وشعاعية استطلاعية في بتر لب الأسنان المؤقتة، وأظهرت نتائجها نجاحاً كبيراً لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية سريرياً وشعاعياً، مما دفع إلى اقتراح استخدامه كبديلٍ للفورموكريزول (Eidelman *et al.*, 2001).

أجرى Agamy *et al.* عام 2004م دراسة سريرية مضبوطة معشاة، تم فيها اختيار 72 رحى مؤقتة بشكلٍ عشوائي من أسنان 24 طفلاً للدراسة السريرية والشعاعية، وقسمت إلى ثلاث مجموعات وفقاً لمادة التغطية اللبية المستخدمة، مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض أو مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي أو الفورمكريزول، كما أُضيفت مجموعة رابعة مكونة من 15 رحى أولى مؤقتة مُعدّة للقلع الدوري لإجراء التقييم النسيجي. بعد متابعة 12 شهراً، لم تُسجّل فروقاً ذات دلالة إحصائية بين المواد الثلاث (Agamy *et al.*, 2004). أجرى Jabbarifar *et al.* عام 2004م دراسة سريرية وشعاعية للمقارنة بين نسب نجاح مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) والفورموكريزول في بتر لب الأرحاء المؤقتة، حيث اختيرت 64 رحى مؤقتة عشوائياً وقسمت إلى مجموعتين، أظهرت نتائج الدراسة نسب نجاح متقاربة بعد المتابعة لمدة 12 شهراً واقترح استخدام مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية كبديل عن الفورموكريزول (Jabbarifar *et al.*, 2004). تواصلت الأبحاث خلال عام 2005م لتؤكد فعالية مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية في بتر لب الأرحاء المؤقتة. ففي دراسة Naik & Hegde عام 2005م أظهر مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية معدلات

نجاح سريرية وشعاعية مرتفعة بعد متابعة قصيرة لمدة 6 أشهر (Naik & Hegde, 2005). بينما كشفت دراسة Holan *et al.* عام 2005م أن لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية معدلات نجاح سريرية وشعاعية أعلى من الفورمكريزول لدى المتابعة لمدة 38 شهراً (Holan *et al.*, 2005). أما دراسة Farsi *et al.* في عام 2005م فقد اعتمدت منهجية أكثر شملاً، حيث شملت 100 طفل و120 رحى مؤقتة. بعد 12 شهراً من المتابعة، لوحظ تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض في الحفاظ على حيوية الأنسجة اللبية المتبقية، مع انخفاض ملحوظ في حالات الامتصاص الجذري مقارنةً بمجموعة الفورموكريزول، حيث أظهرت مجموعة الفورمكريزول 5 حالات امتصاص داخلي وواحدة مترافقة مع ألم (Farsi *et al.*, 2005). قارن Saltzman *et al.* في عام 2005م بين بتر اللب باستخدام ليزر Diode المتبوع بالتغطية بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) مع بتر اللب التقليدي باستخدام الفورموكريزول المتبوع بالتغطية بأكسيد الزنك والأوجينول في 26 رحى مؤقتة وبتقنية الفم المشطور، سجلت مجموعة الليزر Diode معدلات نجاح شعاعية أقل بالمقارنة مع مجموعة الفورموكريزول خلال فترة متابعة 15.7 شهراً، فقد يعود السبب لاستخدام الليزر قبل مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (Saltzman et *al.*, 2005). أكدت دراسة بليش ولفلوف عام 2006م على تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية شعاعياً وسريرياً، حيث تفوق بشكل واضح على الفورموكرزول، مما يجعله الخيار الأمثل في بتر لب الأسنان المؤقتة (بليش ولفلوف، 2006). أجرى Peng *et al.* في عام 2006م دراسة منهجية وتحليل متلوي شمل نتائج متعددة من الدراسات السابقة، قارن بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية والفورمكريزول في بتر اللب في الأرحاء المؤقتة. كشفت النتائج السريرية والشعاعية إلى أن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية كان متفوقاً على الفورمكريزول مع معدلات فشل أقل، وخلص إلى أنه بديلاً جيداً (Peng *et al.*, 2006).

أجرى Aeinehchi *et al.* في عام 2007م دراسة سريرية مضبوطة معشاة لمقارنة بتر اللب باستخدام مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) والفورمكريزول في الأرحاء المؤقتة، تم اختيار 126 طفلاً تتراوح أعمارهم بين 5 و 9 سنوات. أظهر مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض نتائج

مثالية بعد 6 أشهر دون أي حالات فشل، بينما سجل الفورموكريزول 6 حالات امتصاص جذري، وكانت الاختلافات بين المجموعتين ذات دلالة إحصائية (Aeinehchi *et al.*, 2007). وجد Maroto *et al.* في دراسته عام 2007م بأن لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي (ProRoot® MTA) معدلات نجاح سريرية وشعاعية عالية لدى استخدامه في بتر لب الأرحاء المؤقتة بعد متابعة 42 شهراً (Maroto *et al.*, 2007). أجرى Noorolahian في عام 2008م دراسة سريرية مضبوطة معشاة لمقارنة نتائج بتر لب الأرحاء الثانية المؤقتة السفلية باستخدام مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) والفورمكريزول في 46 طفلاً تتراوح أعمارهم بين 5 و7 سنوات (Noorollahian, 2008). أظهرت المتابعة لمدة 24 شهراً فشلاً شعاعياً في مفترق جذور أحد الأرحاء المعالجة بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية، وتم ملاحظة انسداد الأقنية في واحدة من الأسنان المعالجة بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية وفي 4 من الأسنان المعالجة بالفورموكيزول (Noorollahian, 2008). لكن كشفت دراسة Moretti *et al.* عام 2008م بأن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي (MTA Angelus®) كان بنفس فعالية الفورمكريزول في بتر اللب على الأرحاء المؤقتة السفلية، إلا أنه تفوق على هدروكسيد الكالسيوم سريرياً وشعاعياً، حيث وجد امتصاص داخلي في عينات هدروكسيد الكالسيوم بعد متابعة عامين (Moretti *et al.*, 2008). دعمت النتائج السابقة المراجعة المنهجية التي أجراها Ng & Messer عام 2008م، حيث خلصت إلى أن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية قدّم نتائج ممتازة في بتر لب الأسنان المؤقتة ويمكن اعتباره بديلاً عن الفورموكريزول (Ng & Messer, 2008).

تفوق الفورموكريزول وسلفات الحديد في دراسة Sonmez *et al.* عام 2008م على مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (ProRoot® MTA)، وتفوق الأخير على هدروكسيد الكالسيوم في بتر لب الأرحاء المؤقتة لدى المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 24 شهراً (Sonmez *et al.*, 2008). تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) على الفورموكريزول في دراسة Subramaniam *et al.* عام 2009م في بتر لب الأرحاء المؤقتة بعد متابعة 24 شهراً (Subramaniam *et al.*, 2009). قام Mortazavi *et al.* عام 2009م بدراسة سريرية وشعاعية مقارنة لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) مع

الفورمكريزول لمتابعة 12-24 شهراً، واعتبر مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض البديل الأفضل من الفورمكريزول في بتر اللب بالأرحاء المؤقتة (Mortazavi *et al.*, 2009). قارن Ansari & Ranjpour عام 2010م بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية والفورموكريزول في بتر لب الأرحاء المؤقتة، وخلص بعد متابعة 24 شهراً إلى تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (ProRoot® MTA) على الفورموكريزول (Ansari & Ranjpour, 2010). ذكر Hugar & Deshpande في دراسته عام 2010م بأن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) يُعدّ بديلاً أفضل من الفورموكريزول إلا أنه أغلى ثمناً، حيث كانت نتائج المتابعة السريرية والشعاعية متقاربة بعد متابعة 36 شهراً (Hugar & Deshpande, 2010). قارن Haghgoo & Abbasi عام 2010م بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (Root® MTA) و(ProRoot® MTA) في بتر لب الأرحاء المؤقتة ووجد أن نسب النجاح السريرية والشعاعية متقاربة بعد متابعة 30 شهراً، وأوصى بإجراء دراسات نسيجية (Haghgoo & Abbasi, 2010). قارن Zealand *et al.* عام 2010م بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي والفورموكريزول الممدد 1:5، وخلص إلى تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي (ProRoot® MTA) في بتر لب الأرحاء المؤقتة بعد متابعة 6 أشهر (Zealand *et al.*, 2010). قارن Doyle *el al.* عام 2010م بين التغطية التقليدية بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية وبتر اللب بسلفات الحديد متبوعاً بالتغطية بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية وبتر اللب التقليدي باستخدام سلفات الحديد، وخلصت إلى تفوق التغطية التقليدية مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية على المجموعات السابقة بعد متابعة 24 شهراً (Doyle *et al.*, 2010). قارن Srinivasan & Jayanthi عام 2011م بين الفورموكريزول ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي (MTA Angelus®) نسيجياً وسريرياً وشعاعياً وخلص إلى تفوق الأخير على الفورموكريزول، حيث لوحظ نسيجياً وجود خلايا التهابية وضمور في اللب الجذري ولوحظ سريرياً وجود حركة سنية، وكما ترافقت عينات الفورموكريزول شعاعياً مع شفوفية وتوسع رباط، بينما تشكل جسر عاجٍ في مجموعة مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (Srinivasan & Jayanthi, 2011). تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (ProRoot® MTA) على هدروكسيد الكالسيوم في دراسة Liu *et al.* عام 2011م لدى المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 56 شهراً (Liu *et al.*, 2011). قارن Malekafzali *et al.* عام 2011م بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية

والإسمنت الخليط الغني بالكالسيوم في بتر لب الأرحاء المؤقتة، وخلص إلى أن يمكن اعتبار كلا المادتين مواد حيوية فعالة لتغطية اللب بعد المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 24 شهراً (Malekafzali *et al.*, 2011). وفي دراسة Erdem *et al.* عام 2011م، تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية سريرياً وشعاعياً على أكسيد الزنك والأوجينول في بتر اللب على الأرحاء المؤقتة بعد متابعة عامين (Erdem *et al.*, 2011). تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي (ProRoot® MTA) على الفورموكريزول الممدد 1:5 في دراسة Sushynski *et al.* عام 2012م وذلك بعد المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 24 شهراً (Sushynski *et al.*, 2012). اعتبر Airen *et al.* في دراسته عام 2012م أن استخدام مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (ProRoot® MTA) في بتر لب الأرحاء المؤقتة خياراً علاجياً أفضل من استخدام الفورموكريزول بعد المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 24 شهراً (Airen *et al.*, 2012). اعتبر ElKhadem & Nagi في دراسة بعام 2013م، أن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية أفضل مادة تغطية بعد بتر اللب في الأرحاء المؤقتة (Elkhadem & Nagi, 2013). أظهرت دراسة Oliveira *et al.* عام 2013م، أن لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (MTA Angelus®) نجاحاً سريرياً وشعاعياً أعلى بالمقارنة مع هدروكسيد الكالسيوم في بتر اللب في الأرحاء المؤقتة السفلية بعد متابعة عامين (Oliveira *et al.*, 2013). خلص Mettlach *et al.* في دراسته عام 2013م إلى أن يمكن اعتبار مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي (ProRoot® MTA) بديلاً أفضل من الفورموكريزول الممدد 1:5 بعد المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 42 شهراً (Mettlach *et al.*, 2013). تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) و(MTA Angelus®) على هدروكسيد الكالسيوم في دراسة Celik *et al.* عام 2013م في بتر لب الأرحاء المؤقتة بعد متابعة 24 شهراً (Celik *et al.*, 2013). قارن Jayam *et al.* عام 2014م بين الفورموكريزول ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (MTA Angelus®) في بتر لب الأرحاء المؤقتة وخلص بعد المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 24 شهراً إلى تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض على الفورموكريزول (Jayam *et al.*, 2014). أجرى Akcay & Sari عام 2014م دراسة قارنت بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) وهدروكسيد الكالسيوم في بتر لب الأرحاء المؤقتة بعد استخدام محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم لتطهير الحجرة قبل تطبيق مادة التغطية، وخلصت

إلى أن المحلول حسّن من نتائج البتر لدى المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 12 شهراً (Akcay & Sari, 2014). قارن Yildiz & Tosun عام 2014م بين الفورموكريزول وسلفات الحديد ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) وهدروكسيد الكالسيوم، وخلص إلى أن الأخير أظهر أقل نسبة نجاح سريرية وشعاعية بعد متابعة 30 شهراً، حيث استطب قلع 3 أسنان في مجموعة هدروكسيد الكالسيوم لوجود أعراض سريرية وشعاعية (Yildiz & Tosun, 2014). أظهر مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) في دراسة Olatosi *et al.* عام 2015م نسب نجاح سريرية وشعاعية أعلى من الفورموكريزول في بتر لب الأرحاء المؤقتة بعد متابعة 12 شهراً (Olatosi *et al.*, 2015). خلص Kang *et al.* عام 2015م إلى أن معدلات نجاح مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) و(OrthoMTA®) و(RetroMTA®) كانت متقاربة لدى المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 12 شهراً (Kang *et al.*, 2015). خلص Niranjani *et al.* في دراسته عام 2015م إلى تكافئ كل من الليزر والبيوديننتين ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (MTA Angelus®) في نجاح بتر اللب في الأرحاء المؤقتة بعد المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 6 أشهر (Niranjani *et al.*, 2015). قارن Kusum *et al.* في دراسته عام 2015م بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) والبيودنتين والعكبر، وخلص إلى تفوق كلاً من مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض والبيودنتين على العكبر بعد المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 12 شهراً (Kusum *et al.*, 2015). أظهر البيودنتين في دراسة Cuadros-Fernández *et al.* عام 2016م نتائج نجاح سريرية وشعاعية مقاربة لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية بعد متابعة 12 شهراً (Cuadros-Fernández *et al.*, 2016). في دراسة نسيجية ل & Godhi Tyagi عام 2016م، حنّت مادة مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية البيضاء على تجدد النسيج اللبي في بتر اللب بالأرحاء المؤقتة، بمتابعة 3 سنوات (Godhi & Tyagi, 2016). وفي دراسة Yildirim *et al.* عام 2016م، تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (ProRoot® MTA) سريرياً وشعاعياً على الإسمنت البورتلاندي والفورمكريزول ومشتقات القالب المينائي في بتر اللب في الأرحاء المؤقتة بعد مراقبة عامين (Yildirim *et al.*, 2016). قارن Goyal *et al.* عام 2016م بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية والبتر باستخدام 15.5% سلفات الحديد و2% غلوتار ألدهايد، وخلص إلى تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية على كل من

المادتين السابقتين بعد متابعة 6 أشهر (Goyal *et al.*, 2016). خلص Uloopi *et al.* عام 2016م إلى أن لليزر Diode نسب نجاح سريرية وشعاعية قريبة لمركب ثلاثي الأكسيد المعدنية في بتر اللب بعد متابعة 12 شهراً (Uloopi *et al.*, 2016). قارن Rajasekharan *et al.* عام 2016م بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) والبيودنتين وإسمنت معتمد على اليودوفورم (Tempophore™)، ووجد نسب نجاح سريرية وشعاعية متقاربة بعد متابعة 18 شهراً (Rajasekharan *et al.*, 2016). قارن Kalra *et al.* عام 2017م بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (MTA Angelus®) ومستخلص نبات الصبار، ولوحظ تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية لدى المتابعة السريرية والشعاعية لمدة 12 شهراً (Kalra *et al.*, 2017). خلص Junqueira *et al.* عام 2018م، بأن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (MTA Angelus®) هو الخيار الأول في بتر اللب في الأرحاء المؤقتة، حيث أجرى دراسة نسيجية وسريرية وشعاعية قارن فيها بين 15.5% سلفات الحديد ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (Junqueira *et al.*, 2018). أعطى مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية نتائج جيدة في بتر اللب على الأرحاء المؤقتة في مراجعة Musale *et al.* عام 2018م، ووجد بأن ذلك يعتمد بشكلٍ أساسي على اختيار الحالة ومنهجية العمل (Musale *et al.*, 2018).

أظهرت دراسة حجاز وعزاوي عام 2018م تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية سريرياً وشعاعياً على البيودينتين والفورموكريزول في بتر لب الأرحاء المؤقتة الثانية (حجاز وعزاوي، 2018). قارن Jamali *et al.* عام 2018م بين 3Mixtatin ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (MTA ANGELUS®) والفورموكريزول في دراسة سريرية وشعاعية، وخلص بعد 24 شهراً إلى أنه يمكن اعتبار 3Mixtatin مادة فعالة في بتر لب الأرحاء المؤقتة (Jamali *et al.*, 2018). تشير المراجعة المنهجية للدراسات السابقة التي أجراها Smaïl-Faugeron *et al.* عام 2018م إلى أن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية هو المادة الأكثر فعالية في بتر لب الأرحاء المؤقتة (Smaïl-Faugeron *et al.*, 2018).

أظهر البيودينتين في دراسة El Habashy عام 2020م، نسب نجاح سريرية مقاربة لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA)، إلا أن البيودينتين أظهر امتصاصاً داخلياً بعد مراقبة شعاعية

لمدة عامين (El Habashy, 2020). لكن وجدت دراسة Ramanandvignesh *et al.* عام 2020م التي قارنت النجاح السريري والشعاعي لبتر اللب في الأرحاء المؤقتة بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (MTA Angelus®) والبيودينتين وليزر Er,Cr:YSGG، أن يُعدّ نجاح بتر اللب مستقلاً عن نوعية المادة المستخدمة ومن الممكن أن يستخدم ليزر Er,Cr:YSGG بشكل فعال في بتر اللب (Ramanandvignesh *et al.*, 2020). قارن Ahuja *et al.* عام 2020م بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية، والبيودنتين، والفورموكريزول في بتر اللب في الأرحاء المؤقتة، ووجد بعد متابعة سريرية وشعاعية لمدة 9 أشهر تفوق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية والبيودنتين على الفورموكريزول (Ahuja *et al.*, 2020). ذكر Satyarth *et al.* عام 2021م أن الجمع بين ليزر Diode ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية حسّن من النتائج السريرية والشعاعية للبتر في الأسنان المؤقتة عند استخدام مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية بشكلٍ مستقل، وبالتالي يمكن اعتبار الليزر بديلاً لمعالجات اللب الحيوية في الأسنان المؤقتة (Satyarth *et al.*, 2021). أظهرت دراسة العواد والتيناوي عام 2022م تفوقاً سريرياً وشعاعياً لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية عل الفيبرين الغني بالصفيحات والفورموكريزول في بتر لب الأرحاء المؤقتة الثانية المصابة بالتهاب لب غير ردود (العواد والتيناوي، 2022). أجرى عويد وقوشجي عام 2022م دراسة سريرية وشعاعية ونسيجية تفوق فيها مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية على كل من الكركم وليزر Diode ومرقئ نزف أنكافيرد في بتر لب الأرحاء المؤقتة مع أعراض التهاب لب ردود أو غير ردود (عويد وقوشجي، 2022). أظهرت دراسة النصار والتيناوي عام 2022م تفوق البيوسيرامك الكثيف على مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة الثانية بأعراض التهاب لب غير ردود (النصار والتيناوي، 2022). خلص Chak *et al.* عام 2022م في دراسته إلى تفوق 3Mixtatin –يتألف من مزيج من ميترونيدازول ومينوسيكلين وسيبروفلوكساسين- على مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (MTA ANGELUS®) في بتر لب الأرحاء المؤقتة بعد متابعة 12 شهراً (Chak *et al.*, 2022). خلص Guo *et al.* عام 2023م في مراجعته المنهجية إلى اعتبار كلاً من مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية والبيودنتين والليزر خياراً علاجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة (Guo *et al.*, 2023).

في عام 2023م، أجرى Mushtaq *et al.* دراسة قارن فيها بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية و3Mixtatin، فكشفت النتائج السريرية والشعاعية بعد 12 شهراً تفوق 3Mixtatin في بتر لب الأرحاء المؤقتة (Mushtaq *et al.*, 2023)، وتلاها في العام 2024م دراسة أجريت بواسطة Venugopal Reddy *et al.* قارن فيها بين مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية و3Mixtatin والفورموكريزول فوجد بعد متابعة سريرية وشعاعية لمدة 12 شهراً تفوق 3Mixtatin (Venugopal Reddy *et al.*, 2024). وأكدت المراجعة المنهجية التي أجراها Priya & Ramar عام 2025م النتائج السابقة ودعمت الاستخدام السريري لل 3Mixtatin في بتر لب الأرحاء المؤقتة نظراً لخصائصه االمضادة للعضويات الدقيقة (Priya & Ramar, 2025) **(الجدول 1-1).**

3-1 محلول هيبوكلوريت الصوديوم

2-3-1 لمحة عامة عن محلول هيبوكلوريت الصوديوم

يستخدم محلول هيبوكلوريت الصوديوم كمادة إرواء في المعالجة اللبية منذ عام 1920م، بفضل فعله المضاد للعضويات الدقيقة نظراً لقلويته العالية (pH = 12)، ولقدرته على إذابة الأنسجة دون تخريش للأنسجة اللبية. كما يتميز بلزوجة منخفضة، مما يجعله يتغلل بسهولة ضمن الأقنية، إضافة إلى امتلاكه مدة صلاحية طويلة، وسعر منخفض، وتوافره بسهولة (Cai *et al.*, 2023). أثبت Rosenfeld *et al.* عام 1978م أن تطبيق محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم على اللب الحي غير المستأصل يُحلّل بشكل انتقائي أنسجة اللب السطحية المتنخرة، بينما يترك أنسجة اللب السليمة العميقة دون أذى (Rosenfeld *et al.*, 1978). وجد Hafez *et al.* عام 2002م أن تطبيق محلول 3% هيبوكلوريت الصوديوم بعد بتر اللب قد ساهم في إعادة تعضي النسج الرخوة وتشكيل جسر عاجٍ عند استخدامه في إرقاء النزف بعد إجراء بتر اللب على أسنان القرود، كما أنه متقبَّل حيوياً ولا يُسبب تهيجاً لأنسجة اللب، إلى جانب كونه عاملاً مرقئاً فعالاً (Hafez *et al.*, 2002).

3-3-1 مراجعة الدراسات السابقة في بتر لب الأرحاء المؤقتة باستخدام محلول هيبوكلوريت الصوديوم

يتميز محلول هيبوكلوريت الصوديوم بقدرته على تحليل الأنسجة، ويُستخدم بنجاح في إيقاف نزف النسيج اللبي المبتور. وأشار Rosenfeld *et al.* عام 1978م إلى أن وضع محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم على النسيج اللبي الحي غير المُعالَج لمدة 15 دقيقة يُحدث تأثيراً في الأنسجة السطحية فقط دون التأثير على الأنسجة الأكثر عمقاً (Rosenfeld *et al.*, 1978). كما أظهرت دراسات Hafez *et al.* في دراستيه لعام 2000م و2002م أن استخدام محلول 3% هيبوكلوريت الصوديوم في إرقاء النزف بعد بتر لب أسنان القرود أدى إلى تشكُّل جسر عاجٍ وإعادة تنظيم النسيج اللبي بشكل جيد، على عكس الفورموكريزول الذي سبَّب تنخراً لبياً. وبناءً على ذلك، يُمكن استنتاج أن هذا المحلول يُعد خياراً عملياً في معالجة لُب الأسنان المؤقتة (Hafez *et al.*, 2000; Hafez et *al.*, 2002).

تفوّق محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم على سلفات الحديد في عمليات بتر لُب الأرحاء المؤقتة في دراسة أجراها Vargas *et al.* عام 2006م، مع ملاحظة حدوث امتصاص داخلي في كلا المجموعتين بعد متابعة المرضى لمدة 6-12 شهراً (Vargas *et al.*, 2006). وفي دراسة Vostatek *et al.* عام 2011م، حول بتر لُب الأرحاء المؤقتة باستخدام محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم، سُجِّلت نتائج سريرية وشعاعية مماثلة لتلك المُحقَّقة باستخدام الفورموكريزول أو سلفات الحديد بعد 12 شهراً من المتابعة (Vostatek *et al.*, 2011). أكدت دراسة المنقل عام 2012م إمكانية استخدام محلول 3% هيبوكلوريت الصوديوم كعامل دوائي ناجح في بتر لُب الأرحاء المؤقتة (المنقل، 2012). في مقارنة شاملة أجراها Fernández *et al.* عام 2013م بين الفورموكريزول وسلفات الحديد ومحلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA)، تبين تحقيق جميع هذه المواد نسب نجاح متقاربة سريرياً وشعاعياً بعد 24 شهراً من المتابعة، مما دفع الباحثين إلى اقتراح تطبيق محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم لمدة 30 ثانية كبديل فعّال للفورموكريزول (Fernández *et al.*, 2013). أظهرت دراسة Ruby *et al.* عام 2013م، أن تطبيق

محلول 3% هيبوكلوريت الصوديوم لمدة 5 دقائق يُحقق نسب نجاح سريرية وشعاعية مشابهة للفورموكريزول المُمدد 1:5 بعد 12 شهراً من المتابعة (Ruby *et al.*, 2013). في دراسة سريرية مضبوطة معشاة أجراها Mutairi & Bawazir عام 2013م باستخدام طريقة الفم المشطور، لوحظت نتائج متقاربة بين تطبيق محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم لمدة 30 ثانية والفورموكريزول في بتر لُب الأرحاء المؤقتة بعد متابعة 12 شهراً (Mutairi & Bawazir, 2013)، وخلص Shabzendedar *et al.* عام 2013م إلى نتائج مشابهة بعد 12 شهراً متابعة ولمدة تطبيق 15 ثانية (Shabzendedar *et al.*, 2013). أكدت دراسة Farsi *et al.* عام 2015م عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين الفورموكريزول وسلفات الحديد ومحلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم بعد 18 شهراً من المتابعة (Farsi *et al.*, 2015). وجد Li *et al.* عام 2016م معدلات نجاح سريرية وشعاعية أعلى لبتر اللب بمحلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم بالمقارنة مع الفورمكريزول وسلفات الحديد (Li *et al.*, 2016). وفي نفس السياق، خلص Chauhan *et al.* عام 2017م، بأن محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم من الممكن أن يكون بديلاً مناسباً عن الفورمكريزول في بتر اللب في الأرحاء المؤقتة بعد متابعة 6 أشهر (Chauhan *et al.*, 2017)، وتفوق تطبيق محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم لمدة 1 دقيقة سريرياً وشعاعياً على الفورموكريزول الممدد 1:5 بعد متابعة 6 أشهر في دراسة Reddy *et al.* عام 2017م (Reddy *et al.*, 2017). خلص Atasever *et al.* عام 2019م إلى أن الإرقاء بسلفات الحديد أو محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم لمدة 30 ثانية متبوعاً بالتغطية سواء بأكسيد الزنك والأوجينول أو هدروكسيد الكالسيوم له نسب نجاح سريرية وشعاعية عالية ومتقاربة (Atasever *et al.*, 2019). أجريت التغطية بطبقة من أكسيد الزنك والأوجينول بعد بتر اللب في جميع الدراسات السابقة.

خلص Lin & Lin عام 2020م إلى أن محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم يُعدّ بديلاً عن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) وسلفات الحديد في بتر لب الأرحاء المؤقتة حيث أظهر نتائج نجاح سريرية وشعاعية متقاربة بعد متابعة 24 شهراً لدى التطبيق لمدة 5 دقائق (Lin & Lin, 2020). اعتبر Bahrololoomi *et al.* عام 2021م، محلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم بديلاً مقبولاً عن

الفورموكريزول الممدد 1:5، نظراً لخصائصه المضادة للعضويات الدقيقة وفعاليته في الإرقاء، مؤكداً أن لهيبوكلوريت الصوديوم نتائج واعدة كعامل لبتر اللب في الأسنان المؤقتة مع نتائج مماثلة للعوامل المحافظة على حيوية اللب لدى تطبيقه لمدة 30 ثانية (Bahrololoomi *et al.*, 2021). ذكر Akman & Surme عام 2023م في دراسته التراجعية بأن نسب النجاح الشعاعية لمحلول 5% هيبوكلوريت الصوديوم و15.5% سلفات الحديد ممتازة في بتر لب الأرحاء المؤقتة بعد متابعة 12 شهراً، حيث أجري التطبيق لمدة 30 ثانية (Akman & Surme, 2023). أجريت التغطية بطبقة من أكسيد الزنك والأوجينول بعد بتر اللب في جميع الدراسات السابقة.

يستخدم أكسيد الزنك والأجينول بشكلٍ شائعٍ كمادة قاعدية بعد بتر اللب، ولكن وجد Aburel *et al.* عام 2021م بأن أكسيد الزنك والأوجينول يسبب التهاباً لبياً متوسط الشدة عندما يطبق بشكل مباشر على الأنسجة اللبية دون تحفيز تكوّن جسر عاجٍ، ويعزى ذلك إلى سميته المرتبطة بتحرير الأوجينول ($C_{10}H_{12}O_2$). وأظهرت الدراسة أن حتى التراكيز المنخفضة من الأوجينول تتمتع بخصائص سامة للخلايا، حيث تؤدي إلى تلف الخلايا الليفية. وفي ضوء هذه النتائج، أوصى الباحثون بالبحث عن مواد بديلة ذات توافق حيوي أفضل (Aburel *et al.*, 2021) **(الجدول 1-1)**.

4-3-1 اختلاطات محلول هيبوكلوريت الصوديوم

1-4-3-1 تلف الملابس

يُعَدُّ الانسكاب العرضي لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم من أكثر الحوادث شيوعاً أثناء إرواء القنوات الجذرية، حيث إن انسكاب كمية ضئيلة منه قد يُسبِّب تلفاً دائماً في لون الملابس (Singhal *et al.*, 2013).

2-4-3-1 أذية عينية

يؤدي التّعرض العيني للمواد القلوية مثل هيبوكلوريت الصوديوم إلى أذية عينية شديدة، نظراً لتفاعله مع الدهون والبروتينات في الخلايا الظهارية، مما يُسبِّب تقرحاً يخترق سدى القرنية، وينتج عنه انثقاب قرني والتهاب داخل العين وفقدان البصر (Bizrah *et al.*, 2019)، سُجِّلت حالة انسكاب مفاجئ للمحلول في عين طبيب

الأسنان أثناء المعالجة اللبية، وكانت الأعراض فورية وتشمل ألم حاد ومفاجئ وإحساس بالحرقان ودماع وحمامى وفقدان الطبقة الظهارية للقرنية وضبابية الرؤية وتلطّخ القرنية (Farreras *et al.*, 2014).

3-4-3-1 أذية الجلد والنسج المخاطية

يُسبب الحروق الكيميائية الناتجة عن التفاعل بين المادة القلوية ومكونات الخلايا الظهارية كالدهون والبروتينات أضراراً مشابهة لتلك التي تُصيب العين (Bizrah *et al.*, 2019). لذلك ينصح بتطبيقه في الحفرة الفموية بعد تطبيق الحاجز المطاطي.

4-4-3-1 الحساسية

تُعدّ الحساسية تجاه محلول هيبوكلوريت الصوديوم نادرة، وتشمل أعراضها الشرى والوذمة وضيق التنفس والتشنج القصبي وانخفاض ضغط الدم (Chung *et al.*, 2022). سُجِّلت حالة لامرأة تبلغ 32 عاماً أظهرت رد فعل تحسسيّاً شديداً بعد استخدام 0.5 مل من محلول 1% هيبوكلوريت الصوديوم، حيث ظهر لديها ألمٌ مفاجئ وتورم وصعوبة في التنفس وهبوط ضغط الدم وأكد اختبار الحساسية الجلدي بعد أسبوعين وجود تفاعل إيجابي قوي (Zhe *et al.*, 2016).

5-4-3-1 الحروق الكيميائية وتنخر النسج

تحدث هذه المضاعفات النادرة عند تسرب المحلول عبر ذروة الجذر إلى الأنسجة المحيطة، مما يُسبب تنخراً موضعياً أو منتشراً، ويصاحبه تورم إما قد يكون داخل الفم في الأنسجة المخاطية أو خارج الفم في الجلد أو النسيج تحت الجلد ووذمة أو نزف وألم فوري أو متأخر الذي يظهر خلال دقائق إلى ساعات (Perotti *et al.*, 2018). وخاصة لدى استعماله ضمن الأقنية مفتوحة الذروة (النسر وبشاره، 2020).

6-4-3-1 أذية عصبية

يمكن أن يسبب التسرب الذروي لمحلول هيبوكلوريت الصوديوم تنميل وخدر في مناطق تعصيب العصب الذقني والعصب تحت الحجاج المتفرعة من العصب مثلث التوائم، وقد يصيب الفرع الشدقي من

العصب الوجهي مما يسبب فقدان الأخدود الأنفي الشفوي وارتخاء زاوية الفم ويتطلب استعادة الوظائف الحسية والحركية عدة أشهر (Perotti *et al.*, 2018).

7-4-3-1 انسداد المجاري التنفسية العليا

إذا لم يتم العزل الكافي أثناء الإرواء، فقد يتسرب المحلول إلى التجويف الفموي، مما يُؤدي إلى ابتلاعه أو استنشاقه وتهيج للحلق وفي الحالات الشديدة يسبب انسداد المجاري التنفسية العليا. سُجّلت حالة لفتاة تبلغ من العمر 15 عاماً ابتلعت المحلول، مما أدى إلى التهاب حاد في الحنجرة والرغامى والقصبات وصرير وسيلان لعابي شديد (Al-Sebaei *et al.*, 2015).

4-1 هلام هيبوكلوريت الصوديوم

2-4-1 لمحة عامة عن هلام هيبوكلوريت الصوديوم

يتكون هلام هيبوكلوريت الصوديوم من مزج محلول هيبوكلوريت الصوديوم (**NaOCl**) مع محلول حمض أميني لزج من كربوكسي ميثيل السليلوز (**$C_6H_7O_2(OH)$**)، حيث يعمل الأخير على توفير اللزوجة المطلوبة (Irani *et al.*,2024). يتميز هذا الهلام برقم هيدروجيني يتراوح بين (pH = 11.00 – 10.40) مما يجعله مادة قلوية، كما يمتلك فعالية مضادة للجراثيم مماثلة لمحلول 5.25% هيبوكلوريت الصوديوم. على الرغم من تفوق المحلول السائل في قدرته على تحليل الأنسجة، إلا أن الهلام يُعدّ أقل تهيجاً للأنسجة بسبب انخفاض قلويته النسبية. هذه الخصائص تجعله بديلاً أكثر أماناً، خاصة في علاجات أسنان الأطفال والإجراءات السريرية الروتينية (Luz *et al.*, 2019).

3-4-1 تطبيقات هلام هيبوكلوريت الصوديوم

أشارت العديد من الدراسات إلى مزايا استخدام هلام هيبوكلوريت الصوديوم مقارنة بالشكل المحلول التقليدي. ففي دراسة مبكرة عام 2010م، ذكر Zand *et al.* أن الشكل الهلامي يتغلب على عيوب المحلول، مما يجعله خياراً أكثر أماناً في طب أسنان الأطفال. (Zand *et al.*, 2010). وفي عام 2019م، أكدت دراسة النسر

وبشاره عام 2020م هذه النتائج، حيث أظهر الهلام تسرباً أقل عند استخدامه في الأسنان الفتية ذات الذروة المفتوحة بقطر ≥ 2.5 مم (النسر وبشاره، 2020).

أثبت دراسة Abu Hasna *et al.* عام 2020م من الناحية الجرثومية، فعالية هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم ضد للمكورات المعوية البرازية (Enterococcus faecalis)، والإشريكية القولونية (Escherichia coli)، وهي نتائج مماثلة للشكل المحلول (Abu Hasna *et al.*, 2020). أظهرت دراسة El Sayed *et al.* في نفس العام أن الهلام يمتلك فعالية مضادة لكل من للمكورات المعوية البرازية (Enterococcus faecalis)، والإشريكية القولونية (Escherichia coli) والمكورات العنقودية المذهبة (Staphylococcus aureus)، مما يجعله ضماداً داخل قنويّاً فعالاً (El Sayed *et al.*, 2020).

في الجانب السريري، كشفت دراسة Alkhouli *et al.* عام 2020م أن هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم فعالاً في إزالة النخر العاجي دون خسارة تعاون الطفل إلا أنه استغرق زمناً طويلاً، حيث قارنت الدراسة بين BRIX 3000 وهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم والأدوات الدوارة التقليدية في فعالية إزالة النخر في الأرحاء المؤقتة والزمن المستغرق وتقبل الطفل (Alkhouli *et al.*, 2020). كما ذكر Karatas *et al.* عام 2021م بأن الألم التالي للمعالجة اللبية كان أقل عند استخدام هلام هيبوكلوريت الصوديوم مقارنة مع الشكل المحلول (Karatas *et al.*, 2021). وفي الدراسات المخبرية الحديثة، وجد الكردي وبشاره عام 2017م أن هلام 2.2% هيبوكلوريت الصوديوم أظهر تأثيراً أفضل من محلول 2.2% هيبوكلوريت الصوديوم على قساوة عاج الأرحاء المؤقتة (الكردي وبشاره، 2017)، وقارن Karkoutly & Bshara عام 2022م بين التسرب الذروي لهلام ومحلول هيبكلوريت الصوديوم من الأرحاء المؤقتة دون امتصاص فيزيولوجي للجذور أو مع امتصاص فيزيولوجي أقل من ثلث الجذر باستخدام التحضير اليدوي التقليدي أو التحضير الآلي بنظام ProTaper، وخلصت نتائج الدراسة إلى أن هلام هيبوكلوريت الصوديوم بديل أكثر أماناً من المحلول لدى التحضير اليدوي التقليدي (Karkoutly & Bshara, 2022). ذكر Alsayed *et al.* عام 2024م بأن هلام 2.4% هيبوكلوريت الصوديوم كان فعالاً في التجريف الكيميائي الميكانيكي للنخر في الأرحاء الدائمة وخفض الألم بشكل كبير

مقارنة بالأدوات الدوارة التقليدية (Alsayed *et al.*, 2024). وجدت دراسة خلوف وبشاره عام 2025م بأنه يمكن اعتبار هلام هيبوكلوريت الصوديوم بتراكيز 2.25% و4% بديلاً فعالاً عن الشكل المحلول بتراكيز 2.25% و5.25% تجاه المكورات المعوية البرازية في سياق المعالجة اللبية في الأرحاء المؤقتة (خلوف وبشاره، 2025).

5-1 مسرعات تصلب مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض

2-5-1 لمحة عامة عن مسرعات تصلب مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض

يُعدّ طول زمن التصلب أحد العيوب الرئيسية لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض في عيادات طب أسنان الأطفال، مما دفع الباحثين إلى البحث عن مواد مسرعة للتصلب تحافظ على التوافق الحيوي للمادة. ومن بين المواد المقترحة لهذا الغرض كانت فوسفات ثنائي الصوديوم (Na_2HPO_4) وفوسفات الصوديوم (Na_3PO_4) وهلام الكلورهكسيدين ($C_{22}H_{30}Cl_2N_{10}$) وكلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) وهلام هيبوكلوريت الصوديوم ($NaOCl$) وحمض الليمون ($C_6H_8O_7$) لاكتات غلوكونات الكالسيوم ($C_9H_{16}CaO_{10}$) (Bolhari *et al.*, 2024)، ويبرز هلام هيبوكلوريت الصوديوم كأحد الخيارات الأمثل بين هذه المواد نظراً لتوافره بسهولة في العيادات السنية وتكلفته المنخفضة وقدرته على تحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة والفعالية المضادة للعضويات الدقيقة (Andrade *et al.*, 2015; Kogan *et al.*, 2006).

6-1 مزيج هلام هيبوكلوريت الصوديوم ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض

2-6-1 التقبل الحيوي

أجريت عدة دراسات لتقييم الخصائص الحيوية لمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام هيبوكلوريت الصوديوم. في دراسة مخبرية قام بها Jafarani *et al.* عام 2009م، تم تقييم السمية الخلوية لمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 3% هيبوكلوريت الصوديوم باستخدام الخلايا المولدة الليفية للفئران (L929 cells) لمدة 24 ساعة و48 ساعة و72 ساعة. أظهرت النتائج تقبلاً حيوياً جيداً (Jafarani

(*et al.*, 2009). بناء على نتائج هذه الدراسة الواعدة، أقترح Zapf *et al.* عام 2015م إجراء دراسات سريرية موسعة لتقييم أداء هذا المزيج في الجسم الحي، مع التركيز بشكلٍ خاص على التوافق الحيوي طويل الأمد (Zapf *et al.*, 2015). ومع ذلك، أظهرت دراسة الكردي وبشاره عام 2021م نتائج مختلفة عند اختبار مزيج مماثل يحتوي على هلام 2.2% هيبوكلوريت الصوديوم مع الإسمنت البورتلاندي الأبيض. عند تطبيق هذا المزيج في الطية الخدية للأرانب، لوحظت استجابة التهابية واضحة بعد 15 و45 يوماً من التطبيق، مما يشير إلى عدم تقبل المزيج حيوياً في هذه الظروف التجريبية (الكردي وبشاره، 2021).

3-6-1 الخصائص الفيزيائية والميكانيكية

أظهرت الأبحاث تطوراً ملحوظاً في فهم تأثيرات إضافة هلام هيبوكلوريت الصوديوم إلى مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض. ففي دراسة أجراها Kogan *et al.* عام 2006م، لوحظ أن إضافة هلام 3% هيبوكلوريت الصوديوم أدت إلى تحسينات كبيرة في الخصائص العملية للمادة، حيث انخفض زمن التصلب بشكل ملحوظ إلى 20 دقيقة فقط، مع تحسن ملموس في قابلية التعامل السريري. ومع ذلك، رافق هذه المزايا انخفاض في قوة الضغط من 28.4 MPa إلى 17.1 MPa (Kogan *et al.*, 2006). وفي سياق متصل، أكدت دراسة Andrade *et al.* عام 2015م أن إضافة هلام 1% هيبوكلوريت الصوديوم لمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية لم يؤثر على انحلالية المركب حيث بقيت معدومة (Andrade et al., 2015). وفي عام 2021م، قدم الكردي وبشاره رؤى جديدة من خلال تقييم مزيج هلام 2.2% هيبوكلوريت الصوديوم مع الإسمنت البورتلاندي الأبيض حيث سجل زمناً للتصلب الأولي بلغ 54.55 دقيقة، مع الحفاظ على مقاومة انضغاط تصل إلى 26.06 MPa ورقم هيدروجيني مرتفع (pH = 11.88) بعد 24 ساعة، مما يؤكد الحفاظ على الخصائص القلوية للمادة (الكردي وبشاره، 2021). ووجدت الدراسة المخبرية من قبل Karkoutly *et al.* عام 2025م أن لمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم قدرة خاتمة ممتازة في إغلاق انثقابات مفترق الجذور في الأرحاء المؤقتة ويُعدّ بديلاً مقبولاً عن مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع الماء المقطر (Karkoutly *et al.*, 2025).

4-6-1 الخصائص المضادة للعضويات الدقيقة

كشفت الدراسات العلمية عن فعالية مضادة للعضويات الدقيقة لمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية مع هلام هيبوكلوريت الصوديوم. أظهرت نتائج اختبار النشاط الجرثومي الذي أجراه Andrade *et al.* عام 2015م بأن لمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 1% هيبوكلوريت الصوديوم تأثيراً مثبطاً واضحاً – أكثر من كونه قاتلاً - ضد طيف واسع من الكائنات الدقيقة الممرضة، فشملت المكورات العقدية الطافرة (Streptococcus Mutans) والعصيات الملبنة المجبنة (Lactobacillus casei) والمكورات المعوية البرازية (Enterococcus faecalis) والمبيضات البيض (Candida albicans) (Andrade *et al.*, 2015). أظهرت دراسة الكردي وبشاره عام 2021م أن لمزيج هلام 2.2% هيبوكلوريت الصوديوم مع الإسمنت البورتلاندي الأبيض مقاومة جرثومية للمكورات المعوية البرازية (Enterococcus faecalis) والمكورات العنقودية المذهبة (Staphylococcus aureus) وزائفة القيح الأزرق (Pseudomonas pyocyanea) (الكردي وبشاره، 2021). هذه النتائج تبرز الدور المهم لهلام هيبوكلوريت الصوديوم في تعزيز الخصائص المضادة للعضويات الدقيقة للمواد السنية، مع الحفاظ على التوافق الحيوي. وتشير البيانات إلى أن آلية التأثير تختلف حسب تركيز الهلام ونوع الكائنات الدقيقة، حيث يبدو أن التركيزات المنخفضة (1%) تميل أكثر للتأثير المثبط، بينما التركيزات الأعلى (2.2%) تظهر تأثيراً أكثر قوة ضد طيف أوسع من العضويات الدقيقة.

الجدول 1-1. ملخص مراجعة الدراسات السابقة في بتر لب الأسنان المؤقتة وفق التسلسل الزمني.

المؤلفون والعام	نوع الدراسة	التفاصيل
Sweet *et al.*, 1930	N/A	بتر اللّب بال FC على عدة جلسات
Teuscher & Zander, 1938	N/A	بتر اللب ب CH
Doyle *et al.*, 1962	بشرية	بتر اللّب بال FC على جلستين
Spedding *et al.*, 1965	حيوانية	تطبيق FC لمدة 5 دقائق
Reading, 1968	بشرية	تطبيق FC لمدة 5 دقائق
Magnusson, 1970	N/A	بتر اللب ب CH
Straffon & Han, 1970	حيوانية	تخفيف تركيز FC إلى 1:5
Magnusson, 1971	N/A	تطبيق أكسيد الزنك والأوجينول مباشرة على اللب
Loos & Han, 1971	حيوانية	تخفيف تركيز FC إلى 1:5
Morawa *et al.*, 1975	بشرية	تخفيف تركيز FC إلى 1:5
Myers *et al.*, 1978	حيوانية	تحري التّوزع الجهازي FC
Rosenfeld *et al.*, 1978	بشرية	القدرة الحالة لمحلول NaOCl %5
Kopel *et al.*, 1980	حيوانية	الغلوتارالدهيد كبديل FC
Ruemping *et al.*, 1983	حيوانية	التخثير الكهربائي كبديل FC
Fuks *et al.*, 1984	حيوانية	بتر اللب بالصفائح الغنية بالكولاجين
Sheller *et al.*, 1987	بشرية	التخثير الكهربائي كبديل FC
Fadavi *et al.*, 1988	حيوانية	بتر اللب بالعظم المجفف والمجمد
Nakashima, 1989	حيوانية	بتر اللب بالعاج منزوع المعادن
Nakashima, 1990	حيوانية	بتر اللب بالبروتينات المولدة للعظم
Fei *et al.*, 1991	بشرية	سلفات الحديد كبديل FC
Rutherford *et al.*, 1993	بشرية	بتر اللب بالبروتينات المولدة للعظم
Tsai *et al.*, 1993	بشرية	استبعاد الغلوتارالدهيد
سلطان وخردجي، 1994	حيوانية	الغلوتارالدهيد كبديل FC
Ford *et al.*, 1996	حيوانية	تغطية اللب بال MTA
سلطان وخردجي، 1997	حيوانية	الغلوتارالدهيد كبديل FC

المؤلفون والعام	نوع الدراسة	التفاصيل
Liu *et al.*, 1999	بشرية	الليزر كبديل FC
لفلوف وخردجي، 1999	بشرية	سلفات الحديد والتخثير الكهربائي كبديل FC
Hafez *et al.*, 2000	حيوانية	إرقاء النزف بمحلول 3% NaOCl
Eidelman *et al.*, 2001	بشرية	MTA كبديل FC
Holland *et al.*, 2002	حيوانية	MTA كبديل PC
Hafez et *al.*, 2002	حيوانية	إرقاء النزف بمحلول 3% NaOCl
الحسين والمنقل، 2012	بشرية	الليزر كبديل FC
Papagiannoulis, 2002	مراجعة	سلفات الحديد كبديل FC
Agamy *et al.*, 2004	بشرية	WMTA وGMTA كبديل FC
Jabbarifar *et al.*, 2004	بشرية	WMTA كبديل FC
Naik & Hegde, 2005	بشرية	بتر اللب MTA
Holan *et al.*, 2005	بشرية	MTA كبديل FC
Farsi *et al.*, 2005	بشرية	WMTA كبديل FC
Saltzman et *al.*, 2005	بشرية	بتر اللب بالليزر متبوعاً بال MTA
بليش ولفلوف، 2006	بشرية	MTA كبديل FC
Peng *et al.*, 2006	مراجعة	MTA كبديل FC
Vargas *et al.*, 2006	بشرية	محلول 5% NaOCl كبديل لسلفات الحديد
Peng *et al.*, 2007	مراجعة	سلفات الحديد كبديل FC
Aeinehchi *et al.*, 2007	بشرية	WMTA كبديل FC
Maroto *et al.*, 2007	بشرية	GMTA كبديل FC
Noorollahian, 2008	بشرية	WMTA كبديل FC
Moretti *et al.*, 2008	بشرية	GMTA كبديل FC وCH
Ng & Messer, 2008	مراجعة	MTA كبديل FC
Sonmez *et al.*, 2008	بشرية	تفوق FC وسلفات الحديد على MTA
Subramaniam *et al.*, 2009	بشرية	WMTA كبديل FC
Mortazavi *et al.*, 2009	بشرية	WMTA كبديل FC
Conti *et al.*, 2009	بشرية	بتر اللب بال PC

المؤلفون والعام	نوع الدراسة	التفاصيل
Sakai *et al.*, 2009	بشرية	PC كبديل لل GMTA
Ansari & Ranjpour, 2010	بشرية	MTA كبديل FC
Hugar & Deshpande, 2010	بشرية	WMTA كبديل FC
Haghgoo & Abbasi, 2010	بشرية	بتر اللب بنوعين تجاريين لل MTA
Zealand *et al.*, 2010	بشرية	GMTA كبديل FC
Doyle *et al.*, 2010	بشرية	MTA كبديل لسلفات الحديد
Srinivasan & Jayanthi, 2011	بشرية	GMTA كبديل FC
Liu *et al.*, 2011	بشرية	MTA كبديل CH
Malekafzali *et al.*, 2011	بشرية	بتر اللب بال MTA والإسمنت الخليط الغني بالكالسيوم
Erdem *et al.*, 2011	بشرية	MTA كبديل لأكسيد الزنك والأوجينول
Vostatek *et al.*, 2011	بشرية	محلول NaOCl %5 كبديل لسلفات الحديد وFC
Sushynski *et al.*, 2012	بشرية	GMTA كبديل FC 1:5
Airen *et al.*, 2012	بشرية	MTA كبديل FC
المنقل، 2012	بشرية	بتر اللب بمحلول NaOCl %3
Elkhadem & Nagi, 2013	بشرية	بتر اللب بال MTA
Mettlach *et al.*, 2013	بشرية	GMTA كبديل FC 1:5
Oliveira *et al.*, 2013	بشرية	MTA كبديل PC
Celik *et al.*, 2013	بشرية	WMTA كبديل CH
Fernández *et al.*, 2013	بشرية	محلول NaOCl %5 وWMTA كبديل لسلفات الحديد وFC
Ruby *et al.*, 2013	بشرية	محلول NaOCl %3 كبديل FC 1:5
Mutairi & Bawazir, 2013	بشرية	محلول NaOCl %5 كبديل FC
Shabzendedar *et al.*, 2013	بشرية	محلول NaOCl %5 كبديل FC
Jayam *et al.*, 2014	بشرية	WMTA كبديل FC
Akcay & Sari, 2014	بشرية	التطهير بمحلول NaOCl %5 قبل ال MTA
Yildiz & Tosun, 2014	بشرية	تفوق FC وMTA وسلفات الحديد على CH
مسلماني وقوشجي، 2015	بشرية	PC كبديل WMTA
Olatosi *et al.*, 2015	بشرية	WMTA كبديل FC

المؤلفون والعام	نوع الدراسة	التفاصيل
Kang *et al.*, 2015	بشرية	بتر اللب بثلاثة أنواه تجارية لل MTA
Niranjani *et al.*, 2015	بشرية	البيودنتين والليزر كبديل MTA
Kusum *et al.*, 2015	بشرية	البيودنتين كبديل MTA
Farsi *et al.*, 2015	بشرية	محلول NaOCl %5 كبديل لسلفات الحديد وFC
Yildirim *et al.*, 2016	بشرية	PC كبديل MTA
Goyal *et al.*, 2016	بشرية	تفوق MTA على سلفات الحديد والغلوتارالدهيد
Uloopi *et al.*, 2016	بشرية	الليزر كبديل MTA
Rajasekharan *et al.*, 2016	بشرية	البيودنتين كبديل MTA
Li *et al.*, 2016	بشرية	محلول NaOCl %5 كبديل لسلفات الحديد وFC
Santa *et al.*, 2017	بشرية	PC كبديل MTA
Kalra *et al.*, 2017	بشرية	تفوق MTA على مستخلص نبات الصبار
Chauhan *et al.*, 2017	بشرية	محلول NaOCl %5 كبديل FC
Reddy *et al.*, 2017	بشرية	محلول NaOCl %5 كبديل لسلفات الحديد وFC 1:5
Junqueira *et al.*, 2018	بشرية	تفوق MTA على سلفات الحديد
Musale *et al.*, 2018	مراجعة	MTA معياراً ذهبياً
حجاز وعزاوي، 2018	بشرية	تفوق MTA على البيودنتين وFC
Jamali *et al.*, 2018	بشرية	3Mixtatin كبديل MTA
Smaïl-Faugeron *et al.*, 2018	مراجعة	MTA معياراً ذهبياً
Maroto *et al.*, 2019	بشرية	PC كبديل MTA
Atasever *et al.*, 2019	بشرية	محلول NaOCl %5 كبديل لسلفات الحديد
El Habashy, 2020	بشرية	تفوق البيودنتين على MTA
Ramanandvignesh *et al.*, 2020	بشرية	البيودنتين والليزر كبديل MTA
Ahuja *et al.*, 2020	بشرية	البيودنتين كبديل MTA وFC
Lin & Lin, 2020	بشرية	محلول NaOCl %5 كبديل لسلفات الحديد وWMTA
Satyarth *et al.*, 2021	بشرية	الجمع بين الليزر وMTA
Petel *et al.*, 2021	بشرية	PCكبديل FC
الزعبي وبشاره، 2021	بشرية	PC كبديل لل WMTA (الأسنان الأمامية)

المؤلفون والعام	نوع الدراسة	التفاصيل
Bahrololoomi *et al.*, 2021	بشرية	محلول NaOCl %5 كبديل FC 1:5
Aburel et al., 2021	مراجعة	سمية أكسيد الزنك والأوجينول
العواد والتيناوي، 2022	بشرية	تفوق MTA على FC والفيبرين الغني بالصفيحات
عويد وقوشجي، 2022	بشرية	تفوق MTA على الليزر والكركم والأنكافيرد
النصار والتيناوي، 2022	بشرية	البيوسيرامك الكثيف كبديل MTA
Chak *et al.*, 2022	بشرية	3Mixtatin كبديل MTA
Guo *et al.*, 2023	مراجعة	MTA معياراً ذهبياً
Mushtaq *et al.*, 2023	بشرية	3Mixtatin كبديل MTA
Akman & Surme, 2023	بشرية	محلول NaOCl %5 كبديل لسلفات الحديد
الشاعر ولفلوف، 2023	بشرية	هلام الصبار كبديل عن FC
Gisour et al., 2024	بشرية	WMTA وPC كبديل FC
Venugopal Reddy *et al.*, 2024	بشرية	3Mixtatin كبديل MTA
Priya & Ramar, 2025	مراجعة	3Mixtatin كبديل MTA

المواد والطرائق

Materials and Methods

1-2 مواد الدراسة

1-1-2 مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (Rootdent, TehnoDent Co., Belgorod, Russia) **(الشكل 2_1)**.

2-1-2 هلام هيبوكلوريت الصوديوم (LET'S CLEAN Concentrated Chlorine, DTIC®, Damascus, Syria) **(الشكل 2-2)**.

3-1-2 الماء المقطر (Pure Water, Pure Water Co., London, United Kingdom).

4-1-2 حاضنة (IN30, Memmert GmbH, Bavaria, Germany).

5-1-2 مجهر إلكتروني ماسح (VEGA3, Tescan, Liberec, Czech Republic) **(الشكل 2-3)**.

6-1-2 جهاز EDX (EDAX Element, EDAX, Inc., California, United States) **الشكل 2-3)**.

7-1-2 برنامج EDX (EDX APEX™ EDS, EDAX, Inc., California, United States).

8-1-2 مقياس الرقم الهيدروجيني (WTW - IDS pH Micro Electrode SenTix® Micro 900, Xylem Analytics Germany Sales GmbH & Co. KG., Munich, Germany).

9-1-2 برنامج G*Power الإصدار 3.1.9.4 (G*Power 3.1.9, Heinrich Hein Universität Düsseldorf, Düsseldorf, Germany).

10-1-2 حساس رقمي (i-sensor, Guilin Woodpecker Medical Instrument Co., LTD., Guilin, China).

11-1-2 محلول المخدر الموضعي (2% Lidocaine HCL Injection, Huons Co., Ltd, Seongnam, Korea).

2-1-12 محقنة (Dental carpule syringe, Dental Laboratorio, china).

2-1-13 رؤوس إبر بقياس Disposable Dental Needle, Shanghai) 27-gauge x 21 mm Dochem Industries Co., Ltd., Shanghai, China).

2-1-14 الحاجز المطاطي (Sanctuary®, Perak, Malaysia).

2-1-15 ماصة اللعاب (Dental Saliva Ejectors Disposable Transparent Surgical China, Andent Dental Co., ltd., Hebei).

2-1-16 سنبلة تنغستن كارباید مدورة (,Round E 0123, Dentsply Maillefer, Ballaigues Switzerland).

2-1-17 قبضة توربينية (,Japan NSK PANA-AIR, NSK Nakanishi Inc., Tochigi-ken) **(الشكل 2-4)**.

2-1-18 قبضة بطيئة السرعة (NAC-EC, NSK Nakanishi Inc., Tochigi-ken, Japan) **(الشكل 2-5)**.

2-1-19 سنبلة تجريف كارباید (Excavabur E123A, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland).

2-1-20 محلول ملحي (SODIUM CHLORIDE 0.9% MIAMED, Miamed) (Pharmaceutical Industry, Damascus, Syria **(الشكل 2-6)**.

2-1-21 الغلاس أينومير (RX Glass lonomer Cement, Stardent Equipment Co., Ltd., Guangdong, China).

2-1-22 تاج ستانلس ستيل (Kids Crown, Shinhung, Seoul, Korea).

2-1-23 محلول 10% فورمالين (Neutral Buffered Formalin, Thomas Scientific %10 LLC, New Jersey, United States).

2-1-24 محلول مورس (Morse Solution, FUJIFILM Wako Pure Chemical Co., Hong Kong, China).

2-1-25 قوالب شمع البارافين (Clear Paraffin Block, EverBio Technology INC., New Taipei City, Taiwan).

2-1-26 مشراح (Leica RM2145 Microtome, GMI, New Jersey, United States).

2-1-27 صباغ الهيماتوكسيلين والأيوزين (H&E Staining Kit, Abcam, England, United Kingdom).

2-1-28 مجهر ضوئي (Leica Microscope DM2500, Leica, Hesse, Germany).

2-1-29 برنامج IBM SPSS الإصدار 24 (IBM SPSS Statistics® version 24, IBM Corp., New York, USA)

الشكل 2-1. مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض.

الشكل 2-2. هلام هيبوكلوريت الصوديوم.

الشكل 2-3. المجهر الإلكتروني الماسح وجهاز EDX.

الشكل 2-4. قبضة توربينية.

الشكل 2-5. قبضة بطيئة السرعة.

الشكل 2-6. محلول ملحي.

2-2 دراسة الخصائص المورفولوجية والكيميائية لمزيج هلام هيبوكلوريت الصوديوم مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض

1-2-2 تصميم الدراسة

دراسة مخبرية أُجريت في مخابر هيئة الطاقة الذرية السورية خلال عام 2023م.

2-2-2 وصف العينة

المجموعة (1) (WMTA + NaOCl gel): مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم.

المجموعة (2) (الشاهدة): مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض.

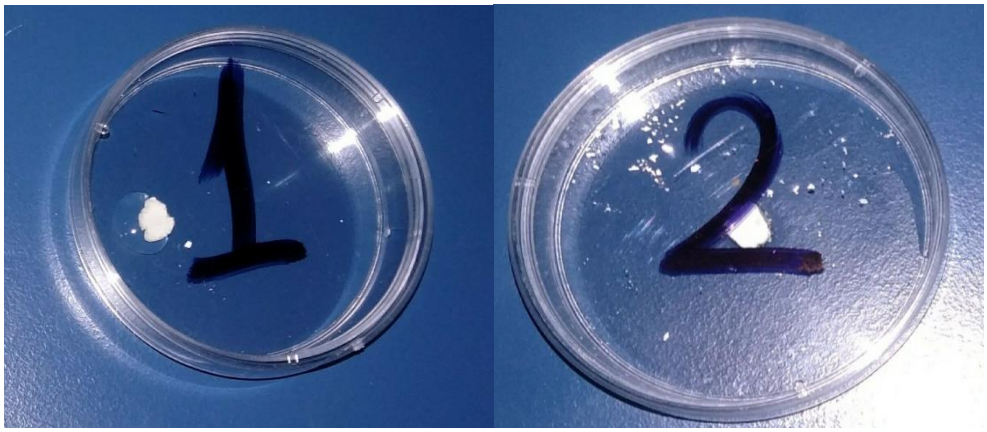
حضرت عينة واحدة لكل مادة، وتم مزج كل مادة بنسبة 1:3 من المسحوق إلى الهلام أو المسحوق إلى السائل. وضعت المواد المخلوطة حديثاً في قوالب تفلون (القطر الداخلي: 3 مم، الارتفاع: 3.8 مم)، ثم غُمرت العينات في الماء المقطر وخُزّنت في حاضنة عند درجة حرارة 37°م لمدة 24 ساعة حتى التصلب الكامل **(الشكل 2-7)** (Yamashita *et al.*, 2021).

بلغ تركيز هلام هيبوكلوريت الصوديوم 4% وفقاً للشركة المصنعة وقد جرى تمديده إلى 2.25% وفق المعادلة الآتية (Karkoutly *et al.*, 2025):

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

C1: التركيز الابتدائي C2: الحجم الابتدائي

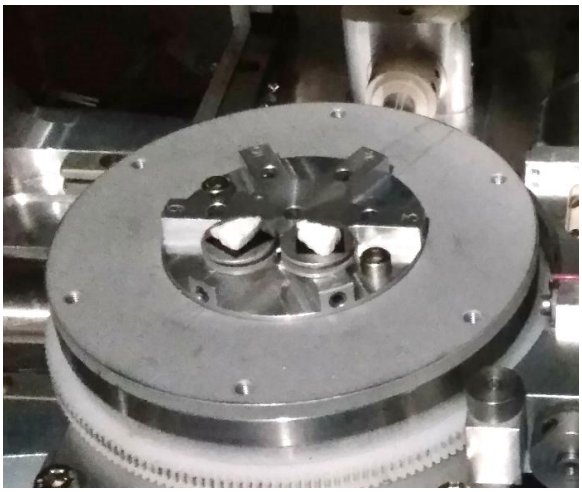
V1: التركيز النهائي V2: الحجم النهائي



الشكل 2-7. العينات المدروسة.

3-2-2 دراسة الخصائص المورفولوجية

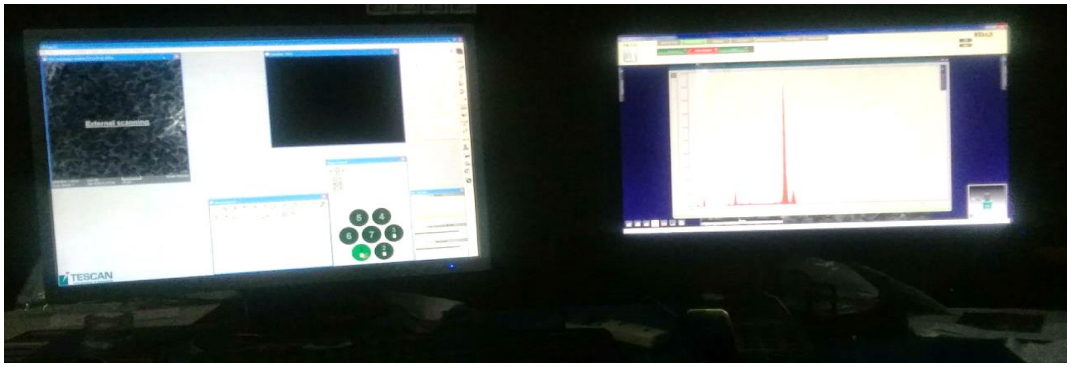
ثُبّتت العينات على حاملات المجهر الإلكتروني الماسح داخل الحجرة **(الشكل 2-8)**، وقيمت مورفولوجيا السطح عند تكبير 500× و5000× بجهد 30 كيلو فولت بعد 24 ساعة و28 يوماً **(الشكل 2-9)** (Yamashita *et al.*, 2021).



الشكل 2-8. العينات داخل حجرة المجهر الإلكتروني الماسح.

4-2-2 دراسة التحليل الكيميائي للعناصر

دُرس توزع العناصر ووفرتها في العينات باستخدام EDX بالاشتراك مع المجهر الإلكتروني الماسح، وتم الحصول على مطيافة العناصر بواسطة برنامج EDX بعد 24 ساعة و28 يوماً **(الشكل 2-9)** (Yamashita *et al.*, 2021).



الشكل 2-9. تحليل العينات.

5-2-2 دراسة تغيرات الرقم الهيدروجيني للمركب

تم قياس الرقم الهيدروجيني لمحلول كل عينة عن طريق غمر القطب الكهربائي لمقياس الرقم الهيدروجيني وسجلت القراءات بعد 24 ساعة و28 يوماً (Shashank *et al.*, 2019).

3-2 الدراسة النسيجية

1-3-2 تصميم الدراسة

دراسة سريرية نسيجية مضبوطة معشاة، ثنائية التعمية، أجريت في عيادات قسم طب أسنان الأطفال ومخابر قسم التشريح المرضي – كلية طب الأسنان – جامعة دمشق خلال عام 2023م.

2-3-2 وصف العينة

تكونت العينة من 24 حالة بتر لب لرحى أولى مؤقتة مستطبة للقلع الدوري مقسمة على:

المجموعة (1) (الشاهدة): التغطية بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض.

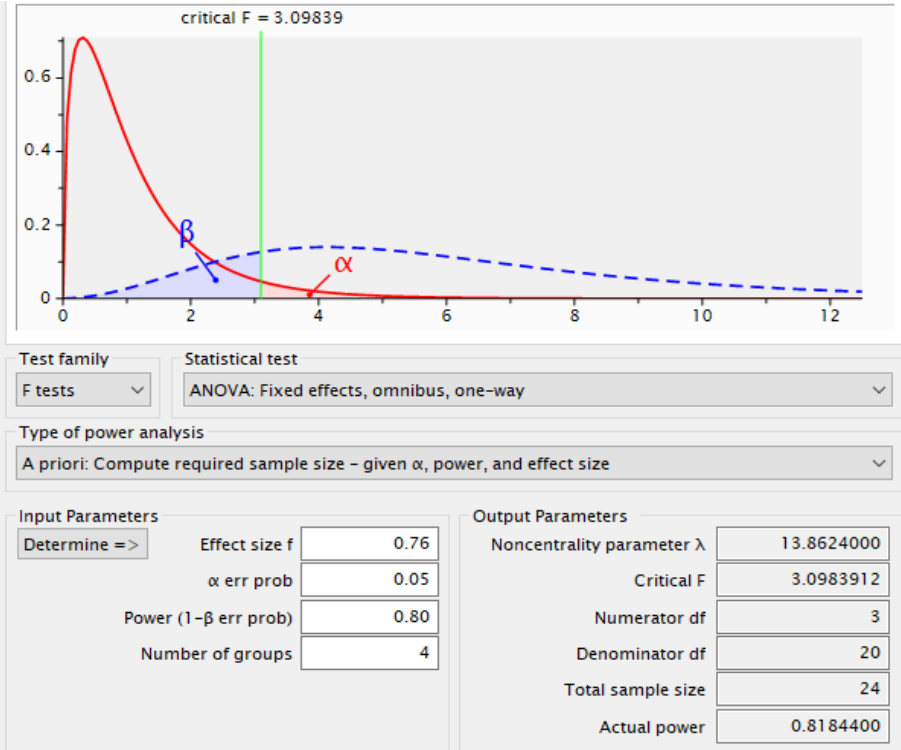
المجموعة (2) (WMTA + NaOCl gel): التغطية بمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم.

المجموعة (3) (NaOCl gel → WMTA): التغطية بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بعد تثبيت اللب بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم.

المجموعة (4) (NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel): التغطية بمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم بعد تثبيت اللب بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم.

تم إجراء القلع الدوري لكل مجموعة بعد أسبوع، وشهر، وثلاثة أشهر (Nair *et al.*, 2008).

تم تحديد حجم العينة باستخدام برنامج G*Power، حقق حجم العينة المكون من 24 رحى أولى مؤقتة حجم تأثير f (0.76)، وقوة 80% (احتمال خطأ β - 1)، ومستوى دلالة 0.05 (احتمال خطأ α) **(الشكل 2-10).**



الشكل 2-10. حساب حجم العينة للدراسة النسيجية.

3-3-2 شروط التضمين

1-3-3-2 معايير التضمين

شملت العينة أطفالاً أصحاء ومتعاونين وفق الشروط التالية (Beltagy *et al.*, 2013):

- تتراوح أعمارهم بين 8-10 سنوات.
- وجود رحى أولى مؤقتة مصابة بالنخر وتستدعي بتر اللب.

2-3-3-2 معايير الاستبعاد

استُبعد الأطفال الذين يعانون من (American Academy of Pediatric Dentistry, 2021):

- أمراض جهازية و/أو حساسية تجاه عوامل التخدير الموضعي.
- علامات سريرية أوشعاعية لتموت اللب و/أو الأرحاء الأولى المؤقتة غير القابلة للترميم.
- آلام ليلية و/أو عفوية في الأرحاء الأولى المؤقتة.

4-3-2 التعشية والتعمية

أُجريت الدراسة بطريقة ثنائية التعمية، حيث تمت تعمية كل من مقيم النتائج والمريض، وأجريت التعشية من خلال برنامج https://www.randomizer.org/.

5-3-2 طرائق الدراسة

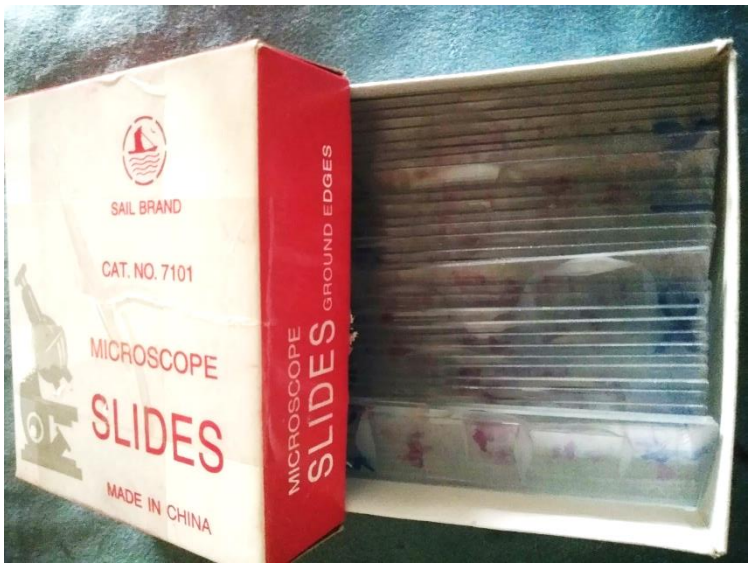
أجري التشخيص الشعاعي الأولي للأرحاء باستخدام حساس رقمي للتحقق من استيفاء معايير الدراسة. أجري التخدير باستخدام محلول المخدر الموضعي وبمحقنة ورؤوس إبر بقياس 27-gauge x 21 mm، تم تحضير الرحى لاستقبال تاج ستانلس ستيل بتخفيض 2مم من السطح الطاحن والفصل من الأنسي والوحشي، أجري العزل باستخدام الحاجز المطاطي وماصة اللعاب. جُرِف النخر وأزيل سقف الحجرة اللبية بسنبلة تنغستن كارباید كروية بقبضة توربينية مع الري الغزير، تم استئصال اللب التاجي بقبضة بطيئة السرعة باستخدام سنبلة تجريف كارباید، غسلت الحجرة اللبية بالماء الغزير بشكل جيد (American Academy of Pediatric Dentistry, 2021).

أرقي النزف باستخدام قطنة مرطبة بمحلول ملحي عادي لمدة 5 دقائق ضمن جميع المجموعات (Dronamraju *et al.*, 2023)، وأجري بتر اللب بعد إرقاء النزف بتطبيق قطنة مغمورة بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم لمدة 3 دقائق ضمن مجموعة (NaOCl gel → WMTA)، ومجموعة (NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel) (García-Godoy *et al.*, 1982).

تم مزج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع الماء المقطر في المجموعة الشاهدة ومجموعة (NaOCl gel → WMTA) بنسبة 1:3 مسحوق إلى سائل، أو مزج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم بنسبة 1:3 مسحوق إلى هلام ضمن مجموعة (WMTA + NaOCl gel) والمجموعة (NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel) (Sharifi *et al.*,2015). ختمت الحجرة اللبية في جميع المجموعات بالغلاس أينومير، ومن ثم تم إلصاق تاج ستانلس ستيل ضمن نفس الجلسة، ومن ثم تم استدعاء الطفل بعد أسبوع أو شهر أو ثلاثة أشهر لإجراء القلع الدوري (Olegário *et al.*, 2022).

خزنت العينات المقلوعة في محلول 10% فورمالين ضمن درجة حرارة الغرفة لمدة 48 ساعة للتثبيت، قُصّ تاج الستانلس ستيل، وأجري خسف الأملاح المعدنية من خلال الغمر ضمن محلول مورس والذي يتألف من 22.5% حمض الفورميك و10% سترات الصوديوم، وغمست العينات ضمن قوالب شمع البارافين وأجري تقطيعها بسماكة 5 ميكرومتر باستخدام مشراح **(الشكل 2-11)**. صبغت العينات باستخدام الهيماتوكسيلين والأيوزين، وأجري تقييم العينات النسيجية باستخدام مجهر ضوئي بتكبير×400 **(الشكل 2-12)** (الزعبي وبشاره، 2021).

الشكل 2-11. قوالب شمع البارافين.



الشكل 2-12. العينات النسيجية.

6-3-2 المتغيرات المدروسة

1-6-3-2 تعضي النسيج الرخو

- الدرجة 0 = بنية شكلية نسيجية طبيعية.
- الدرجة 1 = خلل بسيط في الخلايا المصورة للعاج.
- الدرجة 2 = خلل متوسط في الخلايا المصورة للعاج.
- الدرجة 3 = خلل شديد في الخلايا المصورة للعاج.
- الدرجة 4 = تموت النسج اللبي (الزعبي وبشاره، 2021).

2-6-3-2 نزف النسيج اللبي

- الدرجة 0 = لا يوجد نزف.
- الدرجة 1 = نزف خفيف، يوجد عدد قليل من كريات الدم الحمراء المتناثرة.
- الدرجة 2 = نزف متوسط، يوجد بعض التجمعات من كريات الدم الحمراء.
- الدرجة 3 = نزف حاد، ارتشاح واسع لكريات الدم الحمراء (الزعبي وبشاره، 2021).

3-6-3-2 تليف اللب

- الدرجة 0 = لا يوجد تليف لبي.
- الدرجة 1 = تليف لبي خفيف، ألياف كولاجين رقيقة.
- الدرجة 2 = تليف لبي متوسط.
- الدرجة 3 = تليف لبي شديد، ألياف كولاجين سميكة (الزعبي وبشاره، 2021).

4-6-3-2 تشكل الجسر العاجي

- الدرجة 0 = لا يوجد تشكل لجسر عاجٍ.
- الدرجة 1 = تشكل بدئي للجسر العاجي، الجسر العاجي ممتد إلى أقل من نصف موقع الانكشاف.
- الدرجة 2 = تشكل جزئي للجسر العاجي، الجسر العاجي ممتد إلى أكثر من نصف موقع الانكشاف.
- الدرجة 3 = تشكل كامل للجسر العاجي، استمرارية الجسر العاجي (الزعبي وبشاره، 2021).

5-6-3-2 تكلس اللب

- الدرجة 0 = لا يوجد تكلس لبي.
- الدرجة 1 = تكلس صغير مفرد.
- الدرجة 2 = تكلس صغير متعدد.
- الدرجة 3 = تكلس كبير مفرد.
- الدرجة 4 = تكلس كبير متعدد (الزعبي وبشاره، 2021).

4-2 الدراسة السريرية والشعاعية

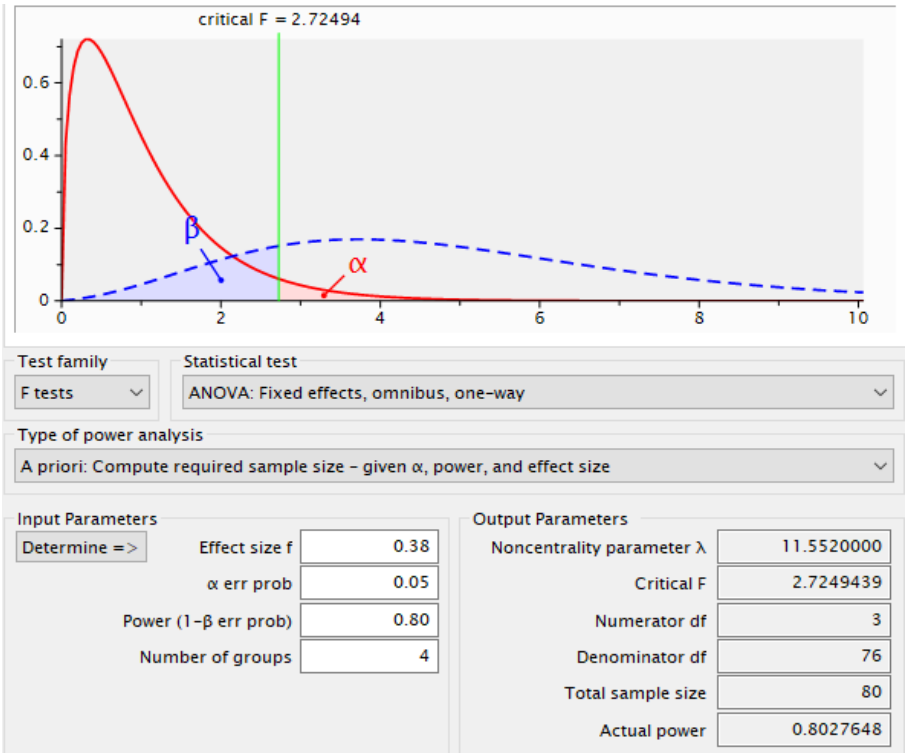
1-4-2 تصميم الدراسة

أجريت دراسة سريرية مضبوطة معشاة، ثنائية التعمية، في عيادات قسم طب أسنان الأطفال – كلية طب الأسنان – جامعة دمشق خلال عام 2023-2024م.

2-4-2 وصف العينة

تألفت العينة من 80 حالة بتر لب لرحى ثانية مؤقتة موزعة على المجموعات السابقة الذكر، وتمت المتابعة ضمن كل مجموعة لفترة ثلاثة أشهر وستة أشهر وعام.

تم تحديد حجم العينة باستخدام برنامج G*Power الإصدار 3.1.9.4، حيث حقق حجم العينة المكون من 80 رحى ثانية مؤقتة حجم تأثير f (0.38)، وقوة 80% (احتمال خطأ β - 1)، ومستوى دلالة 0.05 (احتمال خطأ α) **(الشكل 2-13)**.



الشكل 2-13. حساب حجم العينة للدراسة السريرية والشعاعية.

3-4-2 شروط التضمين

1-3-4-2 معايير التضمين

تضمنت العينة الأطفال الأصحاء والمتعاونين الذين (American Academy of Pediatric Dentistry, 2021):

- تتراوح أعمارهم بين 5-10 سنوات.
- لديهم أرحاء ثانية مؤقتة مصابة بالنخر والتي تستدعي إجراء بتر لب.

2-3-4-2 معايير الاستبعاد

استبعدت عينة الأطفال الذين يعانون من (American Academy of Pediatric Dentistry, 2021):

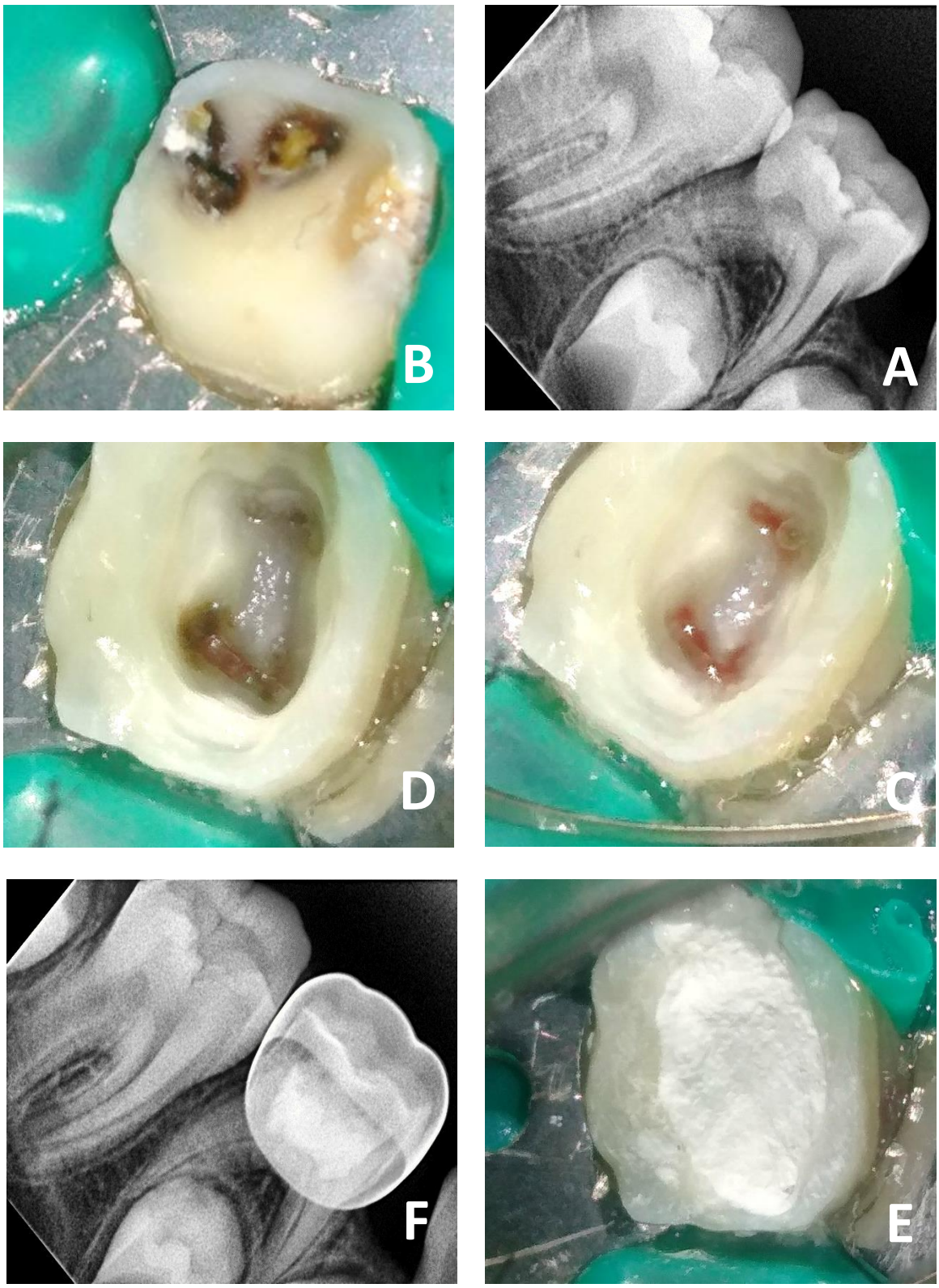
- أمراض جهازية و/أو حساسية تجاه عوامل التخدير الموضعي.
- علامات سريرية أوشعاعية لتموت اللب و/أو الأرحاء الثانية المؤقتة غير القابلة للترميم.
- آلام ليلية و/أو عفوية في الأرحاء الثانية المؤقتة.
- الحالات التي لم يتوقف فيها النزف بعد التجريف الكامل للّب الحجروي.

4-4-2 التعشية والتعمية

الدراسة ثنائية التعمية، حيث تمت تعمية كل من مقيم النتائج والمريض، وأجريت التعشية من خلال برنامج https://www.randomizer.org/.

5-4-2 طرائق الدراسة

أجري بتر اللب في الدراسة السريرية والشعاعية كما أجري ضمن الدراسة النسيجية **(الشكل 2-14)**، واستدعي الأطفال بعد 3 أشهر و6 أشهر وعام للتقييم السريري والشعاعي.



الشكل 2-14. خطوات بتر اللّب في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 8 سنوت. (**A**) صورة شعاعية قبل العمل. (**B**) صورة سريرية بعد العزل. (**C**) صورة سريرية بعد إرقاء النزف. (**D**) صورة سريرية بعد تثبيت اللب بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم. (**E**) صورة سريرية بعد وضع حشوة القعر. (**F**) صورة شعاعية بعد العمل.

6-4-2 المتغيرات المدروسة

شمل التقييم السريري وجود أو غياب الألم العفوي والألم عند القرع وحركة الأسنان والخراج والناسور وسقوط السن المعالج (Smaïl-Faugeron *et al.*, 2018)، تضمن التقييم الشعاعي الذروي وجود أو غياب الشفوفية الشعاعية وامتصاص الجذر الداخلي وامتصاص الجذر الخارجي وتوسع الرباط وتكلس القناة اللبية (Subramanyam & Somasundaram, 2020) حسب الاستمارة **(الملحق 2)**.

5-2 الاعتبارات الأخلاقية

تمت الموافقة على الدراسة النسيجية والسريرية والشعاعية من قبل لجنة أخلاقيات البحوث الطبية الحيوية بجامعة دمشق (2023/226) وتم تسجيلها في قاعدة بيانات ISRCTN (ISRCTN15908457). أجريت بما يتوافق مع تصريح CONSORT (Bousquet *et al.*, 2011) **(الملحق 3)**، وإعلان الجمعية الطبية العالمية لهلسنكي عام 2013م (World Medical Association, 2013)، شُرح الإجراء الطبي بالتفصيل **(الملحق 4)**، ثم تم الحصول على موافقة مستنيرة مكتوبة من خلال الحصول على توقيع الوصي القانوني للمرضى **(الملحق 5)**، وكان الأوصياء أحرار في سحب الموافقة في أي وقت، تلقى كل طفل معالجة سنية كاملة، ولم يكن هناك تمييز في اختيار المرضى على أساس العرق والجنس والطبقة الاجتماعية والاقتصادية، وتم الحفاظ على سرية بيانات المرضى.

6-2 التحليل الإحصائي

أجري التحليل الإحصائي باستخدام برنامج IBM SPSS، ذكرت الإحصاءات الوصفية بصيغة تكرارات ونسب مئوية ومتوسطات وانحرافات معيارية، واستخدم اختبار مربع كاي (Chi-square) لمقارنة المتغيرات الفئوية، وأجري اختبار المقارنات البعدية (Post-hoc) عند يظهر الاختبار الإجمالي فرقاً ذو دلالة إحصائية ($p < 0.05$) (Shan *et al.*, 2017).

7-2 فرضيات الدراسة

تضمنت الدّراسة الحالية الفرضيات الآتية:

فرضية العدم (H_0): لم يتفوق مزيج WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة في الخصائص المورفولوجية والكيميائية.

الفرضية البديلة (H_1): تفوق مزيج WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة في الخصائص المورفولوجية والكيميائية.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة NaOCl gel → WMTA إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة NaOCl gel → WMTA إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة NaOCl gel → WMTA إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة NaOCl gel → WMTA إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة نسيجياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

فرضية العدم (H_0): لم تتفوق مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

الفرضية البديلة (H_1): تفوقت مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel إحصائياً على المجموعة الشاهدة سريرياً وشعاعياً في بتر لب الأرحاء المؤقتة.

النتائج Results

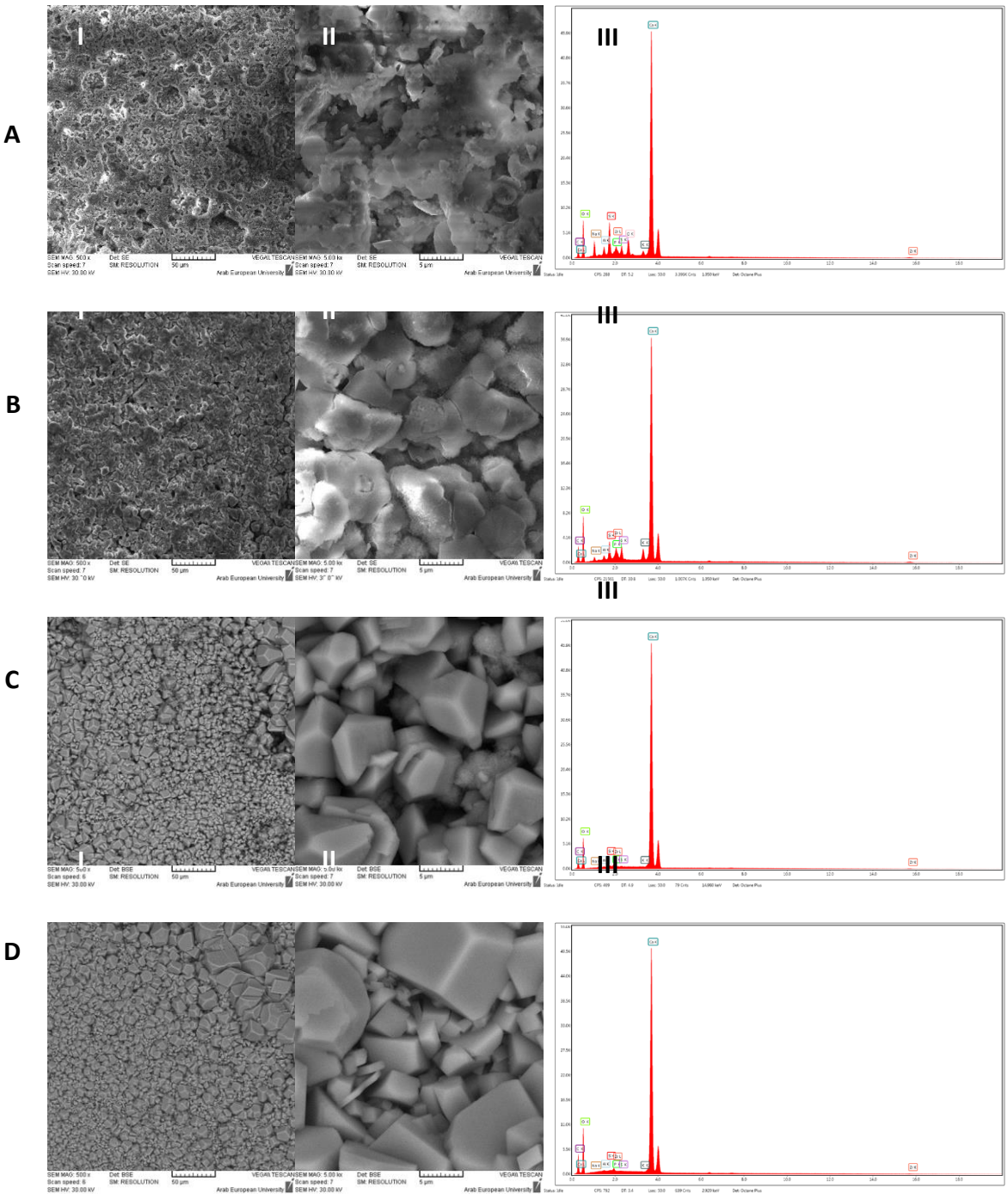
1-3 نتائج دراسة الخصائص المورفولوجيةوالكيميائيةWMTA + NaOCl gel

1-1-3 نتائج دراسة الخصائص المورفولوجية

كشف الفحص المجهري عن تباين واضح في الأنماط البلورية بين العينات خلال المراحل الأولى من التفاعل. ففي العينة الشاهدة، بدأ تكوّن بلورات سلفوألومينات الكالسيوم (**$3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.31H_2O$**) بعد 24 ساعة من التفاعل بشكل منتظم، حيث ظهرت البلورات على شكل صفائح متراصة ذات سطح أملس متجانس خالٍ من المسامات. هذا النمط يعكس ظروف تفاعل مثالية بين إسمنت سيليكات الكالسيوم (**$CaO.SiO_2$**) مع الماء (**H_2O**). في المقابل، أظهرت عينة WMTA + NaOCl gel شكلاً بلورياً مختلفاً، تميز بتباين في الأحجام البلورية وعدم انتظام في البنية السطحية. يُعزى هذا الاختلاف إلى التغيرات الكيميائية الناتجة عن تحرر غازي الأوكسيجين (**O_2**) والكلور (**Cl_2**) أثناء التفاعل، مما أحدث اضطراباً في عملية التبلور الأولي. وبمرور الوقت، بعد 28 يوماً، لوحظ تقارب في الخصائص البنيوية بين المجموعتين، حيث سيطرت بلورات سلفوألومينات الكالسيوم (**$3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.31H_2O$**) على التركيبة النهائية لكلا العينتين. هذا التشابه النهائي يشير إلى اكتمال التفاعلات الكيميائية الأساسية. **(الشكل 3-1)**.

2-1-3 نتائج دراسة التحليل الكيميائي للعناصر

أظهر تحليل EDX بعد 24 ساعة أن مجموعة WMTA + NaOCl gel تحتوي على نسبة أكبر من الكالسيوم (**Ca**) (59.11٪) والسيليكون (**Si**) (3.29٪)، مقارنةً بالمجموعة الشاهدة (57.38٪ و 1.84٪، على التوالي) هذا التفاوت في التركيب العنصري يعكس نشاطاً كيميائياً متزايداً في المجموعة المدروسة نتيجة إضافة الهلام لتسريع التصلب. بعد 28 يوماً، أكد تحليل EDX اكتمال تفاعل التصلب لكلا الإسمنتين حيث زادت نسبة الكالسيوم (**Ca**) من 59.11٪ إلى 82.82٪ في مجموعة WMTA + NaOCl gel ومن 57.38٪ إلى 77.43٪ في المجموعة الشاهدة **(الجدول 3-1) و(الشكل 3-1)**.



الشكل 3-1. (**A**) صورة مجهرية إلكترونية ماسحة لمجموعة WMTA + NaOCl gel بعد 24 ساعة. (**B**) المجموعة الشاهدة بعد 24 ساعة. (**C**) مجموعة WMTA + NaOCl gel بعد 28 يوماً. (**D**) المجموعة الشاهدة بعد 28 يوماً. (**I**) × 500. (**II**) × 5000. (**III**) يوضح تحليل EDX وفرة العناصر وتوزيعها عبر العينات.

الجدول 3-1. نتائج تحليل EDX في العينات بعد 24 ساعة و28 يوماً.

WMTA + NaOCl gel			الشاهدة		
تحليل EDX بعد 24 ساعة					
Element	Weight%	Anatomic%	Element	Weight%	Anatomic%
C K	2.49	5.63	C K	3.82	8.27
O K	25.02	42.52	O K	29.5	47.95
Na K	3.06	3.62	Na K	0.65	0.74
Al K	0.85	0.86	Al K	0.46	0.44
Si K	3.29	3.19	Si K	1.84	1.71
P K	0.32	0.28	P K	0.38	0.32
Zr K	1.56	0.46	Zr K	2.26	0.64
S K	1.14	0.97	S K	1.66	1.35
Cl K	2.27	1.74	K K	2.05	1.36
K K	0.89	0.62	Ca K	57.38	37.23
Ca K	59.11	40.11			
تحليل EDX بعد 28 يوماً					
Element	Weight%	Anatomic%	Element	Weight%	Anatomic%
C K	1.54	4.06	C K	2.41	5.92
O K	15.22	30.11	O K	19.87	36.70
Na K	0.01	0.02	Na K	0.02	0.02
Al K	0.03	0.04	Al K	0.04	0.04
Si K	0.12	0.14	Si K	0.06	0.06
P K	0.12	0.13	P K	0.11	0.11
Zr L	0.03	0.01	Zr L	0.00	0.00
S K	0.03	0.03	S K	0.02	0.02
K K	0.07	0.06	K K	0.05	0.04
Ca K	82.82	65.42	Ca K	77.43	57.09

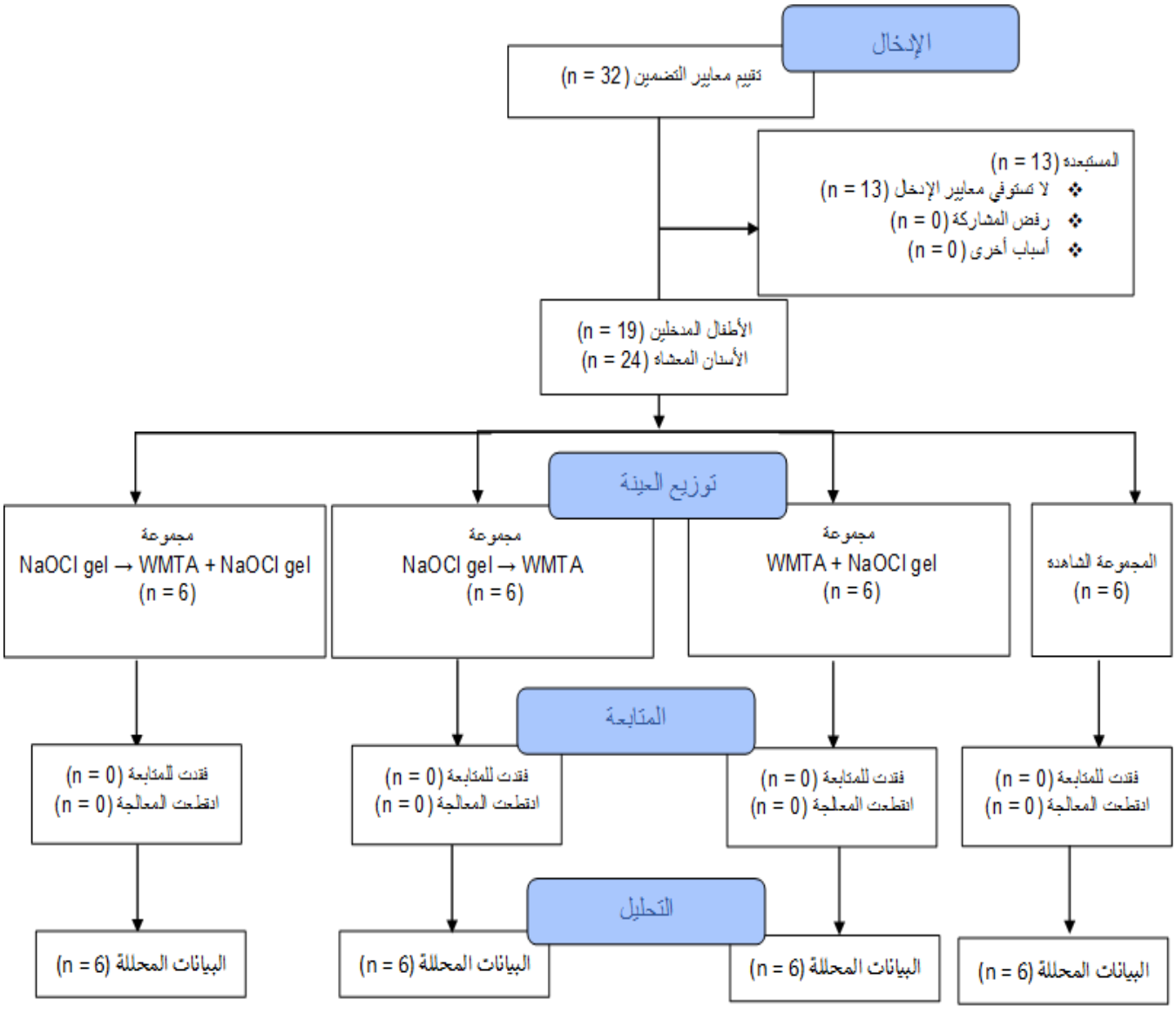
3-1-3 نتائج دراسة تغيرات الرقم الهيدروجيني للمركب

كشفت النتائج عن تباين واضح في مستويات الرقم الهيدروجيني بعد 24 ساعة، حيث ساهمت إضافة هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم إلى مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض في رفع الرقم الهيدروجيني، حيث بلغ الرقم الهيدروجيني للمزيج (pH = 9.7) بعد 24 ساعة وارتفع بعد 28 يوماً إلى (pH = 11.6)، بينما في المجموعة الشاهدة بلغ الرقم الهيدروجيني (pH = 8.5) بعد 24 ساعة، ليصبح بعد 28 يوماً (pH = 11.1) مما يشير إلى أن لكلا المجموعتين المدروستين قلوية عالية.

2-3 نتائج توزع العينة النسيجية

1-2-3 نتائج الاعتيان

تألفت العينة النّسيجية للبحث من 19 طفلاً من مراجعي قسم طب أسنان الأطفال خلال عام 2023م بهدف إنجاز المعالجات السّنية، حيث تم فحص 32 طفلاً واختير منهم 19 طفلاً ممن تنطبق عليهم معايير التضمين، وتألفت العينة من 24 سناً (**الشكل 3-2**).



الشكل 3-2. مخطط CONSORT للدّراسة النّسيجية.

2-2-3 التوزع الديموغرافي

بلغ متوسط عمر الأطفال المشاركين 0.67 ± 8.58 سنة، وبلغت النسبة المئوية للذكور ضمن العينة 68.00% و31.00% للإناث، وبلغ عدد الأسنان في العينة النسيجية 24 سناً، توزعت على أربع مجموعات بين 67.00% في الفك العلوي و33.00% في الفك السفلي **(الجدول 3-2)**.

الجدول 3-2. توزع العينة النسيجية.

المعلومات الديموغرافية	**n = 19**
الجنس	
انثى n (%)	13 (68.00)
ذكر n (%)	6 (32.00)
العمر (سنوات)	
المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري	8.58 ± 0.67
المدى	8-10
توزع الأسنان	**n = 24**
الجهة	
الفك العلوي n (%)	16 (67.00)
الفك السفلي n (%)	8 (33.00)

3-3 نتائج الدراسة النسيجية

1-3-3 مجموعة WMTA + NaOCl gel

1-1-3-3 تعضي النسيج الرخو

أظهرت المجموعة المدروسة تعضياً أفضلاً بالنسيج الرخو مقارنةً مع المجموعة الشاهدة خلال فترات المتابعة المختلفة وبفارق جوهري إحصائياً ($p < 0.05$) **(الجدول 3-3)** و**(الجدول 3-4)** و**(الجدول 3-5)**، حيث أظهرت 75.00% من المقاطع خللاً بسيطاً في الخلايا مصورة العاج بعد 7 أيام **(الجدول 3-6)** و**(الشكل 3-3)**، وأصبح لجميع المقاطع بنيةً نسيجيةً شكليةً طبيعيةً بعد 90 يوماً ($p < 0.001$) **(الجدول 3-6)** و**(الشكل 3-5)**، وأظهرت جميع مقاطع المجموعة الشاهدة خللاً متوسطاً في الخلايا المصورة للعاج بعد 30 و90 يوماً **(الجدول 3-7)** و**(الشكل 3-7)** و**(الشكل 3-8)**.

2-1-3-3 نزف النسيج اللبي

لم تظهر معظم مقاطع المجموعة المدروسة أي نزف في النسيج اللبي بعد 7 أيام، ولكن ترافقت جميع المقاطع بعددٍ قليلٍ من الكريات الحمراء المتناثرة بعد 30 يوماً **(الجدول 3-6)** و**(الشكل 3-4)**، بينما في المجموعة الشاهدة أظهرت 50.00% من المقاطع نزفاً لبياً متوسطاً بعد 7 أيام و30 يوم، ولتصبح النسبة 75.00% بعد 90 يوماً **(الجدول 3-6)**، دون وجود أي فارق جوهري إحصائياً بين المجموعتين خلال فترات المتابعة المختلفة ($p > 0.05$) فيما يتعلق بمشعر نزف النسيج اللبي **(الجدول 3-3)** و**(الجدول 3-4)** و**(الجدول 3-5)**.

3-1-3-3 تليف اللب

أظهرت كلتا المجموعتين نتائج مرضية فيما يخص مشعر تليف النسيج اللبي خلال فترات المتابعة المختلفة **(الجدول 3-3)** و**(الجدول 3-4)** و**(الجدول 3-5)**، ودون وجود أي فارق جوهري إحصائياً ($p > 0.05$)، حيث لم تترافق 87.50% من مقاطع المجموعة المدروسة وجميع مقاطع عينات المجموعة الشاهدة بأي تليف لبي بعد 90 يوماً من المتابعة **(الجدول 3-6)** و**(الجدول 3-7)**.

4-1-3-3 تشكل الجسر العاجي

أظهرت كلتا المجموعتين نتائجاً مرضيةً فيما يخص تشكل الجسر العاجي مع مرور الزمن ولكن مع وجود فارق جوهري إحصائياً ($p < 0.05$) **(الجدول 3-3)** و**(الجدول 3-4)** و**(الجدول 3-5)**، حيث لم تظهر أي من مقاطع المجموعة المدروسة علامات لتشكل جسر عاجٍ بعد 7 أيام، ولكن أظهرت 50.00% من مقاطع المجموعة الشاهدة تشكلاً بدئياً للجسر العاجي **(الجدول 3-3)**، وترافقت 87.50% من مقاطع المجموعة المدروسة بتشكل جسر عاجٍ جزئي بعد 90 يوم **(الشكل 3-5)**، بينما حققت 87.50% من مقاطع المجموعة الشاهدة تشكلاً كاملاً للجسر العاجي **(الجدول 3-5)** و**(الشكل 3-8)**.

5-1-3-3 تكلس اللب

أظهرت المجموعة الشاهدة نتائجاً مرضيةً لمشعر تكلس اللب عند مقارنتها بالمجموعة المدروسة بفارق جوهري إحصائياً ($p < 0.001$) **(الجدول 3-3)** و**(الجدول 3-4)** و**(الجدول 3-5)**. لم تظهر 75.00% من مقاطع المجموعة الشاهدة أي تكلس لبي بعد 7 أيام **(الشكل 3-6)**، ولم تترافق جميع العينات بأي تكلس لبي بعد 30 و70 يوماً **(الجدول 3-7)**، في المجموعة المدروسة ترافقت 87.50% من المقاطع بتكلساتٍ صغيرة متعددة بعد 7 أيام، ولكن أصبحت تكلساً صغيراً مفرداً بعد 90 يوماً **(الجدول 3-6)**.

الجدول 3-3. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة وWMTA + NaOCl gel بعد 7 أيام.

المعايير النسيجية	الشاهدة	WMTA + NaOCl gel	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو				
الدرجة 0	(50.00%) 4	(0.00%) 0	0.005*	0.069
الدرجة 1	(0.00%) 0	(75.00%) 6		0.008*
الدرجة 2	(50.00%) 4	(25.00%) 2		0.588
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
نزف النسيج اللبي				
الدرجة 0	(25.00%) 2	(75.00%) 6	0.097	-
الدرجة 1	(50.00%) 4	(25.00%) 2		
الدرجة 2	(25.00%) 2	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تليف اللب				
الدرجة 0	(75.00%) 6	(87.50%) 7	0.522	-
الدرجة 1	(25.00%) 2	(12.50%) 1		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تشكل الجسر العاجي				
الدرجة 0	(37.50%) 3	(100.00%) 8	0.026*	0.026*
الدرجة 1	(50.00%) 4	(0.00%) 0		0.071
الدرجة 2	(12.50%) 1	(0.00%) 0		0.606
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
تكلس اللب				
الدرجة 0	(75.00%) 6	(0.00%) 0	0.001*	0.022*
الدرجة 1	(25.00%) 2	(0.00%) 0		0.522
الدرجة 2	(0.00%) 0	(87.50%) 7		0.006*
الدرجة 3	(0.00%) 0	(12.50%) 1		0.801
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

الجدول 3-4. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة WMTA + NaOCl gel بعد 30 يوماً.

المعايير النسيجية	الشاهدة	WMTA + NaOCl gel	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو				
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	0.007*	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(62.50%) 5		0.006*
الدرجة 2	(100.00%) 8	(37.50%) 3		0.006*
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
نزف النسيج اللبي				
الدرجة 0	(50.00%) 4	(62.50%) 5	0.614	-
الدرجة 1	(50.00%) 4	(37.50%) 3		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تليف اللب				
الدرجة 0	(100.00%) 8	(75.00%) 6	0.131	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(25.00%) 2		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تشكل الجسر العاجي				
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	0.002*	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(75.00%) 6		0.001*
الدرجة 2	(100.00%) 8	(25.00%) 2		0.001*
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
تكلس اللب				
الدرجة 0	(100.00%) 8	(0.00%) 0	< 0.001*	< 0.001*
الدرجة 1	(0.00%) 0	(75.00%) 6		0.008*
الدرجة 2	(0.00%) 0	(25.00%) 2		0.324
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

الجدول 3-5. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين المجموعة الشاهدة WMTA + NaOCl gel بعد 90 يوماً.

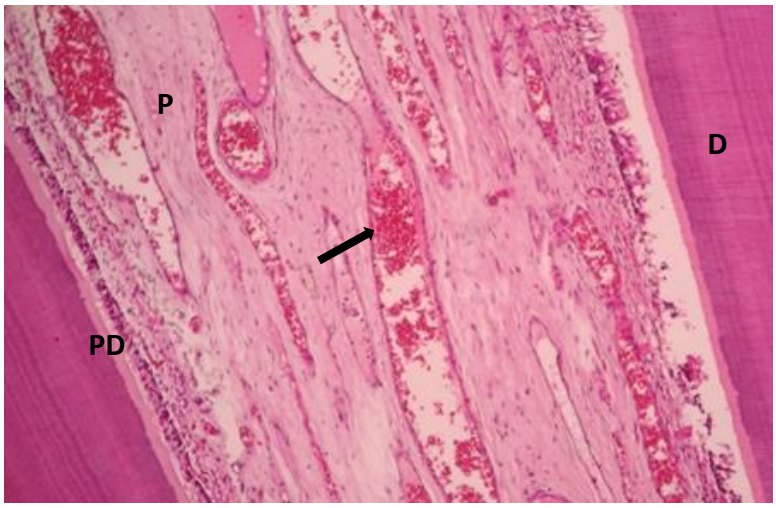
المعايير النسيجية	الشاهدة	WMTA + NaOCl gel	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو				
الدرجة 0	(0.00%) 0	(100.00%) 8	< 0.001*	< 0.001*
الدرجة 1	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 2	(100.00%) 8	(0.00%) 0		< 0.001*
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
نزف النسيج اللبي				
الدرجة 0	(25.00%) 2	(0.00%) 0	0.131	-
الدرجة 1	(75.00%) 6	(100.00%) 8		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تليف اللب				
الدرجة 0	(100.00%) 8	(87.50%) 7	0.302	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(12.50%) 1		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تشكل الجسر العاجي				
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	0.002*	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(12.50%) 1		0.606
الدرجة 2	(12.50%) 1	(87.50%) 7		0.011*
الدرجة 3	(87.50%) 7	(0.00%) 0		0.002*
تكلس اللب				
الدرجة 0	(100.00%) 8	(12.50%) 1	< 0.001*	< 0.001*
الدرجة 1	(0.00%) 0	(87.50%) 7		< 0.001*
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

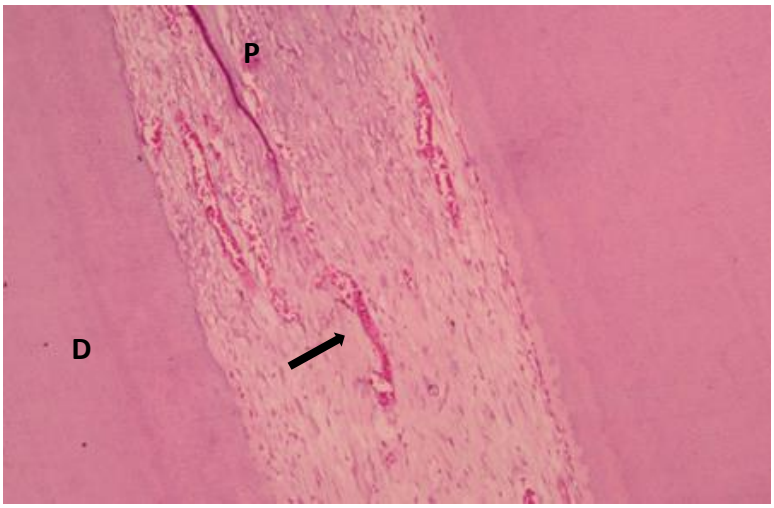
الجدول 3-6. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الفترات الزمنية المدروسة في WMTA + NaOCl gel.

المعايير النسيجية	7 أيام	30 يوم	90 يوم	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو					
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(100.00%) 8	< 0.001*	< 0.05*b, c
الدرجة 1	(75.00%) 6	(62.50%) 5	(0.00%) 0		< 0.05*b, c
الدرجة 2	(25.00%) 2	(37.50%) 3	(0.00%) 0		0.743
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
نزف النسيج اللبي					
الدرجة 0	(75.00%) 6	(62.50%) 5	(0.00%) 0	0.006*	< 0.05*b, c
الدرجة 1	(25.00%) 2	(37.50%) 3	(100.00%) 8		< 0.05*b, c
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
تليف اللب					
الدرجة 0	(87.50%) 7	(75.00%) 6	(87.50%) 7	0.741	-
الدرجة 1	(12.50%) 1	(25.00%) 2	(12.50%) 1		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تشكل الجسر العاجي					
الدرجة 0	(100.00%) 8	(0.00%) 0	(0.00%) 0	< 0.001*	< 0.05*a, b
الدرجة 1	(0.00%) 0	(75.00%) 6	(12.50%) 1		< 0.05*a, c
الدرجة 2	(0.00%) 0	(25.00%) 2	(87.50%) 7		< 0.05*b, c
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تكلس اللب					
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(12.50%) 1	0.004*	0.998
الدرجة 1	(0.00%) 0	(75.00%) 6	(87.50%) 7		< 0.05*a, b
الدرجة 2	(87.50%) 7	(25.00%) 2	(0.00%) 0		< 0.05*a, b
الدرجة 3	(12.50%) 1	(0.00%) 0	(0.00%) 0		0.998
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-

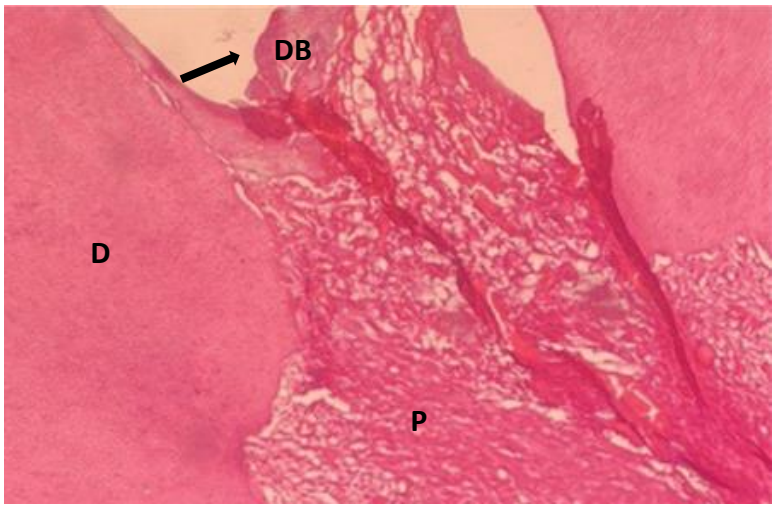
a، 7 أيام .vs 30 يوماً؛ b، 7 أيام .vs 90 يوماً؛ c، 30 يوماً .vs 90 يوماً؛ *فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.



الشكل 3-3. مقطع نسيجي لعينة WMTA + NaOCl gel بعد 7 أيام. يشير السهم الأسود إلى وعاء دموي محتقن. P، النسيج اللّبي؛ PD، طليعة العاج؛ D، العاج.



الشكل 3-4. مقطع نسيجي لعينة WMTA + NaOCl gel بعد 30 يوماً. يشير السهم الأسود إلى تراجع الاحتقان في الوعاء الدموي. P، النسيج اللّبي؛ D، العاج.

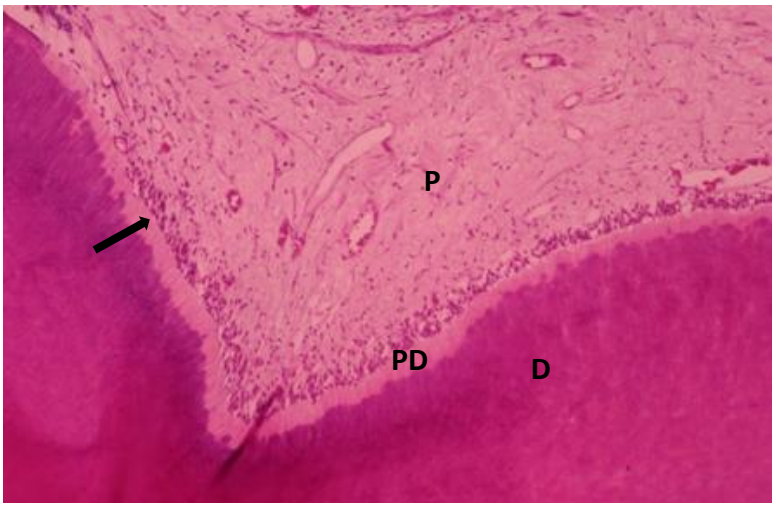


الشكل 3-5. مقطع نسيجي لعينة WMTA + NaOCl gel بعد 90 يوماً. يشير السهم الأسود إلى تشكل جزئي للجسر العاجي. P، النسيج اللّبي؛ DB، الجسر العاجي؛ D، العاج.

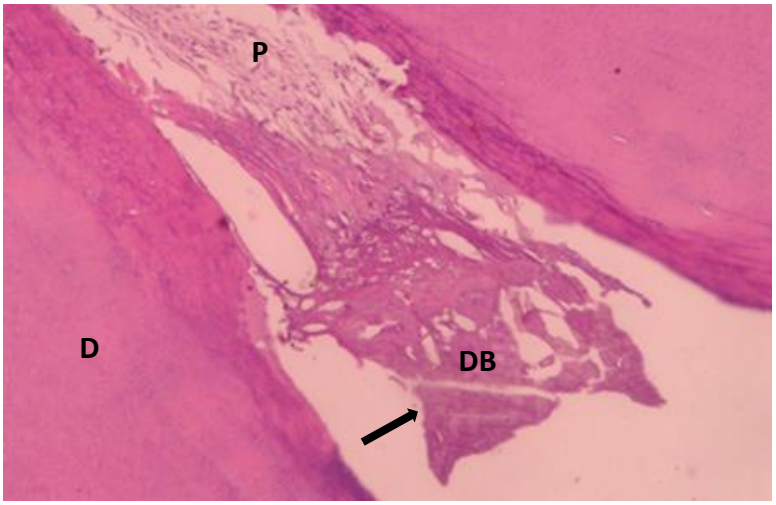
الجدول 3-7. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الفترات الزمنية المدروسة في المجموعة الشاهدة.

المعايير النسيجية	7 أيام	30 يوم	90 يوم	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو					
الدرجة 0	4 (50.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0.008*	< 0.05*[a, b]
الدرجة 1	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
الدرجة 2	4 (50.00%)	8 (100.00%)	8 (100.00%)		0.324
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
الدرجة 4	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
نزف النسيج اللبي					
الدرجة 0	2 (25.00%)	4 (50.00%)	2 (25.00%)	0.234	-
الدرجة 1	4 (50.00%)	4 (50.00%)	6 (75.00%)		
الدرجة 2	2 (25.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
تليف اللب					
الدرجة 0	6 (75.00%)	8 (100.00%)	8 (100.00%)	0.113	-
الدرجة 1	2 (25.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 2	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
تشكل الجسر العاجي					
الدرجة 0	3 (37.50%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	< 0.001*	0.945
الدرجة 1	4 (50.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		0.895
الدرجة 2	1 (12.50%)	8 (100.00%)	1 (12.50%)		< 0.05*[a, c]
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)	7 (87.50%)		< 0.05*[b, c]
تكلس اللب					
الدرجة 0	6 (75.00%)	8 (100.00%)	8 (100.00%)	0.113	-
الدرجة 1	2 (25.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 2	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 4	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		

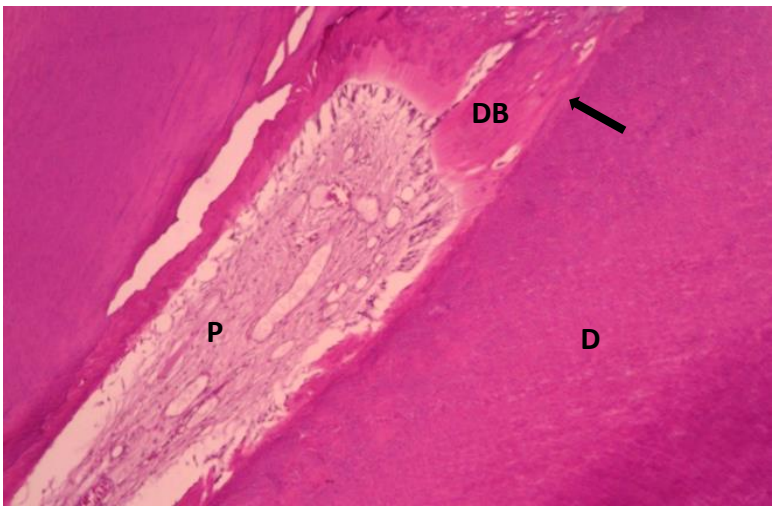
a، 7 أيام .vs 30 يوماً؛ b، 7 أيام .vs 90 يوماً؛ c، 30 يوماً .vs 90 يوماً؛ *فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.



الشكل 3-6. مقطع نسيجي لعينة شاهدة بعد 7 أيام. يشير السهم الأسود إلى تمايز الخلايا مصورات العاج. P، النسيج اللّبي؛ PD، طليعة العاج؛ D، العاج.



الشكل3-7. مقطع نسيجي لعينة شاهدة بعد 30 يوماً. يشير السهم الأسود إلى تشكل جزئي للجسر العاجي. P، النسيج اللّبي؛ DB، الجسر العاجي؛ D، العاج.



الشكل 3-8. مقطع نسيجي لعينة شاهدة بعد 90 يوماً. يشير السهم الأسود إلى تشكل كامل للجسر العاجي. P، النسيج اللّبي؛ DB، الجسر العاجي؛ D، العاج.

2-3-3 مجموعة NaOCl gel → WMTA

1-2-3-3 تعضي النسيج الرخو

لم تظهر أياً من المجموعتين تموتاً في النسيج اللبي **(الجدول 3-8)** و**(الجدول 3-9)** و**(الجدول 3-10)**. أظهرت المجموعة المدروسة تعضيّاً أفضلاً للنسيج الرخو خلال فترات المتابعة المختلفة وبفارق جوهري إحصائياً ($p < 0.001$)، حيث أظهرت جميع مقاطع المجموعة خلاً بسيطاً في الخلايا مصورات العاج بعد 7 أيام و30 و90 يوماً **(الجدول 3-11)** و**(الشكل 3-9)** و**(الشكل 3-10)**، وبالمقابل أظهرت جميع مقاطع المجموعة الشاهدة خلاً متوسطاً في الخلايا المصورة للعاج بعد 30 و90 يوماً **(الجدول 3-7)**.

2-2-3-3 نزف النسيج اللبي

أظهرت جميع مقاطع المجموعة المدروسة نزفاً لبياً متوسطاً بعد 30 يوماً، ليتراجع ليصبح معدوماً بعد 90 يوماً **(الجدول 3-11)** و**(الشكل 3-10)** و**(الشكل 3-11)**، بينما في المجموعة الشاهدة أظهرت 50% من المقاطع نزفاً لبياً متوسطاً بعد 7 أيام و30 يوماً، ولتصبح النسبة 75% بعد 90 يوماً **(الجدول 3-7)**، وبالتالي تفوقت المجموعة المدروسة على المجموعة الشاهدة فيما يخص مشعر النزف بعد 30 و90 يوماً بفارق جوهري إحصائياً ($p < 0.05$) **(الجدول 3-8)** و**(الجدول 3-9)** و**(الجدول 3-10)**، ولكن أظهرت كلتا المجموعتين توسعاً وعائياً مبكراً **(الجدول 3-8)**، و**(الشكل 3-6)** و**(الشكل 3-8)**.

3-2-3-3 تليف اللب

أظهرت كلتا المجموعتين نتائجاً مرضيةً فيما يخص مشعر التليف اللبي خلال فترات المتابعة المختلفة ودون وجود فارق جوهري إحصائياً بين المجموعتين ($p > 0.05$) **(الجدول 3-8)** و**(الجدول 3-9)** و**(الجدول 3-10)**، حيث لم تظهر معظم المقاطع في كلتا المجموعتين أي تليف لبي أو ترافقت بتليف لبي خفيف خلال فترات المتابعة المختلفة **(الجدول 3-7)** و**(الجدول 3-11)**.

3-2-3-4 تشكل الجسر العاجي

تحسّن تشكل الجسر العاجي بشكلٍ تدريجي في كلتا المجموعتين عبر الزمن **(الجدول 3-7)** و**(الجدول 3-11)**، حيث تشكل جسر عاجٍ كامل بعد 90 يوماً في كلتا المجموعتين **(الجدول 3-10)** و**(الشكل 3-8)** و**(الشكل 3-11)**.

3-2-3-5 تكلس اللب

لم تظهر أي تكلسات لبية خلال فترات المتابعة المختلفة **(الجدول 3-11)**، باستثناء ظهور تكلس لبي صغير مفرد في 25% من مقاطع المجموعة الشاهدة بعد 7 أيام **(الجدول 3-8)**.

الجدول 3-8. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الشاهدة و NaOCl gel → WMTA بعد 7 أيام.

المعايير النسيجية	الشاهدة	NaOCl gel → WMTA	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو				
الدرجة 0	(50.00%) 4	(0.00%) 0	< 0.001*	0.069
الدرجة 1	(0.00%) 0	(100.00%) 8		< 0.001*
الدرجة 2	(50.00%) 4	(0.00%) 0		0.069
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
نزف النسيج اللبي				
الدرجة 0	(25.00%) 2	(37.50%) 3	0.587	-
الدرجة 1	(50.00%) 4	(25.00%) 2		
الدرجة 2	(25.00%) 2	(37.50%) 3		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تليف اللب				
الدرجة 0	(75.00%) 6	(50.00%) 4	0.302	-
الدرجة 1	(25.00%) 2	(50.00%) 4		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تشكل الجسر العاجي				
الدرجة 0	(37.50%) 3	(100.00%) 8	0.026*	0.026*
الدرجة 1	(50.00%) 4	(0.00%) 0		0.071
الدرجة 2	(12.50%) 1	(0.00%) 0		0.606
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
تكلس اللب				
الدرجة 0	(75.00%) 6	(100.00%) 8	0.131	-
الدرجة 1	(25.00%) 2	(0.00%) 0		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

الجدول 3-9. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الشاهدة وNaOCl gel → WMTA بعد 30 يوماً.

المعايير النسيجية	الشاهدة	NaOCl gel → WMTA	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو				
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	< 0.001*	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(100.00%) 8		< 0.001*
الدرجة 2	(100.00%) 8	(0.00%) 0		< 0.001*
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
نزف النسيج اللبي				
الدرجة 0	(50.00%) 4	(0.00%) 0	< 0.001*	0.071
الدرجة 1	(50.00%) 4	(0.00%) 0		0.071
الدرجة 2	(0.00%) 0	(100.00%) 8		< 0.001*
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
تليف اللب				
الدرجة 0	(100.00%) 8	(100.00%) 8	-	
الدرجة 1	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تشكل الجسر العاجي				
الدرجة 0	(0.00%) 0	(100.00%) 8	< 0.001*	< 0.001*
الدرجة 1	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 2	(100.00%) 8	(0.00%) 0		< 0.001*
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
تكلس اللب				
الدرجة 0	(100.00%) 8	(100.00%) 8	-	
الدرجة 1	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

الجدول 3-10. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الشاهدة و NaOCl gel → WMTA بعد 90 يوماً.

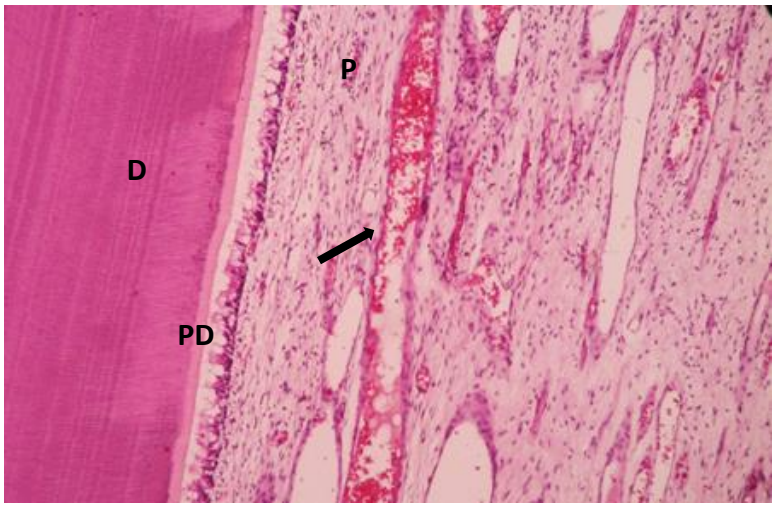
المعايير النسيجية	الشاهدة	NaOCl gel → WMTA	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو				
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	< 0.001*	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(100.00%) 8		< 0.001*
الدرجة 2	(100.00%) 8	(0.00%) 0		< 0.001*
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
نزف النسيج اللبي				
الدرجة 0	(25.00%) 2	(100.00%) 8	0.002*	0.002*
الدرجة 1	(75.00%) 6	(0.00%) 0		0.002*
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
تليف اللب				
الدرجة 0	(100.00%) 8	(75.00%) 6	0.319	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(12.50%) 1		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(12.50%) 1		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تشكل الجسر العاجي				
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	0.302	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 2	(12.50%) 1	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(87.50%) 7	(100.00%) 8		
تكلس اللب				
الدرجة 0	(100.00%) 8	(100.00%) 8	-	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

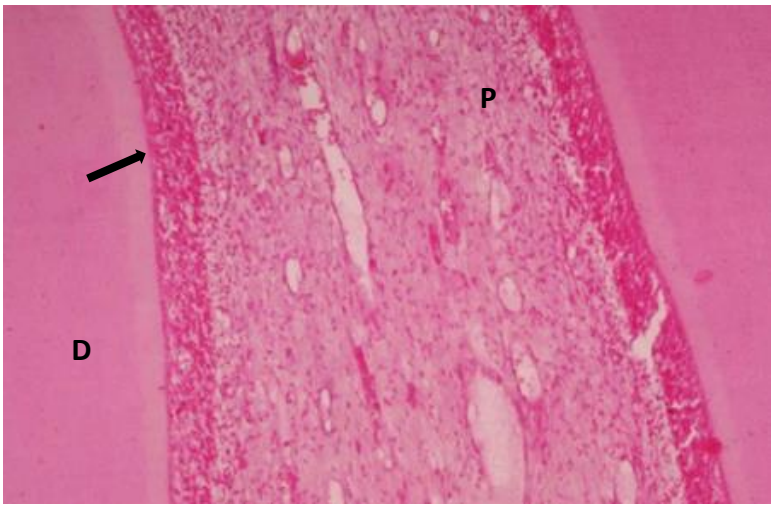
الجدول 3-11. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الفترات الزمنية المدروسة في NaOCl gel → WMTA.

المعايير النسيجية	7 أيام	30 يوم	90 يوم	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو					
الدرجة 0	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	-	-
الدرجة 1	8 (100.00%)	8 (100.00%)	8 (100.00%)		
الدرجة 2	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 4	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
نزف النسيج اللبي					
الدرجة 0	3 (37.50%)	0 (0.00%)	8 (100.00%)	< 0.001*	< 0.05*b, c
الدرجة 1	2 (25.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		0.909
الدرجة 2	3 (37.50%)	8 (100.00%)	0 (0.00%)		< 0.05*a, c
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
تليف اللب					
الدرجة 0	4 (50.00%)	8 (100.00%)	6 (75.00%)	0.074	-
الدرجة 1	4 (50.00%)	0 (0.00%)	1 (12.50%)		
الدرجة 2	0 (0.00%)	0 (0.00%)	1 (12.50%)		
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
تشكل الجسر العاجي					
الدرجة 0	8 (100.00%)	8 (100.00%)	0 (0.00%)	< 0.001*	< 0.05*b, c
الدرجة 1	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
الدرجة 2	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)	8 (100.00%)		< 0.05*b, c
تكلس اللب					
الدرجة 0	8 (100.00%)	8 (100.00%)	8 (100.00%)	-	-
الدرجة 1	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 2	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 4	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)		

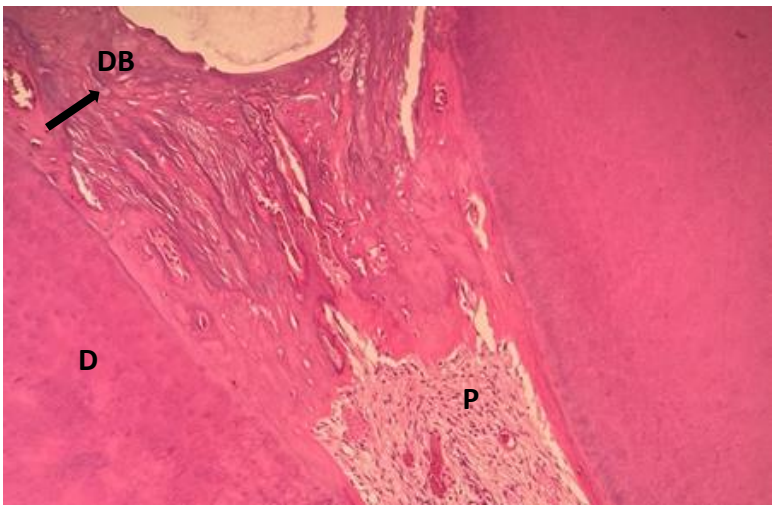
a، 7 أيام .vs 30 يوماً؛ b، 7 أيام .vs 90 يوماً؛ c، 30 يوماً .vs 90 يوماً؛ *فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.



الشكل 3-9. مقطع نسيجي لعينة NaOCl gel → WMTA بعد 7 أيام. يشير السهم الأسود إلى وعاء دموي محتقن. P، النسيج اللّبي؛ PD، طليعة العاج؛ D، العاج.



الشكل 3-10. مقطع نسيجي لعينة NaOCl gel → WMTA بعد 30 يوماً. يشير السهم الأسود إلى تمايز الخلايا مصورات العاج. P، النسيج اللّبي؛ D، العاج.



الشكل 3-11. مقطع نسيجي لعينة NaOCl gel → WMTA بعد 90 يوماً. يشير السهم الأسود إلى تشكل كامل للجسر العاجي. P، النسيج اللّبي؛ DB، الجسر العاجي؛ D، العاج.

3-3-3 مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel

1-3-3-3 تعضي النسيج الرخو

أظهرت المجموعة المدروسة تعضياً أفضل بالنسيج الرخو خلال فترات المتابعة المختلفة وبفارق جوهري إحصائياً ($p < 0.001$) (**الجدول 3-12**) و(**الجدول 3-13**) و(**الجدول 3-14**)، حيث أظهرت جميع المقاطع خللاً بسيطاً في الخلايا مصورة العاج بعد 7 أيام و30 و90 يوماً (**الجدول 3-15**) و(**الشكل 3-13**) و(**الشكل 3-14**)، وبالمقابل أظهرت جميع مقاطع المجموعة الشاهدة خللاً متوسطاً في الخلايا المصورة للعاج بعد 30 و90 يوماً (**الجدول 3-7**).

2-3-3-3 نزف النسيج اللبي

أظهرت معظم مقاطع المجموعة المدروسة نزفاً حاداً بعد 7 أيام (**الشكل 3-12**)، ليتراجع ليصبح متوسطاً بعد 30 يوماً (**الشكل 3-13**) ومن ثم خفيفاً بعد 90 يوماً (**الشكل 3-14**) و(**الجدول 3-15**)، وتفوقت المجموعة الشاهدة على المجموعة السابقة حيث أظهرت معظم المقاطع نزفاً لبياً متوسطاً خلال فترات المتابعة (**الجدول 3-7**)، ولكن دون وجود فارق جوهري إحصائياً بعد 90 يوماً ($p > 0.05$) (**الجدول 3-14**).

3-3-3-3 تليف اللب

أظهرت كلتا المجموعتين نتائجاً مرضيةً فيما يخص مشعر التليف اللبي خلال فترات المتابعة المختلفة (**الجدول 3-7**) و(**الجدول 3-15**)، حيث لم تظهر معظم المقاطع في كلتا المجموعتين أي تليف لبي أو ترافقت بتليف لبي خفيف بعد 7 أيام (**الجدول 3-12**) و30 يوماً (**الجدول 3-13**)، لتصبح معدومةً بعد 90 يوماً (**الجدول 3-14**).

4-3-3-3 تشكل الجسر العاجي

تحسن تشكل الجسر العاجي بشكلٍ تدريجي في كلتا المجموعتين عبر الزمن **(الجدول 3-7)** و**(الجدول 3-15)**، حيث تشكل جسر عاجٍ كامل بعد 90 يوماً **(الشكل 3-14)**.

5-3-3-3 تكلس اللب

أظهرت معظم مقاطع المجموعة المدروسة تكلساتٍ صغيرةٍ متعددةٍ بعد 7 أيام وتراجعت لتصبح تكلساً صغيراً مفرد بعد 30 يوماً، ولتختفي بعد 90 يوماً **(الجدول 3-15)**، ولم تظهر أي تكلسات لبية خلال فترات المتابعة المختلفة في المجموعة الشاهدة **(الجدول 3-7)** ، باستثناء ظهور تكلساً لبياً صغيراً مفرداً في 25% من مقاطع المجموعة الشاهدة بعد 7 أيام **(الجدول 3-7)**.

الجدول 3-12. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الشاهدة و NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 7 أيام.

المعايير النسيجية	الشاهدة	NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو				
الدرجة 0	(50.00%) 4	(0.00%) 0	< 0.001*	0.069
الدرجة 1	(0.00%) 0	(100.00%) 8		< 0.001*
الدرجة 2	(50.00%) 4	(0.00%) 0		0.069
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
نزف النسيج اللبي				
الدرجة 0	(25.00%) 2	(0.00%) 0	0.011*	0.324
الدرجة 1	(50.00%) 4	(0.00%) 0		0.071
الدرجة 2	(25.00%) 2	(37.50%) 3		1.000
الدرجة 3	(0.00%) 0	(62.50%) 5		0.026*
تليف اللب				
الدرجة 0	(75.00%) 6	(50.00%) 4	0.302	-
الدرجة 1	(25.00%) 2	(50.00%) 4		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تشكل الجسر العاجي				
الدرجة 0	(37.50%) 3	(0.00%) 0	0.362	-
الدرجة 1	(50.00%) 4	(50.00%) 4		
الدرجة 2	(12.50%) 1	(50.00%) 4		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تكلس اللب				
الدرجة 0	(75.00%) 6	(0.00%) 0	< 0.001*	0.008*
الدرجة 1	(25.00%) 2	(0.00%) 0		0.324
الدرجة 2	(0.00%) 0	(100.00%) 8		< 0.001*
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

الجدول 3-13. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الشاهدة و NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 30 يوماً.

المعايير النسيجية	الشاهدة	NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو				
الدرجة 0	0 (0.00%)	0 (0.00%)	< 0.001*	0.069
الدرجة 1	0 (0.00%)	8 (100.00%)		< 0.001*
الدرجة 2	8 (100.00%)	0 (0.00%)		0.069
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
الدرجة 4	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
نزف النسيج اللبي				
الدرجة 0	4 (50.00%)	0 (0.00%)	0.005*	0.071
الدرجة 1	4 (50.00%)	2 (25.00%)		0.606
الدرجة 2	0 (0.00%)	6 (75.00%)		0.008*
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
تليف اللب				
الدرجة 0	8 (100.00%)	4 (50.00%)	0.021*	0.021*
الدرجة 1	0 (0.00%)	4 (50.00%)		0.021*
الدرجة 2	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
تشكل الجسر العاجي				
الدرجة 0	0 (0.00%)	0 (0.00%)	-	-
الدرجة 1	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
الدرجة 2	8 (100.00%)	8 (100.00%)		
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)		
تكلس اللب				
الدرجة 0	8 (100.00%)	0 (0.00%)	< 0.001*	< 0.001*
الدرجة 1	0 (0.00%)	8 (100.00%)		< 0.001*
الدرجة 2	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
الدرجة 3	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-
الدرجة 4	0 (0.00%)	0 (0.00%)		-

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

الجدول 3-14. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الشاهدة وNaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 90 يوماً.

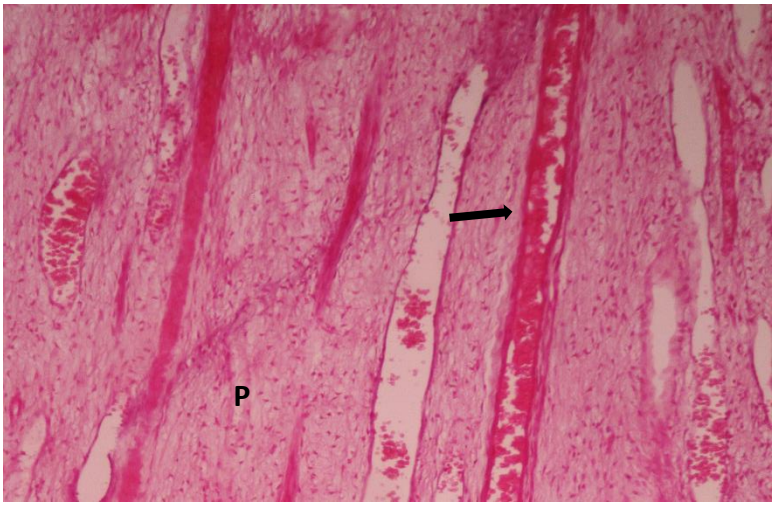
المعايير النسيجية	الشاهدة	NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو				
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	< 0.001*	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(100.00%) 8		< 0.001*
الدرجة 2	(100.00%) 8	(0.00%) 0		< 0.001*
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
نزف النسيج اللبي				
الدرجة 0	(25.00%) 2	(12.50%) 1	0.522	-
الدرجة 1	(75.00%) 6	(87.50%) 7		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تليف اللب				
الدرجة 0	(100.00%) 8	(100.00%) 8	-	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تشكل الجسر العاجي				
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	0.302	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 2	(12.50%) 1	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(87.50%) 7	(100.00%) 8		
تكلس اللب				
الدرجة 0	(100.00%) 8	(100.00%) 8	-	-
الدرجة 1	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

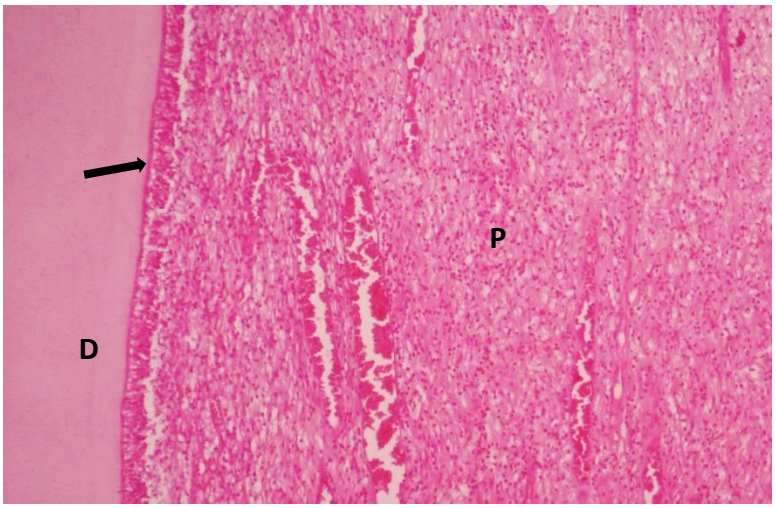
الجدول 3-15. نتائج مقارنة المعايير النسيجية بين الفترات الزمنية المدروسة بمجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel.

المعايير النسيجية	7 أيام	30 يوم	90 يوم	*p*-value	Post hoc *p*-value
تعضي النسيج الرخو					
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	-	-
الدرجة 1	(100.00%) 8	(100.00%) 8	(100.00%) 8		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
نزف النسيج اللبي					
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(12.50%) 1	< 0.001*	0.923
الدرجة 1	(0.00%) 0	(25.00%) 2	(87.50%) 7		< 0.05*b, c
الدرجة 2	(37.50%) 3	(75.00%) 6	(0.00%) 0		0.294
الدرجة 3	(62.50%) 5	(0.00%) 0	(0.00%) 0		< 0.05*a, b
تليف اللب					
الدرجة 0	(50.00%) 4	(50.00%) 4	(100.00%) 8	0.050	-
الدرجة 1	(50.00%) 4	(50.00%) 4	(0.00%) 0		
الدرجة 2	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		
تشكل الجسر العاجي					
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	< 0.001*	-
الدرجة 1	(50.00%) 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0		< 0.05*a, b
الدرجة 2	(50.00%) 4	(100.00%) 8	(0.00%) 0		< 0.05*a, c
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(100.00%) 8		< 0.05*b, c
تكلس اللب					
الدرجة 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(100.00%) 8	< 0.001*	< 0.05*b, c
الدرجة 1	(0.00%) 0	(100.00%) 8	(0.00%) 0		< 0.05*a, c
الدرجة 2	(100.00%) 8	(0.00%) 0	(0.00%) 0		< 0.05*a, b
الدرجة 3	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-
الدرجة 4	(0.00%) 0	(0.00%) 0	(0.00%) 0		-

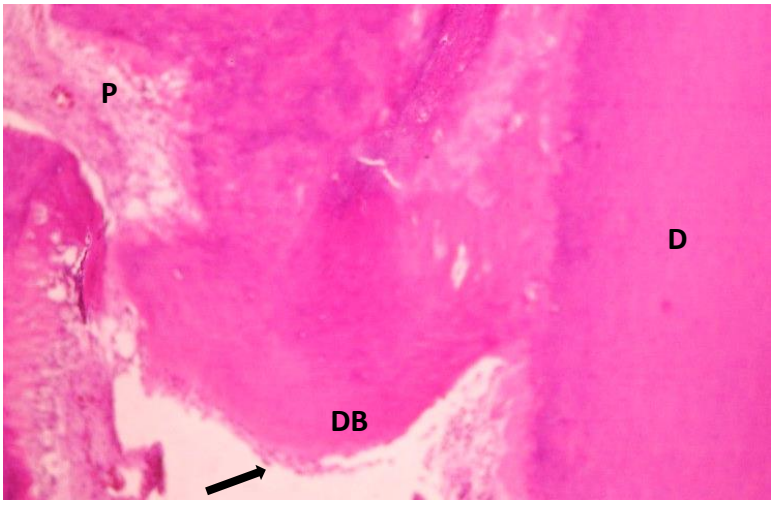
a، 7 أيام .vs 30 يوماً؛ b، 7 أيام .vs 90 يوماً؛ c، 30 يوماً .vs 90 يوماً؛ *فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.



الشكل 3-12. مقطع نسيجي لعينة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 7 أيام. يشير السهم الأسود إلى وعاء دموي محتقن. P، النسيج اللّبي.



الشكل 3-13. مقطع نسيجي لعينة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 30 يوماً. يشير السهم الأسود إلى تمايز الخلايا مصورات العاج. P، النسيج اللّبي؛ D، العاج.

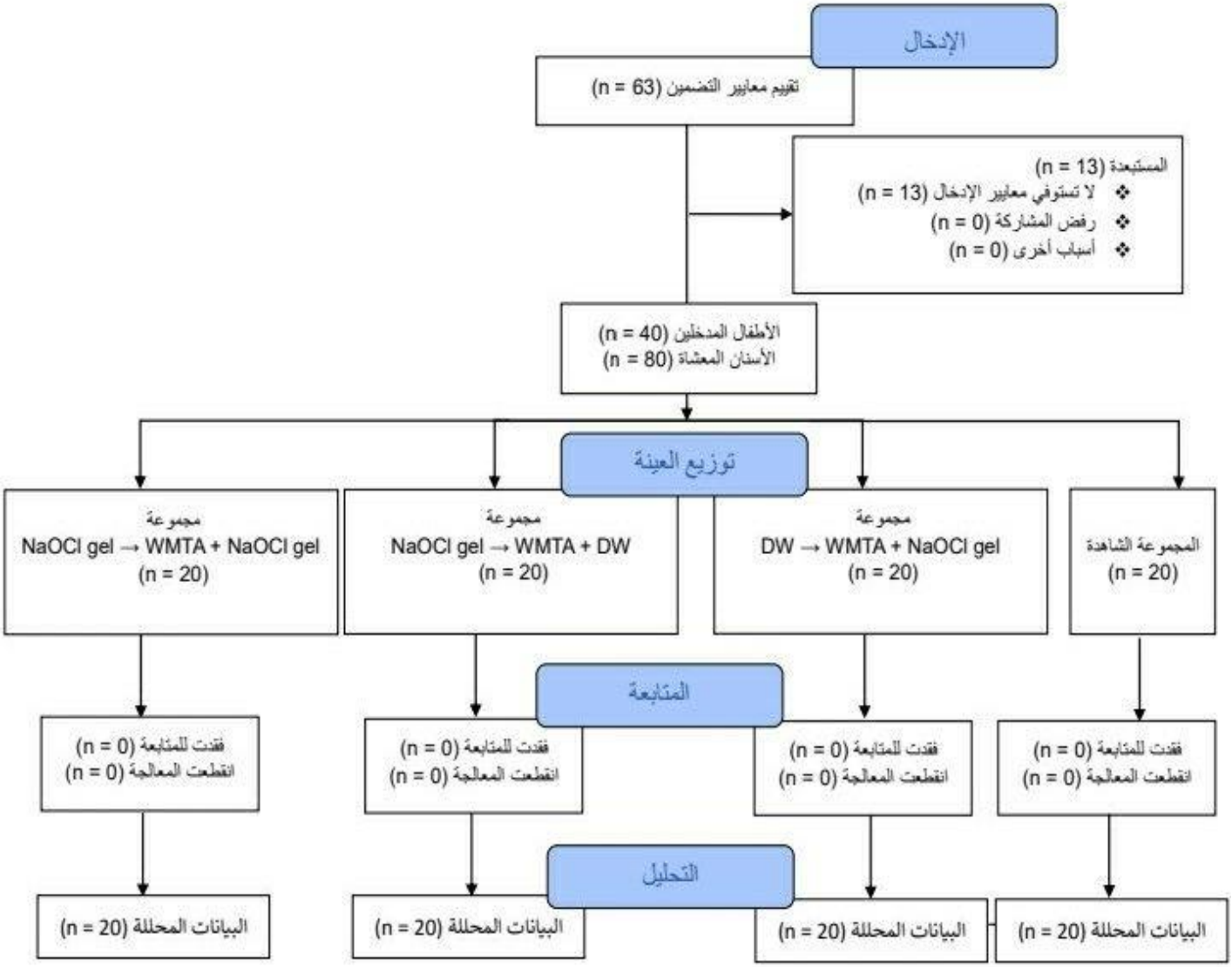


الشكل 3-14. مقطع نسيجي لعينة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 90 يوماً. يشير السهم الأسود إلى تشكل كامل للجسر العاجي. P، النسيج اللّبي؛ DB، الجسر العاجي؛ D، العاج.

4-3 نتائج توزع العينية السريرية والشعاعية

1-4-3 نتائج الاعتيان

تألفت العينة السّريرية والشّعاعية للبحث من 40 طفلاً من مراجعي قسم طب أسنان الأطفال خلال عام 2023م بهدف إنجاز المعالجات السّنية، حيث تم فحص 63 طفلاً واختير منهم 40 طفلاً ممن تنطبق عليهم معايير التضمين، وتألفت من العينة من 80 سناً (**الشكل 3-15**).



2-4-3 التوزع الديموغرافي

بلغ متوسط عمر الأطفال 1.24 ± 7.38 سنة، وبلغت النسبة المئوية للذكور ضمن العينة 67.00% و33.00% للإناث، وبلغ عدد الأسنان في العينة السّريرية والشّعاعية 80 سناً، توزعت على أربع مجموعات بين 49.00% في الفك العلوي و51.00% في الفك السفلي **(الجدول 3-16)**

الجدول 3-16. توزع العينة السريرية والشعاعية.

المعلومات الديموغرافية	**n = 19**
الجنس	
انثى n (%)	(67.00) 27
ذكر n (%)	(33.00) 13
العمر (سنوات)	
المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري	8.58 ± 0.67
المدى	10-5
توزع الأسنان	**n = 80**
الجهة	
الفك العلوي n (%)	(49.00) 39
الفك السفلي n (%)	(51.00) 41

5-3 نتائج الدراسة السريرية والشعاعية

1-5-3 مجموعة WMTA + NaOCl gel

1-1-5-3 متابعة ثلاثة أشهر

أظهرت المجموعتان نسبةَ نجاحٍ سريريةٍ 90% مع حالتين بألم عند القرع (10.00%)، ونسبة النجاح الشعاعي 95% للمجموعة المدروسة، حيث ظهرت حالةً واحدةً (5.00%) بامتصاص داخلي وخارجي وتوسع رباط، وحالة بتكلس قناة لبية، وحققت المجموعة الشاهدة نسبةَ نجاحٍ شعاعيةٍ 100% (**الجدول 3-17**) و(**الشكل 3-16**) و(**الشكل 3-20**) و(**الجدول 8-1/الملحق (6)**).

2-1-5-3 متابعة ستة أشهر

بقيت نسبة النجاح السريرية لكلتا المجموعتين 90% بعد متابعة 6 أشهر، ولكن ظهرت حالةً واحدةً (5.00%) في المجموعة الشاهدة بامتصاص داخلي وخارجي، فأصبحت نسبة النجاح الشعاعية 95%، وظهرت حالةً واحدةً في المجموعة المدروسة بتكلس قناة لبية (**الجدول 3-17**) و(**الشكل 3-17**) و(**الشكل 3-21**) و(**الجدول 8-2/الملحق (6)**).

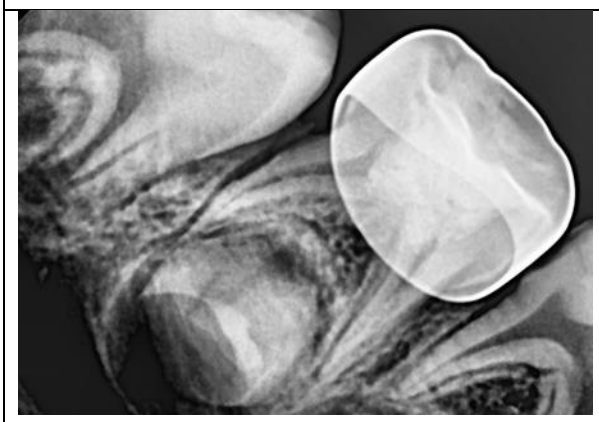
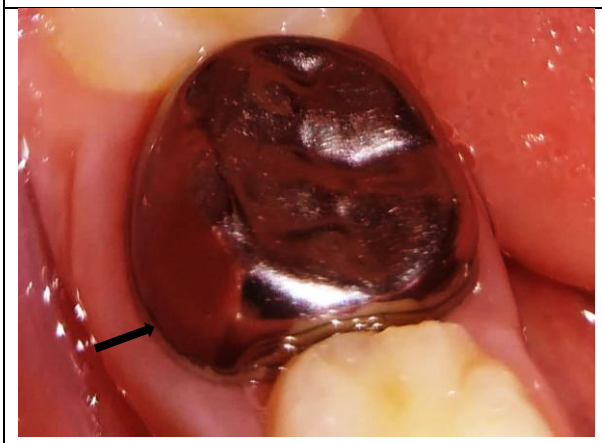
3-1-5-3 متابعة اثنا عشر شهراً

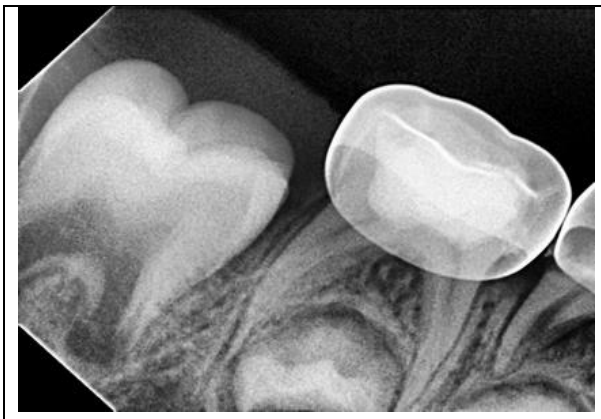
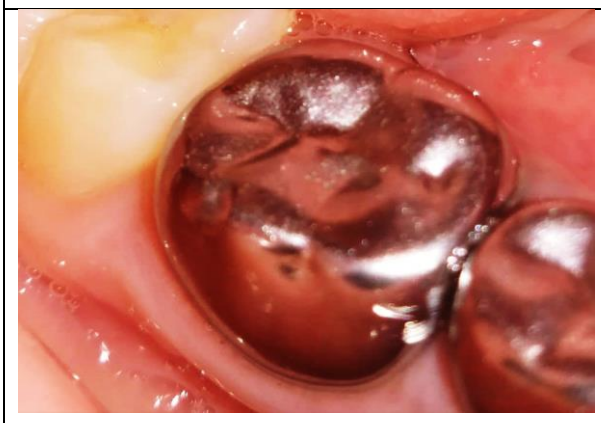
بقيت نسبة النجاح السريرية لكلا المجموعتين 90% بعد متابعة 12 شهراً، وبقيت نسبة النجاح الشعاعية للمجموعة المدروسة 95%، إلا أنها تراجعت في المجموعة الشاهدة لتصبح 85% بعد تشخيص امتصاص خارجي في حالتين (10.00%)، وظهرت حالة بتكلس قناة لبية. لم يُذكر أي فارقٍ إحصائي جوهري في نسب النجاح السريرية والشعاعية في المجموعتين خلال فترات المتابعة المختلفة ($p > 0.05$)، (**الجدول 3-17**) و(**الشكل 3-18**) و(**الشكل 3-19**) و(**الشكل 3-22**) و(**الشكل 3-23**) و(**المخطط 3-1**) و(**الجدول 8-3/الملحق (6)**).

الجدول 3-17. نتائج مقارنة نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة و WMTA + NaOCl gel خلال فترات المتابعة المختلفة.

المتابعة	المتغيرات	الشاهدة N/العدد الكلي (%)	WMTA + NaOCl gel N/العدد الكلي (%)	*p*-value
ثلاثة أشهر	نسبة النجاح السريري	(90.00%) 20/18	(90.00%) 20/18	1.000
	نسبة النجاح الشعاعي	(10.000%) 20/20	(95.00%) 20/19	0.311
ستة أشهر	نسبة النجاح السريري	(90.00%) 20/18	(90.00%) 20/18	1.000
	نسبة النجاح الشعاعي	(95.00%) 20/19	(95.00%) 20/19	1.000
اثنا عشر شهراً	نسبة النجاح السريري	(90.00%) 20/18	(90.00%) 20/18	1.000
	نسبة النجاح الشعاعي	(85.00%) 20/17	(95.00%) 20/19	0.605

مخطط 3-1. مخطط أعمدة مقارن بين نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة ومجموعة WMTA + NaOCl gel خلال فترات المتابعة المختلفة.

	الشكل 3-16. صورة شعاعية لمجموعة WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 5 سنوات بعد متابعة 3 أشهر.
	**الشكل 3-17.** صورة شعاعية لمجموعة WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 5 سنوات بعد متابعة 6 أشهر.
	الشكل 3-18. صورة شعاعية لمجموعة WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 6 سنوات بعد متابعة 12 شهراً.
	**الشكل 3-19.** صورة سريرية لمجموعة WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 6 سنوات بعد متابعة 12 شهراً. يشير السهم الأسود إلى تراكم لويحة مما يدل على ألم أثناء المضغ.

الشكل 3-20. صورة شعاعية للعينة الشاهدة في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 5 سنوات بعد متابعة 3 أشهر. ملاحظة عدم وجود أي علامات فشل شعاعية وفق المعايير المدروسة.	
الشكل 3-21. صورة شعاعية للعينة الشاهدة في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 5 سنوات بعد متابعة 6 أشهر. ملاحظة عدم وجود أي علامات فشل شعاعية وفق المعايير المدروسة.	
الشكل 3-22. صورة شعاعية للعينة الشاهدة في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 6 سنوات بعد متابعة 12 شهراً. السهم الأسود يشير إلى وجود تكلس في القناة الوحشية ولكنها لم تُعدّ فشلاً شعاعياً.	
الشكل 3-23. صورة سريرية للعينة الشاهدة في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 6 سنوات بعد متابعة 12 شهراً.	

2-5-3 مجموعة NaOCl gel → WMTA

1-2-5-3 متابعة ثلاثة أشهر

أظهرت المجموعة الشاهدة والمجموعة المدروسة نسبة نجاح سريرية 90% بعد متابعة 3 أشهر مع حالتين بألم عند القرع (10.00%) في المجموعتين. بلغت نسبة النجاح الشعاعية في كلتا المجموعتين 100%، حيث لم يلاحظ أي فشل شعاعي بعد متابعة 3 أشهر، ولكن ظهرت حالتين في المجموعة المدروسة بتكلس قناة لبية **(الجدول 3-18)** و**(الشكل 3-24)** و**(الجدول 8-4/الملحق (6))**.

2-2-5-3 متابعة ستة أشهر

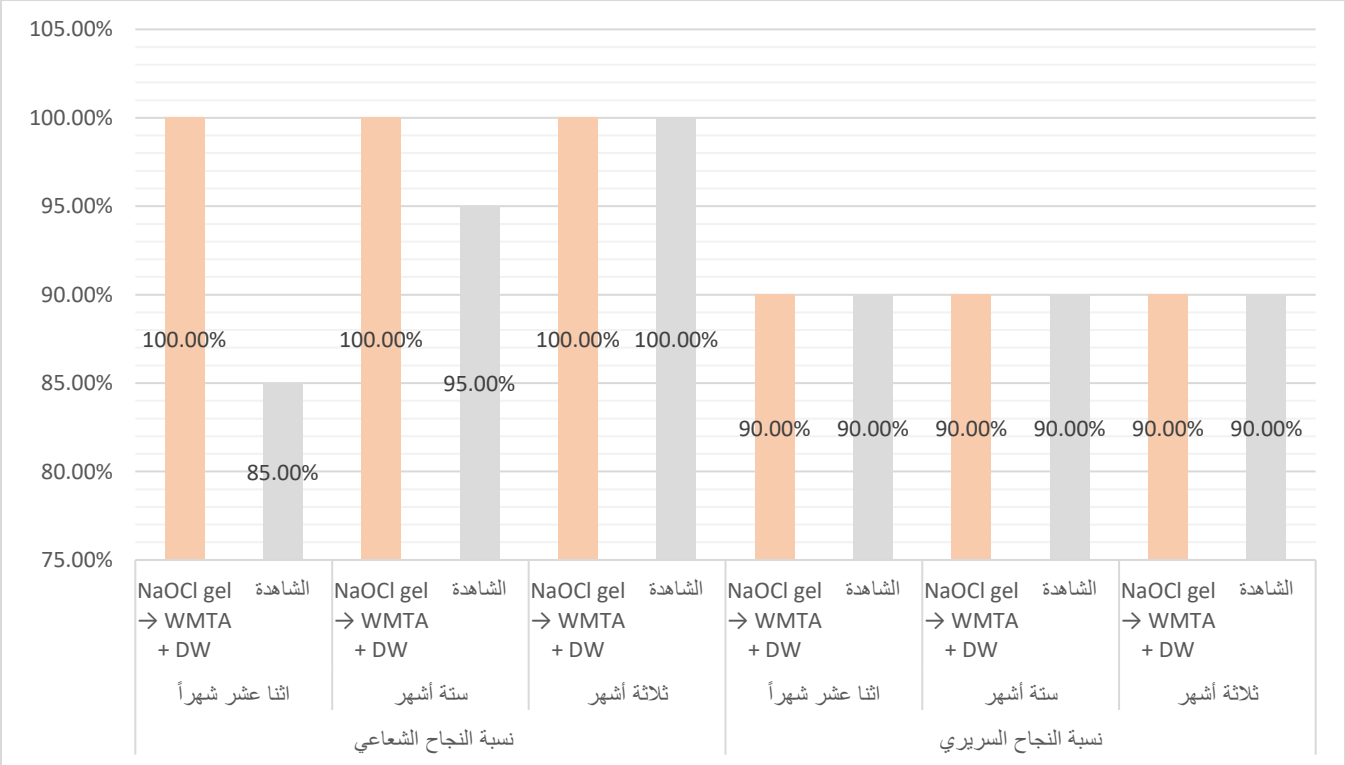
بقيت نسبة النجاح السريرية لكلا المجموعتين 90% بعد متابعة 6 أشهر، ولكن ظهرت حالةً واحدةً (5.00%) في المجموعة الشاهدة بامتصاصٍ داخلي وخارجي، فأصبحت نسبة النجاح الشعاعية 95% **(الجدول 3-18)** و**(الجدول 8-5/الملحق (6))**.

3-2-5-3 متابعة اثنا عشر شهراً

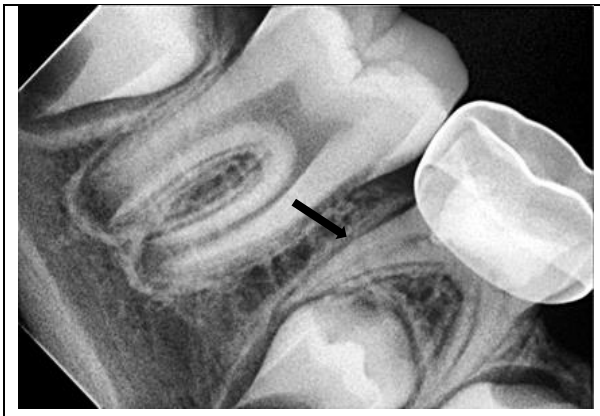
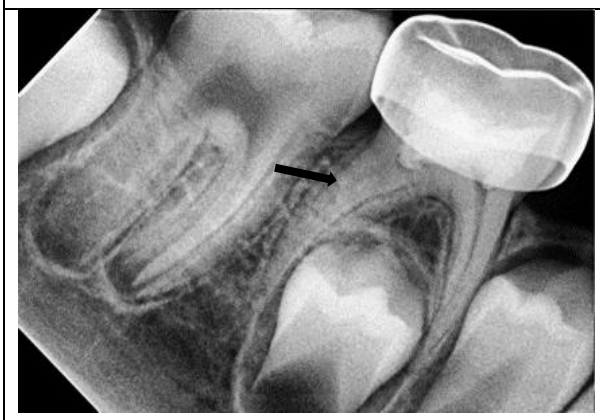
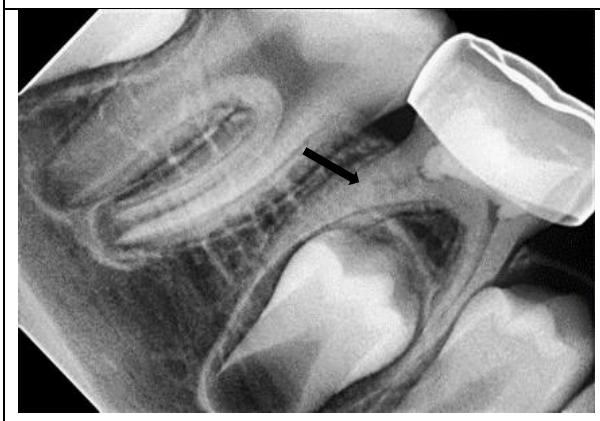
بقيت نسبة النجاح السريرية لكلا المجموعتين 90% بعد متابعة 12 شهراً، وكذلك نسبة النجاح الشعاعية للمجموعة المدروسة بقيت 95%، إلا أنها تراجعت في المجموعة الشاهدة لتصبح 85% بعد تشخيص امتصاصٍ خارجي في حالتين (10.00%) **(الجدول 3-18)** و**(الشكل 3-26)** و**(الشكل 3-27)**. لم يذكر أي فارقٍ إحصائي جوهري في نسب النجاح السريرية والشعاعية في المجموعتين خلال فترات المتابعة المختلفة ($p > 0.05$)، مما يدل على أن المجموعتين متكافئتين في تحسين نتائج المعالجة **(الجدول 3-18)** و**(المخطط 1-2)** و**(الجدول 8-6/الملحق (6))**.

الجدول 3-18. نتائج مقارنة نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة و NaOCl → WMTA gel خلال فترات المتابعة المختلفة.

المتابعة	المتغيرات	الشاهدة N/العدد الكلي (%)	NaOCl gel → WMTA N/العدد الكلي (%)	*p*-value
ثلاثة أشهر	نسبة النجاح السريري	(90.00%) 20/18	(90.00%) 20/18	1.000
	نسبة النجاح الشعاعي	(100.00%) 20/20	(100.00%) 20/20	1.000
ستة أشهر	نسبة النجاح السريري	(90.00%) 20/18	(90.00%) 20/18	1.000
	نسبة النجاح الشعاعي	(95.00%) 20/19	(100.00%) 20/20	0.311
اثنا عشر شهراً	نسبة النجاح السريري	(90.00%) 20/18	(90.00%) 20/18	1.000
	نسبة النجاح الشعاعي	(85.00%) 20/17	(100.00%) 20/20	0.072



مخطط 3-2. مخطط أعمدة مقارن بين نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة ومجموعة NaOCl gel → WMTA خلال فترات المتابعة المختلفة.

	**الشكل 3-24.** صورة شعاعية لعينة NaOCl → WMTA gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 8 سنوات بعد متابعة 3 أشهر. السهم الأسود يشير إلى وجود تكلس في القناة الوحشية ولكنها لم تُعدّ فشلاً شعاعياً.
	**الشكل 3-25.** صورة شعاعية لعينة NaOCl → WMTA gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 8 سنوات بعد متابعة 6 أشهر. السهم الأسود يشير إلى وجود تكلس في القناة الوحشية ولكنها لم تُعدّ فشلاً شعاعياً.
	**الشكل 3-26.** صورة شعاعية لعينة NaOCl → WMTA gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 9 سنوات بعد متابعة 12 شهراً. السهم الأسود يشير إلى وجود تكلس في القناة الوحشية ولكنها لم تُعدّ فشلاً شعاعياً.
	الشكل 3-27. صورة سريرية لعينة NaOCl → WMTA gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 9 سنوات بعد متابعة 12 شهراً.

3-5-3 مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel

1-3-5-3 متابعة ثلاثة أشهر

بلغت نسبة النجاح السريرية والشعاعية 75% للمجموعة المدروسة بعد 3 أشهر، حيث ظهرت بالمتابعة السريرية 4 حالات ألم عند القرع (20.00%) وحالة واحدة بخراج مع حركة السن ومترافقة بألم عفوي وعند القرع (5.00%)، وبالمتابعة الشعاعية ظهر 4 حالات بامتصاصٍ داخلي وخارجي وشفوفية شعاعية وتوسع رباط (20.00%)، وحالة واحدة بامتصاص خارجي وتوسع رباط (5.00%)، وأظهرت المجموعة الشاهدة نسبة نجاح سريرية 90% مع حالتين بألم عند القرع (10.00%)، وبلغت نسبة النجاح الشعاعية 100% مع فارق جوهري إحصائياً للمجموعة الأخرى ($p < 0.05$) (**الجدول 3-19**) و(**الشكل 3-28**) و(**الجدول 8-7/الملحق (6)**).

2-3-5-3 متابعة ستة أشهر

بقيت نسبة النجاح السريرية والشعاعية للمجموعة المدروسة 75.00% بعد 6 أشهر (**الشكل 3-29**)، وبقيت نسبة النجاح السريرية للمجموعة الشاهدة 90.00% بعد متابعة 6 أشهر، ولكن ظهرت حالةً واحدةً (5.00%) بامتصاص داخلي وخارجي، فأصبحت نسبة النجاح الشعاعية 95.00% دون فارق جوهري إحصائياً في نسب النجاح ($p > 0.05$) (**الجدول 3-19**) و(**الجدول 8-8/الملحق (6)**).

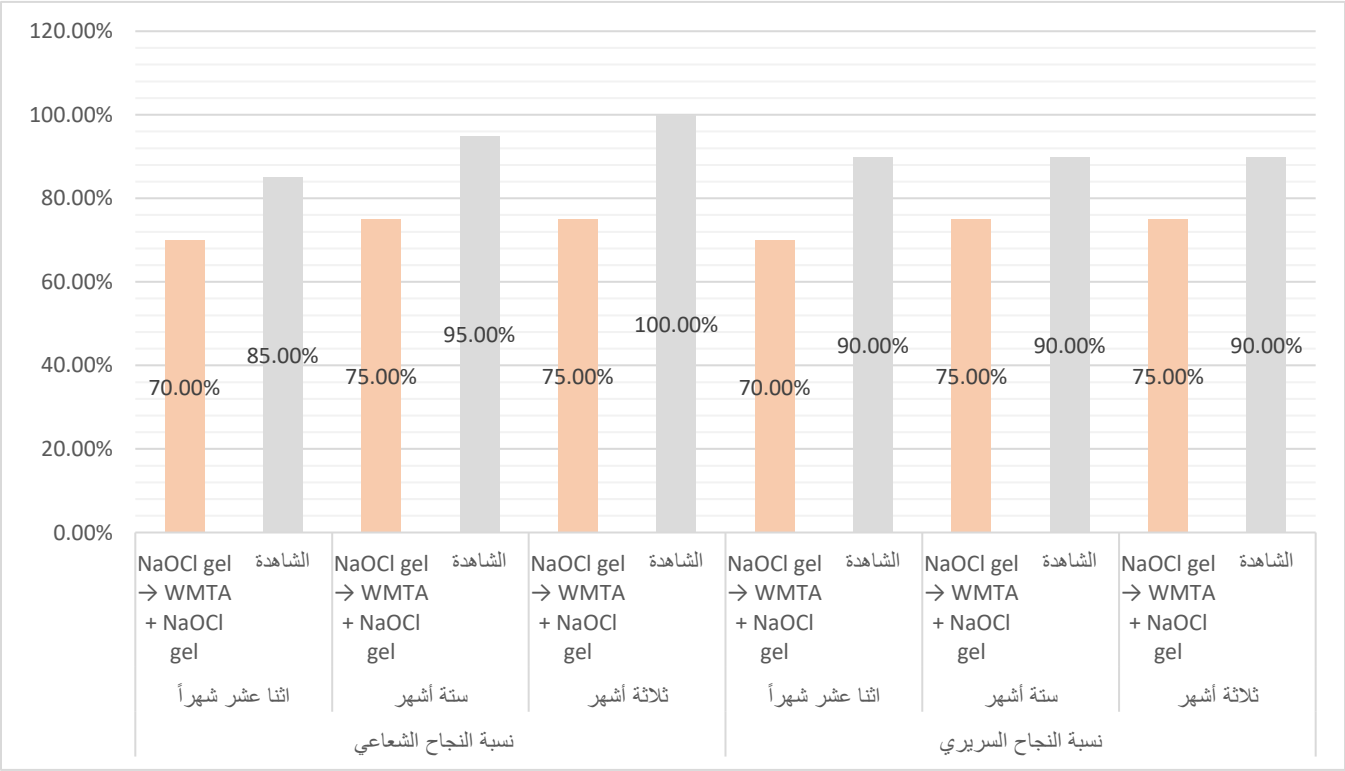
3-3-5-3 اثنا عشر شهراً

تراجعت نسبة النجاح السريرية والشعاعية للمجموعة المدروسة لتصبح 70.00% بعد 12 شهراً، حيث ظهر بالتقييم السريري حالةً إضافية بألم عند القرع (5.00%)، وبالفحص الشعاعي حالة امتصاصٍ داخلي (5.00%)، بقيت نسبة النجاح السريرية للمجموعة الشاهدة 90.00% بعد متابعة 12 شهراً، إلا أن نسبة النجاح الشعاعي تراجعت لتصبح 85.00% بعد تشخيص امتصاص خارجي في حالتين (10.00%)، ودون فارقٍ جوهري إحصائياً بين المجموعتين في نسب النجاح ($p > 0.05$) (**الجدول 3-19**) و(**الشكل 3-30**) و(**الشكل 3-31**) و(**المخطط 3-3**) و(**الجدول 8-9/الملحق (6)**).

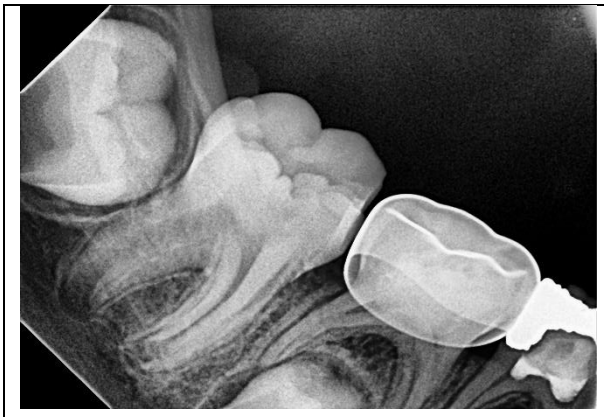
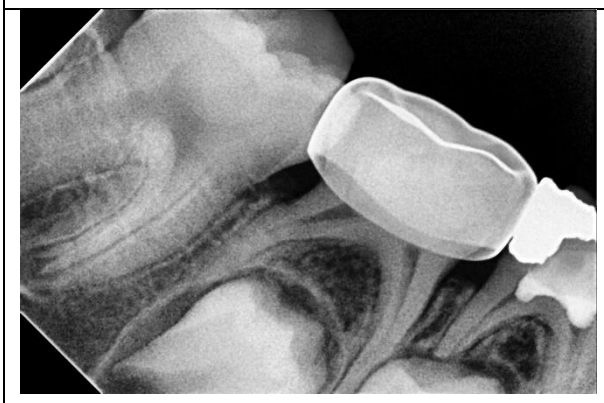
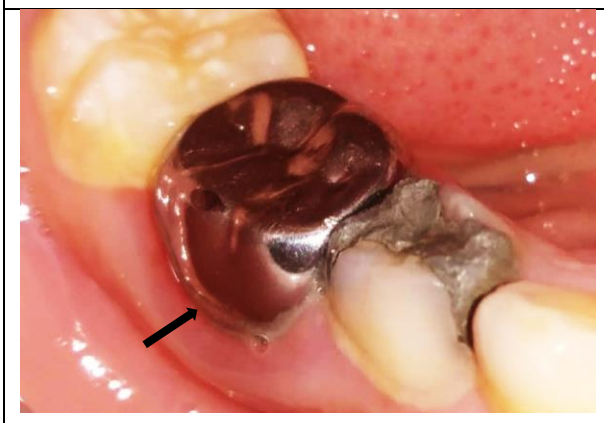
الجدول 3-19. نتائج مقارنة نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة و NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel خلال فترات المتابعة المختلفة.

المتابعة	المتغيرات	الشاهدة N/العدد الكلي (%)	NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel N/العدد الكلي (%)	*p*-value
ثلاثة أشهر	نسبة النجاح السريري	(90.00%) 20/18	(75.00%) 20/15	0.212
	نسبة النجاح الشعاعي	(100.00%) 20/20	(75.00%) 20/15	0.017*
ستة أشهر	نسبة النجاح السريري	(90.00%) 20/18	(75.00%) 20/15	0.212
	نسبة النجاح الشعاعي	(95.00%) 20/19	(75.00%) 20/15	0.077
اثنا عشر شهراً	نسبة النجاح السريري	(90.00%) 20/18	(70.00%) 20/16	0.114
	نسبة النجاح الشعاعي	(85.00%) 20/17	(70.00%) 20/16	0.256

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.



مخطط 3-3. مخطط أعمدة مقارن بين نسب النجاح السريرية والشعاعية بين المجموعة الشاهدة ومجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel خلال فترات المتابعة المختلفة.

الشكل 3-28. صورة شعاعية لمجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 7 سنوات بعد متابعة 3 أشهر.	
الشكل 3-29. صورة شعاعية لمجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 7 سنوات بعد متابعة 6 أشهر.	
الشكل 3-30. صورة شعاعية لمجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 8 سنوات بعد متابعة 12 شهراً.	
الشكل 3-31. صورة سريرية لمجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel في رحى ثانية سفلية يمين لطفل عمره 8 سنوات بعد متابعة 12 شهراً. يشير السهم الأسود إلى تراكم لويحة.	

Discussion المناقشة

1-4 مناقشة فكرة الدراسة

تُعدّ المعالجة ببتر اللب في الأرحاء المؤقتة معالجة مُعتمدة منذ القرن العشرين، وفي البداية أوصي باستخدام الفورموكريزول كمادة دوائية لبتر اللّب، إلا أنّه اعتبر مؤخراً مادةً مسرطنة واستبعد من الاستخدام السّريري وأجريت دراساتٍ واسعةٍ على العديد من البدائل الدّوائية أو الحيوية الأخرى (Issrani *et al.*, 2023). أُقترح استخدام الغلوتارالدهيد وسلفات الحديد وهدروكسيد الكالسيوم والإسمنت البورتلاندي والبيودنتين ومحلول هيبكلوريت الصوديوم ومركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض، ولعل الأخيرين أبرزها حيث حققا معدلات نجاحٍ عاليةٍ، ولكن لا تخلوان من بعض المساوئ أثناء التطبيق السريري في العيادة (Guo *et al.*, 2023). لذلك هدفت الدّراسة الحالية إلى تطوير تركيباتٍ علاجيةٍ مُحسنة قادرة على الحفاظ على معدلات النجاح العالية لهاتين المادتين، مع تجاوز السلبيات المرتبطة باستخدامها.

يُعدّ محلول هيبوكلوريت الصوديوم من أكثر محاليل الإرواء شيوعاً في المداواة اللّبية (Cai *et al.*, 2023) وأظهر نتائجَ ممتازة عند استخدامه كمادةٍ دوائية في بتر لب الأرحاء المؤقتة نظراً لخصائصه المضادة للعضويات الدقيقة والمرقئة للنزف مع الحفاظ على حيوية الأنسجة الجذرية من خلال تثبيت الطبقة السطحية فقط (Li *et al.*, 2016)، وكما حسّن تطهير الحجرة اللبية باستخدام المحلول قبل تطبيق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية من تشكل الجسر العاجي عند بتر لب الأرحاء المؤقتة (Akcay & Sari, 2015). غير أن هذه المزايا العلاجية تقابلها تحدياتٍ سريريةٍ لا يُستهان بها ويؤدي الاستخدام الخاطئ للمحلول إلى عواقب مهددة للحياة. فالتشريح المعقد لجذور الأسنان المؤقتة يجعلها عرضةً للتسرب الذروي للمحلول، ما قد يؤدي إلى أذية الأنسجة حول الذروية وبراعم الأسنان الدائمة (Karkoutly & Bshara, 2022). كما أن الطبيعة القلوية للمحلول تحمل في طياتها مخاطر تآكل الأنسجة الرخوة، ناهيك عن الأعراض الجهازية التي قد تظهر عند استنشاق أبخرته، خاصة لدى المرضى الصغار الذين يصعب ضبط تعاونهم خلال الجلسات العلاجية (Chung *et al.*, 2022).

برز استخدام هلام هيبوكلوريت الصوديوم كمركب أكثر أماناً كبديل للمحلول، حيث يتمتع بلزوجةٍ عاليةٍ مما يجعل التحكم به أفضل أثناء الممارسة السريرية (Zand *et al.*, 2010)، وكما أنّه يتميز بفعالية مضادة

للعضويات الدقيقة مماثلة للشكل المحلول حيث وجد له فعالية مضادة للمكورات المعوية البرازية (Enterococcus faecalis)، والإشريكية القولونية (Escherichia coli) والمكورات العنقودية المذهبة (Staphylococcus aureus) (El Sayed *et al.*, 2020). هذه الخصائص المتكاملة تفتح آفاقاً جديدة لتحسين نتائج بتر اللب، حيث يتوقع أن يسهم الاستخدام الأمثل لهذا الهلام في تعزيز عملية الشفاء وتقليل المضاعفات التالية للمعالجة، لذلك هدفت هذه الدّراسة إلى تقييم النّجاح النّسيجي والسّريري والشّعاعي لبتر اللّب بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصّوديوم في الأرحاء المؤقتة متبوعاً بالتغطية بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض.

لطالما مثّل أكسيد الزنك والأوجينول الخيار التقليدي في تغطية اللب بعد البتر، خاصة عند استخدامه مع المواد الدّوائية الشائعة كالفورموكريزول وسلفات الحديد ومحلول هيبوكلوريت الصوديوم، إلّا أن الدراسات الحديثة كشفت عن محدوديات هذا المركب، حيث يُؤدي تطبيقه المباشر على الأنسجة اللبية إلى استجابة التهابية خفيفة، كما يعيق التشكل الأمثل للجسر العاجي. تعود هذه الآثار السلبية بشكلٍ رئيسي إلى تحرر الأوجينول ($C_{10}H_{12}O_2$) السّام للخلايا حتى بعد تصلب المادة (Moskovitz *et al.*, 2021) لذلك تم البحث على مواد متوافقة حيوياً بشكلٍ أكبر كمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض الذي يُعدّ مادة متوافقة حيوياً بشكل عالٍ ويحفز تشكيل عاج مرمم وذلك بسبب قلويته العالية والمتوافقة مع النّسيج اللّبي (Alsherif *et al.*, 2024). انطلاقاً من هذه الميزات، تتبنى الدراسة الحالية نهجاً علاجياً يعتمد على استخدام مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بعد بتر اللب بهلام هيبوكلوريت الصوديوم، بهدف توفير حل بديل يتجاوز سلبيات أكسيد الزنك والأوجينول مع الحفاظ على الفعالية العلاجية.

يُعدّ مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية معياراً ذهبياً من بين المواد المستخدمة لتغطية النسيج اللّبي بعد إنجاز البتر في الأرحاء المؤقتة، وأُعتبر بديلاً عن الفورموكريزول حيث حقق نتائج نسيجية وسريرية وشعاعية ممتازة مقارنة مع العديد من المواد كما ذكر سابقاً (Guo *et al.*, 2023; Smaïl-Faugeron *et al.*, 2018)، ولكن له العديد من المساوئ من ضمنها صعوبة التّعامل مع قوام المادة ومحدودية خصائصه المضادة للعضويات الدقيقة وقصر زمن عمله وطول زمن تصلبه لدى مزجه مع الماء المقطر (Hosoya *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2015)، وتُعدّ

هذه من العيوب الأساسية. هذه القيود العملية تبرز الحاجة الملحة لتطوير تركيبات محسّنة تحافظ على المزايا العلاجية للمركب الأصلي مع تلافي سلبياته، خاصة في البيئة السريرية الخاصة بعلاج الأطفال التي تتطلب مواد سهلة التطبيق وسريعة المفعول.

شهدت الأبحاث توجهاً لتحسين خصائص مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية، حيث اقترحت العديد من الدّراسات المخبرية مزجه مع محسنات لتعزيز خصائصه المختلفة وتقليل زمن التصلب، ومن بين هذه المواد هلام هيبوكلوريت الصوديوم الذي يحقق تقبل حيوي ممتاز ويقلل من زمن التصلب ويُحسن الخصائص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية والمضادة للعضويات الدقيقة (Kogan *et al.*, 2006; Jafarnia *et al.*, 2009; AlAnezi *et al.*, 2011; Zapf *et al.*, 2015; Karygianni *et al.*, 2016). في هذا الإطار، تَهدف الدراسة الحالية إلى تقييم شمولي لخصائص مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصّوديوم، بدءاً من التحليل المورفولوجي والكيميائي، وصولاً إلى تقييم النتائج النّسيجية والسّريرية والشّعاعية لبتر اللّب بعد التغطية بالمزيج سواءً بعد استخدام الماء المقطر أو الهلام كمادة لتثبيت اللب.

2-4 مناقشة تصميم الدراسة

اتّبعت في هذه الدراسة منهجية بحثية دقيقة تمثلت في تصميم الدراسة النسيجية والسريرية والشعاعية لتكون دراسة مضبوطة معشاة، ثنائية التعمية، وهو النموذج البحثي الأكثر موثوقية في تقييم الفعالية العلاجية للمواد الطبية. يَعتمد هذا التصميم على آلية التعشية التي تضمن توازن الخصائص بين المجموعات، مما يقلل من انحياز الاختيار (Selection bias) ويُعزز القدرة على تحديد العلاقات السببية بدقة، وهي ميزة لا توفرها التصاميم البحثية الأخرى (Hariton & Locascio, 2018). لتحقيق هذه المعايير، استخدام برنامج https://www.randomizer.org/ الذي يوفّر طريقة مجانية وبسيطة لإجراء التعشية (Bruce *et al.*, 2024). كما حرصت الدراسة على تطبيق مبدأ التعمية الثنائية من خلال تعمية كل من مقيم النتائج والمريض، بينما استثني الطبيب المعالج من التعمية نظراً لاختلاف الإجراءات العلاجية بين المجموعات. تهدف هذه الإجراءات

إلى تحقيق موضوعية التقييم ورفع مستوى مصداقية النتائج، حيث تُشكل التعمية أحد الركائز الأساسية في الدراسات السريرية عالية الجودة للحد من انحياز التقييم (Assessment bias) (Monaghan *et al.*, 2021).

3-4 مناقشة أساليب التقييم المستخدمة

أُجري في الدّراسة الحالية تحليل مورفولوجي لسطح مزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع هلام 2.25% هيبوكلوريت الصّوديوم والمجموعة الشاهدة باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح حيث يوفر صور عالية الدّقة للكشف عن الخصائص الشكلية للبلورات والسّطح (Acharya *et al.*, 2023). كما تم تعزيز هذه التحليلات بدراسة التركيب الكيميائي عبر EDX، الذي يُوفر معلومات كمية ونوعية عن التوزع العنصري، للتحقق من تطابق المادة مع المعايير الدولية للتوافق الحيوي (Guler *et al.*, 2021). ركزت الاختبارات على قياس التغيرات في الرقم الهيدروجيني كعامل حاسم يؤثر في الأداء البيولوجي للمادة، حيث تلعب القلوية دوراً محورياً في تحفيز تمايز الخلايا المولدة للعاج وتشكل الجسر العاجي. (Luczaj-Cepowicz *et al.*, 2017).

أجريت الاختبارات السابقة بعد 24 ساعة و28 يوماً من تحضير الإسمنتات، انطلاقاً من المبادئ الكيميائية لعملية الإماهة، وهو النموذج الزمني الذي يضمن تقييماً شاملاً للأداء قصير وطويل المدى للمادة العلاجية. تتصلب الخرسانة عادةً بعد 24 ساعة ولكن تكتسب قوتها بشكلٍ كاملٍ بعد 28 يوماً، حيث تخضع الخرسانة خلال الـ 24 ساعة الأولى للإماهة عند مزجها مع الماء، فتبدأ بالتصلب مع تُشكل هلام هيدرات سيليكات الكالسيوم ($3CaO.2SiO_2.3H_2O$) المسؤول عن معظم قوة الخرسانة، ولكن لا يستطيع هذه التصلب الأولي الرصد الكامل لخصائص المادة، ويتم الاستفادة من هذه المرحلة للكشف عن أي مشاكل مبكرة في التفاعلات الكيميائية. يَستمر تفاعل الإماهة ببطء على مدار 28 يوماً مما يسهم في زيادة المتانة ليحدث التصلب النهائي، فتصل بعدها الخرسانة إلى قوتها الكاملة ويتم في هذه المرحلة تقييم الأداء طويل الأمد للخرسانة (Fonseka *et al.*, 2025).

يُوجد العديد من الطّرائق لتقييم بتر اللّب من ضمنها التّقييم السّريري أو الشّعاعي أو النّسيجي، وأجري التّقييم النّسيجي قبل التّقييم السّريري والشّعاعي لأنّه يُعدّ حجر الزاوية في فهم الآليات المرضية والشفائية بعد إجراءات بتر اللب، حيث يتفوق على التقييمات السريرية والشعاعية في دقته وقدرته على الكشف عن التفاعلات النسيجية الدقيقة. تكمن قيمة هذا النهج التحليلي في كشفه عن العمليات البيولوجية الخفية، مثل تكوّن الجسر العاجي ودرجات الاستجابة الالتهابية وآليات التئام النسج، والتي لا يمكن رصدها بالفحوصات الأخرى (Sedek *et al.*, 2024)، كما أنه لا يوجد ارتباط واضح بين العلامات والأعراض السريرية والمظاهر الشعاعية والتحاليل النّسيجية للب السّني، وعلى الرغم من أن السّن قد يكون خالٍ من الأعراض السّريرية ويتمتع بمظاهر شعاعية طبيعية إلا أن الدّراسة النّسيجية فقط هي من تلقي الضوء على التّغيرات الالتهابية أثناء الشفاء (Naseri *et al.*, 2017).

تتنوع التقنيات المستخدمة في التّلوين النسيجي بين الصبغات التقليدية والكيميائية المناعية، ويحتل صباغ الهيماتوكسيلين والأيوزين مكانةً خاصة في هذا المجال. يتميز هذا الصباغ بقدرته على تمييز المكونات الخلوية بدقة، حيث يعطي الهيماتوكسيلين النوى الخلوية لوناً أزرقاً بينما يصبغ الأيوزين المكونات خارج الخلوية والسيتوبلازم بدرجات متنوعة من اللون الوردي (Latonen *et al.*, 2024)، ذكر Widbiller *et al.* في دراسته عام 2021م بأن تلوين الهيماتوكسيلين والأيوزين يسمح برؤية تفاصيل المعقد العاجي – اللبي وتوصيف مكوناته ومدى انتظام النسيج اللبي، ويسمح بتقييم الحالة الالتهابية وحيوية النسيج اللبي والتموت وطبقة الخلايا المصورة للعاج ودرجة تشكل الجسر العاجي (Widbiller *et al.*, 2021)، تكمن قيمة هذه التقنية في توازنها بين الدقة العلمية والجدوى العملية، فهي لا توفر رؤية شاملة للبنى النسيجية فحسب، بل تتميز أيضاً بسرعة الإجراء وتكلفتها المعقولة وقابليتها للتعديل حسب متطلبات الدراسة. هذه المميزات مجتمعة تفسر اعتمادها الواسع في الأبحاث النسيجية، بما في ذلك الدراسة الحالية التي تسعى لتقييم دقيق لاستجابة الأنسجة للعلاجات المطبقة (Alturkistani *et al.*, 2015).

اعتمدت الدراسة تقييماً نسيجياً متدرجاً عبر ثلاث مراحل زمنية لرصد التحولات النسيجية الدقيقة منذ المراحل المبكرة وحتى اكتمال الشفاء، فأجري التقييم بعد 7 و30 و90، ويتفق ذلك مع تصميم دراسة كلاً من Ghoname *et al.* عام 2017م و Mahendran *et al.* عام 2020م لتقييم الاستجابة النّسيجية العاجلة والآجلة للب السّني في الأسنان البشرية (Ghoname *et al.*, 2017; Mahendran *et al.*, 2017). يكشف التقييم النسيجي العاجل بعد 7 أيام عن المؤشرات الأولية مثل تمايز الخلايا مصورة العاج والاستجابات الالتهابية المبكرة وارتكاسات النّسيج اللبي التالية للمعالجة كالنزف والتنخر. أما التقييمات المتأخرة فتقدم رؤية شاملة لمسار الشفاء، حيث يكشف الفحص بعد شهر عن بدء عمليات الإصلاح النسيجي، بينما يظهر التقييم بعد ثلاثة أشهر النتائج النهائية للعلاج، سواءً من حيث تكوّن الجسر العاجي السليم أو المضاعفات المحتملة مثل التكلسات والتليفات الناتجة عن الالتهاب المزمن. (Boopathi *et al.*, 2024).

ركزت الدّراسة النّسيجية على تحليل خمسة مشعرات حيوية رئيسية تعكس سلامة وحيوية النسيج اللّبي بعد عمليات البتر، فتناولت دراسة مشعرات تعضي النسيج الرخو ونزف النسيج اللّبي وتليف اللّب وتشكل الجسر العاجي وتكلس اللّب (الزعبي وبشاره، 2021). يأتي في صدارة هذه المشعرات تقييم تعضي النّسيج الرخو، الذي يهدف إلى تقييم مدى المحافظة على انتظام طبقة الخلايا المصورة للعاج على طول الملتقى العاجي – اللّبي، حيث يسبب تطبيق المادة المغطية للب بعد البتر إلى خلل في الخلايا المصورة للعاج مما يحفز تمايزها لتحقيق الشفاء وتشكيل جسرٍ عاجٍ، ويُعدّ غياب علامات التموت اللبي المعيار الأساسي للنجاح النّسيجي (Lee *et al.*, 2023). أما مشعر النزف اللبي فيقدم معلومات قيمة عن الحالة الالتهابية وحيوية النسيج المتبقي، حيث يشير النزف الخفيف إلى بدء عمليات الشفاء وتشكل الجسر العاجي أما النزف الحاد المستمر فيُعدّ علامة على الالتهاب وفشل الشّفاء (Donnermeyer *et al.*, 2023)، يشير مُشعر تليف اللّب إلى التحول التدريجي للنّسيج اللّبي السّليم إلى نسيج ضام ليفي نتيجة وجود تخريش مزمن، وبالتالي تقييم الاستجابة الآجلة. يعكس هذا المشعر الحيوية الجزئية للنسيج اللبي، فيدل على أن اللب لم يتموت بشكلٍ كاملٍ ولكن بالمقابل لم يتشكل جسرٍ عاجٍ بشكل مثالي (Demant *et al.*, 2022). يُمثل تشكل الجسر العاجي المشعر الأهم للنجاح العلاجي على المدى الطويل،

يدل الجسر العاجي السميك والمستمر على أن المادة متوافقة حيوياً، ويشير عدم تشكله أو تشكله بشكلٍ رديء إلى تموت في النسيج اللبي وفشل المعالجة (Takagi *et al.*, 2025). يهدف مشعر تكلس اللب إلى تقييم الاستجابة الآجلة للمعالجة، حيث تدل التكلسات الصغيرة على بدء عمليات الشفاء ضمن النسيج اللبي أما التكلسات الكبيرة والمنتشرة فهي تشير إلى حالة مرضية والتهابية، ويدرس هذا المشعر بالتزامن مع بقية المشعرات المذكورة لتحديد الحالة اللبية بشكلٍ دقيق (Huang & Chen *et al.*, 2016).

يُمثل الدّمج بين التّحليل المورفولوجي والكيميائي للمواد السنية والدّراسة النّسيجية للاستجابة اللّبية نهجاً متكاملاً يُسهم في فهم أعمق للعلاقة بين الخصائص الفيزيوكيميائية للمواد وسلوكها البيولوجي، مما يُثري المعرفة البحثية في هذا المجال ويُعزز القدرة على تطوير مواد سنية أكثر فعالية (Nair *et al.*, 2009).

أجري التقييم السريري والشعاعي بعد 3 و6 و12 شهراً لتقييم نجاح وفعالية المعالجة مع مرور الزمن ويتفق ذلك مع تصميم دراسات الزعبي وبشاره عام 2021م وعويد وقوشجي عام 2022م والمرجي ولفلوف عام 2023م (الزعبي وبشاره، 2021؛ عويد وقوشجي، 2022؛ المرجي ولفلوف، 2023)، ويُؤمن الجمع بين التقييم النسيجي والسريري والشعاعي زيادة دقة التقييم وتلافي الأخطاء التشخيصية حيث قد يظهر التقييم النسيجي والشعاعي علامات مبكرة للفشل لا تظهر سريرياً (Correa *et al.*, 2017).

رصد التّقييم السّريري مجموعة من المشعرات الحاسمة، حيث شمل وجود أو غياب الألم العفوي والألم عند القرع وحركة الأسنان والخراج والناسور وسقوط السن المعالج، حيث يُشير الألم العفوي أو عند القرع إلى استمرار التّهيج النّسيجي الناجم عن المواد المستخدمة أو وجود التهاب في اللب الجذري. أما ظهور الخراج أو الناسور فيمثل مراحل متقدمة من الانتقال الإنتاني نحو النّسج حول الذروية، مما يؤدي إلى سلسلة من المضاعفات تبدأ بالامتصاص العظمي وبعدها بحركة السن ومن ثم فقدانه نتيجة زوال الدعم النسيجي (Lin *et al.*, 2024). تضمن التقييم الشعاعي الذروي وجود أو غياب الشفوفية الشعاعية وامتصاص الجذر الداخلي وامتصاص الجذر الخارجي وتوسع الرباط وتكلس القناة اللبية. تكشف الصور الذروية عن تغيرات دقيقة في البنى السنية، حيث تعكس الشفوفية الشعاعية وامتصاصات الجذر الداخلي والخارجي مدى انتشار العملية

الالتهابية، بينما يشير توسع الرباط السني إلى المراحل المبكرة لهذه التغيرات. أي تشير الشفوفية حول الذروية إلى امتصاص العظم بين الجذري وينتج عن تسرب الإنتان من الأقنية الجانبية إلى منطقة المفترق ويسبق ذلك توسع الرباط. بينما يشير امتصاص الجذر الداخلي إلى تهدم الأنسجة من داخل الجذر نتيجة وجود التهاب مزمن نتيجة تخريش لبي مستمر وبشكل خاص في حال بقاء أنسجة حية ضمن القناة الجذرية، أما الخارجي فيدل على تهدم السطح الخارجي للجذر لاستمرار الحالة الالتهابية أو شفاء رديء. يشير تكلس القناة اللبية إلى ترسب أنسجة صلبة داخل القناة اللّبية تؤدي إلى انغلاق كامل أو جزئي استجابةً لمحفز وهو رد فعل إيجابي يدل على حيوية اللب ولم يُعدّ في الدراسة الحالية مشعر فشل (Nourbakhsh *et al.*, 2024).

4-4 مناقشة حجم عينة الدراسة

استخدم في الدّراسة الحالية برنامج G*Power لحساب حجم العينة لأنّه متوفر مجاناً وسهل الاستخدام ويؤمن حساب دقيق لحجم العينة وفق عدة مدخلات رئيسية (Kang *et al.*, 2021)، استخدم اختبار ANOVA: التأثيرات الثابتة، الشاملة، أحادي الاتجاه (ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way) من قائمة اختبارات إف (F tests) لحساب حجم العينة لأن الدّراسة تتضمن أكثر من مجموعتين وأجريت معالجة واحدة بمتغيرات متعددة مع متابعات متعددة لكل متغير (Kao & green, 2008).

اختير مستوى الدلالة (احتمال خطأ α) ليكون 0.05 لأنّه المعيار الأكثر شيوعاً في الدراسات الطبية والأكثر قبولاً من الباحثين ويعني أن هناك احتمال 5% للرفض الخاطئ لنظرية العدم (H_0) عندما تكون صحيحة أو الخطأ من النوع الأول (Kwak, 2023)، واختيرت قوة الدراسة 80% (احتمال خطأ β - 1) لأنها مستخدمة من قبل العديد من الدّراسات السّريرية وتعني وجود احتمال 20% لعدم القدرة على كشف وجود فارق إحصائي جوهري، أي الرفض الخاطئ للنظرية البديلة (H_1) عندما تكون صحيحة أو الخطأ من النوع الثاني (Serdar *et al.*, 2020)، تم تحديد حجم الأثر المطلوب بناءً على دراسة استطلاعية حيث تم حسابه من خلال تقسيم فرق المتوسطات على الانحراف المعياري (Serdar *et al.*, 2020).

5-4 مناقشة معايير التضمين والاستبعاد

1-5-4 مناقشة اختيار الأطفال الأصحاء

استبعد جميع الأطفال الذين يعانون من مرض السكري غير المسيطر عليه واضطرابات نقص المناعة والأمراض القلبية الخلقية والأمراض القلبية المؤهبة لحدوث التهاب شغاف القلب الإنتاني، حيث يكون احتمال شفاء الأنسجة التّالية لبتر اللب منخفضاً واحتمال الإصابة بتجرثم الدم مرتفعاً (Dean, 2021).

2-5-4 مناقشة اختيار الفئة العمرية

اختير الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 8 إلى 10 للدّراسة النّسيجية لأنه المدى العمري المثالي لإنجاز القلع الدوري للأرحاء الأولى المؤقتة بعد الدّراسة التّقويمية المناسبة، حيث اختيرت الأرحاء المستطبة للقلع الدوري والمنخورة التي تستوجب معالجة قبل القلع (Hughes & Alsheneifi, 2001)، واختير الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 5 إلى 10 سنوات للدراسة السريرية والشعاعية لأنهم يتعاونون أثناء الإجراءات السنية، وكما يعدُّ بتر اللب المعالجة الأكثر شيوعاً في هذه الفئة العمرية (Igna, 2021).

3-5-4 مناقشة اختيار الأرحاء الثانية المؤقتة

اختيرت الأرحاء الثانية المؤقتة نظراً لتأخر بزوغها عن الأرحاء الأولى المؤقتة وبالتالي بقائها لفترة أطول ضمن الحفرة الفموية مما يعطي إطاراً زمنياً مناسباً لمراقبة كافة التغيرات الحاصلة بعد بتر اللب (Mendoza-Mendoza *et al.*, 2017)، وأثبتت الدّراسات بأن الأرحاء الثانية المؤقتة أكثر عرضةً للنخور السنية على السطوح الإطباقية وذلك لبقائها ضمن الحفرة الفموية لفترة أطول –كما ذُكر سابقاً- مما يتيح فرصةً أكبر لتطور النخر (Sreedevi *et al.*, 2025).

وجدت الدّراسات بأن الحالة النخرية للأرحاء المؤقتة تُؤثر بشكلٍ مباشرٍ على الأسنان الدّائمة المجاورة حيث يُساهم وجود نخور على السّطح الوحشي للرحى الثانية المؤقتة بتطوير نخور على السّطح الأنسي للرحى الأولى الدائمة (Agrawal *et al.*, 2023)، وكما أن الفقدان المبكر للأرحاء الثانية المؤقتة يؤدي إلى تراجع كبير في

مسافة التباين (Leeway space) مقارنة مع الأرحاء الأولى المؤقتة مسببةً مشاكل تقويمية لاحقة، مما يبرر المراقبة الدائمة للأرحاء الثانية المؤقتة والتّداخل العلاجي المناسب عند بداية تطور النخر (Warkhandkar & Habib, 2023).

4-5-4 مناقشة اختيار حالة اللب المناسبة

اتبعت معايير التّضمين بدقة من خلال التأكد من أن حالة اللّب مناسبة لإجراء بتر اللّب، حيث حددت الأدبيات الطبية سببين رئيسيين للفشل، وهما التّشخيص غير الدقيق لالتهاب اللّب والتّسرب المجهري، وبالتالي تم استبعاد جميع الأرحاء المؤقتة التي تظهر أعراض تموت أو التهاب لبي غير ردود كالألم العفوي أو الليلي (American Academy of Pediatric Dentistry, 2021).

6-4 مناقشة طريقة العمل

اختيرت مجموعة التّغطية بمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض بالماء المقطر بعد الإرقاء بالماء المقطر كمجموعة شاهدة لأنّها اعتبرت حسب العديد من الدّراسات المعيار الذهبي للمقارنة مع المواد الأخرى، حيث أظهرت نسب نجاح نسيجية وسريرية وشعاعية عالية (Guo *et al.*, 2023).

اعتمدت الدّراسة على استخدام شكلٍ تجاري متطور من مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (Rootdent MTA) التي حلّ فيها أكسيد الزركونيوم (ZrO_2) مكان أكسيد البزموت (Bi_2O_3) كمادةٍ ظليلةٍ، وذلك لتجاوز المشكلات التي رافقت الأشكال التجارية السابقة. تكمن أهمية هذا التطوير في تحسين الخصائص الوظيفية للمادة مع الحفاظ على أدائها الحيوي. أثبتت الدراسات السابقة جودتها في التطبيقات السريرية، ففي دراسة Fetouh *et al.* عام 2022م، أظهرت النّتائج النسيجية عند استخدامها في التّغطية اللبية المباشرة لأسنان الكلاب تفوقاً واضحاً في مشعرات الالتهاب والتكلس اللبي وتشكل الجسر العاجي، مقارنةً بالبيودنتين (Fetouh *et al.*, 2022)، وأجرى الباحث بعد عامين دراسة جرثومية، فتميزت هذه المادة بفعاليتها المضادة

للعضويات الدقيقة، وخاصة ضد المكورات المعوية البرازية (Enterococcus faecalis)، مما يجعلها خياراً شاملاً يلبي متطلبات النجاح العلاجي على المستويين النسيجي والجرثومي (Fetouh *et al.*, 2024).

أرقي النزف باستخدام قطنة مرطبة بمحلول ملحي عادي لمدة 5 دقائق بعد إزالة اللّب التّاجي والغسل لأن ذلك يضمن رؤية واضحة ونظيفة للحجرة اللبية من خلال التّخلص من النزف وجميع البقايا الموجودة، مما يضمن تطبيق صحيح للمواد الدوائية والإسمنتات المستخدمة في البتر وبالتالي تحقيق شفاءٍ أفضل (Dronamraju *et al.*, 2023).

استخدام هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم لبتر اللّب وذلك لأنه يمتلك خصائص مضادة للعضويات الدقيقة مشابهة للشكل المحلول، ويُعدّ أقل قلوية مما يجعله أقل تهيجاً لأنسجة اللّب، وكما أنه يقلل من وقت العمل بسبب سهولة التّعامل معه ودرجة لزوجته العالية مما يجعله آمناً للاستخدام في طب أسنان الأطفال (Luz *et al.*, 2019؛ خلوف وبشاره، 2025).

تم تطبيق الهلام باستخدام كرية قطنية للحفاظ عليه بتماس مباشر مع النّسيج اللبي للمدة المطلوبة ولمنع تسربه للنسج المجاورة ولتحقيق الضغط المناسب، وطبق لمدة 3 دقائق لأنه يتوافق مع الحدّ الأدنى لمدة تطبيق الفورموكريزول، مما يؤمن أقصى درجة من الفعالية العلاجية دون تسبب أذية للأنسجة الجذرية السّليمة (Smaïl-Faugeron *et al.*, 2018).

اختير هلام هيبوكلوريت الصوديوم في الدّراسة الحالية كمادة مسرعة لتصلب مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض لأنه حسب دراسة Tilakchand *et al.* عام 2011م ودراسة Kogan *et al.* عام 2006م، مزج مركب ثلاثي الأكسيد المعدنية مع هلام 3% هيبوكلوريت الصوديوم يحسّن خصائص التّعامل مع المادة من خلال تعزيز الخصائص الفيزيائية، وبالإضافة لتقليل زمن التصلب مع الحفاظ على التوافق الحيوي مع النسيج اللبي وفق دراسة Jafrania *et al.* عام 2009م ودراسة Alanezi *et al.* عام 2011م (Tilakchand *et al.*, 2011; Kogan *et al.*, 2006; Jafrania *et al.*, 2009; Alanezi *et al.*, 2011).

اختير تركيز 2.25% للهلام لقدرته على حّل النّسج المتنخرة ولقلويته العالية، وبالإضافة لقدرته على خفض التّعداد الجرثومي للمكورات المعوية البرازية (Enterococcus faecalis) (خلوف وبشاره، 2025)، حيث ذكر Andrade *et al.* عام 2015م أن مزج هلام 1% هيبوكلوريت الصوديوم مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية لم يحسن من خصائصه المضادة للعضويات الدّقيقة بالمقارنة مع مزجه بالماء المقطر (Andrade *et al.*, 2015). وكما ذكر الكردي وبشاره عام 2021م أن لمزيج هلام 2.2% هيبوكلوريت الصوديوم مع الإسمنت البورتلاندي خصائص مضادة للعضويات الدقيقة جيدة (الكردي وبشاره، 2021).

برزت تيجان الستانلس ستيل كترميم مثالي في هذه الدّراسة، نظراً لقدرتها الفائقة على تحقيق الختم المحكم الذي يُعدّ عاملاً حاسماً في ضمان نجاح المعالجة اللّبية. تتميز هذه التيجان بمواءمتها الوظيفية للإطباق الطبيعي، خاصة في المنطقة الخلفية، ما يجعلها الخيار الأمثل للحفاظ على الوظيفة الماضغة. تكمن قيمة هذه التيجان في مزاياها المتعددة التي تجمع بين المتّانة العالية والديمومة الطويلة، مع انخفاض ملحوظ في معدلات النكس مقارنة بالخيارات الترميمية الأخرى (Olegário *et al.*, 2022)، وقد أكدت الدراسات السابقة، بما فيها دراسة المصري وبشاره عام 2010م، على تمتع هذه التيجان بنسب ثبات استثنائية ونتائج شعاعية مماثلة لترميم الأملغم، مما يعزز مكانتها كخيار ترميمي موثوق في طب أسنان الأطفال بعد بتر اللب (المصري وبشاره، 2010).

7-4 مناقشة التحاليل الإحصائية

استخدم برنامج IBM SPSS كأداة تحليل إحصائية أساسية في هذه الدراسة، لأن أوامره سهلة التتبع والتطبيق ودليل المستخدم موثق ومفهوم جيداً، ويسمح بتحليل قاعدة بيانات كبيرة وعرضها بشكل سلس، وبالتالي أصبح أكثر البرامج الإحصائية استخداماً في العالم ومعياراً ذهبياً للتحاليل الإحصائية، وبشكلٍ خاص في مجال دراسات العلوم الحيوية التطبيقية (Hazarika, 2019).

استخدم اختبار مربع كاي (Chi-square) للمقارنة بين المتغيرات الفئوية، فهو اختبار غير معلمي لمقارنة المتغيرات الفئوية أو الاسمية بين مجموعتين أو أكثر، وأجري اختبار المقارنات البعدية (Post-hoc)

عندما يظهر الاختبار الإجمالي فرقاً ذو دلالة إحصائية ($p < 0.05$) بين ثلاث مجموعات أو أكثر (Kim, 2017)، حيث تم استخراج قيم Z وتربيعها للحصول على $\chi 2$ ومن ثم تحويلها للحصول على القيم الاحتمالية p وهي من أكثر الطرق موثوقية وفق دراسة Shan *et al.* عام 2017م (Shan *et al.*, 2017).

8-4 مناقشة نتائج الدراسة

1-8-4 مناقشة نتائج مجموعة WMTA + NaOCl gel

1-1-8-4 مناقشة نتائج الدراسة النسيجية والخصائص المورفولوجية والكيميائية للمزيج

أظهرت نتائج الدراسة الحالية اختلالاً بسيطاً في البنية الشكلية النّسيجية الطبيعية للب بعد 7 أيام في معظم عينات المجموعة المدروسة، ولكن بعد مرور 90 يوماً أظهرت كامل العينات بنية نسيجية شكلية طبيعية. يمكن تبرير الاختلال البسيط في الفترة الأولى للرقم الهيدروجيني العالي للمزيج، حيث أظهرت نتائج الدراسة أن الرقم الهيدروجيني للمزيج كان بعد 24 ساعة (pH = 9.7) وارتفع بعد 28 يوماً إلى (pH = 11.6)، وكمبرر إضافي للنتيجة السابقة، فإن هلام هيبوكلوريت الصوديوم يسبب تخريشاً كيميائياً لطبقة الخلايا المصورة للعاج مما يسبب اختلالاً شكلياً، ويعزى ذلك لوجود شوارد الكلور (Cl^-). خلصت دراسة Dianat *et al.* عام 2018م إلى أن القلوية العالية للمواد المغطية للنسيج اللبي تحفز تمايز الخلايا المولدة للعاج لبدء العملية التجديدية (Dianat *et al.*, 2018)، وكما خلصت دراسة Sedek *et al.* عام 2024م إلى أن عند تصلب إسمنت مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض يتناقص تحرير هدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) المخرش للنسيج اللبي مما يؤدي إلى الحصول على بنية نسيجية شكلية طبيعية، وهذا ما يتوافق مع موجودات الدراسة الحالية بعد 90 يوماً (Sedek *et al.*, 2024).

على الرغم من أن نتائج دراسة Bshara & Ataya عام 2020م كشفت أن الخصائص الحالة للنسج لهلام هيبوكلوريت الصوديوم كانت ضعيفة (Bshara & Ataya, 2020)، إلا أن تحسن البنية الشّكلية للنسيج اللّبي يعزى إلى الرقم الهيدروجيني العالي للمزيج والذي يؤدي لتشكل بيئة قلوية، مما يساهم في تمايز الخلايا الجذعية

لتعزيز التمعدن، وبالإضافة لزيادة تحرير شوارد الكالسيوم (Ca^{2+}) من مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية في الوسط القلوي، مما يوفر سقالة لارتباط الخلايا المولدة للعاج (Okabe *et al.*, 2006)، حيث لوحظ بعد 28 يوماً ارتفاع في نسبة شوارد الكالسيوم (Ca^{2+}) في كلتا المجموعتين. تلعب شوارد الكالسيوم (Ca^{2+}) دوراً مهماً في تحفيز تمايز الخلايا مصورات العاج من خلال إشارات شوارد الكالسيوم (Ca^{2+}) التي تعمل على نطاق واسع لتنظيم العمليات الخلوية المختلفة، وكما تلعب دوراً مهماً في حماية اللب من خلال تقليل السمية الخلوية للمواد المخرشة كهلام هيبوكلوريت الصوديوم (Rathinam *et al.*, 2021). ذكرت دراسة Rathinam *et al.* عام 2021م بأن شوارد الكالسيوم (Ca^{2+}) تؤثر على التعبير الجيني المرتبط بالخلايا الجذعية والتمايز الخلوي وإمكانية التمعدن (Rathinam *et al.*, 2021)، وذكر Spagnuolo *et al.* عام 2023م بأن المواد القائمة على الكاسيوم تحفز تمايز الخلايا الجذعية (Spagnuolo *et al.*, 2023). لم يشاهد في كلتا العينتين خلال جميع فترات المتابعة أي علامات تموت لبي مما يدل على أنها مواد متوافقة حيوياً، وهذا ما يتوافق مع دراسة Solomon *et al.* عام 2015م التي ذكرت أن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض يحفز شفاء النسيج اللبي ويمنع حدوث التموت على المدى الطويل في معظم حالات بتر اللب (Solomon *et al.*, 2015)، وتتفق دراستنا مع دراسة Sedek *et al.* عام 2024م التي وجدت بنية نسيجية شكلية طبيعية في معظم عينات التغطية اللبية المباشرة بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية بعد 14 و45 يوماً (Sedek *et al.*, 2024)، وتختلف نتائج الدراسة مع دراسة الكردي وبشاره عام 2021م التي أظهرت فيها جميع العينات النسيجية لمزيج الإسمنت البورتلاني الأبيض مع 2.2% هلام هيبوكلوريت الصوديوم تموت تخثري بعد 45 يوماً، إلا أن الدراسة السابقة تضمنت حقن كمية كبيرة من مزيج الإسمنت مع الهلام في الطية الخدية للأرنب (الكردي وبشاره، 2021).

أظهرت كلتا مجموعتي الّدراسة نزفاً في النسيج اللبي وتوسع في الأوعية الدموية في المراحل الأولى، ويمكن تفسير ذلك بحادثة تولد الأوعية (Angiogenesis) التي تهدف إلى تشكيل شبكة وعائية لنقل الأغذية والأوكسيجين وعوامل النمو، حيث يعتمد النّسيج اللبي على الوارد الدموي لتسهيل الشفاء (Saghiri *et al.*, 2017)، ذكر Goldberg *et al.* عام 2015م أن عملية شفاء الأنسجة تبدأ بحدوث التهاب متوسط، حيث يُعدّ الالتهاب

شرطاً أساسياً للشفاء الذي يعقبه تجدد الأنسجة (Goldberg *et al.*, 2015)، وتتفق نتائج الدّراسة الحالية مع نتائج دراسة Bahammam *et al.* عام 2024م التي وجدت أن المجموعة التي أجري فيها تغطية لبية مباشرة بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية لوحظ فيها توسع وعائي بعد 14 يوماً (Bahammam *et al.*, 2024). ويمكن تفسير هذه النتيجة أيضاً بأن هيبوكلوريت الصوديوم يسبب تلف في الأوعية الدموية وتمزق بالخلايا البطانية وحدوث نزيف واستجابة التهابية (Salvadori *et al.*, 2022).

وجد في معظم عينات المجموعة المدروسة تكلسات صغيرة متعددة ومنتشرة بعد 7 أيام وتراجعت التكلسات بعد 90 يوماً لتصبح تكلساً صغيراً وحيداً، بينما تفوقت المجموعة الشاهدة بفارق جوهري، حيث لم يشاهد في معظم العينات أي تكلسات لبية لتختفي بشكل كامل بعد 90 يوماً، ويمكن تبرير ذلك بنتائج دراسة الخصائص المورفولوجية التي أجريت في هذه الدراسة، التي وجدت أن سطح المزيج بعد 24 ساعة كان غير متجانس ويحتوي العديد من الغؤورات الناجمة عن تطاير غازي الأوكسيجين (O_2) والكلور (Cl_2) والتي من الممكن أن يكون لها دوراً في تخريش النسيج اللّبي وحدوث التكلسات وذلك بالمقارنة مع الخصائص المورفولوجية للمجموعة الشاهدة التي كانت أكثر تجانساً. ذكر Satheeshkumar *et al.* عام 2013م أن تشكل الحصيات اللّبية يرتبط بشكلٍ أساسي بالمخرشات طويلة الأمد والالتهاب المزمن، ومن الممكن أن تكون القلوية العالية للمزيج وفق الدراسة الحالية هي السبب في تخريش النسيج اللبي (Satheeshkumar *et al.*, 2013). تتفق نتيجة دراستنا مع دراسة الزعبي وبشاره عام 2021م، حيث لم يلاحظ في معظم عينات بتر اللب بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) أي تكلسات بعد مراقبة 90 يوماً (الزعبي وبشاره، 2021)، وكما تتفق مع دراسة Nosrat *et al.* عام 2013م الذي ذكر عدم وجود أي تكلسات بعد بتر لب باستخدام مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) على الأرحاء الثالثة بعد ستة أشهر (Nosrat *et al.*, 2013)، وتختلف دراستنا مع دراسة Srinivasan & Jayanthi عام 2011م أن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الرمادي (MTA ANGELUS®) سبب بظهور حصيات لبية بعد مراقبة 180 يوماً، ولكن تختلف

دراستنا عن تصاميم الدراسات السابقة (Srinivasan & Jayanthi, 2011) من حيث فترة المراقبة وطبيعة النسيج اللبي.

لم تظهر معظم العينات في كلتا المجموعتين أي تليف لبي خلال فترات المتابعة المختلفة، ولكن ظهر تليف بسيط في بعض العينات فقط، والذي يدل على ارتكاس سابق خلال الفترة الأولى من تطبيق المواد بتماس مع النسيج اللبي، ووفق دراسة Kabartai *et al.* عام 2017م، عندما يكون الحجم اللبي أصغر يزداد الضغط الفيزيولوجي فيزداد بدوره التزاحم الجزيئي مما يزيد من تحول النسيج اللّبي من نسيج ضام فضفاض إلى نسيج ليفي كثيف (Kabartai *et al.*, 2017)، وهذا يفسر زيادة التليف اللّبي في اللّب الجذري مما يفسر موجودات الدراسة الحالية. تختلف نتائج الدراسة مع دراسة Bahammam *et al.* عام 2024م حيث وجد تليف لبي في معظم عينات التغطية اللبية المباشرة بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (ProRoot® MTA) بعد 60 يوماً (Bahammam *et al.*, 2024).

أظهرت كلتا المادتين نتائج إيجابية في تشكيل الجسر العاجي مع مرور الزمن، فبعد 90 يوماً تشكل جسراً عاجياً كاملاً في معظم عينات المجموعة الشاهدة وتشكل جسراً عاجياً جزئياً في معظم عينات المجموعة المدروسة، يمكن تفسير النتائج الإيجابية بدرجة القلوية العالية للمادتين حيث تحفز القلوية العالية على تشكيل جسر عاجٍ متمعدن من خلال تحرير شوارد الكالسيوم (Ca^{2+}) وتنظيم إنتاج السيتوكينات وخلق بيئة مضادة للجراثيم مما يحفز تمايز الخلايا المصورة للعاج (Song *et al.*, 2017)، ويتفق ذلك مع نتائج دراسة Song *et al.* عام 2017م التي ذكرت أن الرقم الهيدروجيني العالي (pH = 12-13) يعزز تكون عاج إصلاحي والبيئة الحمضية تثبط الشفاء وتشكل الجسر العاجي (Song *et al.*, 2017)، ويمكن تفسير هذه الموجودات أيضاً بنتائج دراسة التحليل الكيميائي للعناصر التي أجريت في الدراسة الحالية التي خلصت إلى أن المجموعة الشاهدة تحتوي على أعلى تركيز من الكالسيوم (Ca) السطحي يتبعها المجموعة المدروسة، وهذا المحتوى العالي يعزز تشكل جسر عاجٍ عند استخدامه كمادة لتغطية النسيج اللبي، حيث تُحفز شوارد الكالسيوم (Ca^{2+}) على تخليق الفيبرونكتين الذي يحفز تمايز الخلايا الجذعية إلى الخلايا مصورة العاج لتشكيل الجسر العاجي (Estrela

(*et al.*, 2023). ويتفق ذلك مع دراسة Sedek *et al.* عام 2024م الذي ذكر أن مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية هو مادة متوافقة ونشطة حيوياً حيث تعمل على توفير سطح مناسب لالتصاق الخلايا مصورة العاج ومن ثم تمايزها لتشكيل جسراً عاجياً جديداً (Sedek *et al.*, 2024)، ويمكن ربط ذلك مع نتائج دراسة الخصائص المورفولوجية التي وجدت أنه بعد 28 يوماً كان سطح العينتين منتظماً ومتشابهاً ويتكون بشكل أساسي من بلورات سلفوألومينات الكالسيوم (**$3CaO.Al_2O_3.3CaSO_4.31H_2O$**) التي تؤمن سطح ملائم لارتباط الجسر العاجي، تتفق دراستنا مع دراستي الزعبي وبشاره عام 2021م و Mohamed *et al.* عام 2023م اللتان وجدتان تشكل جسر عاجٍ كامل في عينات بتر اللب بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض (ProRoot® MTA) بعد 90 يوماً (الزعبي وبشاره، 2021; Mohamed *et al.*, 2023). ومع دراسة Alnour *et al.* عام 2023م، التي وجدت تشكل جسر عاجٍ كامل بعد 90 يوماً من التغطية بمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (BioMTA) في أسنان الكلاب (Alnour *et al.*, 2023). خلقت كلتا المجموعتين بيئة قلوية مواتية لتشكل الجسر العاجي، فتشكل الجسر العاجي في المجموعة الشاهدة بشكلٍ كاملٍ بعد 90 يوماً، ويعزى ذلك إلى أن ردة الفعل الالتهابية الأولية كانت معتدلة، وشكل السطح كان أكثر تجانساً وكما توفر تحرير مستمر لشوارد الكالسيوم (**Ca^{2+}**)، وبالمقابل كان تشكل الجسر العاجي جزئياً في المجموعة المدروسة ولربما يعود ذلك إلى ردة الفعل الالتهابية الأولية وشكل السطح غير المتجانس في المراحل الأولى وكما أن هيبوكلوريت الصوديوم يسبب تأخر في الشفاء وتشكل الجسر العاجي لأنه عاملاً مؤكسداً قوياً (Abuhaimed & Abou Neel, 2017).

4-1-8-2 مناقشة نتائج الدراسة السريرية والشعاعية

أظهرت نتائج الدّراسة في كلتا المجموعتين بعد متابعة 12 شهراً حالة واحدة بشفوفية شعاعية وامتصاص داخلي وخارجي، ولكن أظهرت المجموعة الشاهدة أيضاً ثلاث حالات مع امتصاص خارجي وترافقت حالة واحدة من الحالات السابقة بخراج، حيث يحصل الامتصاص المرضي في الأسنان المؤقتة عندما يصاب اللب بالإنتان، ويسبب التخرب العظمي الحاصل امتصاصاً سريعاً يؤدي لخسارة مبكرة للأسنان المؤقتة (Azab *et al.*, 2018). تختلف هذه النتيجة مع نتائج العديد من الدراسات بأنه لا يوجد أي امتصاص داخلي أو

خارجي في المجموعة الشاهدة، ولكن وجد Godhi & Tyagi عام 2016م حالة امتصاص خارجي واحدة بعد 3 أشهر متابعة، ولم يتقدم خلال فترة 9 أشهر التالية ليسبب انثقاباً للجذر (Godhi & Tyagi, 2016)، وأظهرت دراسة Holan *et al.* عام 2005م نتائج مشابهة خلال فترة متابعة تمتد من 25 إلى 38 شهراً (Holan *et al.*, 2005)، وكذلك دراسة Jabbarifar *et al.* عام 2004م بعد متابعة 12 شهراً (Jabbarifar *et al.*, 2004). يمكن تفسير النتيجة السابقة بأن لمزيج WMTA + NaOCl gel فعالية مضادة للعضويات الدقيقة، حيث ذكر الكردي وبشاره عام 2021م بأن إضافة 2.2% هلام هيبوكلوريت الصويديوم للإسمنت البورتلاندي الأبيض حسّن خصائصه المضادة للمكورات المعوية البرازية (Enterococcus faecalis) (الكردي وبشاره، 2021)، ووفق نتائج الدراسة الحالية بلغ الرقم الهيدروجيني للمزيج (pH = 9.7) بعد 24 ساعة وارتفع بعد 28 يوماً إلى (pH = 11.6)، بينما في المجموعة الشاهدة بلغ الرقم الهيدروجيني للمزيج (pH = 8.5) بعد 24 ساعة، ليصبح بعد 28 يوماً (pH = 11.1) مما يشير إلى أن لكلا المجموعتين المدروستين قلوية عالية، إلا أن مجموعة مزيج WMTA + NaOCl gel أظهرت قلوية أعلى مما يرفع من خصائصها المضادة للعضويات الدقيقة وبالتالي نتائج معالجة أفضل كما ظهر في نتائج الدراسة السريرية والشعاعية الحالية.

أظهرت نتائج الدراسة الحالية تكلس للقناة اللبية في حالة واحدة من المجموعة المدروسة، يشير تكلس القناة اللبية إلى ترسب نسيج صلب على الجدران الداخلية للقناة الجذرية مما سبب تضيقها، ويحدث التّكلس نتيجة استمرار نشاط الخلايا المصورة للعاج مما يدل على أن المنظومة القنيوية تمتلك بعض الحيوية وبالتالي لا يعدّ فشلاً (Chaniotis *et al.*, 2024). تتفق نتائج الدّراسة الشعاعية مع الموجودات الحالية للدّراسة النسيجية التي أظهرت أن 75% من عينات المجموعة المدروسة أظهرت خللاً بسيطاً في الخلايا المصورة للعاج بعد 7 أيام، وخلال 90 يوماً، أظهرت جميع العينات بنية شكلية نسيجية طبيعية، كما ظهرت تكلسات صغيرة متعددة بعد 7 أيام في 87.5% من العينات، وظهر تكلساً واحداً صغيراً بعد 90 يوماً في 87.5% من العينات، وبالمقابل 75% و100% من عينات المجموعة الشاهدة لم تظهر أي تكلس لبي بعد 7 و90 يوماً على الترتيب.

خلصت نتائج الدراسة السريرية والشعاعية الحالية إلى أن المجموعة الشاهدة لم تتفوق بفارق جوهري إحصائياً على المجموعة المدروسة، حيث حققت المجموعة الأخيرة نسبة نجاح 90% و95% سريرية وشعاعية على الترتيب، بينما حققت المجموعة الشاهدة نسبة نجاح 90% و85% سريرية وشعاعية على الترتيب، وذلك لأن المجموعة المدروسة حسّنت تعضي النسيج الرخو على المدى القريب والمتوسط دون وجود أي علامات نسيجية لتموت النسيج اللّبي، وعلى الرغم من أن الخصائص الفيزيائية والكيميائية كانت متدنية نسبياً بعد 24 ساعة، إلا أنها وصلت لمستويات مماثلة للمجموعة الشاهدة بعد 28 يوماً، مما يشير إلى أن المادتين تسلكان سلوكاً مشابهاً. وكما أظهرت دراسة Karkoutly *et al.* عام 2025م بأن لمزيج WMTA + NaOCl gel قدرة خاتمة مماثلة للمجموعة الشاهدة وتُعدّ القدرة الخاتمة من الشروط الأساسية لنجاح بتر اللب، حيث يقلل التسرب المجهري للعضويات الدقيقة، مما يؤمن بيئة مستقرة لشفاء الأنسجة اللّبية، حيث تتسرب من خلال الفجوات الصغيرة وهذا ما يفسر نسب النجاح المتقاربة بين المادتين (Karkoutly *et al.*, 2025).

2-8-4 مناقشة نتائج مجموعة NaOCl gel → WMTA

1-2-8-4 مناقشة نتائج الدراسة النسيجية

حسّن تطبيق هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم لتثبيت سطح اللب المبتور قبل تطبيق WMTA من النتائج النسيجية بالمقارنة مع المجموعة الشاهدة، حيث لم تظهر أياً من المجموعتين علامات نسيجية للتموت اللبي، إلا أن المجموعة المدروسة تفوقت على الشاهدة في تعضي النسيج الرخو، ويعود ذلك لقدرة الهلام على حل الخثرة والبقايا الناتجة عن عملية بتر اللب، حيث يسبب بقاء الخثرة الدموية بين المادة المغطية والنسيج اللبي تأخر الشفاء، حيث ذكر Shröder عام 1985م بأن وجود الخثرة الدموية يحرض استجابة التهابية بعد وضع المادة المغطية للنسيج اللبي مما يسبب حصول امتصاص داخلي، وكما تقلل القدرة المضادة للعضويات الدقيقة للهلام من التجمع الميكروبي وبالتالي تحسين الشفاء وفق دراسة Farges *et al.* عام 2015م (Farges *et al.*, 2015).

يؤكد ما سبق نتائج دراسة Abu Hasna *et al.* عام 2020م، حيث وجدت الدراسة بأن لهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم فعالية مضادة للمكورات المعوية البرازية (Enterococcus faecalis)، والإشريكية القولونية (Escherichia coli) (Abu Hasna *et al.*, 2020). تتوافق نتائج الدراسة الحالية مع الموجودات النسيجية لدراستي Hafez *et al.* عامي 2000م و 2002م التي ذكرت بأن محلول هيبوكلوريت الصوديوم متوافق حيوياً عندما يُطبق بشكلٍ مباشرٍ على النسيج اللبي لإرقاء النزف (Hafez *et al.*, 2002; Hafez *et al.*, 2000)، وذكر Rosenfeld *et al.* عام 1978م بأن محلول هيبوكلوريت الصوديوم يُؤثر فقط بالطبقات السطحية للب دون التأثير بالطبقات الأعمق عند تطبيقه لمدة 15 دقيقة على النسيج اللبي الحي (Rosenfeld *et al.*, 1978).

فيما يخص مشعر النزف اللبي، أظهرت كلتا المجموعتين احتقاناً بدئياً في الأوعية الدموية وهو شرط أساسي للتجدد النسيجي في المراحل المبكرة. وأظهرت معظم عينات المجموعة المدروسة نزفاً لبياً معتدلاً، ولكن تراجع بشكلٍ كاملٍ بعد 90 يوماً مع التفوق على المجموعة الشاهدة، ويمكن تفسير ذلك بأن هيبوكلوريت الصوديوم يتحكم بالنزف على اعتباره عاملاً مُرقئاً وبالتالي التخفيف من احتمالية حدوث التهاب، وذلك استناداً على النتائج النسيجية لدراسة Haghgoo & Abbasi عام 2012م و Kola *et al.* عام 2019م، التي استخدمت محلول هيبوكلوريت الصوديوم لمدة 15 ثانية و30 ثانية على الترتيب، أثناء البتر ومتبوعة بالتغطية بأكسيد الزنك والأوجينول (Haghgoo & Abbasi, 2012; Kola *et al.*, 2019).

لم تظهر أياً من المجموعتين تكلسات أو تليفات لبية، وتحسن تشكل الجسر العاجي بمرور الزمن، حيث تشكل جسراً عاجياً كاملاً في كلتا المجموعتين بعد 90 يوماً في جميع العينات، وتتفق النتيجة السابقة مع دراسة Haghgoo & Abbasi عام 2012م و Kola *et al.* عام 2019م (Haghgoo & Abbasi, 2012; Kola *et al.*, 2019)، حيث تشكل الجسر العاجي بشكل كامل بعد شهرين وثلاثة أشهر على الترتيب، ووجدت دراستي Hafez *et al.* عامي 2000م و2002م بأن محلول هيبوكلوريت الصوديوم متقبل حيوياً ولا يعيق شفاء النسيج اللبي ويساهم في تمايز الخلايا مصورات العاج ليترسب الجسر العاجي (Hafez *et al.*, 2002; Hafez *et al.*, 2000)،

وكما تتفق نتيجة الدراسة مع نتائج دراسة Akcay & Sari عام 2015م التي ذكرت بأن استخدام محلول هيبوكلوريت الصوديوم كمادة مطهرة قبل تطبيق مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية في بتر لب الأرحاء المؤقتة ساهم بشكل كبير في تشكل جسر عاجٍ (Akcay & Sari, 2015)، ويمكن تفسير هذه الموجودات بالحقائق المذكورة سابقاً بأن القدرة الحالة للنسج والقلوية العالية والخصائص المضادة للعضويات الدقيقة لهلام هيبوكلوريت الصوديوم تحفز على الشفاء وبالتالي تشكل جسر عاجٍ (Farges *et al.*, 2015).

4-2-8-2 مناقشة نتائج الدراسة السريرية والشعاعية

حققت المجموعة المدروسة نجاحاً سريرياً وشعاعياً بعد متابعة 12 شهراً بنسبة 90% دون وجود فارق جوهري مع المجموعة الشاهدة التي حققت نسبة نجاح 90% و85% سريرية وشعاعية على الترتيب. اختلفت نتائج دراستنا مع نتائج دراسة Lin & Lin عام 2020م التي ذكرت بأن معدل النجاح السريري والشعاعي لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية كان 100% وأعلى من مجموعة بتر اللب باستخدام محلول هيبوكلوريت الصوديوم التي بلغت 100% سريرياً و96.7% شعاعياً (Lin & Lin, 2020)، وكذلك ذكر Fernández *et al.* عام 2013م بأن معدل النجاح السريري والشعاعي لمركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية كان 100% وأعلى من مجموعة بتر اللب باستخدام محلول هيبوكلوريت الصوديوم التي بلغت 96% سريرياً 83% شعاعياً على الترتيب (Fernández *et al.*, 2013)، وذكرت دراسة المنقل عام 2012م بأن حقق بتر لب الأرحاء المؤقتة باستخدام محلول 3% هيبوكلوريت الصوديوم نجاحاً سريرياً وشعاعياً بنسبة 95% بعد 12 شهراً، إلا أن الدراسات السابقة استخدمت الشكل المحلول من هيبوكلوريت الصوديوم متبوعاً بالتغطية بأكسيد الزنك والأوجينول (المنقل، 2012).

كانت النتيجة الشعاعية أفضل من السريرية في هذه المجموعة، إلا أن الفشل في معظم حالات بتر اللب في الأرحاء المؤقتة يكون شعاعي أكثر منه سريري، غالباً الألم على القرع في هذه المجموعة كان ناتج عن التهاب لثوي بسبب سوء العناية الفموية نتيجة تراكم اللويحة الجرثومية حول السّن المعالج وليس بسبب فشل بتر اللب (American Academy of Pediatric Dentistry, 2021). تتفق مع نتائج دراسة Fuks &

Papagiannoulis عام 2006م الذي ذكر بأن التهاب اللثة من العوامل المشوشة في تقييم نجاح بتر اللب حيث غالباً ما تحاكي علامات الفشل السريري (Fuks & Papagiannoulis, 2016). ووجدت دراسة Ng & Messer عام 2008م بأن 18% من الحالات التي تظهر ألم تالي للمعالجة لا ترتبط بالفشل السريري لبتر اللب (Ng & Messer, 2008)، وذكرت دراسة Sonmez *et al.* عام 2008م بأن الصحة الفموية الجيدة تقلل بشكل كبير من التشخيصات الإيجابية الكاذبة للفشل السريري لبتر اللب (Sonmez *et al.*, 2008).

3-8-4 مناقشة نتائج مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel

1-3-8-4 مناقشة نتائج الدراسة النسيجية

أظهرت المجموعة المدروسة تعضياً أفضلاً بالنسيج الرخو خلال فترات المتابعة المختلفة، يمكن تبرير ذلك بالبيئة القلوية العالية في المجموعة المدروسة وبالتالي تمايز الخلايا الجذعية وزيادة تحرير شوارد الكالسيوم (Ca^{2+}) مما يوفر سقالة لارتباط الخلايا المصورة للعاج (Okabe *et al.*, 2006)، وكما تحث قدرة الهلام على حلّ الخثرة والبقايا الناتجة عن عملية بتر اللب والقدرة المضادة للعضويات الدقيقة على تحسين الشفاء (Farges *et al.*, 2015).

أظهرت معظم مقاطع المجموعة المدروسة نزفاً حاداً بعد 7 أيام ليتراجع بعد 90 يوماً مع تفوق المجموعة الشاهدة ويفسر ذلك بحادثة تولد الأوعية (Angiogenesis) التي تهدف إلى تسهيل الشفاء (Saghiri *et al.*, 2017)، وكما أن القلوية العالية الناتجة عن زيادة كمية هلام هيبوكلوريت الصوديوم تسبب تلفاً في الأوعية الدموية وتمزقاً بالخلايا البطانية وحدوث النزيف (Salvadori *et al.*, 2022).

أظهرت كلتا المجموعتين نتائج مرضية فيما يخص مشعر التليف اللبي وكما تشكل جسراً عاجياً كاملاً بعد 90 يوماً، ويمكن تبرير ذلك بدرجة القلوية العالية للمادتين والمحتوى العالي للكالسيوم (Ca) واللذان يساهمان في تمايز الخلايا المصورة للعاج وتشكل جسر عاجٍ (Song *et al.*, 2017; Estrela *et al.*, 2023)، وكما أن

القلوية العالية لهلام هيبوكلوريت الصوديوم وخصائصه المضادة للعضويات الدقيقة تحفز الشفاء وبالتالي تشكل جسر عاجٍ (Farges *et al.*, 2015).

أظهرت المجموعة المدروسة تكلساتٍ صغيرةٍ متعددة بعد 7 أيام لتختفي بشكلٍ كامل بعد 90 يوماً بينما لم تظهر المجموعة الشاهدة أي تكلساتٍ لبيةٍ، ويعود ذلك للقلوية العالية للمجموعة المدروسة حيث تسبب المخرشات طويلة الأمد حصيات لبية (Satheeshkumar *et al.*, 2013).

4-8-3-2 مناقشة نتائج الدراسة السريرية والشعاعية

كانت نسب النجاح السريرية والشعاعية متدنية بالمقارنة مع المجموعة الشاهدة، حيث بلغت 70% بعد متابعة 12 شهراً وتضمن الفشل السريري حالاتٍ متعددةٍ مترافقةٍ بألم عند القرع وحالة واحدة بخراج وحركة سنية وألم عفوي وعند القرع، وتضمن الفشل الشعاعي حالاتٍ متفرقةٍ مترافقةٍ بامتصاص داخلي وخارجي وشفوفية شعاعية وتوسع رباط، ويمكن تفسير ذلك بدرجة القلوية العالية في هذه المجموعة لزيادة كمية هلام هيبوكلوريت الصوديوم، حيث تكون القلوية العالية مفيدة على المدى القصير ولكن على المدى البعيد تسبب فشلاً سريرياً وشعاعياً بسبب السمية الخلوية (Modena *et al.*, 2018).

يُفسر التناقض في الدراسة الحالية بين النتائج النسيجية المبكرة الممتازة والفشل السريري والشعاعي المتأخر بالتأثير المزدوج للقلوية العالية، حيث تسبب ظاهرياً في المرحلة الأولى نجاحاً نسيجياً من خلال تشكل الجسر العاجي نتيجة التنخر السطحي الأولي في اللب ولكن قد يخفي التنخر الأولي التهاباً تحت السطح (Schröder, 1985)، وتتلف في المراحل المتأخرة الخلايا اللبية العميقة مما يسبب فشلاً سريرياً وشعاعياً (Cox *et al.*, 1996)، وتسبب القلوية العالية تغيرات تنكسية تظهر لاحقاً (Tronstad *et al.*, 1981)، وبالتالي لا يضمن النجاح النسيجي المبكر نجاحاً سريرياً وشعاعياً، فلذلك تُعدّ المتابعة طويلة المدى ضرورية، وتتفق نتائج هذه الدراسة مع دراسة Aeinehchi *et al.* عام 2003م، حيث تشكل نسيجياً جسر عاجٍ بعد 3 أشهر ولكن أظهرت 42% من الحالات أفات ذروية على الأشعة لدى استخدام هدروكسيد الكالسيوم للتغطية اللبية المباشرة في الأسنان البشرية (Aeinehchi *et al.*, 2003).

9-4 محدوديات الدراسة

من أبرز محدوديات هذه الدراسة قصر فترة المتابعة التي لا تتجاوز 12 شهراً، حيث تفضل فترات متابعة أطول لتقييم المواد المستخدمة في بتر اللب، حيث لا تكون كافية لرصد التغيرات طوية الأمد أو للكشف عن مضاعفات متأخرة قد تؤثر على نجاح المعالجة. كما أن حجم العينة صغير نسبياً، مما يؤثر على قوة الاستنتاجات وإمكانية تعميم النتائج على نطاقٍ أوسع.

Conclusions الاستنتاجات

ضمن محدوديات الدراسة الحالية يمكن استنتاج التالي:

1. أظهرت مجموعة WMTA + NaOCl gel تركيبة كيميائية وشكل سطح وقلوية مماثلة عند مقارنتها بالمجموعة الشاهدة بعد 28 يوماً.
2. تفوقت المجموعة الشاهدة على مجموعة WMTA + NaOCl gel في جوانب نسيجية مختلفة مثل تكوين الجسر العاجي وتكلس اللب، في حين حسنت مجموعةWMTA + NaOCl gel تعضي النسيج الرخو.
3. حققت مجموعة WMTA + NaOCl gel نتائج سريرية وشعاعية ممتازة مقاربة لنتائج المجموعة الشاهدة.
4. تفوقت مجموعة NaOCl gel → WMTA على المجموعة الشاهدة في النواحي النسيجية والسريرية والشعاعية.
5. حققت مجموعة NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel نتائج نسيجية إيجابية مقاربة للمجموعة الشاهدة، إلا أن نسب النجاح السريرية والشعاعية كانت متدنية.

المقترحات والتوصيات

Recommendations and Suggestions

1-6 المقترحات

1. نقترح إجراء دراسات سريرية وشعاعية ونسيجية مشابهة بفترات متابعة زمنية أطول ولشركات متنوعة.
2. نقترح إجراء دراسات نسيجية وسريرية وشعاعية في بتر لب القواطع المؤقتة والأرحاء الدائمة الفتية بتثبيت اللب بهلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم.
3. نقترح إجراء دراسات نسيجية وسريرية وشعاعية ومخبرية وجرثومية بتطبيق مزيج WMTA + NaOCl gel في سياق المعالجات اللبية المختلفة في القواطع والأرحاء المؤقتة والدائمة الفتية.
4. نقترح إجراء دراسات نسيجية وسريرية وشعاعية ومخبرية وجرثومية مقارنة مزيج WMTA + NaOCl gel مع 3Mixtatin وNeoMTA في سياق المعالجات اللبية المختلفة في القواطع والأرحاء المؤقتة والدائمة الفتية

2-6 التوصيات

1. نوصي باستخدام هلام 2.25% هيبوكلوريت الصوديوم في تثبيت اللب لمدة 3 دقائق في الأرحاء المؤقتة متبوعاً بالتغطية بمزيج مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض مع الماء المقطر.
2. نوصي باستخدام مزيج WMTA + NaOCl gel كمادة تغطية في الأرحاء المؤقتة لكن بعد الإرقاء بالماء المقطر فقط.

References المراجع

المراجع الأجنبية

A

Abu Hasna, A., et al. (2020). Effect of sodium hypochlorite solution and gel with/without passive ultrasonic irrigation on Enterococcus faecalis, Escherichia coli and their endotoxins. ***F1000Research***, *9*, 642-652.

Abuhaimed, T. S., & Abou Neel, E. A. (2017). Sodium hypochlorite irrigation and its effect on bond strength to dentin. ***BioMed research international***, *2017*(1), 1-8.

Aburel, O. M., et al. (2021). Pleiotropic effects of eugenol: The good, the bad, and the unknown. ***Oxidative medicine and cellular longevity***, *2021*(1), 1-15.

Acharya, S., Gurunathan, D., & Singh, B. (2023). Evolution of mineral trioxide aggregate in pediatric dentistry: A narrative review. ***Journal of International Oral Health***, *15*(3), 242-249.

Aeinehchi, M., Dadvand, S., Fayazi, S., & Bayat-Movahed, S. (2007). Randomized controlled trial of mineral trioxide aggregate and formocresol for pulpotomy in primary molar teeth. ***International Endodontic Journal***, *40*(4), 261-267.

Aeinehchi, M., Eslami, B., Ghanbariha, M., & Saffar, A. S. (2003). Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. ***International endodontic journal***, *36*(3), 225-231.

Agamy, H. A., Bakry, N. S., Mounir, M. M., & Avery, D. R. (2004). Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp-capping agents in pulpotomized primary teeth. ***Pediatric dentistry***, *26*(4), 302-309.

Agrawal, S. K., Bhagat, T., & Shrestha, A. (2023). Dental caries in permanent first molar and its association with carious primary second molar among 6–11-year-old school children in Sunsari, Nepal. ***International journal of dentistry***, *2023*(1), 1-5.

Ahuja, S., et al. (2020). Comparative evaluation of success of Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate with Formocresol as Pulpotomy medicaments in primary molars: an in vivo study. ***International Journal of Clinical Pediatric Dentistry***, *13*(2), 167-173.

Airen, P., Shigli, A., & Airen, B. (2012). Comparative evaluation of formocresol and mineral trioxide aggregate in pulpotomized primary molars-2 year follow up. ***Journal of Clinical Pediatric Dentistry***, *37*(2), 143-147.

Akcay, M., Sari, S., Duruturk, L., & Gunhan, O. (2015). Effects of sodium hypoclorite as disinfectant material previous to pulpotomies in primary teeth. ***Clinical oral investigations***, *19*, 803-811.

Al Kurdi, S., Bshara, N., & Droubi, L. (2021) Impact of Sodium Hypochlorite Gel on Primary Molars Dentin Microhardness - Invitro Study. ***IJDSIR***, *4*(2), 330 – 338.

Al Kurdi, S., Bshara, N., & Khalouf, K. (2021). Evaluating the Antibacterial Activity of White Portland Cement Mixed with various sorts of Sodium Hypochlorite. ***IJDSIR***, *4*(2), 323–329.

Al Kurdi, S., Bshara, N., Al Manadili, A., & AlSharif, D. (2021). Biocompatibility of White Portland cement Mixed Sodium Hypochlorite 2.2% Gel. ***IJDSIR***, *4*(6), 80–88.

AlAnezi, A. Z., Zhu, Q., Wang, Y. H., Safavi, K. E., & Jiang, J. (2011). Effect of selected accelerants on setting time and biocompatibility of mineral trioxide aggregate (MTA). *Oral Surgery,* ***Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology***, *111*(1), 122-127.

Alhaddad Alhamoui, F., Steffen, H., & Splieth, C. H. (2014). The sealing ability of ProRoot MTA when placed as an apical barrier using three different techniques: an in-vitro apexification model. ***Quintessence international***, *45*(10), 821–827.

Alkhouli, M. M., Al Nesser, S. F., Bshara, N. G., AlMidani, A. N., & Comisi, J. C. (2020). Comparing the efficacies of two chemo-mechanical caries removal agents (2.25% sodium hypochlorite gel and brix 3000), in caries removal and patient cooperation: A randomized controlled clinical trial. ***Journal of dentistry***, *93*, 1-5.

Al-Mutairi, M. A., & Bawazir, O. A. (2013). Sodium hypochlorite versus Formocresol in primary molars pulpotomies: a randomized clinical trial. ***European Journal of Paediatric Dentistry***, *14*(1), 33-36.

Alnour, A., Almohammad, G., Abdo, A., & Layous, K. (2023). Evaluation of the pulp response following direct pulp capping with exogenous nitric oxide and Mineral Trioxide Aggregate (MTA) a histologic study. ***Heliyon***, *9*(7), 1-8.

Alsayed, M. B., Karkoutly, M., Achour, H., & Abboud, S. (2024). Comparing efficacies of various papain-based enzyme agents and 2.4% sodium hypochlorite gel in chemomechanical caries removal: a randomized controlled trial. ***BDJ open***, *10*(1), 1-7.

Al-Sebaei, M. O., Halabi, O. A., & El-Hakim, I. E. (2015). Sodium hypochlorite accident resulting in life-threatening airway obstruction during root canal treatment: a case report. ***Clinical, cosmetic and investigational dentistry***, 41-44.

Alsherif, A. A., Salah, M., & Helal, M. B. (2024). Comparing effectiveness of mineral trioxide aggregate, bioceramic putty and tannic acid in maintaining pulp vitality after experimental pulpotomy in rats. ***Scientific Reports***, *14*(1), 1-8.

Altan, H., & Tosun, G. (2016). The setting mechanism of mineral trioxide aggregate. ***Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry***, *50*(1), 65-72**.**

Alturkistani, H. A., Tashkandi, F. M., & Mohammedsaleh, Z. M. (2015). Histological stains: a literature review and case study. ***Global journal of health science***, *8*(3), 72-79.

American Academy of Pediatric Dentistry. (2021). Pulp therapy for primary and immature permanent teeth. ***The Reference Manual of Pediatric Dentistry. Chicago, Ill.: American Academy of Pediatric Dentistry****,* 1-13.

ANDRADE, F. B., et al. (2015). Effects of various additives on antimicrobial, physical and chemical properties of mineral trioxide aggregate (MTA). ***Dental Press Endod***, *5*(1), 19-29.

Ansari, G., & Ranjpour, M. (2010). Mineral trioxide aggregate and formocresol pulpotomy of primary teeth: a 2-year follow-up. ***International endodontic journal***, *43*(5), 413-418.

Atasever, G., Keçeli, T. İ., Uysal, S. E. R. D. A. R., Güngör, H. C., & Ölmez, S. (2019). Primary molar pulpotomies with different hemorrhage control agents and base materials: A randomized clinical trial. ***Nigerian Journal of Clinical Practice****, 22*(3), 305-312.

Azab, M. M., Moheb, D. M., & El Shahawy, O. I. (2018). Case Report: Root resorption caused after pulp death of adjacent primary molar. ***F1000Research****, 7*, 1-4.

Azrak, L., Bshara, N., & Alkhouli, M. (2020). Evaluation of the Effectiveness of Sodium Hypochlorite Gel Application in Removing Dental Plaque Before Pit and Fissure Sealant Placement: A Randomized Controlled Clinical Trial. ***Int J Dentistry Oral Sci***, *7*(7), 776-780.

B

Bahammam, L. A., Alsharqawi, W., Bahammam, H. A., Mounir, M., & Mounir Sr, M. M. (2024). Histological evaluation of pulpal response and dentin bridge formation after direct pulp capping using recombinant Amelogenin and mineral trioxide aggregate (MTA). ***Cureus***, *16*(2), 1-12.

Bahrololoomi, Z., Zarebidoki, F., & Shakib, A. (2021). A Clinical and Radiographic Assessment of Sodium Hypochlorite Versus Formocresol Pulpotomy in Primary Molar Teeth: 12-month Follow-up. ***Dentistry 3000***, *9*(1), 127-134.

Bandi, M., Mallineni, S. K., & Nuvvula, S. (2017). Clinical applications of ferric sulfate in dentistry: A narrative review. ***Journal of Conservative Dentistry and Endodontics***, *20*(4), 278-281.

Beltagy, T. M., & Ghoname, N. A. (2013). Evaluation of Propolis extract as a pulpotomy agent in primary molars. ***DENTAL JOURNAL***, *59*(2761), 2761-2772.

Bizrah, M., Yusuf, A., & Ahmad, S. (2019). An update on chemical eye burns. ***Eye***, *33*(9), 1362-1377.

Bolhari, B., et al. (2024). The effect of three additives on properties of mineral trioxide aggregate cements: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. ***BMC Oral Health***, *24*(1), 3-22.

Boopathi, T., et al. (2024). Histological evaluation of pulp response to alendronate and Biodentine as pulp capping agents: an animal study. ***Restorative Dentistry & Endodontics***, *49*(4), 106-119.

Bousquet, P. J., et al. (2011). The Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) Statement applied to allergen-specific immunotherapy with inhalant allergens: A Global Allergy and Asthma European Network (GA2LEN) article. ***Journal of Allergy and Clinical Immunology***, *127*(1), 49-56.

Bruce, C. L., et al. (2024). Choosing and evaluating randomisation methods in clinical trials: a qualitative study. ***Trials***, *25*(1), 1-12.

Bshara, N. G., & Ataya, J. (2020). The effect of NaOCl gel activated by ultrasonic device on bovine dental pulp dissolution: an in vitro study. ***Journal of Stomatology***, *73*(2), 65-68.

C

Cai, C., Chen, X., Li, Y., & Jiang, Q. (2023). Advances in the role of sodium hypochlorite irrigant in chemical preparation of root canal treatment. ***Biomed Research International***, *2023*(1), 1-17.

Camilleri, J. (2008). The chemical composition of mineral trioxide aggregate. ***Journal of Conservative Dentistry and Endodontics***, *11*(4), 141-143.

Celik, B., Ataç, A. S., Cehreli, Z. C., & Uysal, S. (2013). A randomized trial of mineral trioxide aggregate cements in primary tooth pulpotomies. ***Journal of Dentistry for Children***, *80*(3), 126-132.

Chak, R. K., Singh, R. K., Mutyala, J., & Killi, N. K. (2022). Clinical radiographic evaluation of 3Mixtatin and MTA in primary teeth pulpotomies: A randomized controlled. ***International Journal of Clinical Pediatric Dentistry***, *15*(1), 80-86.

Chaniotis, A., Sousa Dias, H., & Chanioti, A. (2024). Negotiation of calcified canals. ***Journal of Clinical Medicine***, *13*(9), 1-23.

Chauhan, S. P., et al. (2017). Evaluation and Comparison between Formocresol and Sodium Hypochlorite as Pulpotomy Medicament: A Randomized Study. ***The journal of contemporary dental practice***, *18*(11), 1029-1033.

Chung, I., Ryu, H., Yoon, S. Y., & Ha, J. C. (2022). Health effects of sodium hypochlorite: review of published case reports. ***Environmental Analysis, Health and Toxicology***, *37*(1), 1-8.

Conti, T. R., et al. (2009). Pulpotomies with Portland cement in human primary molars. ***Journal of applied oral science : revista FOB***, *17*(1), 66–69.

Correa, C. P., García, L. B., Del Río, E. P., & Caballero, A. D. (2017). Correlation of clinical, radiographic and histological diagnoses of apical dental lesions. ***Revista Odontológica Mexicana Órgano Oficial de la Facultad de Odontología UNAM***, *21*(1), 22-29.

Cox, C. F., Sübay, R. K., Ostro, E., Suzuki, S., & Suzuki, S. H. (1996). Tunnel defects in dentin bridges: their formation following direct pulp capping. ***Operative dentistry***, *21*(1), 4-11.

Cuadros-Fernández, C., et al. (2016). Short-term treatment outcome of pulpotomies in primary molars using mineral trioxide aggregate and Biodentine: a randomized clinical trial. ***Clinical oral investigations***, *20*, 1639-1645.

D

Demant, S., et al. (2022). Intra-pulpal connective tissue formation and the advanced carious lesion: Is chondrogenesis and heterotopic ossification a response to pulpal inflammation?. ***International Endodontic Journal***, *55*(11), 1212-1224.

Dhar, V., et al. (2017). Use of Vital Pulp Therapies in Primary Teeth with Deep Caries Lesions. ***Pediatric dentistry***, *39*(5), 146–159.

Dianat, O., Mashhadiabbas, F., Ahangari, Z., Saedi, S., & Motamedian, S. R. (2018). Histologic comparison of direct pulp capping of rat molars with MTA and different concentrations of simvastatin gel. ***Journal of Oral Science***, *60*(1), 57-63.

Donnermeyer, D., Dammaschke, T., Lipski, M., & Schäfer, E. (2023). Effectiveness of diagnosing pulpitis: a systematic review. ***International Endodontic Journal***, *56*, 296-325.

Doyle, T. L., Casas, M. J., Kenny, D. J., & Judd, P. L. (2010). Mineral trioxide aggregate produces superior outcomes in vital primary molar pulpotomy. ***Pediatric dentistry***, *32*(1), 41-47.

Doyle, W. A. (1962). Formocresol versus calcium hydroxide in pulpotomy. ***J. Dent. Child.***, *29*, 86-97.

Dronamraju, S., et al. (2023). To Assess the efficacy of various disinfection and hemostasis procedures in providing postoperative pain relief following pulpotomy in cases of symptomatic irreversible pulpitis. ***Cureus***, *15*(9), 1-7.

Džanković, A., et al. (2020). Sealing ability of mineral trioxide aggregate, biodentine and glass ionomer as root-end materials: a question of choice. ***Acta Medica Academica***, *49*(3), 232-239.

E

Eidelman, E., Holan, G., & Fuks, A. B. (2001). Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. ***Pediatric Dentistry***, *23*(1), 15-18.

El Habashy, L. M. (2020). Biodentine Versus MTA as Pulpotomy Agents in Primary Molars: Clinical and Radiographic Study. ***Egyptian Dental Journal***, *66*, 1423-1434.

El Sayed, M., Ghanerad, N., Rahimi, F., Shabanpoor, M., & Shabanpour, Z. (2020). Antibacterial activity of sodium hypochlorite gel versus different types of root canal medicaments using agar diffusion test: an in vitro comparative study. ***International Journal of Dentistry***, *2020*(1), 1-11.

ElKhadem, A., & Nagi, P. (2013). Effectiveness of MTA pulpotomy in primary molars: A critical assessment of relevant studies. ***Evidence-Based Dentistry***, *14*(2), 46-46.

Erdem, A. P., Guven, Y., Balli, B., Ilhan, B., Sepet, E., Ulukapi, I., & Aktoren, O. (2011). Success rates of mineral trioxide aggregate, ferric sulfate, and formocresol pulpotomies: a 24-month study. ***Pediatric dentistry***, *33*(2), 165-170.

Estrela, C., et al. (2023). Mechanism of action of bioactive endodontic materials. ***Brazilian dental journal***, *34*(1), 1-11.

F

Fadavi, S., Anderson, A. W., & Punwani, I. C. (1989). Freeze-dried bone in pulpotomy procedures in monkey. ***The Journal of pedodontics***, *13*(2), 108-122.

Farges, J. C., et al. (2015). Dental pulp defence and repair mechanisms in dental caries. ***Mediators of inflammation***, *2015*(1), 1-16.

Farreras, D. C. R., Puente, C. G., & Estrela, C. (2014). Sodium hypochlorite chemical burn in an endodontist's eye during canal treatment using operating microscope. ***Journal of endodontics***, *40*(8), 1275-1279.

Farsi, D. J., et al. (2015). Sodium hypochlorite versus formocresol and ferric sulfate pulpotomies in primary molars: 18-month follow-up. ***Pediatric dentistry***, *37*(7), 535-540.

Farsi, N., Alamoudi, N., Balto, K., & Mushayt, A. (2005). Success of mineral trioxide aggregate in pulpotomized primary molars. ***Journal of Clinical Pediatric Dentistry***, *29*(4), 307-311.

Fei, A. L., Udin, R. D., & Johnson, R. (1991). A clinical study of ferric sulfate as a pulpotomy agent in primary teeth. ***Pediatric dentistry***, *13*(6), 327–332.

Fernández, C. C., Martínez, S. S., Jimeno, F. G., Lorente Rodríguez, A. I., & Mercadé, M. (2013). Clinical and radiographic outcomes of the use of four dressing materials in pulpotomized primary molars: a randomized clinical trial with 2-year follow-up. ***International journal of paediatric dentistry***, *23*(6), 400-407.

Fetouh, M. E., Noaman, K. M., & Abed Elghany, A. A. (2024). Antimicrobial Evaluation of Different Pulp Capping Materials. ***Al-Azhar Journal of Dental Science***, *27*(1), 1-9.

Fetouh, M. E., Noaman, K. M., & Abed, A. A. (2022) Histopathological Evaluation of Different Pulp Capping Materials. ***International Journal of Medical Science and Dental Research***, *5*(5), 19-30.

Fischer, E. R., Hansen, B. T., Nair, V., Hoyt, F. H., & Dorward, D. W. (2012). Scan electron microsc. ***Curr Protoc Microbiol***, *25*, 1-47.

Fonseka, I., Mohotti, D., Wijesooriya, K., Lee, C. K., & Mendis, P. (2025). Evaluating the performance of cement-reduced concrete using graphene oxide: Synergistic effects on mechanical properties. ***Results in Engineering***, *26*, 1-17.

Ford, T. R., Torabinejad, M., Abedi, H. R., Bakland, L. K., & Kariyawasam, S. P. (1996). Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. ***Journal of the American Dental Association***, *127*(10), 1491–1494.

Fuks, A. B., & Papagiannoulis, L. (2006). Pulpotomy in primary teeth: review of the literature according to standardized criteria. ***European archives of paediatric dentistry : official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry***, *7*(2), 64–72.

Fuks, A. B., Michaeli, Y., Sofer-Saks, B., & Shoshan, S. (1984). Enriched collagen solution as a pulp dressing in pulpotomized teeth in monkeys. ***Pediatric dentistry***, *6*(4), 243–247.

G

Garcia-Godoy, F. R. A. N. K. L. I. N., Novakovic, D. P., & Carvajal, I. N. (1982). Pulpal response to different application times of formocresol. ***J Pedod***, *6*(2), 176-193.

Ghazvini, S. A., et al. (2009). Ion release and pH of a new endodontic cement, MTA and Portland cement. ***Iranian endodontic journal***, *4*(2), 74-78.

Ghoname, N., Yagi, A., Gonna, S., Kabbash, A., & Deraz, E. M. (2017). Acemannan and formocresol pulpotomies in primary teeth: a comparative histopathological study. ***Journal of Gastroenterology and Hepatology Research***, *6*, 2386-2391.

Gisour, E. F., Karimipour, P., & Jahanimoghadam, F. (2024). Clinical and radiographic comparison of primary molar pulpotomy using formocresol, portland cement, and NeoMTA plus: a randomized controlled clinical trial. ***Scientific Reports***, *14*(1), 1-9.

Godhi, B., & Tyagi, R. (2016). Success rate of MTA pulpotomy on vital pulp of primary molars: a 3-year observational study. ***International journal of clinical pediatric dentistry***, *9*(3), 222-227.

Goldberg, M., Njeh, A., & Uzunoglu, E. (2015). Is pulp inflammation a prerequisite for pulp healing and regeneration?. ***Mediators of inflammation***, *2015*(1), 1-11.

Goyal, P., et al. (2016). Clinical and radiographic comparison of various medicaments used for pulpotomy in primary molars: A randomized clinical trial. ***European journal of dentistry***, *10*(03), 315-320.

Guler, B., Uraz, A., Hatipoğlu, H., & Yalım, M. (2021). Chemical evaluation of energy dispersive X-ray spectroscopy analysis of different failing dental implant surfaces: a comparative clinical trial. ***Materials***, *14*(4), 1-13.

Guo, J., Zhang, N., & Cheng, Y. (2023). Comparative efficacy of medicaments or techniques for pulpotomy of primary molars: a network meta-analysis. ***Clinical Oral Investigations***, *27*(1), 91-104.

H

Hachmeister, D. R., et al. (2002). The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. ***Journal of endodontics***, *28*(5), 386-390.

Hafez, A. A., Cox, C. F., Tarim, B., Otsuki, M., & Akimoto, N. (2002). An in vivo evaluation of hemorrhage control using sodium hypochlorite and direct capping with a one-or two-component adhesive system in exposed nonhuman primate pulps. ***Quintessence international***, *33*(4), 1-13.

Hafez, A. A., Kopel, H. M., & Cox, C. F. (2000). Pulpotomy reconsidered: application of an adhesive system to pulpotomized permanent primate pulps. ***Quintessence International***, *31*(8), 1-11.

Haghgoo, R., & Abbasi, F. (2010). Clinical and radiographic success of pulpotomy with MTA in primary molars: 30 months follow up. ***Iranian Endodontic Journal***, *5*(4), 157-160

Haghgoo, R., & Abbasi, F. (2012). A histopathological comparison of pulpotomy with sodium hypochlorite and formocresol. ***Iranian endodontic journal***, *7*(2), 60-62.

Hariton, E., & Locascio, J. J. (2018). Randomised controlled trials—the gold standard for effectiveness research. ***BJOG: an international journal of obstetrics and gynaecology***, *125*(13), 1716.

Hazarika, J. (2019). SPSS as a means for Scientific Analysis in Social Science Research. ***International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering***, *8*(12), 2043-2045.

Hermann, B. W. (1930). Dentinobliteration der Würzelkanälen nach Behandlung mit Kalzium. ***Zahnarztliche Rundschau***, *21*, 888–99.

Holan, G., Eidelman, E., & Fuks, A. B. (2005). Long-term evaluation of pulpotomy in primary molars using mineral trioxide aggregate or formocresol. ***Pediatric dentistry***, *27*(2), 129-136.

Holland, R., et al. (2002). Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with a white mineral trioxide aggregate. ***Brazilian dental journal***, *13*(1), 23–26.

Hopkins, E., et al. (2018). Physiology, acid base balance. ***In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.***

Hosoya, N., et al. (2019). A review of the literature on the efficacy of mineral trioxide aggregate in conservative dentistry. ***Dental materials journal***, *38*(5), 693–700.

Huang, L. G., & Chen, G. (2016). A histological and radiographic study of pulpal calcification in periodontally involved teeth in a Taiwanese population. ***Journal of dental sciences***, *11*(4), 405-410.

Hugar, S. M., & Deshpande, S. D. (2010). Comparative investigation of clinical/radiographical signs of mineral trioxide aggregate and formocresol on pulpotomized primary molars. ***Contemporary clinical dentistry***, *1*(3), 146-151.

Hughes, C., & Alsheneifi, T. (2001). Reasons for dental extractions in children. ***Pediatr Dent***, *23*(2), 109-112.

Huth, K. C., et al. (2005). Effectiveness of 4 pulpotomy techniques—randomized controlled trial. ***Journal of dental research***, *84*(12), 1144-1148.

I

Igna, A. (2021). Vital pulp therapy in primary dentition: Pulpotomy—A 100-year challenge. ***Children***, *8*(10), 1-9.

Irani, D., Jungbauer, G., Sculean, A., & Eick, S. (2024). Effect of sodium hypochlorite gel on bacteria associated with periodontal disease. ***Clinical oral investigations***, *28*(3), 1-9.

Issrani, R., et al. (2023). Exploring the properties of formocresol in dentistry---a comprehensive review. ***Journal of Clinical Pediatric Dentistry***, *47*(3), 1-10.

J

JABARIFAR, S. E., Khademi, A. A., & Ghasemi, D. (2004). Success rate of formocresol pulpotomy versus mineral trioxide aggregate in human primary molar tooth. ***Journal of Research in Medical Sciences***, *6*, 304-307

Jafarnia, B., Jiang, J., He, J., Wang, Y. H., Safavi, K. E., & Zhu, Q. (2009). Evaluation of cytotoxicity of MTA employing various additives. ***Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology***, *107*(5), 739-744.

Jamali, Z., Alavi, V., Najafpour, E., Aminabadi, N. A., & Shirazi, S. (2018). Randomized controlled trial of pulpotomy in primary molars using MTA and formocresol compared to 3Mixtatin: a novel biomaterial. ***Journal of Clinical Pediatric Dentistry***, *42*(5), 361-366.

Jayam, C., Mitra, M., Mishra, J., Bhattacharya, B., & Jana, B. (2014). Evaluation and comparison of white mineral trioxide aggregate and formocresol medicaments in primary tooth pulpotomy: clinical and radiographic study. ***Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry***, *32*(1), 13-18.

Junqueira, M. A., et al. (2018). Clinical, radiographic and histological evaluation of primary teeth pulpotomy using MTA and ferric sulfate. ***Brazilian dental journal***, *29*(2), 159-165.

K

Kabartai, F., Hoffman, T., & Hannig, C. (2017). Cellular reduction and pulp fibrosis can be related not only to aging process but also to a physiologic static compression. ***Dental Hypotheses***, *8*(2), 42-45.

Kalra, M., Garg, N., Rallan, M., Pathivada, L., & Yeluri, R. (2017). Comparative evaluation of fresh Aloe barbadensis plant extract and mineral trioxide aggregate as pulpotomy agents in primary molars: A 12-month follow-up study. ***Contemporary clinical dentistry***, *8*(1), 106-111.

Kang, C. M., et al. (2017). A randomized controlled trial of various MTA materials for partial pulpotomy in permanent teeth. ***Journal of dentistry***, *60*, 8-13.

Kang, H. (2021). Sample size determination and power analysis using the G* Power software. ***Journal of educational evaluation for health professions***, *18,* 1-12.

Kang, S. H., et al. (2015). Color changes of teeth after treatment with various mineral trioxide aggregate–based materials: an ex vivo study. ***Journal of endodontics***, *41*(5), 737-741.

Kao, L. S., & Green, C. E. (2008). Analysis of variance: is there a difference in means and what does it mean?. ***Journal of Surgical Research***, *144*(1), 158-170.

Karatas, E., Kirici, D. O., & Arslan, H. (2021). Postoperative pain after the use of sodium hypochlorite gel and solution forms: a randomized clinical study. ***European Endodontic Journal***, *6*(1), 34-37.

Karkoutly, M., & Bshara, N. (2022). Comparative evaluation of apical extrusion of sodium hypochlorite gel and solution in primary molars using two different instrumentation techniques: an in-vitro study. ***Journal of Stomatology***, *75*(4), 238-244.

Karkoutly, M., Al Kurdi, S., & Bshara, N. (2025). Sealing ability of white mineral trioxide aggregate mixed with 2.25% sodium hypochlorite gel used for repairing furcal perforations in primary molars: an in vitro study. ***المجلة العربية لطب أسنان الأطفال***, *2*(1), 68-78.

Karygianni, L., et al. (2016). The effects of various mixing solutions on the biocompatibility of mineral trioxide aggregate. ***International endodontic journal***, *49*(6), 561-573.

Kim, H. Y. (2017). Statistical notes for clinical researchers: Chi-squared test and Fisher's exact test. ***Restorative dentistry & endodontics***, *42*(2), 152-155.

Kim, R. J. Y., Kim, M. O., Lee, K. S., Lee, D. Y., & Shin, J. H. (2015). An in vitro evaluation of the antibacterial properties of three mineral trioxide aggregate (MTA) against five oral bacteria. ***Archives of oral biology***, *60*(10), 1497-1502.

Kogan, P., He, J., Glickman, G. N., & Watanabe, I. (2006). The effects of various additives on setting properties of MTA. ***Journal of endodontics***, *32*(6), 569-572.

Kola, S. R., Reddy, N. V., Sneha, T., Reddy, M. A., Niharika, P., & Kumar, P. J. (2019). A histopathological comparison of pulpal response to formocresol and sodium hypochlorite used as pulpotomy medicaments: In primary teeth–A clinical trial. ***Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry***, *37*(2), 198-204.

Kopel, H. M., Bernick, S., Zachrisson, E., & DeRomero, S. A. (1980). The effects of glutaraldehyde on primary pulp tissue following coronal amputation: an in vivo histologic study. ***ASDC journal of dentistry for children***, *47*(6), 425-430.

Kusum, B., Rakesh, K., & Richa, K. (2015). Clinical and radiographical evaluation of mineral trioxide aggregate, biodentine and propolis as pulpotomy medicaments in primary teeth. ***Restorative dentistry & endodontics***, *40*(4), 276-285.

Kwak, S. (2023). Are only p-values less than 0.05 significant? A p-value greater than 0.05 is also significant!. ***Journal of Lipid and Atherosclerosis***, *12*(2), 89-95.

L

Latonen, L., Koivukoski, S., Khan, U., & Ruusuvuori, P. (2024). Virtual staining for histology by deep learning. ***Trends in Biotechnology***, *42*(9), 1177–1191.

Lee, M., Lee, Y. S., Shon, W. J., & Park, J. C. (2023). Physiologic dentin regeneration: its past, present, and future perspectives. ***Frontiers in Physiology***, *14*, 1-7.

Lewis, B. (2009). The obsolescence of formocresol. ***British dental journal***, *207*(11), 525-528.

Li, T. Y., Chuang, L. C., & Tsai, A. I. (2016). A retrospective study of sodium hypochlorite pulpotomies in primary molars. ***Journal of Dental Sciences***, *11*(3), 261-265.

Lin, G. S. S., et al. (2024). Treatment outcomes of pulpotomy in primary teeth with irreversible pulpitis: a systematic review and meta-analysis. ***Children***, *11*(5), 1-16.

Lin, Y. T., & Lin, Y. T. J. (2020). Success rates of mineral trioxide aggregate, ferric sulfate, and sodium hypochlorite pulpotomies: A prospective 24-month study. ***Journal of the Formosan Medical Association***, *119*(6), 1080-1085.

Liu, H., Zhou, Q., & Qin, M. (2011). Mineral trioxide aggregate versus calcium hydroxide for pulpotomy in primary molars. ***Chinese Journal of Dental Research***, *14*(2), 121-125.

Liu, J. F., Chen, L. R., & Chao, S. Y. (1999). ***Laser pulpotomy of primary teeth. Pediatric dentistry***, *21*, 128-129.

Lucas-Rincón, S. E., et al. (2019). Interproximal caries and premature tooth loss in primary dentition as risk factors for loss of space in the posterior sector: A cross-sectional study. ***Medicine***, *98*(11), 1-5.

Luczaj-Cepowicz, E., Marczuk-Kolada, G., Pawinska, M., Obidzinska, M., & Holownia, A. (2017). Evaluation of cytotoxicity and pH changes generated by various dental pulp capping materials—an in vitro study. ***Folia Histochemica et Cytobiologica***, *55*(2), 86-93.

Luz, L. B., et al. (2019). Antimicrobial action, pH, and tissue dissolution capacity of 2.5% sodium hypochlorite gel and solution. ***Journal of Health & Biological Sciences***, *7*(2), 121-125.

M

Ma, X., et al. (2024). Modern methods and materials used to treat root perforation: effectiveness comparison. *Journal of Materials Science: **Materials in Medicine***, *35*(1), 1-11.

Magnusson B. (1970). Therapeutic pulpotomy in primary molars--clinical and histological follow-up. I. Calcium hydroxide paste as wound dressing. ***Odontologisk revy***, *21*(4), 415–431.

Magnusson, B. (1971). Therapeutic Pulpotomy in Primary Molars, Clinical and Histological follow-up. II. Zinc Oxide-eugenol as Wound Dressing. ***Odont Revy***, *22*, 45-54.

Mahendran, K., Ponnusamy, C., & Maloor, S. A. (2019). Histological evaluation of pulpal response to direct pulp capping using statins with α-tricalcium phosphate and mineral trioxide aggregate in human teeth. ***Journal of Conservative Dentistry***, *22*(5), 441-448.

Mahmoud, O., et al. (2022). Morphological and Chemical Analysis of Different Types of Calcium Silicate-Based Cements. ***International Journal of Dentistry***, *2022*(1), 1-16.

Malekafzali, B., Shekarchi, F., & Asgary, S. (2011). Treatment outcomes of pulpotomy in primary molars using two endodontic biomaterials. A 2-year randomised clinical trial. ***European Journal of Paediatric Dentistry***, *12*(3), 189-193.

Maroto, M., Barberia, E., Vera, V., & Garcia-Godoy, F. (2007). Mineral trioxide aggregate as pulp dressing agent in pulpotomy treatment of primary molars: 42-month clinical study. ***American Journal of Dentistry***, *20*(5), 283-286.

Maroto, M., Barreiro, S., & Barbería, E. (2019). Portland cement as pulp dressing agent in pulpotomy treatment of primary molars: a 12-month clinical study. ***European journal of paediatric dentistry***, *20*(1), 23–26.

Mendoza-Mendoza, A., Caleza-Jiménez, C., Solano-Mendoza, B., & Iglesias-Linares, A. (2017). Are there any differences between first and second primary molar pulpectomy prognoses? A retrospective clinical study. ***European Journal of Paediatric Dentistry***, *18*(1), 41-44.

Mohamed, M., Hashem, A. A. R., Obeid, M. F., & Abu-Seida, A. (2023). Histopathological and immunohistochemical profiles of pulp tissues in immature dogs' teeth to two recently introduced pulpotomy materials. ***Clinical Oral Investigations***, *27*(6), 3095-3103.

Mohammadi, Z., et al. (2021). A Review on Root Canal Irrigation Solutions in Endodontics. ***Journal of Dental Materials & Techniques***, *10*(3), 121-132.

Monaghan, T. F., et al. (2021). Blinding in clinical trials: seeing the big picture. ***Medicina***, *57*(7), 1-13.

Monteiro, J., Day, P., Duggal, M., Morgan, C., & Rodd, H. (2009). Pulpal status of human primary teeth with physiological root resorption. ***International journal of paediatric dentistry***, *19*(1), 16-25.

Moretti, A. B. S., et al. (2008). The effectiveness of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide and formocresol for pulpotomies in primary teeth. ***International endodontic journal***, *41*(7), 547-555.

Mortazavi, M., Mesbahi, M., Azar, M. R., & Ansari, G. (2009). MTA pulpotomy in primary molars–A prospective study. ***Res J Biol Sci***, *4*(5), 1-5.

Moskovitz, M., et al. (2021). Zinc oxide zinc sulfate versus zinc oxide eugenol as pulp chamber filling materials in primary molar pulpotomies. ***Children***, 8(9), 1-8.

Musale, P. K., Kothare, S. S., & Soni, A. S. (2018). Mineral trioxide aggregate pulpotomy: patient selection and perspectives. ***Clinical, cosmetic and investigational dentistry***, *10*, 37-43.

Mushtaq, A., Nangia, T., & Goswami, M. (2023). Comparative evaluation of the treatment outcomes of pulpotomy in primary molars using mineral trioxide aggregate and 3mixtatin: a randomized clinical trial. ***International Journal of Clinical Pediatric Dentistry***, *16*(6), 782-787.

N

Naik, S., & Hegde, A. H. (2005). Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy agent in primary molars: An: in vivo: study. ***Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry***, *23*(1), 13-16.

Nair, P. N. R., Duncan, H. F., Pitt Ford, T. R., & Luder, H. U. (2008). Histological, ultrastructural and quantitative investigations on the response of healthy human pulps to experimental capping with mineral trioxide aggregate: a randomized controlled trial. ***International endodontic journal***, *41*(2), 128-150.

Nakashima M. (1989). Dentin induction by implants of autolyzed antigen-extracted allogeneic dentin on amputated pulps of dogs. ***Endodontics & dental traumatology***, *5*(6), 279–286.

Nakashima, M. (1990). The induction of reparative dentine in the amputated dental pulp of the dog by bone morphogenetic protein. ***Archives of oral biology***, *35*(7), 493-497.

Naseri, M., Khayat, A., Zamaheni, S., & Shojaeian, S. (2017). Correlation between histological status of the pulp and its response to sensibility tests. ***Iranian Endodontic Journal***, *12*(1), 20-24.

Nashibi, S., Amdjadi, P., Ahmadi, S., Hekmatian, S., & Torshabi, M. (2025). Physical, chemical and biological properties of MTA Angelus and novel AGM MTA: an in vitro analysis. ***BMC Oral Health***, *25*(1), 1-11.

Ng, F. K., & Messer, L. B. (2008). Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy medicament: an evidence-based assessment. ***European Archives of Paediatric Dentistry,*** *9*(2), 58-73.

Niranjani, K., et al. (2015). Clinical evaluation of success of primary teeth pulpotomy using mineral trioxide aggregate®, laser and BiodentineTM-an in vivo study. ***Journal of clinical and diagnostic research: JCDR***, *9*(4), 35-37.

Nishanthi, R., & RAVINDRAN, V. (2020). Role of Calcium Hydroxide in Dentistry: A Review. ***International Journal of Pharmaceutical Research (09752366)***, *12*(2), 2822-2827.

Noorollahian, H. (2008). Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp medicaments for pulpotomies in primary molars. ***British dental journal***, *204*(11), 1-4.

Nosrat, A., Peimani, A., & Asgary, S. (2013). A preliminary report on histological outcome of pulpotomy with endodontic biomaterials vs calcium hydroxide. ***Restorative dentistry & endodontics***, *38*(4), 227-233.

Nourbakhsh, N., Ziaei, S., Panahi, H., Sedaghat, N., & Behnia, A. (2024). A Randomized Controlled Clinical Trial Comparing Clinical and Radiographic Success Rates of MTA and rhBMP2 in Pulpotomy of Primary Teeth. ***Frontiers in Dentistry***, *21*, 1-8.

Nygren, J. A. (1838). Rådgivare angående bästa sättet att vårda och bevara tändernas frisket.

O

Okabe, T., Sakamoto, M., Takeuchi, H., & Matsushima, K. (2006). Effects of pH on mineralization ability of human dental pulp cells. ***Journal of endodontics***, *32*(3), 198-201.

Okiji, T., & Yoshiba, K. (2009). Reparative dentinogenesis induced by mineral trioxide aggregate: a review from the biological and physicochemical points of view. ***International journal of dentistry***, *2009*(1), 1-12.

Olatosi, O. O., Sote, E. O., & Orenuga, O. O. (2015). Effect of mineral trioxide aggregate and formocresol pulpotomy on vital primary teeth: a clinical and radiographic study. ***Nigerian journal of clinical practice***, *18*(2), 292-296.

Olegário, I. C., et al. (2022). Stainless steel crown vs bulk fill composites for the restoration of primary molars post-pulpectomy: 1-year survival and acceptance results of a randomized clinical trial. ***International Journal of Paediatric Dentistry***, *32*(1), 11-21.

Oliveira, T. M., et al. (2013). Clinical, radiographic and histologic analysis of the effects of pulp capping materials used in pulpotomies of human primary teeth. ***European archives of paediatric dentistry : official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry***, *14*(2), 65–71.

P

Papagiannoulis, L. (2002). Clinical studies on ferric sulphate as a pulpotomy medicament in primary teeth. ***European Journal of Paediatric Dentistry***, *3*, 126-132.

Parisay, I., Ghoddusi, J., & Forghani, M. (2014). A review on vital pulp therapy in primary teeth. ***Iranian endodontic journal***, *10*(1), 6-15.

Patel, N., et al. (2014). Comparing gray and white mineral trioxide aggregate as a repair material for furcation perforation: an in vitro dye extraction study. ***Journal of clinical and diagnostic research: JCDR***, *8*(10), 1-4.

Peng, L., et al. (2007). Evaluation of formocresol versus ferric sulphate primary molar pulpotomy: a systematic review and meta-analysis. ***International endodontic journal***, *40*(10), 751-757.

Peng, L., Ye, L., Tan, H., & Zhou, X. (2006). Evaluation of the formocresol versus mineral trioxide aggregate primary molar pulpotomy: a meta-analysis. ***Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology***, *102*(6), 40-44.

Perotti, S., Bin, P., & Cecchi, R. (2018). Hypochlorite accident during endodontic therapy with nerve damage–A case report. ***Acta Bio Medica: Atenei Parmensis***, *89*(1), 104-108.

Petel, R., et al. (2021). A randomised controlled clinical trial comparing pure Portland cement and formocresol pulpotomies followed from 2 to 4 years. ***European archives of paediatric dentistry : official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry***, *22*(4), 547–552.

Priya, V. L., & Ramar, K. (2025). Comparison of 3Mixtatin and Mineral Trioxide Aggregate in Primary Teeth Pulpotomy: A Systematic Review. ***Cureus***, *17*(1), 1-11.

Pushpalatha, C., et al. (2022). Modified mineral trioxide aggregate—A versatile dental material: An insight on applications and newer advancements. ***Frontiers in bioengineering and biotechnology***, *10*, 1-15.

R

Rajasekharan, S., et al. (2017). Efficacy of three different pulpotomy agents in primary molars: a randomized control trial. ***International endodontic journal***, *50*(3), 215-228.

Ramanandvignesh, P., Gyanendra, K., & Mridula, D. J. K. G. (2020). Clinical and Radiographic Evaluation of Pulpotomy using MTA, Biodentine and Er, Cr YSGG Laser in primary teeth–A Clinical Study. ***Laser therapy***, *29*(1), 29-34.

Ranly, D. M. (1994). Pulpotomy therapy in primary teeth: new modalities for old rationales. ***Pediatric dentistry***, *16*, 403-403.

Rao, A., Rao, A., & Shenoy, R. (2009). Mineral trioxide aggregate—a review. ***Journal of Clinical Pediatric Dentistry***, *34*(1), 1-8.

Rathinam, E., et al. (2021). The calcium dynamics of human dental pulp stem cells stimulated with tricalcium silicate-based cements determine their differentiation and mineralization outcome. ***Scientific Reports***, *11*(1), 1-14.

READIG, D. (1968). A comparison and evaluation of two formocresol pulpotomy technics utilizing" Buckley's" formocresol. ***J. Dent. Child.***, *35*, 22-30.

Reddy, K. S., et al. (2017). A comparative evaluation of formocresol and sodium hypochlorite as agents for pulpotomy in primary molars: A pilot study. ***Int J Pedodont Rehab***, *2*(2), 60-65.

Rodd, H. D., Waterhouse, P. J., Fuks, A. B., Fayle, S. A., & Moffat, M. A. (2006). Pulp therapy for primary molars. ***International Journal of Paediatric Dentistry***, *16*, 15-23.

Rosenfeld, E. F., James, G. A., & Burch, B. S. (1978). Vital pulp tissue response to sodium hypochlorite. ***Journal of endodontics***, *4*(5), 140-146.

Ruby, J. D., et al. (2013). A randomized study of sodium hypochlorite versus formocresol pulpotomy in primary molar teeth. ***International journal of paediatric dentistry***, *23*(2), 145-152.

Ruemping, D. R., Morton Jr, T. H., & Anderson, M. W. (1983). Electrosurgical pulpotomy in primates--a comparison with formocresol pulpotomy. ***Pediatric dentistry***, *5*(1), 14-18.

Rusmah M. (1993). Glutaraldehyde in dentistry--a review. ***Singapore dental journal***, *18*(1), 17–21.

Rutherford, R. B., Wahle, J., Tucker, M., Rueger, D., & Charette, M. (1993). Induction of reparative dentine formation in monkeys by recombinant human osteogenic protein-1. ***Archives of Oral Biology***, *38*(7), 571-576.

S

Saghiri, M. A., Asatourian, A., Sorenson, C. M., & Sheibani, N. (2015). Role of angiogenesis in endodontics: contributions of stem cells and proangiogenic and antiangiogenic factors to dental pulp regeneration. ***Journal of endodontics***, *41*(6), 797-803.

Sahara, N., Okafuji, N., Toyoki, A., Ashizawa, Y., Yagasaki, H., Deguchi, T., & Suzuki, K. (1993). A histological study of the exfoliation of human deciduous teeth. ***Journal of dental research***, *72*(3), 634-640.

Sakai, V. T., et al. (2009). Pulpotomy of human primary molars with MTA and Portland cement: a randomised controlled trial. ***British dental journal***, *207*(3), 1-5.

Saltzman, B., et al. (2005). Assessment of a novel alternative to conventional formocresol-zinc oxide eugenol pulpotomy for the treatment of pulpally involved human primary teeth: diode laser-mineral trioxide aggregate pulpotomy. ***International journal of paediatric dentistry***, *15*(6), 437-447.

Salvadori, M., et al. (2022). Sodium hypochlorite accident during canal treatment: report of four cases documented according to new standards. ***Applied Sciences***, *12*(17), 1-13.

Santa, K. N., et al. (2017). Clinical and radiographic efficacy of portland cement as pulpotomy material in human primary molar. ***Bangladesh Medical Research Council Bulletin***, *43*(2), 71-76.

Sari S, Aras S, Gunhan O. The effect of physiological root resorption on the histological structure of primary tooth pulp. ***The Journal of Clinical Pediatric Dentistry***. *23*(3), 221-225.

Satheeshkumar, P. S., Mohan, M. P., Saji, S., Sadanandan, S., & George, G. (2013). Idiopathic dental pulp calcifications in a tertiary care setting in South India. ***Journal of Conservative Dentistry***, *16*(1), 50-55.

Satyarth, S., et al. (2021). Comparative evaluation of mineral trioxide aggregate pulpotomy and laser-assisted mineral trioxide aggregate pulpotomy: an original research article. ***Journal of Microscopy and Ultrastructure***, *9*(1), 7-11.

Schröder, U. (1985). Effects of calcium hydroxide-containing pulp-capping agents on pulp cell migration, proliferation, and differentiation. ***Journal of dental research***, *64*(4), 541-548.

Sedek, E. M., et al. (2024). Histological evaluation of the regenerative potential of a novel photocrosslinkable gelatin-treated dentin matrix hydrogel in direct pulp capping: an animal study. ***BMC Oral Health***, *24*(1), 1-16.

Serdar, C. C., Cihan, M., Yücel, D., & Serdar, M. A. (2021). Sample size, power and effect size revisited: simplified and practical approaches in pre-clinical, clinical and laboratory studies. ***Biochemia medica***, *31*(1), 27-53.

Shabzendedar, M., Mazhari, F., Alami, M., & Talebi, M. (2013). Sodium hypochlorite vs formocresol as pulpotomy medicaments in primary molars: 1-year follow-up. ***Pediatric Dentistry***, *35*(4), 329-332.

Shahi, S., et al. (2022). Portland cement: an overview as a root repair material. ***BioMed Research International***, *2022*(1), 1-13.

Shan, G., & Gerstenberger, S. (2017). Fisher's exact approach for post hoc analysis of a chi-squared test. ***PloS one***, *12*(12), 1-12.

Sharifi, R., Araghid, A., Ghanem, S., & Fatahi, A. (2015). Effect of temperature on the setting time of Mineral Trioxide Aggregate (MTA). ***Journal of Medicine and Life***, *8*(2), 88-91.

Shashank, S., et al. (2019). Comparative pH and calcium ion release in newer calcium silicate-based root canal sealers. ***Endodontology***, *31*(1), 29-33.

Sheller, B., & Morton Jr, T. H. (1987). Electrosurgical pulpotomy: a pilot study in humans. ***Journal of Endodontics***, *13*(2), 69-76.

Singh, N., Dubey, N., Rathore, M., & Pandey, P. (2020). Impact of early childhood caries on quality of life: Child and parent perspectives. ***Journal of oral biology and craniofacial research***, *10*(2), 83-86.

Singhal, A., Vinaya, V., Ahuja, T., & Longani, P. (2013). Sodium hypochlorite: Complications and management. ***J Dent Sci Oral Rehabil***, *4*(1), 7-10.

Smaïl-Faugeron, V., et al. (2018). Pulp treatment for extensive decay in primary teeth. ***Cochrane Database of Systematic Reviews***, *5*(5), 1-46.

Solomon, R. V., Faizuddin, U., Karunakar, P., Deepthi Sarvani, G., & Sree Soumya, S. (2015). Coronal pulpotomy technique analysis as an alternative to pulpectomy for preserving the tooth vitality, in the context of tissue regeneration: a correlated clinical study across 4 adult permanent molars. ***Case Reports in Dentistry***, *2015(1)*, 1-12.

Sonmez, D., Sari, S., & Çetinbaş, T. (2008). A comparison of four pulpotomy techniques in primary molars: a long-term follow-up. ***Journal of endodontics***, *34*(8), 950-955.

Spagnuolo, G., et al. (2023). Regeneration of dentin-pulp complex: Effect of calcium-based materials on hDPSCs differentiation and gene expression. ***Dental Materials***, *39*(5), 485-491.

Spedding, R. H., Mitchell, D. F., & McDonald, R. E. (1965). Formocresol and calcium hydroxide therapy. ***Journal of Dental Research***, *44*(5), 1023-1034.

Sreedevi, A., Brizuela, M., & Mohamed, S. (2025). Pit and fissure sealants. ***In: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL)***.

Srinivasan, D., & Jayanthi, M. (2011). Comparative evaluation of formocresol and mineral trioxide aggregate as pulpotomy agents in deciduous teeth. ***Indian journal of dental research***, *22*(3), 385-390.

Steffen, R., & Van Waes, H. J. E. A. O. P. D. (2009). Understanding mineral trioxide aggregate/Portlandcement: a review of literature and background factors. ***European archives of paediatric dentistry***, *10*(2), 93-97.

Straffon, L. H., & Han, S. S. (1970). Effects of varying concentrations of formocresol on RNA synthesis of connective tissues in sponge implants. ***Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology***, *29*(6), 915-925.

Subramaniam, P., Konde, S., Mathew, S., & Sugnani, S. (2009). Mineral trioxide aggregate as pulp capping agent for primary teeth pulpotomy: 2 year follow up study. ***Journal of Clinical Pediatric Dentistry***, *33*(4), 311-314.

Subramanyam, D., & Somasundaram, S. (2020). Clinical and radiographic evaluation of aloe vera vs formocresol as a pulpotomy medicament in primary molars: a double blinded randomized controlled trial. ***International Journal of Clinical Pediatric Dentistry***, *13*(2), 138-143.

Sushynski, J. M., et al. (2012). Comparison of gray mineral trioxide aggregate and diluted formocresol in pulpotomized primary molars: a 6-to 24-month observation. ***Pediatric dentistry***, *34*(5), 120-128.

T

Takagi, K., Nakamura, K., Yoshimura, Y., & Yawaka, Y. (2025). Promoting Dentin Bridge Formation Through N-Acetyl-L-Cysteine Application in Rat Molar Pulpotomy: An Experimental Study. ***Journal of Functional Biomaterials***, *16*(4), 1-11.

Tawil, P. Z., Duggan, D. J., & Galicia, J. C. (2015). MTA: a clinical review. ***Compendium of continuing education in dentistry***, *36*(4), 247-252.

Teuscher, G. W., & Zander, H. A. (1938). A preliminary report on pulpotomy. ***Northwestern Univ Dent Bull***, *39*, 4-8.

Torabinejad, M., & Parirokh, M. (2010). Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part II: leakage and biocompatibility investigations. ***Journal of endodontics***, *36*(2), 190-202.

Torabinejad, M., & White, D. J. (1995). *U.S. Patent No. 5,415,547*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Torabinejad, M., Hong, C. U., McDonald, F., & Pitt Ford, T. R. (1995). Physical and chemical properties of a new root-end filling material. ***Journal of endodontics***, *21*(7), 349–353.

Tronstad, L., Andreasen, J. O., Hasselgren, G., Kristerson, L., & Riis, I. (1981). pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. ***Journal of endodontics***, *7*(1), 17-21.

Tsai, T. P., Su, H. L., & Tseng, L. H. (1993). Glutaraldehyde preparations and pulpotomy in primary molars. ***Oral surgery, oral medicine, oral pathology***, *76*(3), 346-350.

U

Uloopi, K. S., et al. (2016). Clinical evaluation of low level diode laser application for primary teeth pulpotomy. ***Journal of clinical and diagnostic research: JCDR***, *10*(1), 67-70.

V

Vargas, K. G., Packham, B., & Lowman, D. (2006). Preliminary evaluation of sodium hypochlorite for pulpotomies in primary molars. ***Pediatric dentistry***, *28*(6), 511-517.

Venugopal Reddy, N. et al. (2024); COMPARATIVE EVALUATION OF 3MIXTATIN WITH MTA AND FORMOCRESOL FOR PULPOTOMY OF PRIMARY MOLARS: AN IN-VIVO STUDY. ***Int. J. of Adv. Res***, *12*(6), 1498-1504

Vostatek, S. F., Kanellis, M. J., Weber-Gasparoni, K., & Gregorsok, R. L. (2011). Sodium hypochlorite pulpotomies in primary teeth: a retrospective assessment. ***Pediatric dentistry***, *33*(4), 327-332.

W

Warkhandkar, A., Habib, L., & Warkhankar, A. (2023). Effects of premature primary tooth loss on midline deviation and asymmetric molar relationship in the context of orthodontic treatment. ***Cureus***, *15*(7), 1-10.

Waterhouse, P. J., Nunn, J. H., & Whitworth, J. M. (2002). Prostaglandin E2 and treatment outcome in pulp therapy of primary molars with carious exposures. ***International Journal of Paediatric Dentistry***, *12*(2), 116-123.

Widbiller, M., et al. (2021). Histology of human teeth: Standard and specific staining methods revisited. ***Archives of Oral Biology***, *127*, 1-16.

World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. ***Jama***, *310*(20), 2191-2194.

Y

Yamashita, K., et al. (2021). Mineral trioxide aggregate immersed in sodium hypochlorite reduce the osteoblastic differentiation of human periodontal ligament stem cells. ***Scientific reports***, *11*(1), 1-11.

Yildirim, C., Basak, F., Akgun, O. M., Polat, G. G., & Altun, C. (2016). Clinical and Radiographic Evaluation of the Effectiveness of Formocresol, Mineral Trioxide Aggregate, Portland Cement, and Enamel Matrix Derivative in Primary Teeth Pulpotomies: A Two Year Follow-Up. ***The Journal of clinical pediatric dentistry***, *40*(1), 14–20.

Yildiz, E., & Tosun, G. (2014). Evaluation of formocresol, calcium hydroxide, ferric sulfate, and MTA primary molar pulpotomies. ***European journal of dentistry***, *8*(02), 234-240.

Z

Zand, V., et al. (2010). A comparative scanning electron microscopic investigation of the smear layer after the use of sodium hypochlorite gel and solution forms as root canal irrigants. ***Journal of endodontics***, *36*(7), 1234-1237.

Zand, V., et al. (2016). Antibacterial efficacy of different concentrations of sodium hypochlorite gel and solution on Enterococcus faecalis biofilm. ***Iranian endodontic journal***, *11*(4), 315-319.

Zapf, A. M., Chedella, S. C., & Berzins, D. W. (2015). Effect of additives on mineral trioxide aggregate setting reaction product formation. ***Journal of endodontics***, *41*(1), 88-91.

Zealand, C. M., Briskie, D. M., Botero, T. M., Boynton, J. R., & Hu, J. C. (2010). Comparing gray mineral trioxide aggregate and diluted formocresol in pulpotomized human primary molars. ***Pediatric dentistry***, *32*(5), 393-399.

Zhe, G. C. S., Green, A., Fong, Y. T., Lee, H. Y., & Ho, S. F. (2016). Rare case of type I hypersensitivity reaction to sodium hypochlorite solution in a healthcare setting. ***Case Reports***, *2016*, 1-16.

المراجع العربية

ال

الحسين، ه.، المنقل، م. ب. (2012). *دراسة فعالية شعاع ليزر أنصاف النواقل وشعاع ليزر (Nd:YAG) في نجاح بتر لب الأرحاء المؤقتة بالمقارنة مع مادة الفورموكريزول (دراسة سريرية شعاعية)*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

الزعبي، ح.، بشاره، ن. (2021). *تقييم بتر اللب بالإسمنت البورتلاندي الأبيض وال MTA البيضاء على الأسنان الأمامية المؤقتة (دراسة سريرية شعاعية نسيجية)*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

الشاعر، ع.، لفلوف، م. (2023). *دراسة سريرية شعاعية نسيجية لفعالية هلام الصبار في بتر اللب على الأسنان المؤقتة*. [أطروحة دكتوراه، جامعة دمشق].

العواد، م.، التيناوي، م. (2022). *دراسة سريرية شعاعية مقارنة لاستخدام الطرائق الحيوية والتقليدية لمعالجة بتر اللب في الأسنان الدائمة الفتية والمؤقتة*. [أطروحة دكتوراه، جامعة دمشق].

الكردي، ص.، بشاره، ن. (2017). *دراسة تأثير هلام هيبوكلوريت الصوديوم في قساوة ميناء وعاج الأرحاء المؤقتة (دراسة مخبرية مقارنة)*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

الكردي، ص.، بشاره، ن. (2021). *تقويم بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية والفعالية المضادة للجراثيم والتقبل الحيوي لمزيج الاسمنت البورتلاندي مع هلام هيبوكلوريت الصوديوم 2.2%*. [أطروحة دكتوراه، جامعة دمشق].

المرجي، و.، لفلوف، م. (2023). *التقييم السريري والشعاعي لفعالية مزيج الصادات الحيوية الثلاثي المعدل مع السيمفاستاتين و®Vitapex في المعالجات غير المعتمدة على التحضير الميكانيكي في الأرحاء المؤقتة العفنة (دراسة سريرية مضبوطة معشاة)*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

المصري، ع.، بشاره، ن. (2010). *تأثير الترميم المينائي على نجاح بتر اللب في الأرحاء الثانية السفلية المؤقتة – دراسة سريرية شعاعية*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

المنقل، م. ب. (2012). تقييم بتر اللب في الأرحاء المؤقتة باستخدام هيبوكلوريد الصوديوم 3%. *مجلة جامعة دمشق للعلوم الطبية، 28*(2)، 115-130.

النسر، س.، بشاره، ن. (2020). *تقييم التجاوز الذروي لهلام هيبوكلوريت الصوديوم وعلاقته بمساحة الثقبة الذروية في الأسنان الدائمة الفتية*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

النصار، ا.، التيناوي، م. (2022). *تقييم فعالية مادة Bioceramic وثلاثي الأكاسيد المعدنية (MTA) في بتر اللب الحي في الأسنان الدائمة الفتية والمؤقتة*. [أطروحة دكتوراه، جامعة دمشق].

ب

بليش، غ.، لفلوف، م. (2006). *التقييم السريري والشعاعي لمادة MTA المستخدمة في بتر اللب على الأرحاء المؤقتة*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

ح

حجاز، أ.، عزاوي، ش. (2018). *تقييم نجاح تطبيق مادة Biodentine كضماد لبي في سياق بتر لب الأرحاء المؤقتة (دراسة سريرية شعاعية)*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

خ

خلوف، خ.، بشاره، ن. (2025). *تقييم الفعالية المضادة للجراثيم لكل من هلام وسائل هيبوكلوريت الصوديوم بتراكيز مختلفة على المكورات المعوية البرازية (دراسة مخبرية)*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

س

سلطان، ز.، خردجي، م. ن. (1994). *دراسة مقارنة بين الفورموكريزول والغلوتار ألدهيد في بتر اللب على الأسنان المؤقتة عند الأغنام*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

سلطان، ز.، خردجي، م.ن. (1997). *دراسة مقارنة لتأثير كل من الغلوتار ألدهيد وماءات الكالسيوم والفورموكريزول على توليد مستضدات البروتينات في ألبومين المصل عند الأرانب*. [أطروحة دكتوراه، جامعة دمشق].

ع

عويد، أ.، قوشجي، ش. (2022). *دراسة سريرية شعاعية نسيجية لتقييم فعالية ونجاح كل من الكركم ومرقئ النزف أنكافيرد وليزر الديود لإجراء بتر اللب على الأرحاء المؤقتة*. [أطروحة دكتوراه، جامعة دمشق].

ل

لفلوف، م.، خردجي، م. ن. (1999). *مقارنة بين بتر اللب بالفورموكريزول مع بتر اللب بالتخثير الكهربائي وسلفات الحديد*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

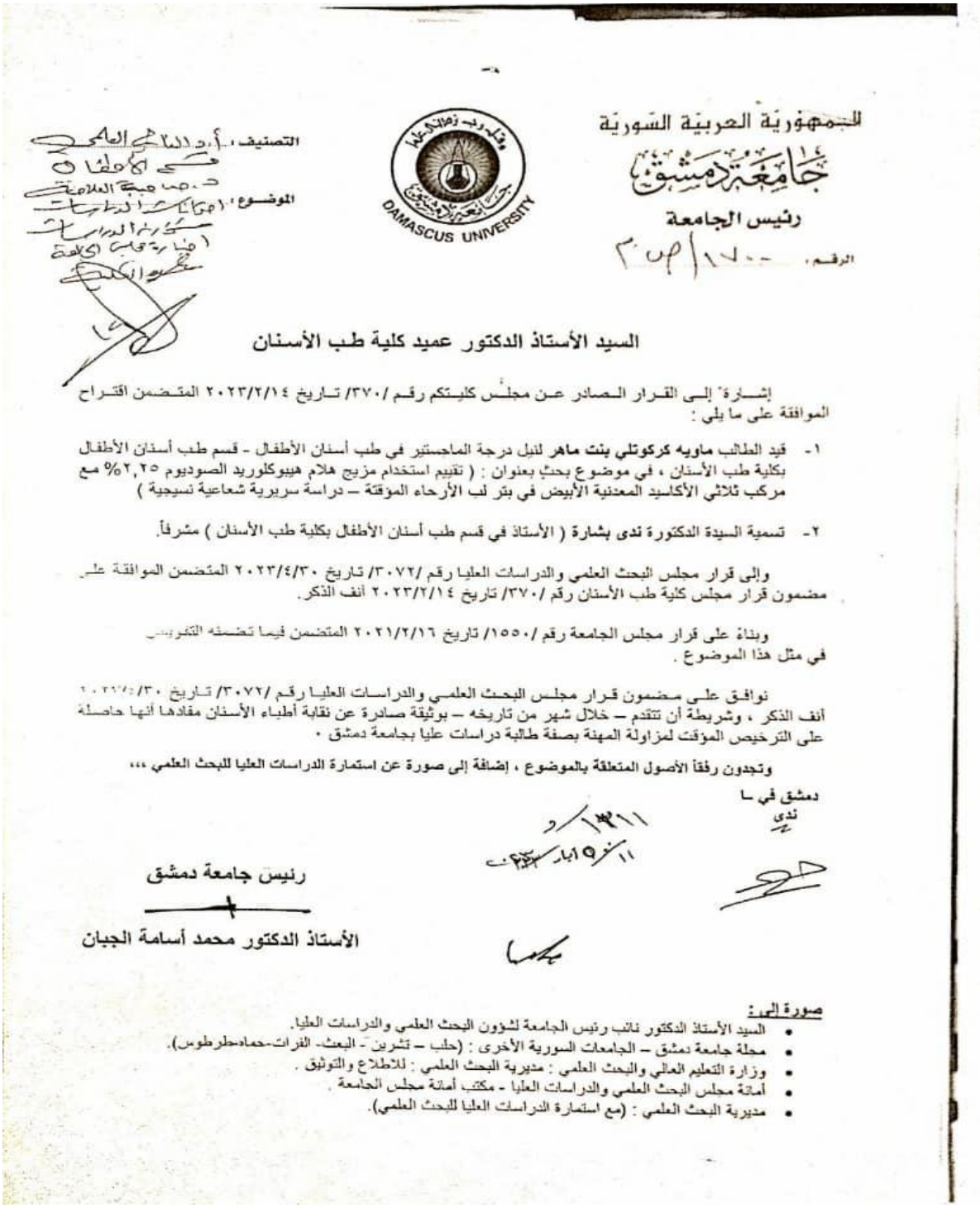
م

مسلماني، و.، قوشجي، ش. (2015). *تقييم نجاح بتر اللب بالإسمنت البورتلاندي على الأرحاء المؤقتة (دراسة سريرية شعاعية)*. [رسالة ماجستير، جامعة دمشق].

Appendices الملحقات

الملحق (1)

قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا بالموافقة على تسجيل البحث



الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
رئيس الجامعة
الرقم: ٣٠٩/١٧٠٠

التصنيف:
الموضوع:

السيد الأستاذ الدكتور عميد كلية طب الأسنان

إشارة إلى القرار الصادر عن مجلس كليتكم رقم /٣٧٠/ تاريخ ٢٠٢٣/٢/١٤ المتضمن اقتراح الموافقة على ما يلي :

١- قيد الطالب **ماويه كركوتلي بنت ماهر** لنيل درجة الماجستير في طب أسنان الأطفال - قسم طب أسنان الأطفال بكلية طب الأسنان ، في موضوع بحث بعنوان : (تقييم استخدام مزيج هلام هيبوكلوريد الصوديوم ٢,٢٥% مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض في بتر لب الأرحاء المؤقتة – دراسة سريرية شعاعية نسيجية)

٢- تسمية السيدة الدكتورة **ندى بشارة** (الأستاذ في قسم طب أسنان الأطفال بكلية طب الأسنان) مشرفاً.

وإلى قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم /٣٠٧٢/ تاريخ ٢٠٢٣/٤/٣٠ المتضمن الموافقة على مضمون قرار مجلس كلية طب الأسنان رقم /٣٧٠/ تاريخ ٢٠٢٣/٢/١٤ آنف الذكر.

وبناءً على قرار مجلس الجامعة رقم /١٥٥٠/ تاريخ ٢٠٢١/٢/١٦ المتضمن فيما تضمنه التفويض في مثل هذا الموضوع .

نوافق على مضمون قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم /٣٠٧٢/ تاريخ ٢٠٢٣/٤/٣٠ آنف الذكر ، وشريطة أن تتقدم – خلال شهر من تاريخه – بوثيقة صادرة عن نقابة أطباء الأسنان مفادها أنها حاصلة على الترخيص المؤقت لمزاولة المهنة بصفة طالبة دراسات عليا بجامعة دمشق .

وتجدون رفقاً الأصول المتعلقة بالموضوع ، إضافة إلى صورة عن استمارة الدراسات العليا للبحث العلمي ،،،

دمشق في ـا
ندى

رئيس جامعة دمشق

الأستاذ الدكتور محمد أسامة الجبان

صورة إلى:
- السيد الأستاذ الدكتور نائب رئيس الجامعة لشؤون البحث العلمي والدراسات العليا.
- محلة جامعة دمشق – الجامعات السورية الأخرى : (حلب – تشرين - البعث- الفرات-حماه-طرطوس).
- وزارة التعليم العالي والبحث العلمي : مديرية البحث العلمي : للاطلاع والتوثيق .
- أمانة مجلس البحث العلمي والدراسات العليا - مكتب أمانة مجلس الجامعة .
- مديرية البحث العلمي : (مع استمارة الدراسات العليا للبحث العلمي).

الملحق (2)

استمارة مريض القسم (1)

الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم طب أسنان أطفال

تقييم استخدام مزيج هلام هيبوكلوريد الصوديوم 2.25% مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض في بتر لب الأرحاء المؤقتة

(دراسة سريرية شعاعية نسيجية)

اسم المريض: **تاريخ الولادة:** **الجنس:**

المدرسة: **العنوان:** **الصف:**

رقم الحالة: **تاريخ المعالجة:**

السن المعالج

65	55
75	85

الإجراء العلاجي المتبع:

.....

65	55
75	85

الملحق (2)

استمارة مريض القسم (2)

تصنيف السلوك حسب فرانكل: إيجابي مطلق ..... إيجابي .....

سلبي ..... سلبي مطلق .....

المراقبة السريرية

	بعد 3 أشهر	بعد 6 أشهر	بعد 12 شهر
ألم عفوي			
ألم على القرع			
حركة مرضية			
خراج			
ناسور			
سقوط السن المعالج			

المراقبة الشعاعية

	بعد 3 أشهر	بعد 6 أشهر	بعد 12 شهر
شفوفية ذروية			
امتصاص خارجي التهابي			
امتصاص داخلي			
توسع الرباط			
تكلس القناة اللبية			

الملحق (3)

قائمة CONSORT

CONSORT 2010 checklist of information to include when reporting a randomised trial*

Section/Topic	Item No	Checklist item	Reported on page No
Title and abstract			
	1a	Identification as a randomised trial in the title	
	1b	Structured summary of trial design, methods, results, and conclusions (for specific guidance see CONSORT for abstracts)	
Introduction			
Background and objectives	2a	Scientific background and explanation of rationale	
	2b	Specific objectives or hypotheses	
Methods			
Trial design	3a	Description of trial design (such as parallel, factorial) including allocation ratio	
	3b	Important changes to methods after trial commencement (such as eligibility criteria), with reasons	
Participants	4a	Eligibility criteria for participants	
	4b	Settings and locations where the data were collected	
Interventions	5	The interventions for each group with sufficient details to allow replication, including how and when they were actually administered	
Outcomes	6a	Completely defined pre-specified primary and secondary outcome measures, including how and when they were assessed	
	6b	Any changes to trial outcomes after the trial commenced, with reasons	
Sample size	7a	How sample size was determined	
	7b	When applicable, explanation of any interim analyses and stopping guidelines	
Randomisation:			
Sequence generation	8a	Method used to generate the random allocation sequence	
	8b	Type of randomisation; details of any restriction (such as blocking and block size)	
Allocation concealment mechanism	9	Mechanism used to implement the random allocation sequence (such as sequentially numbered containers), describing any steps taken to conceal the sequence until interventions were assigned	
Implementation	10	Who generated the random allocation sequence, who enrolled participants, and who assigned participants to interventions	
Blinding	11a	If done, who was blinded after assignment to interventions (for example, participants, care providers, those	

		assessing outcomes) and how	
	11b	If relevant, description of the similarity of interventions	
Statistical methods	12a	Statistical methods used to compare groups for primary and secondary outcomes	
	12b	Methods for additional analyses, such as subgroup analyses and adjusted analyses	
Results			
Participant flow (a diagram is strongly recommended)	13a	For each group, the numbers of participants who were randomly assigned, received intended treatment, and were analysed for the primary outcome	
	13b	For each group, losses and exclusions after randomisation, together with reasons	
Recruitment	14a	Dates defining the periods of recruitment and follow-up	
	14b	Why the trial ended or was stopped	
Baseline data	15	A table showing baseline demographic and clinical characteristics for each group	
Numbers analysed	16	For each group, number of participants (denominator) included in each analysis and whether the analysis was by original assigned groups	
Outcomes and estimation	17a	For each primary and secondary outcome, results for each group, and the estimated effect size and its precision (such as 95% confidence interval)	
	17b	For binary outcomes, presentation of both absolute and relative effect sizes is recommended	
Ancillary analyses	18	Results of any other analyses performed, including subgroup analyses and adjusted analyses, distinguishing pre-specified from exploratory	
Harms	19	All important harms or unintended effects in each group (for specific guidance see CONSORT for harms)	
Discussion			
Limitations	20	Trial limitations, addressing sources of potential bias, imprecision, and, if relevant, multiplicity of analyses	
Generalisability	21	Generalisability (external validity, applicability) of the trial findings	
Interpretation	22	Interpretation consistent with results, balancing benefits and harms, and considering other relevant evidence	
Other information			
Registration	23	Registration number and name of trial registry	
Protocol	24	Where the full trial protocol can be accessed, if available	
Funding	25	Sources of funding and other support (such as supply of drugs), role of funders	

*We strongly recommend reading this statement in conjunction with the CONSORT 2010 Explanation and Elaboration for important clarifications on all the items. If relevant, we also recommend reading CONSORT extensions for cluster randomised trials, non-inferiority and equivalence trials, non-pharmacological treatments, herbal interventions, and pragmatic trials. Additional extensions are forthcoming: for those and for up to date references relevant to this checklist, see www.consort-statement.org.

الملحق (4)

ورقة معلومات

الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية طب الأسنان
قسم طب أسنان أطفال

تقييم استخدام مزيج هلام هيبوكلوريد الصوديوم 2.25% مع مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية الأبيض في بتر لب الأرحاء المؤقتة

(دراسة سريرية شعاعية نسيجية)

إعداد الباحثة: ماويه كركوتلي **إشراف:** أ.د ندى بشارة

أنت مدعو للمشاركة في هذه الدراسة البحثية والتي سوف يتم إجراؤها في قسم طب أسنان الأطفال في كلية طب الأسنان في جامعة دمشق.

قبل أن تتخذ قرارك من المهم أن تفهم سبب القيام بهذا البحث وما الذي سيتضمنه الرجاء أن تأخذ الوقت الكافي لقراءة المعلومات التالية بحرص وانتباه.

إن الهدف من هذا البحث تقييم فعالية بتر اللب للأرحاء المؤقتة باستخدام مادة متقبلة حيوياً للمرضى الأطفال المراجعين لقسم طب أسنان أطفال جامعة دمشق.

ستتضمن المعالجة التخدير الموضعي للطفل وتطبيق الحاجز المطاطي وإجراءات بتر اللب.

الملحق (5)

ورقة المشاركة بالبحث

إقرار المشاركة أو ولي الأمر بالموافقة:

تصريح

أنا الموقع أدناه_____

أوافق على الخضوع لكافة الإجراءات العلاجية والشعاعية لزوم بحث الماجستير للباحثة ماويه كركوتلي في قسم طب أسنان الأطفال في كلية طب الأسنان-جامعة دمشق.

لقد فهمت وقرأت كل المعلومات السابقة آنفة الذكر وأعطيت الوقت الكافي لأناقش هذه الدراسة مع الباحث والذي أجاب بدوره على كافة استفساراتي مع ضمانها السرية وخصوصية بياناتي وعدم الدخول عليها إلا من قبلها أو من قبل الأشخاص المشرفين على البحث أو الجهات المسؤولة عن مراقبة سلامة تنفيذ البحث وتوقيعي في الأسفل يؤكد موافقتي.

اسم المشارك/ ولي الأمر: التوقيع: التاريخ:

اسم الطبيب الباحث: التوقيع: التاريخ:

الملحق (6)

نتائج مقارنة المعايير السريرية والشعاعية

الجدول 8-1. المجموعة الشاهدة وWMTA + NaOCl gel بعد 3 أشهر.

المتغيرات		الشاهدة N/العدد الكلي (%)	WMTA + NaOCl gel N/العدد الكلي (%)	*p*-value
المعايير السريرية	الألم العفوي	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	الألم عند القرع	20/2 (10.00%)	20/2 (10.00%)	1.000
	حركة الأسنان	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	الخراج	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	الناسور	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	سقوط السن	20/0 (%0.00)	20/0 (0.00%)	-
المعايير الشعاعية	شفوفية شعاعية	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	امتصاص داخلي	20/0 (0.00%)	20/1 (5.00%)	0.311
	امتصاص خارجي	20/0 (0.00%)	20/1 (5.00%)	0.311
	توسع الرباط	20/0 (0.00%)	20/1 (5.00%)	0.311

الجدول 8-2. المجموعة الشاهدة وWMTA + NaOCl gel بعد 6 أشهر.

المتغيرات		الشاهدة N/العدد الكلي (%)	WMTA + NaOCl gel N/العدد الكلي (%)	*p*-value
المعايير السريرية	الألم العفموي	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	الألم عند القرع	20/2 (10.00%)	20/2 (10.00%)	1.000
	حركة الأسنان	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	الخراج	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	الناسور	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	سقوط السن المعالج	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
المعايير الشعاعية	شفوفية شعاعية	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	امتصاص داخلي	20/1 (5.00%)	20/1 (5.00%)	1.000
	امتصاص خارجي	20/1 (5.00%)	20/1 (5.00%)	1.000
	توسع الرباط	20/0 (0.00%)	20/1 (5.00%)	0.311

الجدول 8-3. المجموعة الشاهدة وWMTA + NaOCl gel بعد 12 شهراً.

المتغيرات		الشاهدة N/العدد الكلي (%)	WMTA + NaOCl gel N/العدد الكلي (%)	*p*-value
المعايير السريرية	الألم العفموي	20/1 (5.00%)	20/1 (5.00%)	1.000
	الألم عند القرع	20/2 (10.00%)	20/2 (10.00%)	1.000
	حركة الأسنان	20/1 (5.00%)	20/1 (5.00%)	1.000
	الخراج	20/1 (5.00%)	20/0 (0.00%)	0.311
	الناسور	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	سقوط السن المعالج	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
المعايير الشعاعية	شفوفية شعاعية	20/1 (5.00%)	20/1 (5.00%)	1.000
	امتصاص داخلي	20/3 (15.00%)	20/1 (5.00%)	0.292
	امتصاص خارجي	20/1 (5.00%)	20/1 (5.00%)	1.000
	توسع الرباط	20/1 (5.00%)	20/1 (5.00%)	1.000

الجدول 8-4 المجموعة الشاهدة وWMTA → NaOCl gel بعد 3 أشهر.

المتغيرات		الشاهدة N/العدد الكلي (%)	NaOCl gel → WMTA N/العدد الكلي (%)	*p*-value
المعايير السريرية	الألم العفوي	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	الألم عند القرع	(10.00%) 20/2	(10.00%) 20/2	1.000
	حركة الأسنان	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	الخراج	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	الناسور	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	سقوط السن	(%0.00) 20/0	(0.00%) 20/0	-
المعايير الشعاعية	شفوفية شعاعية	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	امتصاص داخلي	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	امتصاص خارجي	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	توسع الرباط	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-

الجدول 8-5. المجموعة الشاهدة وWMTA → NaOCl gel بعد 6 أشهر.

المتغيرات		الشاهدة N/العدد الكلي (%)	NaOCl gel → WMTA N/العدد الكلي (%)	*p*-value
المعايير السريرية	الألم العفموي	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	الألم عند القرع	(10.00%) 20/2	(10.00%) 20/2	1.000
	حركة الأسنان	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	الخراج	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	الناسور	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	سقوط السن المعالج	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
المعايير الشعاعية	شفوفية شعاعية	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	امتصاص داخلي	(5.00%) 20/1	(0.00%) 20/0	0.311
	امتصاص خارجي	(5.00%) 20/1	(0.00%) 20/0	0.311
	توسع الرباط	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-

الجدول 8-6. المجموعة الشاهدة و NaOCl gel → WMTA بعد 12 أشهراً.

المتغيرات		الشاهدة N/العدد الكلي (%)	NaOCl gel → WMTA N/العدد الكلي (%)	*p*-value
المعايير السريرية	الألم العفموي	(5.00%) 20/1	(0.00%) 20/0	0.311
	الألم عند القرع	(10.00%) 20/2	(10.00%) 20/2	1.000
	حركة الأسنان	(5.00%) 20/1	(0.00%) 20/0	0.311
	الخراج	(5.00%) 20/1	(0.00%) 20/0	0.311
	الناسور	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	سقوط السن المعالج	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
المعايير الشعاعية	شفوفية شعاعية	(5.00%) 20/1	(0.00%) 20/0	0.311
	امتصاص داخلي	(15.00%) 20/3	(0.00%) 20/0	0.072
	امتصاص خارجي	(5.00%) 20/1	(0.00%) 20/0	0.311
	توسع الرباط	(5.00%) 20/1	(0.00%) 20/0	0.311

الجدول 8-7. المجموعة الشاهدة و NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 3 أشهر.

المتغيرات		الشاهدة N/العدد الكلي (%)	NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel N/العدد الكلي (%)	*p*-value
المعايير السريرية	الألم العفوي	(0.00%) 20/0	(5.00%) 20/1	0.311
	الألم عند القرع	(10.00%) 20/2	(25.00%) 20/5	0.212
	حركة الأسنان	(0.00%) 20/0	(5.00%) 20/1	0.311
	الخراج	(0.00%) 20/0	(5.00%) 20/1	0.311
	الناسور	(0.00%) 20/0	(0.00%) 20/0	-
	سقوط السن	(%0.00) 20/0	(0.00%) 20/0	-
المعايير الشعاعية	شفوفية شعاعية	(0.00%) 20/0	(20.00%) 20/4	0.035*
	امتصاص داخلي	(0.00%) 20/0	(20.00%) 20/4	0.035*
	امتصاص خارجي	(0.00%) 20/0	(25.00%) 20/5	0.017*
	توسع الرباط	(0.00%) 20/0	(25.00%) 20/5	0.017*

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

الجدول 8-8. المجموعة الشاهدة وNaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 6 أشهر.

المتغيرات		الشاهدة N/العدد الكلي (%)	NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel N/العدد الكلي (%)	*p*-value
المعايير السريرية	الألم العفوي	20/0 (0.00%)	20/1 (5.00%)	0.311
	الألم عند القرع	20/2 (10.00%)	20/5 (25.00%)	0.212
	حركة الأسنان	20/0 (0.00%)	20/1 (5.00%)	0.311
	الخراج	20/0 (0.00%)	20/1 (5.00%)	0.311
	الناسور	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	سقوط السن المعالج	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
المعايير الشعاعية	شفوفية شعاعية	20/0 (0.00%)	20/4 (20.00%)	0.035*
	امتصاص داخلي	20/1 (5.00%)	20/4 (20.00%)	0.151
	امتصاص خارجي	20/1 (5.00%)	20/5 (25.00%)	0.077
	توسع الرباط	20/0 (0.00%)	20/5 (25.00%)	0.017*

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

الجدول 8-9. المجموعة الشاهدة وNaOCl gel → WMTA + NaOCl gel بعد 12 شهراً.

المتغيرات		الشاهدة N/العدد الكلي (%)	NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel N/العدد الكلي (%)	*p*-value
المعايير السريرية	الألم العفوي	20/1 (5.00%)	20/1 (5.00%)	1.000
	الألم عند القرع	20/2 (10.00%)	20/6 (30.00%)	0.114
	حركة الأسنان	20/1 (5.00%)	20/1 (5.00%)	1.000
	الخراج	20/1 (5.00%)	20/1 (5.00%)	1.000
	الناسور	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
	سقوط السن المعالج	20/0 (0.00%)	20/0 (0.00%)	-
المعايير الشعاعية	شفوفية شعاعية	20/1 (5.00%)	20/4 (20.00%)	0.151
	امتصاص داخلي	20/3 (15.00%)	20/4 (20.00%)	0.677
	امتصاص خارجي	20/1 (5.00%)	20/6 (30.00%)	0.037*
	توسع الرباط	20/1 (5.00%)	20/5 (25.00%)	0.077

*فرق دال إحصائياً عند $p < 0.05$.

الملحق (7)

النشر الخارجي

www.nature.com/scientificreports

scientific reports

Check for updates

OPEN

Analysis of pulp histological response to pulpotomy performed with white mineral trioxide aggregate mixed with 2.25% sodium hypochlorite gel in humans: a randomized controlled clinical trial

Mawia Karkoutly[1✉], Amirah Alnour[2], Jamal Alabdullah[3], Amjad Abu Hasna[4,5], Ok Hyung Nam[6,7], Darin Jalloul[8], Saleh Al Kurdi[1] & Nada Bshara[1]

This study aimed to evaluate the histological success of pulpotomy in primary molars using white mineral trioxide aggregate (WMTA) mixed with 2.25% sodium hypochlorite (NaOCl) gel and to evaluate in vitro its physical and chemical properties. The study had a clinical stage and an in-vitro stage. The clinical study was conducted with 24 patients aged 8–10 years. It was a randomized controlled trial to perform a histologic evaluation of pulp response following pulpotomy. Primary first molars were randomly assigned in split mouth model to control group—WMTA + distilled water (DW) or experimental group – WMTA + NaOCl gel. Teeth were extracted after 7, 30 or 90 days and submitted to histological analysis. The second stage was an in-vitro study to evaluate the physical and chemical properties of the two materials tested. SEM and EDX analyses and pH level evaluations were performed after 24 h and 28 days. The histological findings revealed that while WMTA + NaOCl gel group showed better odontoblastic integrity ($P < 0.05$), WMTA + DW group had more favorable outcomes in dentin bridge formation and pulp calcification ($P < 0.05$). Pulp tissue hemorrhage and pulp fibrosis were similar between them ($P > 0.05$). Regarding materials' in vitro evaluation, the pH level indicated a higher initial pH for the WMTA + NaOCl gel group, which equalized after 28 days. SEM analysis initially showed a less homogeneous surface for WMTA + NaOCl gel, but it became similar after 28 days. EDX analysis indicated higher calcium and silicon percentages in the WMTA + NaOCl gel group initially, which increased in both groups after 28 days. Adding 2.25% NaOCl gel to WMTA enhanced odontoblastic integrity in both the short and medium term. In addition, it had a similar chemical composition, surface morphology, and alkalinity when compared to WMTA + DW mixture.

Keywords Sodium hypochlorite gel, Mineral trioxide aggregate, Pulpotomy

[1]Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Damascus University, Damascus, Syrian Arab Republic. [2]Department of Oral and Maxillofacial Pathology, Faculty of Dentistry, Damascus University, Damascus, Syrian Arab Republic. [3]Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syrian Arab Republic. [4]Department of Restorative Dentistry, Endodontics Division, Institute of Science and Technology, São Paulo State University (ICT-UNESP), Eng. Francisco José Longo Avenue 777, São José Dos Campos, São Paulo 12245-000, Brazil. [5]School of Dentistry, Universidad Espíritu Santo, Samborondón, Ecuador. [6]Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Kyung Hee University, Seoul, Korea. [7]Department of Pediatric Dentistry, Kyung Hee University College of Dentistry, Kyung Hee University Medical Center, Seoul, Korea. [8]Department of Operative Dentistry and Endodontics, Faculty of Dentistry, Damascus University, Damascus, Syrian Arab Republic. ✉email: mawiamaherkarkoutly@hotmail.com

Karkoutly et al. BMC Oral Health (2025) 25:1052
https://doi.org/10.1186/s12903-025-06438-9

BMC Oral Health

RESEARCH Open Access

Treatment outcomes of pulpotomy in primary molars utilizing 2.25% sodium hypochlorite gel: a randomized controlled trial

Mawia Karkoutly[1,8*], Amirah Alnour[2], Amjad Abu Hasna[3,4], Ok Hyung Nam[5,6], Saleh Al Kurdi[7] and Nada Bshara[1]

Abstract

Background Sodium hypochlorite (NaOCl) gel can be a potential substitute in daily pediatric dentistry practice. Given its high antimicrobial efficacy, NaOCl gel is expected to induce healing and improve pulpotomy treatment outcomes. This study aimed to perform a histological, clinical, and radiographical evaluation of pulpotomy in human primary molars utilizing 2.25% (NaOCl) gel as a medicament, followed by white mineral trioxide aggregate (WMTA) as a base material.

Materials and methods A randomized, second-blinded, split-mouth clinical trial was conducted in cooperative patients aged 8–10 years with 48 carious first primary molars, which were treated by: (I) NaOCl gel group: following hemostasis, teeth were pulpotomized utilizing 2.25% NaOCl gel, and then WMTA paste was applied as a dressing material, and (II) control group: following hemostasis, WMTA paste was applied as a dressing material. Later, each group was sub-divided into three sub-groups ($n = 8$) according to the time planned for serial extraction: (I) 7 days, (II) 30 days, and (III) 90 days for histological evaluation. In addition, 40 s primary molars in cooperative patients aged 5–10 years indicated for pulpotomy were randomly allocated into two groups for clinical and radiographical evaluation at 3, 6, and 12 months follow-up. Data were analyzed by applying the chi-square test ($p < 0.05$).

Results NaOCl gel improved odontoblastic integrity and dentin bridge formation ($p < 0.001$) without increasing pulp necrosis or calcifications. The NaOCl gel group showed a 90% clinical and radiographical success rate at 3, 6, and 12 months of follow-up. In the control group, the clinical success rate was 85% after 3, 6, and 12 months, whereas the radiographical success rate was 100% at 3 months and decreased to 85% after 6 and 12 months.

Conclusions Utilizing 2.25% NaOCl gel as a medicament in human primary molars pulpotomy improved the treatment outcomes of the WMTA.

Trial registration ISRCTN registry, ISRCTN15908457, registered 22 July 2024.

Keywords Pulpotomy, Primary teeth, Molar, Sodium hypochlorite, Mineral trioxide aggregate

*Correspondence:
Mawia Karkoutly
mawia95.karkoutly@damascusuniversity.edu.sy

Full list of author information is available at the end of the article

© The Author(s) 2025. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License, which permits any non-commercial use, sharing, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if you modified the licensed material. You do not have permission under this licence to share adapted material derived from this article or parts of it. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the

BDJ Open

www.nature.com/bdjopen

ARTICLE OPEN

Clinical and radiographic outcomes after pulpotomies using mineral trioxide aggregate mixed with distilled water or 2.25% sodium hypochlorite gel: a randomized controlled clinical trial

Mawia Karkoutly[1✉], Amjad Abu Hasna[2,3], Ok Hyung Nam[4,5], Ricardo Machado[6], Saleh Al Kurdi[7] and Nada Bshara[1]

© The Author(s) 2025

OBJECTIVES: Sodium hypochlorite (NaOCl) gel is an effective additive for white mineral trioxide aggregate (WMTA) that enhances its chemical and physical characteristics and significantly reduces setting time while maintaining biocompatibility. The study sought to compare the outcomes of pulpotomies performed in primary teeth using WMTA mixed with 2.25% NaOCl gel or WMTA mixed with distilled water (DW).

MATERIALS AND METHODS: It was a randomized, triple-blinded, split-mouth, controlled clinical trial. Forty primary second molars from cooperative children aged 5–10 who required pulpotomy were randomly assigned to the control group—WMTA + DW or experimental group—WMTA + NaOCl gel for clinical and radiographic assessments at 3, 6, and 12 months of follow-up. The clinical evaluation involved checking for spontaneous pain, pain on percussion, tooth mobility, abscesses, sinus tracts, and the exfoliation of the treated tooth. The periapical radiographic evaluation identified whether there was furcal radiolucency, internal or external root resorption, and widening of the periodontal ligament. Canal obliteration was not considered a failure.

RESULTS: The WMTA + NaOCl gel group showed a 90% and 95% clinical and radiographical success rate, respectively, at 3, 6, and 12 months of follow-up. In the control group, the clinical success rate was 90% after 3, 6, and 12 months, whereas the radiographical success rate was 100% at 3 months and decreased to 95% after 6 and to 85% after 12 months. No statistically significant difference was detected between the two groups ($p > 0.05$).

CONCLUSIONS: The present research validated WMTA + NaOCl gel as a potentially effective material for pulpotomy in primary molars.

BDJ Open (2025)11:69 ; https://doi.org/10.1038/s41405-025-00356-2

INTRODUCTION

Dental caries remains a significant public health challenge due to its complex etiology, high incidence, widespread prevalence, and management difficulties [1–3]. Despite inadequate eating and hygiene habits being the main contributing factors to the occurrence of dental caries, the composition of the oral microbiota also plays a key role [4, 5]. Since untreated lesions usually progress, leading to irreversible destruction of enamel, and dentin tissues, and to pulp tissues inflammation. Dental caries is the main factor responsible for premature teeth loss [6] resulting in eating, nutritional, phonetic, esthetic, and psychological problems in children [1–3]. Consequently, different approaches to maintaining young participants' teeth have been studied [7, 8].

Pulpotomy is a reliable and effective treatment for managing pulp-exposed primary teeth caused by carious lesions or traumatic injuries. This approach is particularly efficient as the coronal pulp tissue often harbors microorganisms and exhibits signs of inflammation and degeneration. During the procedure, the affected coronal pulp is excised, and a biocompatible material is applied to the remaining healthy pulp tissue to promote healing and preserve tooth function [7, 9].

For many years, calcium hydroxide [$Ca(OH)_2$] was the most widely used material to perform pulpotomies [10, 11]. However, $Ca(OH)_2$ solubility, lack of adhesion, and insufficient mechanical properties encouraged the search and development of different alternatives like calcium silicate-based cements including mineral trioxide aggregate (MTA) [12, 13], Biodentine [14], and Five Mineral Oxide cement (SMO) [15, 16].

MTA is a powder mainly composed of calcium disilicate, it was initially developed for sealing root perforations after mixing it with distilled water (DW) [12, 17–19]. Among favorable properties of MTA, biocompatibility, sealing ability, low solubility and long-term stability stand out [17–19]. However, MTA has some drawbacks, such as high cost, hard handling due to its inadequate

[1]Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Damascus University, Damascus, Syrian Arab Republic. [2]Department of Restorative Dentistry, Endodontics Division, Institute of Science and Technology, São Paulo State University (ICT-UNESP) Eng. Francisco José Longo Avenue 777, São José dos Campos, São Paulo, Brazil. [3]School of Dentistry, Universidad Espíritu Santo, Samborondón, Ecuador. [4]Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Kyung Hee University, Seoul, Korea. [5]Department of Pediatric Dentistry, Kyung Hee University College of Dentistry, Kyung Hee University Medical Center, Seoul, Korea. [6]Department of Restorative Sciences, Division of Endodontics, College of Dentistry, Health Sciences Center, University of Oklahoma, Oklahoma City, OK, USA. [7]Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Arab International University, Daraa, Syrian Arab Republic. ✉email: mawia95.karkoutly@damascusuniversity.edu.sy; mawiamaherkarkoutly@hotmail.com

Received: 4 March 2025 Revised: 26 June 2025 Accepted: 1 July 2025
Published online: 25 July 2025

الملحق (8)

النشر الداخلي

Arabian Journal of Pediatric Dentistry
Vol 2 (1) :68–78

المجلة العربية لطب أسنان الاطفال
المجلد 2 العدد 1 : الصفحات 68–78

Sealing ability of white mineral trioxide aggregate mixed with 2.25% sodium hypochlorite gel used for repairing furcal perforations in primary molars: an in vitro study

Mawia Maher Karkoutly [1] Saleh Bashar Al Kurdi [2] Nada George Bshara [3]

[1]Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Damascus University, Damascus, Syrian Arab Republic
Mawia95.karkoutly@damascusuniversity.edu.sy
[2]Department of Orthodontics and Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Arab International University, Daraa, Syrian Arab Republic
s-kurdi@aiu.edu.sy
[3]prof. department of pediatric dentistry-faculty of dentistry-Damascus university
nada.bshara@damascusuniversity.edu.sy

Abstract:

Objectives:
This study aimed to evaluate the sealing ability of mineral trioxide aggregate (MTA) and 2.25% sodium hypochlorite (NaOCl) gel mixture in repairing furcal perforation in primary molars using methylene blue dye penetration.

Materials and methods:
It was an in vitro experimental study. Sixty human primary molars were randomly divided into four groups (n = 15). Group 1 (MTA + distilled water (DW)): Furcal perforations were repaired with MTA and DW mixture. Group 2 (MTA + NaOCl gel): Furcal perforations were repaired with MTA and 2.25% NaOCl gel mixture. Group 3 (Positive control): Furcal perforations left untreated. Group 4 (Negative control): Primary molars with no furcal perforations. The primary molars underwent amputation 3 mm apical to the furcation area, then received a standard access cavity preparation. The flowable composite was used to seal the canal orifices and the apical end of each root. Clear nail varnish was applied to cover the cavity walls and pulpal floor. The molars' pulp chambers were placed in a 2% methylene blue solution for 24 hours. The samples were then cut into mesiodistal sections, and the extent of dye penetration was measured on each wall from the bottom of the perforation to the floor of the pulp chamber.

Results:
The dye penetration score for the MTA + DW group was 0.05 ± 0.05, followed by the MTA + NaOCl gel group (0.07 ± 0.07). The MTA + DW mixture did not outperform the MTA + NaOCl gel's sealing ability (p = 1.000). Both materials have good sealing ability since no statistically significant difference was noted with the negative control group ($p > 0.05$).

Conclusions:
The MTA + NaOCl gel mixture may serve as a viable alternative for repairing furcal perforations in primary molars.

Keywords: Sodium hypochlorite gel, White mineral trioxide aggregate, Furcal perforation, Sealing ability

Received: 19/1/2025
Accepted:17/2/2025

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

ISSN (Online):3078-4522

http://journal.damascusuniversity.edu.sy/index.php/index/index

An in-vivo study

Included four groups: Group (1) (control): stamped with WMTA. Group (2) (WMTA + NaOCl gel): stamped with WMTA + NaOCl. Group (3) (NaOCl gel → WMTA): stamped with after pulp fixation with 2.25% NaOCl gel. Group (4) (NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel): stamped with WMTA + NaOCl gel after pulp fixation with 2.25% NaOCl gel. The histological study consisted of 24 cases of pulpotomy of primary first molars indicated for serial extraction in healthy children aged 8-10 years. Serial extraction was performed after one week, one month, or three months. The clinical and radiographic study consisted of 80 cases of pulpotomy of primary second molars in healthy children aged 5-10 years. Follow-up was conducted within each group for three months, six months, and one year.

Results

After 28 days, the WMTA + NaOCl gel group showed similar chemical composition, surface morphology, and alkalinity to the control group. The WMTA + NaOCl gel group improved odontoblastic integrity and achieved excellent clinical and radiographic results. The NaOCl gel → WMTA group outperformed the control group in histological, clinical, and radiographic aspects. The NaOCl gel → WMTA + NaOCl gel group achieved favorable histological results, but clinical and radiographic success rates were lower than the control group.

Conclusions

2.25% NaOCl gel can be used for pulp fixation in primary molars, followed by WMTA as a dressing material. WMTA + NaOCl gel can be used as a dressing material in primary molars, but only after hemostasis with distilled water.

Keywords

Mineral trioxide aggregate – Sodium hypochlorite gel – Pulpotomy – Primary molars

Sodium Hypochlorite Gel 2.25% and White Mineral Trioxide Aggregate Mixture as Pulpotomy Medicament in Primary Molars

(Clinical, Radiographical and Histopathological Study)

Abstract

Background and objectives

White mineral trioxide aggregate (WMTA) is considered the ideal material for pulpotomy in primary molars. However, its disadvantages include difficulty in handling and prolonged hardening. In vitro studies have suggested combining it with a 2.25% sodium hypochlorite (NaOCl) gel to avoid this. NaOCl solution has been used in pulpotomy in primary teeth, and the gel has been proposed as an alternative to the solution to reduce disadvantages. Zinc oxide-eugenol is used as a base material after pulpotomy but causes pulp irritation. Therefore, more biocompatible materials have been proposed. This study aimed to evaluate the morphological and chemical properties of WMTA and 2.25% NaOCl gel mixture and to assess the histological, clinical, and radiographic success of pulpotomy using a mixture of WMTA and 2.25% NaOCl gel and pulp fixation with the gel in primary molars.

Materials and methods

An in-vitro study

Included two groups (n = 1): Group (1) (WMTA + NaOCl gel): WMTA and 2.25% NaOCl gel mixture. Group (2) (control): WMTA. Surface morphology was assessed, energy-dispersive X-ray (EDX) analysis was performed, and pH values were measured. The results of all tests were recorded after 24 hours and 28 days.

Syrian Arab Republic

Damascus University

Faculty of Dentistry

Department of Pediatric Dentistry

Sodium Hypochlorite Gel 2.25% and White Mineral Trioxide Aggregate Mixture as Pulpotomy Medicament in Primary Molars

(Clinical, Radiographical and Histopathological Study)

A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of MSc in Pediatric Dentistry

By

Mawia Karkoutly

Supervisor

Prof. Dr. Nada Bshara

2025 AD