الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم مداواة الأسنان

دراسة تأثير إضافة جزيء GPDM إلى المادة الرابطة

على عملية الارتباط مع النسج السنية

"دراسة مخبرية"

رسالة قُدّمت لنيل درجة الماجستير في علوم طب الأسنان

(اختصاص مداواة الأسنان)

إعداد الباحثة:

ماريا الياس صارجي

إشراف المدرسة الدكتورة:

دارين جلّول

1447هـ-2025م

تصريح

لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة أخذ بالكامل من عمل آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في هذه الجامعة أو في أية جامعة أخرى أو أي معهد تعليمي.

الإهداء

إلى منارة حياتي ونور دربي ، مصدر الحنان ودفء الروح

أمي الحبيبة

وإلى السند والعون ، إلى من علمني قوة الإرادة والصبر

أبي الغالي

وإلى رفيقة روحي وسندي الدائم التي شاركتني أفراحي

وأحلامي ، اختي الغالية نويل

إليكم أهدي هذا البحث الذي ماكان ليتحقق لولا إيمانكم بي

ودعمكم المتواصل شكراً لكم من أعماق قلبي

إلى أصدقائي وزملائي الذين كانوا لي خير سند وعون

في هذه المسيرة لكم مني خالص التقدير والامتنان

كلمة شكر

أتوجه بجزيل الشكر والامتنان إلى الله الذي وفقني وأعانني على إتمام هذا البحث .

كما أتوجه بخالص الشكر وعظيم الامتنان إلى أستاذتي المشرفة المدرسة الدكتورة في قسم مداواة الأسنان دارين جلّول التي لم تبخل عليّ بوقتها وجهدها وتوجيهاتها القيّمة ، فكانت خير داعم ومرشد في مسيرتي البحثية .

وأتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور مهند لفلوف والمدرس الدكتور عماد الأيوبي على قبولهم الكريم لتحكيم هذا البحث وإغنائه بملاحظاتهم القيّمة .

كما أتوجه بخالص الشكر إلى رئيس قسم مداواة الأسنان الأستاذ الدكتور حسان عاشور على دعمه وتشجيعه المستمر .

ولايفوتني أن أعبر عن عميق امتناني وتقديري إلى كلية طب الأسنان في جامعة دمشق الممثلة بعميدها الأستاذ الدكتور عمر حشمة والأستاذ الدكتور مهند لفلوف نائب العميد للشؤون العلمية والأستاذ الدكتور حسان عاشور نائب العميد للشؤون الإدارية .

كما أتقدم بجزيل الشكر للأستاذ الدكتور خلدون درويش لما قدمه من إسهامات قيمة كان لها أثر كبير في الارتقاء بالعملية التعليمية

وأخيراً أتقدم بالشكر لأصدقائي وزملائي في قسم مداواة الأسنان .

مخطط البحث

الموضوع		الصفحة
قائمة الجداول		X
قائمة الأشكال		XI
قائمة المخططات		XIV
قائمة الاختصارات List of Abbreviations		XV
الملخص		1
الجزء التمهيدي Introductory section		4
1. الباب الأول: المراجعة النظرية Literature Review		10
1.1	لمحة تاريخية	11
2.1	الراتنج المركب (الكمبوزيت) Composite	12
1.2.1	تركيب الراتنج المركب (الكمبوزيت)	12
2.2.1	تصنيف الراتنج المركب (الكمبوزيت)	16
3.1	تعريف الارتباط	19
1.3.1	آليات الارتباط	19
4.1	بنية الميناء السني Dental Enamel	20

5.1	بنية العاج السني Dental Dentin	21
6.1	الارتباط مع الميناء السني	22
7.1	الارتباط مع العاج السني	23
1.7.1	طبقة اللطاخة Smear Layer	23
2.7.1	الطبقة الهجينة Hybrid Layer	23
3.7.1	العوامل المؤثرة في الارتباط مع العاج	24
8.1	لمحة تاريخية حول تطور مواد الربط	26
9.1	تعريف المادة الرابطة Dental Bonding Agent	28
10.1	مكونات أنظمة الربط Adhesive Systems Component	28
1.10.1	المخرش Etchant	29
2.10.1	المبدئ Primer	29
3.10.1	المادة الرابطة Adhesive Resin	29
11.1	تصنيف المواد الرابطة Classification of Adhesive System	30
1.11.1	حسب الأجيال According to Generation	30
2.11.1	حسب نوع المذيب According to Solvent Type	35
3.11.1	حسب آلية التأثير على طبقة اللطاخة According to Smear Layer Removal	36
4.11.1	حسب عدد الخطوات السريرية According to number of steps	37
5.11.1	حسب تقنية التخريش According to Etching Technique	38

12.1	أنظمة الربط الشامل Universal Adhesives	40
1.12.1	المونوميرات الوظيفية في أنظمة الربط الشامل Functional Monomers in Universal Adhesives	42
2.12.1	المونومير الوظيفي GPDM	43
13.1	الكلورهكسيدين كمثبط لأنزيمات Matrix Metalloproteinase(MMPS)	45
14.1	الدراسات ذات الصلة بالبحث	47
2. الباب الثاني: مواد وطرق البحث Methods and Materials		54
1.2	تصميم الدراسة	55
2.2	عينة البحث	55
3.2	معايير التضمين في الدراسة	55
4.2	مواد البحث	57
1.4.2	مادة التخريش الحمضي	57
2.4.2	أنظمة الربط	57
3.4.2	كمبوزيت Tetric N – Ceram	61
4.4.2	اللعاب الصناعي	62
5.2	أدوات وأجهزة البحث	63
1.5.2	قبضة توربين	63
2.5.2	سنابل التحضير	64
3.5.2	مسبر لثوي	64

4.5.2	مسطرة	65
5.5.2	قوالب أسطوانية	65
6.5.2	فراشي لتطبيق المادة الرابطة	65
7.5.2	أدوات تطبيق الكمبوزيت	66
8.5.2	جهاز تصليب ضوئي من نوع LED	66
9.5.2	المكبرة الضوئية Stereomicroscope	67
10.5.2	حاضنة الدورات الحرارية Memmert	67
11.5.2	الحاضنة الحرارية	68
12.5.2	جهاز اختبار قوى القص Testometric	68
6.2	طريقة العمل	69
1.6.2	تحضير العينات	69
2.6.2	تحضير القوالب الأسطوانية	73
3.6.2	طريقة تطبيق المواد	74
4.6.2	إجراء الدورات الحرارية	88
5.6.2	اختبار مقاومة قوى القص Shear bond strength	89
6.6.2	دراسة أنماط الفشل Failure mode	90
7.2	التحاليل الإحصائية	92
3. الباب الثالث: النتائج والدراسة الإحصائية	**Results and Statistical Study**	93
1.3	وصف العينة	94

2.3	الدراسة الإحصائية التحليلية	95
4. الباب الرابع: المناقشة Discussion		106
1.4	مناقشة فكرة البحث	107
2.4	مناقشة طرق العمل ومواده	108
1.2.4	اختيار عينة البحث	108
2.2.4	حفظ الأسنان المقلوعة	109
3.4	مناقشة مراحل العمل المخبرية	109
4.4	مناقشة نتائج البحث	111
5. الباب الخامس: الاستنتاجات Conclusions		121
6. الباب السادس: التوصيات والمقترحات Recommendations and Suggestions		123
1.6	التوصيات Recommendations	124
2.6	المقترحات Suggestions	124
7. الباب السابع: المراجع References		126
8. الباب الثامن: الملحق Appendix		144
الملخص باللغة الانكليزية Abstract		148

قائمة الجداول

الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
1-2	العناصر الكيميائية المكونة للمواد الرابطة .	60
1-3	يبين توزع عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين.	94
2-3	يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار قوة القص (بالنيوتن) في عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين.	96
3-3	يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة القص (بالنيوتن) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة في عينة البحث.	97
4-3	يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار قوة القص (بالنيوتن) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة في عينة البحث.	98
5-3	يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار قوة القص (بالميغاباسكال) في عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين.	100
6-3	يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة القص (بالميغاباسكال) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة في عينة البحث.	101
7-3	يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار قوة القص (بالميغاباسكال) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة في عينة البحث.	102

قائمة الأشكال

الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
1-1	البنية الجزيئية للمونوميرات الوظيفية GPDM, 10 – MDP	45
1-2	عينة البحث	56
2-2	الحمض المخرش	57
3-2	Optibond Universal	58
4-2	Peak SE primer	59
5-2	Peak Universal Bond	60
6-2	كمبوزيت Tetric N – Ceram	62
7-2	اللعاب الصناعي	63
8-2	قبضة توربين	63
9-2	سنابل التحضير	64
10-2	مسبر لثوي	64
11-2	مسطرة	65
12-2	قوالب أسطوانية	65
13-2	فراشي لتطبيق المادة الرابطة	65
14-2	أدوات تطبيق الكمبوزيت	66

15-2	جهاز تصليب ضوئي	66
16-2	المكبرة الضوئية	67
17-2	حاضنة الدورات الحرارية	67
18-2	الحاضنة الحرارية	68
19-2	جهاز اختبار قوى القص	68
20-2	صب الأسنان ضمن القوالب الإكريلية (A,B)	70
21-2	قياس طول الرأس العامل للسنبلة	70
22-2	تحضير السطوح العاجية: تحديد مكان حفر الثقوب على السطح الدهليزي (A)، حفر الثقوب بواسطة سنبلة التنغستين (B,C)، التأكد من عمق التحضير بواسطة مسبر لثوي مع محددة مطاطية (D)، تسوية السطح العاجي بواسطة سنبلة ماسية دولابية (E)	71
23-2	سطح عاجي محضر	72
24-2	سطح عاجي محضر تحت التكبير(A,B)	72
25-2	السطوح العاجية بعد التحضير	73
26-2	قياس قطر وارتفاع القوالب الأسطوانية	74
27-2	تطبيق Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل: سطح عاجي محضر (A)، التخريش الحمضي للسطح العاجي (B)، تطبيق المادة الرابطة (C,D)، تصليب المادة الرابطة (E,F)، دك الكمبوزيت ضمن القالب الأسطواني (G,H)، تصليب الكمبوزيت وقص القالب الأسطواني (I,J)	75

28-2	المجموعة الأولى بعد تطبيق المادة الرابطة Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل	77
29-2	تطبيق Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتي: سطح عاجي محضر (A)، تطبيق المادة الرابطة (B,C)، تصليب المادة الرابطة (D,E)، دك الكمبوزيت ضمن القالب الأسطواني (F,G)، تصليب الكمبوزيت وقص القالب الأسطواني (H,I)	78
30-2	المجموعة الثانية بعد تطبيق المادة الرابطة Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتي	80
31-2	تطبيق Peak Universal Bond بتقنية التخريش الكامل: سطح عاجي محضر(A)، التخريش الحمضي للسطح العاجي (B)، تطبيق المادة الرابطة (C,D)، تصليب المادة الرابطة (E,F)، دك الكمبوزيت ضمن القالب الأسطواني (G,H)، تصليب الكمبوزيت وقص القالب الأسطواني (I,J)	81
32-2	المجموعة الثالثة بعد تطبيق المادة الرابطة Peak Universal Bond بتقنية التخريش الكامل	83
33-2	تطبيق Peak Universal Bond بتقنية التخريش الذاتي: سطح عاجي محضر(A)، تطبيق Peak SE primer (B)، تطبيق المادة الرابطة (C,D)، تصليب المادة الرابطة (E,F)، دك الكمبوزيت ضمن القالب الأسطواني (G,H)، تصليب الكمبوزيت وقص القالب الأسطواني (I,J)	84

34-2	المجموعة الرابعة بعد تطبيق المادة الرابطة Peak Universal Bond بتقنية التخريش الذاتي.	86
35-2	حفظ العينات في اللعاب الصناعي (A,B)	87
36-2	إخضاع العينات للدورات الحرارية	88
37-2	إخضاع العينات لاختبار مقاومة قوى القص	90
38-2	فشل ارتباطي (A,B)	91
39-2	فشل تماسكي (A,B)	91
40-2	فشل مختلط (A,B)	92

قائمة المخططات

المخطط	عنوان المخطط	الصفحة
1-3	يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين.	95
2-3	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار قوة القص (بالنيوتن) في عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل	97
3-3	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار قوة القص (بالميغاباسكال) في عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين.	101

List of Abbreviations قائمة الاختصارات	
الاختصار	**المصطلح الأجنبي**
GPDM	Glycero-phosphate Dimethacrylate
4-META	4-Methacryloxyethyl Trimellitate Anhydride
10-MDP	10- Methacryloyloxyolecyl Dihydrogen- phosphate
Bis-GMA	Bisphenol A-Glycidyl Methacrylate
HEMA	Hydroxyethyl Methacrylate
ISO/TS	International Standards Organization/ Techanical Specification
LED	Light Emitting Diode
SBS	Shear Bond Strength
mTBS	micro-Tensile Bond Strength
NPG-GMA	N-Phenylglycine-glycidyl-methacrylate
PH	Power of Hydrogen
Sio2	Silica Dioxide
TEGDMA	Triethlene Glycol Dimethacrylate
UDMA	Urethane Dimethacrylate

ATES	Acryltriethoxy silane
MPTS	Methacryloxy propyltrimethoxy silane
OTMS	Octhyltrimethoxy silane
PRIMM	Polymer Rigid Inorganic Matrix Material
MMPS	Matrix Metalloproteinsase
CHX	Chlorhexidine
DCPD	Dicalcuim phosphate dehydrate
Ca	Calcium

الملخص

الملخص

خلفيـــة البحـــث وهدفـــه: شـــهدتْ أنظمـــة الـــربط الســـنيّة تطـــوراً ملحوظـــاً خـــلال العقـــود القليلـــة الماضـــية، حيـــث تـــم التركيـــز علـــى تبســـيط الإجـــراءات الســـريريّة وتعزيـــز قـــوة الارتبـــاط مـــع النســـج الســـنيّة، وقـــد أدى ذلـــك إلـــى تســـليط الضـــوء علـــى الابتكـــارات الحديثـــة فـــي مجـــال طـــب الأســـنان ولاســـيما أنظمـــة الـــربط الشـــامل. هـــدفتْ هـــذه الدراســـة المخبريّـــة إلـــى تقيـــيم شـــدة الارتبـــاط العـــاجي لنظـــامي ربـــط شـــامل باستخدام تقنيتي ربط مختلفتين (التخريش الكامل والذاتي).

المـــواد والطرائـــق: تألفـــتْ عينـــة البحـــث مـــن 80 ضـــاحكة ســـليمة (علويـــة وســـفلية)، قُسِـــمتْ إلـــى 4 مجموعـــات متســـاوية وفقـــاً لتقنيـــة الـــربط ونظـــام الـــربط الشـــامل المســـتخدم، حيـــث تضـــمّ كـــلّ مجموعـــة 20 ســـناً، قُصّـــتْ جـــذور الأســـنان، ووضـــعتِ الأجـــزاء التاجيّـــة ضـــمن قوالـــب إكريليّـــة، ثـــمّ حُضـــرتِ الســـطوح الدهليزيّـــة حتّـــى الحصـــول علـــى ســـطوح عاجيّـــة مســـتويّة وموازيّـــة لســـطح الإكريـــل، طُبقـــتِ المـــواد الرابطـــة حســـب تعليمـــات الشـــركة المنتجـــة، ثـــمّ طُبـــق الكمبوزيـــت بالاســـتعانة بقوالـــب يلاســـتيكيّة أســـطوانيّة الشـــكل بقطـــر 3.5 مـــم وارتفـــاع 4 مـــم، حُفظـــتِ العينـــات فـــي اللعـــاب الصـــناعيّ مـــدة أســـبوعين بدرجـــة حـــرارة 37 درجـــة مئويـــة، وبعـــد تعـــريض العينـــات لـــدورات حراريّـــة (500 دورة)، طُبـــق اختبـــار قـــوى القـــص لتقيـــيم شـــدة الارتبـــاط بوســـاطة جهـــاز الاختبـــارات الميكـــانيكيّ Testometric بســـرعة رأس 1 مـــم/ د، حُللـــتِ النتـــائج إحصـــائياً باســـتعمال برنـــامج SPSS اصدار 13.0 بمستوى دلالة $P\leq 0.05$.

النتائج: بينت النتائج تفوق نظام الربط Optibond Universal على نظام الربط Peak Universal Bond، بغض النظر عن تقنية الربط المستخدمة التخريش الكامل أو الذاتيّ، انخفاض قوة الارتباط عند استخدام التخريش

الحمضيّ بحمض الفوسفور قبل تطبيق نظام الربط الشامل Optibond Universal وعدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية في قوة الارتباط العاجيّ بين تقنيتي التخريش الكامل أو الذاتيّ عند استخدام نظام الربط الشامل Peak Universal Bond.

الاستنتاجات: أظهرت هذه الدراسة أنّ قوة الارتباط بالعاج قد تأثرتْ بتقنية الربط المستخدمة (التخريش الكامل أو الذاتيّ)، الأس الهيدروجينيّ (PH) والتركيب الكيميائيّ للمادة الرابطة حيث أنّ الارتباط بالعاج قد يكون أسوأ إذا تمّ تخريش العاج بحمض الفوسفور قبل تطبيق أنظمة الربط الشامل، و إنّ وجود المونوميرات الوظيفيّة مثل مونومير GPDM في تركيب المادة الرابطة يعزز من شدة الارتباط مع العاج، كما أنّه لم يكن لإضافة الكلورهكسيدين بتركيز 0.2% إلى تركيب نظام الربط أي تأثير إيجابيّ بارز على قوة الرابطة العاجيّة.

الكلمات المفتاحية: العاج، قوة الارتباط، نظام الربط الشامل، الكلورهكسيدين، مونومير GPDM .

الجزء التمهيدي

Introductory section

المقدمة Introduction:

على مدى العقود الستة الماضيّة شهد مجال طب الأسنان زيادةً ملحوظةً في الطلب على ترميمات الكمبوزيت وغيرها من الترميمات التجميليّة، وذلك نتيجة لتنامي المتطلبات الجماليّة لدى المرضى، والقلق المتزايد بشأن الزئبق في ترميمات الأملغم. يتطلب استخدام الكمبوزيت كمادة ترميميّة التغلب على تحديات الارتباط ببنية الأسنان، حيث يعتمد الكمبوزيت على الارتباط الميكانيكيّ المجهريّ مع النسج السنيّة من خلال أنظمة الربط العاجيّ، بخلاف الأملغم الذي يعتمد كلياً على التثبيت الميكانيكي (Craig, 2015). يعتبر تحقيق ارتباط فعال بالميناء والعاج السني أحد أبرز التحديات التي تواجه أنظمة الربط السنيّة، وقد أصبح الارتباط بالميناء موثوقاً للغاية منذ تقديم الدكتور Buonocore تقنية التخريش الحمضي في عام 1955. ومع ذلك يمثل الارتباط بالعاج تحدياً أكبر نظراً لتركيبه العضوي المرتفع وبنيته الرطبة (Nagarkar et al., 2019).

شهدتْ مواد الربط السنيّة تطورات كبيرة في تركيبها الكيميائيّ، وعدد خطواتها السريريّة خلال الأربعين عاماً الماضية، بدءاً من أنظمة الربط كاملة التخريش Total Etch التي لا تزال تعتبر المعيار الذهبيّ بالارتباط مع النسج السنيّة وصولاً إلى أنظمة الربط ذاتيّة التخريش Self Etch التي تهدف إلى تبسيط إجراءات الربط وتقليل الحساسيّة المرتبطة بتقنية التخريش الكامل (Raji et al., 2022). على الرغم من أنّ أنظمة الربط ذاتيّة التخريش قد حُظيتْ بشعبية كبيرة بين أطباء الأسنان، إلّا أنّها لم تتمكن من تحقيق ارتباط موثوق بالميناء السنيّ (Sofan et al., 2017). وفي محاولة لتجاوز نقاط الضعف الموجودة في الأنظمة السابقة، تمّ تقديم أنظمة ربط جديدة تعرف بأنظمة الربط الشامل Universal Adhesives والتي مثلتْ نقلة نوعيّة في مجال طب الأسنان.

تتميّز هذه الأنظمة بخصائص فريدة تتيح لها الارتباط بنجاح مع مجموعة متنوعة من الأسطح مثل الميناء، العاج، المعادن والسيراميك، كما يمكن أنْ تطبقَ بتقنيات تخريش متنوعة التخريش الكامل، الذاتيّ أو الانتقائيّ للميناء لتحقيق رابطة مينائيّة ذات ديمومة أفضل دون التأثير على تقنية التخريش الذاتيّ للعاج (Kim et al., 2015).

طرحتِ الشركات المصنعة أنواعاً متعددةً من أنظمة الربط الشامل تختلف فيما بينها من حيث التركيب الكيميائيّ والأس الهيدروجيني PH (Ragab et al., 2018). مع ذلك تعتمد معظم هذه الأنظمة الحالية على وجود مونوميرات وظيفية حامضية تلعب دوراً أساسياً في تحقيق الترابط الكيميائيّ مع العاج السنيّ عبر تشكيل روابط أيونيّة مع الكالسيوم الموجود في هيدروكسي أباتيت الميناء والعاج (Li et al., 2019). وقد أظهرتْ مراجعة وتحليل الأبحاث السابقة وجود اختلافات كبيرة في خصائص الارتباط الفعليّة لأنظمة الربط الشامل اعتماداً على تركيبها الكيميائيّ، وبالأخص المونوميرات الوظيفيّة الحامضيّة والأس الهيدروجينيّ PH (Han et al., 2020).

إشكالية البحث Research Problem:

شهدتْ أنظمة الربط السنية تطوراً ملحوظاً خلال العقود القليلة الماضيّة، حيث تمّ التركيز على تبسيط الإجراءات السريريّة وتعزيز قوة الارتباط مع النسج السنيّة. وقد أدى ذلك إلى تسليط الضوء على الابتكارات الحديثة في مجال طب الأسنان، ولا سيما أنظمة الربط الشامل Universal Adhesives، وكون هذه الأنظمة جديدة نسبياً لا يوجد حتّى الآن بروتوكول محدد لتحقيق ارتباط مثالي ومستقر بينها وبين العاج السنيّ. بالإضافة إلى ذلك تفتقر الأدبيات العلميّة إلى دراسات كافية تقيم كفاءة الارتباط لأنظمة الربط الشامل الحديثة.

تساؤلات البحث Research Questions:

- ما تأثير وجود المونومير الوظيفي الحامضي GPDM في تركيب نظام الربط الشامل على شدة الارتباط مع العاج السنيّ؟
- كيف يؤثر وجود الكلورهكسيدين في تركيب نظام الربط الشامل على شدة الارتباط مع العاج السنيّ؟
- هل هناك تأثير لتقنية الربط المستخدمة التخريش الكامل أو التخريش الذاتيّ على شدة الارتباط مع العاج السنيّ عند استخدام أنظمة الربط الشامل؟

- هل يؤثر اختلاف الأس الهيدروجينيّ PH لنظام الربط الشامل على خصائصه وأدائه في سياق الارتباط بالعاج السنيّ؟

فرضيات البحث Research Hypothesis:

- لا يوجد اختلاف ذو دلالة إحصائيّة في قوة الارتباط بالعاج السنيّ عند استخدام أنظمة الربط الشامل بتقنيتي ربط مختلفتين التخريش الكامل والتخريش الذاتيّ.
- لا يوجد اختلاف ذو دلالة إحصائيّة في أداء نظام الربط الشامل ذو الخطوة الواحدة مقارنة بنظام الربط الشامل ذو الخطوتين في سياق الربط العاجيّ.
- لا يوجد اختلاف في خصائص وأداء نظام الربط الشامل باختلاف الأس الهيدروجينيّ PH له.
- سيكون لنظام الربط الذي يحتوي على الكلورهكسيدين قيم قوة ارتباط مماثلة لنظام الربط غير الحاوي على الكلورهكسيدين.
- سيكون لنظام الربط الذي يحتوي على المونومير الوظيفي الحامضي GPDM قيم قوة ارتباط مماثلة لنظام الربط غير الحاوي على مونوميرات وظيفية حامضية.

مسلمات البحث Research Assumptions:

- يعتبر الجيل الرابع من مواد الربط السنيّة معياراً ذهبياً في عملية الارتباط بالعاج السنيّ.
- أظهر الراتنج المركب (الكمبوزيت) ارتباطاً موثوقاً للغاية مع النسج السنيّة المينائيّة.

هدف البحث Research Aim:

يهدف البحث إلى:

1. المقارنة بين نظامي ربط شامل Universal Adhesives أحدهما يحتوي على مونومير وظيفيّ حامضيّ Optibond Universal (Kerr, USA)، والآخر لا يحتوي على مونومير وظيفيّ حامضيّ Peak Universal Bond (Ultradent,Jordan, USA) في سياق الربط العاجيّ.
2. تقييم شدة الارتباط مع العاج السنيّ عند استخدام نظامي الربط الشامل بتقنيتي ربط مختلفتين التخريش الكامل Total Etch والتخريش الذاتي Self Etch.

أهمية البحثResearch Significance:

تتجه تقنيات ترميم الأسنان الحديثة نحو الحفاظ على النسج السنيّة قدر الإمكان، وتلعب مواد الربط السنيّة دوراً محورياً في هذا المجال، فبفضل فعاليتها وقدرتها على الارتباط مع النسج السنيّة قلّتْ الحاجة إلى إزالة كمية كبيرة من النسج السنيّة السليمة. تعتمد فعالية هذه الأنظمة الرابطة بشكل كبير على قدرتها على تحقيق ارتباط قويّ ومستدام مع العاج السني الذي يمثل تحدياً أكبر مقارنة بالارتباط مع الميناء السنيّ بسبب تركيبته المعقدة وخصائصه الفيزيائية.

تعدّ مشكلة التقلص التصلبيّ للمواد المرممة الراتنجية واحدة من التحديات الرئيسيّة التي تواجه أطباء الأسنان، وهي ظاهرة تؤدي إلى إجهادات داخلية تؤثر سلباً على سلامة الارتباط بين المادة المرممة الراتنجية، والنسج السنيّة لذلك يجب أنْ توفر المادة الرابطة ارتباطاً أولياً قويّاً لمقاومة هذه الضغوط الناتجة عن التقلص التصلبيّ وبالتالي مما يمنع تسرّب وتلوّن الحواف، ويسهم في ديمومة الترميم. إنّ نجاح ترميمات الكمبوزيت يعتمد بشكل كبير على نظام الربط المستخدم، حيث يعتبر النظام الرابط العامل الأساسي في ديمومة هذه الترميمات، لذا فإنّ اختيار

نظام الربط المناسب يعدّ جزءاً لا يتجزأ من استراتيجيّة العلاج الناجحة باستخدام الكمبوزيت الذي يسهم في تحسين النتائج العلاجيّة وزيادة رضى المرضى.

مبررات البحثResearch Rationale:

لا تزال الدراسات حول دور المونوميرات الوظيفيّة الحامضيّة في التأثير على الارتباط لأنظمة الربط الشامل محدودة النطاق وعلى وجه الخصوص هناك نقص ملحوظ في الدراسات التي تبحث في المونومير الوظيفيّ GPDM وتفاعله مع هيدروكسي أباتيت العاج لتكوين روابط مستقرة، وعلاوة على ذلك تظهر نتائج الأبحاث السابقة تبايناً كبيراً بشأن كفاءة تقنيات الربط المختلفة المستخدمة في تطبيقات الربط العاجيّ باستخدام أنظمة الربط الشامل.

محدوديات البحثResearch Limitations:

- هذه الدراسة هي دراسة مخبريّة وغير خاضعة لظروف ومتغيرات البيئة الفمويّة.
- أُجري اختبار القص الماكروي macro– shear bond strength الذي يتمّ من خلاله تقييم مساحة السطح المرتبط الذي يتجاوز $3\ mm^2$ لعدم توفر أجهزة اختبارات ميكانيكيّة ميكرويّة micro tests.

الباب الأول

المراجعة النظريّة

Literature Review

المراجعة النظريّة Literature Review:

1.1: لمحة تاريخيّة:

إنّ مفهوم طب الأسنان التجميليّ ليس جديداً، قبل اختراع الراتنج المركب (الكمبوزيت) كمادة ترميميّة كان طب الأسنان التجميليّ مقتصراً على الجزء الأمامي من الفم، أولاً من خلال اسمنت السيليكات الشفاف الذي كان لديه الكثير من العيوب مثل قابلية الانحلال المرتفعة وامكانية تهيج اللب (Söderholm et al., 1999)، أدتْ هذه العيوب إلى ظهور الأكريل كمادة ترميميّة في أوائل الخمسينات وقد عانتْ هذه المادة أيضاً من الكثير من العيوب منها التصبغات الحفافيّة نتيجة للتقلص التصلبيّ المرتفع لمادة الأكريل، معامل التمدد الحراري المرتفع مقارنة مع النسج السنيّة، التأثيرات السميّة على اللب وكذلك عدم قدرة الأكريل على الارتباط مع النسج السن (Glimore et al., 1970) من أجل تحسين هذه العيوب تم إضافة أنواع مختلفة من الجزيئات المالئة إلى القالب الراتنجيّ لمادة الأكريل بدءاً من الجزيئات المالئة البلاستيكية، وصولاً إلى الجزيئات المالئة الزجاجيّة، لكنّ هذه الجزيئات لم تتمكن من الارتباط بالقالب الراتنجيّ وبقيت معزولة (Sikri, 2017).

لذا كان من الواضح أنّه هناك حاجة إلى مواد ترميميّة تتمتع بخصائص أفضل من المواد السابقة، قام الدكتور Rafael Bowen بتقديم راتنج الإيبوكسيّ المملوء بجزيئات الكوارتز المنصهرة، يتمتع الإيبوكسيّ بالقدرة على الارتباط بالعديد من الأسطح، لكنّه لا يتماثر بشكل جيد في الظروف الرطبة (Bowen et al., 1956).

بعد أنْ قام الدكتور Bowen بالمزيد من الأبحاث قدم جزيئاً هجيناً يعتمد على تفاعل الميثاكريلات مع الإيبوكسيد مما نتج عن هذا التفاعل مونومير Bis-GMA (Bisphenol A glycidyl Methacrylate) المعروف باسم راتنج Bowen وقد منح عليه براءة اختراع أمريكيّة في عام 1962 (Bowen et al., 1962)، تمّ تقديم هذه المادة في الأدب السنيّ في عام 1963 (Bowen et al., 1963).

مهّد اختراع الدكتور Bowen الطريق لمواد الراتنج المركب الحديثة، بالمقارنة مع الأكريل الذي كان مستخدماً في السابق، كانت هذه المواد الراتنجيّة الجديدة أقوى وأكثر صلابة وأكثر جماليّة وأقلّ تقلص تصلبيّ، كما تمتلك معامل تمدد حراريّ أكثر تشابهاً مع معامل النسج السنيّة (Ferracane et al., 2024, Buonocore, 1955).

2.1: الراتنج المركب (الكمبوزيت) Composite:

هو عبارة عن مركب من مادتين مختلفيين أو أكثر ذات خصائص متوسطة أو متفوقة على خصائص المكونات الفرديّة (Miletic, 2018).

1.2.1: تركيب الراتنج المركب (الكمبوزيت) (Sikri, 2017):

1. القالب الراتنجيّ.
2. الجزيئات المالئة.
3. العامل الرابط.
4. العوامل الملوّنة.
5. المبدئات.
6. المثبطات.

1. القالب الراتنجي Resin Matrix (Sikri, 2017):

يتألف من المونوميرات الراتنجيّة التي تسمح بعملية البلمرة، كان التركيب الأوليّ للقالب الراتنجي هو إمّا Bis-GMA (Bisphenol A Glycidyl Methacrylate) أو UDMA (Urethane dimethacrylate)، بسبب

اللزوجة المرتفعة لـ BisGMA /UDMA ، وصعوبة مزج الجزيئات المالئة تمت تجربة قالب راتنجيّ آخر ذات لزوجة أقل مثل TEGDMA(Triethlene glycol dimethacrylate).

يوفر مزج اثنين من هذه الراتنجات الثلاثة اللزوجة المناسبة لربط الجزيئات المالئة، كما يفضل أن تكون نسبة BisGMA إلى TEGDMA في القالب الراتنجي هي 1:3 حيث أنّ الزيادة في نسبة TEGDMA يؤدي إلى ازدياد التقلص التصلبيّ بشكل كبير.

بسبب التقلص التصلبيّ الكبير الناتج عن القالب الراتنجيّ ذو أساس الميثاكريلات، تمّ تقديم ما يسمّى بالقالب الراتنجيّ القابل للتمدد Expanding Matrix من أمثلته السيلوران و سيكلوبروبان الفينيل، تتميّز القوالب الراتنجيّة القابلة للتمدد ببنية حلقيّة تسمح بفتح الروابط الحلقيّة عند التصلب، مما يعوض عن التقلص الصلبيّ.

أدى استخدام القالب الأحدث الذي يحتوي على مونومير ثنائي الإيبوكسيد والبوليول إلى التقليل من التقلص الصلبيّ بشكل كبير، كما تستخدم أيضا المونوميرات الكارهة للماء التي تحتوي على ثنائي الميثاكريلات المفلور كقالب راتنجيّ.

ذكر Sikri أنه تم تجربة قوالب تعرف باسم بوليميرات الذاكرة (Memory Polymer) التي تمتلك القدرة على التمدد والتقلص بما يتوافق مع النسج السنيّة.

2. الجزيئات المالئة Fillers (Sikri, 2017):

هي مواد غير عضويّة على شكل بلورات زجاجيّة، تمّ تجربة أنواع مختلفة من الجزيئات المالئة مثل الكوارتز، السيليكا، فوسفات ثلاثي الكالسيوم ،ثاني أوكسيد الزركونيوم، ثلاثي فلوريد الإيتريوم وثلاثي فلوريد الإيتربيوم لكنْ الأكثر استخداماً هي الكوارتز والسيليكا.

تؤدي إضافة الجزيئات المالئة للكمبوزيت إلى (Ali, 2021):

1. تحسين الخواص الفيزيائيّة.
2. تحسين الخواص الميكانيكيّة، مثل قوى الشد والانضغاط ومقاومة السحل.
3. تقليل معامل التمدد الحراريّ.
4. تقليل التقلص التصلبيّ.
5. تقليل امتصاص الماء.
6. زيادة الشفوفيّة.
7. زيادة مقاومة الكسر.
8. زيادة معامل الانثناء.
9. توفير الظلالية الشعاعيّة بسبب احتواء بعض الجزيئات المالئة على الباريوم.
10. تحسّن من خصائص التعامل.

يختلف حجم الجزيئات المالئة من كمبوزيت إلى آخر وفقاً للمتطلبات والاحتياجات، حيث أنّ حجم الجزيئات المالئة استمرّ بالانخفاض على مرّ السنين من الكمبيوزيت التقليديّ، وصولاً إلى الكمبوزيت النانومتريّ

3. العامل المزاوج Coupling agent:

يقوم العامل الرابط بعدة وظائف منها ربط الجزيئات المالئة مع القالب الراتنجيّ، نقل القوى والإجهادات من القالب الراتنجيّ الذي يتمتع بالمرونة إلى الجزيئات المالئة الأكثر صلابة، كما يوفر العامل الرابط استقراراً هيدروليكياً عن طريق منع اندخال الماء على طول السطح البيني للجزيئات المالئة والراتنج، ومن أكثر العوامل الرابطة استخداماً هي السيلانات العضوية مثل Y-methacryloxy propyl trimethoxy silane (Ali, 2021)، مؤخراً تمّ استخدام

methacryloxy decyl– trimethoxysilane 10 الذي يتمتع بخصائص أكثر كرهاً للماء الأمر الذي يجعله عاملاً رابطاً أكثر ملاءمة (Sikri, 2017).

أما في الكمبوزيت النانومتريّ فيتم استخدام عوامل ربط مختلفة مثل Oraganosilane acryltriethoxysilane (ATES)، Methacryrloxy–propyltrimethaoxysilane (MPTS)، n–Octyltrimethoxysilane (OTMS) (Sikri, 2017).

4. العوامل الملوّنة Coloring agent:

تستخدم العوامل الملوّنة بنسبة صغيرة جدا 0,001–0,007% وزناً لإنتاج درجات لونيّة مختلفة من الكمبوزيت، عادة ما يتمّ استخدام أوكسيد الألمينيوم وثاني أوكسيد التيتانيوم كعوامل ملوّنة (Sikri, 2017, Ali, 2021).

5. المبدئات Initiators:

تنشط المبدئات عملية بلمرة الكمبوزيت، الكامفركينون هو المبدئ الأكثر شيوعاً ويتم استخدامه في الكمبوزيت ضوئيّ التصلب بينما سابقاً تمّ استخدام البنزويل بيروكساييد كمبدئ في الكمبوزيت كيميائيّ التصلب (Sikri, 2017, Ali, 2021).

6. المثبطات Inhibitors:

تثبط هذه العوامل الجذور الحرّة التي تنتج تلقائياً عن بلمرة مونوميرات الكمبوزيت.

2.2.1:تصنيف الراتنج المركب(الكمبوزيت):

التصنيف حسب حجم الجزيئات المالئة according to filler particle size ,.Riva et al) (2019):

1. الكمبوزيت التقليديّ Conventional Composite
2. الكمبوزيت فائق النعومة Microfilled Composite
3. الكمبوزيت الهجين Hybrid Composite
4. الكمبوزيت النانومتري Nanofilled Composite

1. الكمبوزيت التقليدي Conventional Composite (Anusavice et al., 2012):

هو النوع الأول من الكمبوزيت الذي تم تطويره في الستينات، وكان يتمتع بخواص ميكانيكيّة ومقاومة انكسار عالية، المواد المالئة المستخدمة في هذا النوع من الكمبوزيت هي الكوارتز بحجم جزيئات يتراوح من 10 إلى 25 ميكرون كما بلغت نسبة المادة المالئة فيه 70% إلى 80% وزناً.

ينتج عن الحجم الكبير للجزيئات المالئة في الكمبوزيت التقليدي ترميم ذو سطح خشن الأمر الذي يؤدي إلى تراكم اللويحة الجرثوميّة كما أنّه أكثر عرضةً للتصبغ مقارنة بالأنواع الأخرى من الكمبوزيت.

في الوقت الحاضر لم يعد يستخدم الكمبوزيت التقليديّ في التطبيقات السريريّة، بسبب خشونة سطحه ومقاومته للاهتراء المنخفضة.

2. الكمبوزيت فائق النعومة Microfilled Composite (Spiller et al., 2012, Al rahlah et al., 2013):

يتميز هذا النوع من الكمبوزيت باحتوائه على جزيئات مالئة ذات حجم أصغر بكثير من الكمبوزيت التقليدي، حيث يتراوح حجم الجزيئات المالئة من 0,03 إلى 0,5 ميكرون، يتمّ استخدام السيليكا كمادة مالئة في الكمبوزيت فائق النعومة بدلاً من الكوارتز في الكمبوزيت التقليديّ، يتمتع هذا الكمبوزيت بقابلية عالية للصقل والتلميع ويعطي سطح ناعم ولماع للغاية بشكل مشابه جداً للميناء السنيّ.

إنّ المشكلة التي يعاني منها الكمبوزيت فائق النعومة هي نسبة المواد المالئة المنخفضة 40–50% وزناً والذي بدوره يؤدي إلى زيادة معامل التمدد الحراري وانخفاض الخواص الميكانيكيّة للكمبوزيت، بسبب انخفاض مقاومة الكمبوزيت فائق النعومة يستطب في الترميمات غير المعرضة لجهود إطباقية كترميمات الأسنان الأمامية والآفات العنقيّة.

3. الكمبوزيت الهجين Hybrid Composite (Spiller et al., 2012, Al rahlah et al., 2013):

يحتوي الكمبوزيت الهجين على مزيج من الجزيئات فائقة الدقة بحجم 0,03–0,5 ميكرون والجزيئات الصغيرة بحجم 1–4 ميكرون، تتراوح نسبة المواد المالئة في هذا الكمبوزيت من 75 إلى 80% وزناً، ويعتبر هذا المزيج من الجزيئات المسؤول عن الخواص الميكانيكيّة للكمبوزيت الهجين المشابهة لتلك الخاصة بالكمبوزيت التقليدي، فضلاً عن القابلية العالية للصقل والتلميع للكمبوزيت الهجين ولكنْ ليس إلى حدّ الكمبوزيت فائق النعومة، نتيجة للخواص الميكانيكيّة الجيدة والجماليّة المقبولة للكمبوزيت الهجين، يمكن أنْ يستطب في ترميمات الأسنان الأمامية والخلفية.

4. الكمبوزيت النانومتريّ Nanofilled Composite (Gracia et al., 2006, Geraldi et al, 2003):

يحتوي الكمبوزيت النانومتريّ على جزيئات نانومترية بحجم 25 نانومتر، وجزيئات نانومترية متكتلة بحجم 75 نانومتر، ينتج عن هذا الجمع بين الجزيئات النانومتريّة والجزيئات النانومتريّة المتكتلة زيادة في نسبة المواد المالئة في الكمبوزيت حتى 79,5% وزناً وتعود هذه الزيادة في نسبة المواد المالئة إلى صغر حجم هذه الجزيئات وتوزّع مساحتها.

عادةً ما يتم استخدام في الكمبوزيت النانومتريّ إمّا الزركونيوم أو السيليكا والنانوسيليكا كمواد مالئة، أدتْ هذه التغيرات في تركيب الكمبوزيت النانومتريّ إلى التحسين من خواصه الميكانيكيّة والجماليّة، حيث أنّ الزيادة في نسبة المواد المالئة حدت بشكل كبير من التقلص التصلبيّ، كما سمح حجم الجزيئات المتناهي في الصغر في الحصول على ترميمات كمبوزيت ذات سطوح ملساء ومصقولة جيداً، وتحافظ على لمعانها وبريقها لفترة أطول.

يصنف الكمبوزيت أيضا إلى (Sikri, 2017):

1. الكمبوزيت السيال Flowable Composite
2. الكمبوزيت القابل للدك Packable Composite

1. الكمبوزيت السيال Flowable Composite (Sikri, 2017, Ali, 2021):

يتميّز الكمبوزيت السيال بوجود جزيئات مالئة ذات حجم مشابه لتلك الموجودة في الكمبوزيت الهجين التقليديّ ولكن يتم تقليل نسبة المواد المالئة مما يؤدي إلى إخفاض اللزوجة، وزيادة تدفّق الكمبوزيت ضمن التفاصيل التشريحيّة الدقيقة للحفرة السنيّة المحضرة، حيث تكون نسبة المواد المالئة فيه أقل بنسبة 20–25% من تلك الموجودة

في الكمبوزيت الهجين التقليديّ، وقد تمّ طرح الكمبوزيت السيال للتحسين من خصائص التعامل للكمبوزيت الموجود في الأسواق.

إنّ الخواص الميكانيكيّة للكمبوزيت السيال مثل قوى الانضغاط، الشد، الانثناء والصلابة بشكل عام هي أقل بكثير من تلك الخاصة بالكمبوزيت التقليديّ، كما أنّه أكثر عرضةً للاهتراء ويتقلص حجمياً بشكل أكبر من الكمبوزيت التقليديّ.

2. الكمبوزيت القابل للدك Packable Composite (Sikri, 2017, Ali, 2021):

يعتمد الكمبوزيت القابل للدكّ/ التكثيف على مفهوم جديد يسمى PRIMM (Polymer Rigid Inorganic Matrix). ويتكون هذا النظام من مركب راتنجيّ ومركب سيراميكيّ، كما أنّ الجزيئات المالئة بدلاً من يتمّ دمجها في الكمبوزيت كجزيئات فائقة الدقة، تكون موجودة كشبكة مستمرة من الألياف السيراميكيّة، تكون هذه الألياف بقطر أقل من 2 ميكرون وتتألف من الألومينا وثاني أوكسيد السيليكون.

إنّ قوام الكمبوزيت القابل للدكّ مماثل لقوام كتلة أملغم ممزوجة حديثاً، يسمح هذا القوام بتطبيق المادة المرممة بسهولة أكبر ضمن الحفرة السنيّة المحضرة، كما يساعد في استعادة نقاط التماس مع الأسنان المجاورة، يوفر الكمبوزيت القابل للدكّ خصائص محسنة مقارنة بخصائص الكمبوزيت التقليدي من حيث زيادة معامل الانثناء، مقاومة الاهتراء وعدم الالتصاق بالأدوات.

3.1: تعريف الارتباط (Adhesion):

يُعرف الارتباط حسب الجمعية الأمريكيّة للاختبارات والمواد بأنّه الحالة التي يتمّ فيها تماس سطحين معاً بواسطة قوى بينيّة قد تتكون من قوى تكافؤيّة أو قوى تشابكيّة أو كليهم (Baldan et al., 2012).

1.3.1: آليات الارتباط:

في طب الأسنان يكون ارتباط المواد ذات الأساس الراتنجيّ مع بنية الأسنان نتيجة لأربع آليات محتملة (Söderholm et al., 1991) وهي:

- ميكانيكيّاً Mechanical: من خلال اختراق المونوميرات الراتنجيّة للسطوح السنية وتشكيل ما يعرف بالأوتاد الراتنجيّة (Resin Tags) مع هذه السطوح.
- كيميائياً Chemical: من خلال تشكيل روابط كيميائيّة مع المكون غير العضوي (هيدروكسي الأباتيت) أو المكونات العضويّة (بشكل رئيسي النوع الأول من ألياف الكولاجين) لبنية الأسنان.
- الانتشار Diffusion: من خلال ترسيب مواد على سطوح الأسنان والتي يمكن للمونوميرات الراتنجيّة أنْ ترتبط بها ميكانيكيّاً أو كيميائيّاً.
- مزيج من الآليات الثلاث السابقة.

4.1: بنية الميناء السنيّ Dental Enamel:

يتكون الميناء السنيّ كيميائيّاً من حوالي 96% مواد عضوية و 4% مواد عضوية وماء، إنّ المحتوى غير العضويّ للميناء بشكل أساسي هو الهيدروكسيّ أباتيت، بينما يتكون الميناء السنيّ هيكلياً من ملايين المواشير المينائيّة وأغماد المواشير والمادة الداعمة بين الموشوريّة (Nanci, 2018)، يوجد في الفراغات بين بلورات الهيدروكسيّ أباتيت شبكة من المواد العضويّة مع ذلك لا يحتوي الميناء السنيّ على ألياف الكولاجين، لكن عندما ينضج الميناء يتمّ إنتاج كمية صغيرة من البروتينات المينائيّة المتخصصة حيث يشكل كلا من Amelogenin, Enamelin, Perlecan البروتينات الأساسيّة للميناء (Wilmers et al., 2020)، تكون المواشير المينائيّة متراصة ومتشابكة بنمط متموّج يمتدّ من الملتقى المينائيّ العاجيّ (DEJ) إلى السطح الخارجيّ للسن، وعادة ما تتوضّع هذه المواشير بشكل عامودي على كلّ من الملتقى المينائيّ العاجيّ، وسطح السنّ ثمّ بعد تكييف الميناء

بالمخرش الحمضيّ يتمّ كشف نهايات المواشير المينائيّة الموجودة على السطوح السنيّة من أجل تطبيق العامل الرابط (Bedran-Russo et al., 2017).

إنّ المحتوى المعدنيّ العالي للميناء يجعله نسيج صلب للغاية، وتتيح هذه الخاصية جنباً إلى جنب مع تنظيمه الهيكليّ المعقد مقاومة للقوى الميكانيكيّة المطبقة أثناء عملية المضغ (Nanci, 2018).

5.1: بنية العاج السنيّ Dental Dentin:

يتكون العاج كيميائيّاً من حوالي 70% مواد غير عضوية و20% مواد عضوية و10%ماء، إنّ المحتوى غير العضويّ للعاج بشكل أساسي هو بلورات الهيدروكسي أباتيت، بينما تشكل ألياف الكولاجين من النمط الأول 90% من المحتوى العضويّ للعاج بالإضافة إلى وجود كمية قليلة من ألياف الكولاجين من النمط الثالث والخامس، تشكّل البروتينات غير الكولاجينيّة 10% من المحتوى العضويّ للعاج (Nanci, 2018)، يتكون العاج هيكلياً من حزم من القنيات العاجيّة بكثافة تتراوح وسطياً بين (19 -45) ×1000/mm^2 وبأقطار تتراوح بين 0,8 – 2,5 ميكرون لكل قنية، تنتشر القنيات العاجيّة عبر كامل ثخانة العاج بدءاً من الملتقى المينائيّ العاجيّ وصولاً إلى اللب (Shahmoradi et al., 2014).

تحاط هذه القنيات العاجيّة بنمطين مختلفين من العاج: العاج بين القنيويّ (Intertubular Dentin) والعاج حول القنيويّ (Peritubular Dentin) (Xu et al., 2012)، إنّ الجزء الأكبر من العاج محاط بالعاج بين القنيويّ، وهو عبارة عن مركب يحتوي على ألياف الكولاجين من النوع الأول مدعومة بشكل غير منتظم بصفائح نانويّة من الهيدروكسيّ أباتيت، يجعل هذا التركيب العاج أكثر صلابة وقوة (Bedran-Russo et al., 2017)، بينما لا يحتوي العاج حول القنيويّ على ألياف الكولاجين وهو ذو بنية أكثر تمعدناً وصلابة من العاج بين القنيوي المجاور، يزداد قطر القنيات العاجيّة باتجاه حجرة اللب مما يؤدي إلى الزيادة الهائلة في نفوذيّة العاج العميق، وبالتالي يعتمد

الارتباط في العاج السطحيّ بشكل أساسي على العاج بين القنيويّ بينما يعتمد الارتباط في العاج العميق بشكل رئيسي على العاج داخل القنيويّ (Bourgi et al., 2024, Masarwa et al., 2016).

6.1: الارتباط مع الميناء السنيّ:

تمّ استخدام حمض الفوسفور بتركيز 85% في مجال الصناعة لتعزيز التصاق الدهانات والمواد الراتنجيّة بالأسطح المعدنيّة، من هنا استوحى Buonocore استخدام الأحماض لتخريش الميناء السنيّ من أجل سدّ الوهاد والميازيب السنيّة، فمنذ تقديم Buonocore لتقنية التخريش الحمضيّ وهي لا تزال المعيار الذهبيّ لربط المواد ذات الأساس الراتنجيّ ببنية الأسنان (Perdigão et al., 2020).

إنّ التخريش الحمضي يحول سطح الميناء الأملس إلى سطح غير منتظم، يرفع من طاقة الميناء السطحيّة، يزيد من قابلية ترطيب الميناء، كما يخلق طبقة مساميّة ذات عمق يتراوح بين 5 – 50 ميكرون وفيما بعد عندما يتمّ تطبيق الراتنج منخفض اللزوجة، تتدخل هذه المونوميرات الراتنجية ضمن المسامات المجهريّة وتتبلمر لتشكل ما يعرف بالأوتاد الرتنجيّة (Resin Tags) (Buonocore et al., 1968).

إنّ تشكّل الأوتاد الراتنجيّة ضمن السطوح المينائيّة هو الآلية الأساسيّة لارتباط الراتنج بالميناء (Buonocore et al.,1968)، لقد تمّ استخدام أشكال متنوعة (أكثرها شيوعاً الهلاميّة) وتراكيز مختلفة من حمض الفوسفور (30 –40%) لتخريش الميناء، إنّ التطبيق المثالي لحمض الفوسفور من أجل تخريش السطح المينائيّ هو بتركيز 37% لمدة 30 ثانية يليه الغسل بتيار مائي هوائي للتخلّص من الحمض والرواسب المتكوّنة الناتجة عن التخريش الحمضيّ (Menon et al., 2023 ,Gwinnett et al., 1967).

7.1: الارتباط مع العاج السنيّ:

1.7.1: طبقة اللطاخة Smear Layer:

هي طبقة ذات ثخانة 1- 5 ميكرون تتشكّل عند تحضير الحفر السنيّة بواسطة الأدوات الدوارة، تتألف طبقة اللطاخة من بقايا الهيدروكسيّ أباتيت، وألياف الكولاجين المشوهة كما قد تكون ملوّثة بالجراثيم واللعاب أيضاً (Bowen et al., 1984).

إنّ طبقة اللطاخة قد تقوم بسدّ فوهات القنيات العاجية من خلال امتدادها لعمق يتراوح بين 1- 10 ميكرون ضمن هذه القنيات مما يؤدي إلى تشكيل حاجز فيزيائيّ يقلل من نفوذية العاج بنسبة 86%، فيما يخصّ الارتباط مع العاج، إنّ الإبقاء على طبقة اللطاخة يقلل من قوة الارتباط مع العاج بشكل كبير (Price et al., 2003).

من أجل التغلّب على تدني قوة الارتباط مع العاج الناتج عن وجود طبقة اللطاخة يوجد خياران أساسيان (Sofan et al., 2017):

- إزالة طبقة اللطاخة قبل تطبيق المادة الرابطة من خلال إجراءات التخريش الحمضيّ والغسل.
- استخدام المواد الرابطة ذاتيّة التخريش التي تتمتّع بقدرتها على النفوذ عبر طبقة اللطاخة.

2.7.1:الطبقة الهجينة Hybrid Layer:

إنّ التخريش الحمضيّ يؤدي إلى نزع المعادن من السطح العاجيّ، ويكشف ألياف الكولاجين وعند تطبيق المادة الرابطة ذات الأساس الراتنجيّ على السطح العاجي، تندخل المونوميرات الراتنجية للمادة الرابطة ضمن الفراغات المجهريّة المتشكّلة من بلورات الهيدروكسيّ أباتيت منزوعة المعادن، وتحيط بألياف الكولاجين، ثمّ من خلال عملية البلمرة يحدث تشابك ميكانيكيّ مجهريّ بين المادة الرابطة وكولاجين العاج، تُدعى هذه الطبقة المعززة بالراتنج

والمقاومة للحمض بالطبقة الهجينة، تتراوح ثخانة هذه الطبقة بين 1– 5 ميكرون، وتمّ التعرف عليها لأول مرة من قبل Nakabayashi في عام 1982، ويعتبر تشكّل الطبقة الهجينة الآلية الأساسيّة لارتباط المواد المرممة مع العاج السنيّ (Kazak et al., 2019).

إنّ ثخانة الطبقة الهجينة المتشكّلة في الأنظمة ذاتيّة التخريش تكون أقل من تلك المتشكّلة في الأنظمة كاملة التخريش حيت تتراوح ثخانة الطبقة الهجينة بين 0,5 –1,2 ميكرون في الأنظمة ذاتيّة التخريش، بينما تصل حتّى 5 ميكرون في الأنظمة كاملة التخريش، ومع ذلك بالرغم من أنّ ثخانة الطبقة الهجينة أقل في المواد الرابطة ذاتية التخريش إلا أنها ذات بنية منتظمة (Garg et al., 2015).

إنّ عملية الارتباط مع العاج تبقى عملية صعبة مقارنة بالميناء حيث أنّه يمكن للمواد الرابطة أنْ تتفاعل مع العاج بطرق مختلفة ميكانيكيّاً، كيميائيّاً أو كليهما (Mitra et al., 2009) بينما يعتمد الارتباط مع الميناء على تخريش السطح المينائيّ باستخدام حمض الفوسفور الذي يؤدي إلى تشكّل مسامات مجهريّة يندخل ضمنها الراتنج مشكّلاً ما يعرف بالأوتاد الراتنجيّة، بالتالي يغلب الطابع الميكانيكيّ المجهريّ على عملية الارتباط مع الميناء (Sofan et al., 2017)، كما أن قوة الرابطة المينائيّة تبقى مستقرة للغاية بسبب طبيعة الميناء ومحتواه المرتفع من المواد غير العضويّة والمحتوى المنخفض من الماء، لذا فإنّ التخريش الحمضي للميناء يحقق أعلى قوة ارتباط لجميع المواد الرابطة المستخدمة في طب الأسنان، بما في ذلك أنظمة الربط ذات التخريش الذاتي (Navyasri et al., 2019).

3.7.1: العوامل المؤثرة في الارتباط مع العاج:

يوجد العديد من العوامل التي تجعل الارتباط مع العاج أكثر تحدّياً مقارنة بالميناء وهي تشمل:

1. طبقة اللطاخة: هي طبقة تتشكّل عند تحضير السطوح السنيّة باستخدام الأدوات الدوارة وتتألف من بقايا عضوية (ألياف الكولاجين المشوهة) وغير عضويّة (هيدروكسي الأباتيت) وجراثيم، تندخل هذه الطبقة ضمن فوهات القنيات العاجيّة مما يقلل من نفوذية العاج بنسبة تقارب 90% مخبرياً (Pashley et al., 1978)، إنّ طبقة اللطاخة لا يمكن أن تزال بالغسل ولكن يمكن حلها باستخدام الاحماض العضويّة المخففة (Burke et al., 2021)، إن إزالة طبقة اللطاخة باستخدام المحاليل الحمضيّة يؤدي إلى زيادة تدفق السوائل إلى سطح العاج المكشوف، وهذا يمكن أنْ يتداخل مع عملية الارتباط، لأنّ الراتنجات الكارهة للماء لا ترتبط مع السطوح المحبة الماء حتى وإنْ تشكّلت الأوتاد الراتنجيّة ضمن القنيات العاجيّة (Van Meerbeek et al., 1998).
2. عمق العاج: عادة ما تكون قوة الارتباط أقل في العاج العميق مقارنة بالعاج السطحيّ، حيث أنّ المحتوى المائي للعاج هو الأدنى في العاج السطحيّ، والأعلى في العاج العميق كما أنّ العاج السطحيّ يحتوي على عدد أقل من القنيات العاجيّة ونسبة كبيرة من العاج بين القنيويّ، وسيكون اندخال المونوميرات الراتنجيّة ضمن العاج بين القنيويّ مسؤولاً عن معظم قوة الارتباط، تكون القنيات العاجيّة أكثر عدداً، والعاج بين القنيويّ قليل في العاج العميق، وستكون نفاذية المونوميرات الراتنجيّة داخل القنيات المسؤولة عن تحقيق أعلى قوة ارتباط (Susin et al., 2007).
3. التغيرات التي تطرأ على بنية العاج: إنّ التغيرات الفزيولوجيّة الناتجة عن التقدّم في السن أو الاستجابة للآفات النخريّة تؤدي إلى ازدياد درجة تمعدن العاج، الذي بدوره يقلل من نفاذية العاج وهذا الانخفاض في النفاذية قد يكون له تأثير مباشر على قوة الارتباط مع العاج، حيث أنّه هناك علاقة بين النفاذيّة العاجيّة وعملية الارتباط (Perdigão et al., 2020).
4. بنية وتركيب العاج: إنّ العاج نسيج معقد تشريحياً يحتوي وسطياً 45% من حجمه على معادن (هيدروكسيّ الاباتيت) بينما تبلغ نسبة المواد العضوية 33% حجماً (بشكل أساسي ألياف الكولاجين من النمط الأول) والباقي عبارة عن ماء (Tjäderhane et al., 2009)، كما يحتوي العاج على شبكة كثيفة من القنيات العاجية التي

تصل اللب بالملتقى الميناائي العاجيّ، إنّ هذه القنيات تكون مملوءة بالسائل العاجي الأمر الذي يجعل العاج نسيج رطب، مما يصعب من عملية ربط المونوميرات الراتنجيّة الكارهة للماء بالسطوح العاجيّة المحبة للماء (Frankenberger et al., 2007).

بالإضافة إلى أنّ حجم بلورات الهيدروكسيّ أباتيت في العاج أصغر مقارنة بحجم بلورات الميناء ومرتبة بنمط متقاطع داخل القالب العضويّ، مما يجعل تحقيق ارتباط ميكانيكيّ مجهريّ مع العاج أكثر صعوبة (Yoshihara et al., 2011).

8.1: لمحة تاريخية حول تطور مواد الربط (Sofan et al., 2017):

- لقد بدأ تاريخ مواد الربط في وقت مبكر من عام 1949 عندما قام الدكتور Hagger وهو كيميائيّ سويسريّ بتقديم براءة اختراع لأول مادة رابطة التي تُدعى Serviton Cavity Seal، وقد كانتِ الركيزة الأساسيّة للارتباط مع هذه المادة هي العاج وليس الميناء، إنّ المادة الرابطة التي قدمها الدكتور Hagger تعتمد على مونوميرات حامضية قادرة على التخريش والتفاعل على المستوى الجزيئيّ مع سطوح الأسنان من أجل تشكيل روابط فيزيائيّة/ كيميائيّة بين الترميم والسن.
- في عام 1952 افترض Mclean وKramer أنّ هذه المادة الرابطة Serviton Cavity Seal حققتْ ارتباطاً كيميائيّاً ببنية الأسنان.
- في عام 1954 أجرى Buonocore تجاربه الأولى بنجاح حول الارتباط مع الميناء من خلال التخريش الحمضيّ، وقد قام بالتركيز في تجاربه على تغيير سطح الميناء من أجل الحصول على ارتباط مع المادة المرممة.
- في عام 1955 اقترح Buonocore استعمال حمض الفوسفور بتركيز 85% لتكييف سطح الميناء بشكل يوفر سطح مناسب للارتباط مع الراتنج، ويحسن من ثبات الراتنج ضمن الميازيب والشقوق السنيّة، ولم يتم

إيضاح آلية الارتباط المعززة بالتخريش الحمضيّ حتّى عام 1968 عندما قام Buonocore و Matsui و Gewinett بشرح تأثيير التكييف الحمضيّ الذي أدى إلى تشكيل أوتاد من المواد الراتنجيّة تشبه الموشور (Prism–like) اخترقتِ السطوح المينائيّة، حيث أنّه لم تتم ملاحظة هذه الأوتاد الراتنجيّة في الميناء غير المكيف.

- في أواسط الستينات تم طرح أولى الأشكال التجاريّة للمواد السادة للوهاد والميازيب والكمبوزيت السنيّ وقد تمّ تطبيقها سريريّاً بالاعتماد على مبادئ Buonocore، وفي أواخر الستينات افترض Buonocore أيضاً إمكانية الارتباط مع العاج.
- في السبعينات ظهر لأول مرة مفهوم طبقة اللطاخة التي تعيق عملية الارتباط مع العاج وقد تمّ التعرّف على هذه الطبقة من قبل Eick من خلال الاستعانة بالمجهر الإلكترونيّ الماسح (SEM) وقد كان في الوقت ذاته مفهوم التخريش الكامل مستخدماً.
- بحلول الثمانينات اكتسبت مواد الربط ذات التخريش الكامل قبولاً واسع النطاق.
- في عام 1982 كان Nakabayashi أول من أشار إلى مفهوم الطبقة الهجينة، وهو من أطلق على الطبقة الهجينة اسمها، علاوة على ذلك أثبتَ أنّه يمكن للراتنج أنْ يخترق العاج المخرش مشكّلاً بنية جديدة مكونة من قالب راتنجي معزز بألياف الكولاجين، ومنذ ذلك الوقت اعتبرتِ الطبقة الهجينة بمثابة الآلية الرئيسيّة للارتباط.
- في أوائل التسعينات أحدث تقديم مواد الربط ذات الثلاث خطوات ثورة في عالم طب الأسنان، التي تعتمد على إجراء التخريش الحمضيّ للعاج، ثمّ الغسل يليه تطبيق المبدئات المحبة للماء وطبقة منتظمة من الراتنج الكاره للماء من أجل تشكيل الطبقة الهجينة (Hybridization).

- في أواخر التسعينات تمّ طرح في الأسواق أنظمة الربط ذات التخريش الكامل المكوّنة من خطوتين Tow step total etching systems وأنظمة الربط ذات التخريش الذاتيّ المكوّنة من خطوتين Tow step self etching systems.
- في عام 2002م تمّ تقديم أنظمة الربط ذات التخريش الذاتيّ المكوّنة من خطوة واحدة التي تُوصف أيضاً بنظام الكلّ في الواحد (All in One).
- في عام 2010م طرحتْ شركة Voco America نظام الربط من الجيل الثامن الذي أُضيف إلى تركيبته جزيئات مالئة نانومتريّة.
- في عام 2011م تمّ إطلاق عائلة جديدة من المواد الرابطة والتي تُعرف باسم أنظمة الربط الشامل Universal Adhesives، كما تُدعى هذه المواد أيضاً بأنظمة الربط متعددة الاستعمالات Multi-mode/Multi-purpose Adhesives، حيث أنّ هذه الأنظمة يمكن أنْ يتمَّ استخدامها مع كافة تقنيات التخريش (الكامل، الذاتيّ أو التخريش الانتقائيّ للميناء) تبعاً للحالة السريريّة.

9.1: تعريف المادة الرابطة Dental Bonding Agent:

هي عبارة عن مواد وسيطة يمكن ربطها بكلّ من النسج السنيّة والراتنج المركب (الكمبوزيت)، وقد تمّ تطويرها للمساعدة في ضمان تحقيق الارتباط بين السطوح السنيّة والراتنج المركب، وتحقيق الثبات للترميم، بالإضافة إلى منع حدوث التسرّب المجهريّ، والحساسيّة العاجيّة التالية للترميم عن طريق ختم القنيات العاجية (Kazak et al., 2019).

10.1: مكونات أنظمة الربط Adhesive Systems Component :

يتكون النظام الرابط بشكل أساسيّ من ثلاثة عناصر المخرش، والمبدئ، والمادة الرابطة (Al -Abd Al et al., 2023)

1.10.1: المخرش Etchant (Hilton et al., 2016):

يتكوّن المخرش من جزيئات حامضيّة تزيل أو تعدّل طبقة اللطاخة، وتقوم بخسف معادن كلّ من الميناء والعاج مهيأة السطوح الميناليّة والعاجية للارتباط، تمّ اختبار العديد من المحاليل المخرشة بما في ذلك التي تحتوي على حمض الفوسفور بتركيز من 10 – 50%، حمض الفوسفور المفلور، حمض الستريك، حمض الماليك، حمض الأوكزاليك، حمض التانيك وحمض البولي أكريليك، مع ذلك فإنّ حمض الفوسفور بتركيز 37% هي المادة المخرشة المفضلة لتحقيق نموذج متناسق من التخريش دون الإضرار باللب، بشكل عام يتوفر المخرش الحمضيّ على شكل هلام مائيّ من السيليكا وحبيبات السيللوز الذي يسمح بالتطبيق الدقيق للمادة المخرشة فوق منطقة معينة.

2.10.1: المبدئ Primer (Al –Abd Al et al., 2023):

المبدئات هي عبارة عن مواد معززة للارتباط تحتوي على مونوميرات راتنجية التي تمتلك كلّ من الصفات المحبة والكارهة للماء Amphiphilic، وتكون هذه المونوميرات منحلة في مذيبات عضويّة مثل الإيثانول، الأسيتون أو الماء، يعمل المبدئ على تحويل سطح العاج المحبّ للماء إلى سطح كاره للماء، مما يسمح لسطح العاج بالارتباط مع المادة الرابطة الكارهة للماء.

المونومير الأكثر استخداماً كمبدئ هو HEMA (Hydroxy–Ethyl–Methacrylate)، إنّ الوزن الجزيئيّ المنخفض لهذا المونومير وطبيعته المحبّة للماء لا يعززان فقط من قابلية الترطيب و نفوذية العاج، بلْ يحفز أيضاً توسيع شبكة ألياف الكولاجين، مما يعزز من قوة الارتباط للأنظمة الرابطة.

3.10.1: المادة الرابطة Adhesive Resin (Perdigão et al., 2019, Anusavice et al., 2012):

يتكوّن العامل الرابط من مزيج من المونوميرات الرابطة ذات الأساس الميثاكريليتيّ، مع اثنين من المونوميرات المتشابكة، أو من مونومير وظيفيّ واحد ذو نهايات قابلة للبلمرة، مذيبات عضوية، مبدئ ضوئي وفي بعض الأحيان مواد مالئة نانوية، إنّ الغرض الأساسيّ من العامل الرابط هو ملء الفراغ بين ألياف الكولاجين من أجل تشكيل الطبقة الهجينة والأوتاد الراتنجية، مما يوفر عند البلمرة الارتباط الميكانيكيّ المجهريّ، بالإضافة إلى أن طبقات المادة الرابطة تؤمّن ختم يمنع تسرّب السوائل على طول حواف المادة المرمّمة.

11.1: تصنيف المواد الرابطة Classification of Adhesive System:

تصنف المواد الرابطة وفقا لعدة طرق (Kazak et al., 2019):

1. حسب الأجيال.
2. حسب نوع المذيب.
3. حسب آلية التأثير على طبقة اللطاخة.
4. حسب عدد الخطوات السريرية.
5. حسب تقنية التخريش.

1.11.1: حسب الأجيال According to Generation:

أ- الجيل الأول First generation:

أظهر Buonocore في عام 1955م أنّ جزيء GPDM (Glycerophosphoric acid dimethacrylate) يمكن أنْ يرتبط بسطح الميناء، في وقت لاحق افترض Bowen و Rodriguez أنّ مونومير NPG-GMA (N-phenyl glycine glycidyl methacrylate) يمكن أنْ يشكل رابطة كيميائيّة مع العاج، نتيجة لهذه الدراسات تمّ إنتاج الجيل الأول من مواد الربط، وقد اعتمد هذا الجيل في تركيبه على مونومير

GPDM (Fusayama et al., 1979)، حقّق الجيل الأول قوة ارتباط منخفضة جداً مع العاج 2-3 ميغاباسكال كما أنّ نتائجه كانتْ مخيبة للآمال من الناحية السريريّة (Kakar et al., 2013).

- أمثلة لبعض الأسماء التجاريّة: Cervident SS White، Cosmic Bond.

ب- الجيل الثاني Second generation:

تمّ تقديم الجيل الثاني من مواد الربط في أواخر السبعينات، يعتمد الجيل الثاني بشكل أساسيّ على استخدام الفوسفات القابل للتماثر المضاف إلى راتنج Bis-GMA من أجل تعزيز الارتباط ببنية الأسنان المتمعّدنة (Kugel et al., 2000)، حيث تعتمد آلية الارتباط على تشكيل رابطة أيونيّة بين الزمر الفوسفاتية ذات الشحنة السالبة للراتنج، وأيونات الكالسيوم ذات الشحنة الموجبة في طبقة اللطاخة (Kakar et al., 2013)، في هذا الجيل لم تتم بعد إزالة طبقة اللطاخة مما أدى إلى قوة ارتباط ضعيفة نسبياً، حيث أنّه لم تتجاوز قوة الارتباط للجيل الثاني 5-6 ميغاباسكال، غير أنّه لم يحقق نتائج مرضيّة من الناحية السريريّة (Van Meerbeek et al., 2020).

- أمثلة لبعض الأسماء التجاريّة: Clearfil bond، (3M dental) Scotchbond.

ت- الجيل الثالث Third generation (Kugel et al., 2020, Tao et al., 1988):

تمّ طرح الجيل الثالث من مواد الربط في أوائل الثمانينات، قدّم هذا الجيل تغييراً مهماً للغاية وهو التخريش الحمضيّ للعاج في محاولة لتعديل طبقة اللطاخة أو إزالتها بشكل جزئيّ، مما أدى إلى فتح القنيات العاجية، وسمح بتطبيق المبدئ بعد إزالة الحمض المخرش بشكل كامل، يليه تطبيق المادة الرابطة غير المملوءة بالراتنج على الميناء والعاج، قد حققتْ هذه التقنية قوة ارتباط أكبر 9-15 ميغاباسكال مع كلّ من الميناء والعاج، كانتْ نقطة الضعف في الجيل الثالث من مواد الربط هو عدم احتواءها على المواد المالئة الراتنجية.

- أمثلة لبعض الأسماء التجاريّة: Scotchbond2، Tenure، Coltene Art.

ث- الجيل الرابع Fourth generation:

تمّ تقديم الجيل الرابع من مواد الربط في بداية التسعينات، وقد كان من أول المواد الرابطة التي أدت إلى إزالة طبقة اللطاخة بشكل كامل، ولا يزال هذا الجيل يعتبر المعيار الذهبيّ في الربط العاجيّ، يتألف الجيل الرابع من ثلاثة مكونات أساسيّة وهي المخرش والمبدئ والمادة الرابطة، تتمّ تعبئتها في ثلاث عبوات منفصلة وتطبّق بالتسلسل، السمة المميزة للجيل الرابع هي الاعتماد على تقنية التخريش الكامل، ومفهوم العاج الرطب، حيث يتم تخريش كلّ من الميناء والعاج في ذات الوقت لمدة 15 – 20 ثانية، ويجب أنْ يبقى سطح العاج رطب لتجنّب انهيار ألياف الكولاجين (Tay et al., 1994)، حقّق هذا الجيل قوة ارتباط 20–50 ميغاباسكال مع الميناء و13–80 ميغاباسكال مع العاج (Kazak et al., 2019)، قدم الجيّل الرابع أفضل النتائج السريريّة على المدى الطويل عند اتباع تعليمات التطبيق بدقة، لكن يؤخذ عليه تقنية التطبيق الحساسة للغاية فهو نظام متعدد الخطوات، ومستهلك للوقت ويحتاج إلى دقة عالية في التطبيق (Hilton et al., 2016).

- أمثلة لبعض الأسماء التجاريّة : All–Bond2، Optibond FL، Scotchbond Multipurpose.

ج- الجيل الخامس Fifth generation (Sofan et al., 2017, Demunck et al., 2010):

تمّ طرح الجيل الخامس من مواد الربط في عام 1990م، ولا يزال مستخدماً حتّى الوقت الراهن، سعتْ أنظمة الربط من الجيل الخامس إلى تبسيط عملية الارتباط مقارنة بالجيل الرابع عن طريق تقليل عدد الخطوات السريريّة وبالتالي تقليل زمن العمل، يجمع هذا النظام الرابط كلّ من المبدئ والمادة الرابطة في عبوة واحدة، لذا يُدعى أيضاً بنظام العبوة الواحدة وفيه يتم تطبيق المبدئ والمادة الرابطة في خطوة واحدة، وفي ذات الوقت على كلّ من الميناء والعاج بعد إجراء التخريش الحمضيّ بحمض الفوسفور 35–37% لمدة 15 –20 ثانية، إنّ مواد الجيل الخامس قد تكون أكثر عرضةً للانحلال بالماء مع مرور الوقت مقارنة بالجيل الرابع، وذلك لأنّ المبدئ في نظام العبوة الواحدة ذو طبيعة محبّة للماء، بينما يتم تغطية المبدئ المحبّ للماء براتنج كاره للماء في نظام الجيل الرابع، مما يجعله أقل

عرضة لامتصاص الماء، يعتبر الجيل الخامس من الأنظمة كاملة التخريش الذي يعتمد على إزالة طبقة اللطاخة وتحقيق التشابك الميكانيكيّ مع العاج المخرش عن طريق تشكيل الطبقة الهجينة والأوتاد الراتنجيّة، لقد كانتْ قيم قوة الارتباط للجيل الخامس مع الميناء مماثلة للجيل الرابع 35–45 ميغاباسكال، لكنْ قيم قوة الارتباط مع العاج وجدتْ أنّها أقل من الميناء 30 –35 ميغاباسكال.

– أمثلة لبعض الأسماء التجاريّة: Prime and Bond، Optibond Solo.

ح– الجيل السادس Sixth generation:

تمّ تقديم الجيل السادس من أنظمة الربط في نهاية التسعينات وفي بداية عام 2000م، كما تُعرف أيضاً باسم المبدئات ذاتيّة التخريش Self Etching Primers وقد شكلتْ هذه الأنظمة قفزة كبيرة في مجال التكنولوجيا، يهدف هذا النظام الرابط إلى التخلّص من خطوة التخريش أو تضمينها كيميائياً في إحدى الخطوات الأخرى (Sofan et al., 2017, Pashley et al., 2002)، يتألف الجيل السادس من عبوتين حيث يتمّ بشكل أساسي دمج المخرش الحمضي والمبدئ في عبوة واحدة، يليه تطبيق المادة الرابطة التقليديّة من العبوة الثانية (Van Meerbeek et al., 2020).

إنّ مبدأ عمل أنظمة الربط ذاتيّة التخريش لا يعتمد على إزالة طبقة اللطاخة، بلْ على حلّ هذه الطبقة، فإنّ غياب خطوة التخريش كما خطوات الغسل والتجفيف المنفصلة الموجودة في الأنظمة كاملة التخريش يؤدي إلى التقليل من عدد الخطوات السريريّة وتوفير وقت الطبيب، لا يتمّ في هذا النظام الرابط تطبيق تقنية الربط الرطب كما أنّه غير حساس لتغيرات الرطوبة في العاج كالجفاف أو الرطوبة الزائدة، الأمر الذي يقلل من احتمالية حدوث خطأ أثناء التطبيق (Kazak et al., 2019, Dayangac et al., 2000)، تقلل الأنظمة ذاتيّة التخريش من الحساسية التالية للمعالجة، لأنّها لا تزيل طبقة اللطاخة، وبالتالي تبقى القنيات العاجية مختومة (Kakar et al., 2013)، أظهرت هذه الأنظمة ارتباطاً جيداً بالعاج المكيّف بينما كان الارتباط بالميناء أقل فعالية، وقد يعود ذلك إلى أنّ أنظمة

الجيل السادس تتكون من محلول حمضيّ لا يمكن الإبقاء عليه لفترة طويلة في مكانه، ويجب أنْ يتمّ تجديده بشكل مستمر، كما أنّ هذه الأنظمة ذات درجة حموضة PH غير كافية لتخريش الميناء بشكل فعال، وللتغلّب على هذه المشكلة يوصى بتخريش الميناء أولاً باستخدام حمض الفوسفور التقليديّ قبل تطبيق هذه الأنظمة على الميناء (Fabianelli et al., 2000)، تشير الدراسات أنّ أنظمة الربط من الجيل السادس ترتبط بشكل جيد مع العاج، حيث حققت قوة ارتباط تصل إلى 41 ميغاباسكال بعد 24 ساعة، بينما ارتباطها بالميناء ضعيف نسبياً وأقل بنسبة 25% من قوة الارتباط مع الميناء في كلا الجيلين الرابع و الخامس (Alex et al., 2008).

- أمثلة لبعض الأسماء التجاريّة: Xeno|||، Prompt L-POP، Nano Bond.

خ- الجيل السابع Seventh generation (Sofan et al., 2017, Yaseen et al., 2009):

تمّ طرح أنظمة الربط من الجيل السابع في أوائل عام 2005م، يوصف الجيل السابع أيضاً بنظام الكلّ في واحد All in One حيث تمّ دمج كلّ المكونات اللازمة لعملية الارتباط المخرش، المبدئ والمادة الرابطة في عبوة واحدة، تحتوي هذه الأنظمة في تركيبها على كمية كبيرة من الماء لذا قد تكون عرضة للانحلال المائي والكيميائي، علاوةً على ذلك إنّ أنظمة الربط من الجيل السابع محبّة للماء بشكل أكبر من الأنظمة ذاتيّة التخريش المكوّنة من خطوتين، مما يجعلها عرضة لامتصاص الماء ويحدّ من عمق اندخال راتنج النظام الرابط في الغؤورات المحدّثة ضمن السن، ويخلق بعض الفراغات وبالتالي ينقص من قوة الارتباط، كما أنّ الجيل السابع يمتلك قوة ربط أولية وطويلة الأمد أدنى من أي مادة رابطة متوفرة تجارياً حالياً، الأمر الذي يمكن اعتباره إحدى سلبيات مواد الربط من الجيل السابع، أثبتتِ الدراسات السريريّة على الجيل السابع أنّه محبّ للماء، ويتحلل بسرعة بالإضافة إلى أنّ المخرش الموجود ضمن تركيب هذه المادة الرابطة يتفاعل بشكل سلبيّ مع النظام المبدئ للكمبوزيت.

- أمثلة لبعض الأسماء التجاريّة: Ibond، G-Bond.

د- الجيل الثامن Eighth generation:

في عام 2010م قدمتْ شركة Voco America عامل رابط من الجيل الثامن Voco Futurabond DC وهو نظام ربط ذاتي التخريش ثنائي التصلب، معزز بمواد مالئة نانومترية من ذرات السيليكا (ثنائي أوكسيد السيليكون) بمقدار 1% وزناً وبحجم جزيئات 20 نانومتر تقريباً، ويتألف هذا النظام من مكونين يمزجان قبل التطبيق مباشرة ويطبقان بخطوة واحدة (Taneja et al., 2017)، إنّ إضافة المواد المالئة النانومتريّة إلى أنظمة الربط من الجيل الثامن بحجم جزيئات يبلغ 12 نانومتر، يؤدي إلى زيادة ثخانة الطبقة الهجينة وتغلغل المونوميرات الراتنجية للمادة الرابطة الذي بدوره يحسن من الخواص الميكانيكيّة للمادة الرابطة (Münchow et al., 2017)، إنّ هذه المواد الرابطة المملوءة حققتْ مخبرياً قوة ارتباط أعلى مع كلّ من الميناء والعاج (Joseph et al., 2013)، كما أنّ نوع الجزيئات المالئة النانومترية، والطريقة التي يتمّ فيها إضافة هذه الجزيئات يؤثر على لزوجة المادة الرابطة وعلى قدرة اختراق المونوميرات الراتنجية للمادة الرابطة ضمن شبكة ألياف الكولاجين، وقد وجدتْ بعض الدراسات إنّ وجود نسبة أكبر من 1% وزناً وأكبر من 15-20 نانومتر حجماً لجزيئات المواد المالئة ضمن مكونات المادة الرابطة يمكن أنْ ينتج عنه زيادة في لزوجة المادة الرابطة، ويتسبب في تراكم الجزيئات المالئة على الجزء العلويّ من السطح الرطب، الامر الذي يخفض من قوة الارتباط، تبلغ قوة الارتباط للجيل الثامن أكثر من 30 ميغاباسكال (Sofan et al., 2017, Kasraei et al., 2009).

2.11.1: حسب نوع المذيب According to Solvent Type (Hilton et al., 2016, Perdigão et al., 2001):

يتمّ تصنيف المواد الرابطة حسب نوع المذيب وتركيزه، حيث تحتوي المواد الرابطة المتوفرة تجاريّاً على مذيبات يتراوح تركيزها من 8% إلى 49 %، كما يمكن أنْ تكون هذه المذيبات أسيتون، ايثانول أو ذو أساس مائيّ.

إنّ وجود المذيبات في النظام الرابط له تأثير هام على الأداء السريريّ للمادة الرابطة، خاصة أثناء خطوة التجفيف بالهواء، تحتوي العديد من أنظمة التخريش الكامل على مذيبات طيارة مثل الإيثانول أو الأسيتون التي تقلل من اللزوجة، وتزيد من الترطيب والحركة الجزيئية للمادة الرابطة، بينما تحتوي أنظمة التخريش الذاتيّ على الماء غالباً الذي يحقّق نفس التأثيرات السابقة، ويسمح بتفكيك الأحماض الضعيفة في سبيل نزع معادن كلّ من الميناء والعاج، إنّ المذيبات العضوية تتميّز بضغط بخار مرتفع، أيْ تتبخر بسهولة مما يساهم بإزاحة الماء من شبكة ألياف الكولاجين والسطح العاجي، الأمر الذي يؤدي إلى اختراق أفضل لمونوميرات المادة الرابطة لشبكة ألياف الكولاجين.

3.11.1: حسب آلية التأثير على طبقة اللطاخة According to Smear Layer Removal (Sikri et al., 2017):

إنّ الإبقاء على طبقة اللطاخة يؤدي إلى سدّ فوهات القنيات العاجية، مما يقلل من نفوذية العاج بنسبة تصل إلى 86%، لذا يجب إزالة هذه الطبقة أو جعلها نفوذة للسماح بالتفاعل بين مونوميرات المادة الرابطة والسطح العاجي.

يمكن أن تصنف أنظمة الربط بالاعتماد على آلية التأثير على طبقة اللطاخة على النحو التالي:

1. أنظمة الربط التي تعدل طبقة اللطاخة وتقوم بدمجها في عملية الربط، حيث يمكن تطبيق هذه الأنظمة في خطوة واحدة (المادة الرابطة) أو خطوتين (المبدئ والمادة الرابطة على التوالي)، من الناحية السريريّة تتطلب هذه الأنظمة إجراء تخريش انتقائي للميناء في خطوة منفصلة باستخدام حمض الفوسفور.
2. أنظمة الربط التي تزيل طبقة اللطاخة بشكل كامل، حيث يمكن تطبيق هذه الأنظمة في خطوتين (المخرش يليه المبدئ والمادة الرابطة معاً) أو ثلاث خطوات (المخرش يليه المبدئ متبوعا بالمادة الرابطة)، ينتج عن

هذه الأنظمة إزالة كاملة لطبقة اللطاخة بواسطة المخرش الحمضيّ الذي يتم تطبيقه في وقت واحد على كلّ من الميناء والعاج وهذا ما يُعرف بتقنية التخريش الكامل.

3. أنظمة الربط التي تقوم بحلّ طبقة اللطاخة بدلاً من إزالتها، حيث يتمّ تطبيق هذه الأنظمة في خطوتين (المخرش والمبدئ معا ثم المادة الرابطة)، وتُعرف أيضاً هذه الأنظمة باسم المبدئات ذاتيّة التخريش Self Etching Primers، تعمل هذه الأنظمة على إزالة معادن طبقة اللطاخة، والسطح العاجيّ جزئياً دون إزالة بقايا طبقة اللطاخة المذابة، ودون فتح فوهات القنيات العاجيّة، مما يؤدي إلى الإزالة السطحية لمعادن العاج، وفي الوقت ذاته اختراق مونوميرات المادة الرابطة للسطح العاجيّ، ومن ثمّ بلمرتها في مكانها.

4.11.1: حسب عدد الخطوات السريرية According to number of steps:

تصنف أنظمة الربط وفقاً لعدد الخطوات السريريّة إلى (Sofan et al., 2017):

أ- أنظمة الربط ذات الثلاث خطوات.

ب- أنظمة الربط ذات الخطوتين.

ت- أنظمة الربط ذات الخطوة الواحدة.

أ- أنظمة الربط ذات الثلاث خطوات: تتألف هذه الأنظمة من ثلاث عبوات منفصلة، عبوة لكلّ من المخرش، المبدئ والعامل الرابط ويتمّ تطبيقها بشكل متتابع، تعتبر هذه الأنظمة الأكثر تعقيداً في الاستخدام السريريّ، ولكنّها ذات ديمومة عالية وتحقّق أعلى قوة رابطة (Demunck et al., 2010).

ب- أنظمة الربط ذات الخطوتين: تتألف هذه الأنظمة من عبوتين منفصلتين على الشكل التالي:

- إما أنْ تحتوي العبوة الأولى على المخرش، والعبوة الثانية يتمّ فيها دمج كلّ من المبدئ والعامل الرابط معاً.
- أو تحتوي العبوة الاولى على المبدئ ذاتيّ التخريش، والعبوة الثانية على العامل الرابط (Sofan et al., 2017)

ت- أنظمة الربط ذات الخطوة الواحدة: تتألف هذه الأنظمة من عبوة واحدة، تضمّ هذه العبوة كلّ من المخرش، المبدئ والعامل الرابط التي يتمّ تطبيقها في خطوة واحدة، تعتبر الأنظمة ذات الخطوة الواحدة هي الأسهل في الاستخدام السريريّ، وتحقّق عادة قوة ربط مقبولة بالرغم من بساطة عملية الربط (Yazici et al., 2007).

5.11.1: حسب تقنية التخريش According to Etching Technique:

تصنف انظمة الربط إلى (Perdigão et al., 2007):

أ- أنظمة التخريش الكامل.

ب- أنظمة التخريش الذاتيّ.

أ- أنظمة التخريش الكامل Total Etching Systems:

تُعرف هذه الأنظمة أيضاً بأنظمة التخريش والغسل Etch and Rinse، تتطلب أنظمة التخريش الكامل خطوات تخريش وغسل منفصلة، يليها تطبيق المبدئ والعامل الرابط في خطوتين منفصلتين (الجيل الرابع)، أو في خطوة واحدة (الجيل الخامس) (Bedran Russo et al., 2017, Al-Abd Al et al., 2023)، تُستخدم هذه الأنظمة عادة حمضاً قوياً وهو حمض الفوسفور بتركيز 37% وبدرجة حموضة PH تساوي 0,9، ويتمّ تطبيق الحمض على كلّ من الميناء والعاج في الوقت ذاته من أجل إزالة طبقة اللطاخة، وخسف معادن النسج السنيّة، من ثم يتمّ الغسل بالماء لإزالة الحمض من سطح السن (Ali et al., 2021).

تُعتبر تقنية التخريش الكامل تقنية حساسة للغاية، لأنّ العاج إذا كان شديد الجفاف Over-dried، مما يتسبب في انهيار ألياف الكولاجين مخسوفة المعادن، ويقلل من انتشار مونوميرات المادة الرابطة بين ألياف الكولاجين، وبالتالي يحدث انخفاض في قوة

الارتباط (Perdigão et al., 2001)، كما أنّ الرطوبة الزائدة Over – wet dentin يمكن أنْ تتسبب في فصل مكونات المادة الرابطة المحبّة والكارهة للماء، الأمر الذي يؤدي إلى تشكيل فراغات تشبه الفقاعات عند السطح البينيّ للعاج، والناتج ويضعف الخواص الميكانيكيّة للطبقة الهجينة المتشكّلة، ويؤدي إلى تحللها بشكل مبكر (Hashimoto et al., 2007)، لذا الأمر المنصوح به عند استخدام أنظمة الربط ذات التخريش الكامل، هو تجفيف السطح العاجيّ بلطف بعد غسل الجلّ المخرش، وذلك لتجنّب التجفيف الزائد للسطح العاجيّ (Perdigão et al., 2020)، قدّمت أنظمة التخريش الكامل أداء سريريّ مُرضيّ على المدى الطويل، وهي لا تزال المعيار الذهبيّ في الارتباط مع النسج السنيّة، إلّا أنّها غير قادرة على منع التسرب المجهريّ Microleakage، الذي بدوره يؤثر سلباً على عملية الارتباط وديمومة المواد الرابطة (Pioch et al., 2001). الأمر الذي دفع إلى تطوير ما يُعرف بأنظمة الربط ذاتيّة التخريش (Breschi et al., 2008).

ب- أنظمة التخريش الذاتيّ Self Etching Systems:

تمّ طرح أنظمة التخريش الذاتيّ للتخلّص من مشكلة الحساسيّة للرطوبة في تقنية التخريش الكامل، بالإضافة إلى تبسيط إجراءات تطبيق المادة الرابطة سريريّاً (Sundfeld et al., 2005) لا تتطلب هذه الأنظمة خطوات تخريش وغسل منفصلة، حيث أنّه بدلاً من ذلك يتمّ تطبيق المخرش والمبدئ في خطوة واحدة من أجل حلّ طبقة اللطاخة وهيدروكسي الأباتيت جزئياً، وتشكيل الطبقة الهجينة ومن ثمّ تطبيق العامل الرابط في خطوة منفصلة (الجيل السادس)، أو من خلال تطبيق المخرش، المبدئ والعامل الرابط في خطوة واحدة الذي يُعرف أيضاً بنظام الكلّ في واحد All in One (الجيل السابع) (Cardoso et al., 2011).

إنّ التركيب الأساسيّ لأنظمة التخريش الذاتيّ عبارة عن محلول مائيّ من المونوميرات الحامضيّة الوظيفيّة التي تتمتع بدرجة حموضة أعلى نسبياً من حمض الفوسفور (De Munck et al., 2005)، لذا يمكن أن تصنف أنظمة الربط ذاتية التخريش وفقاً لدرجة حموضتها PH إلى (Sofan et al., 2017):

أ- شديدة Strong PH < 1

ب- متوسطة Intermediate 1 < PH < 2

ت- ضعيفة Mild PH = 2

ث- ضعيفة جدا Ultra- mild PH> 2,5

لقد تمّ الإدعاء أنّ أنظمة التخريش الذاتيّ تقلل من الحساسية التالية للترميم، كونه لم تتم إزالة طبقة اللطاخة، الأمر الذي ينتج عنه كشف عدد أقل من القنيات العاجيّة، وتدفق أقل للسائل العاجيّ مقارنة بتقنية التخريش الكامل (Perdigão et al., 2020)، وفقاً للدراسات الأولية فقد أظهرتْ أنظمة التخريش الذاتيّ ارتباط جيد مع العاج المخرش بقوة ربط تصل إلى 41 ميغاباسكال بعد 24 ساعة، بينما كان الارتباط مع الميناء أقل فعالية بنسبة 25% وهذا يمكن أنْ يكون نتيجة لعدم قدرة هذه الأنظمة على تخريش الميناء بشكل كافٍ، بسبب حموضتها المنخفضة مقارنة بأنظمة التخريش الكامل، وللتغلّب على هذه السلبية ينصح بتخريش الميناء باستخدام حمض الفوسفور دون التخريش الحمضي للعاج عند استخدام الأنظمة ذاتيّة التخريش، وهذا ما يُعرف بتقنية التخريش الانتقائيّ للميناء Selective Enamel Etching (Bourgi et al., 2024).

12.1: أنظمة الربط الشامل Universal Adhesives:

تم في عام 2011م إطلاق عائلة جديدة من المواد الرابطة، ويُعرف هذا الجيل الجديد من مواد الربط بأنظمة الربط الشامل Universal Adhesives أو أنظمة الربط متعددة الاستعمالات Multi-purpose /Multi-mode، قد أصبحتْ هذه الأنظمة ذات شعبية كبيرة في طب الأسنان، يعكس مصطلح نظام الربط الشامل إدعاءات الشركة

المصنعة بأنّ هذه المواد قابلة للاستخدام مع أي تقنية الصاق وفقاً للحالة السريريّة، فهي توفر إمكانية الصاق الترميمات المباشرة وغير المباشرة، وتتوافق أيضاً مع جميع أنواع الكمبوزيت الذاتيّ، الضوئيّ وثنائي التصلب، كما تتيح اختيار تقنية التخريش المتبعة تبعاً للحالة السريريّة، حيث يمكن أنْ تستخدم كأنظمة ذاتيّة التخريش، أنظمة كاملة التخريش أو كأنظمة ذاتيّة التخريش على العاج وكاملة التخريش على الميناء، وهي التقنية التي تُعرف باسم التخريش الانتقائيّ للميناء Selective Enamel Etching (Arandi et al., 2023)، تدعو الفلسفة الجديدة لأنظمة الربط الشامل إلى استخدام الخيار الأبسط لاستراتيجية الربط، وهي تقنية التخريش الذاتيّ ذات الخطوة الواحدة أو تقنية التخريش الكامل ذات الخطوتين باستخدام نفس العبوة المفردة من المحلول الرابط، كما يمكن أنْ يتم دمج مكونات المبدئ والعامل الرابط في عبوة واحدة أو فصلهما في عبوتين منفصلتين، مما ينتج عنه أنظمة تخريش كامل مكونة من ثلاث خطوات أو خطوتين وأنظمة تخريش ذاتيّ مكونة من خطوتين أو من خطوة واحدة (Perdigão et al., 2020)، وبالرغم من أوجه التشابه بين أنظمة الربط الشامل والأنظمة ذاتيّة التخريش إلّا أنّ الاختلاف الرئيسي بينهما يتمثّل بوجود مونوميرات وظيفيّة في تركيب أنظمة الربط الشامل، قادرة على تشكيل ارتباط كيميائيّ وميكانيكيّ مجهريّ مع النسج السنيّة، معظم هذه الأنظمة تحتوي على مونوميرات الكربوكسيلات أو الفوسفات التي ترتبط أيونيا بكالسيوم هيدروكسي أباتيت الأسنان (Al-Abd Al et al., 2023, Perdigão et al., 2019) .

يتألف نظام الربط الشامل من مزيج من المونوميرات المحبّة للماء HEMA والمونوميرات الكارهة للماء D3MA، ومونوميرات ذات طبيعة متوسطة Bis-GMA، وبالتالي تسمح هذه المجموعة من الخصائص لمواد الربط الشامل بإنشاء جسر بين سطح السن المحبّ للماء والمواد المرممة الراتنجيّة الكارهة للماء، علاوة على ذلك يمكن أنْ تحتوي بعض أنظمة الربط الشامل في تركيبها على العامل المزاوج السيلان، الذي قد يلغي الحاجة إلى خطوة السيلان عند الصاق الترميمات الخزفيّة (Sofan et al., 2017).

يمكـــن أنْ تُصـــنف أنظمـــة الـــربط الشـــامل بشـــكل مشـــابه للأنظمـــة ذاتيّـــة التخـــريش وفقـــاً لدرجة الحموضة الخاصة بها حيث تتراوح درجة الحموضة PH لهذه الأنظمة بين 1,5 – 3,2 ويندرج معظمها تحت الفئات الضعيفة جداً 2,5 < PH الضعيفة 2 = PH والمتوسطة الحموضة 2 < PH < 1 (Arandi et al., 2023, Nagarkar et al., 2019)، حققتْ أنظمة الربط الشامل نتائج جيدة من الناحية السريريّة حيث أظهرتْ إحدى الدراسات التي أجراها Van Dijken وزملاؤه أداء سريريّ جيد على المدى القصير لترميمات كمبوزيت من الصنف الثاني، التي تمّ الصاقها بواسطة أنظمة ربط شاملة وباستخدام تقنية التخريش الذاتيّ بالمقارنة مع الأنظمة ذاتيّة التخريش المكوّنة من خطوتين، وكانت النتيجة كالتالي: معدل فشل سنويّ 1،8 % لأنظمة الربط الشامل مقابل 2،9% لأنظمة التخريش الذاتيّ بعد 36 شهر من المراقبة السريريّة، كما أظهرتْ دراسة أخرى أجراها OZ وزملاؤه معدلات ديمومة ممتازة (97–100%) لترميمات من الكمبوزيت تمّ تطبيقها على آفات عنقية غير نخريّة تمّ الصاقها باستخدام ثلاث أنظمة ربط شامل مختلفة بتقنية التخريش الذاتيّ، وذلك بعد مراقبة سريريّة لمدة 18 شهر (Nagarkar et al., 2019, Oz et al., 2019, Van Dijken et al., 2017).

1.12.1: المونوميرات الوظيفيّة في أنظمة الربط الشامل Functional Monomers in Universal Adhesives:

تحتوي أنظمة الربط الشامل الحالية على مونوميرات وظيفيّة حامضيّة مختلفة، تقوم هذه المونوميرات بعدة وظائف في المادة الرابطة، حيث تعمل على تحسين عملية الترطيب بسبب طبيعتها المحبّة للماء، كما تعزز من الارتباط مع العاج منزوع المعادن (Bourgi et al., 2024, Van landuyt et al., 2007)، يتفاعل المونومير الوظيفيّ أيونياً مع أيونات الكالسيوم المرتبطة بهيدروكسي الأباتيت، من خلال خسف المعادن وتحرير أيونات الكالسيوم والفوسفات من بنية السن، وعندما تبقى هذه الرابطة الأيونيّة مستقرة تتشكّل أملاح الكالسيوم وتتشارك في عملية البلمرة مع مونوميرات المادة الرابطة مشكّلة رابطة كيميائيّة مع أيونات الكالسيوم في بنية الأسنان

(Dressano et al., 2020, Yoshioka et al., 2002)، وفقاً للدراسات إنّ تشكيل رابطة كيميائيّة بين المونوميرات الوظيفية، وكالسيوم هيدروكسي الأباتيت يمكن أنْ يزيد كلاً من قوة وديمومة الارتباط بشكل كبير مع النسج السنيّة، كما تحدّد درجة حموضة هذه المونوميرات الوظيفيّة قدرة المادة الرابطة على التخريش الحمضيّ للنسج السنيّة، حيث أنّ حمض السلفونيك هوالأقوى يليه حمض الفوسفونيك، حمض الفوسفور وحمض الكربوكسيل (Bourgi et al., 2024, Nishiyama et al., 2004).

المونوميرات الوظيفيّة الأكثر استخداماً في أنظمة الربط الشامل هي (Dressano et al., 2020):

- 4-META (4- Methacryloyloxy ethyl trimellitate anhydride).
- GPDM (Glycero-phosphate dimethacrylate).
- 10 - MDP (10 - Methacryloyloxy- decyl- dihydrogen-phosphate).

يعتبر اليوم المونومير الوظيفي 10 - MDP واحداً من المونوميرات الوظيفيّة الأكثر فعالية في أنظمة الربط الشامل كونه قادر على تحقيق ارتباط قوي مع هيدروكسي أباتيت الأسنان وتشكيل أملاح MDP-Ca مستقرة (Yoshihara et al., 2018).

2.12.1:المونومير الوظيفيّ GPDM:

هو أحد المونوميرات التي تمّ استخدامها منذ وقت طويل في طب الأسنان، ففي عام 1949م، تمّ اختراع أول مادة رابطة Serviton من قبل الدكتور Oskar Hagger، وتعتمد هذه المادة الرابطة في تركيبها على المونومير الوظيفيّ GPDM حيث افترض Hagger أنّ مونومير GPDM قادر على تحقيق ارتباط كيميائيّ مع العاج البشريّ (Koike et al., 2023).

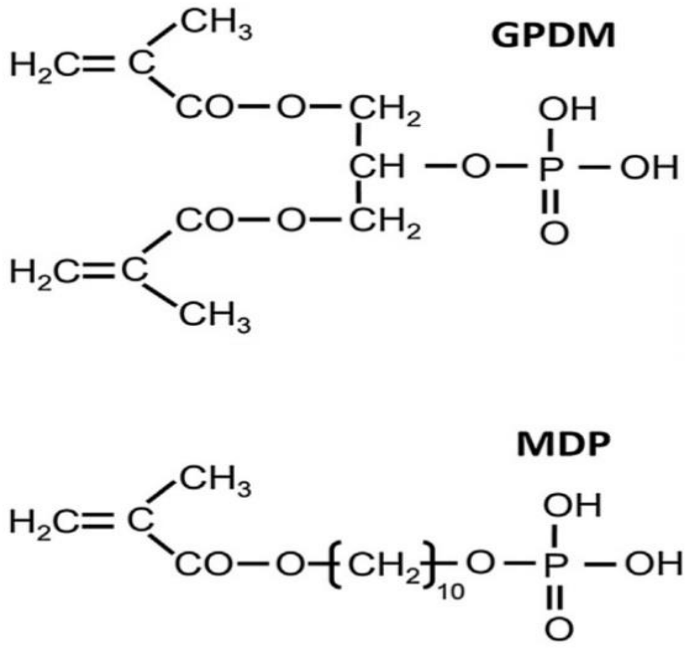
يتألف المونومير الوظيفيّ GPDM من مجموعتين من الميثاكريلات ومجموعة فوسفات وظيفيّة حامضيّة مرتبطة بسلسلة فاصلة قصيرة كربونيّة، في البداية تمّ استخدام مونومير GPDM في مواد الربط التي تعتمد تقنية التخريش الكامل ومن بينها المادة الرابطة المعروفة باسم Optibond FL (Kerr,USA) التي لاتزال تعتبر المعيار الذهبيّ للارتباط في أنظمة التخريش الكامل (Dressano et al., 2020).

أظهرتِ الأبحاث المخبريّة المتكررة على المادة الرابطة Optibond FL قوة ارتباط مرتفعة سواء مباشرة أو بعد التعرّض لقوى الإجهاد، وقد تمّ تأكيد هذه النتائج المخبريّة الممتازة لـ Optibond FL بنتائج سريريّة رائعة على المدى الطويل، حيث وفقاً لإحدى الدراسات السريريّة تمّ تسجيل معدلات ديمومة لترميمات كمبوزيت من الصنف الخامس تصل إلى 94% بعد 13 عاماً من التطبيق السريريّ، مؤخراً تم استخدام GPDM كمونومير وظيفيّ في المادة الرابطة ذاتيّة التخريش Optibond XTR (Kerr,USA) والتي أظهرتْ أيضاً قوة ارتباط مرتفعة نسبياً مع كلّ من الميناء والعاج في المختبر، بالإضافة إلى ذلك يستخدم GPDM كمونومير وظيفيّ في الإسمنتات ذاتيّة الإلصاق مثل Maxcem Elite Chroma (Kerr) كما أيضاً في الكمبوزيت ذاتيّ الإلصاق Vertise Flow (Kerr).

نظراً لوجود مجموعتين من الميثاكريلات القابلة للبلمرة يمكن لمونومير GPDM أنْ يشكّل بوليمر بشكل أفضل من META –4، MDP–10 و HEMA (Yoshihara et al., 2018, Mine et al., 2017).

تساعد خاصية GPDM المحبّة للماء على ارتشاح المادة الرابطة ضمن العاج منزوع المعادن، وهذا يعود إلى امتلاكه لخصائص مشابهة لمونومير HEMA، كما يعزز مونومير GPDM التفاعل بين المادة الرابطة وهيدروكسي الأباتيت بشكل مشابه لمونومير META –4 وبالتالي ينتج عن هذا التفاعل تشكيل ملح الكالسيوم – GPDM (GPDM–Ca)، يعمل مونومير GPDM بآلية إزالة الكلس Decalicification، مما يعزز تشكيل طبقة هجينة ثخينة ويكشف ألياف الكولاجين على عكس مونومير MDP – 10 الذي لا يقوم بكشف ألياف الكولاجين (Dressano et al., 2020, Yoshihara et al., 2018)، يتمتع مونومير GPDM بقدرة تخريش حمضيّ

مرتفعة الأمر الذي قد ينتج عنه فعالية ارتباط مماثلة لتلك الناتجة عن التخريش بحمض الفوسفور (Han et al., 2020).



الشكل(1– 1) البنية الجزيئية للمونوميرات الوظيفيّة GPDM,10– MDP ،

(Yoshihara., 2018)

13.1: الكلورهكسيدين كمثبط لأنزيمات (MMPS)Matrix Metalloproteinase:

Matrix Metalloproteinase(MMPS): هي أنظيمات حالة للبروتين يمكن أنْ تحفّز تحلل بروتينات القالب خرج الخلوي في مختلف الأنسجة البشريّة، وتوجد هذه الأنظيمات أيضاً في العاج البشريّ والخلايا الصانعة للعاج، يتمّ إفراز MMPS كطلائع أنظيمية Zymogens التي يتمّ تنشيطها بواسطة البروتينات، العوامل الكيميائيّة والبيئات الحامضيّة (Perdigão et al., 2021)، بمجرد تنشيط أنظيمات MMPS يحدث تحلل أنظيميّ لألياف الكولاجين في العاج و انهيار الطبقة الهجينة لاحقاً الذي بدوره يؤدي إلى إضعاف روابط الراتنج والعاج

(Graig et al., 2015, Moon et al., 2010)، تمّ تحديد 26 أنزيماً ينتمي إلى عائلة MMPS لكن ثلاثة منها فقط ذات صلة خاصة بفشل الطبقة الهجينة وهي MMP2, MMP8, MMP9.

وجدتِ الدراسات المخبريّة أنّ أنزيمات MMPS يمكن أنْ تقلل من ثخانة أو تزيل ألياف الكولاجين من الطبقة الهجينة غير المخترقة بالكامل براتنج المادة الرابطة في العاج، كما لاحظتْ دراسات سريريّة تحلل الكولاجين الناتج عن أنزيمات MMPS في قاعدة الطبقة الهجينة (Hilton et al., 2016, Carrilho et al., 2007).

أثناء اجراءات ربط العاج يتم تنشيط أنزيمات MMPS في العاج بواسطة أنظمة الربط كاملة أو ذاتيّة التخريش، ونظراً للطبيعة المدمرة لأنزيمات MMPS على الطبقة الهجينة تمّ إجراء العديد من الدراسات لتحديد مثبطات أنزيمات MMPS (Perdigão et al., 2020)، وقد أظهرتِ الدراسات بشكل متكرر أن الكلورهكسيدين CHX ذو فعالية في تثبيط النشاط الحال للبروتين الناتج عن أنزيمات MMPS، يعمل الكلورهكسيدين CHX من خلال آلية الخلب الكاتيوني cationic التي تقوم على حجز أيونات المعادن مثل الكالسيوم والزنك والتي هي معادن ضرورية لتنشيط أنزيمات MMPS (Graig et al., 2015, Collares et al., 2013)، قد تمّ استخدام الكلورهكسيدين كمثبط لأنزيمات MMPS إما عن طريق (Van Meerbeek et al., 2020, Montagner et al., 2014):

- دمج الكلورهكسيدين في عامل التخريش الحمضيّ الذي يتمّ فيما بعد إزالته من السطح السنيّ عبر الغسل.
- دمج الكلورهكسيدين في المادة الرابطة.
- تطبيق الكلورهكسيدين على العاج كمحلول مباشرة بعد التخريش الحمضي وبالتالي يبقى على اتصال مع السطح السنيّ وهي الاستراتيجية الأكثر استخداماً لتثبيط أنزيمات MMPS.

تمّ استخدام الكلورهكسيدين لأول مرة في الربط العاجيّ كمطهر للعاج قبل تطبيق المادة الرابطة نظراً لخصائصه المضادة للجراثيم المثبتة، أظهرت تقنية المجهر الماسح الإلكترونيّ SEM على العاج المخرش أنّ البقايا الناتجة عن حطام الكلورهكسيدين تبقى على السطح العاجيّ، وداخل القنيات العاجية بعد الغسل ولكنْ لم يكن

للكلورهكسيدين أي تأثير كبير على قوة الارتباط مع العاج (Perdigão et al., 2019)، بناءً على التجارب المخبريّة تمّ الترويج لمزايا تضمين مثبطات أنزيمات MMPS في إجراءات إلصاق الترميمات السنيّة من أجل التحسين من ديمومة هذه الترميمات ومنع تدهور الروابط العاجيّة على المدى الطويل، ومع ذلك لم يتم نشر سوى عدد قليل من التجارب السريريّة (Perdigão et al., 2020,de Souza et al., 2020).

تمّ مؤخراً تقديم العديد من مواد الربط الجديدة التي تحتوي في تركيبها على تراكيز مختلفة من الكلورهكسيدين تصل إلى تركيز 5% (Graig et al 2015)، أوضح Zhou وفقاً للاختبارات التي أجراها أن إضافة الكلورهكسيدين إلى المادة الرابطة لم يكن له آثار ضارة على قوة الارتباط الأولية لراتنج المادة الرابطة مع العاج عندما يكون التركيز المستخدم للكلورهكسيدين 1% أو اقل (Zhou et al., 2010).

14.1: الدراسات ذات الصلة بالبحث:

في دراسة سريريّة أجراها Van Dijken و Pallesen قارنت بين نظام الربط الشامل All Bond Universal (Bisco, USA)، ونظام الخريش الذاتيّ ذو الخطوتين Optibond XTR (Kerr,USA) على 114 ترميم صنف ثاني كمبوزيت أظهرتِ النتائج بعد متابعة استمرتْ لمدة 3 سنوات أنّ نظام الربط الشامل All Bond Universal قد حقّق معدل نجاح أعلى، حيث بلغ 94,7% مقارنة مع 91,2% لنظام التخريش الذاتيّ Optibond XTR، تشير هذه الدراسة إلى أنّ ترميمات الصنف الثاني المطبقة بنظام الربط الشامل ذو الخطوة الواحدة قد حقّقت أداءً سريريّاً جيداً على المدى القصير (Van Dijken et al., 2017).

في دراسة سريرية أجراها Zanatta وزملاؤه قيمت الأداء السريريّ لثلاث أنظمة ربط مختلفة:

1. نظام الربط الشامل Scotchbond Universal (3M).
2. نظام الربط كامل التخريش Adper Single Bond (3M).

3. نظام الربط ذاتيّ التخريش Clearfil Self Etch Bond (Kuraray).

شملتِ الدراسة 152 ترميم ل 34 مريضاً، وقد أظهرتِ النتائج أنّ أداء نظام الربط الشامل كان مشابهاً لأداء أنظمة الربط كاملة التخريش التقليدية وأنظمة الربط ذاتيّة التخريش (Zanatta et al., 2019).

أجرى Van landuyt دراسة على نظام ربط ذاتي التخريش عند تطبيقه بتقنيتي ربط مختلفتين التخريش الكامل والتخريش الذاتيّ، وقد لاحظ أنّ التخريش الحمضيّ بحمض الفوسفور كان له أثراً إيجابياً على قوة الارتباط بالميناء، لكنْ بالمقابل كان للتخريش الحمضيّ أثراً سلبياً على قوة الارتباط بالعاج، وبالتالي أظهرتْ هذه الدراسة أهمية التخريش الانتقائيّ للميناء دون العاج عند تطبيق تقنية التخريش الذاتيّ (Van landuyt et al., 2006).

أجرى Lago وزملاؤه دراسة مخبريّة تهدف إلى مقارنة قوة الارتباط لـ 6 أنظمة ربط شامل ونظام ربط ذاتيّ التخريش واحدClearfil SE مع العاج السنيّ، وقد أظهرتْ نتائج هذه الدراسة تفوّقاً ملحوظاً لأنظمة الربط الشامل الستة من حيث قوة الارتباط مقارنة مع نظام التخريش الذاتيّ Clearfil SE (Lago et al., 2019).

أظهرت المراجعة الشاملة التي أجراها Cuevas Suarez وزملاؤه لتقييم أداء عدة أنظمة ربط شامل تجاه مقاومة قوى القص Shear Bond، أنّه عند استخدام أنظمة ربط شامل متوسطة الحموضة أو ضعيفة جداً لا ينصح بتطبيق التخريش الحمضيّ المسبق على العاج، بالمقابل أثبت التخريش الانتقائي للميناء متبوعاً بتطبيق نظام الربط الشامل أنّه الخيار الأمثل لتحقيق ارتباط فعال وقوي مع الميناء السنيّ (Cuevas-Suarez et al., 2019).

أجرى Hurmuzlu دراسة مخبريّة لثلاث أنظمة ربط تجاه مقاومة قوى الشدّ Tensile Bond:

1. نظام تخريش ذاتيّ ذو خطوتين Clearfil SE.
2. نظام تخريش ذاتيّ ذو خطوة واحدة IBond.

3. نظام تخريش كامل Optibond Solo Plus، وقد لوحظ تفوّق نظام التخريش الذاتيّ ذو الخطوتين يليه نظام التخريش الكامل ثمّ نظام التخريش الذاتيّ ذو الخطوة الواحدة (Hurmuzlu et al., 2007).

أجرى Takamizawa .T وزملاؤه دراسة مخبريّة تهدف إلى تقييم تأثير التخريش الحمضيّ باستخدام حمض الفوسفور على مقاومة الارتباط للميناء والعاج السنيّ تجاه قوى القصّ لنظامي ربط ذو تخريش ذاتيّ Optibond XTR (Kerr, USA)، Geanial Bond (Tokyo,Japan)، ونظام ربط شامل Scotchbond Universal (3M, USA)، وقد أظهرتْ هذه الدراسة أنّ التخريش المسبق للميناء والعاج بحمض الفوسفور يؤثر بشكل مختلف على قوة الارتباط، حيث أدى التخريش الحمضيّ إلى زيادة ملحوظة في قوة الارتباط بالميناء، بينما لوحظ انخفاض في قوة الارتباط بالعاج مقارنة بالعينات غير المخرشة بحمض الفوسفور (Takamizawa et al., 2015).

أظهرت نتائج الدراسة التي أجراها Takamizawa.T حول تأثير مدة التخريش الحمضيّ المختلفة على أداء عدة أنظمة ربط ذاتيّة التخريش وشاملة في سياق الارتباط بالعاج، إنّ تطبيق التخريش الحمضيّ المسبق على السطوح العاجيّة لمدة 15 ثانية أدى إلى انخفاض ملحوظ في قوة الارتباط لأنظمة الربط المستخدمة سواء ذاتيّة التخريش أو الشاملة مقارنة بالمجموعات الشاهدة التي لم تخضع للتخريش الحمضيّ (Takamizawa et al., 2016).

في دراسة قام بها Da Rosa لم يلاحظ وجود فروق ذات دلالة إحصائيّة في قوة الارتباط عند تطبيق أنظمة الربط الشامل على العاج بتقنية التخريش الكامل أو الخريش الذاتيّ، وقد أشار أيضاً في دراسته إلى أهمية التخريش الانتقائيّ للميناء عند تطبيق أنظمة الربط الشامل (Da Rosa et al., 2015).

أجرى Marchesi دراسة تهدف إلى تقييم قوة الارتباط لعدة أنظمة ربط شامل بعد تطبيقها بتقنيات ربط مختلفة على العاج، وأظهرت هذه الدراسة أنّ أنظمة الربط الشامل قد حققتْ أعلى قوة ارتباط بالعاج عند تطبيقها بتقنية التخريش الذاتيّ (Marchesi et al., 2014).

أجرى Chen دراسة مخبريّة شاملة تهدف إلى تقييم أداء عدة أنظمة ربط شامل Prime and Bond Elect (Dentsply)، Scotchbond Universal (3M)، All Bond Universal (Bisco)، Clearfil Universal (Kuraray)، Futurabond U (Voco) باستخدام تقنيتي ربط مختلفتين التخريش الكامل والتخريش الذاتيّ في سياق الربط العاجيّ، وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائيّة بين تقنيتي التخريش (Chen et al., 2015).

أجرى Yazdi دراسة حول تأثير الكلورهكسيدين على مقاومة قوى الشدّ في سياق الربط العاجيّ لنظامي ربط أحدهما يحتوي على 0,2% كلورهكسيدين (Ultradent,Jordan, USA) Peak Universal Bond والثاني لا يحتوي على الكلورهكسيدين Clearfil SE وقد خلصتْ هذه الدراسة إلى أن التطبيق المسبق للكلورهكسيدين بتركيز 2% لم يكن له أي تأثير سلبي على مقاومة قوى الشدّ لنظام الربط Clearfil SE ومع ذلك فإن قوة الارتباط لنظام الربط Peak Universal Bond الحاوي على الكلورهكسيدين انخفضتْ بشكل ملحوظ بعد التعرّض لاختبار الإجهاد (دورات حرارية والتخزين في الوسط المائي) (Kazemi- Yazdi et al., 2020).

قام Suprastiwi بإجراء دراسة مخبريّة لتقييم تأثير الكلورهكسيدين على قوة ارتباط الكمبوزيت مع العاج السنيّ باستخدام نظام ربط شامل يحتوي على الكلورهكسيدين 0,2% Peak Universal Bond (Ultradent,Jordan,USA)، وقد أظهرت هذه الدراسة أنّ استخدام نظام ربط يحتوي على الكلورهكسيدين يمكن أنْ يحسن ارتباط الكمبوزيت مع العاج السنيّ ويمنع انهيار هذه الرابطة (Suprastiwi et al., 2015).

أجرى Sadeghi.M دراسة مخبريّة قيمت تأثير الكلورهكسيدين على قوة الارتباط بالعاج من خلال المقارنة بين نظام ربط يحتوي على الكلورهكسيدين 0,2% Peak Universal Bond، ونظامي ربط لا يحتويان على الكلورهكسيدين Single Bond Universal، Optibond Solo Plus، وقد أظهرتْ هذه الدراسة أن نظام الربط Peak Universal Bond لم يحقّق أي قوة ارتباط إضافية مقارنة مع أنظمة الربط غير الحاوية على الكلورهكسيدين، كما أظهرتِ الدراسة أيضاً أنّ تطبيق الكلورهكسيدين بتركيز 0,2% متبوعاً بنظامي الربط Single Bond Universal وOptibond Solo Plus لم يمنع من تراجع قوة الارتباط بعد التعرّض لاختبار الإجهاد (Sadeghi et al., 2017).

في دراسة مخبريّة أجراها Stape تهدف إلى تقييم تأثير التخريش الحمضيّ على أداء عدة أنظمة ربط شامل في سياق الربط العاجيّ، أظهرتْ نتائج هذه الدراسة عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائيّة من حيث قوة الارتباط بين تقنية التخريش الذاتيّ والتخريش بحمض الفوسفور لمدة 15 ثانية بعد 24 ساعة من التطبيق وفي المقابل لوحظ انخفاض كبير في قوة الارتباط في المجموعات التي خضعتْ للتخريش بحمض الفوسفور لمدة 15 ثانية بعد 6 أشهر (Stape et al., 2021).

في دراسة مخبريّة قامتْ بها Boutsiouk تهدف إلى تقييم تأثير إضافة الكلورهكسيدين إلى المادة الرابطة على شدة الارتباط بالعاج، أظهرت هذه الدراسة انخفاض ملحوظ في قيم شدة الارتباط لنظام الربط Peak Universal Bond الذي يحتوي على الكلورهكسيدين 0,2% بعد الخضوع لاختبارات الإجهاد، كما أظهرتْ هذه الدراسة أيضاً أنّ إضافة الكلورهكسيدين إلى المادة الرابطة فشل في تحقيق أي خصائص مضادة للجراثيم أو مضادة للأنزيمات الحالة لألياف الكولاجين (Boutsiouki et al., 2023).

أظهرت الدراسة المخبريّة التي قامتْ بها Tessore لتقييم أداء نظام الربط الشامل Peak Universal Bond الحاوي على الكلورهكسيدين 0،2 % باستخدام تقنيتي ربط مختلفتين التخريش الكامل والتخريش الذاتيّ، أنّ

أداء نظام الربط الشامل لا يعتمد على تقنية الربط المستخدمة، حيث لم تختلف قوة الارتباط سواء مع اختيار تقنية التخريش الكامل أو الذاتيّ، كما لم يكن هناك تأثير لإضافة الكلورهكسيدين على أداء نظام الربط الشامل (Tessore et al., 2020).

أجرى Nagarkar مراجعة شاملة تهدف إلى تقييم الأداء المخبريّ والسريريّ لعدة أنظمة ربط شامل وقد أظهرتْ هذه الدراسة أنّ الارتباط الكيميائيّ الذي حقّقه المونومير الوظيفي 10-MDP مع النسج المينائيّة والعاجيّة كان الأكثر فعالية واستقراراً في الوسط المائيّ مقارنة بالمونوميرات الوظيفيّة الأخرى (Nagarkar et al., 2019).

في الدراسة التي قام بها Ando لتقييم أداء ثلاث أنظمة ربط شامل: Optibond Universal، Prime and Bond Universal، Clearfil Universal Bond في سياق الربط العاجيّ، أظهرتْ هذه الدراسة انخفاض ملحوظ في قيم مقاومة قوى الشدّ لكافة أنظمة الربط الشامل المختبرة بعد الخضوع لدورات حراريّة (Ando et al., 2021).

أجرى Besic دراسة مخبريّة تقارن بين أنظمة الربط التالية: Futurabond DC، Scotchbond Universal، Optibond Universal، ونظام الربط كامل التخريش Optibond FL، في سياق الربط العاجيّ، وقد أظهرتْ هذه الدراسة أن نظام الربط كامل التخريش Optibond FL ذو الثلاث خطوات قد حقّق أعلى قيم قوة ارتباط بالعاج بين أنظمة الربط المختبرة كما حقّق Optibond Universal وفقاً لهذه الدراسة قيم قوة ارتباط مماثلة لنظام الربط كامل التخريش، خلّصت هذه الدراسة أنّ نظام الربط الشامل Optibond universal قد يكون الخيار المفضل في الممارسة السريريّة كونه يتطلب عدد خطوات سريريّة أقل مقارنة مع نظام الربط كامل التخريش (Besic et al., 2023).

في دراسة مخبريّة أجراها Yoshihara تهدف إلى تقييم قدرة المونومير الوظيفيّ GPDM على تحقيق ارتباط كيميائيّ مستقر مع هيدروكسي أباتيت العاج، أكدتْ نتائج هذه الدراسة التفاعل الكيميائيّ بين المونومير

الوظيفيّ GPDM وهيدروكسي أباتيت العاج لتكوين ملح (Dicalcium phosphate dehydrate) DCPD بعد 24 ساعة ومع ذلك تمت إزالة المونومير الوظيفيّ GPDM بسهولة بعد الغسل بالماء وفي المقابل حافظ المونومير الوظيفيّ 10-MDP على التصاقه بهيدروكسي الأباتيت، كما أشارتْ هذه الدراسة أيضاً أنّ العاج المعالج بالمونومير الوظيفيّ GPDM قد أظهر خواصاً محبّةً للماء بشكل أكبر مقارنة بالعاج المعالج بالمونومير الوظيفيّ 10-MDP ومع ذلك وفقاً لهذه الدراسة فقد أظهر نظام الربط ذاتيّ التخريش Optibond XTR الحاوي على المونومير الوظيفيّ GPDM أداءً مخبريّاً وسريريّاً جيداً (Yoshihara et al., 2018).

أجرى Wang دراسة مخبريّة تهدف إلى تقييم تأثير التفاعل بين المونوميرات الوظيفيّة المختلفة في أنظمة الربط والعاج السنيّ على أداء هذه الأنظمة في سياق الربط العاجيّ، وقد أظهرتْ هذه الدراسة أنّ نظام الربط Optibond XTR الذي يحتوي على المونومير الوظيفيّ GPDM قد حقّق أعلى قيم لمقاومة قوى الشدّ مقارنة مع أنظمة الربط ذاتيّة التخريش الأخرى، كما لوحظ الاندخال العميق لنظام الربط Optibond XTR 15-30 ميكرون ضمن القنيات العاجيّة مقارنة مع أنظمة الربط ذاتيّة التخريش الأخرى 1 ميكرون، وفقاً لهذه الدراسة فقد أظهر أيضاً المونومير الوظيفيّ GPDM قدرة عالية على تخريش وترطيب السطوح العاجيّة، خلّصت هذه الدراسة إلى أنّ البُنى والتراكيز المختلفة للمونوميرات الوظيفيّة في أنظمة الربط قد يكون لها تأثير مباشر على فعالية الارتباط لهذه الأنظمة (Wang et al., 2017).

الباب الثاني

مواد وطرق البحث

Methods and Materials

2. مواد وطرق البحث Methods and Materials

1.2: تصميم الدراسة:

دراسة مخبريّة مقارنة لقوة ارتباط نظامي ربط شامل مختلفين (Optibond Universal (Kerr, USA يحتوي على المونومير الوظيفيّ GPDM مقارنة مع(Peak Universal Bond (Ultradent , Jordan, USA غير الحاوي على مونوميرات وظيفيّة ويحتوي على الكلورهكسيدين بتركيز 0,2% .

2.2: عينة البحث:

تتألف عينة البحث من 80 ضاحكة بشريّة خالية من النخور والترميمات قلعت لأسباب تقويميّة، غُسلتِ الأسنان بالماء الجاري ووضعت في محلول الكلورامين T 0.5% مدة أسبوع في درجة حرارة الغرفة، ثمّ حُفظت بالماء المقطر إلى حين إجراء الاختبارات الميكانيكيّة بحيث لا تتجاوز مدة الحفظ ستة أشهر (Sirisha et al., 2014).

3.2: معايير التضمين في الدراسة :

- ضواحك علوية وسفلية
- حديثة القلع
- سليمة التاج
- خالية من النخور
- خالية من الصدوع والكسور
- خالية من الترميمات

الشكل (2- 1) عينة البحث

قُسمتْ عينة البحث عشوائياً إلى 4 مجموعات، ضمّتْ كلّ مجموعة 20 سناً:

1. المجموعة الأولى: طبقت فيها المادة الرابطة Optibond Universal (Kerr, USA) بتقنية التخريش الكامل Total Etch.
2. المجموعة الثانية: طبقت فيها المادة الرابطة Optibond Universal (Kerr,USA) بتقنية التخريش الذاتي Self Etch.
3. المجموعة الثالثة: طبقت فيها المادة الرابطة Peak Universal Bond (Ultradent,Jordan,USA) بتقنية التخريش الكامل Total Etch.
4. المجموعة الرابعة: طبقت فيها المادة الرابطة Peak Universal Bond(Ultradent,Jordan,USA) بتقنية التخريش الذاتيّ Self Etch.

4.2: مواد البحث:

1.4.2. مادة التخريش الحمضيّ :

وهو حمض الفوسفور على شكل هلام بتركيز 37% لشركة META كورية المنشأ

الشكل (2-2) الحمض المخرش

2.4.2. أنظمة الربط:

أ- نظام الربط Optibond Universal (Kerr,USA):

هو نظام ربط متعدد الأغراض والاستعمالات يتوافق مع كافة تقنيات التخريش الكامل، الذاتيّ، الانتقائيّ للميناء، ويستخدم لإلصاق كافة الترميمات المباشرة وغير المباشرة، وهو نظام ربط ضوئيّ التصلب ذو درجة حموضة ضعيفة جداً 3 – 2,5= Ultra-mild PH مكوّن من عبوة واحدة تتضمن المخرش، المبدئ والعامل الرابط، يحتوي على المونومير الوظيفي GPDM الذي أثبتَ قدرته على تحقيق ارتباط أفضل مع كلّ من النسج السنيّة (المينائيّة والعاجيّة) والمواد الراتنجية من خلال زمرة الفوسفات الحامضيّة ووجود زمرة وظيفية إضافية من الميتاكريلات مقارنة مع المونومير الوظيفي MDP، كما يحتوي هذا النظام الرابط على ثلاث محلات في عبوة واحدة وهي الماء، الأسيتون والإيتانول مما يعزز من قدرة التخريش وإعادة الترطيب ويزيد من عمق اندخال المادة الرابطة ضمن القنيات

العاجيّة ويقلل من حساسية تقنية التطبيق، ويتميّز هذا النظام بتقنية درجة الحموضة الذكية smart PH حيث قبل عملية التصليب الضوئيّ تكون درجة حموضة المادة الرابطة منخفضة جداً لتخريش الميناء بشكل فعّال، وبعد عملية التصليب الضوئيّ يتم تعديل درجة الحموضة لتصل إلى PH = 7 مما يحقّق التوافق مع كافة المواد المرممة الراتنجيّة (Ferreira et al., 2025, Takamizawa et al., 2023).

الشكل (2- 3) Optibond Universal

ب- نظام الربط (Ultradent,South Jordan,USA) Peak Universal Bond:

هو نظام ربط متعدد الأغراض والاستعمالات يتوافق مع كافة تقنيات التخريش الكامل، الذاتيّ، الانتقائيّ للميناء، ويستخدم لإلصاق كافة الترميمات المباشرة وغير المباشرة، وهو نظام ربط ضوئيّ التصلب ذو درجة حموضة متوسطة الشدة Intermediate – strong PH = 1,2 مكوّن من عبوتين المخرش والمبدئ ضمن عبوة واحدة، والعامل الرابط في عبوة منفصلة، لا يحتوي هذا النظام الرابط في تركيبه على مونوميرات وظيفيّة، تحتوي هذه المادة الرابطة على الكلورهكسيدين بتركيز 0,2% الذي يساهم في تحقيق ارتباط ذو ديمومة أفضل مع النسج العاجيّة على المدى الطويل وفقا لادعاءات الشركة المصنعة من خلال منع تخرّب ألياف الكولاجين في العاج أو الطبقة الهجينة نتيجة لنشاط الأنزيمات الحالة لبروتينات

القالب خارج الخلوي Matrix Metalloproteinases (MMPS) كما تحتوي هذه المادة الرابطة على الكحول الإيتيلي كمحل وحمض الميتاكريليك (Altıntop et al., 2025, Sadeghi et al., 2017).

الشكل (2– 4) Peak SE primer

الشكل (2- 5) Peak Universal Bond

الجدول (2-1) العناصر الكيميائيّة المكوّنة للمواد الرابطة:

الشركة المصنعة	المكونات	المادة
Kerr,USA	**Monomers:** GPDM: Glycerol phosphate dimethacrylate. **Co- monomers:** dimethacylate, 2- hydroxyethyl methacrylate (HEMA), GDM (glycerol dimethacrylate). **Solvents:** acetone, ethanol, water. **Fillers:** three nano – sized fillers. **Photo initiator:** camphorquinone (C-Q) – based photo initiator system. Fluoride releasing fillers – Soduim exafluorosilicate and yetterbium fluoride.	Optibond Universal
Ultradent, Jordan,USA	**Peak SE Primer:** ethyl alcohol, methacrylic acide, 2-hydroxyethyl-methacrylate (HEMA). **Peak universal bond resin:** ethyl alcohol, 2-hydroxyethyl methacylate (HEMA),methacrylic acid, Chlorhexidine di(acetate) 0,2% .	Peak Universal Bond

3.4.2. كمبوزيت Tetric N – Ceram:

وهو كمبوزيت هجين نانومتري لشركة Ivoclar Vivadent.

الشكل (2- 6) كمبوزيت Tetric N – Ceram

4.4.2. اللعاب الصناعي (Preetha& Banerjee, 2005) :

تركيب اللعاب الصناعيّ :

Xanthan gum 0.18

Potassium chloride 1.2

Soduim chloride 0.85

Magnesium chloride 0.05

Calcuim chloride 0.13

Di-potassium hydrogen orthophosphate 0.13

Methyl p-hydroxybenzoate 0.35

الشكل (2- 7) اللعاب الصناعي

5.2: أدوات وأجهزة البحث:

1.5.2. قبضة توربين

الشكل (2- 8) قبضة توربين

2.5.2. سنابل التحضير

الشكل (2- 9) سنابل التحضير

3.5.2. مسبر لثوي

الشكل (2- 10) مسبر لثوي

4.5.2. مسطرة

الشكل (2- 11) مسطرة

5.5.2. قوالب أسطوانيّة

الشكل (2- 12) قوالب أسطوانية

6.5.2. فراشي لتطبيق المادة الرابطة:

الشكل (2- 13) فراشي لتطبيق المادة الرابطة

7.5.2. أدوات تطبيق الكمبوزيت

الشكل (2- 14) أدوات تطبيق الكمبوزيت

8.5.2. جهاز تصليب ضوئيّ من نوع LED

الشكل (2-15) جهاز تصليب ضوئي

9.5.2. المكبرة الضوئيّة Stereomicroscope

الشكل (2-16) المكبرة الضوئية

10.5.2. حاضنة الدورات الحراريّة Memmert

الشكل (2-17) حاضنة الدورات الحرارية

11.5.2. الحاضنة الحراريّة

الشكل (2- 18) الحاضنة الحرارية

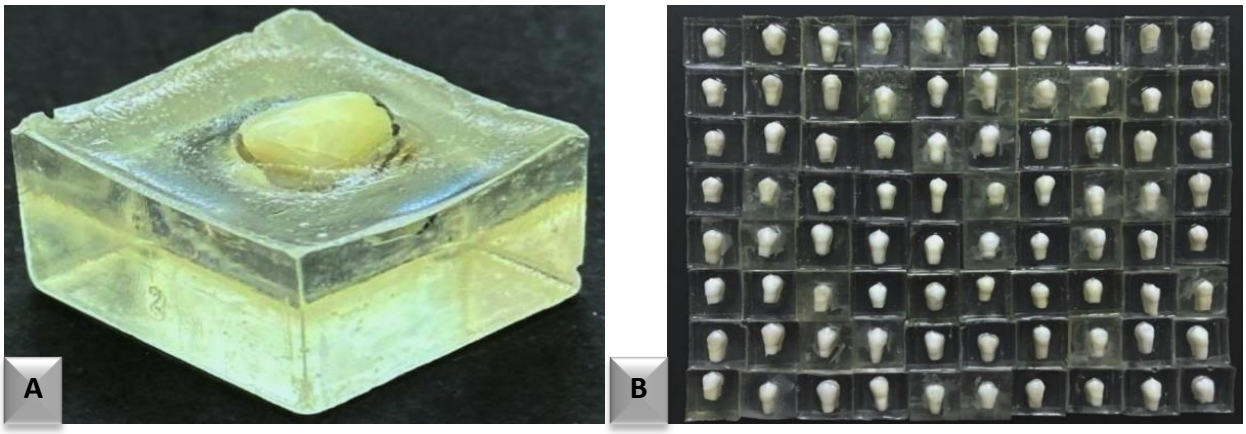
12.5.2. جهاز اختبار قوى القصّ Testometric

الشكل (2- 19) جهاز اختبار قوى القص

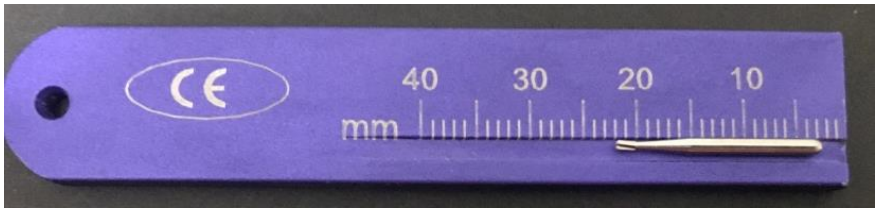
6.2: طريقة العمل:

1.6.2: تحضير العينات:

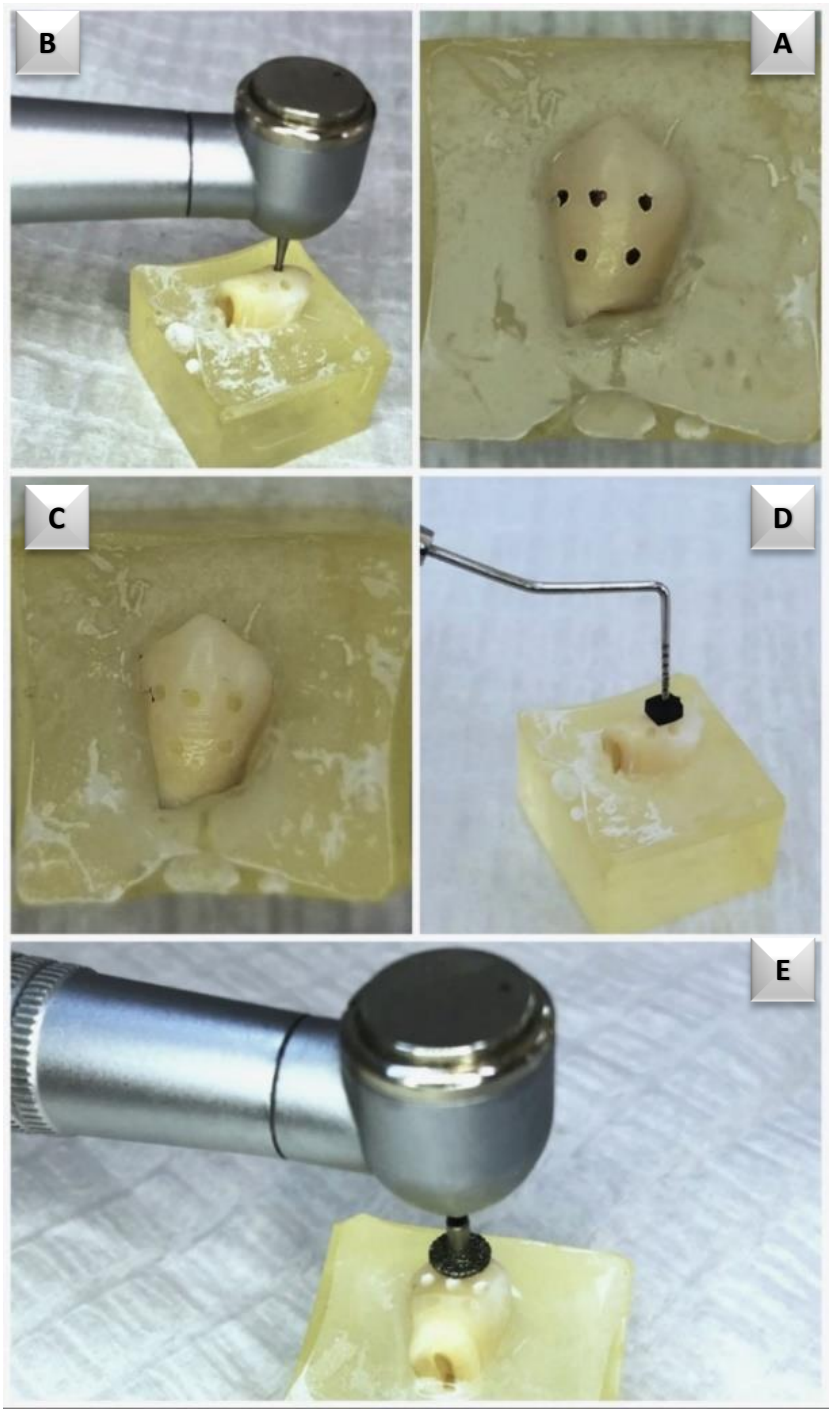
بعد جمع العينات وتنظيفها قُصّتْ جذور الأسنان تحت الملتقى الميناليّ الملاطيّ، ثمّ صُبتْ تيجان الأسنان ضمن قوالب أكريلية مكعبة من راتنج الإيبوكسي بحيث يبقى السطح الدهليزيّ لتيجان الأسنان مرتفعاً عن القوالب الإكريلية بمقدار 3 مم الشكل (2-20)، حُضرتِ السطوح العاجيّة باستعمال سنابل ماسيّة مركبة على قبضة توربين مع الإرواء حتى الحصول على سطوح مستوية موازية لسطح الإكريل، حضرت السطوح الدهليزية للأسنان من خلال حفر ثقوب بعمق بعمق 2 مم في الثلث المتوسط من السطح الدهليزيّ بواسطة سنبلة تنغستين كارباید طول رأسها العامل 2 مم الشكل (2-21)، استعمل المسبر اللثوي مع محددة مطاطيّة للتأكد من عمق التحضير للسطح الدهليزيّ، ثمّ خُفض السطح الدهليزيّ للأسنان بواسطة سنبلة ماسيّة دولابية للحصول على سطوح عاجيّة مستويّة الشكل (2-22)،(2-23).



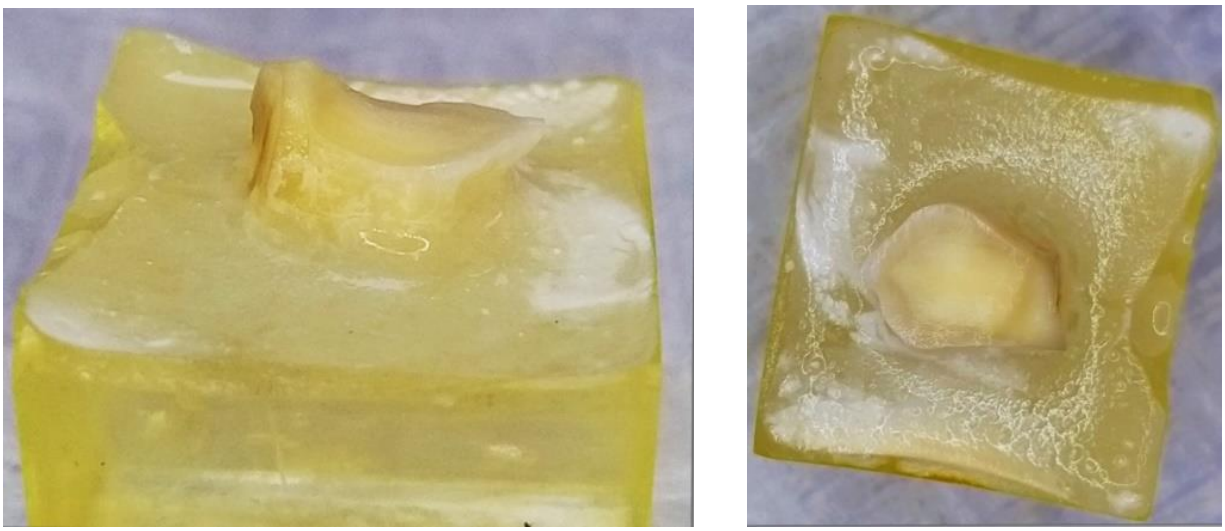
الشكل (2- 20) صب الأسنان ضمن القوالب الإكريلية (A,B)



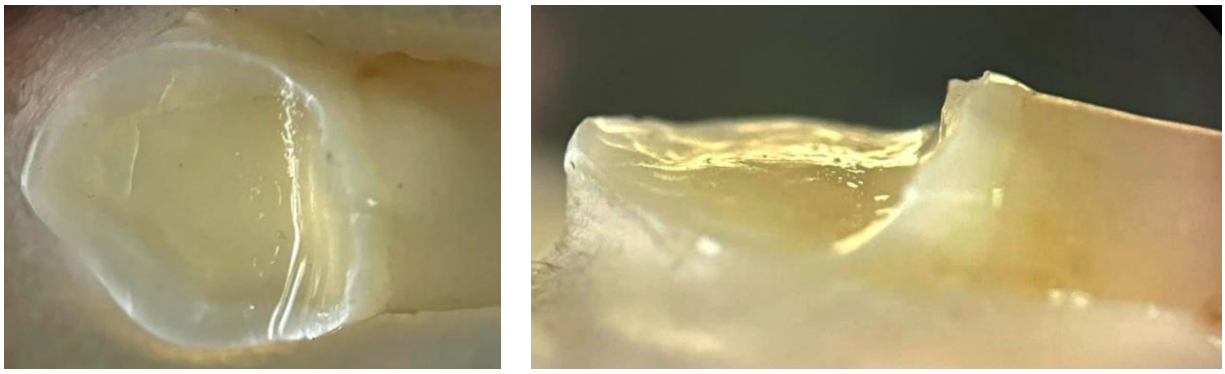
الشكل (2– 21) قياس طول الرأس العامل للسنبلة



الشكل (2– 22) تحضير السطوح العاجيّة: تحديد مكان حفر الثقوب على السطح الدهليزيّ (A)، حفر الثقوب بواسطة سنبلة التنغستين (C,B)، التأكّد من عمق التحضير بواسطة مسبر لثويّ مع محددة مطاطيّة (D)، تسوية السطح العاجيّ بواسطة سنبلة ماسيّة دولابيّة (E)



الشكل (2- 23) سطح عاجي محضر



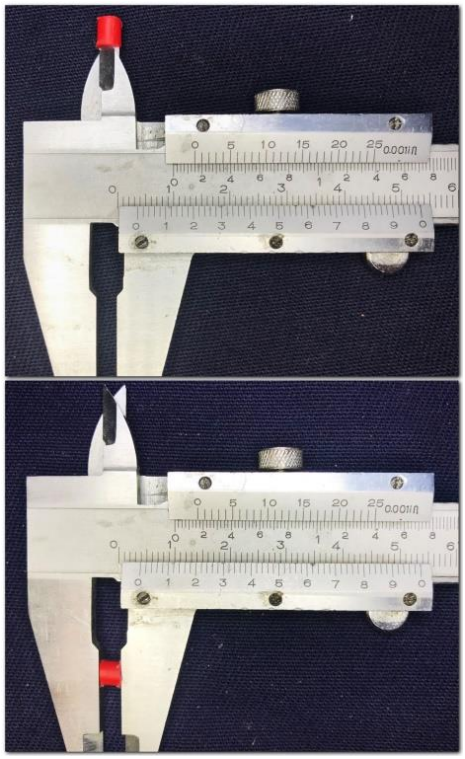
A **B**

الشكل (2- 24) سطح عاجي محضر تحت التكبير (A,B)

الشكل (2– 25) السطوح العاجية بعد التحضير

2.6.2: تحضير القوالب الأسطوانيّة:

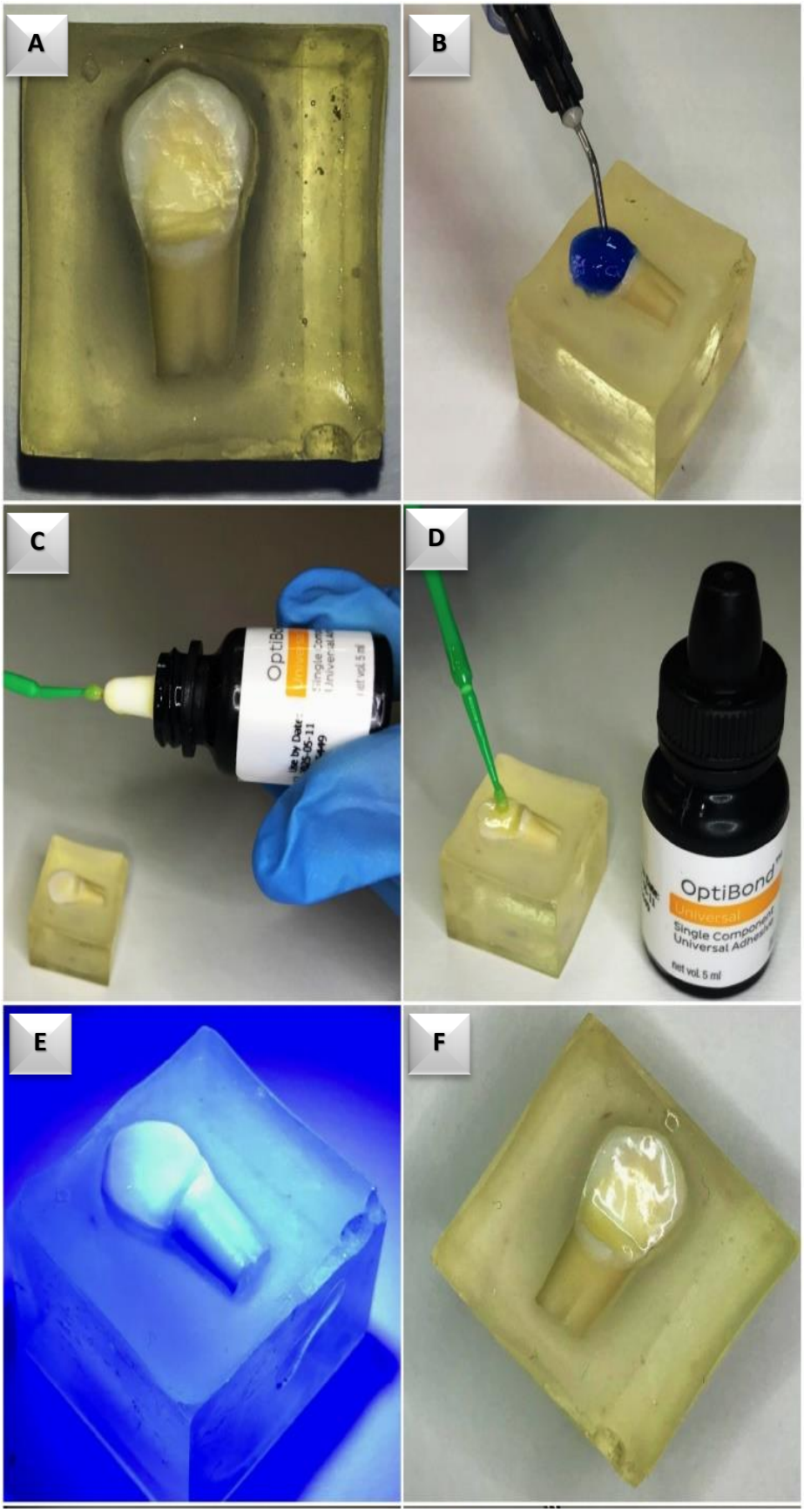
حُضـــرت 80 قطعـــة أســـطوانيّة الشـــكل بقطـــر 3,5 مـــم وارتفـــاع 4 مـــم ليـــتم تطبيـــق الكمبوزيـــت ضمن هذه القوالب الأسطوانيّة وتصليبه الشكل (2–26).

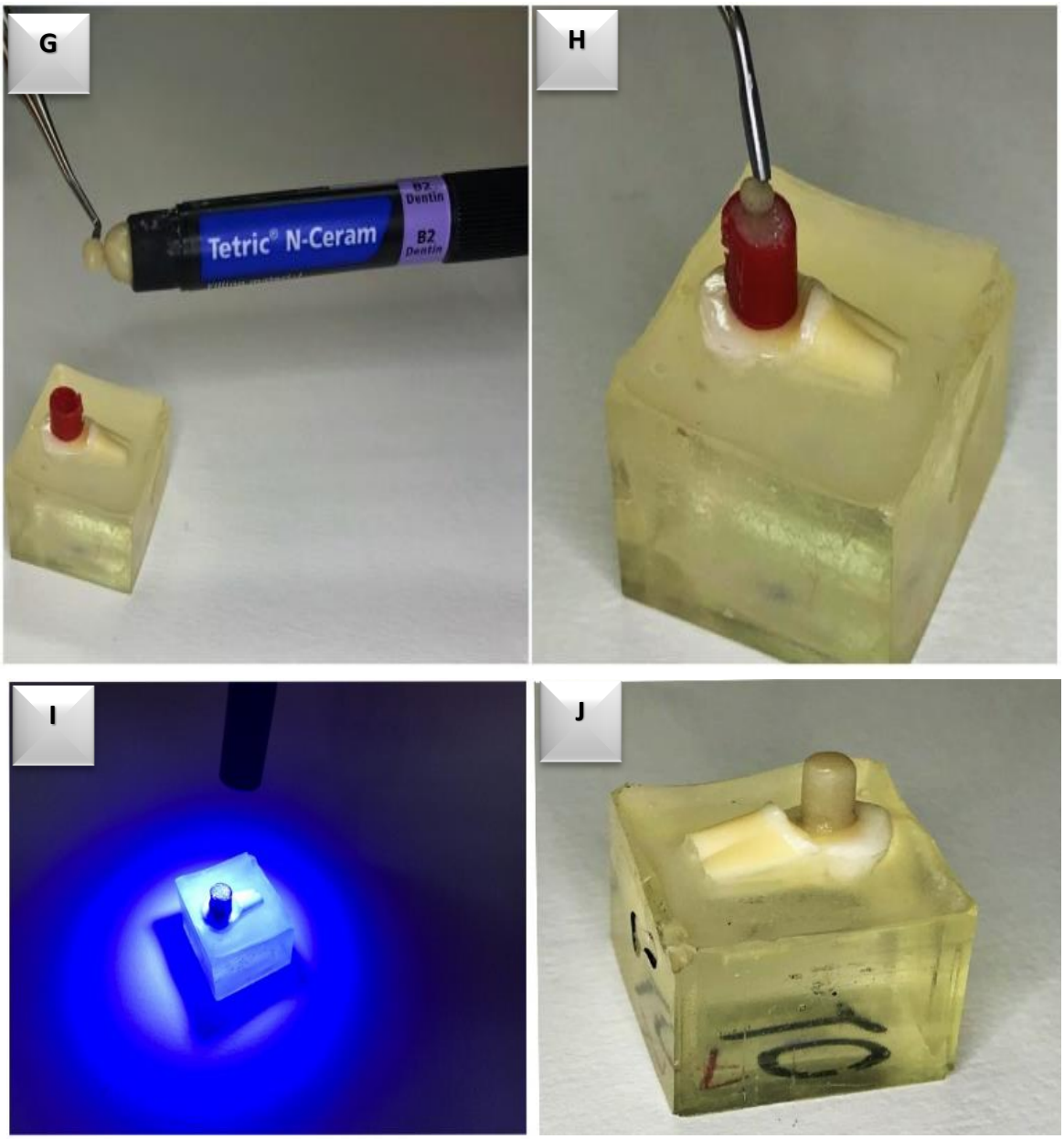


الشكل (2–26) قياس قطر وارتفاع القوالب

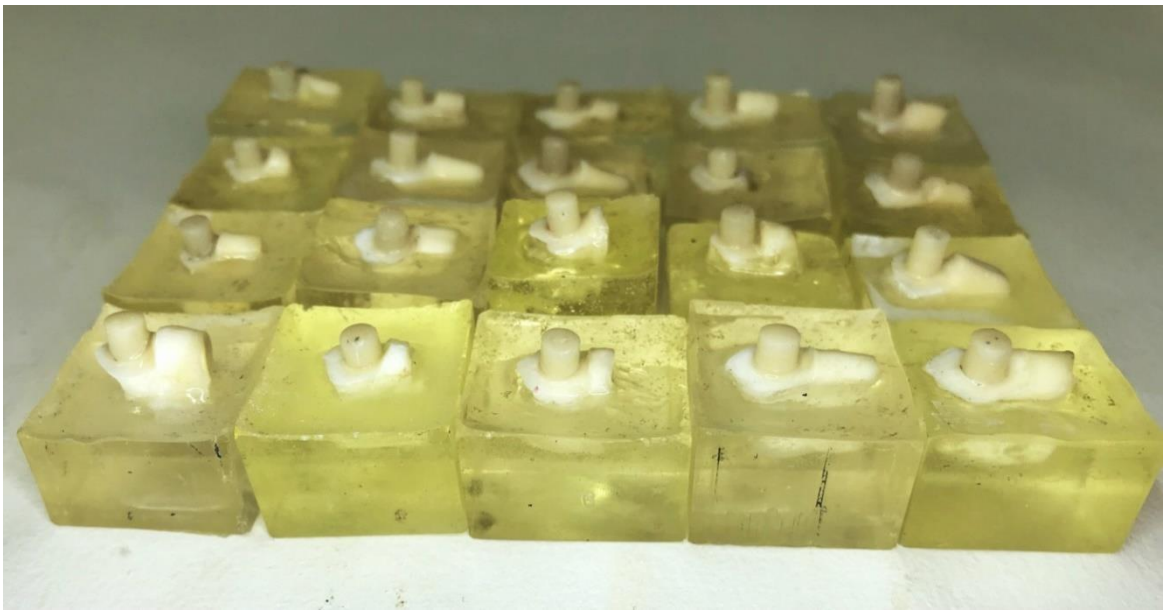
3.6.2: طريقة تطبيق المواد:

المجموعة الأولى (n = 20) طبقت المادة الرابطة Optibond Universal على السطوح العاجيّة بنمط التخريش الكامل حيث خرش السطح العاجيّ بحمض الفوسفور 37% لمدة 15 ثانية، ثمّ غُسل السطح وجُفف بتيار هوائيّ لطيف، فُرشتِ المادة الرابطة على السطح العاجيّ المخرش وفُركتِ بواسطة فرشاة دقيقة مدة 20 ثانية، ومن ثمّ سُلط تيار هوائيّ لطيف على السطح مدة 5 ثوان، وصُلبتِ المادة الرابطة مدة 20 ثانية باستخدام جهاز التصليب الضوئيّ LED، ثمّ ثُبتَ القالب الأسطوانيّ على السطح العاجيّ، وطُبق الكمبوزيت على عدة دفعات ضمن القالب الأسطوانيّ، وصُلبتِ كلّ طبقة مدة 40 ثانية، ثمّ أُزيل القالب الأسطوانيّ بواسطة شفرة المشرط الشكل (2–27).


A
B
C
D
E
F
OptiBond
Universal
Single Component
Universal Adhesive
net vol. 5 ml

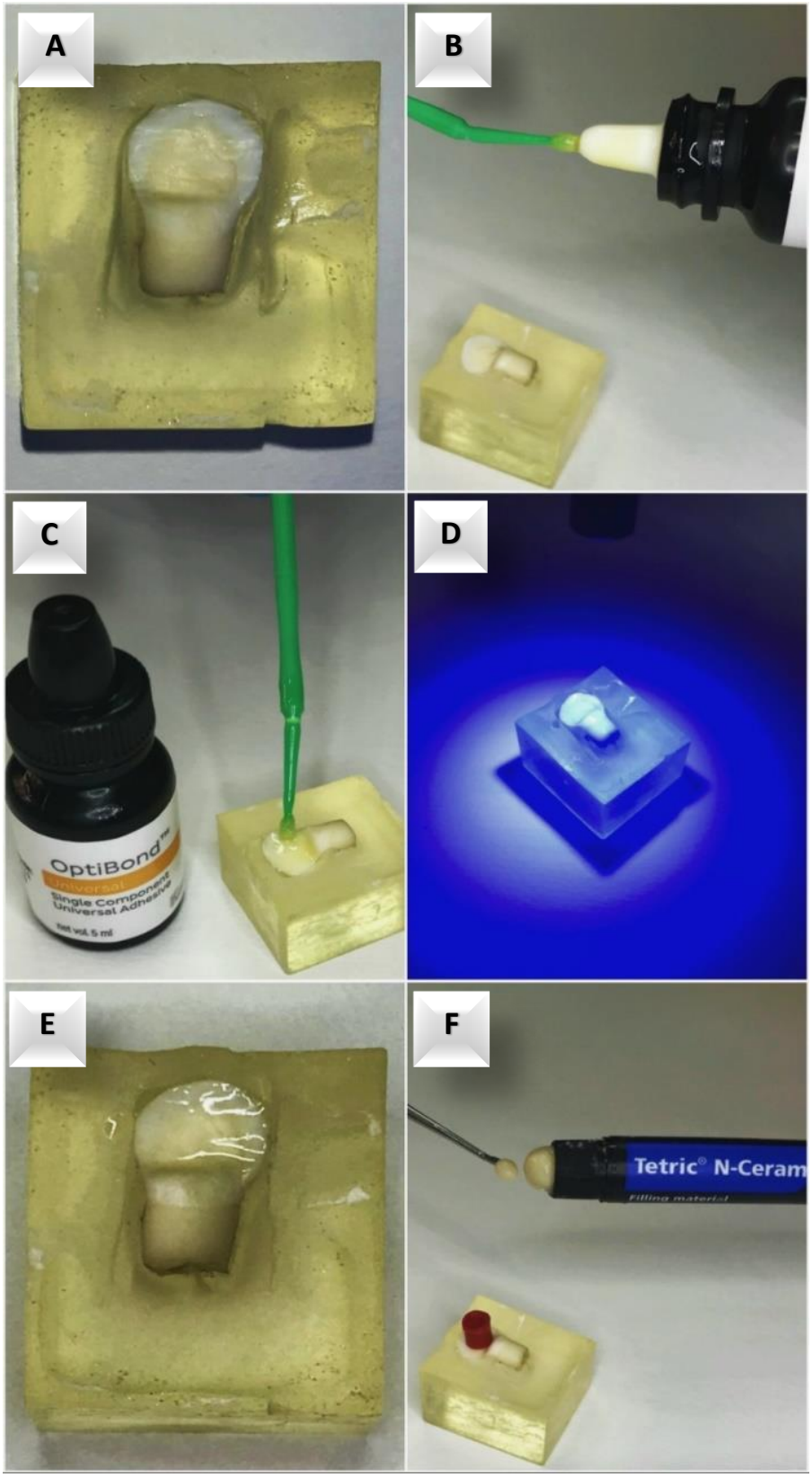


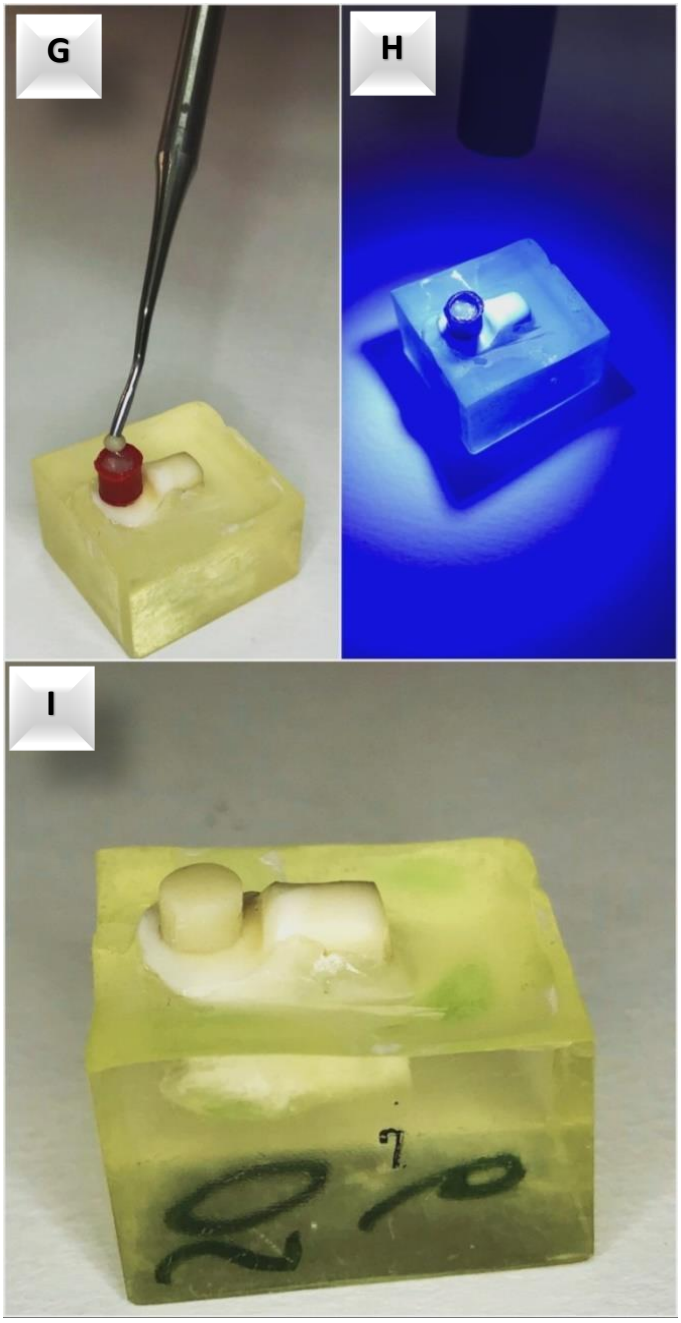
الشكل (2– 27) تطبيق Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل: سطح عاجيّ محضر (A)، التخريش الحمضيّ للسطح العاجيّ (B)، تطبيق المادة الرابطة (C,D)، تصليب المادة الرابطة (E,F)، دكّ الكمبوزيت ضمن القالب الأسطوانيّ (G,H)، تصليب الكمبوزيت وقصّ القالب الأسطوانيّ (I,J)



الشكل (2-28) المجموعة الأولى بعد تطبيق المادة الرابطة Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل

المجموعة الثانية (n=20) طُبقت المادة الرابطة Optibond Universal على السطوح العاجيّة بنمط التخريش الذاتيّ، حيث فُرشتِ المادة الرابطة على السطح العاجيّ، وفُركتْ بواسطة فرشاة دقيقة مدة 20 ثانية، ومن ثمّ سُلط تيار هوائيّ لطيف على السطح مدة 5 ثوان، وصُلبتِ المادة الرابطة مدة 20 ثانية باستخدام جهاز التصليب الضوئيّ LED، ثمّ ثُبتَ القالب الأسطوانيّ على السطح العاجيّ، وطُبق الكمبوزيت على عدة دفعات ضمن القالب الأسطوانيّ، وصُلبت كلّ طبقة مدة 40 ثانية، ثمّ أُزيل القالب الأسطوانيّ بواسطة شفرة المشرط الشكل (2-29).

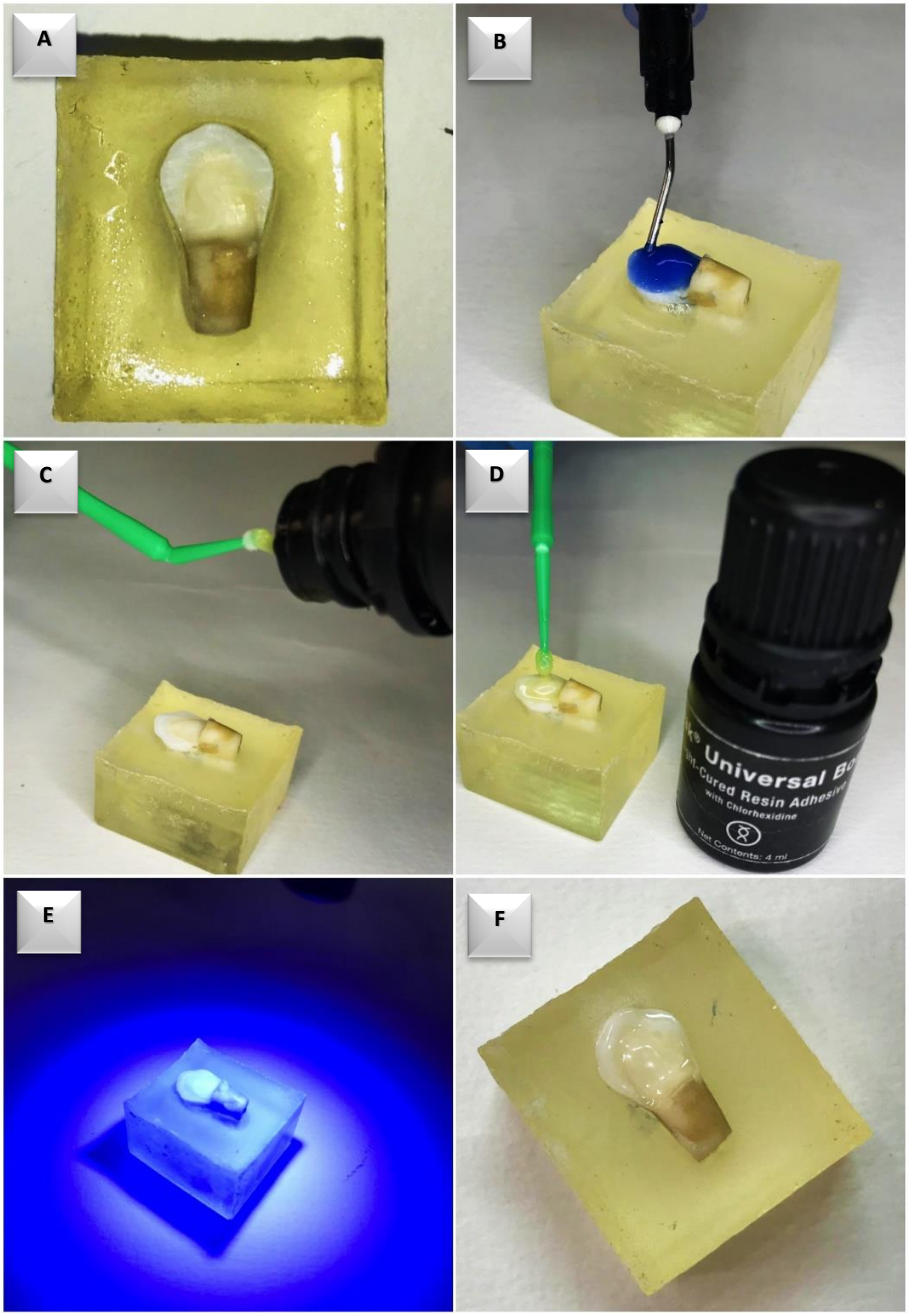

A
B
C
OptiBond
Universal
Single Component
Universal Adhesive
D
E
F
Tetric® N-Ceram

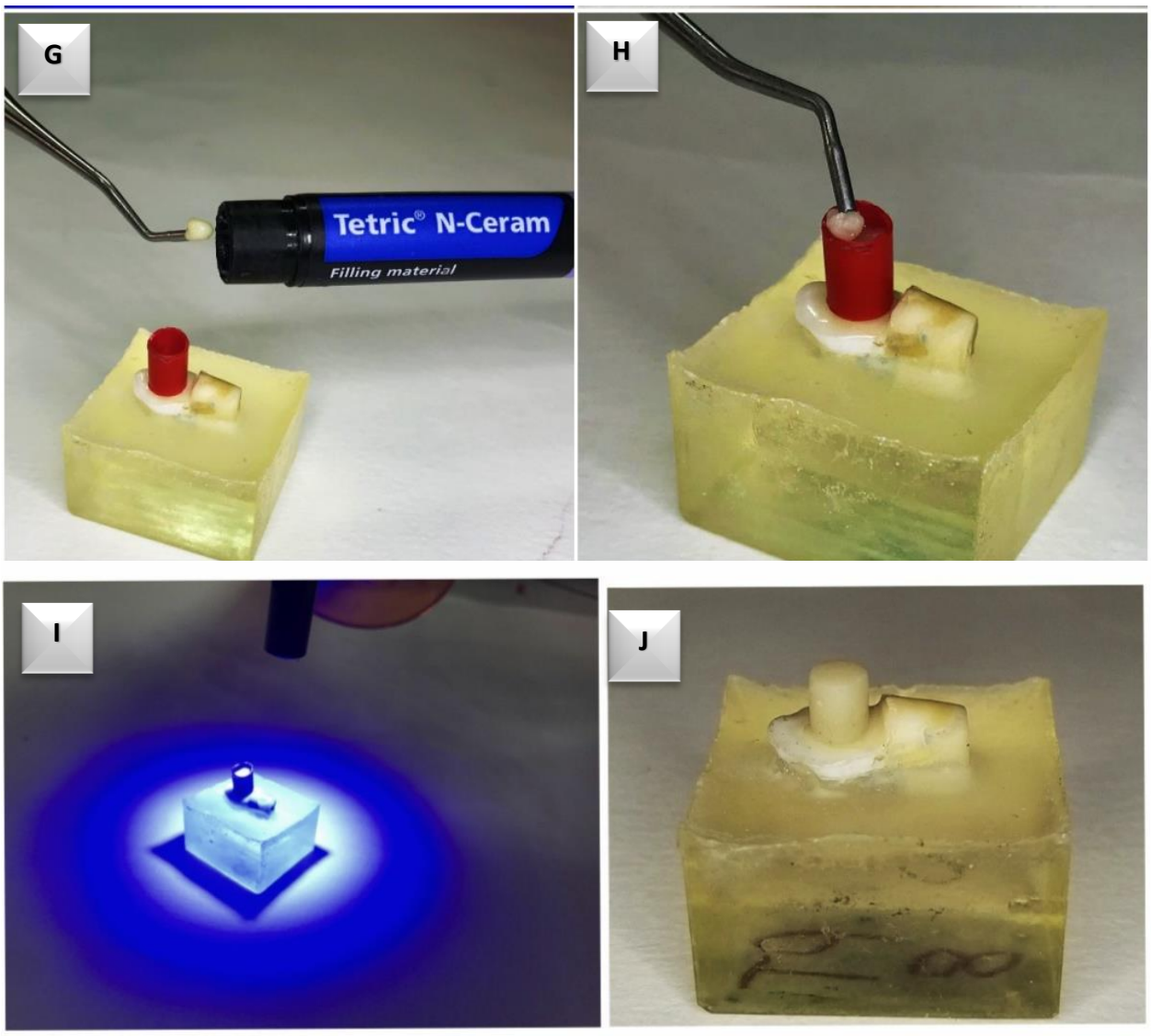


الشكل (2– 29) تطبيق Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ: سطح عاجي محضر (A)، تطبيق المادة الرابطة (B,C)، تصليب المادة الرابطة (D,E)، دكّ الكمبوزيت ضمن القالب الأسطوانيّ (F,G)، تصليب الكمبوزيت وقصّ القالب الأسطوانيّ (H,I)

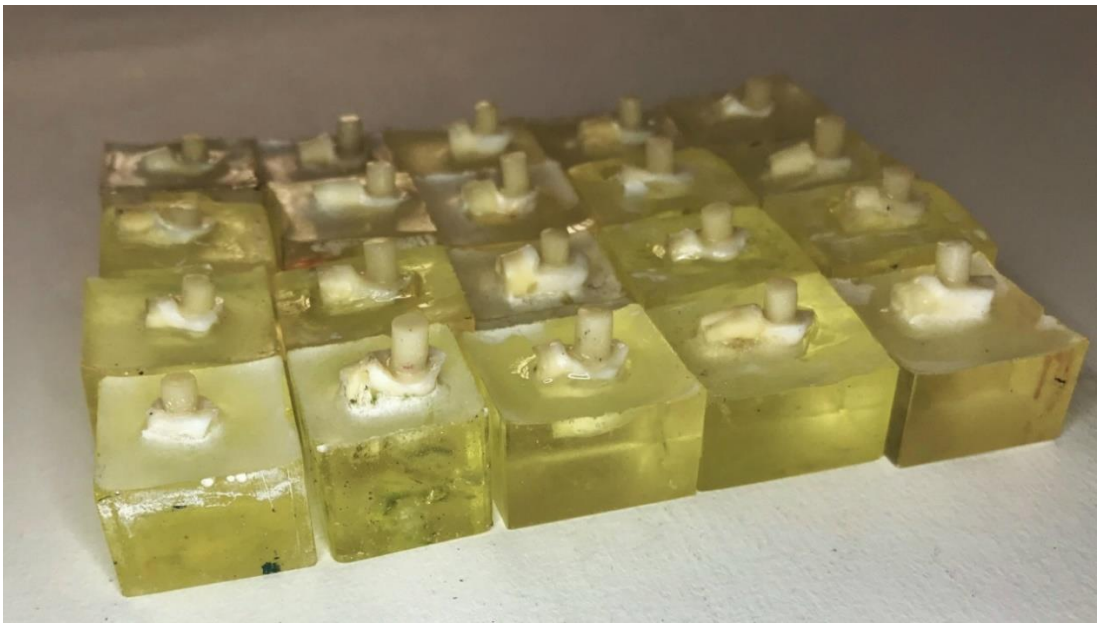
الشكل (2– 30) المجموعة الثانية بعد تطبيق المادة الرابطة Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتي

المجموعة الثالثة (n=20) طُبقتِ المادة الرابطة Peak Universal Bond على السطوح العاجيّة بنمط التخريش الكامل، حيث خُرش السطح العاجيّ بحمض الفوسفور 37% لمدة 15 ثانية، ثمّ غُسل السطح وجُفف بتيار هوائيّ لطيف، فُرشتِ المادة الرابطة على السطح العاجيّ المخرش، وُفركتْ بواسطة فرشاة دقيقة مدة 20 ثانية، ومن ثمّ سُلط تيار هوائيّ لطيف على السطح مدة 5 ثوان، وصُلبتِ المادة الرابطة مدة 20 ثانية باستخدام جهاز التصليب الضوئيّ LED، ثمّ ثُبتَ القالب الأسطوانيّ على السطح العاجيّ وطُبق الكمبوزيت على عدة دفعات ضمن القالب الأسطوانيّ، وصُلبت كلّ طبقة مدة 40 ثانية، ثمّ أُزيل القالب الأسطوانيّ بواسطة شفرة المشرط الشكل (2–31).


A
B
C
D
Universal Bo
Light-Cured Resin Adhesive
with Chlorhexidine
Net Contents: 4 ml
E
F

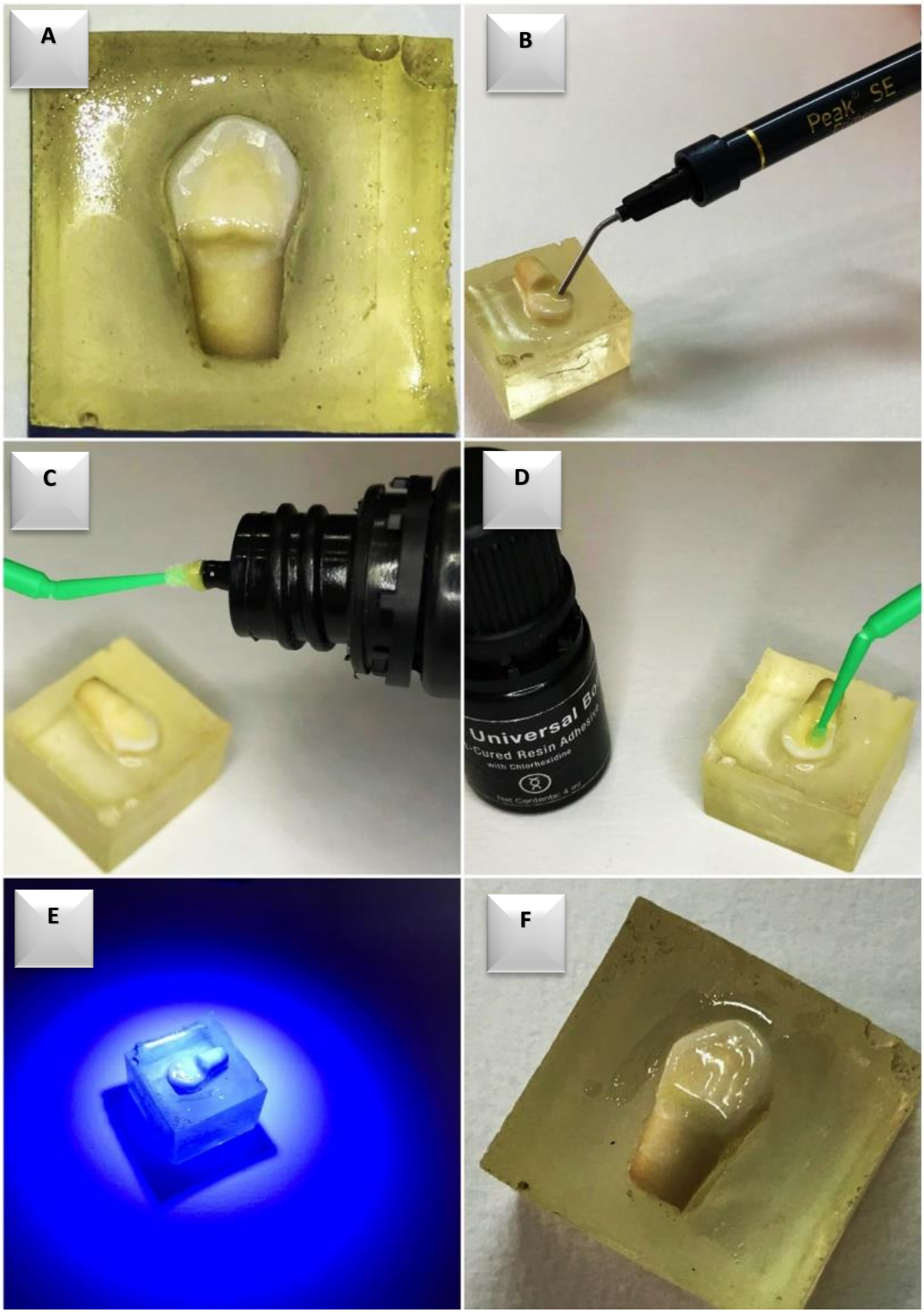


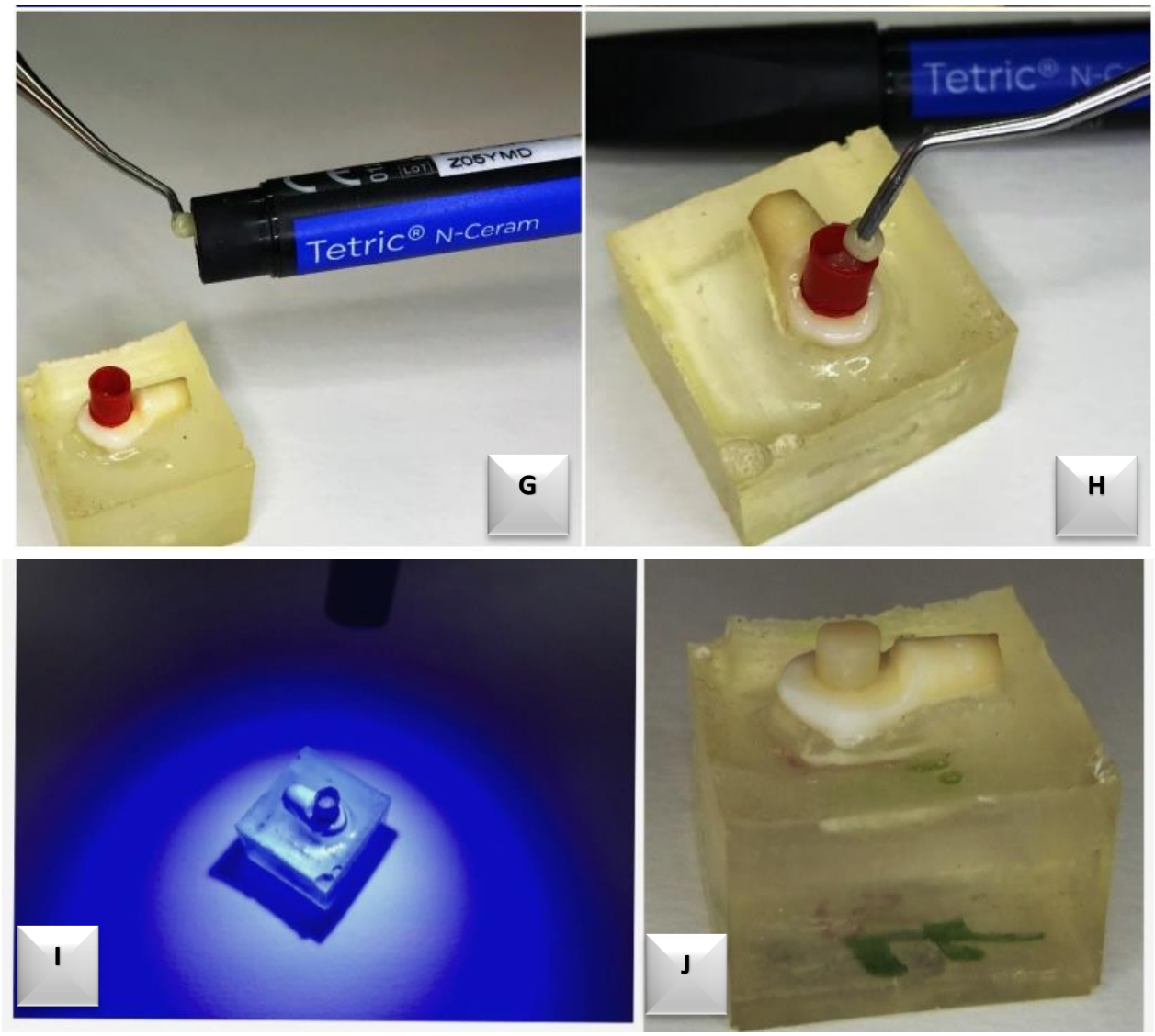
الشكل (2- 31) تطبيق Peak Universal Bond بتقنية التخريش الكامل: سطح عاجيّ محضر(A)، التخريش الحمضيّ للسطح العاجيّ(B) ، تطبيق المادة الرابطة(C,D) ، تصليب المادة الرابطة(E,F) ، دكّ الكمبوزيت ضمن القالب الأسطوانيّ(G,H) ، تصليب الكمبوزيت وقصّ القالب الأسطوانيّ(I,J)



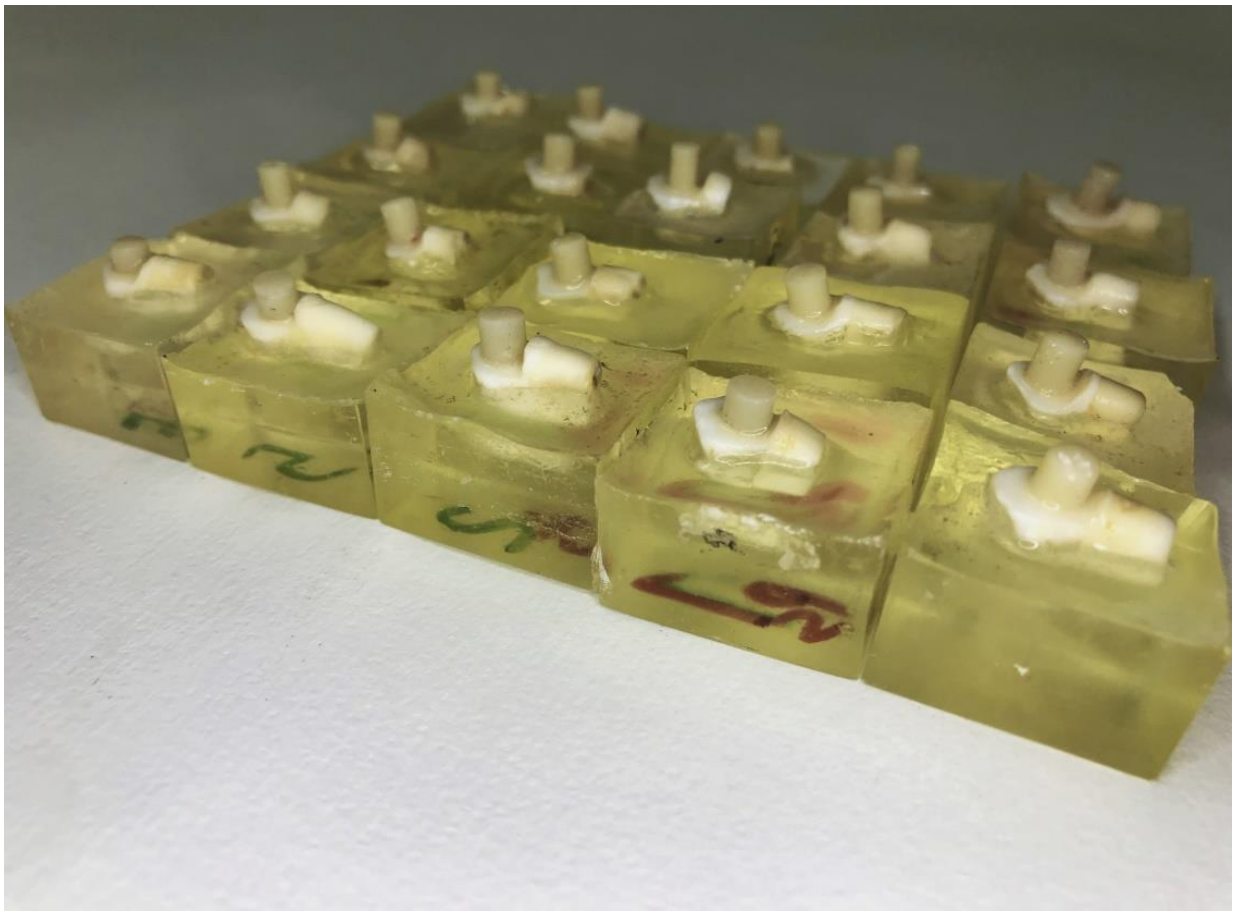
الشكل (2– 32) المجموعة الثالثة بعد تطبيق المادة الرابطة Peak Universal Bond بتقنية التخريش الكامل

المجموعة الرابعة (n=20) طُبقتِ المادة الرابطة Peak Universal Bond على السطوح العاجيّة بنمط التخريش الذاتيّ، حيث طُبق المبدئ ذاتي التخريش Peak SE primer على السطح العاجيّ، وفُرك بواسطة فرشاة دقيقة مدة 20 ثانية، ومن ثمّ سُلط تيار هوائيّ لطيف على السطح مدة 5 ثوان، ثمّ طُبقتِ المادة الرابطة على السطح العاجيّ وفُركتْ بواسطة فرشاة دقيقة مدة 20 ثانية، ومن ثمّ سُلط تيار هوائيّ لطيف على السطح مدة 5 ثوان، وصُلبتِ المادة الرابطة مدة 20 ثانية باستخدام جهاز التصليب الضوئيّ LED، ثمّ ثُبتَ القالب الأسطوانيّ على السطح العاجيّ وطُبق الكمبوزيت على عدة دفعات ضمن القالب الأسطوانيّ، وصُلبتْ كلّ طبقة مدة 40 ثانية، ثمّ أُزيل القالب الأسطوانيّ بواسطة شفرة المشرط الشكل (2–33).


A
B
Peak SE
C
D
E
F



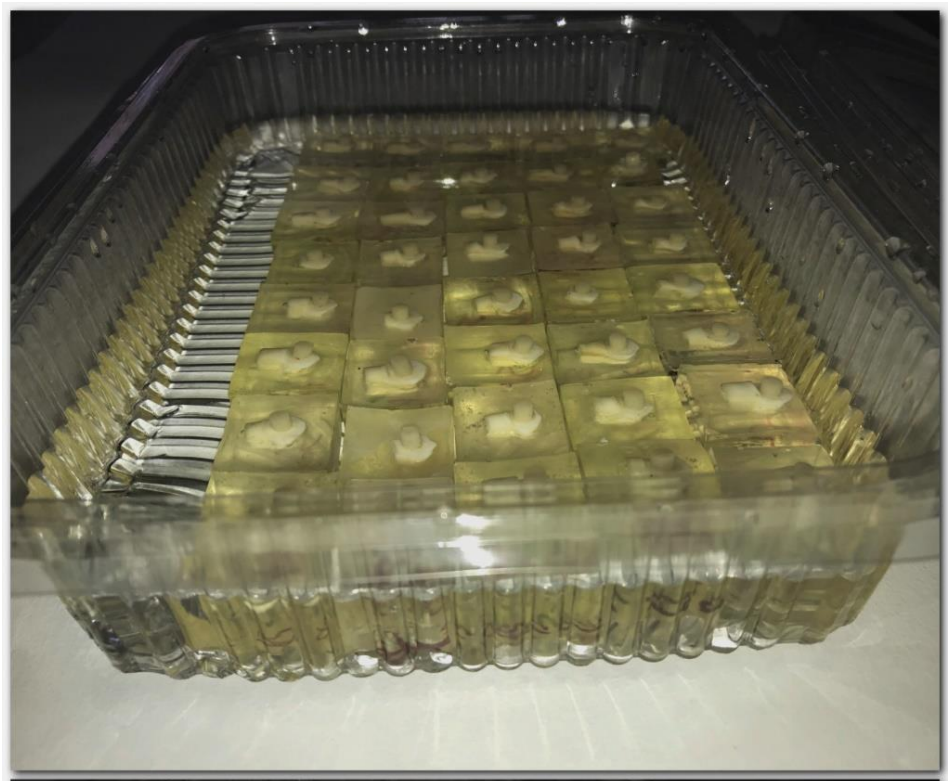
الشكل (2– 33) تطبيق Peak Universal Bond بتقنية التخريش الذاتيّ: سطح عاجيّ محضر(A)، تطبيق Peak SE primer (B)، تطبيق المادة الرابطة (C,D)، تصليب المادة الرابطة (E,F)، دكّ الكمبوزيت ضمن القالب الأسطوانيّ (G,H)، تصليب الكمبوزيت وقصّ القالب الأسطوانيّ (I,J)



الشكل (2- 34) المجموعة الرابعة بعد تطبيق المادة الرابطة Peak Universal Bond بتقنية التخريش الذاتيّ

بعد تطبيق المواد الرابطة والكمبوزيت حفظت كافة العينات في اللعاب الصناعيّ مدة أسبوعين بدرجة حرارة الغرفة لحين إجراء الاختبارات الميكانيكيّة الشكل (2-35).

A



B

الشكل (2- 35) حفظ العينات في اللعاب الصناعي (A,B)

4.6.2: إجراء الدورات الحرارية:

عُرضتْ كافة العينات إلى دورات حراريّة في حوضيين مائيين، حيث ضُبطتْ درجة حرارة الحوض الأول على 5 درجة مئوية، وذلك بوضع ثلج ضمنه حتّى أصبحتْ درجة الحرارة على الميزان الزئبقي 5 درجة مئوية، أما الحوض الثاني فكانتِ الحاضنة الموجودة في قسم علوم الحياة التي ضُبطتْ درجة حرارتها على 55 درجة مئوية، وضعتِ العينات في كلّ حوض مدة 30 ثانية، وكانتْ مدة الانتقال بينهما 10 ثوان، وكُررت العملية 500 مرة حسب توصيات الإيزو ISO/TS 11405 specification 2003 (Sirisha et al., 2014)، ثمّ حُفظتِ العينات في الحاضنة الحراريّة عند درجة حرارة 37 درجة مئوية ورطوبة 100% لمدة 24 ساعة لحين إجراء اختبار مقاومة قوى القصّ. الشكل (2-36).

الشكل (2-36) إخضاع العينات للدورات الحرارية

5.6.2: اختبار مقاومة قوى القصّ Shear bond strength:

تمّ اختبار قوى القصّ بواسطة جهاز الاختبارات الميكانيكيّة Testometric في مركز اختبارات الأبحاث الصناعيّة التابع لوزارة الصناعة بدمشق، حيث وضعتِ العينات ضمن القالب المعدنيّ للجهاز، وجرى إنزال رأس أداة التطبيق (الشفرة) بحيث يكون محور تطبيق القوة مماساً لسطح الارتباط، وقد خُضعتِ العينات لقوة تحميل ثابتة بسرعة 1مم/ دقيقة حتّى انفصال أسطوانات الكمبوزيت عن السطوح الدهليزيّة للأسنان. الشكل (2-37)

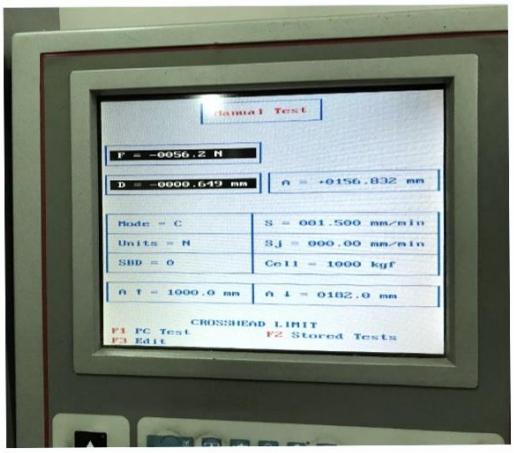
(Sirisha et al., 2014, Pheerarangsikul et al., 2022).

تمّ تسجيل القيم الرقميّة لقوى القصّ بالنيوتن، ثمّ تحويلها إلى الميغاباسكال وفق العلاقة التالية : SBS=F/SA

حيث: F(N): القوة المطبقة بالنيوتن

$SA\ (mm)^2$: مساحة سطح الارتباط

SBS(Mpa): قوى القصّ بالميغاباسكال

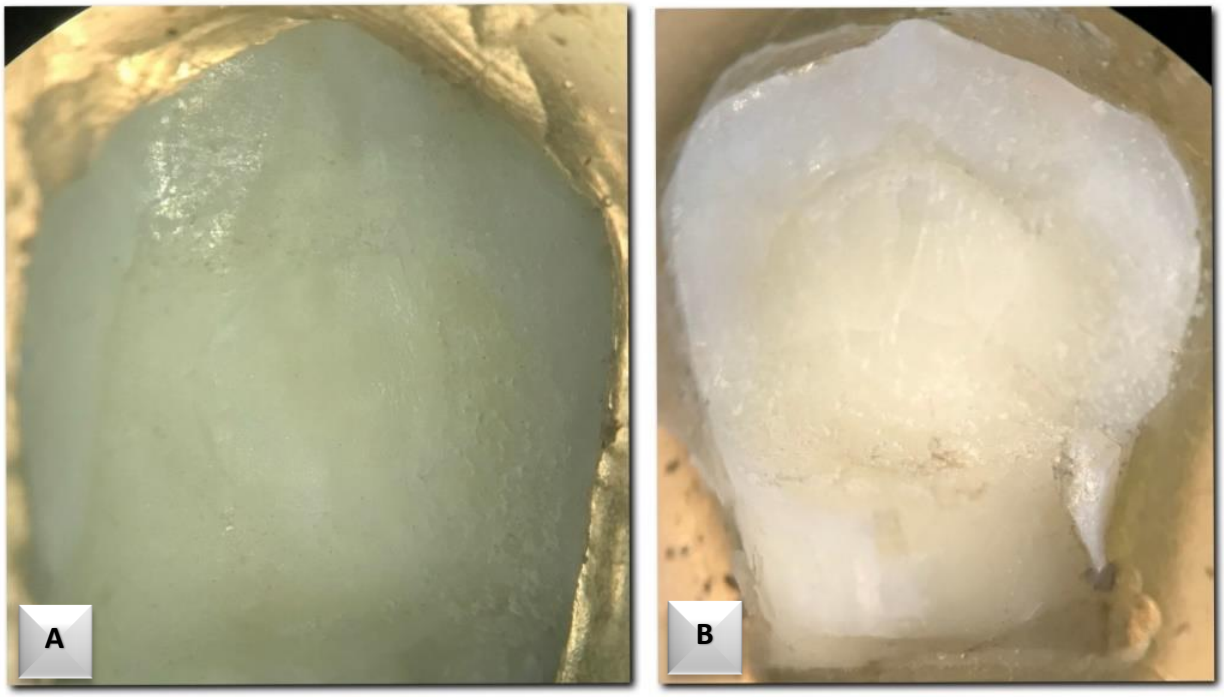


الشكل (2– 37) إخضاع العينات لاختبار مقاومة قوى القص.

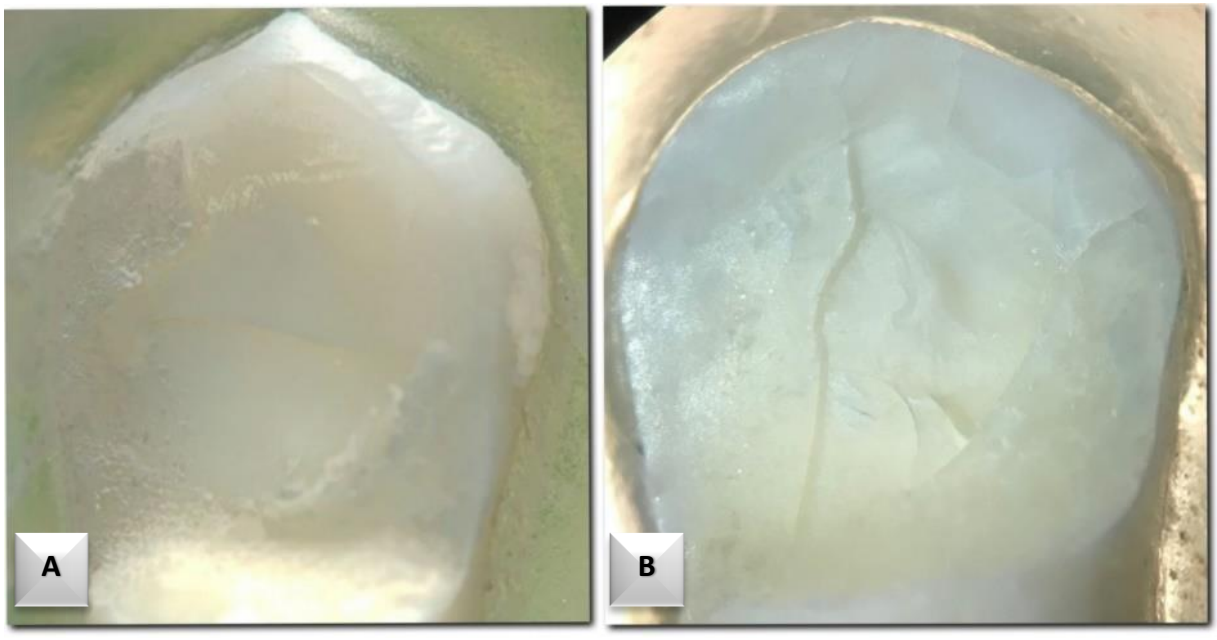
6.6.2: دراسة أنماط الفشل Failure mode:

صنف نمط الفشل الحاصل باستخدام العدسة المكبرة إلى (Han et al 2020, Bayraktar et al., 2021):

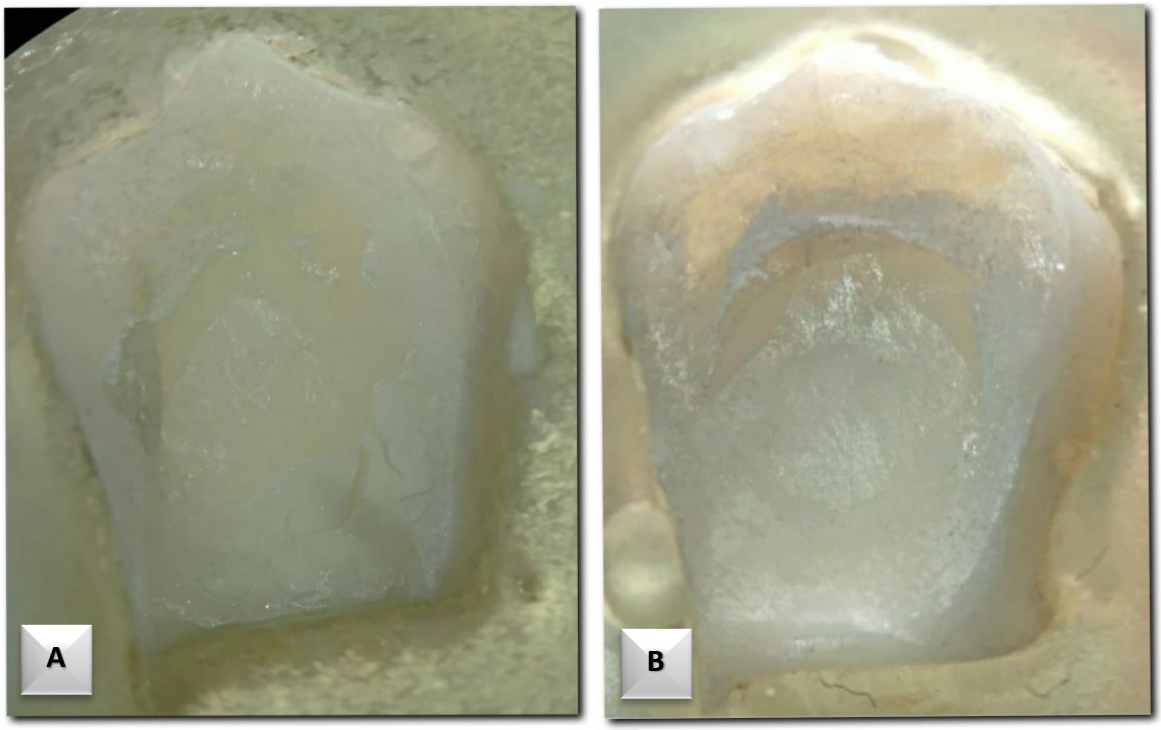
1. فشل ارتباطي Adhesive Failure: إذا حدث الفشل في السطح البينيّ للمادة الرابطة والسطح السنيّ الشكل (2–38).
2. فشل تماسكي Cohesive Failure: إذا حدث كسر في الكمبوزيت أو بنية العاج الشكل(2–39).
3. فشل مختلط Mixed Failure: هو مزيج من نمطي الفشل السابقين، أيْ وجود فشل ارتباطي مع وجود فشل تماسكيّ الشكل (2–40).



الشكل (2- 38) فشل ارتباطي (A,B)



الشكل (2- 39) فشل تماسكي (A,B)



الشكل (2– 40) فشل مختلط (A,B)

7.2: التحاليل الإحصائية :

وبعد جمع البيانات وترتيبها ضمن جداول البرنامج الإحصائي استخدم البرنامج SPSS اصدار (13.0)لإجراء الاختبارات التالية :

استخدم اختبار One– Way Anova Test لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة القص (بالنيوتن والميغاباسكال) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة، وعين مستوى الدلالة عند $P\leq 0.05$

استخدم اختبار Bonferroni Test لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار قوة القص(بالنيوتن والميغاباسكال) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة، وعين مستوى الدلالة عند $P\leq 0.05$

الباب الثالث

النتائج والدراسة الإحصائيّة

Results and Statistical Study

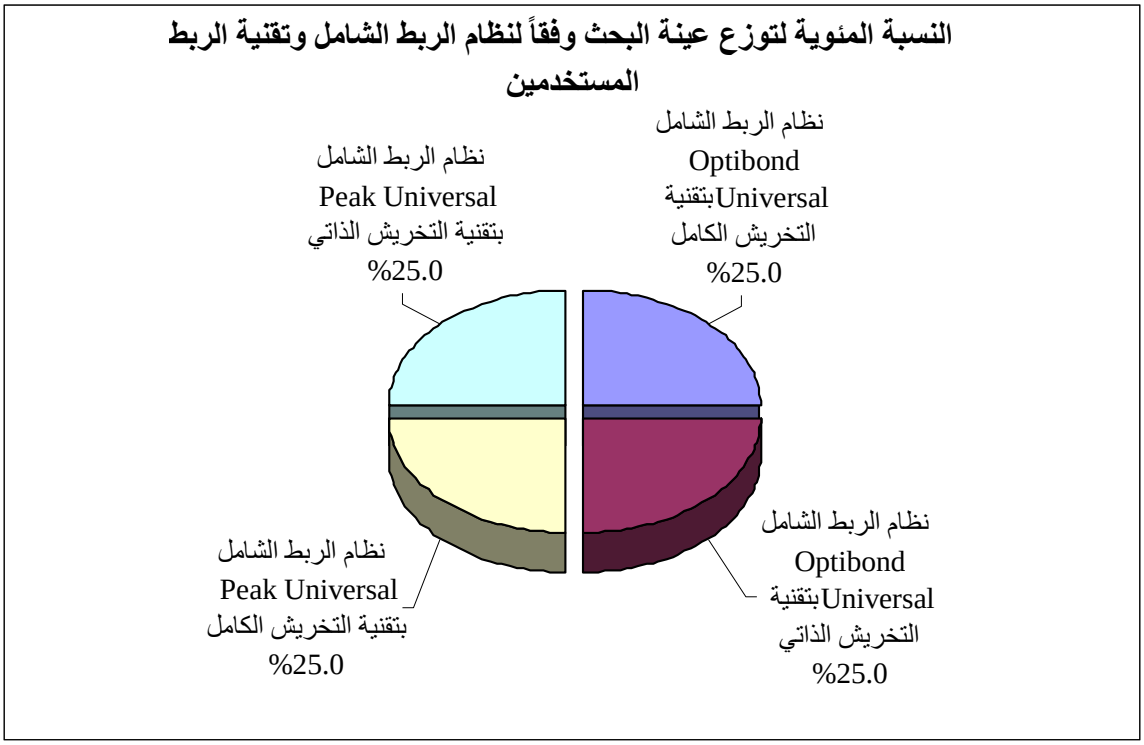
3. النتائج والدراسة الإحصائيّة Results and Statistical Study

1.3: وصف العينة:

تألفتْ عينة البحث من 80 سناً بشريّاً كانوا مقسمين إلى أربع مجموعات متساوية وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمة (نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ)، وقد توزعتْ عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين:

الجدول (3– 1) يبين توزع عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين.

نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين	عدد الأسنان	النسبة المئوية
نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل	20	25.0
نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ	20	25.0
نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل	20	25.0
نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتي	20	25.0
المجموع	80	100



المخطط (3- 1) يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين.

2.3: الدراسة الإحصائيّة التحليليّة:

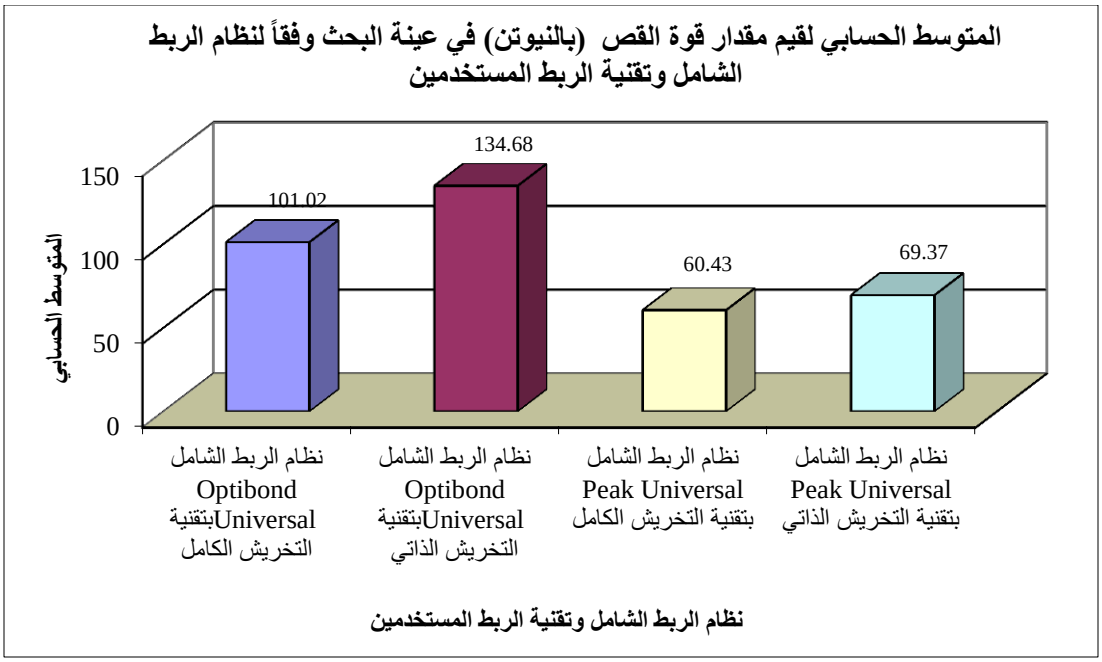
تمّ قياس وحساب مقدار قوة القص (بالنيوتن وبالميغاباسكال) لكلّ سن من الأسنان المدروسة في عينة البحث، ثمّ تمت دراسة تأثير نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين في قيم مقدار قوة القص (بالنيوتن وبالميغاباسكال) في عينة البحث وكانت نتائج التحليل كما يلي:

- دراسة مقدار قوة القص (بالنيوتن وبالميغاباسكال) في عينة البحث.
- دراسة تأثير نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين في مقدار قوة القصّ في عينة البحث .

- تمّ إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة القصّ (بالنيوتن) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة (نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتي) في عينة البحث كما يلي:
- إحصاءات وصفيّة:

الجدول (3- 2) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياريّ والخطأ المعياريّ والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار قوة القص (بالنيوتن) في عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين.

المتغير المدروس = مقدار قوة القص (بالنيوتن)						
نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين	عدد الأسنان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل	20	101.02	17.01	3.80	82.4	137.6
نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتي	20	134.68	21.37	4.78	111.7	181.9
نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل	20	60.43	17.08	3.82	35.7	95.1
نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتي	20	69.37	19.26	4.31	50.9	126.3



المخطط (3– 2) يمثل المتوسط الحسابيّ لمقدار قوة القص (بالنيوتن) في عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل

– نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

الجدول (3– 3) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة القصّ (بالنيوتن) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة في عينة البحث.

المتغير المدروس	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار قوة القص (بالنيوتن)	64.549	0.000	**توجد فروق دالة**

- يُلاحظ في الجدول **(3-3)** أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنّه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار قوة القصّ (بالنيوتن) بين اثنتين على الأقل من مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة (نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ) في عينة البحث، ولمعرفة أي من مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين تختلف اختلافاً جوهرياً عن الأخريات في قيم مقدار قوة القصّ (بالنيوتن) تمّ إجراء المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni في قيم مقدار قوة القصّ (بالنيوتن) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين في عينة البحث كما يلي:

1- نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni:

الجدول (3-4) يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار قوة القصّ (بالنيوتن) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة في عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار قوة القص (بالنيوتن)					
نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين (I)	**نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين (J)**	**الفرق بين المتوسطين (I-J)**	**الخطأ المعياري للفرق**	**قيمة مستوى الدلالة**	**دلالة الفروق**
نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل	نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ	-33.66	5.93	0.000	**توجد فروق دالة**
نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل	نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل	40.59	5.93	0.000	**توجد فروق دالة**
	نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ	31.65	5.93	0.000	**توجد فروق دالة**

نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ	نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل	74.25	5.93	0.000	**توجد فروق دالة**
	نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ	65.31	5.93	0.000	**توجد فروق دالة**
نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل	نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ	-8.94	5.93	0.815	**لا توجد فروق دالة**

يُلاحظ في الجدول (**3–4**) أنّ قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 عند المقارنة في قيم مقدار قوة القصّ (بالنيوتن) بين مجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل ومجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ، أي أنّه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائيّة في متوسط مقدار قوة القصّ (بالنيوتن) بين مجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل ومجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ في عينة البحث.

أما بالنسبة لكلّ من المقارنات الثنائية الباقية فيُلاحظ أنّ قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنّه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائيّة في متوسط مقدار قوة القصّ (بالنيوتن) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين المعنيّة في عينة البحث، وبدراسة الإشارة الجبريّة للفروق بين المتوسطات نستنتج أنّ قيم مقدار قوة القصّ (بالنيوتن) في مجموعة نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ كانتْ أكبر منها في كلّ من مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الثلاث الباقية نظام الربط الشامل (Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ).

وكذلك نستنتج أنّ قيم مقدار قوة القصّ (بالنيوتن) في مجموعة نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل كانتْ أكبر منها في كلّ من مجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل ومجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ على حدة في عينة البحث.

2- دراسة مقدار قوة القص (بالميغاباسكال) في عينة البحث:

دراسة تأثير نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين في مقدار قوة القصّ في عينة البحث:

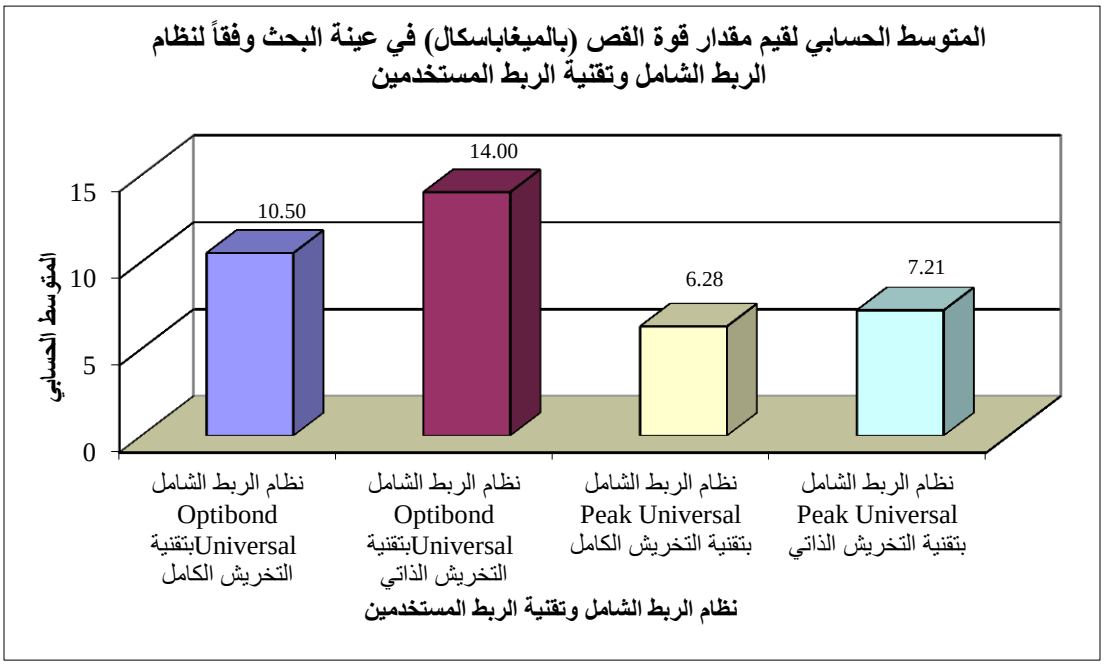
تمّ إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة القصّ (بالميغاباسكال) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة (نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ) في عينة البحث كما يلي:

1- **إحصاءات وصفيّة:**

الجدول (3-5) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياريّ والخطأ المعياريّ والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار قوة القصّ (بالميغاباسكال) في عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين.

المتغير المدروس = مقدار قوة القص (بالميغاباسكال)						
نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين	عدد الأسنان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل	20	10.50	1.77	0.40	8.56	14.30
نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ	20	14.00	2.22	0.50	11.61	18.91

المتغير المدروس = مقدار قوة القص (بالميغاباسكال)						
نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين	عدد الأسنان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل	20	6.28	1.78	0.40	3.71	9.88
نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ	20	7.21	2.00	0.45	5.29	13.13



المخطط (3- 3) يمثل المتوسط الحسابي لمقدار قوة القصّ (بالميغاباسكال) في عينة البحث وفقاً لنظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين.

2- نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

الجدول (3-6) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة القصّ (بالميغاباسكال) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة في عينة البحث.

المتغير المدروس	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
مقدار قوة القص(بالميغاباسكال)	64.549	0.000	**توجد فروق دالة**

يُلاحظ في الجدول **(3-6)** أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنّه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائيّة في متوسط مقدار قوة القصّ (بالميغاباسكال) بين اثنتين على الأقل من مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة (نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتي) في عينة البحث، ولمعرفة أي من مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين تختلف اختلافاً جوهرياً عن الأخريات في قيم مقدار قوة القصّ (بالميغاباسكال) تمّ إجراء المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni في قيم مقدار قوة القصّ (بالميغاباسكال) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين في عينة البحث كما يلي:

- نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni:

الجدول (3-7) يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار قوة القص (بالميغاباسكال) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الأربع المدروسة في عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار قوة القص (بالميغاباسكال)					
نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين (I)	**نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين (J)**	**الفرق بين المتوسطين (I-J)**	**الخطأ المعياري للفرق**	**قيمة مستوى الدلالة**	**دلالة الفروق**
نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل	نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتي	-3.50	0.62	0.000	**توجد فروق دالة**
	نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل	4.22	0.62	0.000	**توجد فروق دالة**
نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل	نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتي	3.29	0.62	0.000	**توجد فروق دالة**
نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتي	نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل	7.72	0.62	0.000	**توجد فروق دالة**
	نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتي	6.79	0.62	0.000	**توجد فروق دالة**
نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل	نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتي	-0.93	0.62	0.815	**لا توجد فروق دالة**

يُلاحظ في الجدول(**3**–**7**) أنّ قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 عند المقارنة في قيم مقدار قوة القص (بالميغاباسكال) بين مجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل ومجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ، أي أنّه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائيّة في متوسط مقدار قوة القص(بالميغاباسكال) بين مجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل ومجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ في عينة البحث.

أما بالنسبة لكلّ من المقارنات الثنائية الباقية فيُلاحظ أنّ قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنّه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائيّة في متوسط مقدار قوة القص (بالميغاباسكال) بين مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين المعنية في عينة البحث، وبدراسة الإشارة الجبريّة للفروق بين المتوسطات نستنتج أنّ قيم مقدار قوة القص (بالميغاباسكال) في مجموعة نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الذاتيّ كانتْ أكبر منها في كلّ من مجموعات نظام الربط الشامل وتقنية الربط المستخدمين الثلاث الباقية (نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل، نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ) وكذلك نستنتج أنّ قيم مقدار قوة القص (بالميغاباسكال) في مجموعة نظام الربط الشامل Optibond Universal بتقنية التخريش الكامل كانتْ أكبر منها في كلّ من مجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الكامل ومجموعة نظام الربط الشامل Peak Universal بتقنية التخريش الذاتيّ على حدة في عينة البحث.

بناء على النتائج المستمدة من الجدول (**3-7**) والتي يمكن تلخيصها على النحو التالي :

- إنّ قيم مقدار قوة القصّ (بالميغاباسكال) في نظام الربط الشامل Optibond Universal كانت أكبر منها في نظام الربط الشامل Peak Universal مهما كانت تقنية الربط المستخدمة في عينة البحث .
- في نظام الربط الشامل Optibond Universal كانتْ قيم مقدار قوة القص (بالميغاباسكال) بتقنية التخريش الذاتيّ أكبر من تلك التي تمّ الحصول عليها بتقنية التخريش الكامل .
- في نظام الربط الشامل Peak Universal لم يكن هناك فروق ذات دلالة إحصائيّة في متوسط قيم قوة القصّ (بالميغاباسكال) بين تقنية التخريش الذاتيّ والتخريش الكامل .

كما يمكن تلخيص النتائج السابقة في الترتيب التالي للمجموعات الأربع تنازلياً حسب قيم قوة القصّ كما يلي :

نظام الربط الشامل > نظام الربط الشامل > نظام الربط الشامل = نظام الربط الشامل

Optibond Universal Optibond Universal Peak Universal Peak Universal

بتقنية التخريش الذاتيّ بتقنية التخريش الكامل بتقنية التخريش الذاتيّ بتقنية التخريش الكامل

الباب الرابع

المناقشة

Discussion

4. المناقشة Discussion

1.4: مناقشة فكرة البحث:

تشهد الممارسات السريريّة في مجال طب الأسنان استخداماً متزايداً للترميمات التجميليّة نتيجة لارتفاع متطلبات المرضى الجماليّة، والتقدّم في تكنولوجيا المواد الرابطة السنيّة، وقد أسهمتِ التطورات في مواد الربط السنيّة في إحداث تحول جذري في طب الأسنان الترميميّ عبر توفير مواد ترميميّة ذات مزايا فريدة مثل القدرة على الارتباط الفعال بالأنسجة السنيّة، خفض معدلات التسرب المجهريّ، الحدّ من التصبغ الحفافيّ والحساسية التالية للمعالجة، ويعزى هذا التقدّم إلى التحسينات التي شهدتها أنظمة الربط السنيّة على مر العقود، مع ذلك لا يزال التحدي الأبرز لهذه الأنظمة يتمثّل في تحقيق ارتباط فعّال وموثوق مع الركائز السنيّة ذات الطبيعة المختلفة، فمنذ تطوير تقنية التخريش الحمضيّ للميناء من قبل Buonocore عام 1955م، أصبح الارتباط بالميناء موثوقاً ومتيناً، بالمقابل فإنّ الربط العاجيّ يبقى أكثر تعقيداً وأقل قابلية للتنبؤ به (Ageel et al., 2019)، ويرجع ذلك بشكل أساسي إلى التركيب المتباين للعاج حيث تتداخل بلورات الهيدروكسي أباتيت مع شبكة ألياف الكولاجين بالإضافة إلى طبيعته المحبّة للرطوبة بسبب اتصاله باللب عبر القنيات العاجيّة المملوءة بالسوائل مما يشكّل تحدياً إضافياً للارتباط (Triani et al., 2022).

في السنوات الأخيرة، طُرحتِ العديد من الشركات مواد ربط عاجيّة مبتكرة بهدف تسهيل وتحسين عملية الربط والنتائج السريريّة على المدى القصير والبعيد (Bourgi et al. 2024)، تمّ مؤخراً تقديم جيل جديد من المواد الرابطة تُدعى أنظمة الربط الشامل Universal Adhesives أو ما يُعرف أيضاً بالمواد الرابطة متعددة الأوضاع والاستعمالات القادرة على التكييف مع استراتيجيات الربط المتنوعة (التخريش الكامل، الذاتيّ والانتقائيّ للميناء) دون التأثير على فعالية الارتباط (Ermis et al., 2019)، إلّا أنّ أداء أنظمة الربط الشامل يعتمد على عوامل متعددة تشمل: نوع الركيزة السنيّة (ميناء/ عاج)، استراتيجية الربط (التخريش الكامل / الذاتيّ)، درجة الحموضة PH، نوع

المذيب والتركيب الكيميائيّ خاصة المونوميرات الوظيفيّة مثل 10-MDP ويعد هذا المونومير الوظيفيّ من أكثر المونوميرات كفاءة في تحقيق ارتباط قوي ومستقر مع هيدروكسي أباتيت العاج، في المقابل توجد مونوميرات وظيفيّة أخرى مثل المونومير الوظيفيّ GPDM المستخدم في بعض أنظمة الربط الشامل، المواد الرابطة ذاتيّة التخريش والإسمنتات ذاتيّة الإلصاق ، وقد أظهر مونومير GPDM كفاءة ربط مماثلة للمونومير الوظيفي 10- MDP (Han et al., 2020)، إلا أن الأدلة العلمية حول أداء الأنظمة المعتمدة على مونومير GPDM لا تزال شحيحة ، كما أنّ هناك نقص في المعلومات حول قدرة مواد الربط متعددة الأوضاع والاستعمالات على تحقيق ارتباط جيد وموثوق مع العاج عند تطبيقها باستراتيجيات ربط مختلفة (التخريش الكامل / الذاتي).

انطلاقاً من هذه الفجوة البحثية تهدف الدراسة الحالية إلى تقييم مقاومة قوى القصّ Shear bond strength لاثنين من أنظمة الربط الشامل Optibond Universal (Kerr,USA) الذي يحتوي في تركيبه على المونومير الوظيفي GPDM و Peak Universal Bond (Ultradent,Jordan,USA) الخالي من المونوميرات الوظيفية عند تطبيقهما على العاج باستخدام استراتيجيات ربط مختلفة (التخريش الكامل/ الذاتي).

2.4: مناقشة طرق العمل ومواده:

1.2.4: اختيار عينة البحث:

أُختيرت عينة الدراسة المخبريّة من الضواحك العلويّة والسفليّة والتي يستطب قلعها قلعاً لا يتنافى مع أخلاقيات البحث العلمي، وذلك لأسباب لثويّة أو تقويميّة مع خلوها من النخور، الكسور، التصدعات، الترميمات والمعالجات اللبية، وقد تراوحت أعمار المرضى بين 20-40 سنة، حيث أنّ الأسنان قبل أو بعد هذا العمر تبدي اختلافاً في قوى الارتباط (Ateyah et al.,2000).

أُختير حجم عينة الدراسة ليكون 80 ضاحكاً، وزعت عشوائياً إلى(4) مجموعات متساوية، تضمّ كلّ مجموعة 20 سناً وذلك استناداً إلى دراسات سابقة (Gateva et al., 2017).

2.2.4:حفظ الأسنان المقلوعة:

وضعتِ الأسنان في محلول الكلورامين T بتركيز 0.5% لمدة أسبوع لتطهير الأسنان بعد قلعها كما هو موصى به وفق منظمة المعايير القياسيّة العالميّة International Standards Organization ISO 11405, 2003 (Sirisha et al., 2014) من ثمّ حُفظتِ العينات في الماء المقطر لحين اجراء الاختبارات لمنع حدوث تغير في بنية النسج السنيّة (Baracco et al., 2013) .

3.4: مناقشة مراحل العمل المخبرية:

تمّ اتباع العديد من الإجراءات بهدف محاولة توحيد معايير التحضير، فقد حُضرتِ السطوح الدهليزيّة للأسنان بمقدار 2 مم، حيث تقدر ثخانة الميناء في الثلث المتوسط للضواحك العلويّة والسفليّة وسطياً ب 1 مم وبالتالي حُضر الثلث المتوسط للسطوح العاجيّة بعمق 1 مم (Yu et al., 2019).

أُجريَ التحضير من خلال حفر ثقوب بعمق 2 مم في منتصف السطح الدهليزيّ للأسنان باستخدام سنبلة طول رأسها العامل 2 مم لضبط عمق تحضير السطوح الدهليزيّة (Sadeghi et al., 2017)، ثمّ حُضرتِ السطوح الدهليزيّة للحصول على سطوح عاجيّة مستوية باستعمال سنبلة ماسيّة دولابية مع التبريد بالماء والهواء لتجنّب ارتفاع درجة الحرارة التي يمكن أنْ تضر بنية السطح المعد للارتباط، وأُجريَ التحقق من خلو السطوح المعدة للارتباط من النسج الميناليّة أو اللبيّة باستخدام عدسة مكبرة ضوئيّة × 4 (Wang et al., 2017).

تتراوح أبعاد أسطوانات الكمبوزيت في الدراسات السابقة بين 2–6 مم، ويعود هذا الاختلاف لنوع القوى المدروسة قوى شدّ أو قصّ وطبيعة السطوح السنيّة المرتبطة مينائيّة أو عاجيّة وكان قطر الأسطوانات في هذه

الدراسة 3,5 مم وارتفاعها 4 مم (Pheerarangsikul et al., 2022, Ageel et al., 2019, Sadeghi et al., 2017)، طُبقت المواد الرابطة حسب تعليمات الشركة المصنعة مع إجراء حركة فرك للمادة الرابطة بالفرشاة الدقيقة مدة 20 ثانية، من أجل تسهيل اختراق المونوميرات الراتنجيّة داخل السطوح السنيّة وتحسين الارتباط (Loguerico et al., 2015)، أُستعملتِ مادة مرممة شائعة Tetric N-ceram (Ivoclar Vivadent) مع جميع العينات لتحييد تأثير المادة المرممة على عملية الربط، وطُبقتِ المادة المرممة ضمن الأسطوانات البلاستيكية بواسطة مدك على دفعات لا تتجاوز 2 مم (Sadeghi et al., 2017)، صُلبتْ كلّ العينات لمدة 40 ثانية باستعمال جهاز تصليب ضوئيّ LED بشدة 800 ميلي واط / سم2 (Magharieh et al., 2013)، ثمّ حُفظتِ العينات في اللعاب الصناعيّ بدرجة حرارة 37 درجة مئوية لمدة أسبوعين (Ageel et al., 2019).

أُخضعتِ كلّ العينات قبل اجراء اختبار مقاومة قوى القصّ إلى دورات حراريّة لمحاكاة التغيرات الحراريّة في البيئة الفمويّة، حيث تحدث هذه الدورات إجهادات تمدّد وتقلّص متكررة نتيجة الاختلاف في معامل التمدّد الحراريّ بين الأسنان والمواد المرممة وفق توصيات منظمة المعايير القياسية العالمية ISO (ISO 11405/2003) (Perdigão et al., 2019, Ragab et al., 2018, Sirisha et al., 2014).

أُخضعتْ كلّ العينات إلى اختبار مقاومة قوى القصّ بسرعة 1 مم/ دقيقة بواسطة جهاز الاختبارات الميكانيكيّة Testometric (Roopa et al., 2015)، وهو أحد الاختبارات الميكانيكيّة المستخدمة بشكل متكرر لتقييم فعالية الارتباط للمواد المرممة مع النسج السنيّة في المختبر، نظراً لإنّ الاستقصاءات السريريّة تستغرق وقتاً طويلاً ويصعب إجراؤها بالطرق القياسية (Poggio et al., 2017).

توفر هذه الاختبارات الميكانيكيّة (قوى القصّ أو الشدّ) معلومات قيمة فيما يتعلّق بقوة الارتباط والخصائص العامة للأنظمة الرابطة (Ragab et al., 2018, Poggio et al., 2014)، وعلى الرغم من عدم وجود منهجيّة

في الاختبار الميكانيكيّ قادرة على محاكاة جميع المتغيرات السريريّة الموجودة في الوسط الفمويّ فإنّ هذه الاختبارات قد تمكّنتْ من إنشاء مبادئ توجيهيّة للممارسة السريريّة (Fernandes et al., 2016).

4.4: مناقشة نتائج البحث:

أظهرتْ نتائج هذا البحث تفوّق نظام الربط Optibond Universal على نظام الربط Peak Universal Bond بغض النظر عن تقنية الربط المستخدمة التخريش الكامل أو الذاتيّ، يمكن تفسير هذا التفوّق من خلال عدة عوامل محتملة:

أولاً: اختلاف الأس الهيدروجيني PH بين النظامين حيث تشير الأدلة المخبريّة والسريريّة إلى أنّ انخفاض قوة الارتباط مع العاج يرتبط باستخدام مواد رابطة ذات أس هيدروجيني منخفض:

إنّ المواد الرابطة ذات الأس الهيدروجيني المنخفض مثل نظام الربط Peak Universal Bond (PH=1.2)

قد تحتوي على مونوميرات حمضيّة متبقية غير متماثرة بعد عملية البلمرة الضوئيّة والتي تستمر في إزالة تمعدن العاج نتيجة حموضتها المرتفعة، مما يضعف استقرار السطح الرابط ويجعله أكثر عرضة للانحلال المائي والأنزيمي (Cuevas-Suarez et al., 2019, Van Meerbeek et al., 2011)، في المقابل يعتبر نظام الربط Optibond Universal من المواد الرابطة ضعيفة الحموضة PH= 2.5 -3 مما يضمن تشكّل طبقة هجينة رقيقة أكثر استقراراً وأقل عرضة للانحلال (Kaczor-Wiankowska et al., 2020) .

ثانياً: اختلاف المذيبات بين النظامين حيث يحتوي نظام الربط Optibond Universal على مزيج من ثلاث مذيبات (الماء، الأسيتون والإيتانول) بينما يحتوي نظام الربط Peak Universal Bond على الإيتانول فقط:

أظهرت الدراسات السابقة أنّ المواد الرابطة التي تحتوي على مزيج من المذيبات (الأسيتون والإيتانول) تظهر قوة ارتباط أعلى من تلك التي تحتوي على مذيب واحد فقط (الإيتانول)

(Yahya et al., 2019)، يعزى ذلك إلى أنّ ضغط بخار الأسيتون أعلى من الإيتانول مما يسهل عملية تبخر المذيب ويضمن الإزالة الفعالة للمذيب، وبالتالي يعزز الارتباط بشكل كبير وقد يكون انخفاض أداء نظام الربط Peak Universal Bond نتيجة اعتماده على الإيتانول وحده الذي يتميز بضغط بخاري منخفض، مما يحدّ من كفاءة تبخّر المذيب (Ageel et al., 2019, Howannaphakron et al., 2013).

ثالثاً: المونومير الوظيفيّ GPDM الذي يجمع بين مجموعتي ميتاكريلات كارهة للماء ومجموعة فوسفات محبّة للماء تفصلها سلسلة كربونية قصيرة (Dressano et al., 2020)، تشبه خاصية مونومير GPDM المحبّة للماء خواص مونومير HEMA مما يمكّنه من اختراق شبكة ألياف الكولاجين المكشوفة بفعالية (Yoshihara et al., 2018) ويعزز قدرته على التفاعل الكيميائيّ مع هيدروكسي أباتيت العاج، كما يمتلك مونومير GPDM قدرة امتزاز عالية على الهيدروكسي أباتيت، مما يكسبه خصائص ربط ممتازة مع النسج السنيّة (Staxrud et al., 2022)، بالإضافة إلى ذلك يميل مونومير GPDM للتفاعل بقوة أكبر مع المونوميرات الأخرى في المادة الرابطة والمادة المرممة نتيجة احتوائه على مجموعتين من الميتاكريلات القابلتين للبلمرة مقارنة مع المونوميرات الوظيفية الأخرى التي تحتوي على مجموعة ميتاكريلات واحدة فقط مثل مونومير 10-MDP مما يؤدي إلى زيادة درجة البلمرة وتشكيل شبكة بوليميرية أقوى ويحسن الخصائص الميكانيكيّة للمادة الرابطة (Yoshihara et al., 2018, Wang et al., 2017) ، وأخيراً يرجح أنّ نظام الربط Optibond Universal يحقق تشابكاً ميكانيكيّاً مجهريّاً قوياً مماثلاً للمواد الرابطة ذات التخريش الكامل وهو مطلب أساسي لتحقيق ارتباط جيد (Wang et al., 2017, Van Meerbeek et al., 2011)هذا التشابك العميق قد يكون نتيجة لنمط تخريش ثانوي فريد كما تدعي الشركة المصنعة (Osman et al., 2019)، وبمعنى آخر يمكن القول أنّ نظام الربط Optibond Universal يوفر ارتباطاً ميكانيكيّاً مجهريّاً قوياً ويسمح بتفاعل كيميائيّ إضافي بين المونوميرات الوظيفيّة والعاج السنيّ بفضل احتوائه على المونومير الوظيفيّ GPDM وهذا ما يعزز من ارتباطه العاجيّ.

كشف هذا البحث عن عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائيّة في قوة الارتباط بين تقنيتي التخريش الكامل أو الذاتيّ عند استخدام نظام الربط Peak Universal Bond، يمكن تفسير هذه النتيجة بالنظر إلى التركيب الكيميائيّ لهذا النظام الرابط حيث يفتقر إلى المونوميرات الوظيفية مثل MDP– 10،GPDM والتي يُعتقد انها تلعب دوراً في تشكيل روابط كيميائيّة مستقرة مع هيدروكسي أباتيت العاج، بالتالي يعتمد ارتباط هذا النظام على الآلية الميكانيكيّة المجهريّة فقط، حيث يحتوي نظام الربط Peak Universal Bond على مونوميرات تقوم بخسف معادن النسج السنيّة بدلاً من تشكيل روابط كيميائيّة (Kaczor– Wiankowska et al., 2020, Van Meerbeek et al., 2011)، وبالتالي قد لا تؤثر تقنية التخريش المتبعة على قوة الارتباط لهذا النظام في ظل غياب الرابطة الكيميائيّة مع هيدروكسي أباتيت العاج، علاوة على ذلك عند تطبيق نظام الربط Peak Universal Bond بتقنية التخريش الذاتيّ تمّ استخدام المبدئ Peak SE ذو الأس الهيدروجيني المنخفض (PH=1.2) مما قد يحدث خسفاً معدنياً عميقاً مشابهاً لما ينتج عن استخدام حمض الفوسفور في تقنية التخريش الكامل، هذا التشابه في نمط التخريش قد يساهم أيضاً في تفسير عدم وجود فروق كبيرة في قوة الارتباط بين التقنيتين التخريش الكامل أو الذاتيّ عند استخدام نظام الربط Peak Universal Bond (Raji et al., 2022).

كما بينت نتائج هذا البحث قوة ارتباط منخفضة لنظام الربط Peak Universal Bond مقارنة مع نظام الربط Optibond Universal بغض النظر عن تقنية الربط المستخدمة، على الرغم من احتواء نظام الربط Peak Universal Bond على الكلورهكسيدين الذي يمتلك خصائص مثبطة للأنزيمات العاجيّة الداخلية MMPS والتي تعتبر مسؤولة عن تخرب شبكة ألياف الكولاجين وانهيار الرابطة العاجيّة الراتنجيّة (Hardan et al., 2021)، يمكن أن تعزى النتائج الضعيفة لنظام الربط Peak Universal Bond إلى عدة عوامل محتملة:

أولاً: التركيز المنخفض للكلورهكسيدين قد يكون تركيز الكلورهكسيدين 0.2% في نظام الربط Peak Universal Bond غير كافٍ لإظهار تأثيره المثبط للأنزيمات العاجية MMPS (Boutsiouki et al., 2023).

ثانياً: احتجاز الكلورهكسيدين قد يكون احتجاز الكلورهكسيدين داخل سلسلة البوليمير في المادة الرابطة يحدّ من وصوله الفعال إلى البيئة المحيطة (Hardan et al., 2021, Boutsiouki et al., 2019).

ثالثاً: التأثيرات السلبية للكلورهكسيدين على الخصائص الميكانيكيّة للمادة الرابطة قد يؤدي دمج الكلورهكسيدين في الخلائط الراتنجية للمواد الرابطة إلى خفض معامل مرونتها بنسبة 27 –48%، وبالتالي فإنّ الشبكة البوليميرية للمادة الرابطة قد تكون أكثر عرضة للتليين المبكر، وكنتيجة لذلك حدوث فشل في سطح الارتباط (Sabatini et al., 2013).

رابعاً: غياب المونومير الوظيفيّ الذي يوفر الارتباط الكيميائيّ مع هيدروكسي أباتيت العاج، في حين يعتقد حالياً أنّ الارتباط الكيميائيّ يحسّن من قوة الارتباط بالعاج (Hoshika et al., 2018).

خامساً: اللزوجة المرتفعة والأس الهيدروجيني المنخفض تساهم اللزوجة المرتفعة لنظام الربط Peak Universal Bond والتي هي أعلى من تلك الموجودة في أنظمة الربط الشامل الأخرى في صعوبة اندخاله داخل الشبكة الكولاجينية للعاج (Muñoz et al., 2015)، بينما قد يؤدي الأس الهيدروجيني المنخفض إلى تخريش مفرط للعاج وكشف ألياف الكولاجين على نطاق واسع مما يجعلها أكثر عرضة للانحلال المائي والأنزيمي (Siqueira et al., 2018).

تبين من خلال هذه الدراسة المخبريّة انخفاض قوة الارتباط عند استخدام التخريش الحمضي بحمض الفوسفور قبل تطبيق نظامي الربط العاجيّ Peak Universal Bond و Optibond Universal على الرغم من أن الفروق لم تكن ذات دلالة إحصائيّة بين مجموعتي التخريش الكامل والذاتيّ في نظام الربط Peak Universal Bond، يعزى هذا الانخفاض المحتمل في قوة الارتباط في تقنية التخريش الكامل إلى أن حمض الفوسفور يقوم بخسف الأملاح المعدنية من العاج بشكل أعمق، وقد يعيق هذا التخريش العميق الناتج عن الحموضة المرتفعة للحمض المخرش من وصول المونوميرات الراتنجية للمواد

الرابطة إلى كامل الطبقة منزوعة التمعدن أسفل الطبقة الهجينة نظراً للزوجة المبدئات والمواد الرابطة التي تسمح ببضعة ميكرونات فقط من الاندخال، نتيجة لذلك تصبح ألياف الكولاجين المكشوفة أسفل الطبقة الهجينة أكثر عرضة للتحلل المائي والانزيمي، مما قد يؤدي إلى انخفاض قوة الارتباط من خلال إنشاء طبقة هجينة ضعيفة مما قد يفسر الانخفاض الملحوظ في قوة الارتباط عند استخدام أنظمة الربط الشامل بتقنية التخريش الكامل (Ali, 2021, Van landuyt et al., 2006)، في المقابل في تقنية التخريش الذاتيّ تتمّ عملية إزالة التمعدن واختراق السطح العاجيّ بشكل متزامن وبعمق متجانس مما يمنع الاندخال غير الكامل للمونوميرات الراتنجيّة داخل شبكة ألياف الكولاجين المكشوفة وهذا بدوره يوقيها من الانحلال (Chen et al., 2022, Hashimoto et al., 2011).

علاوة على ذلك تحتوي العديد من أنظمة الربط الشامل على مونوميرات وظيفيّة حامضيّة مثل (10 – MDP، GPDM، 4–MET) قادرة على التفاعل مع أيونات الكالسيوم في الهيدروكسي أباتيت لتوفير رابطة كيميائيّة مع العاج (Chen et al., 2022, Cardoso et al., 2011)، وفي تقنية التخريش الكامل يتمّ خسف معادن العاج على نطاق واسع وتزال بلورات الهيدروكسي أباتيت تقريباً بالكامل بعد عملية التخريش مما قد يعيق الارتباط الكيميائيّ وهذا بدوره يؤثر سلباً على شدة الارتباط لأنظمة الربط الشامل الحاوية على مونوميرات وظيفية نتيجة لغياب الرابطة الكيميائيّة (Elkaffas et al., 2018, Takamizawa et al., 2015)، أما على النقيض من ذلك في تقنية التخريش الذاتيّ تتم إزالة المعادن جزئياً فقط من الطبقة السطحيّة للعاج تاركة كمية كبيرة من بلورات الهيدروكسي أباتيت حول ألياف الكولاجين للتفاعل أيونيا مع المونوميرات الوظيفية في المادة الرابطة، مما يعزز بشكل كبير من قوة وديمومة الارتباط لأنظمة الربط الشامل التي تحتوي على هذه المونوميرات عند تطبيقها في تقنية التخريش الذاتيّ (Raji et al., 2022, Wang et al., 2017, Van landuyt et al., 2008)

اتفقت هذه الدراسة مع دراسة Ferreira (2025) التي أشارت إلى أن قوة الارتباط بالعاج لنظام الربط Optibond Universal تأثرت بشكل كبير بتقنية الربط المستخدمة ، واختلفنا مع هذه الدراسة في أن نظام الربط الشامل Optibond Universal قد حقق نتائج ضعيفة عند تطبيقه بتقنية التخريش الذاتي ، يمكن أن نعزو ذلك إلى اختلاف منهجية العمل وظروف حفظ العينات حيث طبق اختبار مقاومة قوى الشد (mTBS) في دراسة Ferreira بينما اعتمدنا في دراستنا اختبار مقاومة قوى القص (SBS) علاوةً على ذلك تم حفظ العينات في دراسة Ferreira في الماء المقطر لمدة 24 ساعة مقابل اللعاب الصناعي لمدة أسبوعين في دراستنا (Ferreira et al.,2025) .

اختلفت نتائج البحث مع دراسة Altintop (2025) التي أشارت إلى أن وجود الكلورهكسيدين في نظام الربط يحسن من قوة وديمومة الرابطة العاجية ، حيث تفوق نظام الربط Peak Universal Bond الذي يحتوي على الكلورهكسيدين قوة ارتباط أعلى بشكل ملحوظ مباشرةً وبعد التعرض للدورات الحراريّة مقارنة مع نظام الربط الذي لا يحتوي على الكلورهكسيدين (PQ1 Bond) يمكن أن نعزو هذا التباين إلى اختلاف المنهجية في الدراستين حيث طبق اختبار قوى القص (SBS) في دراستنا مقابل اختبار قوى الشد في دراسة Altintop إضافةً ألى اختلاف أسنان العينة بين الدراستين أرحاء مؤقتة في دراسة Altintop مقابل ضواحك في دراستنا (Altintop et al.,2025) .

اتفقت نتائج البحث مع دراستي(2020) Yazdiو (2017) Sadeghi في أنّ نظام الربط Peak Universal Bond لم يحقّق تفوّقاً في قوة الربط مقارنة بالمواد الرابطة الأخرى الخالية من الكلورهكسيدين، كما اتفقنا مع الدراستين في أنّ إضافة الكلورهكسيدين بتركيز 0.2% إلى نظام الربط Peak Universal Bond لم يظهر فعالية في منع انخفاض قوة الربط بعد التعرض للدورات الحراريّة والتخزين في الماء المقطر (Kazemi-Yazdi et al., 2020,Sadeghi et al., 2017).

اتفقت نتائجنا مع دراسة(2013) Sabatini وزملاؤه التي استخدمتْ نظام الربط Peak Universal Bond في أنّه لم يسجل أي تأثير إيجابي لوجود الكلورهكسيدين في تركيب هذا النظام الرابط على قوة الربط تجاه إجهاد القصّ بغض النظر عن تقنية الربط المستخدمة التخريش الكامل أو الذاتيّ (Sabatini et al., 2013).

اختلفت هذه الدراسة مع نتائج دراسة (2019)Maravić وزملاؤه التي أفادتْ بتحسن قوة الربط الفورية مع العاج عند إضافة الكلورهكسيدين 0.2% إلى نظام الربط Peak Universal Bond قد يعزى هذا التباين إلى اختلاف المنهجيّة المتبعة ونوع الاختبار، حيث استخدمتْ دراستهم اختبار مقاومة قوى الشدّ الميكروية (mTBS) بينما اعتمدنا في البحث اختبار مقاومة قوى القصّ SBS (Maravić et al., 2019).

اختلفت نتائج البحث مع دراسة (2015)Graig التي أكّدت على أنّ إضافة الكلورهكسيدين 0.2% إلى نظام الربط Peak Universal Bond يعزز قوة الربطة الأولية مع العاج ويحسن من ديمومتها بشكل كبير قد يعود هذا الاختلاف إلى تباين مدة التخزين 16 أسبوع في دراسة Graig مقابل أسبوعين في البحث ونوع الاختبار مقاومة قوى الشدّ الميكروية (mTBS) مقابل مقاومة قوى القصّ (SBS) في بحثنا (Graig et al., 2015).

اتفقت هذه الدراسة مع دراسة (2019)Ageel التي أشارت إلى أنّ نوع المذيبات والتركيب الكيميائيّ للمادة الرابطة خاصة المونوميرات الوظيفيّة تلعب دوراً مهماً في تحديد قوة الارتباط لأنظمة الربط مع العاج حيث حقّق نظام الربط

Optibond all in one أعلى قيم لقوة الارتباط مقارنة مع أنظمة الربط الأخرى المختبرة في الدراسة بفضل احتوائه على المونومير الوظيفيّ GPDM ومزيج من ثلاث مذيبات الإيتانول، الأسيتون والماء (Ageel et al., 2019).

اتفقت نتائج هذا البحث مع دراسة (2019)Osman التي أكّدت على فعالية نظام الربط Optibond Universal في تعزيز قوة الارتباط مع العاج، حيث أظهرتْ نتائج هذه الدراسة أنّ متوسط قيم قوة الارتباط لنظام

الربط Optibond Universal كان أعلى بشكل ملحوظ مقارنة بالأنظمة الأخرى المختبرة سواء مع أو بدون التعرّض لدورات حراريّة (Osman et al., 2019).

اختلفت نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة (2023) Ghonim التي أفادتْ أنّ المادة الرابطة Optibond Universal الحاوية على المونومير الوظيفيّ GPDM حققت قيم قوة ارتباط منخفضة مع العاج، يمكن تفسير هذا التباين باختلاف طريقة العمل، مدة التخزين (6) أشهر في الماء المقطر في دراسة Ghonim مقابل أسبوعين في اللعاب الصناعيّ في بحثنا ونوع الاختبار مقاومة قوى الشدّ الميكروية (mTBS) مقابل مقاومة قوى القصّ (SBS) في بحثنا (Ghonim et al., 2023).

اتفقت نتائج البحث مع دراسة (2023)Besic التي أكّدت على فعالية الربط العاجي لنظام الربط Optibond Universal وتحقيقه قيم قوة ارتباط عالية مماثلة لنظام الربط كامل التخريش ذي الثلاث خطوات Optibond FL (المعيار الذهبيّ في الربط العاجيّ) (Besic et al., 2023) .

اتفقت هذه الدراسة مع دراسات (2014) Marches، (2019) Cardoso، (2020) Ahmed التي اعتبرت أنّ التطبيق الأمثل لأنظمة الربط العاجيّ يجب أنْ يكون بتقنية التخريش الذاتيّ من أجل تحسين أداء هذه الأنظمة الرابطة وتحقيق أفضل النتائج (Ahmed et al., 2020, Cardoso et al., 2019, Marchesi et al., 2014).

اتفقت نتائج هذا البحث مع دراستي (2017) Frattes، (2020) Giacomini اللتين أكّدتا على تفوّق تقنية التخريش الذاتيّ في تعزيز قوة الارتباط مع العاج عند استخدام أنظمة الربط الشامل (Giacomini et al., 2020, Frattes et al., 2017).

اختلفت نتائج هذه الدراسة مع دراستي(2015) Rosa و(2019)Cruz اللتين لم تجدا فروقاً ذات دلالة إحصائيّة عند تطبيق نظام الربط الشامل على العاج بتقنيتي التخريش الذاتيّ أو الكامل، يمكن أنْ يعزى ذلك إلى اختلاف التركيب الكيميائيّ لأنظمة الربط المختبرة في الدراستين وفي بحثنا ونوع الاختبار مقاومة قوى الشدّ الميكروية (mTBS) مقابل مقاومة قوى القصّ (SBS) في بحثنا (Cruz et al., 2019, Da Rosa et al., 2015) .

اتفقت هذه الدراسة مع دراستي (2012)Hanabusa و(2016)Takamizawa اللتين تدعمان عدم إجراء تخريش حمضيّ للعاج قبل تطبيق المادة الرابطة، حيث أشارت دراسة Takamizawa إلى أنّ التخريش الحمضيّ المسبق للعاج لمدة 15 ثانية أدى إلى انخفاض ملحوظ في قوة ارتباط أنظمة الربط الشامل وذاتيّة التخريش المختبرة مقارنة مع النتائج التي تمّ الحصول عليها عند تطبيق الأنظمة الرابطة دون تخريش حمضي مسبق (Takamizawa et al., 2016, Hanabusa et al., 2012).

اتفقت هذه الدراسة مع نتائج دراسة (2019)Cuevas-suarez التي أكّدت على أنّ قوة الارتباط بالعاج تعتمد على الأس الهيدروجيني PH للمادة الرابطة، حيث أظهرتْ هذه الدراسة أنّ أنظمة الربط الشامل ذات الحموضة الضعيفة جداً PH <2.5 توفر استقراراً أفضل للرابطة العاجيّة مع كلّ من تقنيتي التخريش الكامل والذاتيّ، كما لاحظتْ هذه الدراسة انخفاضاً كبيراً في قوة الارتباط مع العاج عند تطبيق أنظمة الربط الشامل ذات الحموضة الشديدة بغض النظر عن تقنية الربط المستخدمة التخريش الكامل أو الذاتيّ، كما اتفقنا مع توصيات هذه الدراسة بتجنّب إجراء تخريش حمضيّ للعاج قبل تطبيق أنظمة الربط الشامل من أجل تفادي الآثار السلبية على قوة الرابطة العاجيّة (Cuevas-Suarez et al., 2019).

اختلفت نتائج هذه الدراسة مع دراستي (2018)Ragab و (2002)Cardoso اللتين تدعمان أنّ أنظمة الربط الشامل وذاتيّة التخريش ذات الحموضة الشديدة (PH=1.2−1.5) تعزز من قوة واستقرار الرابطة العاجيّة مقارنة مع أنظمة الربط الشامل وذاتيّة التخريش ذات الحموضة الضعيفة جداً قد نعزو هذا التباين إلى اختلاف المنهجية المتبعة، اختلاف التركيب الكيميائيّ لأنظمة الربط الشامل المختبرة ونوع وطريقة إجراء الاختبارات الميكانيكيّة في الدراستين وفي بحثنا (Ragab et al., 2018, Cardoso et al., 2002).

الباب الخامس

الاستنتاجات

Conclusions

5. الاستنتاجات Conclusions:

ضمن حدود هذه الدراسة المخبرية حول حول تقييم شدة الارتباط العاجي لأنظمة الربط الشامل يستنتج ما يلي:

1. إنّ كلّ من تقنية الربط المستخدمة (التخريش الكامل أو الذاتيّ)، قيمة الأس الهيدروجيني (PH) والتركيب الكيميائيّ للمادة الرابطة عوامل تساهم في تحديد قوة الارتباط بالعاج.
2. إنّ التخريش بحمض الفوسفور قبل تطبيق أنظمة الربط الشامل أثر بشكل سلبي على قوة الارتباط بالعاج.
3. إنّ تقنية التخريش الذاتيّ تعد خياراً أفضل لتحسين ارتباط أنظمة الربط الشامل بالنسج العاجية.
4. إنّ أنظمة الربط الشامل ذات الحموضة الضعيفة مثل نظام الربط Optibond Universal أكثر فعالية من حيث الارتباط بالعاج مقارنة مع أنظمة الربط الشامل ذات الحموضة الشديدة مثل نظام الربط Peak Universal Bond بغض النظر عن تقنية الربط المستخدمة (التخريش الكامل أو الذاتي).
5. إنّ وجود المونوميرات الوظيفيّة مثل مونومير GPDM في تركيب المادة الرابطة يعزز من شدة الارتباط مع العاج مقارنة مع أنظمة الربط الشامل التي لا تحتوي على هذه المونوميرات بغض النظر عن تقنية الربط المستخدمة (التخريش الكامل أو الذاتي).
6. لم يكن لإضافة الكلورهكسيدين بتركيز 0.2% إلى تركيب نظام الربط Peak Universal Bond أي تأثير إيجابي بارز على زيادة قوة الارتباط مع العاج.

الباب السادس

التوصيات والمقترحات

Recommendations and Suggestions

6. التوصيات والمقترحات Recommendations and Suggestions:

1.6: التوصيات Recommendations:

ضمن حدود هذه الدراسة المخبرية يمكن التوصية بما يلي:

1. استعمال أنظمة الربط الشامل عند الربط العاجيّ بتقنية التخريش الذاتيّ لتجنّب الآثار السلبية المحتملة للتخريش الحمضيّ مثل انخفاض قوة الارتباط والحساسية التالية للمعالجة.
2. استعمال أنظمة الربط الشامل التي تحتوي في تركيبها على مونوميرات وظيفية مثل GPDM حيث أثبتت هذه المونوميرات قدرتها على تحقيق ارتباط كيميائيّ فعال مع النسج السنيّة العاجيّة مما يساهم في تعزيز قوة الارتباط بشكل ملحوظ.
3. لا يوصى باستعمال أنظمة الربط الشامل ذات الحموضة الشديدة في سياق الربط العاجيّ حيث أظهرت هذه الأنظمة الرابطة انخفاضاً ملحوظاً في شدة الارتباط بغض النظر عن تقنية الربط المستخدمة (التخريش الكامل أو الذاتي).

2.6: المقترحات Suggestions:

1. إجراء المزيد من الأبحاث العلمية لدراسة تأثير التباين في التركيب الكيميائي ودرجة الحموضة (PH) لأنظمة الربط الشامل على خصائصها وأدائها السريري.
2. إجراء دراسات سريرية طويلة الأمد لتقييم أداء أنظمة الربط الشامل ضمن البيئة الفمويّة ويجب أنْ تركّز هذه الدراسات على جوانب مثل العمر السريري لهذه المواد، التلون الحفافي، النخور الثانوية والحساسية التالية للعلاج.

3. إجراء المزيد من الأبحاث المخبريّة لتقييم شدة الارتباط بتطبيق الاختبارات الميكانيكيّة الميكروية micro test وذلك بتقليل مساحة السطح المرتبط إلى أقل من 3 mm^2 لكونها توزع الجهود على السطح البيني الرابط بشكل أفضل وتقلل من العيوب التي قد تؤدي إلى فشل عملية الربط.
4. إجراء دراسات كيميائيّة متخصصة للكشف عن آلية التفاعل الكيميائيّ بين المونومير الوظيفيّ GPDM وهيدروكسي أباتيت العاج.
5. إجراء دراسات باستخدام المجهر الماسح الإلكترونيّ (SEM) لتحري الطبقة الهجينة المتشكّلة ومدى اندخال المادة الرابطة الحاوية على المونومير الوظيفيّ GPDM ضمن القنيات العاجيّة.
6. إجراء دراسات مخبريّة وسريريّة لتقييم نوع أو تراكيز مختلفة من الكلورهكسيدين على ديمومة الرابطة العاجيّة على المدى الطويل.

الباب السابع

المراجع

References

7. المراجع References:

1. Ageel, F. A., & Alqahtani, M. Q. (2019). Effects of the contents of various solvents in one-step self-etch adhesives on shear bond strengths to enamel and dentin**. J Contemp Dent Pract**, 20(11), 1260-8.
2. Ahmed, M. H., Yoshihara, K., Mercelis, B., Van Landuyt, K., Peumans, M., & Van Meerbeek, B. (2020). Quick bonding using a universal adhesive. **Clinical oral investigations**, 24, 2837-2851.
3. Al-Abd Al, M. A. F., Al-Badr, R. J., & Abbas, M. S. (2023). Modern Adhesive Dentistry: A review of literatures. **Medical Journal of Ahl al-Bayt University**, 2(1), 6-13.
4. Alex, G. (2008). Adhesive considerations in the placement of direct composite restorations**. Oral Health**, 98(4), 109-119.
5. Ali,M.(2021).Clinical operative dentistry with illustrated colour atlas: Dental restorative procedures: **Clinical conservative dentistry** .4813/2021.
6. Alrahlah, A. (2013**). Physical, Mechanical and Surface Properties of Dental Resin-composites**. Doctoral dissertation University of Manchester (United Kingdom).
7. Altıntop, H., Kuru, H. E., Ertuğrul, F., Türkün, M., & Küçükyılmaz, E. (2025). A prospective randomized clinical trial and an in vitro evaluation of the microtensile bond strength of a chlorhexidine-containing dentin bonding agent and a bulk fill composite material in primary teeth.**BMC oral health** 25 (1), 566, 2025
8. ANDO, R., SATO, T., MATSUI, N., IKEDA, M., HIRAISHI, N., TAKAGAKI, T., & SHIMADA, Y. (2021). Effects of Universal Adhesives on Dentin Adhesive Performance and Acid-base Resistance**. Operative Dentistry, Endodontology and Periodontology**, 1(1), 88-96.
9. Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (Eds.). (2012). **Phillips' science of dental materials**. Elsevier Health Sciences.

10. Arandi, N. Z. (2023). The classification and selection of adhesive agents; an overview for the general dentist. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry**, 165-180.

11. Ateyah, M., & Akpata, E. (2000). Factors affecting shear bond strength of composite resin to fluorosed human enamel. **Operative dentistry**, 25(3), 216-222.

12. Baldan, A. (2012). Adhesion phenomena in bonded joints. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, 38, 95-116.

13. Bayraktar, E. T., Şenol, A. A., Atalı, P. Y., Tarçın, B., & Türkmen, C. (2021). Evaluation of shear bond strength of resin-based CAD/CAM blocks repaired with resin composite**. European Journal of Research in Dentistry**, 5(2), 70-77.

14. Bedran-Russo, A., Leme-Kraus, A. A., Vidal, C. M., & Teixeira, E. C. (2017). An overview of dental adhesive systems and the dynamic tooth–adhesive interface . .**Dental Clinics**, 61(4), 713-731.

15. Besic, E., & Norstedt, S. (2023). **Shear Bond Strength of Composite to Dentine with Various Adhesive Systems**. Master dissertation. Umea University, Faculty of Medicine Department of Odontology.

16. Bourgi, R., Kharouf, N., Cuevas-Suárez, C. E., Lukomska-Szymanska, M., Haikel, Y., & Hardan, L. (2024). A literature review of adhesive systems in dentistry: Key components and their clinical applications. **Applied Sciences**, 14(18), 8111.

17. Boutsiouki, C., Frankenberger, R., Lücker, S., & Krämer, N. (2019). Inhibition of secondary caries in vitro by addition of chlorhexidine to adhesive components . **Dental Materials**, 35(3), 422-433.

18. Boutsiouki, C., Frankenberger, R., Lücker, S., & Krämer, N. (2023). Effect of chlorhexidine-containing etch-and-rinse adhesives on dentin microtensile bond strength after biological loading. **The Journal of Adhesive Dentistry**, 25, b3801065.

19. Bowen, R. L. (1956). Use of epoxy resins in restorative materials. **Journal of dental research**, 35(3), 360-369.

20. Bowen, R. L. (1963). Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations **The Journal of the American Dental Association**, 66(1), 57-64.

21. Bowen, R. L., Eick, J. D., Henderson, D. A., & Anderson, D. W. (1984). Smear layer: removal and bonding considerations. **Operative dentistry Supplement**, 3, 30-34.

22. Bowen, R.L., (1962). Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bis phenol and glycidyl acrylate. **U.S. Patent** 3,066,112.

23. Breschi, L., Mazzoni, A., Ruggeri, A., Cadenaro, M., Di Lenarda, R., & Dorigo, E. D. S. (2008). Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. **Dental materials**, 24(1), 90-101.

24. Buonocore, M. G. (1955). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **Journal of dental research**, 34(6), 849-853.

25. Buonocore, M. G., Matsui, A., & Gwinnett, A. J. (1968). Penetration of resin dental materials into enamel surfaces with reference to bonding. **Archives of oral biology** 13(1), 61-IN20.

26. Burke, F. T., & Mackenzie, L. (2021). Bonding to dentine: an update on universal adhesives. **Dental Update**, 48(8), 620-631.

27. Cardoso, G. C. D., Nakanishi, L., Isolan, C. P., Jardim, P. D. S., & Moraes, R. R. D. (2019). Bond stability of universal adhesives applied to dentin using etch-and-rinse or self-etch strategies. **Brazilian dental journal**, 30, 467-475.

28. Cardoso, M. V., de Almeida Neves, A., Mine, A., Coutinho, E., Van Landuyt, K., De Munck, J., & Van Meerbeek, B. (2011). Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. **Australian dental journal**, 56, 31-44.

29. Cardoso, P. E. C., Sadek, F. T., Goracci, C., & Ferrari, M. (2002). Adhesion testing with the microtensile method: effects of dental substrate and adhesive system on bond strength measurements. **Journal of Adhesive Dentistry**, 4(4).

30. Carrilho, M. R. O., Geraldeli, S., Tay, F., De Goes, M. F., Carvalho, R. M., Tjäderhane, L., & Pashley, D. (2007). In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. **Journal of dental research**, 86(6), 529-533.

31. Chen, C., Niu, L. N., Xie, H., Zhang, Z. Y., Zhou, L. Q., Jiao, K., & Tay, F. R. (2015). Bonding of universal adhesives to dentine–old wine in new bottles?. **Journal of dentistry**, 43(5), 525-536.

32. Chen, H., Feng, S., Jin, Y., Hou, Y., & Zhu, S. (2022). Comparison of bond strength of universal adhesives using different etching modes: A systematic review and meta-analysis. **Dental materials Journal**, 41(1), 1-10.

33. Collares, F. M., Rodrigues, S. B., Branco Leitune, V. C., Celeste, R. K., De Araújo, F. B., & Werner Samuel, S. M. (2013). Chlorhexidine application in adhesive procedures : a meta-regression analysis. **Journal of adhesive dentistry**, 15(1).

34. Craig, C. (2015). **Microtensile Bond Strength Of A Novel Adhesive System Containing 0.2% Chlorhexidine**. Doctoral dissertation, Uniformed Services University of the Health Sciences, Bethesda, Maryland 20814.

35. Cruz, J., Sousa, B., Coito, C., Lopes, M., Vargas, M., & Cavalheiro, A. (2019). Microtensile bond strength to dentin and enamel of self-etch vs. etch-and-rinse modes of universal adhesives. **American journal of dentistry**, 32(4), 174-182.

36. Cuevas-Suarez, C. E., de Oliveira da Rosa, W. L., Lund, R. G., da Silva, A. F., & Piva, E. (2019). Bonding performance of universal adhesives: an updated systematic review and meta-analysis. **Journal of Adhesive Dentistry**, 21(1).

37. Da Rosa, W. L. D. O., Piva, E., & da Silva, A. F. (2015). Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. **Journal of dentistry**, 43(7), 765-776.

38. Dayangac, B. (2000). Bonding sistemleri "Kompozit rezin restorasyonlar". **Ankara: Gunes Kitabevi Ltd. Sti**.

39. De Munck, J., Vargas, M., Iracki, J., Van Landuyt, K., Poitevin, A., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2005). One-day bonding effectiveness of new self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. **Oper dent**, 30(1), 39-49.

40. de Souza, L. C., Rodrigues, N. S., Cunha, D. A., Feitosa, V. P., Santiago, S. L., Reis, A., & Saboia, V. D. P. A. (2020). Two-year clinical evaluation of a

proanthocyanidins-based primer in non-carious cervical lesions: A double-blind randomized clinical trial. **Journal of dentistry**, 96, 103325.

41. Demunck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., & Meerbeek Van, B. (2010). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry** , 22(1), 72-73.

42. Dressano, D., Salvador, M. V., Oliveira, M. T., Marchi, G. M., Fronza, B. M., Hadis, M., & Lima, A. F. (2020). Chemistry of novel and contemporary resin-based dental adhesives. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, 110, 103875.

43. Elkaffas, A. A., Hamama, H. H., & Mahmoud, S. H. (2018). Do universal adhesives promote bonding to dentin? A systematic review and meta-analysis. **Restorative Dentistry & Endodontics**, 43(3), e29.

44. Ermis, R. B., Ugurlu, M., Ahmed, M. H., & Van Meerbeek, B. (2019). Universal adhesives benefit from an extra hydrophobic adhesive layer when light cured beforehand. **Journal of Adhesive Dentistry**, 21(2), 179-188.

45. Fabianelli, A., Vichi, A., Grandini, S., Ferrari, M., & Davidson, C. (2000). Influence of self-etching priming bonding systems on sealing ability of Class II restorations: leakage and SEM evaluation. **In Atti del congresso delle Società Europee di Conservativa.**

46. Fernandes Jr, V. V. B., Oliani, M. G., Nogueira Jr, L., Silva, J. M. F., & Araújo, R. M. (2016). Analysis and comparison of different bond strength tests. **JSM Dent**, 4(5), 1076.

47. Ferracane, J. L. (2024). A historical perspective on dental composite restorative materials. **Journal of Functional Biomaterials**, 15(7), 173.

48. Ferreira,S.; Rodrigues,T.; Nunes, M.; Azul, A.M.; Mendes,J.J.; Chasqueira, A.F.; Costa, J. (2025). Improving Bonding Protocols: The Effect of Selective Dentin Etching with Two Different Universal Adhesives- An In Vitro Study. **Polymers**, 17,1215.

49. Frankenberger, R., Lohbauer, U., Taschner, M., Petschelt, A., & Nikolaenko, S. A. (2007). Adhesive luting revisited: influence of adhesive, temporary cement, cavity cleaning, and curing mode on internal dentin bond strength. **Journal of Adhesive Dentistry**, 9(2).

50. Frattes, F. C., Augusto, M. G., Torres, C. R. G., Pucci, C. R., & Borges, A. B. (2017). Bond strength to eroded enamel and dentin using a universal adhesive system. **J Adhes Dent**, 19(2), 121-127.

51. Fusayama, T., Nakamura, M., Kurosaki, N., & Iwaku, M. (1979). Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. **Journal of dental research**, 58(4), 1364-1370.

52. García, A. H., Lozano, M. A. M., Vila, J. C., Escribano, A. B., & Galve, P. F. (2006). Composite resins. A review of the materials and clinical indications. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**, 11(2), E215-220.

53. Garg, N., & Garg, A. (2015). **Textbook of operative dentistry, Third Eddition**. Boydell & Brewer Ltd.:239-247.

54. Geraldi, S., & Perdigao, J. (2003). Microleakage of a new restorative system in posterior teeth. **J Dent Res**, 81(1), 127-132.

55. Ghonim, A. Y., El-Haliem, H. A., Elnawawy, M. S., & Ali, A. I. (2023). Effect of Different Caries Removal Methods on Microtensile Bond Strength of Universal Adhesive-Affected Dentin Interface. **Mansoura Journal of Dentistry**, 10(4), 9.

56. Gateva, N., Gusiyska, A., Stanimirov, P., Raychev, I., & Kabaktchieva, R. (2017). Biodegradation and dentin bonding effectiveness of one “universal” self-etch adhesive used in multi-mode manner.**J Imab**;23:1510-1515

57. Giacomini, M. C., Scaffa, P. M. C., Gonçalves, R. S., Zabeu, G. S., Vidal, C. D. M. P., de Oliveira Carrilho, M. R., & Wang, L. (2020). Profile of a 10-MDP-based universal adhesive system associated with chlorhexidine: Dentin bond strength and in situ zymography performance. **Journal of the mechanical behavior of biomedical materials**, 110, 103925.

58. Gilmore, H. W. (1970). Recent consensus on the pulpel reaction to restorative materials. **The Journal of prosthetic dentistry**, 23(4), 434-440.

59. Gwinnett, A. J., & Matsui, A. (1967). A study of enamel adhesives: the physical relationship between enamel and adhesive. **Archives of Oral Biology**, 12(12), 1615-IN46.

60. Han, F., Dai, S., Yang, J., Shen, J., Liao, M., Xie, H., & Chen, C. (2020). Glycerol phosphate dimethacrylate: An alternative functional phosphate ester monomer to 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate for enamel bonding. **ACS omega**, 5(38), 24826-24837.

61. Hanabusa, M., Mine, A., Kuboki, T., Momoi, Y., Van Ende, A., Van Meerbeek, B., & De Munck, J. (2012). Bonding effectiveness of a new 'multi-mode'adhesive to enamel and dentine. **Journal of dentistry**, 40(6), 475-484.

62. Hardan, L., Bourgi, R., Cuevas-Suárez, C. E., Zarow, M., Kharouf, N., Mancino, D., & Lukomska-Szymanska, M. (2021). The bond strength and antibacterial activity of the universal dentin bonding system: a systematic review and metaanalysis. **Microorganisms** [Internet]. 2021; 9 (6)

63. Hardan, L., Bourgi, R., Kharouf, N., Mancino, D., Zarow, M., Jakubowicz, N., & Cuevas-Suárez, C. E. (2021). Bond strength of universal adhesives to dentin: A systematic review and meta-analysis. **Polymers**, 13(5), 814.

64. Hashimoto, M., Nagano, F., Endo, K., & Ohno, H.(2011). A review: Biodegradation of resin–dentin bonds. **Japanese Dental Science Review**, 47(1), 5-12.

65. Hashimoto, M., Tay, F. R., Svizero, N. R., de Gee, A. J., Feilzer, A. J., Sano, H., & Pashley, D. H. (2007). The effects of common errors on sealing ability of total- etch adhesives. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, 97(2), 92.

66. Hilton, T.J., Ferracane,J.l., Broome,J.C. (2016) Adhesion to enamel and dentin (chapter 9): **Summitt's fundementals of oprative dentistry : a contemporary approach .4th eddition** , quintessence Publication .

67. Hoshika, S., Kameyama, A., Suyama, Y., De Munck, J., Sano, H., & Van Meerbeek, B. (2018). GPDM-and 10-MDP-based Self-etch Adhesives Bonded to Bur-cut

and Uncut Enamel. **Journal of Adhesive Dentistry**, 20(2), 113-120.

68. Howannaphakorn, T., Duangmanee, Y., Siwapatt, N., & Wangtal, K. (2013). Effects of acetone evaporation duration of dentin bonding agent on microleakage.**Nerasuan University Journal Science and Technology** .

69. Hurmuzlu, F., Ozdemir, A. K., Hubbezoglu, I., Coskun, A., & Herguner, F. (2007). Bond strength of adhesives to dentin involving total and self-etch adhesives. **Quintessence International-English Edition**-38(4), 358.

70. Joseph, P., Yadav, C., Satheesh, K., & Rahna, R. (2013). Comparative evaluation of the bonding efficacy of sixth, seventh and eighth generation bonding agents: an in vitro study. **Int Res J Pharm**, 4(9), 143-147.

71. Kaczor-Wiankowska, K., Lipa, S., Krasowski, M., Sokołowski, J., Lewusz-Butkiewicz, K., & Nowicka, A. (2020). Evaluation of gap formation at the composite resin-tooth interface after using universal adhesives: in vitro SEM study using the replica technique. **Microscopy research and technique**, 83(2), 176-185.

72. Kakar, S., & Kanase, A. (2013). Dentin bonding agents I: complete classification—a review. **World Journal of Dentistry**, 2(4), 367-370.

73. Kasraei, S. H., Atai, M., Khamverdi, Z., & Nejad, S. K. (2009). The effect of nanofiller addition to an experimental dentin adhesive on microtensile bond strength to human dentin. **Frontiers in Dentistry**, 36-41.

74. Kazak, M., & Dönmez, N. (2019). Development of dentin bonding systems from past to present. **Bezmialem Science**, 7(4), 322-330.

75. Kazemi-Yazdi, H., Saeed-Nezhad, M., & Rezaei, S. (2020). Effect of Chlorhexidine on durability of two self-etch adhesive systems. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, 12(7), e663.

76. Kim, J. H., Chae, S. Y., Lee, Y., Han, G. J., & Cho, B. H. (2015). Effects of multipurpose, universal adhesives on resin bonding to zirconia ceramic. **Operative dentistry**, 40(1), 55-62.

77. Koike, K., Takamizawa, T., Aoki, R., Shibasaki, S., Ishii, R., Sai, K., & Miyazaki, M. (2023). Comparison of dentin bond durability in different adhesive systems

containing glycerol-phosphate dimethacrylate (GPDM) functional monomers under long-term water storage. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, 124, 103366.

78. Kugel, G., & Ferrari, M.(2000). The science of bonding: from first to sixth generation. **The Journal of the American Dental Association**, 131, 20S-25S.

79. Lago, M. C. A., Mendes, C. L., Annibal, H., Assis, C. P. P., Oliveira, L. J. R., Albuquerque, M. S., & Braz, R. (2019). Evaluation of bond strength to dentin of universal adhesive systems. **Dental Materials**, 35, e21.

80. Li, M., Xu, J., Zhang, L., Wang, C., Jin, X., Hong, Y., & Hannig, M.(2019). Effect of a novel prime- and- rinse approach on short- and long- term dentin bond strength of self- etch adhesives. **European Journal of Oral Sciences**, 127(6), 547-555.

81. Loguercio, A. D., Muñoz, M. A., Luque-Martinez, I., Hass, V., Reis, A., & Perdigão, J. (2015). Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance?. **Journal of dentistry,** 43(9), 1060-1070.

82. Maravić, T., Comba, A., Cunha, S. R., Angeloni, V., Cadenaro, M., Visinitini, E., & Mazzoni, A. (2019). Long-term bond strength and endogenous enzymatic activity of a chlorhexidine-containing commercially available adhesive. **Journal of dentistry** , 84,

83. Marchesi, G., Frassetto, A., Mazzoni, A., Apolonio, F., Diolosa, M., Cadenaro, M., & Breschi, L. (2014). Adhesive performance of a multi- mode adhesive system: 1-year in vitro study. **Journal of dentistry**, 42(5), 603-612.

84. Masarwa, N., Mohamed, A., Abou-Rabii, I., Zaghlan, R. A., & Steier, L. (2016). Longevity of self-etch dentin bonding adhesives compared to etch-and-rinse dentin bonding adhesives: a systematic review. **Journal of Evidence based dental practice**, 16(2), 96-106.

85. Mine, A., De Munck, J., Van Ende, A., Poitevin, A., Matsumoto, M., Yoshida, Y., & Van Meerbeek, B. (2017). Limited interaction of a self-adhesive flowable composite with dentin/enamel characterized by TEM. **Dental Materials**, 33(2), 209-217.

86. Mitra, S. B., Lee, C. Y., Bui, H. T., Tantbirojn, D., & Rusin, R. P. (2009). Long-term adhesion and mechanism of bonding of a paste-liquid resin-modified glass- ionomer. **Dental Materials**, 25(4), 459-466.

87. Montagner, A. F., Sarkis-Onofre, R., Pereira-Cenci, T., & Cenci, M. S. (2014). MMP inhibitors on dentin stability: a systematic review and meta-analysis. **Journal of dental research**, 93(8), 733-743.

88. Moon, P. C., Weaver, J., & Brooks, C. N. (2010). Review of matrix metalloproteinases' effect on the hybrid dentin bond layer stability and chlorhexidine clinical use to prevent bond failure. **The open dentistry Journal**, 4, 147.

89. Münchow, E. A., & Bottino, M. C. (2017). Recent advances in adhesive bonding: the role of biomolecules, nanocompounds, and bonding strategies in enhancing resin bonding to dental substrates. **Current oral health reports**, 4, 215-227.

90. Menon, K., Vijayaraghavan, S., & Dhanyakumar, N. M. (2023). *Comparative* evaluation of the effect of 37% orthophosphoric acid pre-etching on the microtensile enamel bond strength using universal adhesive and two-step self-etch adhesive systems – An in vitro study. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, 26(6), 671-676.

91. Muñoz, M. A., Luque-Martinez, I., Malaquias, P., Hass, V., Reis, A., Campanha, N. H., & Loguercio, A. D. (2015). In vitro longevity of bonding properties of universal adhesives to dentin. **Operative dentistry**, 40(3), 282-292.

92. Nagarkar, S., Theis- Mahon, N., & Perdigão, J. (2019). Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials,** 107(6), 2121-2131.

93. Nanci, A. (2018). **Ten Gate 's Oral Histology _e_book :development ,structure and function** , Elsevier Health Sceince.: 118-122, 157-160.

94. Navyasri, K., Alla, R. K., Vineeth, G., & Suresh Sajjan, M. C. (2019). An overview of dentin bonding agents. **Int J Dent Mater**, 1(2), 60-7.

95. Nishiyama, N., Suzuki, K., Yoshida, H., Teshima, H., & Nemoto, K.(2004). Hydrolytic stability of methacrylamide in acidic aqueous solution. **Biomaterials** , 25(6), 965-969.

96. Osman, M. S. (2019). Effect of thermo-cycling on micro-tensile bond strength of bulkfill resin composite using recent universal adhesive. **Egyptian Dental Journal**, , 65(3-July Fixed Prosthodontics, Dental Materials, Conservative Dentistry & Endodontics), 2899-2910.

97. Oz, F. D., Kutuk, Z. B., Ozturk, C., Soleimani, R., & Gurgan, S. (2019). An 18-month clinical evaluation of three different universal adhesives used with a universal flowable composite resin in the restoration of non-carious cervical lesions. **Clinical oral investigations**, 23, 1443-1452.

98. Pashley, D. H., Livingston, M. J., & Greenhill, J. D. (1978). Regional resistances to fluid flow in human dentine in vitro. **Archives of Oral Biology**, 23(9), 807-810

99. Pashley, E. L., Agee, K. A., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2002). Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. **Journal of Dentistry**, 30(2-3), 83-90.

100. Perdigao, J. (2007). New developments in dental adhesion. **Dental Clinics of North America**, 51(2), 333-357.

101. Perdigão, J. (2020). Current perspectives on dental adhesion:(1) Dentin adhesion–not there yet. **Japanese Dental Science Review**, 56(1), 190-207.

102. Perdigão, J., & Frankenberger, R. (2001). Effect of solvent and rewetting time on dentin adhesion. **Quintessence International**, 32(5).

103. Perdigão, J., Araujo, E., Ramos, R. Q., Gomes, G., & Pizzolotto, L. (2021). Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. **Journal of Esthetic and restorative Dentistry**, 33(1), 51-68.

104. Perdigao, J., Frankenberger, R., Rosa, B. T., & Breschi, L. (2001). New trends in dentin/enamel adhesion. **American journal of dentistry**, 13, 25D-30D.

105. Preetha, A., & Banerjee, R. (2005). Comparison of artificial saliva substitutes. **Trends in Biomaterials & Artificial Organs**, 18 (2), 178–186.

106. Perdigão,J.,Walter,R.,Miguez, P., Swift.E. (2019) Fundemental Concepts of Enamel and Dentin Adhesion (chapter 5). **Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry, Seventh eddition** ,Elsevier Publishing Co Inc.:136-169.

107. Pheerarangsikul, N., Wayakanon, P., & Wayakanon, K. (2022). Effects of various functional monomers on adhesion between immediate dentin sealing and resin cement . **Operative Dentistry**, 47(5), 562-573.

108. Pioch, T., Staehle, H. J., Duschner, H., & Garcia-Godoy, F. (2001). Nanoleakage at the composite-dentin interface: a review. **American journal of dentistry**, 14(4), 252-258.

109. Poggio, C., Beltrami, R., Colombo, M., Chiesa, M., & Scribante, A. (2017). Influence of dentin pretreatment on bond strength of universal adhesives. **Acta biomaterialia odontologica scandinavica**, 3(1), 30-35.

110. Poggio, C., Scribante, A., Della Zoppa, F., Colombo, M., Beltrami, R., & Chiesa, M. (2014). Shear bond strength of one- step self- etch adhesives to enamel: effect of acid pretreatment. **Dental Traumatology**, 30(1), 43-48.

111. Price, R. B., Dérand, T., Andreou, P., & Murphy, D. (2003). The effect of two configuration factors, time, and thermal cycling on resin to dentin bond strengths **.** **Biomaterials**, 24(6),1013-1021.

112. Ragab, H., Zyara, Y., & Osman, E. (2018). Influence of etching aggressiveness of universal adhesives on longevity of resin-dentin bonding using self-etch mode . **Egyptian Dental Journal,** 64(2-April (Fixed Prosthodontics, Dental Materials, Conservative Dentistry & Endodontics)), 1915-1924.

113. Raji, Z., Hosseini, M., & Kazemian, M. (2022). Micro-shear bond strength of composite to deep dentin by using mild and ultra-mild universal adhesives. **Dental research Journal**, 19(1), 44.

114. Riva, Y. R., & Rahman, S. F. (2019, December). Dental composite resin: A review . **In AIP conference proceedings** (Vol. 2193, No. 1). AIP Publishing.

115. Roopa D, A. R. S., & DR. (2015). Comparative Evaluation of the Bonding Efficacy of Seventh Generation Bonding Agent and Peak Universal Bond An In-Vitro Study. **JBR J Interdiscip Med Dent Sci**, 3(02), 1-4.

116. Sabatini, C. (2013). Effect of a chlorhexidine-containing adhesive on dentin bond strength stability. **Operative dentistry**, 38(6), 609-617.

117. Sadeghi, M., Salehi, A., & Roberts, M. W. (2017). Effect of chlorhexidine application on dentin bond strength durability of two etch-and-rinse adhesive versus a universal bond system. **J Dent Oral Care Med**, 3(2), 202

118. Shahmoradi, M., Bertassoni, L. E., Elfallah, H. M., & Swain, M. (2014). Fundamental structure and properties of enamel, dentin and cementum. Advances in calcium phosphate. **Biomaterials**, 511-547.

119. Sikri, v.K. (2017).**Textbook of oprative dentistry** (4th ed). CBS Publishers & Distributors Pvt Ltd, India.

120. Siqueira, F. S., Cardenas, A. M., Ocampo, J. B., Hass, V., Bandeca, M. C., Gomes, J. C., & Loguercio, A. D. (2018). Bonding performance of universal adhesives to eroded dentin. **J Adhes Dent**, 20(2), 121-132.

121. Sirisha, K., Rambabu, T., Ravishankar, Y., & Ravikumar, P. (2014). Validity of bond strength tests: A critical review-Part II. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, 17(5), 420-426.

122. Söderholm, K. J. (1991). Correlation of in vivo and in vitro performance of adhesive restorative materials: a report of the ASC MD156 Task Group on Test Methods for the Adhesion of Restorative Materials. **Dental Materials**, 7(2), 74-83.

123. SÖDERHOLM, K. J., & Mariotti, A. (1999). BIS-GMA–based resins in dentistry : are they safe? . **The Journal of the American Dental Association** , 130(2), 201-209.

124. Sofan, E., Sofan, A., Palaia, G., Tenore, G., Romeo, U., & Migliau, G. (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type**. Annali di stomatologia**, 8(1), 1.

125. Spiller, M. S. (2012). Dental composites: a comprehensive review. **The Academy of Dental Learning and OSHA Training**, LLC, 23, 1-36.

126. Stape, T. H. S., Viita-Aho, T., Sezinando, A., Wik, P., Mutluay, M., & Tezvergil-Mutluay, A. (2021). To etch or not to etch, Part I: On the fatigue strength and dentin bonding performance of universal adhesives**. Dental Materials**, 37(6), 949-960.

127. Staxrud, F., & Valen, H. (2022). Potential of «universal» bonding agents for composite repair. **Biomaterial Investigations in Dentistry**, 9(1), 41-46.

128. Sundfeld, R. H., Valentino, T. A., de Alexandre, R. S., Briso, A. L. F., & Sundefeld, M. L. M. M. (2005). Hybrid layer thickness and resin tag length of a self-etching adhesive bonded to sound dentin. **Journal of dentistry**, 33(8), 675-681

129. Suprastiwi, E., Risanti, I., & Djauharie, N. K. (2015). Comparison of two methods of chlorhexidine application of shear bond strength degradation between composite resin and dentin. **Open Journal of Stomatology**, 5(8), 211-216.

130. Susin, A. H., Vasconcellos, W. A., Saad, J. R. C., & Oliveira Junior, O. B. D. (2007). Tensile bond strength of self-etching versus total-etching adhesive systems under different dentinal substrate conditions. **Brazilian oral research**, 21, 81-86.

131. Takamizawa, T., Barkmeier, W. W., Tsujimoto, A., Scheidel, D. D., Erickson, R. L., Latta, M. A., & Miyazaki, M. (2015). Effect of phosphoric acid pre-etching on fatigue limits of self-etching adhesives. **Operative dentistry**, 40(4), 379-395.

132. Takamizawa, T., Barkmeier, W. W., Tsujimoto, A., Suzuki, T., Scheidel, D. D., Erickson, R. L., & Miyazaki, M. (2016). Influence of different pre- etching times on fatigue strength of self- etch adhesives to dentin. **European journal of oral sciences,** 124(2), 210-218.

133. Takamizawa, T., Hirokane, E., Sai, K., Ishii, R., Aoki, R., Barkmeier, W. W., & Miyazaki, M. (2023). Bond durability of a two-step adhesive with a universal-adhesive-derived primer in different etching modes under different degradation conditions. **Dental materials journal**, 42(1), 121-132.

134. Taneja, S., Kumari, M., & Bansal, S. (2017). Effect of saliva and blood contamination on the shear bond strength of fifth-, seventh-, and eighth-generation

bonding agents: An: in vitro: study. **Journal of Conservative Dentistry and Endodontics**, 20(3), 157-160.

135. Tao, L., Pashley, D. H., & Boyd, L. (1988). Effect of different types of smear layers on dentin and enamel shear bond strengths. **Dental Materials**, 4(4), 208-216.

136. Tay, F. R., Gwinnett, A. J., Pang, K. M., & Wei, S. H. Y. (1994). Structural evidence of a sealed tissue interface with a total-etch wet-bonding technique in vivo. **Journal of dental research**, 73(3), 629-636.

137. Tessore, R., Silveira, C., Vázquez, P., Mederos, M., García, A., Cuevas-Suarez, C. E., & Grazioli, G. (2020). Human dentin bond strength of a chlorhexidine containing universal adhesive system used in total-etch and self-etch mode. **Odontoestomatología** , 22(35), 20-29.

138. Tjäderhane, L., Carrilho, M. R., Breschi, L., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2009). Dentin basic structure and composition—an overview. **Endodontic topics**, 20(1), 3-29.

139. Triani, F., Pereira da Silva, L., Ferreira Lemos, B., Domingues, J., Teixeira, L., & Manarte-Monteiro, P. (2022). Universal adhesives: evaluation of the relationship between bond strength and application strategies—a systematic review and meta-analyses. **Coatings**, 12(10), 1501.

140. van Dijken, J. W., & Pallesen, U. (2017). Three-year Randomized Clinical Study of a One-step Universal Adhesive and a Two-step Self-etch Adhesive in Class II Composite Restorations. **Journal of Adhesive Dentistry**, 19(4).

141. Van Landuyt, K. L., Kanumilli, P., De Munck, J., Peumans, M., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2006). Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. **Journal of dentistry**, 34(1), 77-85.

142. Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., De Munck, J., Peumans, M., Yoshida, Y., Poitevin, A., & Van Meerbeek, B. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. **Biomaterials**, 28(26), 3757-3785.

143. Van Landuyt, K. L., Yoshida, Y., Hirata, I., Snauwaert, J., De Munck, J., Okazaki, M., & Van Meerbeek, B. (2008). Influence of the chemical structure of functional

monomers on their adhesive performance. **Journal of dental research**, 87(8), 757-761.

144. Van Meerbeek, B., Perdigao, J., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (1998). The clinical performance of adhesives. **Journal of dentistry**, 26(1), 1-20.

145. Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Van Landuyt, K., Yoshida, Y., & Peumans, M. (2020). From Buonocore's pioneering acid-etch technique to self-adhering restoratives A status perspective of rapidly advancing dental adhesive technology. **Journal of Adhesive Dentistry**, 22(1), 7-34

146. Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A. J. D. M. K. L. V. L., De Munck, J., & Van Landuyt, K. L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. **Dental materials**, 27(1), 17-28.

147. Wang, R., Shi, Y., Li, T., Pan, Y., Cui, Y., & Xia, W. (2017). Adhesive interfacial characteristics and the related bonding performance of four self- etching adhesives with different functional monomers applied to dentin. **Journal of Dentistry**, 62, 72-80.

148. Wilmers, J., & Bargmann, S. (2020). Nature's design solutions in dental enamel: Uniting high strength and extreme damage resistance. **Acta biomaterialia**, 107, 1-24.

149. Xu, C., & Wang, Y. (2012). Chemical composition and structure of peritubular and intertubular human dentine revisited. **Archives of oral biology**, 57(4), 383-391.

150. Yahya, N. A., & Shekh, A. M. (2019). Shear bond strength and failure mode of different dental adhesive systems. **Annals of Dentistry University of Malaya**, 26, 1-7.

151. Yaseen, S. M., & Reddy, V. S. (2009). Comparative evaluation of shear bond strength of two self-etching adhesives (sixth and seventh generation) on dentin of primary and permanent teeth: An in vitro: study. **Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry**, 27(1), 33-38.

152. Yazici, A. R., Celik, C., Özgünaltay, G., & Dayangaç, B. (2007). Bond strength of different adhesive systems to dental hard tissues. **Operative Dentistry**, 32(2), 166-172.

153. Yoshihara, K., Nagaoka, N., Hayakawa, S., Okihara, T., Yoshida, Y., & Van Meerbeek, B. (2018). Chemical interaction of glycero-phosphate dimethacrylate (GPDM) with hydroxyapatite and dentin. **Dental Materials**, 34(7), 1072-1081.

154. Yoshihara, K., Yoshida, Y., Hayakawa, S., Nagaoka, N., Irie, M., Ogawa, T., & Van Meerbeek, B. (2011). Nanolayering of phosphoric acid ester monomer on enamel and dentin. **Acta Biomaterialia**, 7(8), 3187-3195.

155. Yoshioka, M., Yoshida, Y., Inoue, S., Lambrechts, P., Vanherle, G., Nomura, Y., & Van Meerbeek, B. (2002). Adhesion/decalcification mechanisms of acid interactions with human hard tissues. **Journal of Biomedical Materials Research**: An Official Journal of The Society for Biomaterials and The Japanese Society for Biomaterials, 59(1), 56-62.

156. Yu, H., Zhao, Y., Li, J., Luo, T., Gao, J., Liu, H., & Zhou, X. (2019). Minimal invasive microscopic tooth preparation in esthetic restoration: a specialist consensus . **International journal of oral science**, 11(3), 31.

157. Zanatta, R. F., Silva, T. M., Esper, M. A. L. R., Bresciani, E., Goncalves, S. E. D. P., & Caneppele, T. M. F. (2019). Bonding performance of simplified adhesive systems in noncarious cervical lesions at 2-year follow-up: a double-blind randomized clinical trial. **Operative dentistry**, 44(5), 476-487.

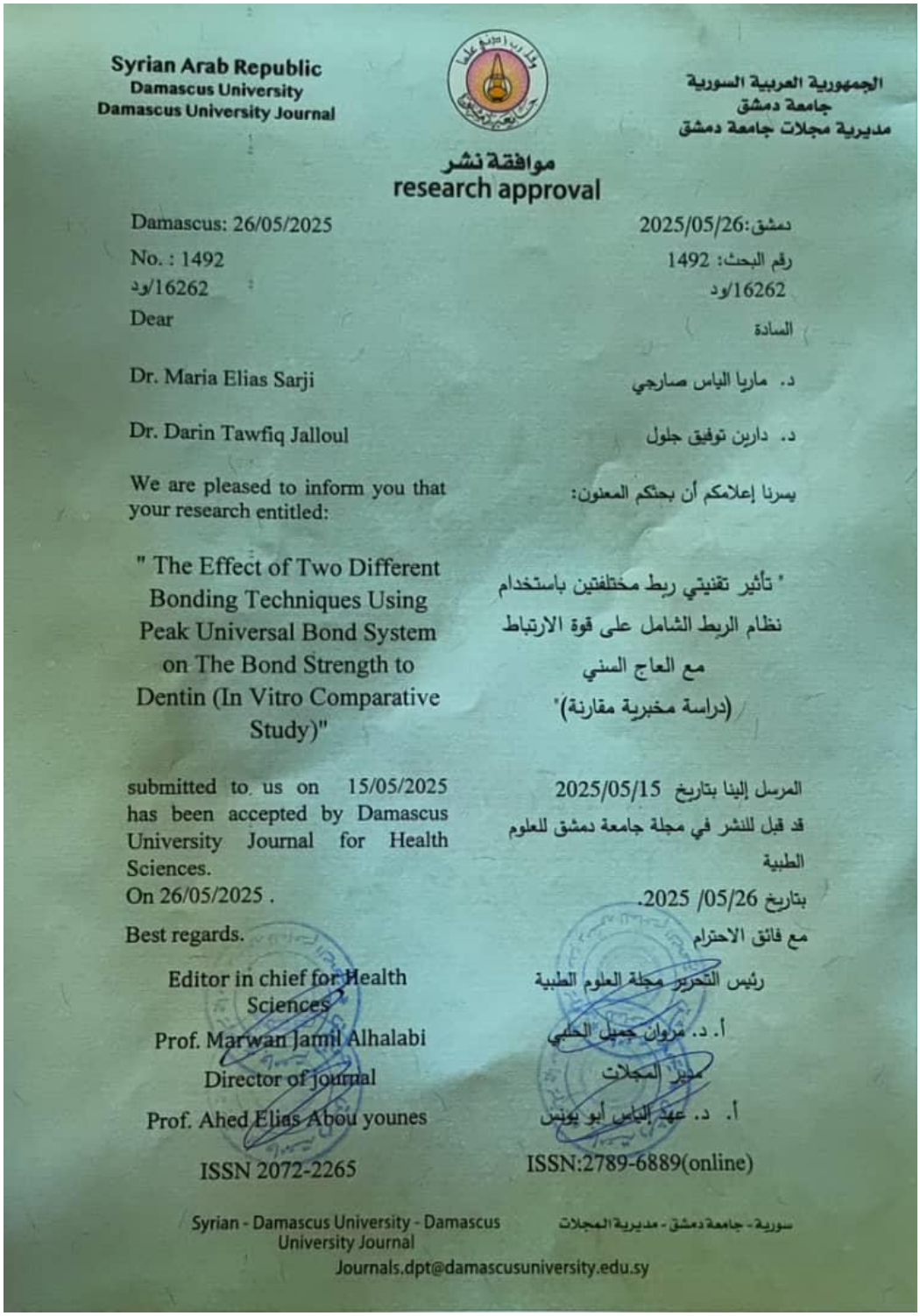
158. Zhou, J., Tan, J., Yang, X., Cheng, C., Wang, X., & Chen, L. (2010). Effect of chlorhexidine application in a self-etching adhesive on the immediate resin-dentin bond strength. **Journal of Adhesive Dentistry**, 12(1).

الباب الثامن

الملحق

Appendix

النشر الداخلي ضمن مجلة جامعة دمشق للعلوم الطبية



Syrian Arab Republic
Damascus University
Damascus University Journal

الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
مديرية مجلات جامعة دمشق

موافقة نشر
research approval

Damascus: 26/05/2025

No. : 1492

ود/16262

Dear

Dr. Maria Elias Sarji

Dr. Darin Tawfiq Jalloul

We are pleased to inform you that your research entitled:

" The Effect of Two Different Bonding Techniques Using Peak Universal Bond System on The Bond Strength to Dentin (In Vitro Comparative Study)"

submitted to us on 15/05/2025 has been accepted by Damascus University Journal for Health Sciences.

On 26/05/2025 .

Best regards.

Editor in chief for Health Sciences

Prof. Marwan Jamil Alhalabi

Director of journal

Prof. Ahed Elias Abou younes

ISSN 2072-2265

دمشق:2025/05/26

رقم البحث: 1492

ود/16262

السادة

د. ماريا الياس صارجي

د. دارين توفيق جلول

يسرنا إعلامكم أن بحثكم المعنون:

" تأثير تقنيتي ربط مختلفتين باستخدام نظام الربط الشامل على قوة الارتباط مع العاج السني (دراسة مخبرية مقارنة)"

المرسل إلينا بتاريخ 2025/05/15 قد قبل للنشر في مجلة جامعة دمشق للعلوم الطبية

بتاريخ 2025 /05/26.

مع فائق الاحترام

رئيس التحرير مجلة العلوم الطبية

أ. د. مروان جميل الحلبي

مدير المجلات

أ. د. عهد إلياس أبو يونس

ISSN:2789-6889(online)

Syrian - Damascus University - Damascus University Journal

سورية - جامعة دمشق - مديرية المجلات

Journals.dpt@damascusuniversity.edu.sy

نشر البحث ضمن مجلة Ain Shams Dental Journal

Article Acceptance Certificate

This certificate confirms that the following paper has been accepted for publication in Ain Shams Dental Journal

Title: Evaluating the dentin bond strength of universal adhesives with GPDM monomer using total and self-etch technique
ID: ASDJ-2507-2194 (R1)

Authors: Maria Sarji, Darin Jalloul, jamila bchara

Submit Date: 03 July 2025
Accept Date: 18 August 2025

A. Prof. Dr. Hatem Saifeldin
Editor-in-Chief of Ain Shams Dental Journal

statistically analyzed using SPSS software version 13.0 with a significance level P≤ 0.05.

RESULTS: The results demonstrated that Optibond Universal outperformed Peak Universal Bond regardless of the bonding technique employed (total-etch or self-etch).

A reduction in bond strength was observed when phosphoric acid etching was applied prior to Optibond Universal. Conversely, no statistically significant differences in dentin bond strength were found between the total-etch and self-etch techniques when using Peak Universal Bond.

Conclusions: This study revealed that dentin bond strength was influenced by the bonding techniques (total-etch or self-etch), ph levels and the chemical composition of the adhesive material. Dentin bonding may be compromised if etching is performed prior to applying universal adhesives.The presence of functional monomers such as GPDM monomer within the adhesive enhances dentin bond strength, However the addition of 0.2% chlorhexidine to the bonding system did not exhibit a significant positive effect on dentin bond strength.

Keywords: Dentin, Bond strength, Universal adhesive, Chlorhexidine, GPDM monomer.

Abstract

Background and Objective: Dental bonding systems have undergone significant advancements over the past few decades, with a focus on simplifying clinical procedures and enhancing bond strength to dental tissues.This has highlighted recent innovations in dentistry, particularly universal adhesives.This in vitro study aimed to evaluate the dentin bond strength of two universal adhesives using two different bonding techniques: total-etch and self-etch.

Materials and Methods: the research sample consisted of 80 sound premolars (upper and lower), divided into four equal groups, according to bonding technique and universal adhesive system used, each group containing 20 teeth, the roots were sectioned, and the coronal parts were placed in acrylic molds, the buccal surfaces were prepared until flat dentin surfaces parallel to acrylic surface were obtained ,the adhesive was applied according to the manufacturer's instructions, followed by composite application using cylindrical plastic molds with a diameter of 3.5 mm and height of 4 mm, samples were stored in artificial saliva for two weeks at a temperature of 37 ◌c, after being subjected to thermal cycles (500 cycles), shear bond strength testing was performed using a mechanical testing device at a crosshead speed of 1mm/minute, results were

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Dental Medicine
Department of Operative Dentistry

Study the effect of adding GPDM monomer to the bonding material on the adhesion with dental tissues

In –vitro comparative study

By:

Maria Sarji

Supervisor:

Prof.Darin Jalloul

2025