



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم مداواة وتجميل الأسنان

تأثير نوع مادة الإلصاق على فك ارتباط الوجوه الخزفية باستخدام ليزر Er:YAG:

مقارنة بين إسمنت الإلصاق الريزيني ضوئي التصلب والكومبوزيت السيل

(دراسة مخبرية مقارنة)

دراسة قدمت لجامعة دمشق لنيل درجة ماجستير التأهيل والتخصص في طب الأسنان الترميمي

إعداد الباحث:

حسن عبد العظيم الشیخة

إشراف:

أ.م.د. حسان عاشور

تصريح

"لا يوجد أي جزء من هذه الأشرطة تم أخذه بالكامل من عمل آخر أو أنجز للحصول على

شهادة أخرى في هذه الجامعة أو في أي جامعة أخرى أو أي معهد تعليمي"

الإهداء

إلى سيّد الخلق، وحبيب الحق، ومعلم البشرية، ومتمم مكارم الأخلاق...

إلى الرحمة المهداة، والنور الذي أضاء الله به القلوب والعقول...

إلى من حمل رسالة العلم قبل أن يحمل رسالة الهداية، فكان أول كلمة نزلت عليه: اقرأ، فصارت القراءة طريقاً

إلى النور، وصار العلم عبادة ترفع بها الدرجات...

سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم

إلى اللذين رسموا بدمائهم طريق الحرية، ورفعوا عن الأرض صوتاً كان يخنقه الصمت...

إلى من غابوا بأجسادهم، وبقي الوطن يخفق في صدورهم، وبقيت وصاياهم معلقة في أعناقنا...

شهداء الثورة السورية المباركة

إلى سندي الأول، ومعلمي في الصبر، ورجل المواقف، مصدر قوتي وثباتي، ومعيني من بعد الله في حياتي...

أبي الغالي

إلى نبع الحنان الذي لا ينضب، وإلى من سهرت وتعبت ودعت فأصبحت بما أنا عليه، إلى قلب لو وزن بكل ما

في الأرض لرجح عليه... أمي الغالية

إلى من تشاركني الذاكرة والحلم، وكانت رفيقة الطفولة، ورفيقة الدرب التي لم تتغير محبتها يوماً...

أختي

إلى من أخذ بيدي إلى نور اليقين، وفتح لي أبواب علوم الدين، ورباني على السكينة قبل العلم، وعلى الإخلاص

قبل العمل... الشيخ احمد ناصر الدين

إلى رفاق الدرب، وأهل الود والخير، أصدقاء الطفولة، شركاء الحياة، مؤنسيني في وحشتي، وداعميني في

عشرتي...

رفاقي وأصدقائي

الشكر

بسم الله الرحمن الرحيم... والحمد لله رب العالمين...

بعد أن أنعم الله عليَّ بإتمام هذا البحث لابد لي من تقديم عظيم الشكر والامتنان لأساتذتي الأفاضل، وأخص بالشكر: أستاذي الفاضل الأستاذ الدكتور **حسان عاشور**، نائب عميد كلية طب الأسنان للشؤون الإدارية في

جامعة دمشق، والأستاذ في قسم مداوة وترميم الأسنان في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق، لما قدّمه من تسهيلات وتشجيع لإتمام هذا البحث، ولمتابعته العلمية الدقيقة، ودعم لا ينضب طوال فترة إعداد هذا البحث، فكان نعم الأستاذ المشرف. فلك مني خالص المحبة والاحترام.

وأتوجه بفائق الشكر للأستاذ الدكتور **عمر حمادة**، رئيس الهيئة الوطنية للجودة والاعتمادية، والأستاذ في قسم طب الفم في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق، لك مني كل الود والاحترام على جهودك وعطاؤك منقطع النضير، فقد تشرفت بحضورك لتحكيم هذا البحث وإغنائه بعلمك الوفير.

كما أتوجه بجزيل الشكر للأستاذ الدكتور **وائل اليوسف**، الأستاذ المدرس في قسم مداوة وترميم الأسنان في كلية طب الأسنان جامعة دمشق، على تفضلك بقبول تحكيم هذا البحث، لإغنائه بمعلوماتك القيّمة.

والشكر الجزيل لمعلمي وقدوتي الدكتور **صالح الشيخة**، لما وفره لي من بيئة علمية وعملية لإنجاح هذا البحث، وكامل الشكر لطاقم مركز البشر لطب الأسنان وإدارته المتمثلة بالأستاذ **انس أبو بكر**.

وكذلك الشكر موصول للأستاذ الدكتور **موفق عجاج**، الأستاذ في قسم تقويم الأسنان والفكين في كلية طب

الأسنان جامعة دمشق، ولطاقم مركز عجاج لطب الأسنان وإدارته المتمثلة بالأستاذ **غسان عجاج**.

كما أتوجه بالشكر لجميع رفاقي وأصدقائي في قسم مداوة وترميم الأسنان وأخص بالذكر الدكتورة **تالا البيطار** لما قدمته من مساعدة في تنسيق وإتمام هذا البحث.

والشكر الأكبر لكلية طب الأسنان بجامعة دمشق ممثلةً بعميدها الأستاذ الدكتور **عمر حشمة**، ونائب العميد

للشؤون العلمية الأستاذ الدكتور **مهند لفلوف** لرعايتهم للعلم وللتسهيلات المقدمة من أجل إنجاز الأبحاث العلمية.

فهرس المحتويات

1	تصريح
2	الإهداء
	الشكر
	خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.
4	فهرس المحتويات
10	الباب الأول:
10	الإطار التمهيدي
11	المقدمة:
13	هدف البحث:
13	أهمية البحث:
14	المراجعة النظرية
15	1-1 الفصل الأول:
15	الخزف السني
16	1-1-1 الخزف السني:
16	1-1-2 التركيب الكيميائي للخزف السني:
17	1-1-2-1 تصنيف الخزف السني حسب طريقة الصنع:
17	1-1-2-2 الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم القابل للحقن (IPS e.max press):
18	1-2 الفصل الثاني:
18	الوجوه الخزفية
19	1-2-1 الوجوه الخزفية:
19	1-2-2 استطببات الوجوه الخزفية : (Kallala et al., 2021)
20	1-2-3 مضادات استطببات الوجوه الخزفية : (Venâncio et al., 2014)
20	1-2-4 مزايا الوجوه الخزفية : (Yousief et al., 2023)
20	1-2-5 مساوئ الوجوه الخزفية : (Silveira et al., 2020)
21	1-2-6 تحضير الأسنان لاستقبال الوجوه الخزفية:
21	1-2-6-1 تحضير السطح الدهليزي:

21.....	1-2-6-2 تحضير الحد القاطع : (Çöterta et al., 2009)
21.....	1-2-6-3 تحضير السطوح الملاصقة:
22.....	1-2-7 إصاق الوجوه الخزفية:.....
22.....	1-2-7-1 تهيئة سطح الأسنان المحضرة:
22.....	1-2-7-2 تهيئة السطح الداخلي للوجه الخزفي:
22.....	1-2-8 فشل الوجوه الخزفية:.....
25.....	1-3 الفصل الثالث:
25.....	الراتنجات
26.....	1-3-1 الإسمنتات الراتنجية Resin Cements
27.....	1-3-1-1 تركيب الإسمنت الراتنجي : (SÜMER and DEĞER, 2011)
27.....	1-3-1-2 التركيب الكيميائي للإسمنت الراتنجي:
30.....	1-3-2 خصائص الإسمنتات الراتنجية:
30.....	1-3-3 المتطلبات العامة الواجب توافرها في الإسمنتات السنية : (Wingo, 2018)
30.....	1-3-4 سيئات الإسمنتات الراتنجية : (Heboyan et al., 2023)
31.....	1-3-5 استطبابات الإسمنتات الراتنجية : (Sunico-Segarra and Segarra, 2015)
31.....	1-3-6 تصنيف الإسمنتات الراتنجية:
31.....	1-3-6-1 الإسمنتات الراتنجية المحفزة ذاتياً : (Kim et al., 2013)
31.....	1-3-6-2 الإسمنتات الراتنجية ضوئية التصلب: (Espíndola-Castro et al., 2020)
32.....	1-3-6-3 الإسمنتات الراتنجية ثنائية التصلب: (Maravić et al., 2023)
32.....	1-3-7 الراتنج السيل Flowable Composite:
33.....	1-7-3-1 ميزات الراتنج السيل : (Hervás García et al., 2006)
33.....	2-7-3-1 مساوئ الراتنج السيل: (Shaalan et al., 2017)
33.....	3-7-3-1 استطبابات الراتنج السيل: (Geštakovski, 2021)
34.....	1-4 الفصل الرابع:
34.....	الليزر في طب الأسنان
35.....	1-4-1 تاريخ الليزر:
36.....	1-4-2 الطيف والمطيافية:
37.....	1-4-3 طرائق التحليل الطيفي:

39.....	1-4-4	تفاعل المادة مع الأشعة:
39.....	1-4-5	مكونات جهاز الليزر: (Olivi and Olivi, 2015b)
42.....	1-4-6	تصنيف الليزرات السنية:
44.....	1-4-7	ليزرات عائلة الأربيوم (Er:Cr:YSGG – Er:YAG):
45.....	1-4-8	معاملات الليزر:
47.....	1-4-9	تأثير استخدام الليزر في النسيج السنية:
47.....	1-4-9-1	محتوى النسيج السنية من الهيدروكسي أبيتيت والماء:
47.....	1-4-9-2	آلية تأثير ليزر الأربيوم في النسيج السنية الصلبة:
48.....	1-4-9-3	أثر تقنية تطبيق ليزر الأربيوم في النسيج السنية الصلبة:
50.....	5-1	الدراسات السابقة:
53.....	0- 2	الباب الثاني:
53.....		المواد والطرائق:
54.....	2-1	الدراسة المخبرية:
54.....	2-1-1	تصميم الدراسة:
54.....	2-1-2	عينة الدراسة:
54.....	2-2	صنع الأقراص الخزفية من خزف (IPS e.max Press):
55.....	2-3	الأجهزة والمواد المستخدمة في البحث:
55.....	2-3-1	الأجهزة المستخدمة في البحث:
61.....	2-3-2	مواد وأدوات البحث:
64.....	2-4	طريقة العمل:
64.....	2-4-1	جمع العينة:
64.....	2-4-2	تقسيم العينة:
64.....	2-4-3	تحضير الأسنان:
66.....	2-4-4	مجموعات العينة:
66.....	2-4-4-1	المجموعة الأولى:
71.....	2-4-4-2	المجموعة الثانية:
75.....	2-4-5	حفظ العينة:
75.....	2-4-6	إجراء تطبيق ليزر Er:YAG على العينة:

76.....	2-4-7 دراسة نوع فشل الارتباط:
79.....	الباب الثالث:
79.....	النتائج
80.....	1-3 النتائج وتحليل البيانات:
80.....	1-1-3 وصف العينة:
81.....	3-1-2 الدراسة الإحصائية التحليلية:
93.....	الباب الرابع:
93.....	المناقشة
94.....	4-1 مناقشة فكرة وهدف البحث:
96.....	4-2 مناقشة مواد وطرائق البحث:
96.....	4-2-1 مناقشة اختيار العينة:
96.....	4-2-2 مناقشة مراحل العمل المخبرية:
98.....	4-2-3 تطبيق ليزر Er:YAG:
99.....	4-2-4 قياس الزمن المستهلك ودراسة نوع فشل الارتباط:
99.....	4-3 مناقشة نتائج البحث:
103.....	الباب الخامس:
103.....	الاستنتاجات
105.....	الباب السادس:
105.....	التوصيات والمقترحات
107.....	الباب السابع:
107.....	المراجع

فهرس الأشكال

- الشكل 1 قبضة توربين 55
- الشكل 2 جهاز تصليب ضوئي. 56
- الشكل 3 جهاز CAD/CAM. 56
- الشكل 4 الطابعة ثلاثية الأبعاد ZYRLUX. 57
- الشكل 5 فرن حقن الأقراص الخزفية. 57
- الشكل 6 جهاز ليزر ER:YAG. 58
- الشكل 7 مؤقت الكتروني لهاتف محمول. 58
- الشكل 8 نظارات حماية خاصة لأجهزة الليزر. 59
- الشكل 9 قبضة جهاز الليزر غير التلامسية NON-CONTACT. 59
- الشكل 10 حاضنة حرارية في قسم علوم الحياة كلية طب الأسنان جامعة دمشق. 60
- الشكل 11 جهاز STEROSCOPE. 60
- الشكل 12 حمض فلور الماء بتركيز 9.5% من شركة BISCO. 61
- الشكل 13 مادة الربط BOND شركة من IVOCAR. 61
- الشكل 14 عامل مزوجة الخزف SILANE من شركة BISCO. 62
- الشكل 15 حمض الفوسفور 37%. 62
- الشكل 16 الإسمنت الراتنجي ضوئي التصليب من شركة BISCO. 62
- الشكل 17 كومبوزيت سيال TITREC من شركة IVOCAR. 63
- الشكل 18 مجموعة سنابل تحضير العينة. 63
- الشكل 19 مجموعة أسنان العينة. 64
- الشكل 20 تحضير كامل للسطح الدهليزي. 65
- الشكل 21 ميازيب اللثة. 65
- الشكل 22 التوضع الأفقي للسن ضمن القالب الإكريلي. 65
- الشكل 23 أسنان العينة كاملة. 66
- الشكل 24 الأسنان المحضرة في المجموعة الأولى. 67
- الشكل 25 تخريش الأسنان في المجموعة الأولى بحمض الفوسفور 37%. 68
- الشكل 26 المظهر الطبشوري لأسنان المجموعة الأولى. 68
- الشكل 27 تطبيق المادة الرابطة BOND لأسنان المجموعة الأولى. 68
- الشكل 28 الأقراص الخزفية في المجموعة الأولى. 69
- الشكل 29 تخريش الأقراص الخزفية في المجموعة الأولى بحمض فلور الماء 9.5%. 69
- الشكل 30 الأقراص الخزفية في المجموعة الأولى بعد الغسل والتجفيف. 70
- الشكل 31 تطبيق عامل مزوجة الخزف SILANE للأقراص الخزفية في المجموعة الأولى. 70
- الشكل 32 إصاق الأقراص الخزفية في المجموعة الأولى. 71
- الشكل 33 الأسنان المحضرة في المجموعة الثانية. 72
- الشكل 34 تخريش الأسنان في المجموعة الثانية بحمض الفوسفور 37%. 72
- الشكل 35 المظهر الطبشوري لأسنان المجموعة الثانية. 72
- الشكل 36 تطبيق المادة الرابطة BOND لأسنان المجموعة الثانية. 73
- الشكل 37 الأقراص الخزفية في المجموعة الثانية. 73
- الشكل 38 تخريش الأقراص الخزفية في المجموعة الثانية بحمض فلور الماء 9.5%. 73
- الشكل 39 الأقراص الخزفية في المجموعة الثانية بعد الغسل والتجفيف. 74
- الشكل 40 تطبيق عامل مزوجة الخزف SILANE للأقراص الخزفية في المجموعة الثانية. 74
- الشكل 41 إصاق الأقراص الخزفية في المجموعة الثانية. 74
- الشكل 42 العينة المخبرية ضمن حافظة بلاستيكية. 75
- الشكل 43 العينة المخبرية ضمن الحاضنة الحرارية. 75
- الشكل 44 إعدادات جهاز ليزر ER:YAG أثناء التطبيق. 76
- الشكل 45 مكبرة 20x STEREOSCOPE. 77
- الشكل 46 شكل ترسمي لأنواع فشل الارتباط. 78

فهرس الجداول

- الجدول رقم 1 يلخص تصنيف الليزرات بحسب استخداماتها السريرية في طب الأسنان 42
- الجدول رقم 2 يبين توزع عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة 80
- الجدول رقم 3 يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأعلى والحد الأدنى لقيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) في عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة 81
- الجدول رقم 4 يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) بين مجموعات مادة الإلصاق المستخدمة في عينة البحث 82
- الجدول رقم 5 يبين نتائج الاستقصاء عن نمط الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة 83
- الجدول رقم 6 يبين نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات نمط الفشل الحاصل بين مجموعات مادة الإلصاق المستخدمة في عينة البحث 84
- الجدول رقم 7 يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأعلى والحد الأدنى لقيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) في عينة البحث وفقاً لنمط الفشل الحاصل 85
- الجدول رقم 8 يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) بين مجموعات نمط الفشل الحاصل في عينة البحث 86
- الجدول رقم 9 يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة BONFERRONI لدراسة دلالة الفروق الثنائية في قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) بين مجموعات نمط الفشل الحاصل في عينة البحث 87
- الجدول رقم 10 المجموعة الأولى من العينات A (استخدم أسمنت الإلصاق الراتنجي ضوئي التصلب) 89
- الجدول رقم 11 المجموعة الثانية من العينات B (استخدم الكومبوزيت السيل كمادة إصاق) 92

فهرس المخططات

- مخطط رقم 1 يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة 80
- مخطط رقم 2 يمثل المتوسط الحسابي لقيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) في عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة 82
- مخطط رقم 3 يمثل النسبة المئوية لنتائج الاستقصاء عن نمط الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة 84
- مخطط رقم 4 يمثل المتوسط الحسابي لقيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) في عينة البحث وفقاً لنمط الفشل الحاصل 86

الباب الأول:

الإطار التمهيدي

المقدمة:

يعد استخدام الوجوه الخزفية من الخيارات التعويضية المهمة، نظراً إلى خواصها الجمالية العالية، وإلى قوة ارتباطها بالنسج السنية. (Albers, 2002). لكن ديمومة هذا النوع من التعويضات عادة ما تتأثر بعوامل عدة، منها التغير اللوني الذي يطرأ على اسمنت الإلصاق الراتنجي نتيجة حدوث التسرب الحفافي، أو انكسار جزء من الوجه الخزفي. (Dunne and Millar, 1993). أو حدوث خطأ ما في إصاق الوجه الخزفي، وهذا يسبب مشكلة حقيقية لاضطرار الطبيب حينها إلى نزع هذا الوجه، وما يمثل هذا الأمر من تحدٍ كبير نظراً إلى تقنية إصاقه القوية التي تعتمد على الارتباط بالنسج السنية بواسطة الأسمنت الراتنجي. (Anusavice, 2003). يوجد عدة وسائل مختلفة يلجأ إليها الممارس لإزالة الوجه الخزفي، كاستخدام السنايل الماسية على السرعات العالية، وبالتالي إزالة جزء من النسج السنية الداعمة، وما يترتب على ذلك من جهد ووقت، وتخرب للوجه الخزفي، وبالتالي استحالة ترميمه لاستخدامه مرة أخرى. (Sarp and Gülsoy, 2011). وهذا دفع الباحثين لتطوير تقنية لنزع الوجوه الخزفية بوقت ضئيل، ودون الإضرار بهيكل الوجه الخزفي. وذلك بعد أن استخدم الليزر في نزع الحاصرات التقويمية الخزفية من خلال تسليط شعاع ليزرات معينة على الحاصرات الخزفية بهدف فك ارتباطها عن النسج السنية. (Tocchio et al., 1993). التي استُخدم فيها عدد من الليزرات مثل: ليزر CO_2 وليزر Diode. (Feldon et al., 2010). وليزر Nd:YAG. (Sarp and Gülsoy, 2011). وآخرها ليزرات Er:YAG و Er:YSG التي كانت أكثرها فاعلية نظراً إلى درجة امتصاصها المرتفعة في طبقة الارتباط الواقعة بين الحاصرة الخزفية والنسج السنية، فضلاً عن كونها أقلها أثراً سلبياً في رفع درجة حرارة اللب السني. (Oztoprak et al., 2010). أُجري على هذه التقنية عدد من الدراسات باستخدام ليزر Erbium_doped: yttrium aluminium (Er:YAG garnet) نظراً إلى فعاليته في اختراق الوجه الخزفي. (Buu et al., 2010). (Morford et al., 2011). (Oztoprak et al., 2012).

اتسعت دائرة هذه الدراسات لتشمل نوع المادة الخزفية المستخدمة، وأنظمة الربط، واسمنتات الإلصاق، وتأثيرها بالليزر المستخدم. ومن خلال بحثنا في الأدب الطبي كانت هناك العديد من الدراسات التي قارنت بين أنواع مختلفة

من الترميمات الخزفية في استخدامات ليزر الإيريوم Er:YAG لفك ارتباط الوجوه الخزفية، لكنها لم تعنى كثيرا بدراسة الأنواع المختلفة للمواد الراتنجية المستخدمة في الإلصاق. (Iseri et al., 2014) (Zhang et al., 2018) ومن هنا أتت فكرة إجراء دراسة مخبرية مقارنة لنوعين مختلفين من المواد الراتنجية المستخدمة في الصاق الوجوه الخزفية، لاختلاف خصائصهما البنيوية واللونية مما يسهم في تحسين القرار السريري واختيار المادة الأنسب التي تتيح إمكانية الإزالة عند الحاجة دون الإضرار بالأنسجة السنية.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى:

- 1 - إجراء دراسة مخبرية لتقييم تأثير نوع مادة الإلصاق على كفاءة فك ارتباط الوجوه الخزفية باستخدام ليزر الإربيوم Er-YAG.
- 2 - مقارنة زمن إزالة الوجوه الخزفية المرتبطة بالإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب، مقابل الكومبوزيت السيال.
- 3 - تحديد أنماط الفشل الناتجة بعد التعرض الليزري لكل نوع من مواد الإلصاق.
- 4 - تحليل العلاقة بين نوع اللاصق وفعالية الليزر المستخدم في إزالة الوجوه الخزفية من حيث الأمان والكفاءة.

أهمية البحث:

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من كونها تسلط الضوء على جانب عملي ودقيق في ممارسات طب الأسنان التجميلي، ألا وهو إزالة الوجوه الخزفية عند الحاجة دون إلحاق ضرر بالنسج السنية. ويقدم مقارنة علمية مخبرية بين نوعين شائعين من مواد الإلصاق مما يساعد في توجيه قرارات الممارس في اختيار المادة الأنسب التي تضمن ثباتاً جيداً للوجوه الخزفية مع إمكانية الإزالة لاحقاً بأقل ضرر ممكن. وتكمن أهمية النتائج المتوقعة أيضاً في إمكانية تقليل الزمن السريري لإزالة الترميمات وتحسين سلامة الإجراء وتوفير أساس علمي لبرمجة برتوكولات ليزرية فعالة حسب نوع مادة الإلصاق.

المراجعة النظرية

1-1 الفصل الأول:

الخزف السني

1-1-1 الخزف السني:

عبارة عن مركب غير عضوي يتألف من عناصر معدنية وغير معدنية، استخدم في التعويض عن النسيج السنية منذ سنوات عديدة، ومن خصائصه إعطاؤه مظهراً جمالياً وملائمته ونسبة اهترائه المنخفضة ومقاومته للتلون، إلا أن مشكلته الأساسية تبقى احتمالية الانكسار وسحل الأسنان الطبيعية المقابلة وصعوبة إعادة الترميم والإصلاح بعد الإلصاق. (Bajraktarova-Valjakova et al., 2018b)

1-1-2 التركيب الكيميائي للخزف السني:

حسب التركيب والبنية المجهرية : (Zarone et al., 2011) على المستوى المجهرى يتم تصنيف الخزف حسب طبيعة تركيبه، وحسب محتواه من الزجاج والبلورات.

1_ الأنظمة المعتمدة على الزجاج ، وتتركب بشكل أساسي من : (Holand et al., 2019)

- الفيلدسبار .

- السيليكا أو ما يسمى بالكوارتز .

- أكاسيد معدنية.

2_ الأنظمة المعتمدة على الزجاج مع وجود المائات، ويقسم هذا النمط إلى ثلاثة أنواع : (Fu et al.,

(2020)

- الخزف الزجاجي الفلدسباري منخفض إلى متوسط المحتوى من بلورات اللوسيت.

- الخزف عالي المحتوى من بلورات اللوسيت.

- الخزف الزجاجي الحاوي على بلورات ثنائي سيليكات الليثيوم.

3_ الأنظمة المعتمدة على البلورات مع مائات زجاجية ، وله نوعين : (Madfa et al., 2014)

- الخزف المقوى ببلورات الألومينا.

- الخزف المقوى ببلورات الألومينا والزيركونيا.

4_ الزيركونيا:

الأنظمة المعتمدة في تركيبها على البنية الصلبة متعددة البلورات (Gautam et al., 2016)

1-2-1-1 تصنيف الخزف السني حسب طريقة الصنع:

- طريقة المسحوق والسائل: تتم باليتين هما تكثيف المسحوق وهي الطريقة التقليدية وطريقة صب المعلق

slip cast (Helvey, 2013)

- طريقة التصميم والتصنيع الحاسوبي CAD/CAM: يتم تصميم التعويض حاسوبياً ثم خراطة التعويض

النهائي من Blocks مصنعة مسبقاً. (Li et al., 2014)

- طريقة الحقن الحراري:

يتم استخدام تقنية الشمع الضائع عبر عملية رفع درجة حرارة المصبوبات حتى تصبح كسائل مرتفع

اللزوجة ثم يتم حقنه ضمن القالب ، ومن الأنواع التي تتبع هذه الطريقة : (Zhang et al., 2015)

1- (IPS Empress 1) لشركة Ivoclar Vivadent وهو خزف زجاجي مقوى ببلورات اللوسيت.

2- (IPS Empress 2) لشركة Ivoclar Vivadent وهو خزف زجاجي مقوى ببلورات ثنائي سيليكات

الليثيوم.

3- (IPS e.max press) لشركة Ivoclar Vivadent.

1-2-2-1 الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم القابل للحقن (IPS e.max

:press)

تم تطويره من قبل شركة Ivoclar Vivadent عن نظام IPS Empress 2. ويتفوق عليه بالخصائص

التجميلية والميكانيكية (Stappert et al., 2006)، وهو خزف زجاجي مقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم،

عالي الشفافية، يستطب للتعويضات التجميلية، يمكن أن يخزف فوقه باستخدام خزف زجاجي يحوي فلور الأباتيت

(IPS e.max Ceram) الذي يمتلك معامل تمدد حراري مناسب ويحسن الخواص البصرية. (Jalali et al.,)

(2016)

1-2 الفصل الثاني:

الوجوه الخزفية

1-2-1 الوجوه الخزفية:

عبارة عن تعويض ثابت بشكل رقاقة خزفية تلتصق إلى سطح الأسنان المحضرة مسبقاً، لتعديل شكل أو لون الأسنان، وتعرف أيضاً على أنها خيار تعويضي تجميلي للتعويض عن السطح الدهليزي للأسنان وجزء أو كامل السطوح المجاورة، أي إنها تستخدم بهدف تحسين ابتسامة المريض بأقل تحضير ممكن للنسج السنية. (AlJazairy, 2021)

بدأ تطور الوجوه الخزفية مع أبحاث العالم (Rochette, 1975)، عندما بين إمكانية تخريش الخزف، وآلية ارتباطه مع النسج السنية، كحل لتجميل القواطع المكسورة دون اللجوء للحشوات الترميمية. ذُكر أن تخريش الوجوه يزيد من ديمومتها، ومع التطور الحاصل على أنظمة الربط مع الميناء والعاج وإمكانية تخريش الأسنان بحمض الفوسفور، وتخريش الخزف بحمض فلور الماء، وتطور أنظمة الإلصاق واستخدام السيلان (Magne and Douglas, 1999)، أصبحت هذه التعويضات ذات ديمومة وعمر طويل، وبالتالي اعتبرت الوجوه الخزفية الحل الأمثل لتحسين النواحي التجميلية.

1-2-2 استطببات الوجوه الخزفية : (Kallala et al., 2021)

- 1 - تعديل شكل الأسنان الأمامية.
- 2 - تعديل لون الأسنان المتلونة بسبب التصبغ التتراسكليني، والتبقع الفلوري، والأسنان الداكنة نتيجة التقدم بالعمر أو الأسنان المعنّدة على التبييض.
- 3 - معالجة الفراغات بين السنية البسيطة.
- 4 - تعديل العيوب في سطوح الأسنان مثل الشقوق الصغيرة في الميناء.

1-2-3 مضادات استطباب الوجوه الخزفية: (Venâncio et al., 2014)

- 1 - عدم توفر الميناء بشكل كافٍ.
- 2 - السحل السني بسبب الصرير.
- 3 - الأسنان القصيرة.
- 4 - العادات الفموية السيئة.
- 5 - سوء الارتصاف السني الشديد الذي يحتاج لمعالجة تقويمية.

1-2-4 مزايا الوجوه الخزفية : (Yousief et al., 2023)

- 1 - لون طبيعي يحاكي شكل ولون الميناء السني.
- 2 - ديمومة عالية.
- 3 - تقبل حيوي عالٍ مع النسيج السنية والانسجام مع النسيج حول السنية.
- 4 - تحتاج لتحضير محدود جداً مع النسيج السنية.
- 5 - مقاومة عالية للاهتراء والسحل.

1-2-5 مساوئ الوجوه الخزفية : (Silveira et al., 2020)

- 1 - القسافة.
- 2 - صعوبة الإصلاح.
- 3 - تحضير الأسنان غير الردود.
- 4 - لا يمكن تعديل اللون بعد إلصاق الوجه الخزفي.

1-2-6 تحضير الأسنان لاستقبال الوجوه الخزفية:

1-6-2-1 تحضير السطح الدهليزي:

يتم التحضير في السطوح الدهليزية للأسنان من أجل استقبال الوجوه الخزفية وفق ثلاثة مستويات، ولضبط كمية التحضير يمكن الاستعانة بسنبلة تحديد العمق أو باستخدام الدليل السيلكوني. (Gürel, 2007)

عمق التحضير في السطح الدهليزي يتراوح بين 0.4 ملم عند مستوى اللثة وقد يصل إلى 0.7 ملم عند الحد القاطع، وللحصول على ارتباط جيد لابد من إبقاء التحضير ضمن الميناء وجعل حواف التحضير مينائية فقط.

(Calamita et al., 2013)

1-2-6-2 تحضير الحد القاطع : (Çöterta et al., 2009)

- بشكل نافذة (Window): أي دون تغطية للحد القاطع وذلك عند الحاجة لتعديل لون الأسنان فقط دون تعديل طوله وعدم وجود مشكلة في موضعه.
- نموذج الحد القاطع المشطوب (Buttjoint): أي يتم تغطية الحد القاطع مما يسمح للمخبري بتحكم أكبر بزيادة المؤثرات الفنية والجمالية العالية.
- نموذج الحد القاطع المغطي (Overlap): أي يتم تغطية الحد القاطع مع التقاف ليشمل جزءاً من السطح الحنكي.

1-2-6-3 تحضير السطوح الملاصقة:

يتم تمديد التحضير باتجاه السطح الملاصق دون اختراق منطقة التماس من خلال تحقيق التماس مع خط الإنهاء الدهليزي.

وقد نحتاج في بعض الحالات إلى اختراق منطقة التماس : (Gurel et al., 2012)

- 1 - الفراغات بين السنية.
- 2 - الأسنان المجاورة لتيجان كاملة.
- 3 - الأسنان المرتصفة بشكل سيئ.
- 4 - وجود حشوات أو نخور ملاصقة.

1-2-7 إصاق الوجوه الخزفية:

مراحل إصاق الوجوه الخزفية:

1-7-2-1 تهيئة سطح الأسنان المحضرة:

يوجد عدة أنظمة مستخدمة لتهيئة سطوح الأسنان وبذلك تختلف الطرق المتبعة ، عند استخدام نظام كامل التخرش Total etch ينبغي تخرش كامل سطح السن المحضر بحمض الفوسفور 37% مع مراعاة الغسل الكامل ثم يتم التجفيف بتيار هوائي لطيف وبعدها يتم وضع المادة الرابطة دون تصليبها، ثم يتم تطبيق الراتنج المختار على باطن الوجه الخزفي ويوضع على السن ويصلب ضوئياً لمدة 3 ثوان ثم تزال الزوائد ويتم إتمام التصليب، بينما اذا تم الاعتماد على النظام ذاتي التخرش Self _etch يتم تطبيق المبدئ ذاتي التخرش على الأسنان المحضرة ثم يطبق الإسمنت الراتنجي على باطن الوجه الخزفي ويلصق. (Gurel et al., 2012)

1-2-7-2 تهيئة السطح الداخلي للوجه الخزفي:

يخرش السطح الداخلي للوجه الخزفي بحمض فلور الماء بتركيز مختلفة تتراوح بين 2.5-10% حيث تكون المدة الزمنية للتخرش مرتبطة بنوع الخزف وتركيبه، حيث إن التخرش الحمضي للوجه يساعد على تأمين ارتباط ميكانيكي مجهري بين الوجه والإسمنت الراتنجي عن طريق تشكيل سطح خزفي مخرش حاوٍ على مسامات مجهرية. (Pini et al., 2012) ثم يتم غسل وتجفيف السطح الداخلي للوجه الخزفي، بعدها يتم تطبيق عامل مزوجة الخزف Silane الذي يحقق الارتباط الكيميائي ويزيد قوى الارتباط ويحسن الختم الحفافي، حيث ترتبط نهاية السيلان بثنائي أوكسيد السيليسيوم على الوجه الخزفي، وتتفاعل مجموعة الميتاكريلات مع الإسمنت الراتنجي. (Lung and Matinlinna, 2012)

1-2-8 فشل الوجوه الخزفية:

يعد نجاح الوجوه الخزفية واستمراريتها أمراً مرهوناً بعدم حصول أي من أشكال الفشل التي تحدث على الممارس إزالتها. وإن أهم ما يصف مدى نجاح ترميمات الوجوه الخزفية أو فشلها هي دراسة معدل بقائها survival

rale. ففي دراسة من نوع تحليل Meta لديمومة الوجوه الخزفية أوضح Layton وزملاؤه أن النجاح السريري للوجوه يرتبط بعدد من المتغيرات أهمها مستوى مهارة الطبيب والفني واحترافيتهم في عمل الوجوه، إضافة إلى دقة الإجراءات المخبرية والسريرية المتبعة في إنجاز الوجوه، أيضاً إلى جودة نوعية المواد المستخدمة في تصنيع الوجوه، والمواد المستخدمة في إلصاقها، إضافة إلى مدى اهتمام المريض بصحته الفموية، والمحافظة على الوجوه الخزفية من بعض الأطعمة والعادات السيئة التي تؤدي إلى فشل مبكر للوجوه الخزفية. (Layton et al., 2012)

تندرج أشكال فشل الوجوه الخزفية ضمن عدة فئات وهي: ميكانيكية، وحيوية، وجمالية.

1- الأشكال الميكانيكية لفشل الوجوه الخزفية:

- انكسار الهيكل الخزفي أو جزء من الخزف المغطى، وذلك إما بسبب توضع سيئ للحافة القاطعة للوجه، أو لكون ثخانة الحد القاطع قليلة، أو وجود قوى إطباقية شديدة على الوجوه الخزفية.
- فك ارتباط الوجه الخزفي؛ وذلك إما بسبب تقنية إلصاق خاطئة، أو حدوث تلوث أثناء عملية الإلصاق، أو استخدام مواد إلصاق غير فعّالة، أو منتهية الصلاحية، أو عدم التصليب الضوئي الكافي للإسمنت الراتنجي. (Hu et al., 2014) (Friedman, 1998)

2- الأشكال الحيوية لفشل الوجوه الخزفية:

- حدوث حساسية شديدة تالية لتركيبة الوجوه الخزفية: التي قد تحدث إما بسبب زيادة في زمن التخريش الحمضي للنسج السنية، أو ترك النسج السنية مكشوفة لحين إنجاز الوجوه وإلصاقها دون وضع عوض مؤقت بحواف جيدة، أو قد تحدث عندما يكون انطباق الوجه الخزفي سيئاً.
- حدوث نخر في النسج السنية: الذي قد يحصل نتيجة التسرب الحفافي بسبب انطباق سيئ أو حواف ناقصة للوجه. (Hu et al., 2014) (Friedman, 1998)

3 - أشكال الفشل الجمالية للوجوه الخزفية: (Friedman, 1998)

- اختيار اللون الخاطئ.
- التغير اللوني التالي لإلصاق الوجه الخزفي: الذي قد يحدث إما بسبب التصليب الضوئي غير الكافي لإسمنت الإلصاق الراتنجي ضوئي التصلب، أو استخدام إسمنت إلصاق ثنائي التصلب،

وعدم التصلب الكامل للمُبدء الأمني الداخلي في تركيبه، أو بسبب وجود تسرب حفاقي، وهذا

يؤدي إلى تغير لون الأسنان لامتصاصه للسوائل الفموية.

- عدم رضا المريض عن شكل الوجوه أو لونها بعد تركيبها.
- حصول انحسار لثوي تالي لتركيب الوجوه الخزفية: الذي قد يحدث إما بسبب حواف زائدة للوجه الخزفي تحت اللثة، أو بسبب التهاب لثوي نتيجة عدم إزالة زوائد الإلصاق بشكل جيد، أو لعدم عناية المريض بصحته الفموية.

1-3 الفصل الثالث:

الراتنجات

1-3-1 الإسمنتات الراتنجية Resin Cements:

هي إسمنتات معتمدة على الميتاكريلات، منخفضة اللزوجة، اشتهرت بخصائصها التجميلية العالية وقوة ارتباطها.

أدى التطور الحاصل على الخزف السني إلى تزايد الاهتمام في أنظمة الربط، وتبعاً لبعض الدراسات فإن الإسمنتات الراتنجية قد حسنت بعض خواص الترميمات الخزفية، كتنقيط احتمالية تشكل الصدوع والكسور في هذه

الترميمات. (Blatz et al., 2003)

قسمت الإسمنتات الراتنجية إلى نوعين:

1 - إسمنتات راتنجية تحوي على زمرة ميثيل ميتاكريلات. (Leggat et) Methyl methacrylate

(al., 2009)

2 - إسمنتات راتنجية يدخل في تركيبها أرومات دي ميتاكريلات Bis_GMA اختصار للزمرة

الكيميائية Glycidyl dimethacrylate. (Vallo and Schroeder, 2005)

تعد الراتنجيات المستخدمة في إلصاق الوجوه الخزفية مواد تم تطويرها من خلال جعلها قادرة على تحقيق ارتباط إلى الميناء والعاج السني، حيث تعتبر راتنجاً مركباً ذا لزوجة منخفضة، تتألف من مواد مألوفة غير عضوية وقالب راتنجي، إلا أن نسبة المواد المألوفة في الإسمنتات الراتنجية أقل منها في الراتنج المركب لتقليل لزوجتها.

(Ferracane, 2011)

تأتي بأشكال تجارية مختلفة، إما مسحوق وسائل أو معجونان (أساس ومسرّع) أو معجون واحد مع عوامل ربط.

(Manappallil, 2015)

1-3-1 تركيب الإسمنت الراتنجي : (SÜMER and DEĞER, 2011)

المسحوق:

- 1 - قالب راتنجي.
- 2 - مواد مالئة غير عضوية.
- 3 - عامل مزوجة الخزف Coupling agent السيلان.
- 4 - مسرعات أو محفزات كيميائية أو ضوئية.

السائل:

- 1 - ميثيل ميتا ميتاكريلات.
- 2 - تريثاري أمين.

1-3-2 التركيب الكيميائي للإسمنت الراتنجي:

القالب الراتنجي Resin Matrix خليط من وحدات التماثر monomers العطرية مثل: Bis_GMA أو

UDMA أو TEGDMA.

1 - Bisphenol A and Glycidyl Methacrylate (Bis_GMA) (Söderholm and):

(Mariotti, 1999)

يتركب عن طريق تفاعل البيسفينول A مع الغليسيديل ميتاكريلات، مركب وحيد التماثر ثنائي الوظيفة

يمتلك رابطتين مضاعفتين فعاليتين طويل الجزيء وثابت نسبياً، الأمر الذي يسمح بتشكيل عديد تماثر تصالبي

والحصول على تقلص تصلبي أقل.

2 – (Gonçalves et al., 2009): Triethylens Glycol Dimethacrylate (TEGDMA)

ثلاثي إيثيلين غليكول دي ميثاكريلات وحيد التماثر يملك رابطتين مضاعفتين فعاليتين على كلتا نهايتيه ثنائي الوظيفة وحجم جزيئاته أصغر من ال Bis_GMA. يشكل وحيد التماثر TEGDMA مع وحيد التماثر Bis_GMA ارتباطات تصالبية واسعة الانتشار بين سلاسل عديدة التماثر مما يعطي قالباً راتنجياً صلباً ذا مقاومة عالية للانحلال بالمحلات كالماء والكحول ومقاوم للحرارة، يستخدم هذا المزيج في الإسمنتات الراتنجية الحالية.

3 – Urethane Dimethacrylate (UDMA):

يوريتان دي ميثاكريلات ظهر عام 1974 من قبل walker و foster وهو عبارة عن راتنج ثنائي الوظيفة. (Kerby et al., 2009)

لزوجته منخفضة مما يمكن من تحميله بالمواد المائلة دون الحاجة إلى إضافة وحيدات التماثر، لكنه يعتبر أكثر قسافة وتقلصه التصليبي أكثر مقارنة ب Bis_GMA لذلك لا يستخدم بمفرده ولكن عادة بالتشارك مع Bis_GMA. (Barszczewska-Rybarek, 2009)

وجود UDMA ساهم في إنقاص تواجد TEGDMA وهو مونومير مسؤول عن امتصاص الماء بمعدلات عالية بسبب احتوائه على رابطة الإيتر المحبة للماء والتي تسبب حدوث التغير اللوني. (de Godoy Fróes–)

(Salgado et al., 2015)

-المواد المائلة Fillers:

عبارة عن مواد لاعضوية كالكوارتز وسيليكات الألمنيوم والليثيوم والباريوم. (Masouras et al., 2008) تكون بأحجام مختلفة والهدف منها تقليل كمية القالب الراتنجي للحد من الخصائص السلبية لهذا القالب، مما يخفض معامل التمدد الحراري ليتقارب مع معامل التمدد الحراري للنسج السنية ولتقليل مقدار التقصص التصليبي، وأيضاً لرفع سوية الخصائص الميكانيكية للقالب الراتنجي كمقاومة الانضغاط والشد والالتواء ورفع معامل المرونة والتقليل من الاهتراء. (Liu et al., 2021)

تقسم المواد المائلة إلى : (Elfakhri et al., 2022)

- 1 - مواد مائلة ذات جزيئات ناعمة MIDI-Filler.
- 2 - مواد مائلة ذات جزيئات فائقة النعومة MINI-Filler.
- 3 - مواد مائلة هجينة تحتوي على جزيئات فائقة النعومة وناعمة Hybrid-Filler.
- 4 - مواد مائلة تحتوي على جزيئات بأحجام دقيقة جداً Nano-Filler.

-عامل الربط المضاعف Silane Coupling Agent : (Pan et al., 2020)

يقوم هذا العامل بربط الجزيئات المائلة إلى القالب الراتنجي، حيث يدعم هذا الربط الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للإسمنت الراتنجي مما يجعل القالب الراتنجي والجزيئات المائلة كأنها وحدة متكاملة، ويسمح للقالب الراتنجي الأكثر مرونة بنقل الجهود إلى الجزيئات المائلة الأكثر صلابة وقساوة، وكذلك يشبط الارتشاح حيث يمنع السوائل من التغلغل على طول سطح التماس بين القالب الراتنجي والجزيئات المائلة.

-مبدئات التماثر Initiators:

عبارة عن عناصر كيميائية تضاف إلى القالب الراتنجي لتساعد في تشكيل الجذور الحرة الضرورية لبدء عملية التماثر، وبعد تشكيلها ندخل في التفاعل الكيميائي وتصبح جزءاً من عديد التماثر الناتج. (Schricker, 2017) في الأنظمة المفصلة كيميائياً يستخدم الأمين الثلاثي ليتفاعل مع بنزويل البيروكسيد لتشكيل الجذور الحرة. (Kowalska et al., 2021)

بينما في الأنظمة المصلبة بالضوء يثار الكامفركينون المضاف عند تعرضه للضوء ويتفاعل مع الأمين الثلاثي ليشكل الجذور الحرة. (Bordina et al., 2022)

1-3-2 خصائص الإسمنتات الراتنجية:

يعتبر اختلاف المحتوى من المواد المائلة والاختلافات التركيبية من العوامل التي تؤثر في خصائص الإسمنتات الراتنجية التي تكون عموماً غير قابلة للانحلال.

يتراوح زمن تصلبها من دقيقتين إلى أربع دقائق، وثخانتها الفيلمية أقل من 25 ميكرونًا، ومقاومة الانضغاط بعد مرور 24 ساعة هي بين 70 و 172 Mpa، بينما معامل المرونة يتراوح بين 2.1 إلى 3.1 Gpa. (Blatz et al., 2003)

تكتسب الترميمات الخزفية الكاملة متانتها وديمومتها في الفم من خلال إلصاقها إلى بنية السن بواسطة الإسمنتات الراتنجية. (Lawson et al., 2014)

1-3-3 المتطلبات العامة الواجب توافرها في الإسمنتات السنية: (Wingo, 2018)

- 1 - انحلالية ضعيفة.
- 2 - أن تمتلك لزوجة منخفضة، لتشكيل طبقة بثخانة رقيقة جداً.
- 3 - التقبل الحيوي.
- 4 - خواص بصرية عالية حيث يحاكي بخواصه البصرية لون الأسنان.
- 5 - خواص ميكانيكية عالية كمقاومة قوى الشد والقص الناتجة عن الجهود المطبقة.
- 6 - أن يؤمن التصاقاً جيداً مع كل من التعويض والنسج السنية، لمنع التسرب الحفافي.
- 7 - زمن عمل كافٍ.

1-3-4 سيئات الإسمنتات الراتنجية: (Heboyan et al., 2023)

- 1 - حساسية تقنية الربط.
- 2 - صعوبة إزالة زوائد الإسمنت بعد تمام التصلب.

3 - تحتاج إلى عدة مراحل في عملية الربط إلى النسيج السنية، وتحضير السطح الداخلي للتعويض.

5-3-1 استطبانات الإسمنتات الراتنجية: (Sunico-Segarra and Segarra, 2015)

1 - إصاق التعويضات الخزفية الكاملة والجزئية.

2 - إصاق الوجوه التجميلية الخزفية.

3 - إصاق الحاصرات التقويمية.

6-3-1 تصنيف الإسمنتات الراتنجية:

تصنف الإسمنتات الراتنجية حسب آلية التصلب أو حسب آلية الارتباط مع النسيج السنية.

تصنف الإسمنتات الراتنجية حسب آلية التصلب:

1 - نظام ذاتي كيميائي التصلب Self-cured.

2 - نظام مفعّل ضوئياً Light-cured.

3 - نظام ثنائي التصلب Dual-cured.

1-6-3-1 الإسمنتات الراتنجية المحفزة ذاتياً: (Kim et al., 2013)

أنظمة مؤلفة من مكونين، إما معجونان أو مسحوق وسائل، بتفاعل المكونان عند مزجهما لمدة تتراوح من

20 إلى 30 ثانية، ويفضل أن تتم إزالة الزوائد مباشرة بعد التأكد من استقرار التعويض، هذا الإسمنت مناسب

لمختلف التعويضات وخاصة ذات السماكات الكبيرة أو الملصقة في التحضيرات العميقة التي قد لا يصل إليها

الضوء.

2-6-3-1 الإسمنتات الراتنجية ضوئية التصلب: (Espíndola-Castro et al., 2020)

تستطب لإصاق الترميمات والتعويضات الخزفية قليلة السماكة، وفي الإصاق للحاصرات التقويمية.

تتألف من مكون وحيد موجود ضمن عبوة واحدة، يجب ألا يقل زمن التعرض للضوء عن 40 ثانية والحد الأدنى لزمن التعرض الضوئي هو 10-15 ثانية للضوء المركز أو 60 ثانية للضوء الهالوجيني التقليدي، يجب إزالة زوائد الإسمنت فوراً بعد الاستقرار الكامل للتعويض.

1-3-6-3 الإسمنتات الراتنجية ثنائية التصلب: (Maravić et al., 2023)

هي أنظمة مؤلفة من مكونين، تحتاج للمزج أولاً من أجل تفعيلها، علماً أن التحفيز الكيميائي لها بطيء مما يؤمن زمن عمل كافٍ إلى حين تعريضها لمصدر ضوئي، يستخدم هذا النوع للإصاق الترميمات الخزفية الخزفية حيث لا تسمح للضوء بالوصول إلى طبقة الإسمنت.

وتصنف الإسمنتات الراتنجية حسب آلية الارتباط: (Burgess et al., 2010)

- 1 - الإسمنتات الراتنجية ذات نظام كامل التخریش Total etch.
- 2 - الإسمنتات الراتنجية ذات نظام ذاتي التخریش Self etch.
- 3 - الإسمنتات الراتنجية ذات نظام ذاتي الإصاق Self adhesive.

1-3-7 الراتنج السيّال Flowable Composite:

تم إدخال فئة جديدة من الراتنجات المركبة القابلة للتدفق أو السيالة في أواخر عام 1996. يتميز الراتنج السيّال بانسيابيته العالية وانخفاض لزوجه بسبب محتواه القليل من المواد المائلة، المركبات القائمة على الراتنج السيّال هي راتنجات تقليدية مع مواد مائلة بنسبة تصل إلى 37%-53% مقارنة 50%-70% في الراتنج التقليدي، هذا المحتوى المنخفض من المواد المائلة يعمل على تعديل اللزوجة. (Baroudi and Rodrigues, 2015)

1-7-3-1 ميزات الراتنج السيلال (Hervás García et al., 2006)

- 1 - القدرة على تطبيقه بسماكات قليلة وبالتالي تحسين أو إلغاء مشكلة اندخال الفقاعات الهوائية.
- 2 - مرونته العالية، لذلك من غير المرجح أن يتم تطبيقه في مناطق تركيز الإجهادات.
- 3 - ظليل على الأشعة.
- 4 - متوفر بعدة ألوان.

2-7-3-1 مساوئ الراتنج السيلال (Shalan et al., 2017)

- 1 - تقلصه التصليبي عالٍ بسبب انخفاض محتواه من المواد المألثة.
 - 2 - خصائصه الميكانيكية أضعف مقارنة بالراتنج المركب التقليدي.
- العيب الرئيسي للراتنج السيلال هو قوته المنخفضة مقارنة بالراتنجات التقليدية، ويرى ذلك إلى انخفاض كمية المواد المألثة من أجل تحقيق لزوجة منخفضة وسهولة التعامل.

3-7-3-1 استطببات الراتنج السيلال (Geštakovski, 2021)

- 1 - ترميم حفر الصنف الخامس وحفر الصنف الثاني الصغيرة.
- 2 - إصلاح العيوب في التعويضات الإكريلية المؤقتة.
- 3 - إصلاح حواف التيجان المؤقتة أو حواف الترميمات.
- 4 - إصاق الحاصرات التقويمية.
- 5 - إصاق الوجوه التجميلية الخزفية والوجوه التجميلية المصنعة مسبقاً من الراتنج المركب، حيث أثبتت بعض الدراسات أنه عند استخدام الراتنج السيلال كإسمنت إصاق يتشكل ما يعرف باسم المنطقة المقاومة للقاعدة الحمضية في العاج، مما يساعد على زيادة مقاومة تشكل النخور الثانوية.

1-4 الفصل الرابع:

الليزر في طب الأسنان

1-4-1 تاريخ الليزر:

يعد النموذج الذري للعالم بور ونظرية أينشتاين للانبعاث المحفّز للشعاع المصدر الأساسي لاختراع أول نوع من أنواع الليزر. يختلف الليزر عن الضوء الاعتيادي بأنه يمتلك كمية كبيرة من الطاقة في مساحة ضيقة تأخذ شكل شعاع للضوء. كما يتميز أيضاً بكونه ذا ضوء متماسك ومسدّد وأحادي اللون. (Convissar, 2016) تعد كلمة laser هي الأحرف الأولى للكلمات الإنكليزية الآتية:

Light amplification by stimulated emission of radiation وهي تعني: تضخيم الضوء بواسطة الانبعاث المحفّز للشعاع. يعود الأساس العلمي التاريخي الذي اعتمد عليه الليزر إلى نظرية النموذج الذري (عام 1913) للعالم بور، ثم إلى وصفه لظاهرة الانبعاث المحفّز (عام 1916)، وبعدها إلى تكوين نظرية الانبعاث المحفّز للشعاع (عام 1917).

إذ وصف النموذج الذري للعالم بور موقع الإلكترونات ذات الشحنة السالبة في مدارات مختلفة ذات طاقات مختلفة تدور حول نواة ذات شحنة موجبة.

إذ ينتج عن انتقال إلكترون ما من مدار ذي طاقة مرتفعة إلى مدار ذي طاقة أقل إلى انبعاث طاقة ضوئية تشكل موجة كهرومغناطيسية.

حاز بور على ذلك جائزة نوبل للفيزياء عام 1922. وفي عام 1917 وضع ألبرت أينشتاين نظرية الانبعاث المحفّز للشعاع وهو ما يعرف بالنظرية الكمومية، وحصل بذلك على جائزة نوبل للفيزياء عام 1921، وفي عام 1958م نشأ ما يعرف ب maser بواسطة الباحثين townes و Schawlow اختصاراً للحروف الأولى للكلمات micro wave amplification by stimulated emission of radiation ما أسس لاحقاً لنشأة أول ليزر ياقوتي عام 1960 بواسطة Maiman. (Maiman, 1960)

في عام 1961 قام snitzer بعمل أول ليزر Neodymium:YAG. بعدها بعدة سنوات حصل townes وزملاؤه عام 1964 جائزة نوبل للفيزياء لأبحاثهم في تطوير تقنية الليزر، وفي عام 1965 قام كل من sognanes و stern بإجراء دراسات حول التأثير الشكلي لليزر على النسيج السنية. (Stern et al., 1966)

أجريت أول دراسة سريرية على الأسنان بواسطة ليزر ياقوتي بطول موجي (694nm) بواسطة الفيزيائي goldman على أخيه طبيب الأسنان Bernard لكن ذلك أدى إلى حدوث ضرر حراري نتيجة الانبعاث المستمر لموجة الليزر. (Goldman et al., 1965)

بدأ استخدام الليزر فعلياً في الممارسة السريرية في طب الأسنان في عام 1980 وذلك بفضل تطوير الليزرز النبضية التي حدثت من الضرر الحراري الكبير لليزرز المستمرة، تلا ذلك تطوير ليف بصري من الكوارتز كتقنية توصيل لليزر Nd:YAG بواسطة Myer الذي سمح بوصول أفضل لداخل الحفرة الفموية أثناء المعالجات. (Myers et al., 1989)

وفي عام 1981 توجهت الأبحاث في مجال الليزر نحو تطوير تقنيات حديثة تستبدل أدوات الحفر الدوارة، وهذا أدى إلى نشأة أول ليزر Er:YAG بواسطة Hibst و Keller يمكن من قطع النسيج السنية الصلبة. (Keller and Hibst, 1989)

1-4-2 الطيف والمطيافية:

الطيف هو عبارة عن الضوء أو الأشعة بعد تحليلها إلى مكوناتها من الأطوال الموجية المختلفة. أما المطيافية فهي العلم الذي يدرس التفاعل بين الإشعاع ومكونات المادة من الذرات والجزيئات. أما قياس الطيف فهو يدل على قياس التأثيرات الناتجة عن عملية امتصاص الجسم absorption للشعاع أو تبعثره (تشتته) scattering خلاله. وتدعى الأجهزة التي تقوم بهذه القياسات بالمطياف spectrophotometer أو الجهاز الطيفي وهي تعمل على تسليط الأشعة الكهرومغناطيسية للضوء المرئي أو فوق البنفسجي أو تحت الأحمر على مادة معينة سواء صلبة أو سائلة أو غازية، وذلك لدراسة بنيتها، والتحليل النوعي والكمي لها. (Skoog et al., 2007)

○ الطيف الكهرومغناطيسي للضوء:

يظهر الطيف الكهرومغناطيسي للضوء إما بإشعاعات مرئية أو غير مرئية. إذ يبعث النظام الشمسي طيفاً واسعاً من الأشعة، 40% منها ضمن الطيف المرئي للضوء، والنسبة المتبقية تكون إما ضمن الطيف فوق البنفسجي Ultraviolet أو تحت الأحمر Infrared. (Laufer, 1996)

إن الفهم البصري للعين البشرية لا يستطيع تمييز الشعاع الكهرطيسي تحت النطاق البنفسجي violet zone (أقصر من 400nm)، والنطاق فوق الأحمر (أطول من 700nm) للطيف، وبالتالي فإن معظم المصادر العلمية تحدد الضوء المرئي ضمن المجال الموجي (420-680). تكون الأطوال الموجية ضمن الطيف فوق البنفسجي أقصر من 0,4 ميكرون (400nm) حتى 0,01 ميكرون. تحت هذا النطاق ومع نقصان الطول الموجي تأتي أشعة x التي يتراوح طول موجتها 0,006 ميكروناً إلى أن نصل إلى أشعة غاما. وعلى الجانب الآخر فإن طيف الأشعة تحت الحمراء يتراوح طول موجاتها بين 0,7 ميكرون إلى 400 ميكرون (700-40000) أما الأطوال الموجية التي تزيد عن ذلك فتندرج ضمن الأمواج المجهريّة microwave حتى 0,1 متر وصولاً إلى أمواج الراديو (600-1 متر). إن جميع أنواع الليزرّات القوية المستخدمة في طب الأسنان hard laser تندرج أطوالها الموجية ضمن الطيف تحت الأحمر (أكبر من 800nm). (Olivi and Olivi, 2015a)

1-4-3 طرائق التحليل الطيفي:

○ أولاً: في مجال الأشعة المرئية وفوق البنفسجية:

تعتمد هذه الطرائق على امتصاص الأشعة المرئية وفوق البنفسجية بواسطة جزيئات المادة في المحلول، إذ يؤدي امتصاص جزيئات جسم مادة ما للأشعة المرئية وفوق البنفسجية إلى انتقال واحد أو أكثر من الإلكترونات الموجودة في مدارات طاقة منخفضة (مستوى الاستقرار) إلى مستويات ذات طاقة عليا (مستوى التهيج). (Skoog et al., 2007)

○ ثانياً: في مجال الأشعة تحت الحمراء:

يؤدي امتصاص الأشعة المرئية وفوق البنفسجية إلى حركة الكترونية (انتقال الكتروني)، بينما يؤدي امتصاص الأشعة تحت الحمراء إلى حركة اهتزازية للذرات المكونة للجزيء. إذ تعتمد طاقة الأشعة الممتصة لأي من الحركات الاهتزازية في الجزيء على:

أ_ نوع الذرات ب_ طبيعة الروابط الكيميائية المنضمة في الحركة الاهتزازية

ولذلك يمكننا من خلال تحليل طيف الامتصاص للأشعة تحت الحمراء معرفة طاقة الامتصاص ومنها يمكن معرفة نوع الذرات والروابط في الجزيء، وبالتالي نعدّها وسيلة تحليل نوعية للمادة.

تقاس أطيايف الأشعة تحت الحمراء عن طريق معرفة طول موجة الأشعة التي تمتصها مادة ما. ويعد النانومتر وحدة قياس للأطوال الموجية القصيرة جداً. (Skoog et al., 2007)

ما يهمنا الحديث عنه هو التحليل الطيفي في مجال الأشعة تحت الحمراء الذي تتدرج ضمن طيفه الموجي جميع الليزرزات القوية hard laser وأهمها ليزر Er:YAG ذو الطول الموجي (2940nm). (Skoog et al., 2007) ومن أهم تقنيات تحليل الطيف هي: مطيافية الأشعة تحت الحمراء التحويلية لفوريير Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) إذ تعد هذه التقنية من أهم التقنيات المستخدمة للحصول على الطيف تحت الأحمر infrared spectrum سواء أكان طيف امتصاص أو طيف إصدار للأجسام الصلبة أو السائلة أو الغازية، وتقوم هذه التقنية بجمع بيانات بدقة طيفية مرتفعة ضمن نطاق طيفي واسع. وهذا يجعلها تتميز عن تقنية التشتتية التي تقيس الشدة ضمن نطاق طيفي ضيق من الأطوال الموجية التي غالباً ما تستخدم مع الأطيايف المرئية وفوق البنفسجية. (Griffiths, 2007) تعتمد تقنية المطيافية التشتتية إلى تسليط ضوء أحادي اللون على عينة وقياس كمية الضوء الممتص، وإعادة ذلك لأطوال موجية مختلفة. بينما تقنية FTIR تعتمد على تسليط حزم من الضوء تمتلك طيفاً واسعاً من الأطوال الموجية على العينة وقياس كمية الضوء الممتص من هذه الحزمة، ثم يقوم الكمبيوتر بمعالجة البيانات واستنتاج قيم الامتصاص عند كل طول موجي. (Amenabar et al., 2013)

يتركب جهاز مطيافية FTIR من مصدر ضوئي يصدر حزمة واسعة من الأطوال الموجية، إذ يرسل شعاع الضوء باتجاه مقياس التداخل interferometer (الذي يتضمن مجموعة من المرايا بزوايا مختلفة) تحرك باستخدام محرك لتسمح بمرور كل طول موجي على حدة باتجاه العينة وصولاً إلى الكاشف detector الموصول بجهاز كمبيوتر لمعالجة البيانات وتحويلها لنتائج الامتصاص المرغوبة. (Griffiths, 2007)

1-4-4 تفاعل المادة مع الأشعة:

عند تسليط شعاع على جسم ما فإما أن يحدث انعكاس لهذا الشعاع reflection أو قد يحدث انتشار ضمن هذا الجسم scattering, أو قد يحدث امتصاص للشعاع absorption, أو قد يحدث اختراق عبر هذا الجسم transmission. ونحصل على طيف الامتصاص عندما تمتص الأشعة مقابل الطول الموجي لجسم معين لحظة تسليط الأشعة عليه، ويدرس ما تم امتصاصه منها فقط. ويحدث الامتصاص لشعاع ما عندما تكون طاقة الفوتون الساقط تساوي بالضبط الفرق في الطاقة بين مستوى طاقة الاستقرار وأحد مستويات الطاقة الأعلى. تؤدي طاقة الفوتون الممتصة إلى نقل الإلكترون الموجود في مستوى طاقة الاستقرار إلى مستوى طاقة أعلى ويسمى بمستوى الإثارة، وتوصف الذرة أو الجزيء بأنها في حالة إثارة. (Skoog et al., 2007)

1-4-5 مكونات جهاز الليزر: (Olivi and Olivi, 2015b)

1- التجويف البصري Optical cavity أو المرنان Resonator: هو تجويف يحتوي على الوسط الفعال

active medium بالإضافة إلى مرأتين على طرفي التجويف إحداها تكون انعكاسية بشكل كلي، والأخرى تكون انعكاسية بشكل جزئي وذات نفوذية.

2- الوسط الفعال Active medium: وهو قلب جهاز الليزر، إما أن يكون صلباً أو سائلاً أو غازياً، أو

من مادة نصف ناقلة. يحدد الوسط الفعال الطول الموجي بالإضافة إلى اسم الليزر المستخدم.

3- مصدر ضخ pumping source (مصدر الطاقة energy source): يقوم بتزويد الجهاز بالطاقة

اللازمة للتخفيز، إذ يعمل على إثارة ذرات الوسط الفعال وبالتالي إلكترونات هذه الذرات. عادة ما يكون

هذا المصدر على هيئة ملف كهربائي أو ليزر diode أو لمبة فلاش. (Olivi and Olivi, 2015b)

4- المنظم Controller ووحدة التبريد Cooler: المنظم هو عبارة عن معالج صغير يتحكم بإنتاج طاقة

الليزر، ونمط الانبعاث الليزري (موجة مستمرة أو نبضية)، وتردد الليزر (عدد النبضات لكل ثانية بالهرتز)،

وطول انبعاث كل موجة. تعمل وحد التبريد على تشتيت الحرارة الناتجة عن عملية ضخ الليزر، وبالتالي

التبريد الداخلي لوحدة الليزر. (Selting, 2010)

5- نظام التوصيل **Delivery system**: حالما ينتج شعاع الليزر ضمن جهاز الليزر فإنه يوصل باتجاه

الهدف عبر أحد أنظمة التوصيل المختلفة التي تعتمد على طول موجة نوع الليزر المستخدم، وهي إما

ليف بصري، أو ليف مجوف، أو ذراع منفصل. (Convissar, 2016)

أ- الليف البصري **Optic fiber**:

إن الليزرات المرئية ذات الأطوال الموجية (445-532nm) والليزرات تحت الحمراء (-810

1064nm) تستخدم ليفاً بصرياً يكون مصنوعاً عادةً من الكوارتز لتوصيل طاقة الليزر نحو النسيج

الهدف مباشرةً أو عبر قبضة handpiece ذات رأس مستقيم أو مزواة. تمتلك بعض أجهزة الليزر

ذات الأطوال الموجية (2780-2940nm) كليزر Er:YAG وليزر Er:Cr:YSGG ليفاً بصرياً

أكثر تعقيداً كنظام توصيل بقطر أكبر مصنوعاً من الياقوت sapphire أو الفلوريد fluorides، أو

الكوارتز، وموصولاً بنهاية قبضة خاصة handpiece تركب على نهاية ذراع متمفصل. يعد هذا النوع

هو الأسهل للاستخدام داخل الفم لكنه يبلى مع الاستخدام، وتقل فعاليته. (Selting, 2010)

ب- الليف المجوف **Hollow fiber**:

تستخدم بعض أنواع ليزرات Er:YAG وثنائي أكسيد الكربون CO₂ أنبوباً مجوفاً تكون جدرانها

الداخلية عاكسة. تعدّ هذه الوسيلة خفيفة ومرنة لكنها تؤدي إلى فقدان الطاقة وصعوبة التحكم بها

وذلك بسبب الانعكاس الداخلي لحزمة الليزر في أثناء انتقاله نحو القبضة. (Olivi and Olivi, 2015a)

ج- الذراع المتمفصل **Articulated arm**:

يستخدم هذا النظام مجموعة من المرايا المتمفصلة (عادة ما يكون عددها 7) تكون متصلة واحدة

مع الأخرى،

بما يسمح بانتقال الطاقة بأقل كمية تشتت، وهذا يجعلها أكثر الأنظمة فعالية في التوصيل. عادة ما

يستخدم هذا النظام مع بعض أجهزة ليزر Er:YAG وليزر CO₂. (Selting, 2010)

6- قبضات التوصيل Delivery handpiece:

إن معظم أنظمة التوصيل تستخدم قبضات handpiece مزوأة أو مستقيمة. بعض هذه القبضات لا تمتلك أي رأس بنهايتها سوى مرآة عاكسة وعدسة تعمل عن بعد من النسيج وتسمى قبضة (tipless) أو (بدون تماس non-contact). بينما هنالك قبضات مخصصة ليتركب عليها رؤوس خاص، لتعمل عن قرب من النسيج أو بتماس معه close contact hand. وهنالك أيضاً قبضات مجوفة hollow hand تسمح بعبور الليف من خلالها. (Convissar, 2016)

أ- أنظمة القبضات بلا تماس Non-contact handpiece:

تستخدم هذه القبضات عدسة من الياقوت توجد بنهاية رأسها تسمح بتركيز حزمة الليزر على مسافة من النسيج الهدف، وعادة ما تكون هذه المسافة من 5-10 ملم (اعتماداً على نوع القبضة). تعد هذه التقنية فعالة جداً لكنها تحتاج إلى الحذر الشديد أثناء الاستخدام لأن أي حركة من قبل الطبيب أو المريض تؤدي إلى توجيه خاطئ لحزمة الليزر بعيداً عن الهدف، وهذا قد يؤدي إلى إلحاق الضرر بالنسج المجاورة. (Selting, 2010)

ب- أنظمة القبضات مع تماس Close-contact handpiece:

تستخدم هذه القبضات رؤوساً لها أنواع وقياسات وأشكال وأطوال مختلفة، وذلك للتعامل مع أنواع مختلفة من الأنسجة. يتميز هذا النوع بتطبيق مباشر لحزمة الليزر على النسيج الهدف، وبدقة عالية بالتصويب. ويملك بعض أنواع ليزرات Diode رؤوساً تستعمل لمرة واحدة، بينما تمتلك بعض أنواع ليزر Er:YAG رؤوساً قابلة للتعقيم، وأنماطاً وأطوالاً وأقطاراً مختلفة. يدعى هذا الرأس بالليف fiber، وهو عادةً ما يكون مصنوعاً من الياقوت sapphire fiber، أو الكوارتز Quartz fiber. (Selting, 2010)

ج- أنظمة القبضات المجوفة Hallowed Handpiece:

تعتبر الألياف البصرية لبعض الليزرز مثل ليزر KTP وبعض أنواع Nd:YAG و Diode من خلال تجويف داخل القبضة ليخرج من نهايتها. (Convissar, 2016)

جدول 1

1-4-6 تصنيف الليزر السنية:

أولاً: تصنف الليزر السنية حسب استخدامها السريري في طب الأسنان.

يلخص الجدول رقم (1) تصنيف الليزر بحسب استخداماتها السريرية في طب الأسنان.

(Mishra and Mishra, 2011)

الجدول رقم 1 يلخص تصنيف الليزر بحسب استخداماتها السريرية في طب الأسنان

Laser for caries detection الليزرات الخاصة بكشف النخور	Low Level Laser Therapy المعالجة بالليزر منخفض المستوى	Hard and soft-tissue lasers الليزرات الخاصة بالنسج الصلبة والرخوة	Soft-tissue lasers الليزرات الخاصة بالنسج الرخوة	
Diode 405 nm	KTP 532 nm	Er,Cr:YSGG 2,780 nm	Diode 445 nm	
Diode 655 nm	Diode 635-675 nm	Er:YAG 2,940 nm	KTP 445 nm	
	Diode 810, 940, 970, 1,064 nm		Diode 810, 940, 970, 1,064 nm	
			Nd:YAG 1,064 nm	
			CO2 10600 nm	

ثانياً: تصنيف الليزر السنية حسب موقع الطول الموجي لليزر على الطيف الكهرومغناطيسي:

1- ليزرات ضمن المجال الطيفي فوق البنفسجي :lasers in the ultra violet spectrum

هي ليزرات تقع بين 0,3-0,4 ميكرون في المجال الطيفي فوق البنفسجي. استخدمت سابقاً في مداواة الأسنان

اللبية، لكنها لم تعد تستخدم في طب الأسنان. وهي تستخدم بشكل واسع في طب العيون. (Convissar, 2016)

2- ليزرات ضمن المجال الطيفي المرئي **lasers in the visible spectrum**:

يوجد في الطيف الأزرق والأخضر (470-514-488 نانومتر) ليزر غاز الأرجون لكنه لم يعد يستخدم في طب الأسنان. بينما في الطيف الأخضر عند 532 نانومتر فيوجد ليزر KTP وهو يستخدم في طب الأسنان منذ 1990 لكونه يمتص بقوة من قبل جزيئات الهيموغلوبين وبالتالي أثره الجيد في التخثير. أما في الطيف لأحمر فيوجد بعض أنواع ليزرات الديود diode (635-675 نانومتر) التي تستخدم في مجال المعالجة بالليزر منخفض المستوى low-level laser therapy، وفي مجال المعالجة الحركية الضوئية (PDT) إذ توصل طاقة هذه الليزرات عبر ليف بصري بقياسات مختلفة وصولاً إلى القبضة. إنّ الطول الموجي في المجال الطيفي المرئي لليزرات يعمل على إحداث تفاعل ضوئي من النسيج من خلال امتصاصه وانتشاره داخله، وبالتالي درجة أمان عالية للاستخدام.

(Olivi and Olivi, 2015a)

3- ليزرات ضمن المجال الطيفي تحت الأحمر **lasers in the infrared spectrum**:

تنقسم الليزرات ضمن الطيف تحت الأحمر إلى ثلاث فئات حسب طولها الموجي:

أ- ليزرات تحت الأحمر القريب Near infrared lasers:

وهي الليزرات ذات الطول الموجي الواقع بين (800-1500) نانومتر، تستخدم عادة في مداواة الأسنان اللبية والمعالجات حول السنية، فضلاً عن الجراحة الفموية. من أهم هذه الليزرات: ليزر diode (810-1064) نانومتر، ليزر Nd:YAG (1064) نانومتر، ليزر Nd:YAP (1034) نانومتر. إنّ نظام التوصيل في مثل هذه الليزرات هو ليف بصري مرّن متوفر بعدة قياسات، وينتهي بأنواع مختلفة من القبضات. (Convissar, 2016)

ب- ليزرات تحت الأحمر المتوسط medium infrared lasers:

يقع ضمن هذا المجال عدة ليزرات، وهي على النحو الآتي:

- ليزر Holmium:YAG ذو الطول الموجي 2100 nm، يستخدم عادة في الجراحة البولية في تقنيات الحصىات، كما يستخدم في مجال الجراحة العظمية.

- ليزرات عائلة الأربيوم erbium:YSGG (2780 nm Er:Cr:YSGG) (2940 nm Er:YAG) وهي تستخدم بشكل واسع في مجالات الطب: كالأضرار الجلدية، والجراحة العظمية، كما باتت تستخدم في الكثير من مجالات طب الأسنان. بدأ استخدام ليزرات الأربيوم في طب الأسنان نهاية عام 1980 لكن تطورها بدأ فعلياً مع فكرة استخدامها بديلاً لحفر الأسنان عام 1990 م. (Olivi and Olivi, 2015b)

يعد الوسط الفعال لليزر Er:YAG هو بلورة اليتريوم Yttrium، والألمنيوم، والغارنيت ممزوجة بذرات الأربيوم والذي يعد عنصراً معدنياً نادراً على الأرض. تحفز هذه البلورات داخل جهاز الليزر بواسطة لمبة فلاش قوية على شكل نبضات، حيث يتحكم بها بمبرمج داخلي software يعمل على قذف الشعاع ليحدث تفاعلاً مع النسيج الهدف. (Convissar, 2016)

ج- ليزرات تحت الأحمر البعيدة Far infrared lasers:

تعد عائلة ليزر ثاني أوكسيد الكربون CO₂ هي الأهم في هذا المجال (9300-10600) نانومتر، يستخدم هذا الليزر مع النسيج الرخوة والقاسية، وبشكل واسع في الجراحات الفموية. (Olivi and Olivi, 2015b)

1-4-7 ليزرات عائلة الأربيوم (Er:Cr:YSGG – Er:YAG):

تعد هذه الليزرات هي الأقوى والأكثر أماناً للاستخدام مع النسيج السنية الصلبة، لكونها تمتص بشكل جيد من قبل هذه النسيج. يتميز ليزر Er:YAG عن ليزر Er:Cr:YSGG بكونه يمتص من قبل الماء بقدر أكبر بثلاث أضعاف عن الأخير، وبالتالي فعالية أكبر مع النسيج السنية الصلبة الحاوية على الماء في تركيبها. (Diaci and Gaspirc, 2012) ومن خلال دراسة امتصاصية مركبات النسيج السنية الصلبة، اتضح أنّ امتصاصية الهيدروكسي أبيتيت تكون بنسبة جيدة عند طول موجة ليزر Er:Cr:YSGG (2780 nm)، وكذلك عند ليزر Er:YAG (2940 nm)، وبقدر أقل من ليزر CO₂ (10600 nm)، الذي تظهر عنده أعلى قيمة امتصاصية للهيدروكسي أبيتيت للأنسجة الصلبة. وهذا يفسّر قدرة هذه الليزرات على اجتثاث السنّي Dental ablation باستخدام الليزر، وبالتالي

إمكانية استخدامها في حفر الميناء والعاج، وذلك لاحتوائها على الماء بشكل رئيسي، ثم على الهيدروكسي أبيتيت ولكن بنسبة امتصاص أقل من الماء. يدعى المركب ضمن النسيج الذي يمتص طولاً موجياً معيناً لليزر بصورة انتقائية بالكروموفور chromophore. (Selting, 2010)

ومن هنا تكمن أهمية معرفة تركيب أي نسيج أو مادة عند تطبيق ليزر ما عليها، وذلك لمعرفة العناصر أو المركبات التي تمتص هذا الشعاع الليزري (الكروموفورات). (Olivi et al., 2011)

1-4-8 معاملات الليزر:

إن التفاعل الحاصل بين الليزر والنسيج الهدف يعتمد على الطول الموجي لليزر وتركيب النسيج الهدف، لكن الآثار المترتبة على ذلك عادة ما تتأثر بعدة معاملات لليزر المستخدم. (Convissar, 2016)

إن ليزر الأربيوم هو ليزر نبضي (غير مستمر) يبعث نبضات ذات ذروة ونهاية محددة، هذا الانبعاث النبضي يركّز كمية من الطاقة في مساحة محددة ولفترة زمنية محددة. ولذلك فهو يتأثر بالعديد من المعاملات. (Olivi et al., 2011)

تتلخص معاملات (بارامترات) الليزر التي تحدد التأثيرات على النسيج بالآتي:

- 1- الطاقة المنبعثة energy، وتقاس بالميلي جول (mj) أو (j/cm²)
- 2- التردد frequency، ويقاس بالهرتز (Hz)، أو معدّل تكرار النبضات خلال وحدة زمنية (نبضة لكل ثانية pps)
- 3- معدل الاستطاعة المنبعثة power، ويقاس بالواط (Watt)
- 4- زمن النبضة pulse duration، ويقاس بأجزاء دقيقة من الثانية.

○ أولاً: الطاقة energy:

تعرف طاقة الليزر على أنها قدرة شعاعه المؤثرة في نسيج أو جسم ما. وتقاس بالجول joule أو أجزاء منه. بينما شدة هذه الطاقة intensity تعرف على أنها كمية الطاقة المنبعثة باتجاه وحدة مساحة للنسيج الهدف

خلال وحدة زمنية. ويعبر عنها بجول لكل سنتيمتر مربع. أي بمعنى آخر هي كمية الشعاع الليزري المؤثر في مساحة محددة من النسيج. من المهم سريراً تقدير شدة الطاقة المطلوبة للاستخدام، إذ تتعلق بأمور عدة، فمثلاً كلما كان قطر الليف المستخدم في توصيل الليزر صغيراً زادت الشدة، وبالتالي عند استبدال ليف fiber بقطر أكبر نحتاج لزيادة شدة الطاقة للوصول للتأثير ذاته. (Fonzi et al., 1991)

وفيما يتعلق بشدة طاقة الليزر النبضي فإن شدة النبضة المنبعثة تتأثر بالمسافة بين رأس الليف وسطح النسيج. إذ كلما قربت المسافة زادت الشدة، وكلما بعدت قلت شدة الطاقة. يتم الوصول للقيم المثلى للطاقة من خلال الدراسات التي تختبر طاقات ليزرية مختلفة لاستخدامها في تطبيقات مختلفة على نسيج أو جسم معين. وكلما زادت شدة النبضة والطاقة زاد الأثر الحاصل على النسيج. (Lin et al., 2010)

○ ثانياً: معدل تكرار النبضة **pulse repetition rate**:

يدعى أيضاً بالتردد frequency ويعبر عنه بوحدة الهرتز (Hz) أو نبضة لكل ثانية (pps). كلما ازداد هذ المعدل ازدادت استطاعة الليزر ومن ثم ازداد الأثر في النسيج. لكن ذلك يؤدي إلى نقصان الفترة بين النبضة والأخرى، وهذا يؤدي إلى عدم إتاحة فرصة للنسيج لكي يبرد، ومن ثم ارتفاع حرارته. (Lin et al., 2010)

○ ثالثاً: الاستطاعة **power**:

يعبر عن الاستطاعة بالطاقة المنبعثة خلال فترة زمنية محددة. أما في الليزر النبضي فهي تعرف على أنها الطاقة المنبعثة لكل نبضة، وتأخذ وحدة الواط (Watt أو W). وكلما ازدادت الاستطاعة كان التأثير الحاصل أسرع. تحدد شدة الاستطاعة من خلال قياس الاستطاعة المطبقة على مساحة محددة من النسيج وتقاس ب (watt/cm2). (Lin et al., 2010)

○ رابعاً: زمن النبضة **pulse duration**:

يؤثر زمن النبضة المستخدم في الأثر الحاصل في النسيج. إذ كلما كان زمن النبضة أقصر كانت كمية الطاقة المركزة فيها أكبر (علاقة عكسية). وبالتالي كلما كان التأثير الحاصل أكبر وبدرجة حرارة أقل. (Diaci and Gaspirc, 2012)

لزمّن النبضة عادة ما يكون له خيارات محددة ضمن جهاز الليزر بأجزاء صغيرة جداً من الثانية (ميلي ثانية أو مايكرو ثانية). وتدعى هذه التقنية داخل جهاز ليزر الأربيوم بشبكة تشكيل النبضة pulse forming network (PFN). وتستخدم عادة النبضات الطويلة مع التطبيقات الخاصة بالنسج الرخوة، إذ تعمل على انبعاث نبضة أطول، وبالتالي حرارة أكبر، وهذا يؤدي إلى تبخر جزيئات النسج الرخو. بينما تستخدم النبضات الأقصر للحصول على فعالية جيدة مع النسج الصلبة. (Perhavec et al., 2009)

1-4-9 تأثير استخدام الليزر في النسج السنية:

1-4-9-1 محتوى النسج السنية من الهيدروكسي أبيتيت والماء:

تحتوي المينا السليمة للأسنان الدائمة على نسبة عالية من النسج المتمعدن. إذ يشغل الهيدروكسي أبيتيت 93-96 % من الوزن (85% من الحجم) بينما يشغل الماء 3-5 % من الوزن (12% من الحجم)، والنسبة المتبقية الضئيلة يشغلها النسج العضوي. أما العاج فهو أقل تمعدناً من المينا، إذ يتكون من 65-70 % من معادن ونسبة عالية من النسج العضوي (18-20%) و (10% من الماء). (Fonzi et al., 1991)

يعدّ المحتوى المائي للنسيج النخري أعلى بكثير من الموجود في المينا والعاج، إذ تتراوح نسبته بين 27 و54% وهذا يؤدي إلى امتصاصية عالية لشعاع ليزر الأربيوم، ما ينتج عنه اجتثاث سريع. يعتبر الماء هو الكروموفور الرئيسي الذي يمتص الأطوال الموجية لليزرات الأربيوم وبالتالي يعد هو الأهم في التطبيقات السريرية لهذه الليزرات. (Selting, 2010)

1-4-9-2 آلية تأثير ليزر الأربيوم في النسج السنية الصلبة:

تعد هذه الآلية معقدة كونها تتطلب بشكل أولي حدوث تأثير حراري ضوئي photothermal، ثم تتطلب بشكل ثانوي حدوث تأثير ميكانيكي ضوئي photomechanical. (Coluzzi, 2004)

○ أولاً: الأثر الحراري الضوئي:

يعدّ الأثر الحراري هو الذي يحدد قوة الاجتثاث الناتجة عن ليزر الأربيوم المطبق على النسيج المينائية والعاجية الحاوية على جزيئات الماء. إذ تؤدي الزيادة السريعة في درجة الحرارة حتى درجة الغليان للماء (100 درجة مئوية) إلى حدوث انفجارات مجهرية micro explosion لجزيئات الماء داخل تركيب النسيج المطبق عليه الليزر، إذ إنّ زيادة نسبة جزيئات الماء داخل النسيج تؤدي إلى زيادة هذه الانفجارات المجهرية، ومن ثم زيادة سرعة الاجتثاث الناتجة عن تطبيق ليزر الأربيوم. (Coluzzi, 2004)

○ ثانياً: الأثر الميكانيكي الضوئي:

إن حدوث الانفجارات المجهرية الناتجة عن ارتفاع حرارة جزيئات الماء وفق الآلية السابقة يتبعها حدوث تأثير ميكانيكي ضوئي ثانوي مترافق بصدمة موجية سريعة، وهذا يؤدي إلى حدوث تمدد لحجم النسيج المتهتك disrupted tissue، ما ينتج عنه تهديم القالب المعدني المحيط به، ومن ثم انفجاره وزواله من السطح المعرض للشعاع الليزري من النسيج السني. (Diaci and Gaspirc, 2012)

إن الجزيئات المائية الصادرة عن الرذاذ الخاص بالتبريد المترافق مع تطبيق الليزر من قبضة الجهاز باتجاه النسيج الهدف يتعرض بعضها أيضاً لانفجارات مجهرية، وهذا يولد ضغطاً كبيراً يعمل ميكانيكياً على إزالة النسيج الصلبة التي تعرضت للشعاع وحصل لها انفجارات مجهرية نتيجة الأثر الحراري الميكانيكي لليزر، ومن ثم تنظيف النسيج وتبريده.

إن وجود التبريد المائي أثناء تطبيق ليزر الأربيوم فضلاً عن كونه يؤدي إلى تنظيف النسيج وتبريده، إلا أنه يمتلك دوراً سلبياً في الحد من فعالية الليزر يتمثل ذلك بامتصاص جزيئات الماء الناتجة عن التبريد الصادر عن قبضة جهاز الليزر للشعاع الليزري، وذلك قبل أن تقوم الجزيئات المائية داخل النسيج بامتصاصه. ومن ثم تقليل فعالية الأثر الحراري الضوئي الناتج عن تفاعل جزيئات الماء داخل النسيج السني مع شعاع ليزر الأربيوم، وهذا يؤدي إلى بطء في الوصول إلى الأثر المرغوب فيه نتيجة تطبيق الليزر. (Kang et al., 2008)

1-4-9-3 أثر تقنية تطبيق ليزر الأربيوم في النسيج الصلبة:

إن تقنية تطبيق ليزر الأربيوم تحتاج لضبط عدد من الأمور وهي على النحو الآتي:

1- سرعة التطبيق speed of application: إذ تمكّن سرعة تطبيق الليزر من التحكم بمقدار الإشعاع

المنبعث تجاه وحدة مساحة من سطح النسيج الهدف، وبالتالي فإن أي بطء في تحريك الليزر سوف يؤدي

إلى زيادة كمية الإشعاع الموجه تجاه منطقة ما. وبالتالي حدوث نتائج غير مرغوب فيها ناتجة عن

انصهار أو تقمّ جراء رفع درجة الحرارة بهذه المنطقة أكثر من اللازم. (Selting, 2010)

2- مسافة عمل working distance: تختلف مسافة العمل بحسب نوع القبضة المستخدمة. إذ تحتاج

القبضات المزودة بليف إلى أن تكون المسافة قريبة من الهدف لا تزيد عن 2 ملم.

بينما في القبضات غير المزودة بليف (غير التلامسية non-contact) فيجب ترك مسافة لا تقل عن 7

ملم عن النسيج الهدف لأن ذلك يؤثر في مقدار شدة الطاقة المنبعثة نحو النسيج. فكلما ابتعدنا عن الهدف

قلّت الشدة المنبعثة نحو النسيج. (Olivi et al., 2011)

3- التزوي angulation: إن التزوي المثالي لشعاع ليزر الأربعاء نحو النسيج الهدف هو أن يكون عمودياً

على السطح، وتحديداً في الميناء يجب أن يكون عمودياً على اتجاه المواشير المينائية. (Selting,

2010)

الدراسات السابقة:

تناولت العديد من الدراسات مسألة فك ارتباط الوجوه الخزفية باستخدام ليزر الإربيوم، وركزت بشكل خاص على تأثير إعدادات الليزر، سماكة الوجوه الخزفية، وبشكل أقل تأثير نوع مادة الإلصاق على زمن الإزالة وسلامة النسيج السنية.

1_ أجرى P. Rechmann وزملاؤه دراسة استقصائية لتقييم مدى فعالية ليزر Er: YAG في فك ارتباط التيجان الخزفية الكاملة المصنوعة من نظامين خزفيين هما e.max CAD و e.max ZirCAD والملصقة بإسمنت راتنجي ثنائي التصلب Multilink. إذ استخدمت 20 رحي مقلوعة وصنع لكل منها تيجان خزفية ثم قسمت إلى مجموعتين. وبعد إلصاقها طبق عليها الليزر بطاقة مقدارها 560Mj من مسافة 10 ملم عن سطح التاج، وبتحريك مستمر لسطوحه المختلفة مع التبريد المائي والهوائي بواسطة السيرنج من الجهة الأخرى. سجّلت المدة المستغرقة لحصول فك الارتباط لتيجان نظام e.max CAD 190 ثانية، بينما كان 226 ثانية في نظام e.max ZirCAD. خلص الباحثون من خلال نتائج هذه الدراسة إلى فعالية استخدام ليزر Er:YAG في فك ارتباط التيجان الخزفية الكاملة المصنوعة من e.max دون الإضرار بهيكل التاج أو النسيج السنية الداعمة له. (Rechmann et al., 2014)

2_ أجرى Oztoprak وزملاؤه عام 2012 دراسة هدفت لتحري فعالية ليزر Er:YAG في فك ارتباط الوجوه الخزفية، وذلك من خلال دراسة مقاومة فك الارتباط Debonding strength والوقت المستهلك لفك الوجوه. إذ صنع 80 قرصاً خزفياً من نظام Empress II بقطر 5ملم وثخانة 0.7ملم وألصقت على قواطع سفلية بقرية مقلوعة بواسطة إسمنت راتنجي ثنائي التصلب Variolink II. ثم قسّمت العينة 4 مجموعات متساوية، الأولى كانت شاهدة لم يطبق فيها الليزر، بينما طبق الليزر لمدة 3 ثوان في المجموعة الثانية، ولمدة 6 ثوان في المجموعة الثالثة، ولمدة 9 ثوان في المجموعة الرابعة. طبّقت قوى القص باستخدام جهاز القوى الميكانيكية Instron خلال 10 ثوان من تطبيق الليزر. أظهرت نتائج الدراسة وجود فارق جوهري لقيم مقاومة فك الارتباط للمجموعة الشاهدة والمجموعات التي طبّق فيها الليزر. إذ بلغت 25MPa في المجموعة الشاهدة، بينما بلغت 10MPa في المجموعة الثانية، و8MPa في المجموعة الثالثة، و3.5MPa في المجموعة الرابعة. خلص الباحثون إلى أن استخدام ليزر Er:YAG يعد وسيلة فعّالة في تخفيض مقاومة فك الارتباط للوجوه الخزفية. (Oztoprak et al., 2012)

3_ دراسة أخرى مشابهة قامت Iseri وزملاؤها عام 2014 بصنع 60 قرصاً خزفياً من Empress II وإصاقها على قواطع سفلية مقلوعة، قسّمت إلى مجموعتين: الأولى شاهدة دون تطبيق ليزر، والثانية طُبّق فيها الليزر لمدة 9 ثوان، ثم طُبّقت قوى القص مباشرة على العينات بواسطة جهاز Instron وسُجّلت قيم مقاومة فك الارتباط. أظهرت النتائج وجود فارق كبير بين المجموعتين. إذ بلغ في المجموعة الشاهدة 27MPa، بينما في مجموعة الدراسة بلغ 3.4MPa وهذا يؤكد فعالية ليزر Er:YAG في تخفيض مقاومة فك الارتباط للوجوه الخزفية المصنوعة من Empress II. (Iseri et al., 2014)

4_ دراسة El-Damānhury وزملاؤه 2022 تناولت هذه الدراسة مشكلة زمن نزع القشور الخزفية وسلامة النسيج السنية عند استخدام ليزر الإربيوم Er:YAG. أجريت الدراسة على 48 قاطعة علوية بشرية مقلوعة، صممت لها أقراص خزفية من ثنائي سيليكات الليثيوم بسماكتين 0.5مم و1مم، ألصقت الأقراص بإسمنت راتنجي ثنائي التصلب، ثم جرى نزعها باستخدام ليزر Er:YAG بطاقة 3-5.4-1.5 واط، وبتوتر 10 هرتز، بقطر مسح 0.9مم، مع تبريد ماء/هواء. قيس زمن النزع ودرجة حرارة اللب. أظهرت النتائج أن الأقراص الخزفية الرقيقة أزيلت بسرعة أكبر، وزمن النزع تناقص مع زيادة قدرة الليزر. ارتفاع الحرارة بقي ضمن الحدود الآمنة. معظم أنماط الفشل كانت في طبقة الإسمنت، مع بقاء الميناء والخزف بحالة جيدة. (El-Damānhury et al., 2022)

5_ دراسة Luca وزملاؤه 2025 قارنت بين عدة أنواع من الترميمات الخزفية (الفلسبار، ثنائي سيليكات الليثيوم، الزركونيا متعددة الطبقات، والزركونيا الأحادية) باستخدام ليزر Er:YAG، كما تمت مقارنة نوعين من مواد الإلصاق (Variolink DC و RelyX)، أجريت الدراسة على 16 سن مقلوعة أعدت لترميمات مختلفة، ألصقت الترميمات باستخدام إسمنتي Variolink DC و RelyX. جرى النزع باستخدام ليزر الإربيوم (5.5, 20Hz, 275 MJ, wat)، استخدم رأس ياقوتي R14 على بعد 10مم، مع تبريد ماء/هواء.

أظهرت النتائج إمكانية إزالة معظم الترميمات بشكل محافظ، باستثناء الزركونيا الأحادية التي كانت أكثر مقاومة. بلغت نسبة النجاح بإزالة الترميمات الخزفية 75% مع RelyX مقابل 69% مع Variolink DC. لم تسجل أذية على سطح الميناء في الحالات الناجحة. (Luca et al., 2025)

الباب الثاني:

المواد والطرائق

2-1 الدراسة المخبرية:**2-1-1 تصميم الدراسة:**

دراسة مخبرية لتقييم تأثير ليزر الإربيوم Er:YAG على فك ارتباط الأقراص الخزفية المصنعة من الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم (IPS e.max Press) للمقارنة بين نوعين من مواد الإلصاق: الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب (Light-cured resin cement) والكومبوزيت السيال (Flowable composite).

2-1-2 عينة الدراسة:

تألفت عينة الدراسة المخبرية من 30 ضاحكاً بشرياً مقلوعاً لأسباب تقويمية سليم التاج خالياً من أي نخر أو كسر أو تصدع أو معالجة ترميمية أو لبية، و30 قرصاً خزفياً بسماكة 1 ملم وقطر 5 ملم مصنعاً من الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم بتقنية الحقن الحراري، قسمت عينة البحث عشوائياً إلى مجموعتين وفقاً لنوع الراتنج المستخدم في الإلصاق.

المجموعة الأولى: 15 ضاحكاً تم إلصاق الأقراص الخزفية عليها باستخدام إسمنت راتنجي ضوئي التصلب (Choice2 Light-Cured Veneer Cement) من شركة (Bisco).

المجموعة الثانية: 15 ضاحكاً تم إلصاق الأقراص الخزفية عليها باستخدام راتنج سيال (Tetric N-Flow2 Composite) من شركة (Ivoclar).

2-2 صنع الأقراص الخزفية من خزف (IPS e.max Press):

صممت الأقراص بقطر 5 ملم وثخانة 1 ملم وطبعت من مادة ريزينية باستخدام الطابعة ثلاثية الأبعاد (Zyrlux). ثم وضعت في بوتقة الحقن ثم تمت عملية الكسو باستخدام المادة الكاسية (IPS Press VEST Speed) من شركة (Ivoclar Vivadent) وفق تعليمات الشركة المصنعة.

ثم وضعت البونقة في فرن الإحماء بدرجة حرارة 850 درجة مئوية لمدة 45 دقيقة لأجل تبخر الشمع وبعد التسخين لدرجة حرارة 920 درجة مئوية حقن المضغوطات الخزفية بوساطة المكبس الألوميني حسب برنامج الحقن المتبع من قبل الشركة بضغط 5 بار، ثم تركت لتبرد بدرجة حرارة الغرفة.

رملت الأقراص الخزفية بوساطة أوكسيد الألمنيوم بحجم 100 ميكرونًا وبضغط 2 بار لإزالة بقايا المسحوق الكاسي، وشذبت باستخدام الرؤوس الماسية وأحجار الكربوراندوم، ثم غمرت الأقراص الخزفية في حمض فلور الماء الممدد (IPS e.max Press Invex Liquid) تركيز 1% لمدة 20 دقيقة وذلك لإزالة الطبقة المتشكلة خلال عملية حقن المضغوطات ثم نظفت الأقراص بجهاز فوق صوتي لمدة 5 دقائق.

2-3 الأجهزة والمواد المستخدمة في البحث:

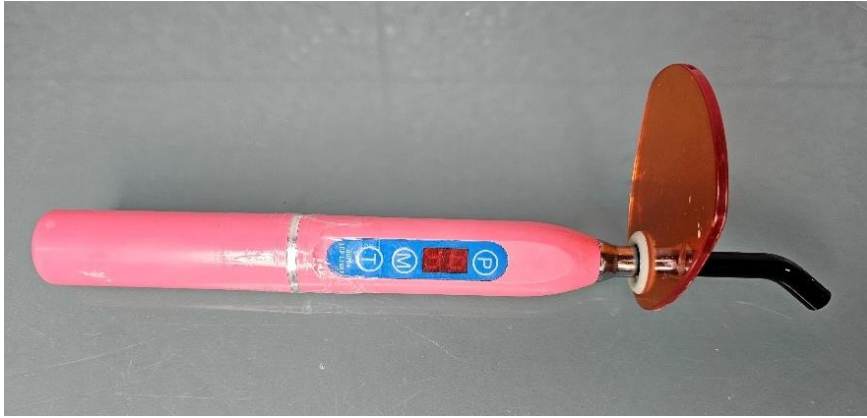
2-3-1 الأجهزة المستخدمة في البحث:

1) قبضة التوربين.



الشكل 1 قبضة توربين

(2) جهاز التصليب الضوئي



الشكل 2 جهاز تصليب ضوئي.

(3) جهاز CAD/CAM من شركة (DGSHAPE).



الشكل 3 جهاز CAD/CAM.

(4) الطابعة ثلاثية الأبعاد (Zyrlux).



الشكل 4 الطابعة ثلاثية الأبعاد Zyrlux.

(5) فرن حقن الأقراص الخزفية.



الشكل 5 فرن حقن الأقراص الخزفية.

(6) جهاز ليزر Er:YAG بطول موجي 2940nm من شركة Fotona.



الشكل 6 جهاز ليزر Er:YAG.

(7) مؤقت إلكتروني.



الشكل 7 مؤقت إلكتروني لهاتف محمول.

(8) نظارات حماية من أشعة الليزر.



الشكل 8 نظارات حماية خاصة لأجهزة الليزر.

(9) قبضة جهاز الليزر المخصصة للاستخدام الليزر وفق تقنية التطبيق غير التلامسية.



الشكل 9 قبضة جهاز الليزر غير التلامسية Non-conact.

(10) حاضنة حرارية.



الشكل 10 حاضنة حرارية في قسم علوم الحياة كلية طب الأسنان جامعة دمشق.

(11) جهاز تكبير stereoscope بقدرة تكبير 40x.



الشكل 11 جهاز Steroscope.

2-3-2 مواد وأدوات البحث:

(1) خزف (IPS e.max) من شركة (Ivoclar Vivadent).

(2) حمض فلور الماء.



الشكل 12 حمض فلور الماء بتركيز 9.5% من شركة Bisco.

(3) مادة الربط.



الشكل 13 مادة الربط Bond شركة Ivoclar.

(4) عامل مزوجة الخزف.



الشكل 14 عامل مزوجة الخزف silane من شركة Bisco

(5) حمض الفوسفور 37%.



الشكل 15 حمض الفوسفور 37%.

(6) إسمنت راتنجي ضوئي التصلب.



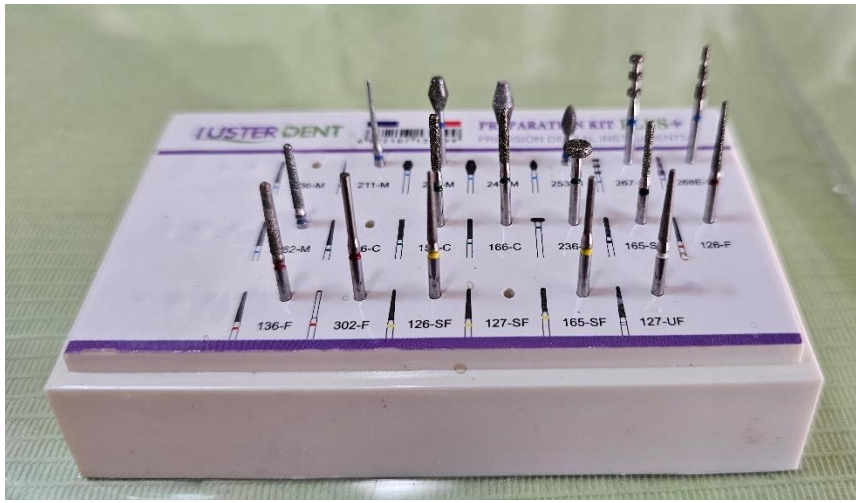
الشكل 16/الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب من شركة Bisco.

(a) الراتنج السيل.



الشكل 17 كومبوزيت سيلال Titrec من شركة Ivoclar.

(7) السنابل.



الشكل 18 مجموعة سنابل تحضير العينة.

2-4 طريقة العمل:**2-4-1 جمع العينة:**

جمع 30 ضاحكاً بشرياً مقلوعاً لأسباب تقويمية سليم التاج خالي من أي نخر أو كسر أو تصدع أو ترميم، وحفظت في الماء المقطر بالأوعية الزجاجية وبدرجة حرارة الغرفة، بعد ذلك تم تنظيف العينة بالقبضة المعوجة ومسحوق الخفان والفراشي الدوارة ثم بتيار من الماء، وحفظت العينة في الماء المقطر لحين البدء بإنجاز البحث.



الشكل 19 مجموعة أسنان العينة.

2-4-2 تقسيم العينة:

قسمت العينة عشوائياً إلى مجموعتين، تألفت كل مجموعة من 15 ضاحكاً و15 قرصاً خزفياً.

2-4-3 تحضير الأسنان:

تم تحضير السطوح الدهليزية للأسنان ضمن الميناء فقط وفق ثلاثة مستويات.

تراوح عمق التحضير في السطح الدهليزي بين 0.4 ملم عند مستوى اللثة و0.7 ملم عند الحد القاطع. ولضبط عمق التحضير تم استخدام سنبله تحديد العمق LVS-1، وتشكيل ميازيب دلالة ثم تم تحضير كامل السطح الدهليزي باستخدام سنبله مخروطية ماسية مدورة الرأس ذات الشريط الأسود، تبتعها سنبله مخروطية ماسية مدورة الرأس ذات الشريط الأحمر، وأخيراً تبتعها سنبله إنهاء ذات الشريط الأصفر.



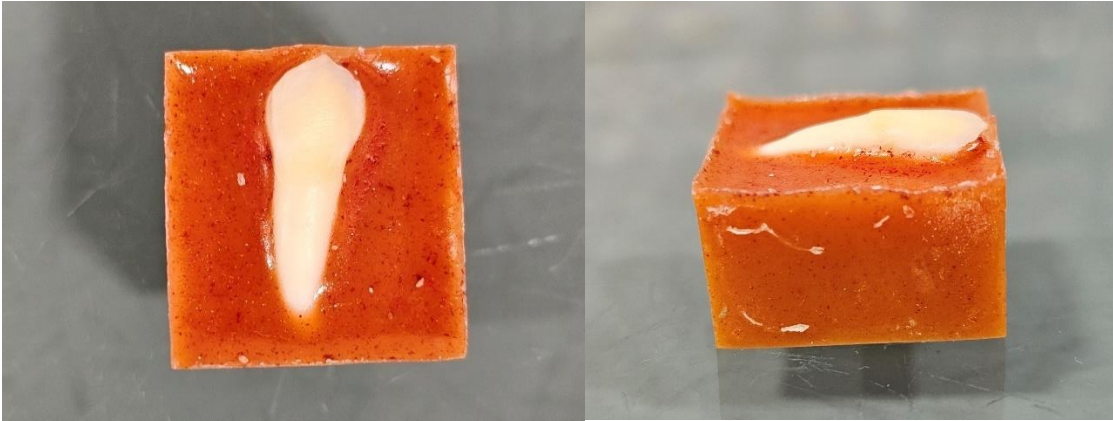
الشكل 20 تحضير كامل للسطح الدهليزي



الشكل 21 ميازيب اللثة

تحضير العينة:

غمست الأسنان بشكل أفقي على سطح الإكريلي في المرحلة العجينية بحيث بقي السطح الدهليزي ظاهراً وموازياً لمستوى الأرض، وبعد ذلك تم الإنهاء والتلميع الجيد للقوالب الأكريلية.



الشكل 22 التوضع الأفقي للسن ضمن القالب الإكريلي.



الشكل 23 أسنان العينة كاملة.

2-4-4 مجموعات العينة:

قسمت عينة البحث إلى مجموعتين، كل مجموعة تألفت من 15 عينة، تماثلت المجموعتان بطريقة التحضير ولكن اختلفت فيما بينها بالراتنج المستخدم في إلصاق الأقراص الخزفية، وتم العمل على النحو التالي:

2-4-4-1 المجموعة الأولى:

شملت المجموعة الأولى على (15 ضاحكاً، 15 قرصاً خزفياً)، كان التحضير على كامل السطح الدهليزي وضمن الميناء فقط.

2-4-4-1-1 معامل سطح الأسنان المحضرة في المجموعة الأولى:

تم تخريش سطوح الأسنان المحضرة بحمض الفوسفور 37% ولمدة 30 ثانية، ثم تم الغسل بالماء الجاري لمدة 30 ثانية، ثم تم تطبيق تيار هوائي لطيف والتأكد من ظهور المظهر الطبشوري.

بعد ذلك تم تطبيق المادة الرابطة N-Bond من شركة (Ivoclar) والإبقاء عليها دون تصليب، مع الفك وتطبيق تيار هوائي لطيف.

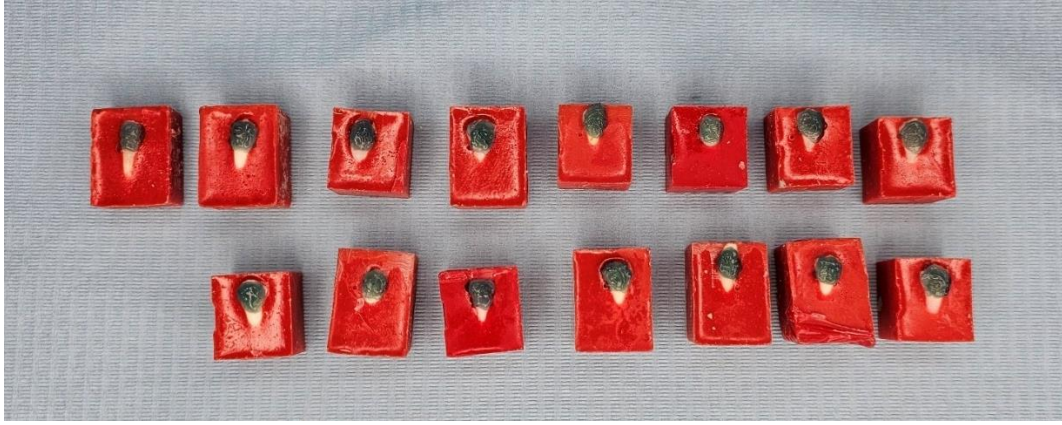
2-1-4-4-2 معالجة سطح الأقراص الخزفية في المجموعة الأولى:

تم تخريش الأقراص الخزفية المصنوعة من الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم (IPS e.max) بحمض فلور الماء 9.5% من شركة (Bisco) لمدة 20 ثانية حسب تعليمات الشركة المصنعة، ثم تم الغسل بالماء الجاري وتطبيق تيار هوائي لطيف، وبعد ذلك تم تطبيق عامل مزوجة الخزف (Silane) والانتظار إلى حين تبخر المذيب ثم تطبيق الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب (Light-Cured Resin Cement) من شركة (Bisco)، ثم تم وضع القرص الخزفي في منتصف السطح الدهليزي والقيام بالتصليب الأولي لمدة 3 ثوانٍ وإزالة الزوائد، ثم إتمام التصلب الضوئي لمدة 30 ثانية لكل جهة.

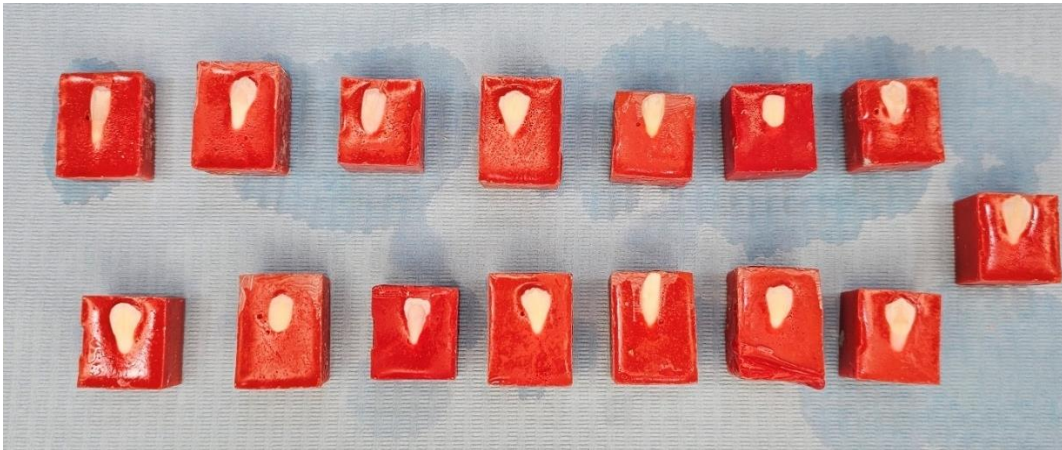
معالجة الأسنان المحضرة في المجموعة الأولى:



الشكل 24 الأسنان المحضرة في المجموعة الأولى.



الشكل 25 تخريش الأسنان في المجموعة الأولى بحمض الفوسفور 37%.



الشكل 26 المظهر الطبشوري لأسنان المجموعة الأولى.

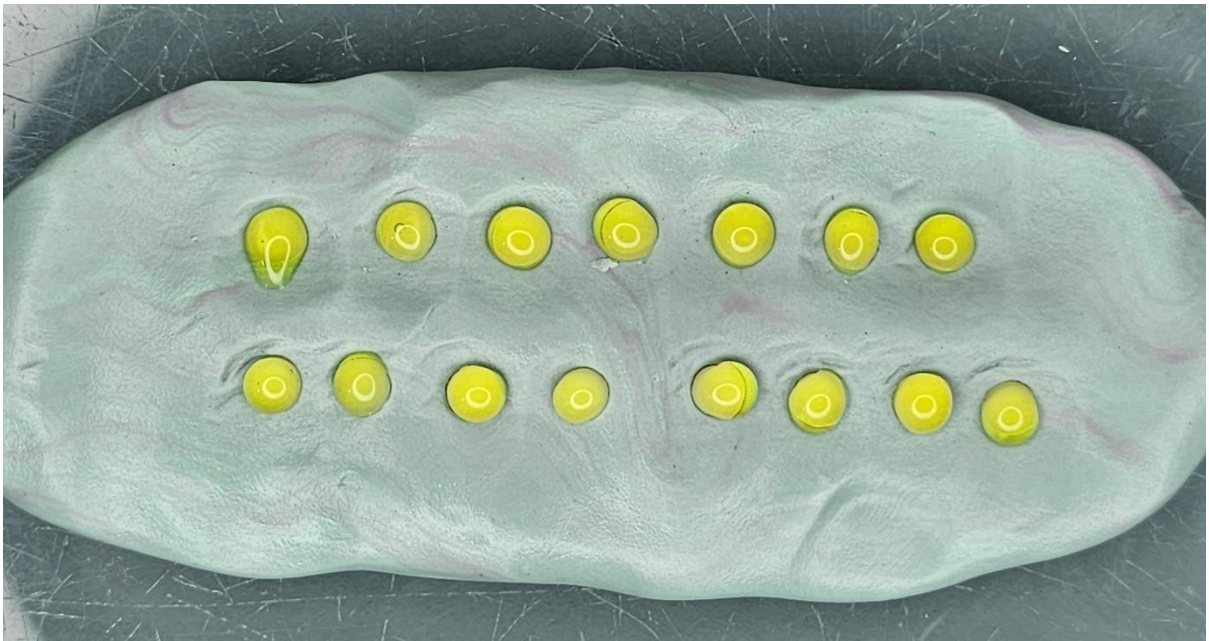


الشكل 27 تطبيق المادة الرابطة Bond لأسنان المجموعة الأولى.

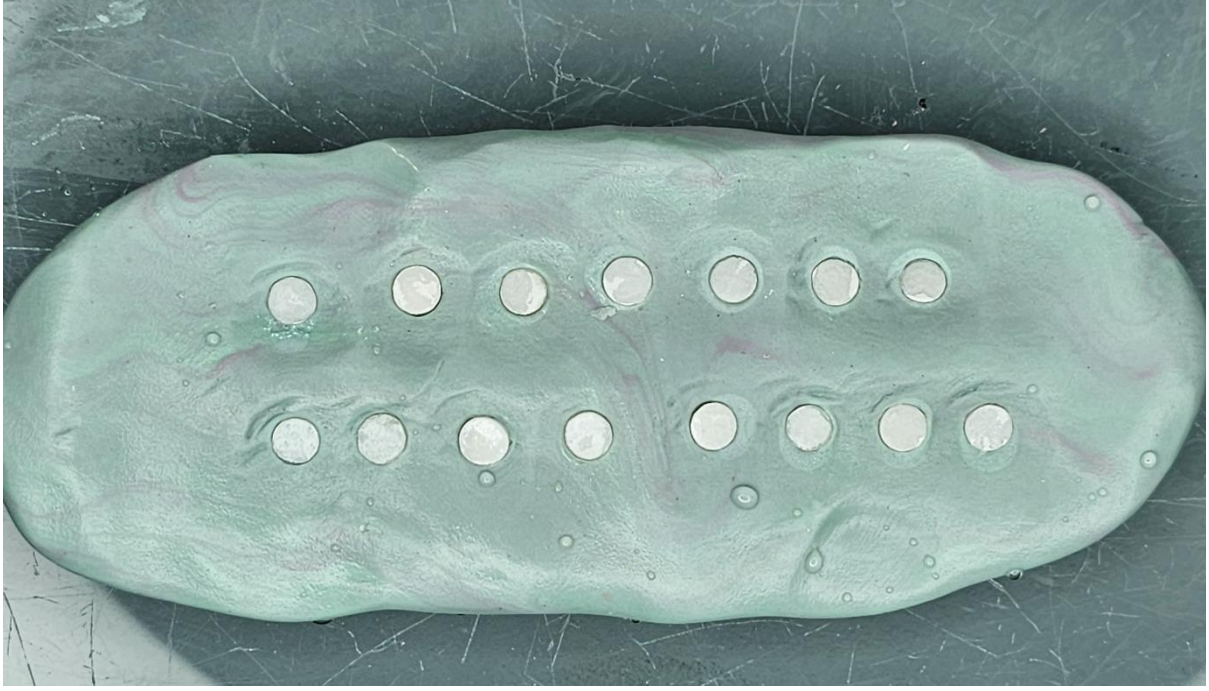
معاملة الأقراص الخزفية في المجموعة الأولى:



الشكل 28 الأقراص الخزفية في المجموعة الأولى.



الشكل 29 تخريش الأقراص الخزفية في المجموعة الأولى بحمض فلور الماء 9.5%.

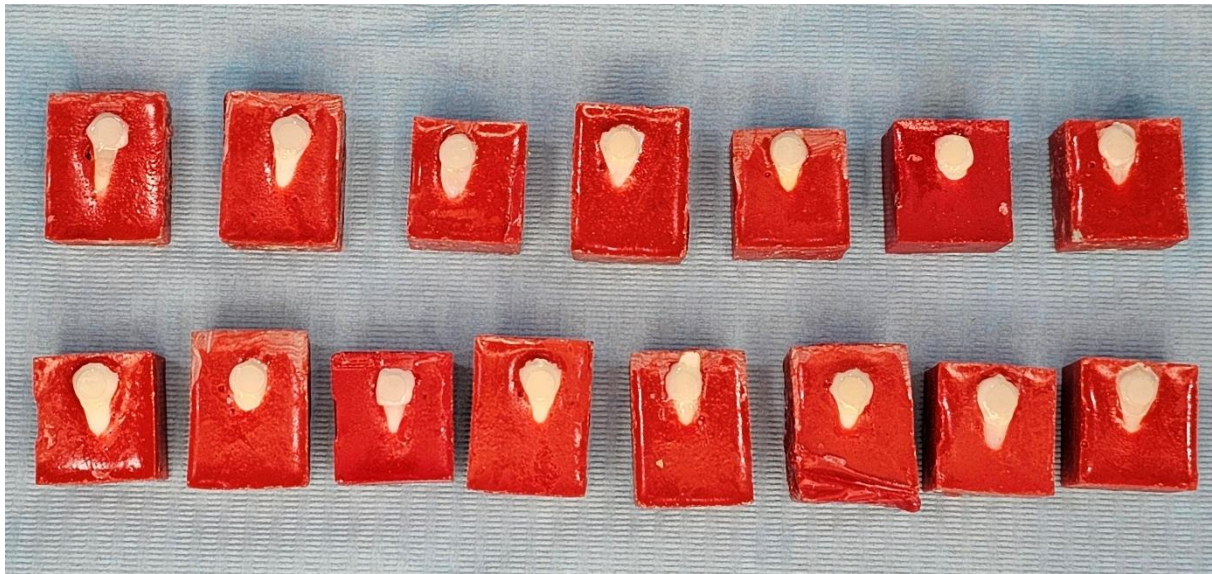


الشكل 30 الأقراص الخزفية في المجموعة الأولى بعد الغسل والتجفيف



الشكل 31 تطبيق عامل مزوجة الخزف silane للأقراص الخزفية في المجموعة الأولى.

الإلصاق:



الشكل 32 الإلصاق الأقراص الخزفية في المجموعة الأولى.

2-4-4-2 المجموعة الثانية:

شملت المجموعة الثانية على (15 ضاحكاً، 15 قرصاً خزفياً)، كان التحضير على كامل السطح الدهليزي وضمن الميناء فقط.

1-2-4-4-2 معاملة سطح الأسنان المحضرة في المجموعة الثانية:

تم تخريش سطح الأسنان المحضرة بحمض الفوسفور 37% ولمدة 30 ثانية، ثم تم الغسل بالماء الجاري لمدة 30 ثانية، ثم تم تطبيق تيار هوائي لطيف والتأكد من ظهور المظهر الطبشوري. بعد ذلك تم تطبيق المادة الرابطة N-Bond من شركة (Ivoclar) والإبقاء عليها دون تصليب، مع الفك وتطبيق تيار هوائي لطيف.

2-2-4-4-2 معاملة سطح الأقراص الخزفية في المجموعة الثانية:

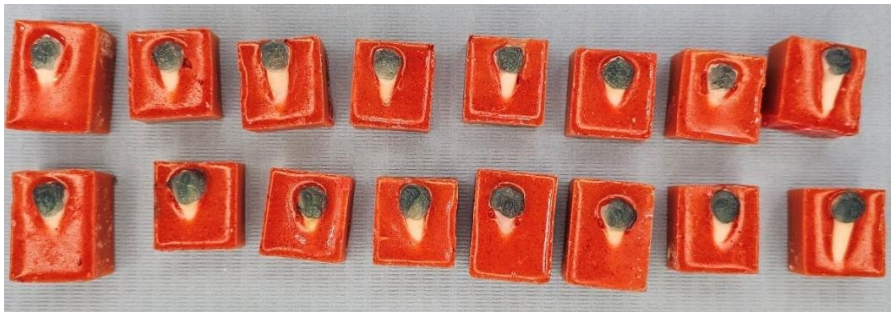
تم تخريش الأقراص الخزفية المصنوعة من الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم (IPS e.max Press) بحمض فلور الماء 9.5% من شركة (Bisco) لمدة 20 ثانية حسب تعليمات الشركة المصنعة، ثم تم

الغسل بالماء الجاري وتطبيق تيار هوائي لطيف، وبعد ذلك تم تطبيق عامل مزاوجة الخزف (Silane) والانتظار إلى حين تبخر المذيب، ثم تطبيق الراتنج السيلال (Tetric N-Flow2) من شركة (Ivoclar)، ثم تم وضع القرص الخزفي في منتصف السطح الدهليزي والقيام بالتصليب الأولي لمدة 3 ثوانٍ وإزالة الزوائد، ثم إتمام التصليب الضوئي لمدة 30 ثانية لكل جهة.

معاملة الأسنان المحضرة في المجموعة الثانية:



الشكل 33 الأسنان المحضرة في المجموعة الثانية.



الشكل 34 تخريش الأسنان في المجموعة الثانية بحمض الفوسفور 37%.

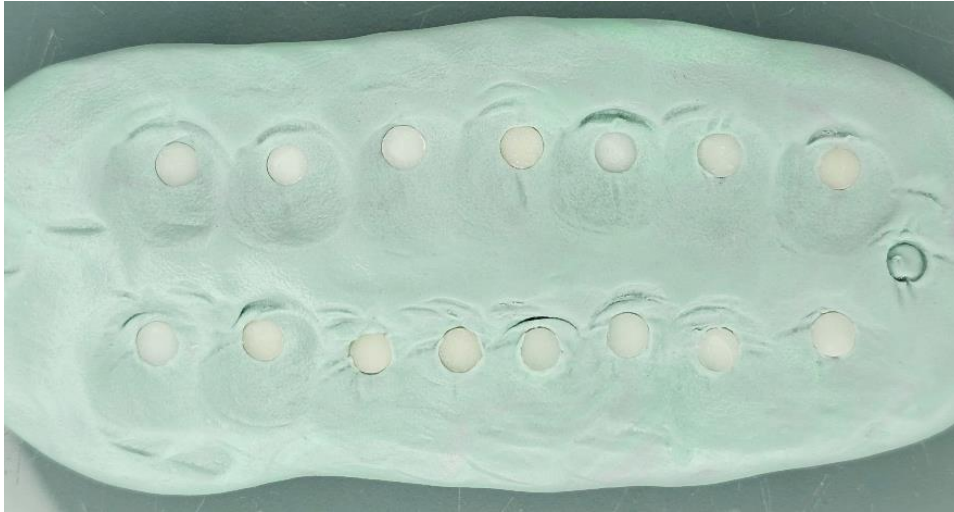


الشكل 35 المظهر الطبشوري لأسنان المجموعة الثانية.

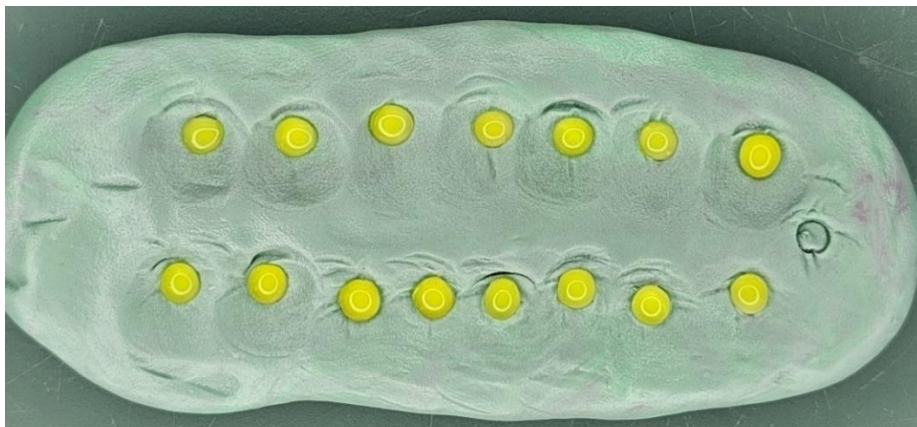


الشكل 36 تطبيق المادة الرابطة Bond لأسنان المجموعة الثانية.

معاملة الأقراص الخزفية في المجموعة الثانية:



الشكل 37 الأقراص الخزفية في المجموعة الثانية.



الشكل 38 تخريش الأقراص الخزفية في المجموعة الثانية بحمض فلور الماء 9.5%



الشكل 39 الأقرص الخزفية في المجموعة الثانية بعد الغسل والتجفيف.



الشكل 40 تطبيق عامل مزوجة الخزف silane للأقرص الخزفية في المجموعة الثانية.

الإلصاق:



الشكل 41 إلصاق الأقرص الخزفية في المجموعة الثانية.

2-4-5 حفظ العينة:

بعد أن تم تجهيز وإصاق العينة، حفظت في الماء المقطر ضمن حاوية بلاستيكية ووضعت في الحاضنة الحرارية الموجودة في قسم علوم الحياة في كلية طب الأسنان جامعة دمشق، بدرجة 37 درجة مئوية ولمدة 7 أيام.



الشكل 42 العينة المخبرية ضمن حاوية بلاستيكية.



الشكل 43 العينة المخبرية ضمن الحاضنة الحرارية.

2-4-6 إجراء تطبيق ليزر Er:YAG على العينة:

استخدم في هذا البحث ليزر Er:YAG الموجود في المعهد العالي لأبحاث الليزر في جامعة دمشق، حيث أدخلت المعاملات الليزرية المتبعة والمنصوص عليها من عدة أبحاث (طاقة 270MJ وتردد 15HZ) مع تبريد ماء/هواء بنسبة 2/2 على شاشة جهاز ليزر Er:YAG. (Oztoprak et al., 2010, Oztoprak et al., 2012). (Morford et al., 2011, حمادة and البلخي, 2017). ثم طبق الليزر على سطح الوجه الخزفي حسب

بروتوكول استخدام الليزر وفق نمط التطبيق غير التلامسي Non-contact mode لأسنان المجموعتين بحركة مستقيمة على طول السن من الأنسي إلى الوحشي (Oztoprak et al., 2010, حمادة and البلخي, 2017)، وسجل الزمن المستغرق لفك ارتباط الأقراص الخزفية عن الأسنان.



الشكل 44 إعدادات جهاز ليزر Er:YAG أثناء التطبيق.

2-4-7 دراسة نوع فشل الارتباط:

بعد فك الأقراص الخزفية شوهد كل من السطح الداخلي للقرص الخزفي والسطح المرتبط للسن تحت عدسة مكبرة 20x وذلك باستخدام جهاز stereoscope (stereoscope 1999, MEIJI Techno; Japan) الموجود في مخبر علوم الحياة في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق. إذ هدف ذلك لتحديد نوع فشل الارتباط الحاصل من خلال تقدير نسبة طبقة إسمنت الإلصاق الراتنجي المتبقية على السطوح. صُنّفت نتيجة كل عينة بناءً على معيار معدّل لمعيار Mak وزملاؤه عام 2002. (Mak et al., 2002)



الشكل 45 مكبرة 20x stereoscope.

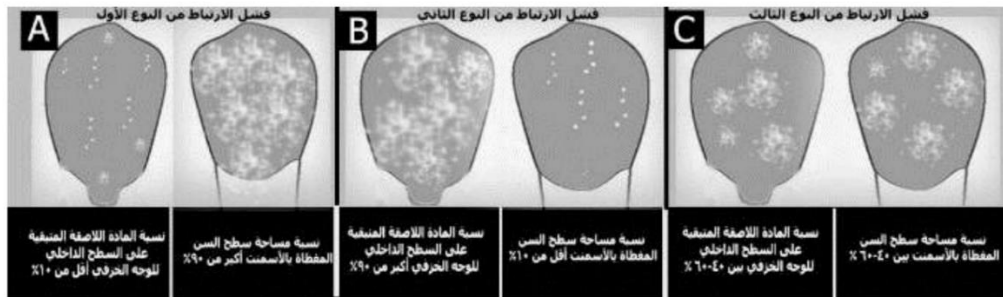
المعايير المعدلة لتحديد نوع فشل ارتباط الأقراص الخزفية وهي إحدى ثلاثة أنواع:

1_ الفشل من النوع الأول: فشل التصاقي Adhesive failure بين الإسمنت الراتنجي والسطح الداخلي للقرص الخزفي: عندما يحدث فك الارتباط مجهرياً في المنطقة الواقعة بين السطح الداخلي للقرص الخزفي وإسمنت الإلصاق الراتنجي، وبالتالي بقاء معظم الإسمنت مرتبطاً بسطح السن. يعرف ذلك من خلال تقدير نسبة طبقة المادة اللاصقة المتبقية على السطح الداخلي للقرص الخزفي بحيث تكون دون ال 10% من مساحة السطح الداخلي للوجه الخزفي، وتغطي أكثر من 90% من مساحة سطح السن المرتبط. يدل هذا النوع من فشل الارتباط على امتصاص الشعاع الليزري بقدر كبير من قبل الطبقة الواقعة بين السطح الداخلي للقرص الخزفي وإسمنت الإلصاق، ومن ثم نفوذ كمية قليلة منه نحو مناطق الارتباط الأعمق.

2_ الفشل من النوع الثاني: فشل التصاقي Adhesive failure بين الإسمنت الراتنجي وسطح السن: وهو يتحقق عندما يحدث فك الارتباط مجهرياً في المنطقة الواقعة بين إسمنت الإلصاق الراتنجي وسطح السن، وبالتالي بقاء معظم الإسمنت مرتبطاً بالسطح الداخلي للوجه الخزفي. يعرف ذلك من خلال تقدير نسبة طبقة المادة اللاصقة المتبقية على سطح السن بحيث تكون دون ال 10% من مساحة سطح السن، وتغطي أكثر من 90% من مساحة السطح الداخلي للوجه الخزفي. يدل هذا النوع من فشل الارتباط على امتصاص الشعاع الليزري بقدر ضئيل من

قبل الطبقة الواقعة بين إسمنت الإلصاق وسطح السن، ومن ثم نفوذ قدر كبير منه باتجاه طبقات الارتباط الأعمق وصولاً لسطح السن.

3_ الفشل من النوع الثالث: فشل ارتباط التصاقي Adhesive failure بحيث تكون نسبة طبقة المادة اللاصقة المتبقية متساوية تقريباً على كل من سطح السن والسطح الداخلي للقرص الخزفي، وتقدر بين 40 و 60% على كلٍ منها. يدل هذا النوع من فشل الارتباط على امتصاص الشعاع الليزري ضمن طبقة إسمنت الإلصاق ذاتها. وهذا يؤدي إلى توزع بقايا الإسمنت بين السطح الداخلي للوجه الخزفي وسطح السن بنسبة متقاربة. قُيِّم نوع الفشل لكل عينة، إذ شمل التقييم سطح السن والسطح الداخلي للقرص الخزفي لتصنيف كل عينة إلى إحدى أنماط الفشل الثلاثة السابقة.



الشكل 46 شكل ترسيمي لأنواع فشل الارتباط.

الباب الثالث:

النتائج

3-1 النتائج وتحليل البيانات:

3-1-1 وصف العينة:

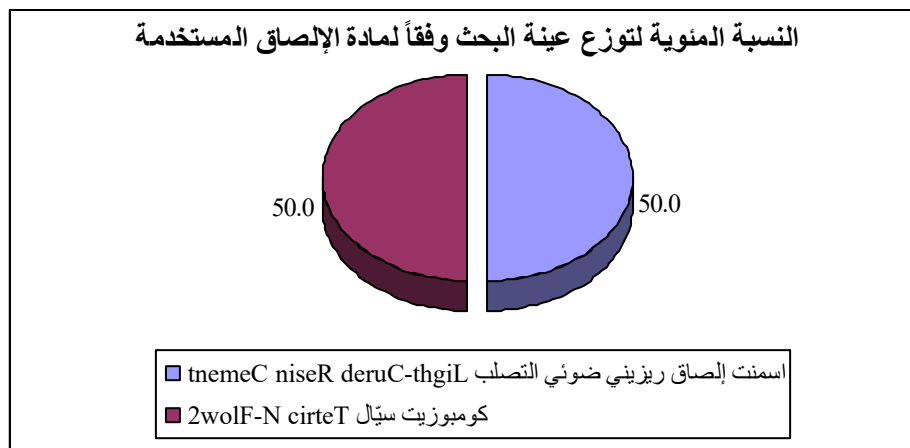
تألفت عينة البحث من 30 وجهاً خزفياً تم إلصاقها على 30 ضاحكاً سليم التاج تماماً، وكانت الوجوه الخزفية والضواحك في عينة البحث مقسمةً إلى مجموعتين رئيسيتين اثنتين متساويتين وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة (إسمنت إلصاق ريزيني ضوئي التصلب Light-Cured Resin Cement، كومبوزيت سيال Tetric N-Flow2) وكان توزع الضواحك في عينة البحث كما يلي:

- توزع عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة:

الجدول رقم 2 يبين توزع عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة

النسبة المئوية	عدد الضواحك	مادة الإلصاق المستخدمة
50.0	15	اسمنت إلصاق ريزيني ضوئي التصلب Light-Cured Resin Cement
50.0	15	كومبوزيت سيال Tetric N-Flow2
100	30	المجموع

مخطط رقم 1 يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة



3-1-2 الدراسة الإحصائية التحليلية:

تم قياس وحساب مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) وتم الاستقصاء عن نمط الفشل الحاصل لكل ضاحك من الضواحك المدروسة في عينة البحث. ثم تمت دراسة تأثير مادة الإلصاق المستخدمة في قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) وفي تكرارات نمط الفشل الحاصل، كما تمت دراسة العلاقة بين قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي ونمط الفشل الحاصل في عينة البحث وكانت نتائج التحليل كما يلي:

1- دراسة مدة فك ارتباط الوجه الخزفي:

◀ دراسة تأثير مادة الإلصاق المستخدمة في قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي:

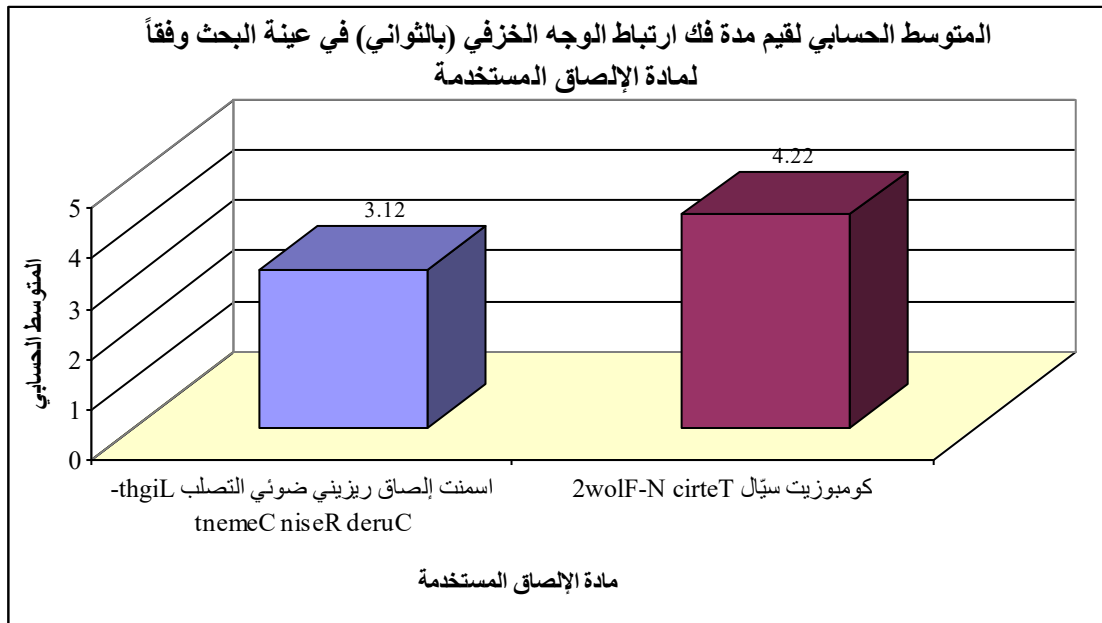
تم إجراء اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) بين مجموعة الإلصاق بإسمنت إصاق ريزيني ضوئي التصلب Light-Cured Resin Cement ومجموعة الإلصاق بكومبوزيت سيال Tetric N-Flow2 في عينة البحث كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

الجدول رقم 3 يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأعلى والحد الأدنى لقيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) في عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة.

المتغير المدروس = مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني)						
الحد الأعلى	الحد الأدنى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد الضواحك	مادة الإلصاق المستخدمة
6.5	1.8	0.34	1.33	3.12	15	اسمنت إصاق ريزيني ضوئي التصلب Light-Cured Resin Cement
6.2	1.5	0.34	1.30	4.22	15	كومبوزيت سيال Tetric N-Flow2

مخطط رقم 2 يمثل المتوسط الحسابي لقيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني) في عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة.



نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

الجدول رقم 4 يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني) بين مجموعات مادة الإلصاق المستخدمة في عينة البحث.

المتغير المدروس = مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني)			
الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
-1.10	-2.290	0.030	توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني) بين مجموعة الإلصاق بإسمنت إلصاق ريزيني ضوئي التصلب Light-Cured Resin Cement ومجموعة الإلصاق بـكومبوزيت سيال Tetric N-Flow2 في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفرق بين المتوسطين سالبة نستنتج أن قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني) في مجموعة الإلصاق بإسمنت إلصاق ريزيني ضوئي التصلب Light-

Cured Resin Cement كانت أصغر منها في مجموعة الإصاق بكمبوزيت سيال Tetric N-Flow2 في عينة البحث.

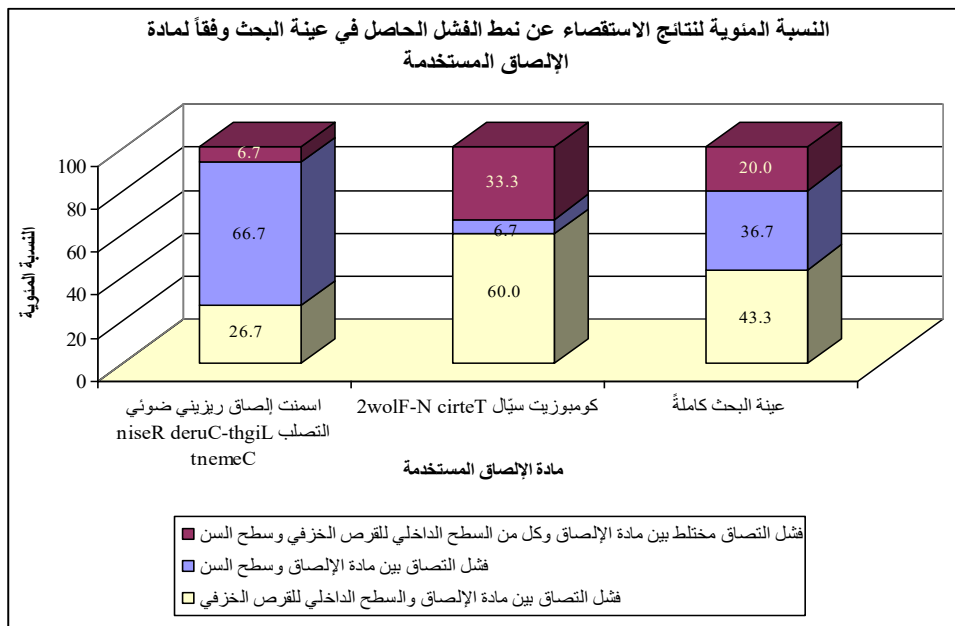
2- دراسة نمط الفشل الحاصل:

➤ نتائج الاستقصاء عن نمط الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لمادة الإصاق المستخدمة:

الجدول رقم 5 يبين نتائج الاستقصاء عن نمط الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لمادة الإصاق المستخدمة.

النسبة المئوية				عدد الضواحيك				مادة الإصاق المستخدمة
المجموع	فشل التصاق مختلط بين مادة الإصاق وكل من السطح الداخلي للقرص الخزفي و سطح السن	فشل التصاق بين مادة الإصاق و سطح السن	فشل التصاق بين مادة الإصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي	المجموع	فشل التصاق مختلط بين مادة الإصاق وكل من السطح الداخلي للقرص الخزفي و سطح السن	فشل التصاق بين مادة الإصاق و سطح السن	فشل التصاق بين مادة الإصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي	
100	6.7	66.7	26.7	15	1	10	4	اسمنت إصاق ريزيني ضوئي التصلب Light-Cured Resin Cement
100	33.3	6.7	60.0	15	5	1	9	كومبوزيت سيال Tetric N-Flow2
100	20.0	36.7	43.3	30	6	11	13	عينة البحث كاملة

مخطط رقم 3 يمثل النسبة المئوية لنتائج الاستقصاء عن نمط الفشل الحاصل في عينة البحث وفقاً لمادة الإلصاق المستخدمة.



دراسة تأثير مادة الإلصاق المستخدمة في تكرارات نمط الفشل الحاصل:

تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات نمط الفشل الحاصل بين مجموعة الإلصاق بإسمنت

إلصاق ريزيني ضوئي التصلب Light-Cured Resin Cement ومجموعة الإلصاق بكمبوزيت سيال

Tetric N-Flow2 في عينة البحث كما يلي:

- نتائج اختبار كاي مربع:

الجدول رقم 6 يبين نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تكرارات نمط الفشل الحاصل بين مجموعات مادة الإلصاق

المستخدمة في عينة البحث.

المتغيران المدروسان = نمط الفشل الحاصل × مادة الإلصاق المستخدمة				
عدد الضواك	قيمة كاي مربع	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
30	11.953	2	0.003	توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات نمط الفشل الحاصل بين مجموعة الإلصاق بإسمنت إصاق ريزيني ضوئي التصلب Light-Cured Resin Cement ومجموعة الإلصاق بكومبوزيت سيال Tetric N-Flow2 في عينة البحث، وبدراسة جدول التكرارات والنسب المئوية الموافق (الجدول رقم 5) يُلاحظ أن نسبة الأسنان التي حدث فيها فشل التصاق بين مادة الإلصاق وسطح السن (النوع الثاني) في مجموعة الإلصاق بإسمنت إصاق ريزيني ضوئي التصلب Light-Cured Resin Cement كانت أكبر منها في مجموعة الإلصاق بكومبوزيت سيال Tetric N-Flow2 في عينة البحث.

➤ دراسة العلاقة بين قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي ونمط الفشل الحاصل في عينة البحث:

تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) بين مجموعة الضواك التي حدث فيها فشل التصاق بين مادة الإلصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي (النوع الأول) ومجموعة الضواك التي حدث فيها فشل التصاق بين مادة الإلصاق وسطح السن (النوع الثاني) ومجموعة الضواك التي حدث فيها فشل التصاق مختلط بين مادة الإلصاق وكل من السطح الداخلي للقرص الخزفي وسطح السن (النوع الثالث) في عينة البحث كما يلي:

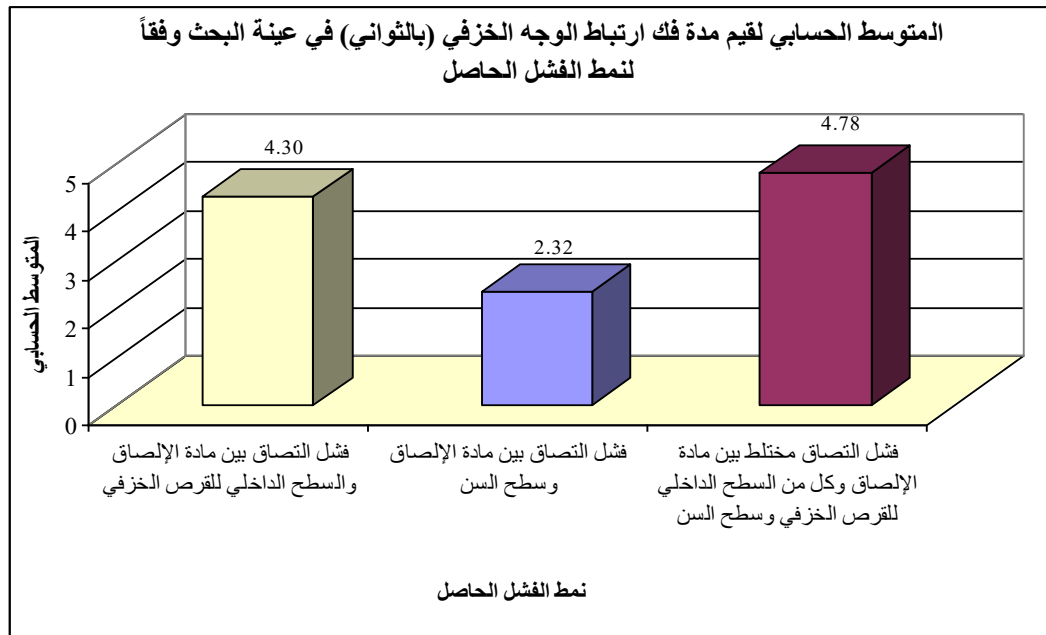
- إحصاءات وصفية:

الجدول رقم 7 يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأعلى والحد الأدنى لقيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني) في عينة البحث وفقاً لنمط الفشل الحاصل.

المتغير المدروس = مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالتواني)						
نمط الفشل الحاصل	عدد الضواك	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
فشل التصاق بين مادة الإلصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي	13	4.30	1.24	0.34	2.5	6.5

المتغير المدروس = مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني)						
نمط الفشل الحاصل	عدد الضوايح	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
فشل التصاق بين مادة الإلصاق و سطح السن	11	2.32	0.50	0.15	1.5	3.2
فشل التصاق مختلط بين مادة الإلصاق وكل من السطح الداخلي للقرص الخزفي و سطح السن	6	4.78	0.89	0.36	3.8	6.2

مخطط رقم 4 يمثل المتوسط الحسابي لقيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني) في عينة البحث وفقاً لنمط الفشل الحاصل.



نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

الجدول رقم 8 يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط قيم مدة فك ارتباط

الوجه الخزفي (بالثواني) بين مجموعات نمط الفشل الحاصل في عينة البحث.

المتغير المدروس = مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني)		
قيمة f المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
17.782	0.000	توجد فروق دالة

يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثنائي) بين اثنتين على الأقل من مجموعات نمط الفشل الحاصل (مجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق بين مادة الإلصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي (النوع الأول) ومجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق بين مادة الإلصاق وسطح السن (النوع الثاني) ومجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق مختلط بين مادة الإلصاق وكل من السطح الداخلي للقرص الخزفي وسطح السن (النوع الثالث)) في عينة البحث، ولمعرفة أي من مجموعات نمط الفشل الحاصل تختلف اختلافاً جوهرياً عن المجموعات الأخرى في قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثنائي) تم إجراء المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni في قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثنائي) بين مجموعات نمط الفشل الحاصل الثلاث المدروسة كما يلي:

- نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni:

-

الجدول رقم 9 يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثنائي) بين مجموعات نمط الفشل الحاصل في عينة البحث.

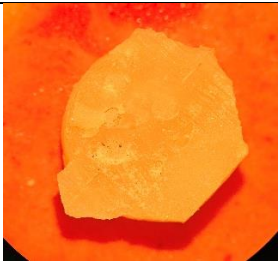
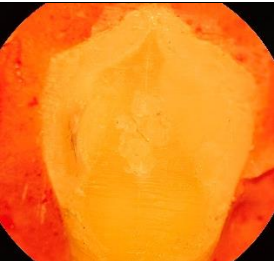
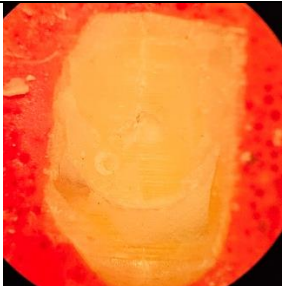
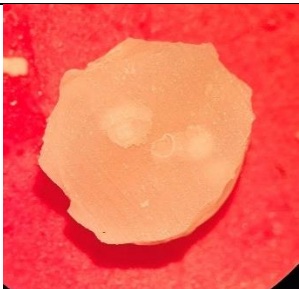
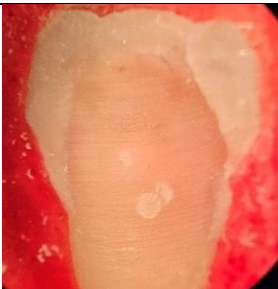
المتغير المدروس = مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثنائي)					
نمط الفشل الحاصل (I)	نمط الفشل الحاصل (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
فشل التصاق بين مادة الإلصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي	فشل التصاق بين مادة الإلصاق وسطح السن	1.98	0.39	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
	فشل التصاق مختلط بين مادة الإلصاق وكل من السطح الداخلي للقرص الخزفي وسطح السن	-0.48	0.47	0.949	لا توجد فروق دالة
فشل التصاق بين مادة الإلصاق وسطح السن	فشل التصاق مختلط بين مادة الإلصاق وكل من السطح الداخلي للقرص الخزفي وسطح السن	-2.47	0.49	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>

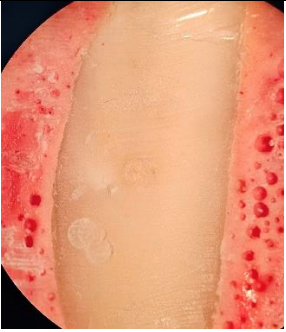
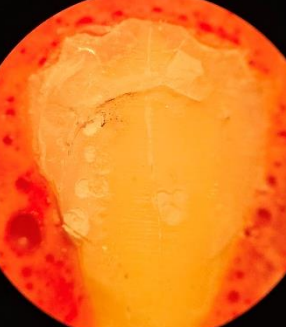
يبين الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 عند المقارنة في قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني) بين مجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق بين مادة الإلصاق وسطح السن وكل من مجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق بين مادة الإلصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي ومجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق مختلط بين مادة الإلصاق وكل من السطح الداخلي للقرص الخزفي وسطح السن على حدة، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني) بين مجموعات نمط الفشل الحاصل المذكورة في عينة البحث، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نستنتج أن قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني) في مجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق بين مادة الإلصاق وسطح السن (النوع الثاني) كانت أصغر منها في كل من مجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق بين مادة الإلصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي (النوع الأول) ومجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق مختلط بين مادة الإلصاق وكل من السطح الداخلي للقرص الخزفي وسطح السن (النوع الثالث) على حدة في عينة البحث.

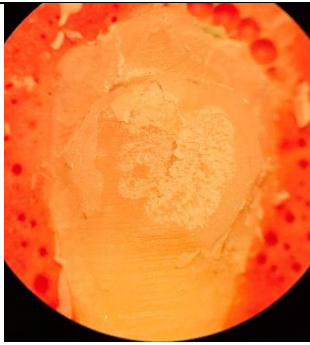
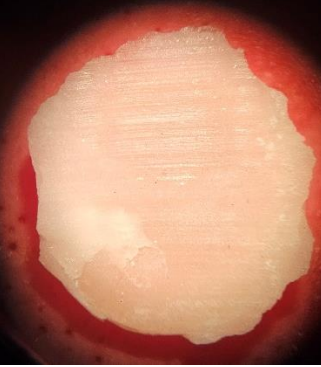
أما عند المقارنة بين مجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق بين مادة الإلصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي (النوع الأول) ومجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق مختلط بين مادة الإلصاق وكل من السطح الداخلي للقرص الخزفي وسطح السن (النوع الثالث) فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في قيم مدة فك ارتباط الوجه الخزفي (بالثواني) بين مجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق بين مادة الإلصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي (النوع الأول) ومجموعة الضواحك التي حدث فيها فشل التصاق مختلط بين مادة الإلصاق وكل من السطح الداخلي للقرص الخزفي وسطح السن (النوع الثالث) في عينة البحث.

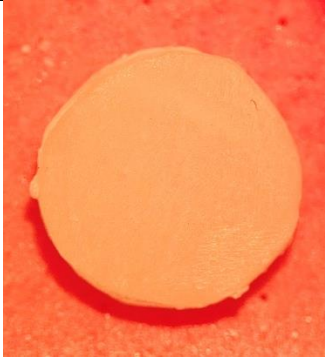
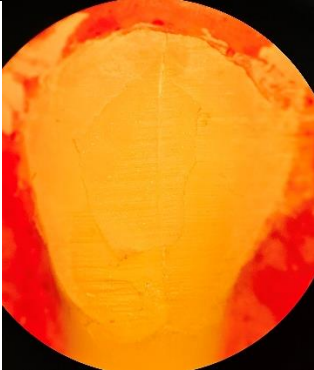
جداول توضح طريقة التقييم المتبعة لنوع فشل الارتباط لعينات الدراسة:

الجدول رقم 10 المجموعة الأولى من العينات A (استخدم أسمنت الإلصاق الراتنجي ضوئي التصلب).

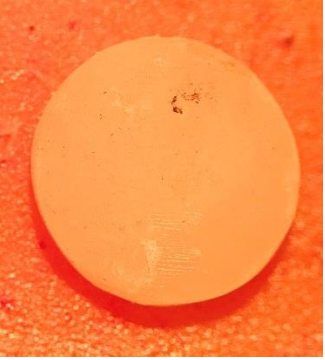
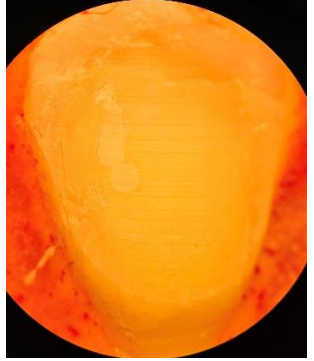
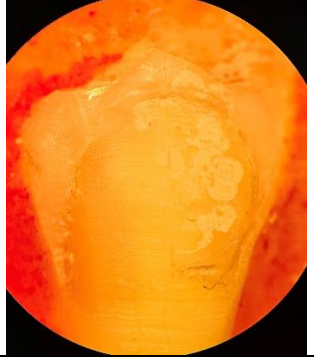
نوع الفشل	نسبة طبقة الأسمنت المقدرة على السطح الداخلي للقرص الخزفي	نسبة طبقة الأسمنت المقدرة على سطح السن	رقم العينة
النوع الثاني			1A
النوع الثاني			2A
النوع الثاني			3A
النوع الثاني			4A
النوع الثاني			5A

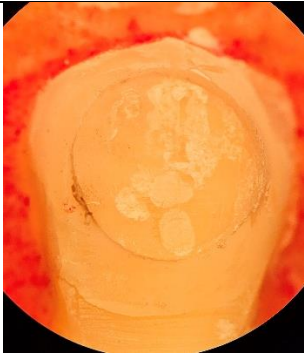
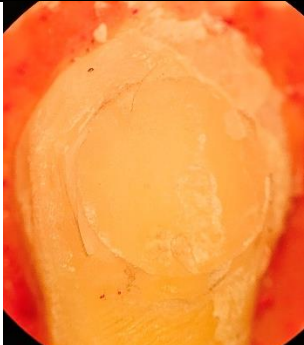
النوع الثاني			6A
النوع الثاني			7A
النوع الأول			8A
النوع الأول			9A
النوع الثاني			10A

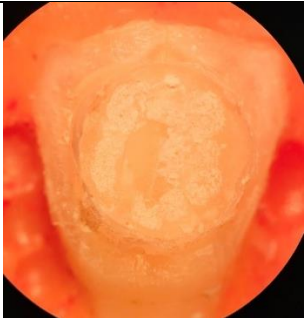
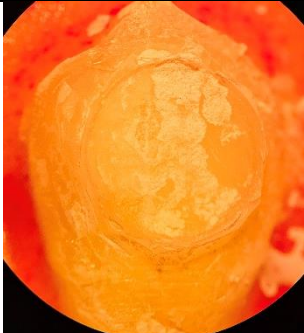
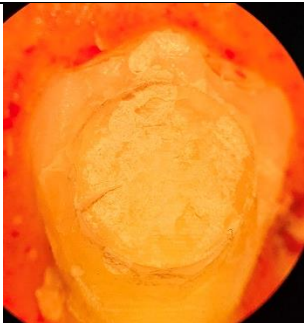
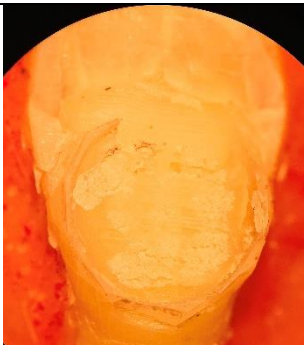
النوع الأول			11A
النوع الأول			12A
النوع الثاني			13A
النوع الثاني			14A

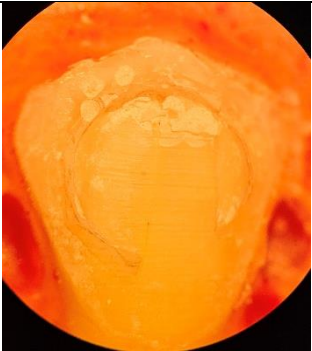
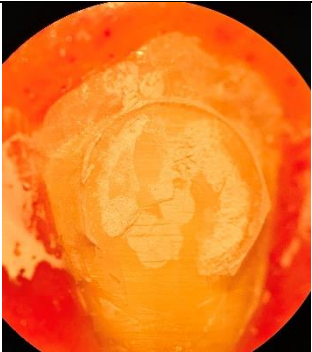
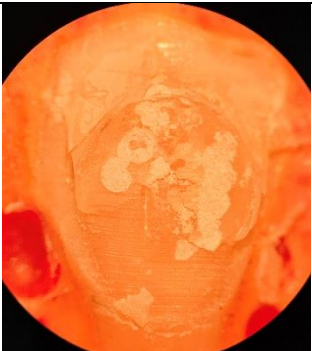
النوع الثالث			15A
--------------	---	--	-----

الجدول رقم 11 المجموعة الثانية من العينات B (استخدم الكومبوزيت السيل كمادة إصاق)

نوع الفشل	نسبة طبقة الأسمنت المقدرة على السطح الداخلي للقرص الخزفي	نسبة طبقة الأسمنت المقدرة على سطح السن	رقم العينة
النوع الأول			1B
النوع الثاني			2B
النوع الأول			3B

النوع الأول			4B
النوع الثالث			5B
النوع الأول			6B
النوع الثالث			7B

النوع الأول			8B
النوع الأول			9B
النوع الأول			10B
النوع الأول			11B
النوع الثالث			12B

النوع الثالث			13B
النوع الأول			14B
النوع الثالث			15B

الباب الرابع:

المناقشة

4-1 مناقشة فكرة وهدف البحث:

شهد طب الأسنان التجميلي في العقود الأخيرة تطوراً كبيراً، ولاسيما في مجال الوجوه الخزفية Veneers التي باتت تمثل خياراً علاجياً رئيسياً لما توفره من جمالية عالية مع المحافظة على النسيج السنية.

إلا أن هذا النوع من التعويضات، على الرغم من نجاحه الواسع، قد يواجه في بعض الحالات السريرية ضرورة الإزالة أو الاستبدال إما بسبب تغير لون مادة الإلصاق الراتنجية، أو حدوث كسر جزئي، أو نتيجة خطأ في الإلصاق أو تصميم الابتسامة.

وهنا تبرز مشكلة حقيقية، إذ إن عملية إزالة الوجه الخزفي تعتبر من أكثر الإجراءات تحدياً للطبيب، نتيجة الارتباط القوي بين الترميم والنسيج السنية بواسطة الإسمنتات الراتنجية ذات فعالية الإلصاق العالية.

إنّ الطرق التقليدية المستخدمة لإزالة الوجوه الخزفية (استخدام السنايل الماسية أو النوازع الميكانيكية) تتطلب وقتاً وجهداً كبيرين، وتؤدي غالباً إلى إزالة جزء من المينا السليمة أو تصدع للوجه الخزفي بشكل لا يسمح بإعادته. (Sarp and Gülsoy, 2011)

هذا الواقع دفع الباحثين إلى إيجاد بدائل أكثر محافظة وأقل ضرراً، وكان أبرزها استخدام الليزر، وخاصة ليزر الإربيوم Er:YAG، الذي يتميز بقدرته على اختراق الوجه الخزفي دون إحداث ضرر حراري أو في بنية المادة الخزفية، نتيجة امتصاص طاقته العالية في طبقة الإلصاق الراتنجية الغنية بالماء والمونوميرات العضوية. (Morford et al., 2011, Oztoprak et al., 2012)

تعتمد آلية عمل ليزر Er:YAG في إزالة الوجوه الخزفية على امتصاص طاقته من قبل جزيئات الماء والمركبات العضوية ضمن الإسمنت، مما يؤدي إلى تبخرها الدقيق Micro-explosions وتفكك طبقة الإلصاق تدريجياً، وبالتالي فك ارتباط الوجه الخزفي دون الحاجة إلى قوة ميكانيكية لإزالته.

كما أنّ هذه التقنية لا ترفع درجة حرارة اللب السني أكثر من 5° C عند استخدام التبريد المائي، ما يجعلها آمنة سريرياً. (Gozneli et al., 2023)

ورغم تعدد الدراسات التي تناولت فعالية ليزر Er:YAG في إزالة الوجوه الخزفية، فإن معظمها ركّز على نوع الخزف أو سماكته، في حين أنّ نوع مادة الإلصاق بقي عاملاً غير مدروس بما فيه الكفاية، على الرغم من كونه يلعب دوراً إلى حد كبير في تحديد كمية الطاقة الممتصة وسلوك طبقة الارتباط أثناء التطبيق الليزري.

من هنا جاءت فكرة البحث لتغطية هذا النوع من الدراسة، من خلال مقارنة نوعين مختلفين من مواد الإلصاق الراتنجية: الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب Light-cured resin cement والكومبوزيت السيّال Flowable composite resin، وهما مادتان تستخدمان سريريّاً في إلصاق الوجوه الخزفية لكنهما تختلفان في البنية الكيميائية والفيزيائية:

حيث أنّ الإسمنت الراتنجي يحتوي على نسبة عالية من المواد المائلة غير العضوية، مما يجعله أكثر صلابة نسبياً وأقل امتصاصاً للحرارة مقارنةً بالكومبوزيت السيّال فهو أكثر لزوجة وذو محتوى عضوي أعلى، مما يجعله أكثر قدرة على امتصاص طاقة الليزر وتحويلها إلى حرارة.

وبذلك كان الهدف من الدراسة هو تحديد ما إذا كان نوع مادة الإلصاق يؤثر في سرعة إزالة الوجه الخزفي وكفاءة ليزر Er:YAG في فك الارتباط، بما يتيح للممارس لاحقاً اختيار المادة المناسبة سريريّاً من حيث الثباتية الأعلى وفي الوقت نفسه إمكانية الإزالة عند الحاجة دون إلحاق الضرر بالنسج السنية.

(Zhang et al., 2018, Suliman et al., 2024)

وبالتالي فإن فكرة هذا البحث تسعى لاستكمال المعلومات المتعلقة باستخدام الليزر في الأدبيات الطبية، وتقديم بيانات علمية تساهم في توجيه القرار السريري للطبيب الممارس في اختيار المادة اللاصقة الأكثر ملائمة من حيث الثبات مع إمكانية الإزالة بشكل سليم.

4-2 مناقشة مواد وطرائق البحث:

4-2-1 مناقشة اختيار العينة:

تم اختيار 30 ضاحكاً بشرياً مقلوعاً لأسباب تقويمية، سليم التاج وخالٍ من أي نخر أو كسر أو معالجة ترميمية أو لبية وبما لا يتنافى مع أخلاقيات البحث العلمي. هذا الاختيار يعزز من مصداقية النتائج كونه يقلل من المتغيرات المشتركة التي قد تؤثر في فعالية إلصاق الأقراص الخزفية أو استجابة الليزر.

وكما أن اختيار أسنان بشرية سليمة ضروري لتقييم تأثير إعدادات ليزر Er:YAG على إزالة الأقراص الخزفية دون تدخل لعوامل بنيوية مختلفة، وكذلك التجانس في سماكة الميناء يقلل من التباين في نتائج الزمن المستهلك لحدوث فك ارتباط ونوع فشل الارتباط.

(El-Damanhoury et al., 2022)

4-2-2 مناقشة مراحل العمل المخبرية:

تحضير الأقراص الخزفية:

اختير الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم المحقون حرارياً IPS e.max Press لصناعة عينة البحث لكونه يحقق النواحي الجمالية والوظيفية ولخواصه الميكانيكية والبصرية العالية وثباته اللوني.

(Goonawardhana, 2017)

صممت الأقراص الخزفية بسماكة 1 ملم وقطر 5 ملم، بطريقة الحقن الحراري، ثم تمت معالجتها بحمض فلور الماء وغسلها وتنظيفها بالموجات فوق الصوتية لتوحيد خشونة السطح الداخلي، لضمان استقرار الخصائص الميكانيكية والضوئية للعينات. (Luca et al., 2025)

تحضير الأسنان:

تم تحضير السطوح الدهليزية ضمن الميناء فقط بعمق متدرج 0.4-0.7 ملم، ابتداءً باستخدام سنابل تحديد العمق LVS-1 ومن ثم سنابل تحضير مخروطية مختلفة الخشونة، لضمان توحيد سطح التطبيق وتحقيق أقصى تماس

بين السن والوجه الخزفي. (Morford et al., 2011)

بعدها صُبَّت الأسنان ضمن قوالب اكريلية بشكل أفقي، لتسهيل إجراءات البحث من ناحية التطبيق الليزري والدراسة تحت المكبرة.

تهيئة سطوح الأسنان والسطوح الداخلية للأقراص الخزفية:

تم تخريش السطح الداخلي للأقراص الخزفية بحمض فلور الماء من شركة Bisco بتركيز 9.5% ولمدة 20 ثانية، حيث يعتبر هذا الزمن كافياً ليقوم بحل الطور الزجاجي. (Lanza et al., 2020)

تم بعد ذلك الغسل الجيد بالماء الجاري وبعدها تم التجفيف بتيار هوائي لطيف.

(Bajraktarova-Valjakova et al., 2018a)

ثم تم تطبيق عامل مزوجة الخزف Silane من شركة Bisco حيث يؤمن الارتباط الكيميائي بين الخزف الزجاجي والإسمنت الراتنجي من خلال الربط بين جزيئات السيليكا في القالب الزجاجي للخزف وبين القالب العضوي للإسمنت الراتنجي، وتم تطبيقه على طبقة واحدة حيث إن من أحد أسباب الفشل تطبيق السيلان على عدة طبقات وبثخانات كبيرة، لأن الطبقات الخارجية تكون معرضة للتطاير بفعل المذيبات الموجودة مما يؤدي لحدوث فجوات تؤثر سلباً على قوة الارتباط في حين أن الطبقة الداخلية من السيلان تعد وحدها المسؤولة عن الارتباط حيث تكون على تماس مباشر مع السطح الداخلي للخزف. (Roulet et al., 1995)

أما بالنسبة لتهيئة السطوح السنية المحضرة، فتم ذلك بواسطة تخريشها بحمض الفوسفور 37% لمدة 30 ثانية مما يؤدي لرفع طاقة السطح وخلق فجوات مجهرية على شكل أوتاد مما يسمح لوحيدات التماس الكارهة للماء الموجودة في الإسمنت الراتنجي من النفوذ بسهولة ضمن المسامات المجهرية المحدثة بفعل التخريش. (Martha et al., 2013)

بعد ذلك تم غسل سطوح الأسنان المخرشة بالماء الجاري لمدة 30 ثانية وبعدها تم التجفيف بتيار هوائي لطيف لمدة 5 ثوان أو لحين الحصول على المظهر الطبشوري. (Loguercio et al., 2017)

ثم تطبيق المادة الرابطة Tetric N-Bond من شركة Ivoclar مع فرشها بتيار هوائي لطيف والإبقاء عليها دون تصليب، وذلك لأن تصليب المادة الرابطة يمكن أن يؤثر على الانطباق الصميمي للقرص الخزفي على السطوح السننية المحضرة.

تقسيم المجموعات ومعاملة مواد الإلصاق:

قسّمت العينات من حيث مادة الإلصاق المستخدمة إلى مجموعتين متساويتين (15 عينة لكل مجموعة): المجموعة الأولى استخدم إسمنت الإلصاق الراتنجي ضوئي التصلب Light-Cured Resin Cement لسهولة التعامل معه ولاستقراره اللوني ونسب النجاح السريري المرتفعة عند استخدامه. (Rasetto et al., 2001) والمجموعة الثانية استخدم الكومبوزيت السيال Flowable Composite حيث إن لزوجته المنخفضة وسهولة التعامل معه تجعله قابلاً للاستخدام في الإلصاق. (Bruzi et al., 2018) يتيح هذا التقسيم مقارنة مباشرة لتأثير اختلاف التركيب البوليميري في الزمن المستهلك لفك الارتباط ونمط الفشل. حيث تشغل نوع مادة الإلصاق دوراً هاماً في كفاءة إزالة الأقراص الخزفية بالليزر بسبب اختلاف امتصاصها للماء والشعاع الليزري. (El-Damanhoury et al., 2022, Iseri et al., 2014)

التخزين في الحاضنة الحرارية:

وضعت كامل العينة المخبرية بالماء المقطر في حاوية بلاستيكية ضمن الحاضنة الحرارية بدرجة حرارة 37 درجة مئوية ولمدة 7 أيام لمحاكاة البيئة الفموية وضمان تمام التصلب الراتنجي واستقرار الطبقة اللاصقة قبل التعرض لليزري. (Uwalaka et al., 2018)

4-2-3 تطبيق ليزر Er:YAG:

استخدم ليزر Er:YAG بطاقة 270mj وتردد 15hz باستطاعة 4.05w، بطريقة غير تلامسية Non-Contact، وتبريد ماء/هواء 2/2 مع حركة مستقيمة على طول السن من الأنسي إلى الوحشي، هذا النطاق من

الطاقة والتردد فعال في فك ارتباط الترميمات الخزفية دون التسبب بارتفاع حرارة اللب السني بشكل خطير، كما أن طريقة التطبيق الغير تلامسية تقلل من خطر تصدع السطح الخزفي أو تشطي الميناء السنية.

(Oztoprak et al., 2010, Oztoprak et al., 2012, Morford et al., 2011), حمادة and البلخي, (2017)

4-2-4 قياس الزمن المستهلك ودراسة نوع فشل الارتباط:

تم تسجيل الزمن المستهلك بدءاً من تشغيل الليزر وحتى فك ارتباط الأقراص الخزفية في كلا المجموعتين، مقاساً بالثانية بمؤقت الكتروني.

كما تم تحليل نوع فشل الارتباط باختيار المعيار المستخدم من قبل Mak وزملاؤه الذي درس نوع فشل الارتباط الحاصل في طبقة الإسمنت الراتنجي بين الحشوات المغطية المصنوعة من الراتنج المركب وسطح السن.

(Mak et al., 2002)

قيّم نوع الفشل لكل عينة من خلال مشاهدة صورة مكبرة ملتقطة من خلال العدسة المكبرة 20x لكل من سطح السن والقرص الخزفي بعد فك ارتباطهما، وتقدير نسبة طبقة الإسمنت المغطية للسطح من قبل الباحث.

4-3 مناقشة نتائج البحث:

وفقاً لما تمت دراسته إحصائياً في عينة البحث تبين أن زمن فك ارتباط الوجوه الخزفية باستخدام ليزر الإربيوم Er:YAG كان أقل بشكل دال إحصائياً في مجموعة الإلصاق باستخدام الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب مقارنة بمجموعة الإلصاق باستخدام الكومبوزيت السيال، إذ بلغ المتوسط الحسابي لزمن فك الارتباط في المجموعة الأولى (1.33 ± 3.12 ثانية)، في حين بلغ في المجموعة الثانية (1.30 ± 4.22 ثانية). وقد دلت هذه النتائج على أن نوع مادة الإلصاق يؤثر بشكل واضح في سرعة تفكك طبقة الإلصاق عند تطبيق شعاع الليزر، وهو ما يعزى إلى اختلاف البنية الفيزيائية لمواد الإلصاق ودرجة نفاذها الضوئي لطول الموجة 2940nm الصادرة عن ليزر Er:YAG. حيث أظهر إسمنت الإلصاق الراتنجي ضوئي التصلب نفوذية عالية لشعاع الليزر مما أدى لسرعة فك الارتباط في مجموعته، مقارنةً بالكومبوزيت السيال الذي أظهر نفوذية أقل لشعاع الليزر مستغرقاً زمناً أكبر لفك الارتباط في مجموعته.

تتوافق نتائج البحث مع ما أشار إليه El-Damanhoury وزملاؤه حيث وجدوا أن الإسمنتات الراتنجية ذات النفوذ الضوئي الأعلى تنقل طاقة الليزر بكفاءة أكبر، مما يؤدي إلى انحلال مبكر في طبقة المادة اللاصقة، حيث بلغ متوسط زمن فك الارتباط لديهم (0.9 ± 2.8 ثانية) عند طاقة 250mj وتردد 15hz. (El-Damanhoury et al., 2022)

في حين اختلفت نتائج البحث مع دراسة Suliman وزملاؤه، إذ لم يجدوا فروقاً دالة إحصائياً بين أنواع الإسمنت الراتنجي المختلفة عند إزالة تيجان خزفية من ثنائي سيليكات الليثيوم باستخدام ليزر Er:YAG، أوضحوا ذلك بأن سماكة الترميم (تيجان كاملة) حذت من انتقال طاقة الشعاع الليزري إلى طبقة الإلصاق. (Suliman et al., 2024)

كما اختلفت نتائج البحث مع نتائج Luca وزملاؤه الذين وجدوا أن نوع الخزف المستخدم هو العامل الأكثر تأثيراً في زمن فك الارتباط، حيث أظهروا اختلافاً في القيم الزمنية بين أنواع الخزف (Feldspathic, Lithium Disilicate, Zirconia) بغض النظر عن نوع مادة الإلصاق المستخدمة. (Luca et al., 2025)

إن الفرق المسجل بين المجموعتين في عينة البحث والبالغ (1.10 ثانية) يعد ذو أهمية سريرية، كونه يشير إلى أن استخدام الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب يقلل زمن فك الارتباط بنسبة تقارب 26% مقارنة بالكومبوزيت السيال، مما يخفف من زمن التعرض الليزري واحتمال الارتفاع الحراري في اللب السني.

مناقشة أنواع فشل الارتباط:

أظهرت نتائج البحث في تحليل أنواع فشل الارتباط وفق تصنيف Mak وزملاؤه، أن فشل الارتباط بين مادة الإلصاق وسطح السن (النوع الثاني)، كان هو السائد في مجموعة الإلصاق بالإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب بنسبة 66.7%، ما يفسر امتصاص الشعاع الليزري مجهرياً بكمية ضئيلة في منطقة الارتباط بين إسمنت الإلصاق وسطح السن ونفوذ قدر كبير من الشعاع الليزري باتجاه سطح السن، في حين ساد فشل الارتباط بين مادة الإلصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي (النوع الأول)، في مجموعة الإلصاق بالكومبوزيت السيال بنسبة 60%، ما يفسر امتصاص الشعاع الليزري مجهرياً بكمية كبيرة في منطقة الارتباط بين مادة الإلصاق والسطح الداخلي للقرص

الخزفي، أما فشل الارتباط المختلط بين السطحين (النوع الثالث)، فقد ظهر بنسب أقل بلغت 6.7% و 33.3% في المجموعتين على التوالي، وهذا يفسر ضعف تأثير شعاع الليزر ضمن جزيئات مادة الإلصاق نفسها في كلا المجموعتين.

مما سبق نستنتج بأن شعاع الليزر المطبق ضمن مجموعة الكومبوزيت السيال يمتص بشكل كبير ضمن الطبقة المجهرية الواقعة بين السطح الداخلي للقرص الخزفي وطبقة الراتنج السيال، وبالتالي درجة أمان أكبر على النسيج السنية مقارنةً بمجموعة الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب، حيث يمتص شعاع الليزر من قبل طبقة أعمق باتجاه سطح السن.

اتفقت نتائج دراسة نوع فشل الارتباط مع نتائج دراسة El-Damanhoury وزملاؤه، حيث ساد نمط فشل الالتصاق بين سطح السن ومادة الإلصاق (النوع الثاني)، باستخدام الإسمنت الراتنجي ثنائي التصلب، أثناء تطبيق ليزر Er:YAG لإزالة الوجوه الخزفية. (El-Damanhoury et al., 2022)

فيما اختلفت نتائج الدراسة مع نتائج Elenany وزملاؤه، حيث تبين أن نمط الفشل السائد عند استخدام ليزر Er:YAG مع الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب كان بين السطح الداخلي للوجه الخزفي ومادة الإلصاق (النوع الأول)، ويعزى هذا الاختلاف إلى عدد من المتغيرات مثل سماكة الوجه الخزفي وشدة الطاقة الليزرية المستخدمة ونسبة تبريد ماء/هواء، التي قد تؤدي إلى تغيرات حرارية تفكك طبقة الإسمنت عند منطقة الارتباط مع السطح الخزفي. (Elenany et al., 2024)

مناقشة العلاقة بين زمن فك الارتباط ونوع فشل الارتباط:

أظهرت نتائج الدراسة الإحصائية وجود علاقة واضحة بين زمن فك الارتباط ونوع فشل الارتباط، حيث كانت قيم زمن فك الارتباط الأقل مرتبطة بفشل التصاق بين مادة الإلصاق وسطح السن (النوع الثاني)، في حين ترافقت قيم زمن فك الارتباط الأطول مع فشل التصاق بين مادة الإلصاق والسطح الداخلي للقرص الخزفي (النوع الأول)، أو فشل التصاق مختلط (النوع الثالث).

وتفسّر هذه العلاقة بطبيعة مادة الإلصاق المستخدمة ودرجة نفوذية شعاع الليزر ضمنها، فكلما كانت مادة الإلصاق أقل امتصاصاً لشعاع الليزر، كانت أكثر نفوذية له نحو طبقات أعمق، وصولاً لمنطقة الارتباط مع سطح السن، وبالتالي حدوث فك ارتباط أسرع، وهذا ما لوحظ في مجموعة الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب، بمتوسط زمن فك الارتباط (3.12 ثانية) ونوع فشل الارتباط بين سطح السن والإسمنت الراتنجي (النوع الثاني) بنسبة (66.7%). بالمقابل، كلما كانت مادة الإلصاق أكثر امتصاصاً لشعاع الليزر، كانت أقل نفوذية له باتجاه سطح السن، حيث تتبدد طاقة الليزر ضمن مادة الإلصاق، مما يطيل من زمن فك الارتباط، وهذا ما لوحظ في مجموعة الكومبوزيت السيال، بمتوسط زمن فك الارتباط (4.22 ثانية) ونوع فشل الارتباط بين السطح الداخلي للقرص الخزفي ومادة الإلصاق (النوع الأول) بنسبة (60%).

اتفقت نتائج هذه الدراسة مع ما أشار إليه Morford وزملاؤه إلى أن زيادة النفوذية الطيفية للإسمنت الراتنجي تزيد من قدرة شعاع الليزر على الاختراق نحو العمق بشكل أسرع، مؤدية إلى فك ارتباط أسرع عند سطح السن (النوع الثاني)، بينما نقص النفوذية الطيفية يؤدي إلى تراكم حراري موضعي ضمن المادة اللاصقة نفسها، مما يسبب فشل في الارتباط عند السطح الداخلي للوجه الخزفي (النوع الأول) مستغرقاً زمن أطول. (Morford et al., 2011)

الباب الخامس:

الاستنتاجات

الاستنتاجات:

1_ أظهر الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب زمنياً أقل لفك ارتباط الأقراص الخزفية مقارنةً بالكومبوزيت السيال

عند استخدام ليزر Er:YAG، وبالتالي:

يعد استخدام الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب في إلصاق الوجوه الخزفية خياراً أفضل عند الحاجة لفك ارتباط هذه الوجوه باستخدام الليزر، كونه يقلل من مدة التعرض لليزري، مما يحقق إزالة أسرع وأكثر سهولة في إجراء العمل. بينما يظهر استخدام الكومبوزيت السيال في إلصاق الوجوه الخزفية مقاومة أعلى لفك ارتباط هذه الوجوه باستخدام الليزر.

2_ أظهر الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب نفوذية عالية لشعاع الليزر باتجاه الطبقات الأعمق، وصولاً لسطح السن، محدثاً فكاً للارتباط عندها، مما يجعله أكثر فعالية في نقل الطاقة الليزرية ضمن طبقات الإسمنت السميكة. بالمقابل، تميّز الكومبوزيت السيال بامتصاصه الكبير لشعاع الليزر، حائلاً دون وصول الطاقة الليزرية لطبقات عميقة، وبالتالي يعتبر أكثر أماناً للنسج السنية من التغيرات البنيوية والحرارية.

3_ إنّ النفوذية العالية لشعاع الليزر عبر طبقة الإسمنت أدت لنمط فشل التصاق بين مادة الإلصاق وسطح السن (النوع الثاني)، ترافقت مع زمن فك ارتباط أقل، وهذا ما تميّز به الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب، بينما الامتصاصية العالية لشعاع الليزر ضمن طبقة الإسمنت أدت لنمط فشل التصاق بين السطح الداخلي للقرص الخزفي ومادة الإلصاق (النوع الأول)، ترافقت مع زمن فك ارتباط أطول، وهذا ما تميّز به الكومبوزيت السيال.

4_ تؤثر نوع مادة الإلصاق في كفاءة إزالة الوجوه الخزفية، باستخدام ليزر Er:YAG، دون إحداث ضرر في

البنية الخزفية والسطوح السنية، مما يتيح الفرصة لإعادة إلصاقها.

الباب السادس:

التوصيات والمقترحات

التوصيات:

وفق محدودية هذا البحث نوصي بما يلي:

1_ استخدام الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب في إلصاق الوجوه الخزفية المصنعة من الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم في الحالات التي قد تتطلب إزالتها أثناء عملية الإلصاق نتيجة للتوضع الخاطئ أو انطباق غير مناسب، كونه يؤثر بشكل مباشر في سرعة فك ارتباط الوجوه الخزفية عن السطوح السنية، عند استخدام ليزر Er:YAG.

2_ استخدام الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب في إلصاق الوجوه الخزفية في الحالات التي تتطلب سماكات كبيرة لمادة الإلصاق قد تستدعي إزالتها لاحقاً، نظراً لنفوذيتها العالية لشعاع الليزر أثناء فك ارتباط الوجوه الخزفية باستخدام ليزر Er:YAG.

3_ استخدام الكومبوزيت السيال بشكل محدود في إلصاق الوجوه الخزفية المصنعة من الخزف الزجاجي المقوى ببلورات ثنائي سيليكات الليثيوم، خاصة في الحالات التي تترافق مع تغيرات بنيوية وحرارية قد تستدعي إزالتها مستقبلاً، وذلك لامتناسيته العالية لشعاع الليزر أثناء فك ارتباط الوجوه الخزفية باستخدام ليزر Er:YAG.

المقترحات:

1_ إجراء دراسة مخبرية لمقارنة تأثير شعاع ليزر Er:YAG على كلٍ من الإسمنت الراتنجي ضوئي التصلب والإسمنت الراتنجي ثنائي التصلب في فك ارتباط الوجوه الخزفية IPS e.max.

2_ إجراء دراسة مخبرية لتحديد المعايير الأمثل للمعاملات الليزرية من طاقة وتردد ونسبة التبريد عند استخدام ليزر Er:YAG لفك ارتباط الوجوه الخزفية تبعاً لمادة الإلصاق المستخدمة.

3_ إجراء دراسة سريرية لتقييم التغيرات في درجة حرارة اللب السني أثناء تطبيق الليزر لإزالة الوجوه الخزفية باختلاف مادة الإلصاق المستخدمة.

الباب السابع:

المراجع

1. ALBERS, H. F. 2002. *Tooth-colored restoratives: principles and techniques*, PMPH-USA.
2. ALJAZAIRY, Y. H. 2021. Survival rates for porcelain laminate veneers: a systematic review. *European journal of dentistry*, 15, 360-368.
3. AMENABAR, I., POLY, S., NUANSING, W., HUBRICH, E. H., GOVYADINOV, A. A., HUTH, F., KRUTOKHVESTOV, R., ZHANG, L., KNEZ, M. & HEBERLE, J. 2013. Structural analysis and mapping of individual protein complexes by infrared nanospectroscopy. *Nature communications*, 4, 2890.
4. ANUSAVICE, K. 2003. Informatics systems to assess and apply clinical research on dental restorative materials. *Advances in dental research*, 17, 43-48.
5. BAJRAKTOVA-VALJAKOVA, E., GROZDANOV, A., GUGUVCEVSKI, L., KORUNOSKA-STEVKOVSKA, V., KAPUSEVSKA, B., GIGOVSKI, N., MIJOSKA, A & BAJRAKTOVA-MISEVSKA, C. 2018a. Acid etching as surface treatment method for luting of glass-ceramic restorations, part 1: acids, application protocol and etching effectiveness. *Open access Macedonian journal of medical sciences*, 6, 568.
6. BAJRAKTOVA-VALJAKOVA, E., KORUNOSKA-STEVKOVSKA, V., KAPUSEVSKA, B., GIGOVSKI, N., BAJRAKTOVA-MISEVSKA, C. & GROZDANOV, A. 2018b. Contemporary dental ceramic materials, a review: chemical composition, physical and mechanical properties, indications for use. *Open access Macedonian journal of medical sciences*, 6, 1742.
7. BAROUDI, K. & RODRIGUES, J. C. 2015. Flowable resin composites: a systematic review and clinical considerations. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 9, ZE18.
8. BARSZCZEWSKA-RYBAREK, I. M. 2009. Structure–property relationships in dimethacrylate networks based on Bis-GMA, UDMA and TEGDMA. *Dental Materials*, 25, 1082-1089.
9. BLATZ, M. B., SADAN, A. & KERN, M. 2003. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *The Journal of prosthetic dentistry*, 89, 268-274.
10. BORDINA, G. E., LOPINA, N. P., PARSHIN, G. S., ANDREEV, A. A. & NEKRASOV, I. A. 2022. Mechanism of light polymerization of composites. *Russian Journal of Dentistry*, 26, 163-170.
11. BRUZI, G., CARVALHO, A. O., GIANNINI, M., MAIA, H. P & MAGNE, P. 2018. Bonding of CAD/CAM lithium disilicate restorations with regular and flowable composite resin with and without wetting resin. *Applied Adhesion Science*, 6, 10.
12. BURGESS, J. O., GHUMAN, T., CAKIR, D. & SWIFT, J., EDWARD J 2010. Self-adhesive resin cements. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 22, 412-419.
13. BUU, N., MORFORD, C., FINZEN, F., SHARMA, A. & RECHMANN, P. Er: YAG laser debonding of porcelain veneers. *Lasers in Dentistry XVI*, 2010. SPIE, 49-56.
14. CALAMITA, M. A., COACHMAN, C & MORIMOTO, C. 2013. Influence of enamel preservation on failure rates of porcelain laminate veneers. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 33, 31-39.
15. COLUZZI, D. J. 2004. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dental Clinics*, 48, 751-770.
16. CONVISSAR, R. 2016. Laser Fundamentals. *Principles and Practice of laser dentistry* 2e.
17. ÇÖTERTA, H. S., DUNDARB, M. & ÖZTURKA, B. 2009. The effect of various preparation designs on the survival of porcelain laminate veneers. *margin*, 26, 38

18. DE GODOY FRÓES-SALGADO, N. R., GAJEWSKI, V., ORNAGHI, B. P., PFEIFER, C. S. C., MEIER, M. M., XAVIER, T. A. & BRAGA, R. R. 2015. Influence of the base and diluent monomer on network characteristics and mechanical properties of neat resin and composite materials. *Odontology*, 103, 160-168.
19. DIACI, J. & GASPIRC, B. 2012. Comparison of Er: YAG and Er, Cr: YSGG lasers used in dentistry. *J laser health Acad*, 1, 1-13.
20. DUNNE, S. & MILLAR, B. 1993. A longitudinal study of the clinical performance of porcelain veneers. *British dental journal*, 175, 317-321.
21. EL-DAMANHOURY, H. M., SALMAN, B., KHEDER, W. & BENZINA, D. 2022. Er: YAG laser debonding of lithium disilicate laminate veneers: Effect of laser power settings and veneer thickness on the debonding time and pulpal temperature. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 13, e57.
22. ELFAKHRI, F., ALKAHTANI, R., LI, C. & KHALIQ, J. 2022. Influence of filler characteristics on the performance of dental composites: A comprehensive review. *Ceramics International*, 48, 27280-27294.
23. ESPÍNDOLA-CASTRO, L. F., DE BRITO, O. F. F., ARAÚJO, L. G. A., SANTOS, I. L. A. & MONTEIRO, G. Q. D. M. 2020. In vitro evaluation of physical and mechanical properties of light-curing resin cement: a comparative study. *European journal of dentistry*, 14, 152-156.
24. FELDON, P. J., MURRAY, P. E., BURCH, J. G., MEISTER, M. & FREEDMAN, M. A. 2010. Diode laser debonding of ceramic brackets. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 138, 458-462.
25. FERRACANE, J. L. 2011. Resin composite—State of the art. *Dental materials*, 27, 29-38.
26. FONZI, L., GARBEROGLIO, R. & ZEROSI, C. 1991. *Anatomia microscopica del dente e del parodonto. Con correlazioni clinico-funzionali. Testo-atlante*, Piccin.
27. FRIEDMAN, M. 1998. A 15-year review of porcelain veneer failure--a clinician's observations. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, 19, 625-8, 630, 632 passim; quiz 638.
28. FU, L., ENGQVIST, H. & XIA, W. 2020. Glass–ceramics in dentistry: A review. *Materials*, 13, 1049.
29. GAUTAM, C., JOYNER, J., GAUTAM, A., RAO, J. & VAJTAI, R. 2016. Zirconia based dental ceramics: structure, mechanical properties, biocompatibility and applications. *Dalton transactions*, 45, 19194-19215.
30. GEŠTAKOVSKI, D. 2021. The injectable composite resin technique: biocopy of a natural tooth-advantages of digital planning. *Int J Esthet Dent*, 16, 280-99.
31. GOLDMAN, L., GRAY, J. A., GOLDMAN, J., GOLDMAN, B. & MEYER, R. 1965. Effect of laser beam impacts on teeth. *The Journal of the American Dental Association*, 70, 601-606.
32. GONCALVES, F., KAWANO, Y., PFEIFER, C., STANSBURY, J. W. & BRAGA, R. R. 2009. Influence of BisGMA, TEGDMA, and BisEMA contents on viscosity, conversion, and flexural strength of experimental resins and composites. *European journal of oral sciences*, 117, 442-446.
33. GOONAWARDHANA, D. 2017. IPS e. max. *EC Dent Sci*, 9, 106-123.
34. GOZNELI, R., SENDURUR, T. & SILAHTAR, E. 2023. A preliminary study in Er: YAG laser debonding of lithium disilicate crowns: Laser power setting vs crown thickness. *International Journal of Medical Sciences*, 20, 1212.

35. GRIFFITHS, P. R. 2007. JA De Haseth Fourier transform infrared spectrometry. *Chemical Analysis*, 83.
36. GUREL, G. 2007. Porcelain laminate veneers: minimal tooth preparation by design. *Dental Clinics of North America*, 51, 419-431.
37. GUREL, G , MORIMOTO, S., CALAMITA, M. A., COACHMAN, C. & SESMA, N. 2012. Clinical performance of porcelain laminate veneers: outcomes of the aesthetic pre-evaluative temporary (APT) technique. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 32.
38. HEBOYAN, A., VARDANYAN, A., KAROBARI, M. I., MARYA, A., AVAGYAN, T., TEBYANIYAN, H., MUSTAFA, M., ROKAYA, D. & AVETISYAN, A. 2023. Dental luting cements: an updated comprehensive review. *Molecules*, 28, 1619.
39. HELVEY, G. A. 2013. Classification of dental ceramics. *Inside Dent*, 13, 62-76.
40. HERVÁS GARCÍA, A., LOZANO, M., CABANES VILA, J., BARJAU ESCRIBANO, A. & FOS GALVE, P. 2006. Composite resins: a review of the materials and clinical indications.
41. HOLAND, W., BEALL, G. & SOCIETY, A. C. 2019. Microstructure control. *Glass ceramic technology*, 214-216.
42. HU, J., GE, Z. & WANG, K. 2014. Influence of cement fineness and water-to-cement ratio on mortar early-age heat of hydration and set times. *Construction and building materials*, 50, 657-663.
43. ISERI, U., OZTOPRAK, M. O , OZKURT, Z., KAZAZOGLU, E. & ARUN, T. 2014. Effect of Er: YAG laser on debonding strength of laminate veneers. *European journal of dentistry*, 8, 058-062.
44. JALALI, H., BAHRANI, Z. & ZEIGHAMI, S. 2016. Effect of repeated firings on microtensile bond strength of bi-layered lithium disilicate ceramics (e. max CAD and e. max Press). *The journal of contemporary dental practice*, 17, 530-535
45. KALLALA, R., DALY, M. S., GASSARA, Y., DAKHLI, R., TOUZI, S., HADYAOUI, D., NOUIRA, Z., HARZALLAH, B. & CHERIF, M. 2021. Rationalizing indication of ceramic veneers: a systematic review. *EAS Journal of Dentistry and Oral Medicine*, 3, 51-58.
46. KANG, H., OH, J. & WELCH, A. 2008. Investigations on laser hard tissue ablation under various environments. *Physics in Medicine & Biology*, 53, 3381.
47. KELLER, U. & HIBST, R. 1989. Experimental studies of the application of the Er: YAG laser on dental hard substances: II. Light microscopic and SEM investigations. *Lasers in surgery and medicine*, 9, 345-351
48. KERBY, R. E., KNOBLOCH, L. A., SCHRICKER, S. & GREGG, B. 2009. Synthesis and evaluation of modified urethane dimethacrylate resins with reduced water sorption and solubility. *Dental Materials*, 25, 302-313.
49. KIM, Y. K., CHUN, J.-N., KWON, P. C., KIM, K.-H. & KWON, T.-Y. 2013. Polymerization kinetics of dual-curing adhesive systems when used solely or in conjunction with chemically-cured resin cement. *Journal of Adhesive Dentistry*, 15.
50. KOWALSKA, A., SOKOLOWSKI, J. & BOCIONG, K. 2021. The photoinitiators used in resin based dental composite—A review and future perspectives. *Polymers*, 13, 470.
51. LANZA, M. D. S., VASCONCELLOS, W. A., MIRANDA, G. L. P. D., PEIXOTO, R. T. R. D. C. & LANZA, L. D. 2020. Different bonding agents effect on adhesive bond strength: lithium disilicate glass ceramic. *Revista de Odontologia da UNESP*, 49, e20200020.
52. LAUFER, G. 1996. *Introduction to optics and lasers in engineering*, Cambridge University Press.

53. LAWSON, N. C., JANYAVULA, S., SYKLAWER, S., MCLAREN, E. A. & BURGESS, J. O. 2014. Wear of enamel opposing zirconia and lithium disilicate after adjustment, polishing and glazing. *Journal of dentistry*, 42, 1586-1591.
54. LAYTON, D. M., CLARKE, M. & WALTON, T. R. 2012. A systematic review and meta-analysis of the survival of feldspathic porcelain veneers over 5 and 10 years. *International Journal of Prosthodontics*, 25.
55. LEGGAT, P. A., SMITH, D. R. & KEDJARUNE, U. 2009. Surgical applications of methyl methacrylate: a review of toxicity. *Archives of environmental & occupational health*, 64, 207-212.
56. LI, R. W. K., CHOW, T. W. & MATINLINNA, J. P. 2014. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *Journal of prosthodontic research*, 58, 208-216.
57. LIN, S., LIU, Q., PENG, Q., LIN, M., ZHAN, Z. & ZHANG, X. 2010. The ablation threshold of Er: YAG laser and Er, Cr :YSGG laser in dental dentin. *Sci Res Essays*, 5, 2128-35.
58. LIU, J., ZHANG, H., SUN, H., LIU, Y., LIU, W., SU, B. & LI, S. 2021. The development of filler morphology in dental resin composites: A review. *Materials*, 14, 5612.
59. LOGUERCIO, A. D., MALAQUIAS, P., DOS SANTOS, F. P., HASS, V., STANISLAWCZUK, R., LIMA, S. N. L., BANDECA, M. C. & REIS, A. 2017. Acid etching with modified phosphoric acid to increase the longevity of the bonded interface. *J Adhes Dent*, 19, 195-201.
60. LUCA, R. E., GIUMANCĂ-BOROZAN, A., HULKA, I., MUNTEANU, I.-R., TODEA, C. D. & MIRON, M. I. 2025. Er: YAG Laser Applications for Debonding Different Ceramic Restorations: An In Vitro Study. *Medicina*, 61, 1189.
61. LUNG, C. Y. K. & MATINLINNA, J. P. 2012. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dental materials*, 28, 467-477.
62. MADFA, A. A., AL-SANABANI, F. A., AL-QUDAMI, N. H., AL-SANABANI, J. S. & AMRAN, A. G. 2014. Use of zirconia in dentistry: An overview. *The Open Biomaterials Journal*, 5, 1-9.
63. MAGNE, P. & DOUGLAS, W. H. 1999. Porcelain veneers: dentin bonding optimization and biomimetic recovery of the crown. *International Journal of Prosthodontics*, 12.
64. MAIMAN, T. H. 1960. Stimulated optical radiation in ruby. *nature*, 187, 493-494.
65. MAK, Y.-F., LAI, S. C., CHEUNG, G. S., CHAN, A. W., TAY, F. R. & PASHLEY, D. H. 2002. Micro-tensile bond testing of resin cements to dentin and an indirect resin composite. *Dental Materials*, 18, 609-621.
66. MANAPPALLIL, J. J. 2015. *Basic dental materials*, JP Medical Ltd.
67. MARAVIĆ, T., MAZZITELLI, C., MANCUSO, E., DEL BIANCO, F., JOSIĆ, U., CADENARO, M., BRESCHI, L. & MAZZONI, A. 2023. Resin composite cements: Current status and a novel classification proposal. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 35, 1085-1097.
68. MARTHA, K., OGODESCU, A., ZETU, I., OGODESCU, E., GYERGYAY, R. & PACURAR, M. 2013. Comparative in vitro Study of the Tensile Bond Strength of Three Orthodontic Bonding Materials. *Mater. Plast*, 50.
69. MASOURAS, K., SILIKAS, N. & WATTS, D. C. 2008. Correlation of filler content and elastic properties of resin-composites. *Dental Materials*, 24, 932-939.
70. MISHRA, M. B. & MISHRA, S. 2011. Lasers and its clinical applications in dentistry. *International journal of dental clinics*, 3, 35-39.

71. MORFORD, C. K., BUU, N. C., RECHMANN, B. M., FINZEN, F. C., SHARMA, A. B. & RECHMANN, P. 2011. Er: YAG laser debonding of porcelain veneers. *Lasers in surgery and medicine*, 43, 965-974.
72. MYERS, T., MYERS, W. & STONE, R. 1989. First soft tissue study utilizing a pulsed Nd: YAG dental laser. *Northwest dentistry*, 68, 14-17.
73. OLIVI, G., MARGOLIS, F. S. & GENOVESE, M. D. 2011. Pediatric laser dentistry: a user's guide. (No Title).
74. OLIVI, G. & OLIVI, M. 2015a. Lasers in Restorative Dentistry. .: Springer.
75. OLIVI, M. & OLIVI, G. 2015b. Physics of Laser. *Lasers in Restorative Dentistry: A Practical Guide*. Springer.
76. OZTOPRAK, M. O., NALBANTGIL, D., ERDEM, A. S., TOZLU, M. & ARUN, T. 2010. Debonding of ceramic brackets by a new scanning laser method. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 138, 195-200.
77. OZTOPRAK, M. O., TOZLU, M., ISERI, U., ULKUR, F. & ARUN, T. 2012. Effects of different application durations of scanning laser method on debonding strength of laminate veneers. *Lasers in medical science*, 27, 713-716.
78. PAN, Y., ZHANG, M., ZHANG, J., ZHU, X., BIAN, H. & WANG, C. 2020. Effect of silane coupling agent on modification of areca fiber/natural latex. *Materials*, 13, 4896.
79. PERHAVEC, T., LUKAC, M., DIACI, J. & MARINCEK, M. 2009. Heat Deposition of Erbium Lasers in Hard Dental Tissues. *Journal of Oral Laser Applications*, 9.
80. PINI, N. P., AGUIAR, F. H. B., LIMA, D. A. N. L., LOVADINO, J. R., TERADA, R. S. S. & PASCOTTO, R. C. 2012. Advances in dental veneers: materials, applications, and techniques. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*, 9-16.
81. RASETTO, F. H., DRISCOLL, C. F. & VON FRAUNHOFER, J. A. 2001. Effect of light source and time on the polymerization of resin cement through ceramic veneers. *Journal of Prosthodontics*, 10, 133-139.
82. RECHMANN, P., BUU, N. C., RECHMANN, B. M. & FINZEN, F. C. 2014. Laser all-ceramic crown removal—a laboratory proof-of-principle study—Phase 2 crown debonding time. *Lasers in surgery and medicine*, 46, 636-643.
83. ROULET, J., SÖDERHOLM, K. & LONGMATE, J. 1995. Effects of treatment and storage conditions on ceramic/composite bond strength. *Journal of Dental Research*, 74, 381-387.
84. SARP, A. S. K. & GULSOY, M. 2011. Ceramic bracket debonding with ytterbium fiber laser. *Lasers in medical science*, 26, 577-584.
85. SCHRICKER, S. 2017. Composite resin polymerization and relevant parameters. *Orthodontic Applications of Biomaterials*, 153-170.
86. SELTING, W. J. 2010. Fundamental erbium laser concepts: part ii. *J Laser Dent*, 18, 116-22.
87. SHAALAN, O. O., ABOU-AUF, E. & EL ZOGHBY, A. F. 2017. Clinical evaluation of flowable resin composite versus conventional resin composite in carious and noncarious lesions: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 20, 380-385.
88. SILVEIRA, R. C., CRUZ, L. O., MARCONDES, C., RODRIGUES, D., CAROLYNA, D. & FREITAS, R. D. 2020. Influence of types of designs of dental structure preparations for a esthetic treatments with ceramic laminates—literature review. *Int J Recent Scic Res*, 11, 37901-10.
89. SKOOG, D. A., HOLLER, F. J. & CROUCH, S. R. 2007. *Instrumental analysis*, Brooks/Cole, Cengage Learning Belmont.

90. SÖDERHOLM, K.-J. & MARIOTTI, A. 1999. BIS-GMA-based resins in dentistry: are they safe? *The Journal of the American Dental Association*, 130, 201-209.
91. STAPPERT, C. F., ATT, W., GERDS, T & STRUB, J. R. 2006. Fracture resistance of different partial-coverage ceramic molar restorations: An in vitro investigation. *The Journal of the American Dental Association*, 137, 514-522.
92. STERN, R. H., SOGNINAE, R. F. & GOODMAN, F. 1966. Laser effect on in vitro enamel permeability and solubility. *The Journal of the American Dental Association*, 73, 838-843.
93. SULIMAN, S., SULAIMAN, T., DEEB, J. G., ABDULMAJEED, A., ABDULMAJEED, A. & NÄRHI, T. 2024. Effect of Er: YAG laser on debonding zirconia and lithium disilicate crowns bonded with 2-and 1-bottle adhesive resin cements. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 36, 1687-1692.
94. SÜMER, E. & DEĞER, Y. 2011. Contemporary permanent luting agents used in dentistry: A literature review. *International Dental Research*, 1, 26-31.
95. SUNICO-SEGARRA, M. & SEGARRA, A. 2015. A practical clinical guide to resin cements. Springer.
96. TOCCHIO, R. M., WILLIAMS, P. T., MAYER, F. J. & STANDING, K. G. 1993. Laser debonding of ceramic orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 103, 155-162.
97. UWALAKA, C. O., KARPUKHINA, N., CAO, X., BISSASU, S., WILSON, R. M. & CATTELL, M. J. 2018. Effect of sandblasting, etching and resin bonding on the flexural strength/bonding of novel glass-ceramics. *Dental materials*, 34, 1566-1577.
98. VALLO, C. I. & SCHROEDER, W. F. 2005. Properties of acrylic bone cements formulated with Bis-GMA. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 74, 676-685.
99. VENANCIO, G. N., JÚNIOR, R. R. G. & DIAS, S. T. 2014. Conservative esthetic solution with ceramic laminates: literature review. *RSBO Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, 11, 185-191.
100. WINGO, K. 2018. A review of dental cements. *Journal of veterinary dentistry*, 35, 18-27.
101. YOUSIEF, S. A., GALAL, R. M., ALSHARIEF, H. M. A., ALHARBI, T. T. R., ALZHRANI, K. A. A., MIGAISHET, H. T. A., ALSHEHRI, A. A. A., NOURULDEEN, A. I. A., SAIT, G. A. S. & JAYAR, Y. 2023. Comparison of two types of preparation for laminate veneer with three types of all-ceramic materials. *European journal of dentistry*, 17, 120-126.
102. ZARONE, F., RUSSO, S & SORRENTINO, R. 2011. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: clinical and experimental considerations. *Dental materials*, 27, 83-96.
103. ZHANG, H., HE, Z., ZHANG, Y., JING, W., WANG, B. & YANG, J. 2015. Lithium disilicate glass-ceramics by heat treatment of lithium metasilicate glass-ceramics obtained by hot pressing. *Journal of the American Ceramic Society*, 98, 3659-3662.
104. ZHANG, Y., ROCCA, J.-P., FORNAINI, C., ZHEN, Y., ZHAO, Z. & MERIGO, E. 2018. Erbium-Doped, Yttrium-Aluminum-Garnet Laser Debonding of Porcelain Laminate Veneers: An: Ex vivo: Study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 9, 570-573.
105. باستخدام طريقتي التماس وعدم التماس في فك Er: Y حمادة, ع. & البلخي, م. 2017. فعالية تطبيق ليزر Latakia University Journal-Medical Sciences Series, 39.

