



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم مداواة الأسنان

دراسة مقارنة للتأثير طويل الأمد لجزيئات أكسيد الزنك
النانونمترى على ديمومة قوى الارتباط مع العاج

**A comparative study of the Long- term effect of
ZnO nanoparticles on the durability of dentin
bond strength**

بحث علمي أعد لنيل درجة الماجستير في علوم طب الأسنان

إعداد الباحثة :

سميحة شامية

المشرف

المشرف المشارك :

الأستاذ الدكتورة

الأستاذ المساعد الدكتور :

علا ياسين

مهلب الداود

قسم مداواة الأسنان

كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية

جامعة دمشق

جامعة دمشق

2018 ميلادي – 1440 هجري

قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا رقم /١٠٣٧/ المتخذ

بالمجلس رقم /٦/ تاريخ ٢٠١٨/١١/٢٦

اطلع مجلس البحث العلمي والدراسات العليا على قرار مجلس كلية طب الأسنان رقم /١٢٧/

تاريخ ٢٠١٨/١١/٦

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

قرار مجلس جامعة دمشق رقم /٢٥٠٤/ ص.م تاريخ ٢٠١٧/٧/٩ بشأن الموافقة على تسجيل رسالة

الطالبة

وبنتيجة المذاكرة قرر مجلس البحث العلمي والدراسات العليا :

الموافقة على تأليف لجنة الحكم على رسالة الماجستير في قسم مداواة الأسنان التي أعدها الطالبة سميحة

شامية بعنوان : ((دراسة مقارنة للتأثير طويل الأمد لجزيئات أوكسيد الزنك النانومتري على ديمومة

قوى الارتباط مع العاج)) بكلية طب الأسنان من السادة الأساتذة :

د. علا ياسين الأستاذ في قسم مداواة الأسنان كلية طب الأسنان

جامعة دمشق الاختصاص : مداواة الأسنان عضواً مشرفاً

د. إياد سويد الأستاذ المساعد في قسم تعويضات الأسنان الثابتة كلية طب الأسنان

جامعة دمشق الاختصاص : تعويضات الأسنان الثابتة عضواً

د. حسان عاشور الأستاذ المساعد في قسم مداواة الأسنان كلية طب الأسنان

جامعة دمشق الاختصاص : مداواة الأسنان عضواً

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

ملاحظة:يرجى إرسال نسخة عن الإعلان الخاص بتحديد موعد المناقشة فور صدوره إلى مكتب

نائب رئيس الجامعة لشؤون البحث العلمي والدراسات العليا.

تصريح

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

الإهداء

إلى الحُضن الدافئ الذي احتضني و احتضن فلذات كبدي حتى حققت هدي في
إلى من أثار رضاها حياتي و ذلل دعاؤها صعاب دربي
إلى من جنّتي تحت قدميها

أمي الحبيبة

إلى من بذل الجهد و لم يبخل
و ضحى و لم يتوانى
و أعطى و لم ينتظر
إلى عماد أسرتنا و تاج رؤوسنا

أبي الغالي

إلى روح سكنت روحي
و نجمة لوّنت أيامي
إلى شريك حياتي و نبض فؤادي

زوجي المهندس محمد زيتون

إلى أجمل عطايا ربي
من براءة نظراتهما لونا أيامي
و دفعاني لأكمل المشوار

ولدي ياسين و أويس

إلى من شاركوني ذكرياتي الجميلة
رياحين روحي و سر سعادتي

إخوتي الأحباء:

المهندسة : نرمين.. المهندس: محمود .. الغالية: رؤى

إلى من أدخلاني بيتها كابنة لهما
و أفاض علي من صادق محبتها

والدا زوجي

إلى الأم التي لم تلدني
قدوتي في حياتي
و دليلي إذا ضللت الطريق

المربية الفاضلة ندى طعمة

إلى نبع الحنان و الحكمة
مؤنستي إذا أظلمت أيامي
و سندي إذا خارت قواي

المربية الفاضلة ميسون ببيلي

إلى منحة الله التي أكرمني بها
من أعتز حقاً بمعرفتها
وأدعو الله لها بالتوفيق والخير و الفلاح

الغالية صديقتي شفاء مسوتي

إلى رفيقات الدرب
عوني في محنتي و سندي بعد الله

صديقتي : سميرة .. آلاء .. ربي .. رنا

كلمة الشكر

على أعتاب هذه المرحلة الجديدة من العمر لا يسعنا إلا أن نقف و ننظر إلى الماضي القريب و نتوجه بالشكر و العرفان إلى ينابيع العلم و المعرفة أساتذتنا الكرام و أخص بالشكر :

الأستاذة الدكتورة علا ياسين : أستاذة في قسم مداواة الأسنان في جامعة دمشق، لتفضلها بقبولها الإشراف على هذا البحث، ولما قدمته لي من جهد مشكور، و من نصح و إرشادٍ نفعتني في إتمام هذا البحث و إخراجِه بالشكل اللائق و لكونها القدوة العلمية لي و للكثيرين من زملائي.

الأستاذ المساعد الدكتور مهلب الداود : أستاذ في قسم التصميم الميكانيكي في كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية في جامعة دمشق، لما بذله من وقت و جهد بإشرافه على المراحل المخبرية من هذا البحث.

الأستاذ المساعد الدكتور حسان عاشور : أستاذ في قسم مداواة الأسنان في جامعة دمشق، وذلك لتكرمه في المشاركة بتقويم هذا البحث و تصحيح ما أَلَمَ به من نواقص أو أخطاء.

الأستاذ المساعد الدكتور إياد سويد : أستاذ في قسم التعويضات الثابتة في جامعة دمشق، وذلك لتفضلها بالمشاركة في تحكيم هذا البحث و تقييمه.

الأستاذة الدكتورة كندا ليّوس : رئيسة قسم مداواة الأسنان في جامعة دمشق ، لدعمها المستمر لطلبة البحث العلمي.

كما أتقدم بالشكر الجزيل لكلية طب الأسنان في جامعة دمشق ممثلة بالسيد العميد الأستاذ الدكتور محمد سالم ركاب، و نائبيه الأستاذ الدكتور محمد أسامة الجبان الوكيل الإداري و الأستاذة الدكتورة رانيا حداد الوكيل العلمي.

وأوجه شكري لقسم مداواة الأسنان أساتذة و مشرفين و أخص بالشكر المدرّس الدكتور حسام مللي لما أفاضه عليّ من نصح و إرشاد برحابة صدر و كريم خلق، و شكري الجزيل للسيدة وفاء سراقبي سكرتيرة رئيس القسم لدعمها و سعة صدرها فهي الجندي المجهول المنظّم لشؤون القسم الإدارية.

و أخيراً أتوجه بالشكر للآنسة الفاضلة نورظا لتفضلها بالتدقيق اللغوي و النحوي و الإملائي للبحث و تقويم ما لحق به من خطأ.

✓ المقدمة	Introduction	6
✓ الهدف من البحث	Aim of the Study	9
✓ <u>الباب الأول: المراجعة النظرية</u>	Literature Review	11
1-1: الفصل الأول : التركيب النسيجي لمكونات سطح الارتباط		12
The histological composition of the bonding interface structure		
2-1: الفصل الثاني : اهتراء مكونات سطح الارتباط		18
Degradation of the interface components		
3-1: الفصل الثالث : تطور الأنظمة الرابطة		21
Advances in bonding systems		
4-1: الفصل الرابع : تصنيف الأنظمة الرابطة		22
Bonding system classification		
5-1: الفصل الخامس : أثر التخريش العاجي على قوة الارتباط مع العاج		27
Effect of dentin etching on bonding to dentin		
6-1: الفصل السادس : أنزيمات التحلل البروتيني الداخلية المعدنية		28
Matrix Metalloproteinases Enzymes (MMPs)		
7-1: الفصل السابع : أهم التقنيات المتبعة لتحسين قوة الارتباط مع العاج		32
The main techniques used to improve bonding to dentin		

48	 Materials and Methods	الباب الثاني: المواد وطرائق البحث
49	.....	1-2 تصميم الدراسة
49	.....	2-2 عينة البحث
50	.....	3-2 مجموعات الدراسة
51	.....	4-2 المواد و الأجهزة المستخدمة في الدراسة
55	.....	5-2 تحضير العينة و طريقة العمل
59	.....	6-2 مرحلة تطبيق الدورات الحرارية
60	.....	7-2 اختبار قوى القص
64	 Results	الباب الثالث: النتائج
75	 Discussion	الباب الرابع: المناقشة
76	.....	1-4 مناقشة اختيار العينة و طريقة العمل
79	.....	2-4 مناقشة نتائج اختبار قوى القص بعد 24 ساعة من تطبيق المادة الرابطة
81	.....	3-4 مناقشة نتائج اختبار قوى القص بعد 4 أشهر من تطبيق المادة الرابطة
83	 Conclusion	الباب الخامس: الاستنتاجات
85	..Recommendations and Suggestions	الباب السادس: التوصيات والمقترحات
88	 Summary	الباب السابع: الملخصات
89	 Arabic abstract	الملخص باللغة العربية
91	 English abstract	الملخص باللغة الانكليزية
93	 References	الباب الثامن: المراجع

قائمة الجداول :

الرقم	الجدول	الصفحة
1	يبين توزيع عينة البحث وفقاً لطريقة التحضير المتبعة	65
2	يمثل توزيع عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة و طريقة التحضير المتبعة	66
3	يبين المتوسط الحسابي و الانحراف المعياري و الخطأ المعياري و الحد الأدنى و الحد الأعلى لمقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة و طريقة التحضير المتبعة	67
4	يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعة القياسات المُجرّاة بعد يوم واحد ومجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر في عينة البحث، وذلك وفقاً لطريقة التحضير المتبعة.	69
5	يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) في عينة البحث وفقاً لطريقة التحضير المتبعة والفترة الزمنية المدروسة.	71
6	يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعات طريقة التحضير المتبعة في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.	72
7	يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعات طريقة التحضير المتبعة في مجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر من عينة البحث.	73

قائمة المخططات :

الرقم	المخطط	الصفحة
1	يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لطريقة التحضير المتبعة	65
2	يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة و طريقة التحضير المتبعة	66
3	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة و طريقة التحضير المتبعة	68
4	يمثل المتوسط الحسابي لمقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) في عينة البحث وفقاً لطريقة التحضير المتبعة والفترة الزمنية المدروسة.	71

قائمة الأشكال :

الرقم	الشكل	الصفحة
1	سطح عاجي مخرش تحت المجهر الالكتروني يظهر مقطع عرضي في القنيات العاجية و ألياف الكولاجين المكشوفة	13
2	شكل ترسمي يوضح الفرق بين العاج حول القنيوي و العاج بين القنيوي	14
3	شكل ترسمي يوضح البنية ثلاثية الأبعاد لألياف الكولاجين	15
4	شكل ترسمي يوضح المواقع التي تتألف منها جزيئة أنزيمات MMPs	31
5	العينات ضمن كل مجموعة من مجموعات البحث	49
6	حمض الفوسفور 37%	51
7	المادة الرابطة من الجيل الخامس	51
8	المادة المرممة	51
9	مسحوق أوكسيد زنك ذي جزيئات نانومترية	52
10	قبضة توربين من نوع BEING	53
11	قبضة ميكروتور من نوع NSK	53
12	السنابل المستخدمة في البحث	54
13	أداة بلاستيكية لتطبيق الكومبوزيت وفراشي لتطبيق المادة الرابطة	54
14	ماصات عصير بلاستيكية شفافة لتطبيق ترميم الكومبوزيت	54
15	جهاز التصليب الضوئي	54
16	إحدى عينات البحث بعد قطع الجذر و إزالة النسيج المينائي	55
17	إحدى عينات البحث بعد تطبيق الترميم الراتنجي	58
18	حفظ العينات ضمن حاضنة بدرجة حرارة 37°C	58
19	وضع عينات البحث ضمن كيس مثقب قبل تعريضها للدورات الحرارية	59
20	حاضنة الدورات الحرارية المتواجدة في قسم علم الأحياء الدقيقة بجامعة دمشق	60
21	وعاء يحوي ماء متلج لتعريض العينات لدرجة حرارة 5°C	60
22	جهاز TEST 114 لتطبيق قوى القص كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية بجامعة دمشق	61
23	إحدى عينات البحث ضمن طاولة عمل الجهاز مع شفرة تطبيق القوى	62
24	واجهة البرنامج الناظم لعمل الجهاز و الذي يقيس مقدار القوة المطبقة و سرعة تطبيقها	62

المقدمة

Introduction

المقدمة :

إن استخدام الترميمات التجميلية مع الأنظمة الرابطة القادرة على التفاعل مع البنى السنية أحدث ثورة كبيرة في مجال الممارسة السريرية لطب الأسنان حيث أن قدرة هذه الترميمات على الارتباط مع البنى السنية ساعدت كثيراً في التقليل من كمية التحضير وبالتالي المحافظة على النسيج السنية المتبقية بشكل أفضل. (Summitt et al., 2006)

ولكون الترميمات التجميلية معتمدة في نجاحها على نجاح النظام الرابط المستخدم في ربطها مع النسيج السنية فإن هذا الأمر دفع الباحثين لدراسة آليات الارتباط المختلفة والعوامل المؤثرة عليها والتعمق بشكل أكبر في الطرق الممكن اتباعها لجعل هذا الارتباط أقوى وأمتن وأكثر ديمومة، ونجحت العديد من الدراسات في تكوين أساس علمي اعتمدت عليه الشركات المصنعة في تطوير أنظمة ارتباط أكثر كفاءة وديمومة وذات أداء سريري جيد. (Marshall et al., 2010)

ومع ذلك التطور بقي هناك العديد من المشاكل التي تواجه هذه الأنظمة الرابطة وتعيق نجاحها بشكل تام، حيث وجدت الدراسات بأن الارتباط مع النسيج السنية يطرأ عليه الفشل مع الزمن مما يؤدي لحدوث نخور ثانوية وتلون حواف والذي يؤدي في النهاية إلى فشل الترميم والحاجة لاستبداله، وهذا يترتب عليه خسارة المزيد من البنى السنية. (Marshall et al., 2010)

ولقد تم تحديد الأسباب الأكثر شيوعاً لفشل السريري للترميمات التجميلية وكانت أغلب هذه الأسباب هي: فقدان الترميم لثباته الميكانيكي المجهرى على النسيج السنية micromechanical retention والسبب الآخر فشل الانطباق adaptation (Mjor and Gordan, 2002) والذي يسبب لاحقاً العديد من المظاهر غير المرغوبة سريرياً.

كما أبدت كافة أنواع الأنظمة الرابطة دلائل ميكانيكية ووظيفية على حدوث اهتراء في النظام الرابط وذلك خلال ما يقارب 3 أشهر من فترة الدراسة (De Munck et al., 2005)

ولقد تمثل السبب باهتراء الارتباط بأحد أمرين : (Hilton et al., 2013)

- ✓ انحلال المركبات الراتنجية التي يتكون منها النظام الرابط Resin hydrolysis
 - ✓ انحلال ألياف الكولاجين المكشوفة خلال عملية التخرش الحمضي collagenolysis
- وذلك بفعل الأنزيمات الحالة للبروتينات المتواجدة ضمن القالب العضوي للعاج
- ووجدت الدراسات بأن الحلول المثلى لتجنب مشكلة اهتراء الارتباط مع مرور الزمن هي:
- (De Munck et al., 2005)

- 1- استعمال أنظمة رابطة تحتوي على مونوميرات مقاومة للانحلال وتجنب استعمال المونوميرات التي ثبت بأنها ذات انحلالية عالية مثل Phenyl-P.
- 2- حماية ألياف الكولاجين من الاهتراء ضمن الطبقة الهجينة وذلك من خلال (Pashley et al., 2004):

- كشف هذه الألياف بشكل جزئي كما يحدث عند استعمال أنظمة رابطة ذاتية التخرش ضعيفة الحموضة mild-self etch adhesives.
- تعزيز قدرة المواد الرابطة على تثبيط أنزيمات التحلل البروتيني الداخلية المعدنية matrixmetalloprotenases MMPs المتواجدة ضمن القالب العضوي للعاج عن طريق إضافة بعض المواد القادرة على تحقيق هذا الهدف.

ومن أهم هذه المواد مادة الكلوروكسيدين ومادة أوكسيد الزنك ذات الجزيئات النانومترية.

فقد أثبتت الدراسات قدرة الكلوروكسيدين على تثبيط الأنزيمات الحالة للبروتينات المتواجدة ضمن العاج MMPs وبالتالي تعزيزها لفعالية الارتباط مع الزمن (Silva et al., 2015)

ولنفس الهدف تم دراسة مادة أوكسيد الزنك النانومتري وقد أثبتت الأخرى قدرتها على تحسين قوة الارتباط (Toledano et al., 2012)

إلا أنه لم يتم دراسة التأثير طويل الأمد لها، كما لم تتم مقارنة فعاليتها مع فعالية الكلوروكسيدين لتحقيق ديمومة أطول لترميمات الراتنج المركب على المدى البعيد.

الهدف من البحث

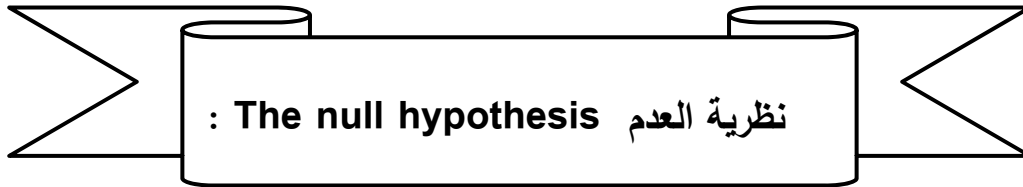
Aims Of Study

تهدف هذه الدراسة المخبرية إلى :

1. دراسة تأثير مادة أكسيد الزنك النانومتري في المحافظة على قوى الارتباط طويلة الأمد نسبياً مع العاج.

2. المقارنة بين التأثير طويل الأمد للكلورهكسيدات وأكسيد الزنك النانومتري في المحافظة على قوى الارتباط طويلة الأمد نسبياً مع العاج.

وذلك من خلال دراسة تأثير هاتين المادتين على قوى الارتباط بإجراء اختبار مقاومة قوى القص Shear Bond Strength.



نفترض بأن أكسيد الزنك النانومتري غير قادر على المحافظة على قوى الارتباط مع العاج على المدى الطويل نسبياً.

وكما نفترض بأنه لا يوجد فرق بين قدرة الكلورهكسيدات وأكسيد الزنك النانومتري على تثبيط فعالية أنزيمات التحلل البروتيني الداخلية المعدنية Matrix metalloproteinases MMPs المسؤولة عن اهتراء ألياف الكولاجين ضمن الطبقة الهجينة.

الباب الأول
المراجعة النظرية

Literature review

1-1: الفصل الأول: التركيب النسيجي لمكونات سطح الارتباط

The histological composition of the bonding interface structure

➤ تركيب العاج السني Dentin composition: (Nanci, 2014)

يعد العاج من الأنسجة الصلبة للسن وهو الذي يشكل كتلة السن بشكل عام.

ويتألف العاج نسيجياً من نسيج مشابه للنسيج العظمي ولكنه يتميز بوجود القنوات عاجية dentinal tubules التي تخترق كامل ثخانة العاج وتحتوي على استطالات هيولية للخلايا المصورة للعاج odontoblasts والمتوضعة على طول الملتقى العاجي اللبي، ويقابل هذه الخلايا طبقة من طليعة العاج predentin.

تتكون طليعة العاج من نسيج عاجي غير متمعدن أي أنها تحتوي على مواد عضوية فقط وتتراوح ثخانتها بين 10 - 50 ميكرون.

يلي هذه الطبقة العاج الأولي الناضج والذي يتألف وزناً من 70% من مكونات غير عضوية، و20% مكونات عضوية، و10% ماء.

يشكل الهيدروكسي أباتيت المكون الأساسي من المكونات غير العضوية، بينما تكون الشبكة العضوية مؤلفة من ألياف الكولاجين بنسبة 90% (كولاجين نمط أول type I بشكل أساسي مع كميات قليلة من الكولاجين نمط ثالث III وخامس V) و10% بروتينات غير كولاجينية تملأ المسافات ما بين ألياف الكولاجين وهي بشكل عام بروتينات سكرية مثل dentin matrix protein-1 (DMP1)، osteopontin (OPN)، sialoprotein (DSP)، dentin dentin phosphoprotein (DPP)..... وغيرها.

ولا بد من الذكر بأن هذا المحتوى العضوي الذي يتمتع به العاج إضافة لوجود الماء فيه بنسبة أكبر من الميناء أعطى العاج مرونة ملحوظة مقارنة مع النسيج المينائي الهش والقصف.

حيث يمتلك العاج مقاومة للشد Tensile strength تصل حتى 40 mpa

ومقاومة للضغط compressive strength تصل حتى 266 mpa

(Hilton et al., 2013)

ويتركب العاج بالفحص النسيجي تحت المجهر الالكتروني من ثلاث معالم أساسية :

العاج بين القنوي Intertubuler dentin

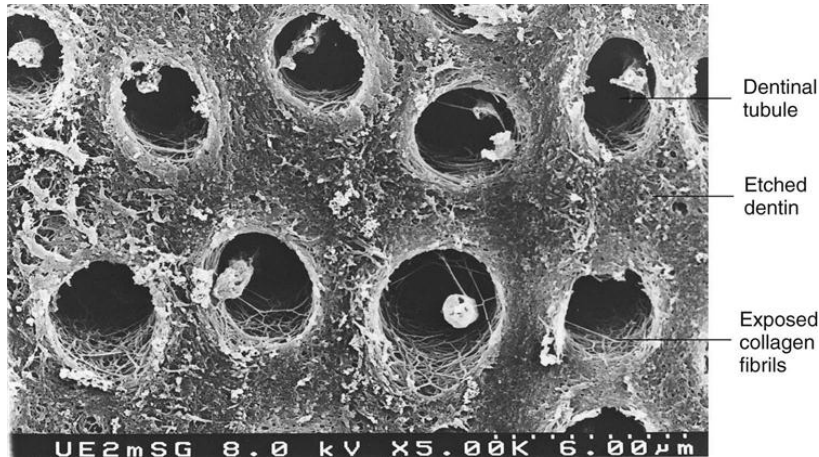
العاج حول القنوي peritubular dentin

القنوات العاجية Dentinal tubules

• القنوات العاجية dentinal tubules :

تتشكل هذه القنوات من قبل الخلايا المصورة للعاج وتمتد من الملتقى المينائي العاجي وحتى الملتقى اللبي العاجي مشكلة شبكة لمرور التغذية عبر النسيج العاجي وتأخذ شكل حرف S – shape خلال مسيرها ضمن العاج التاجي أما في العاج الجذري فإنها تتخذ مساراً مستقيماً.

ويبلغ قطر القنية العاجية حوالي 2.5 ميكرون بالقرب من اللب ، و 1.2 ميكرون في الجزء المتوسط من العاج و 900 نانومتر عند الملتقى المينائي العاجي الشكل(1).



الشكل(1): سطح عاجي مخرّش تحت المجهر الالكتروني يظهر مقطع عرضي ضمن

القنوات العاجية وألياف الكولاجين المكشوفة.(Nanci, 2012)

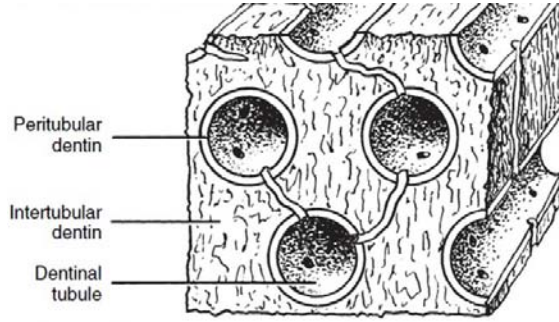
- العاج حول القنيوي peritubuler dentin :

هو عاج شديد التمدن حيث أنه يحوي أملاح معدنية أكثر ب 40% من العاج بين القنيوي ويكوّن جدران القنيات العاجية ، وتصل ثخانته حتى 1 ميكرون.

تسكن الاستطالات الهيولية للخلايا المصورة للعاج ضمنه وتكون محاطة بسائل قادم من النسيج اللبي نتيجة ضغط خفيف ثابت ناتج عن اللب.

- العاج بين القنيوي intertubuler dentin :

هو العاج المتوضع بين القنيات العاجية ويتألف من شبكة من ألياف الكولاجين نمط أول تتراوح أقطارها بين 50 – 200 ميكرون تتوضع عليها بلورات الهيدروكسي أباتيت وتكون محاطة بمادة أساسية ground substance تحوي بروتينات غير كولاجينية تساهم في عدة عمليات حيوية ضمن العاج كتنظيم عمليات التمدن والانخساف في الأملاح المعدنية وحل البروتينات الشكل(2).



الشكل(2): شكل ترسمي يوضح الفرق ما بين العاج حول القنيوي والعاج بين القنيوي. (Nanci, 2012)

➤ التركيب النسيجي للكولاجين : (Nanci, 2014)

يتكون الكولاجين من عائلة كبيرة تحوي ما يقارب 27 نوع من أنواع الكولاجين وهو يشكل البروتين الأكثر انتشاراً في جسم الانسان، ويفرز بشكل عام من قبل الخلايا الميزانشيمية الموجودة في النسيج الضام للعضو، و بما أن الكولاجين نمط أول type I هو النوع الأكثر تواجداً ضمن النسيج الصلبة للأسنان فإننا سنتحدث عن تركيبه بشكل أكبر.

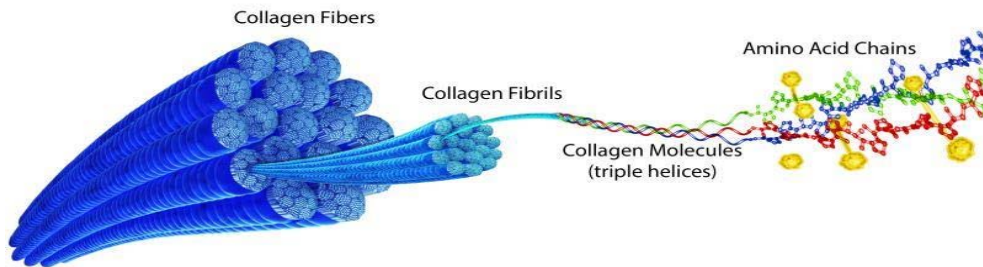
حيث يتكون الكولاجين نمط أول من ثلاث سلاسل نمط ألفا a من عديدات الببتيد تلتف حول بعضها البعض لتعطي الشكل اللولبي الثلاثي triple-helix لجزء الكولاجين الشكل (3).

يفرز هذا البروتين بداية على شكل طليعة كولاجين procollagen والتي تكون أطول بمرة ونصف من جزء الكولاجين النهائي وتكون ذات أهمية كبيرة لاحتوائها على النهايتين N-terminal و C-terminal المسؤولتين عن إعطاء الشكل اللولبي الثلاثي للجزء.

ثم تطرأ على هذه السلسلة عملية هدرجة hydroxylation لنهايات البرولين والليزين لتشكيل روابط نتروجينية مع السلسلة المقابلة لها فنتشكل البنية الثلاثية، وبعد ذلك تحدث عملية تحريك لروابط السلفات عند مستوى النهاية C-terminal وذلك لإعطاء السلاسل الثلاث القدرة على الالتفاف حول بعضها البعض لتنتج في النهاية البنية اللولبية لهذا الجزء.

يتم بعد ذلك إزالة النهايتين N-terminal و C-terminal وذلك بفعل C-proteinase و N-proteinase.

وفي النهاية تصطف هذه الجزيئات بجانب بعضها البعض ضمن الأنسجة مشكلة ليف كامل من الكولاجين collagen fiber .



الشكل (3): شكل ترسمي يوضح البنية ثلاثية الأبعاد لألياف الكولاجين (Nanci, 2012).

➤ طبقة اللطاخة smear layer : (Eliades et al., 2005)

بعد القيام بتحضير الحفرة المعدة للترميم تتشكل على سطح الارتباط طبقة تسمى طبقة اللطاخة smear layer وتكون ذات ثخانة تتراوح بين 1-2 ميكرون ذات مظهر حبيبي (تحت المجهر الالكتروني) وتغطي سطح الارتباط بشكل كامل.

تتكون هذه الطبقة بشكل أساسي من الفضلات الناتجة عن عملية التحضير والتي تشمل بلورات الهيدروكسي أباتيت المتحطمة وألياف الكولاجين المتبقية ويتداخل في تركيبها جراثيم ولعاب في الحالات السريرية.

وتشكل طبقة اللطاخة اندخالات ضمن فوهات القنيات العاجية تسمى smear plugs ويصل عمق هذه الاندخالات إلى 1-10 ميكرون.

تتشكل هذه الطبقة سواء تم تحضير العاج باستخدام الأدوات الدوارة أو اليدوية كما يحدث في سياق المعالجة اللبية أو عند إجراء تسوية جذور في سياق المعالجات حول السنية.

وتختلف سماكة طبقة اللطاخة باختلاف الأدوات المستخدمة في توليدها وباختلاف موقع العاج المعرض للتحضير ومدى قربها من النسيج اللبي، فكلما زادت خشونة الأداة المستخدمة في قطع العاج زادت ثخانة طبقة اللطاخة.

وتؤثر طبقة اللطاخة على الارتباط مع السطوح العاجية لكونها تغطي سطح الارتباط بشكل كامل وبسبب طبيعتها الهشة كما أنها تقلل من نفوذية العاج بنسبة تزيد عن 86% بسبب سدها لمداخل القنيات العاجية.

وقد اختلفت الأنظمة الرابطة في طريقة تعاملها مع هذه الطبقة وبذلك انقسمت إلى 3 مجموعات :

أنظمة تقوم على الارتباط مع طبقة اللطاخة (وتتبع للجيل الثاني).

أنظمة تقوم على إزالة طبقة اللطاخة (وتتبع للجيل الرابع)

أنظمة تقوم على تعديل وتكييف طبقة اللطاخة (وتتبع للجيل الثالث)

➤ الطبقة الهجينة في العاج Hybrid Layer :

تتكون هذه الطبقة نتيجة اتحاد القالب العضوي للعاج وبلورات الهيدروكسي أباتيت المتبقية بعد انخساف الأملاح المعدنية مع مونوميرات راتنجية resin monomers ومحلات المادة الرابطة solvents (Eliades et al., 2005).

وقد ثبت من خلال العديد من الأبحاث بأن الديمومة السريرية للارتباط تتوقف على تشكيل طبقة هجينة كثيفة ومتجانسة ومتماسكة. (Breschi et al., 2008)

وهذا الأمر يتوقف على عدة عوامل منها العوامل الفيزيائية : كالقوى الإطباقية التي يتعرض لها الترميم والمادة الرابطة والتمدد والتقلص بفعل التغيرات الحرارية ضمن الحفرة الفموية (Gale and Darvell, 1999) و..... والعوامل الكيميائية : التي تتمثل بالحموض الموجودة ضمن السوائل الفموية واللعاب والأطعمة والمشروبات إضافة للمنتجات البكتيرية التي تسبب بمجملها اهتراء في ألياف الكولاجين وانحلالاً لمركبات النظام الرابط سواء المتماثرة وغير المتماثرة (Hashimoto et al., 2000)

1-2: الفصل الثاني : اهتراء مكونات سطح الارتباط

Degradation of the interface components

اهتراء الطبقة الهجينة :

يحدث اهتراء الطبقة الهجينة بفعل عاملين أساسيين هما : (Hilton et al., 2013)

1- انحلال المادة الرابطة من المسافات بين ألياف الكولاجين ضمن الطبقة الهجينة

2- تغيرات تطرأ على ألياف الكولاجين

1- انحلال المادة الرابطة :

هو السبب الأساسي في اهتراء الراتنج في الطبقة الهجينة حيث تتضمن هذه العملية الكيميائية انفكاك الروابط التكافؤية بين بوليميرات المادة الرابطة ويحدث ذلك عند إضافة الماء إلى الرابطة الإستيرية فيما بينها مسبباً انخفاض في كتلة الراتنج وبالتالي التأثير على ديمومة الارتباط مع العاج.(Hilton et al., 2013)

فقد أجرى (Hashimoto et al., 2003) وزملاؤه دراسة على النظام الرابط من النوع Three-step etch-and-rinse adhesive (ScotchBond Multipurpose 3M \ ESPE) قام فيها بحفظ العينات لمدة سنة كاملة ضمن وسط مائي وأجرى عليها اختبار مقاومة قوى الشد وتلا ذلك فحص سطح العاج باستخدام المجهر الإلكتروني Transmission Electron Microscopic Test وتبين له نقصان واضح في قوة الارتباط إضافة لوجود تغيرات مورفولوجية في ألياف الكولاجين في سطح الارتباط وانحلال واضح في راتنجات المادة الرابطة.

وبما أن هذا الاهتراء يحدث فقط في حال وجود الماء كما ذكرنا فإن قدرة الأنظمة الرابطة على امتصاص الماء أصبحت موضع تساؤل العديد من الباحثين.

وقد ذكرت دراسة (Tay and Pashley, 2002) بأن الأنظمة الرابطة ثنائية الخطوة المعتمدة على التخريش الكلي Two-steps etch and rinse والأنظمة ذات الخطوة الواحدة المعتمدة على التخريش الذاتي one-step self etching تحتوي على راتنجات حامضية محبة للماء Hydrophilic والتي تمتاز بامتصاصها العالي للماء مما يجعلها تؤدي دور غشاء نصف نفوذ semi-permeable membrane حيث تسمح بمرور الماء باتجاه سطح الارتباط حتى بعد إتمام عملية التماس.

ولقد قام العالمان (Tay and Pashley, 2003) بدراسة آلية نفوذ الماء عبر الأنظمة الرابطة من كلا النوعين self etch و total etch حيث لجأ إلى غمر العينات بمحلول من نترات الفضة بتركيز 50% وزناً ثم اختبارها تحت المجهر الإلكتروني فوجد بأن الماء ينفذ إلى داخل سطح الارتباط ضمن ممرات تلتقي وتتشابك مع بعضها البعض مشكلة ما يشبه الشجرة وهذا ما يدعى اصطلاحاً Water-tree .

هذا وبالإضافة إلى دور الماء النافذ في شطف وإزالة المونوميرات الراتنجية غير المتماثلة والذي يسبب نقصاناً في كتلة الراتنج ويؤثر سلباً على كثافة الطبقة الهجينة (Tay et al., 2003)

2- انحلال ألياف الكولاجين :

إن الهدف الأساسي من عملية الارتباط هو حدوث ارتشاح كامل للراتنجات الرابطة ضمن السطح المعد لهذا الهدف وتغليف ألياف الكولاجين المكشوفة بشكل تام بهدف حمايتها من الاهتراء ومن المعروف بأن درجة الارتشاح والتغليف تختلف تبعاً لتقنية النظام الرابط المستعمل (Vargas et al., 1997) (Hashimoto et al., 2003)

وعلى الرغم من ذلك أثبتت الدراسات بأن أغلب الأنظمة الرابطة المستخدمة غير قادرة على تغليف ألياف الكولاجين بشكل تام مما يترك هذه الألياف عرضة للاهتراء بسبب وجود الماء وبفعل الأنزيمات الحالة للبروتينات المتواجدة ضمن القلب العضوي للعاج حتى مع غياب وجود البكتيريا (Wang and Spencer, 2002) (Spencer et al., 2004)

ففي دراسة العالم (Pashley et al., 2004) وزملائه قام باستخدام أسنان بشرية تم كشف النسيج العاجي فيها وتعرضه لانخساف جزئي بالأملاح المعدنية وحفظ جزء من هذه العينات ضمن لعاب صناعي والجزء الآخر ضمن لعاب صناعي مضافاً إليه مواد مثبطة للأنزيمات الحالة للبروتينات والمجموعة الأخيرة حفظت ضمن زيت معدني واستمرت فترة الحفظ لمدة 24 ساعة، 90 يوماً، و250 يوماً ثم تم فحص شبكة الألياف الكولاجينية بعد ذلك فوجد بأنه حدث تحطم شبه تام لهذه الشبكة الكولاجينية بعد مرور 250 يوماً من الحفظ ضمن اللعاب الصناعي بعكس العينات التي حفظت ضمن اللعاب الصناعي المضاف له مثبطات للأنزيمات والمحفوظة ضمن الزيت المعدني مما يثبت النظرية التي ترجع سبب اهتراء الكولاجين مع الزمن إلى وجود أنزيمات حالة للبروتينات تتحرر ببطء ضمن القالب العضوي للعاج مؤدية لتحطم ألياف الكولاجين وذلك بوجود الماء حتى مع غياب الفعالية البكتيرية.

1-3: الفصل الثالث : تطور الأنظمة الرابطة

Advances in bonding systems

إن Buonocore هو أول من اقترح فكرة استعمال حمض الفوسفور لزيادة تقبل الميناء للمواد الرابطة وذلك بإنتاج 100 اندخال ضمن الميناء بهدف زيادة قوة الارتباط، وعلى الرغم من أن هذا الأمر شكل ثورة كبيرة في مجال الممارسة السريرية لطب الأسنان إلا أنه أثار العديد من التساؤلات حول إمكانية تطبيق هذه التقنية على العاج وذلك خوفاً من إثارة ردود فعل لبية غير مرغوبة. (Hilton et al., 2013)

ولابد من الذكر بأن تقنية التخریش الكلي المتزامن لكل من الميناء والعاج في آن واحد استخدمت لأول مرة من قبل Fusayama. (Hilton et al., 2013)

وكان Nakabayashi هو أول من شرح آلية اندخال وارتشاح المونوميرات الراتنجية ضمن العاج المعرض للتخریش لتشكل منطقة مكونة من تداخل النظام الرابط مع القالب العاجي مخسوف الأملاح والتي تسمى الطبقة الهجينة.

ونتيجة للعديد من الدراسات تبين أن ارتباط النظام الرابط مع النسيج السنية يعتمد على أمرين أساسيين: (Hilton et al., 2013)

1- تشكيل بنية مخسوفة الأملاح وذلك من خلال الإزالة الجزئية للأملاح المعدنية وبالتالي زيادة مسامية السطح.

2- زيادة القدرة على ارتشاح مونوميرات المادة الرابطة ضمن الطبقة مخسوفة الأملاح

وبذلك تستطيع المادة الرابطة أن تشكل ارتباطاً ميكانيكياً مجهرياً Micromechanical مع السطح ذي المسامية المجهرية.

1-4: الفصل الرابع : تصنيف الأنظمة الرابطة

Bonding system classification

تصنف الأنظمة الرابطة وفقاً لعدة طرق : (Hilton et al., 2013)

1- الأجيال Generations

2- طبيعة المادة المحلة Type of solvent

3- آلية التعامل مع طبقة اللطاخة Mechanism of smear layer removal

4- عدد خطوات التطبيق السريري Number of clinical steps

1. أجيال المواد الرابطة : (Freedman, 2011)

تصنف الأنظمة الرابطة من الجيل الأول وحتى الجيل الثامن تبعاً لخصائص محددة في تركيبها وفقاً للشركة المصنعة.

الجيل الأول :

ظهر هذا الجيل في أواخر السبعينيات وكان يعتمد على مبدأ المحافظة على طبقة اللطاخة سليمة تماماً ولكنه لم يحقق قوى ارتباط جيدة إذ لم تتجاوز قوة الارتباط مع العاج 2 mpa ويحتوي هذا النظام على غليسيروفوسفوريك ثنائي الميثاكريلات (GPDM) glycerophosphoric acid dimethacrylate والذي يعطي جزيئات ثنائية الوظيفة تعمل على خلب بلورات الهيدروكسي أباتيت ضمن السطح المعد للارتباط. ولضعف قوة الارتباط المحققة باستخدام هذا النظام حُصِرَ استخدامه لترميم حفر الصنف الثالث والخامس ذات الشكل المثبت.

وشاعت في هذا الجيل مشكلة الحساسية التالية للترميم عند استخدامه لربط الترميمات على السطوح الإطباقية للأسنان الخلفية.

الجيل الثاني :

ظهر هذا الجيل في بداية الثمانينيات وكان يعتمد على تخريش السطوح المينائية وغسلها قبل تطبيق النظام الرابط مع تجنب تطبيق المخرش على السطح العاجي خوفاً من ردود الفعل اللبية غير المرغوبة والاعتماد على الارتباط مع طبقة اللطاخة. ولهذا حققت هذه الأنظمة قوة ارتباط مع العاج راوحت بين 2-8 mpa.

وبقيت الترميمات المحدثة باستخدام هذا الجيل من الأنظمة الرابطة بحاجة لأشكال مثبتة وعانت أيضاً من مشكلة التسرب الحفافي والحساسية التالية للترميم.

الجيل الثالث :

في أواخر الثمانينيات تم الاعتماد على فكرة التخريش الحمضي للسطوح العاجية لإزالة طبقة اللطاخة وتأمين تثبيت ميكانيكي مجهري للنظام الرابط مما ساعد على تقليل الحاجة للأشكال المثبتة وقلل من التسرب الحفافي.

وكانت قوة الارتباط مع العاج المحققة باستخدام هذا الجيل تتراوح بين 8-15 mpa. إلا أن الديمومة السريرية للترميمات لم تتجاوز 3 سنوات.

الجيل الرابع :

ظهر هذا الجيل في بداية التسعينيات وحققت هذه الأنظمة قوة ارتباط تصل حتى 17-25 mpa مما شجع الممارسين السريريين على استبدال الترميمات الراتنجية بترميمات الأملغم.

اتبعت هذه الأنظمة تقنية التخريش الكلي لكل من العاج والميناء والتي ساعدت على جعل مونوميرات المادة الرابطة ترتشح ضمن القنات العاجية والمسافات بين ألياف الكولاجين في قالب العضوي المخسوف الأملاح للنسيج العاجي. وقد تألفت هذه الأنظمة من عدة مكونات تتم معاييرتها بشكل دقيق ثم يتم خلطها بترتيب معين قبل تطبيقها الأمر الذي عوّد استخدامها سريرياً وزاد من حساسية التقنية المتبعة فيها.

الجيل الخامس :

في منتصف التسعينيات تم دمج اثنين من مكونات النظام الرابط (المبدئ والرابط) في عبوة واحدة بالإضافة لوجود المخرش في عبوة منفصلة وذلك بهدف اختصار خطوات التطبيق السريري دون تحقيق فرق ملحوظ في قوة الارتباط.

وحققت هذه الأنظمة قوى ارتباط جيدة وصلت حتى 20-25 mpa.

الجيل السادس :

ظهرت هذه الأنظمة في عام 2000 وكان الهدف منها إلغاء خطوة التخريش الحمضي وتأمين ارتباط كيميائي مع سطح العاج عن طريق تكييف طبقة اللطاخة. وحققت قوة ارتباط مع العاج تصل حتى 17-22 mpa.

الجيل السابع :

ظهر هذا الجيل في عام 2003 حيث تم دمج كافة مكونات النظام الرابط بما فيها المخرش ضمن عبوة واحدة لتسهيل التطبيق السريري.

وامتاز هذا الجيل بكونه أقوى من حيث درجة الحموضة مقارنة مع الجيل السادس ($1 > \text{PH}$) مما يؤمن تخريش أفضل للسطوح المعدة للارتباط.

وبفضل عدم وجود خطوة الغسيل ضمن هذه الأنظمة فإن احتمالية وجود قنيتات عاجية مكشوفة غير مملوءة بمنتجات المادة الرابطة يقل كثيراً مما يحسن الأداء السريري ويقلل الشعور بعدم الراحة التالي لترميم.

الجيل الثامن : (Mitra et al., 2003)

إن تطور تقنيات الصناعة النانومترية أدى لظهور أجيال من المواد الرابطة تحتوي على جزيئات مألئة نانومترية

وهذه الإضافة ساعدت على :

- 1- قوة ارتباط أفضل للعاج والمينا تصل حتى 30 mpa
- 2- امتصاص الإجهاد العالي الذي تتعرض له الأنظمة الرابطة
- 3- ختم حفاقي أفضل.
- 4- إطالة عمر التخزين.
- 5- إمكانية تحرير الفلور.

2. نوع المادة المحلة : (Hilton et al., 2013)

تصنف الأنظمة الرابطة حسب نوع المادة المحلة وتركيزها ويتراوح تركيز المواد المحلة تجارياً بين 8-49% وقد تكون هذه المادة أستون Aceton أو كحول Ethanol أو ذات أساس مائي Water based .

وإن لنوع المادة المحلة أهمية سريرية وخاصة أثناء التجفيف بالهواء فالكثير من الأنظمة الرابطة المعتمدة على التخريش الكلي Total etch تحوي على محلات طيارة مثل الكحول والأستون والتي تقلل من لزوجتها Viscosity وتزيد من قدرة الترطيب وحركة الجزيئات Wetting and tooth mobility.

بينما تكون المحلات ضمن أنظمة التخريش الذاتي self etch ذات أساس مائي والتي تحقق نفس التأثير وتسمح للحموض الضعيفة بإحداث انخساف بالأملح المعدنية في كل من المينا والعاج.

وكما تتمتع المحلات العضوية organic solvents بقدرة عالية على التبخير وبالتالي تساعد في إزالة الماء من الشبكة العضوية المتبقية بعد التخریش السطحي للعاج مما يسمح لمونوميرات المادة الرابطة بالاندخال ضمن المسافات بين الألياف الكولاجينية بشكل أعمق.

3. آلية التعامل مع طبقة اللطاخة : (Hilton et al., 2013)

كما ذكرنا سابقاً فإن طبقة اللطاخة تقوم بسد مداخل القنبيات العاجية مقللة نفوذية العاج لما يزيد عن 86% ولذلك من الأفضل إزالة هذه الطبقة أو جعلها نفوذة للسماح بتفاعل المونوميرات مع السطح العاجي.

وبذلك نجد أن الأنظمة الرابطة تقسم لقسمين :

أنظمة التخریش الكلي Total etch

أنظمة الخريش الذاتي self etch

A. أنظمة التخریش الكلي :

في هذه الطريقة تستخدم حموض قوية (غالباً حمض الفوسفور بتركيز 35-37%) وبدرجة حموضة تقارب $PH=0.9$ لإحداث تخریش كامل للعاج والميناء وتتبع عملية التخریش بالإرواء الغزير لإزالة الحموض حيث تعمل هذه الحموض على خسف بلورات الهيدروكسي أباتيت من العاج السطحي وإزالة طبقة اللطاخة والسدادات التي تشكلها هذه الطبقة smear Plugs وذلك لكشف ألياف الكولاجين وفتح القنبيات العاجية ذات البنية القمعية الشكل وبالتالي تصبح المادة الرابطة قادرة على ملء المسافات المتشكلة وتحقيق ارتباط قوي.

B. أنظمة التخریش الذاتي :

تستعمل هذه التقنية محاليل غير قابلة للغسل معتمدة على مونوميرات حامضية قادرة على تكييف طبقة اللطاخة مما يسمح بزيادة عمق الارتشاح ضمن العاج والميناء. تعتبر المونوميرات ذات النهايات الكربوكسيلية أو المرتبطة مع الفوسفور من المونوميرات ذاتية التخریش وتصنف هذه المونوميرات الرابطة حسب قوتها تبعاً لتركيبها الكيميائي ودرجة حموضتها والتي تحدد خصائصها الوظيفية حيث أن الأنظمة ذات الحموضة الخفيفة $PH=2$ يصل عمق تأثيرها إلى حوالي 1 ميكرون بينما الأنظمة ذات الحموضة المتوسطة $PH=1-2$ يتراوح عمق تأثيرها بين 1-2 ميكرون ويمكن للأنظمة ذات الحموضة العالية $PH<1$ أن يصل تأثيرها إلى عدة ميكرونات

تتمكن الأنظمة الرابطة ذات الحموضة القوية من تشكيل سدادات راتنجية ضمن القنيات العاجية بينما تفشل الأنظمة ذات الحموضة الخفيفة والمتوسطة في تشكيل مثل هذه السدادات dentinal tags ويبقى تأثيرها محصوراً في إحداث انخساف بسيط في الأملاح المعدنية في طبقة اللطاخة وتشكيل سدادات داخلها smear plugs.

4- التصنيف حسب عدد خطوات التطبيق السريري :

إن أنظمة الارتباط ذات التخريش الكلي Total Etch قد تكون مكونة من 3 خطوات بحيث تكون هناك عبوة تحوي العامل المخرش etchant وعبوة تحوي العامل المبدئ primer وعبوة تحوي العامل الرابط bond، وقد يتم دمج العامل المبدئ مع العامل الرابط في عبوة فيصبح النظام مكون من خطوتي تطبيق. بينما تكون الأنظمة الرابطة ذاتية التخريش Self Etch مكونة من خطوتين أو تكون أحادية الخطوة. فالأنظمة الرابطة ثنائية الخطوة تتألف من عبوتين الأولى تحوي العامل المخرش والمبدئ متحدين مع بعضهما في محلول واحد، والعبوة الثانية تحوي العامل الرابط، في حين تتكون الأنظمة وحيدة الخطوة single step من عبوة واحدة تحوي العوامل الثلاثة مجتمعة وتطبق بشكل خطوة واحدة، أو قد تكون العوامل الثلاثة متواجدة في عبوات منفصلة ولكن يتم مزجه مع بعضها قبل التطبيق وفي النهاية تطبق على سطح الميناء والعاج كمزيج واحد. (Schwartz et al., 1996).

1-5: الفصل الخامس : أثر التخريش العاجي على قوة

الارتباط مع العاج

Effect of dentin etching on bonding to dentin

إن تقنية التخريش الكلي للعاج والتي اقترحها Fusayama أثارت ضجة كبيرة في الوسط الطبي وذلك خوفاً من إثارة ردود فعل لبية غير مرغوبة بسبب استعمال حمض الفوسفور القوي بتركيز عالي يقارب 40% ، ولكن العديد من الدراسات أظهرت أن ردود الفعل غير المرغوبة كانت بسبب التلوث الجرثومي وأكدت على أن استعمال حمض الفوسفور على السطوح العاجية التي تزيد ثخانتها عن 0.5 ملم لن يشكل أي خطر على النسيج اللبي إذا استطعنا تأمين ختم جيد للفتحات العاجية عقب التخريش الحمضي (Pashley, 1992).

وكما ذكرنا سابقاً فإن حمض الفوسفور قادر على إزالة طبقة اللطاخة بشكل كامل وإحداث خسف بالأملح المعدنية يصل عمقه إلى 3-5 ميكرون ضمن العاج السطحي.

زمن تعريض العاج للتخريش الحمضي :

ناقشت العديد من الدراسات أثر زيادة زمن التخريش الحمضي للعاج على قوة الارتباط ووجدت أنه على الرغم من أن زيادة زمن التخريش تزيد من مسامية العاج ولكنها لا تسبب بالضرورة زيادة قوة الارتباط وذلك لأنها تخلق منطقة ضعيفة ضمن العاج قد تتعرض للكسر مسببة فشل الارتباط وبالتالي وجد العلماء بأنه يجب ألا يزيد زمن التخريش للعاج عن 15 ثانية. (Hashimoto et al., 2002a).

كما أن لدرجة الحموضة تأثيراً في الخصائص الوظيفية لألياف الكولاجين ولها تأثير على البروتينات السكرية في القالب العضوي للعاج (Breschi et al., 2003).

1-6: الفصل السادس : أنزيمات التحلل البروتيني الداخلية المعدنية

Matrix Metalloproteinases Enzymes (MMPs)

هذه الأنزيمات هي عبارة عن عائلة من الأنزيمات الحالة للبروتينات والمنتجة من قبل الخلايا cell-derived proteolytic enzymes وهي مكونة من 26 أنزيماً (Moon et al., 2010)

إن عدداً محدوداً من هذه الأنزيمات تعمل بشكل مفيد في إعادة تصنيع الأنسجة tissue remodeling وأثناء تشكيل القلب خارج الخلوي أو أثناء تمعدن العاج، ولكن توجد الكثير من هذه الأنزيمات التي لها تأثير خلال العملية الالتهابية مما يزيد من التأثيرات السلبية لأمراض النسيج حول السنية وتطور العملية النخرية وذلك من خلال تحطيمها للكولاجين وغيره من بروتينات القلب خارج الخلوي extra-cellular matrix (Moon et al., 2010).

ولا شك في أن تأثير ال MMPs على تطور العملية النخرية يعطينا فكرة أكثر وضوحاً عن تأثيرها على استقرار وديمومة الارتباط مع الطبقة الهجينة في العاج.

دور ال MMPs في تطور العملية النخرية : (Moon et al., 2010)

تم تحديد أنواع أنزيمات ال MMPs المساهمة في تطور العملية النخرية وهي تتضمن :

MMP-2 gelatinase

MMP-8 collagenase

MMP-9 gelatinase

MMP-20 enamelysin

إن القلب البروتيني للعاج مكون من 90% كولاجين (وبشكل أساسي كولاجين نمط أول) و 10% بروتينات غير كولاجينية، تتحطم جزيئة الكولاجين إلى جزيئات صغيرة من خلال تأثير

الأنزيم MMP-8 ويستمر هذا الاهتراء في ألياف الكولاجين بفعل الأنزيمات MMP-2-9 وذلك بعد حدوث الانخساف في الأملاح المعدنية ضمن الآفة النخرية.

تتواجد هذه الأنزيمات في اللعاب واللب السني وتتواجد معزولة ضمن العاج ويانتظار أن يتم تحريرها كما يحدث خلال العملية النخرية، وتكون هذه الأنزيمات أكثر تواجداً وكثافة على طول الملتقى المينائي العاجي وضمن العاج الأولي، وهذا التوضع الكثيف على طول الملتقى المينائي العاجي هو السبب في توسع الآفة النخرية على طول هذا الملتقى قبل انتشارها ضمن العاج.

كما وتفرز هذه الأنزيمات من قبل خلايا النسيج الضام (مصورات الليف - مصورات العاج - مصورات العظم) وتكون على شكل نظائر أنزيمية zymogens أو pro-enzymes أي أنها تكون بشكل غير فعال وهي غير قادرة على تحطيم بروتينات القالب خارج الخلوي وهذا التواجد للنظائر الأنزيمية pro-MMPs يكون أثناء تشكل النسيج العاجي.

ويتم تنظيم النشاط الإفرازي لهذه البروتينات من خلال مثبطات مفرزة خلوية تسمى المثبطات النسيجية لأنزيمات التحلل البروتيني الداخلية المعدنية (TIMPs) (Tissue inhibitors of Matrix Metalloproteinases) وإذا ما حدث أي اختلال في هذا التوازن ما بين الإنتاج البروتيني لهذه الأنزيمات والتثبيط النسيجي لها فإن التأثيرات السلبية لها سوف تظهر وتصبح أكثر وضوحاً.

تتفاعل هذه الأنزيمات وتتحول إلى شكلها الفعال عند انخفاض درجة الحموضة PH إلى 4.5 أو ما دون ذلك كما يحدث في الآفة النخرية أو عند تطبيق التخریش الحمضي في سياق تطبيق الترميمات الراتنجية بشرط وجود شاردتي الكالسيوم Ca والزنك Zn الضرورييتين لتفعيل هذه الأنزيمات. (Alaghemand et al., 2014)

ولذلك فإن تطبيق التخریش الحمضي على العاج المحضر لإحداث ارتباط مع الترميمات التجميلية يؤدي إلى تحريض إفراز ال MMPs من قبل مصورات العاج عند مستوى الملتقى اللبي العاجي وتستطيع هذه الأنزيمات أن تصل إلى الطبقة الهجينة عبر القنليات العاجية.

ولا بد من الذكر بأن البروتينات غير الكولاجينية والتي تشكل نسبة 10% من القالب البروتيني للعاج تتكون بشكل أساسي من 3 بروتينات وكلٌ منها تتحد بنوع محدد من الأنزيمات ال

MMPs وذلك عندما يتم تحريرها خلال العملية النخرية أو من خلال التخريش الحمضي الذي يسبق ترميمات الكومبوزيت وهذه البروتينات الثلاثة هي :

Bone sialoprotein (BSP) وترتبط مع الأنزيم MMP-2

Osteopontin (OPN) وترتبط مع الأنزيم MMP-3

Dentin Matrix Protein 1 (DMP1) وترتبط مع الأنزيم MMP-9

إن آلية تفعيل هذه الأنزيمات معقدة وتتداخل فيها عدة آليات ميكانيكية حيوية حيث تحوي الأنزيمات غير المفعلة pro-enzymes بروتيناً يغطي موقع التفعيل pro-domain والذي تتم إزالته بواسطة البروتينات سابقة الذكر فيصبح موقع التفعيل مكشوفاً لتأتي شاردتي الزنك والكالسيوم وترتبطان مع نهايات الهيستيدين الثلاث الموجودة ضمنه مطلقة بذلك الفعالية الحالة للبروتينات التي تتمتع بها هذه الأنزيمات الشكل (4) (Klein et al., 2009)

تقوم الـ MMPs بعد ذلك بحل البروتينات عن طريق إضافة جزيئة ماء إلى زمر الكربونيل القطبية المحبة للماء polarized carbonyl groups الموجودة في الروابط الببتيدية في جزيئة الكولاجين مسببة حل هذه الجزيئة وتحطيمها إلى جزيئات بروتينية أصغر فأصغر (Klein et al., 2009)

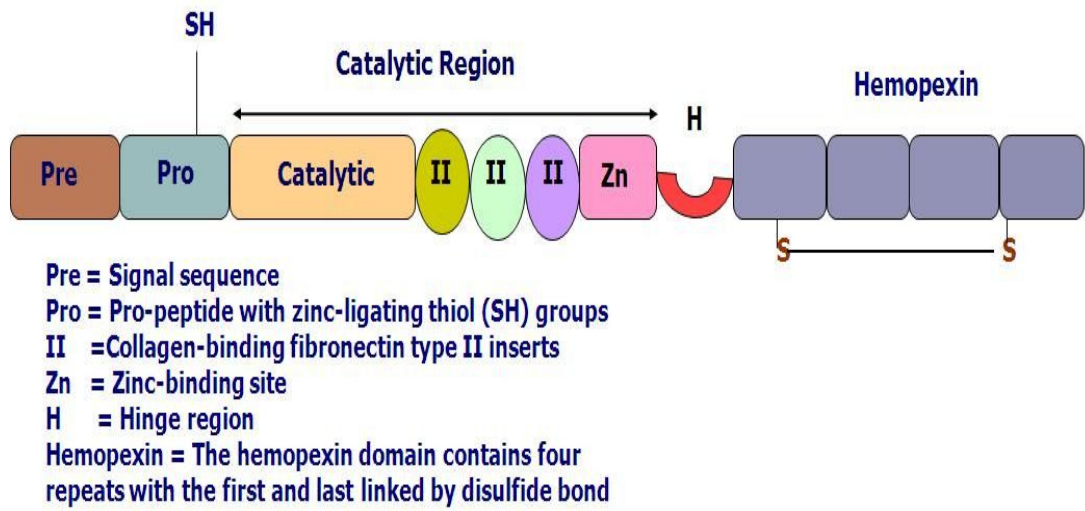
وينتج عن تحطيم جزيئات الكولاجين بفعل هذه الأنزيمات مركب يسمى The carboxyterminal telopeptide of type I collagen (ICTP) والذي تستخدمه العديد من الدراسات في قياس مدى الفعالية الأنزيمية ومقدار التحطم في القالب الكولاجيني للعلاج (Garnero et al., 2003)

ولكون تركيز شاردتي الزنك والكالسيوم يحتل أهمية كبيرة في تنظيم عمل هذه الأنزيمات فنستنتج بذلك أنه من أجل تثبيط فعاليتها يجب أن نلجأ لأحد أمرين : (Alaghemand et al., 2014)

i. إضافة مواد تتنافس مع شوارد الكالسيوم والزنك على مواقع تفعيل هذه الأنزيمات مما يؤدي لتثبيطها

ii. أو رفع تركيز شاردة الزنك في الوسط المحيط مما يدفع الزنك للارتباط مع مواقع أخرى أقل نوعية مؤدية لتغيرات شكلية في جزيئة الأنزيم تنتهي بفقدانه لفعاليتها الكيميائية

الحيوية، ولا بد من الذكر بأن ارتفاع تركيز هذه الشاردة له دور هام أيضاً في استقرار جزيئة الكولاجين، حيث ترتبط هذه الشاردة مع مواقع حساسة على جزيئة الكولاجين هي ذات المواقع التي ترتبط معها أنزيمات التحلل البروتيني لتقوم بفعلها الحال للكولاجين. (Larsen and Auld, 1991)



الشكل (4): شكل ترسمي يوضح المواقع التي تتألف منها جزيئة الأنزيم

(Moon et al., 2010).

7-1: الفصل السابع : أهم التقنيات المتبعة لتحسين قوة

الارتباط مع العاج :

The main techniques used to improve bonding to dentin

أهم التقنيات المتبعة لتحسين الارتباط مع العاج (Münchow and Bottino, 2017)

1- استعمال مواد ذات قدرة على تشكيل روابط تكافؤية مع الكولاجين في القالب العضوي للعاج مما يزيد من استقرار هذه الألياف وبدوره يزيد استقرار الارتباط مع العاج.

2- استعمال مضادات الأكسدة Antioxidants لتعزيز فعالية الارتباط

3- استعمال مثبطات التحلل البروتيني proteolysis inhibitors والتي تعمل على تثبيط أنزيمات التحلل البروتيني الداخلية المعدنية Matrix metalloproteinase أو توقف المواد التي تقوم بتفكيكها.

4- تعديل بروتوكولات تطبيق الأنظمة الرابطة

5- معالجة سطح الارتباط باستخدام الليزر

6- تدعيم الأنظمة الرابطة بمواد تقوي خصائصها الفيزيائية والكيميائية الحيوية بهدف الحصول على طبقة هجينة أقوى وأكثر استقراراً.

أولاً : استعمال مواد ذات قدرة على تشكيل روابط تكافؤية مع الكولاجين :

Collagen Cross linking agents

إن استعمال هذه العوامل الرابطة للكولاجين يساعد في جعل الارتباط مع العاج أكثر استقراراً وذلك من خلال تثبيط المواقع المسؤولة عن تفعيل عملية الانحلال البروتيني لبروتينات العاج عبر تقليل حركية الجزيئات molecular mobility أو عبر تغيير زمر الكربوكسيل المشحونة سلباً ضمن الأميدات المشحونة إيجاباً والذي من شأنه أن يزيد من قوة ألياف الكولاجين.

ومن العوامل المستخدمة لهذا الغرض :

1- العوامل الحاوية على الغولتار ألدهيد Glutaraldehyde-containing agents

والذي تم اختباره في دراسة (Lee and Sabatini, 2017) حيث قام بتطبيق عدة عوامل حاوية على الغولتار ألدهيد مثل Gluma desensitizing بعد التخريش الحمضي بحمض الفوسفور ودرس تأثيرها على مقاومة الشد بعد 24 ساعة ثم بعد 6 أشهر ووجد بأن لهذه المواد القدرة على تقليل كمية ألياف الكولاجين المنحلة في القالب العضوي للطبقة الهجينة وزاد من قدرة هذه الألياف على تشكيل روابط تفاعلية مع المادة الرابطة مما عزز قوة الارتباط بشكل ملحوظ.

2- استعمال الريبوفلافين Riboflavin 5-phosphate :

والذي تبين من دراسة (Venigalla et al., 2016) أنه يقوم بتشكيل روابط تكافؤية تصالبية مع الكولاجين من خلال تكوينه للجذور الحرة عند تفعيله باستخدام الأشعة فوق البنفسجية UVA مما يزيد من متانة ألياف الكولاجين والذي ينعكس إيجاباً على خصائص الارتباط كما تعزز قدرة المونوميرات الموجودة في المادة الرابطة على الارتشاح ضمن سطح العاج.

وغيرها من المواد مثل: (Münchow and Bottino, 2017)

أنزيم البرومالين Bromelain enzyme ، وعديدات الفينول poly-phenols المستخرجة من حبوب الشاي الأخضر.

ثانياً : استعمال مضادات الأكسدة :

Use of Antioxidants

إن بعض الإجراءات السريرية تنتج أكاسيد ضمن النسيج السنية مما يؤثر على تمانثر الترميمات الراتنجية ومن أشهر الإجراءات السريرية المولدة للأوكسجين هي استخدام هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl في المعالجات اللبية وتطبيق التبييض باستخدام بيروكسايد الهيدروجين

لذلك قامت العديد من الأبحاث بدراسة عدة مواد مضادة للأكسدة مثل :

1- عصير فاكهة القشطة (Noni fruit juice (Morinda Citrifolia) :

وهي فاكهة منتشرة في جنوب شرق آسيا فقد أثبتت الأبحاث بأن لهذه الفاكهة فعالية مضادة للجراثيم المسببة للنخور السنية (sterptococcis) ويعود تأثيرها المضاد للأكسدة إلى وجود مركبات فينولية فيها بكثرة والتي تعمل على معاكسة التأثير المؤكسد لهيبوكلوريت الصوديوم. (Dikmen et al., 2015).

2- البروسيانيدات Proanthocyanidin :

وهي مركبات توجد بكثرة ضمن الفواكه والعديد من الحبوب الطبيعية كحبوب الكاكاو وبذور فاكهة العنب.

حيث ذكر في دراسة (Dikmen et al., 2015) بأن لهذه المركبات القدرة على الارتباط مع ألياف الكولاجين مما يقلل اهتراء هذه الألياف ويعزز ديمومة الارتباط من خلال تدعيم الخصائص الميكانيكية للعاج بزيادة عمليات إعادة التمدن مقارنة مع عمليات الانخساف في الأملاح المعدنية كما وأن لهذه المواد خواص مضادة للأكسدة ومزيلة للجذور الحرة.

3- فيتامين E، C :

وبهذا الصدد نذكر دراسة (Dikmen et al., 2015) الذي قام بدراسة تأثير noni fruit juice و proanthocyanidin - كونها من مضادات الأكسدة كما ذكرنا سابقاً - على مقاومة قوة الشد عند الارتباط مع عاج معالج بهيبوكلوريت الصوديوم بتركيز 5.25 % حيث أثبت من خلالها بأن مضادات الأكسدة المستخدمة كان لها القدرة على تعزيز قوة الارتباط مع

العاج المعرض لهيبوكلوريت الصوديوم مقارنة مع المجموعة الشاهدة دون وجود فروق دالة إحصائياً بين المضادات الثلاث.

وفي دراسة (Valeria et al., 2015) قام بتقييم فعالية Vit C و Vit E - باعتبارها مضادات أكسدة مشهورة - على قوة الارتباط مع العاج مستخدماً ثلاثة أنواع مختلفة من الأنظمة الرابطة وذلك خلال 24 ساعة ثم 6 أشهر من الحفظ ضمن ماء مقطر ووجد بأن لهذه المواد القدرة على تعزيز قوة الارتباط على المدى البعيد - خلال فترة الدراسة - أو المحافظة عليها على الرغم من أنها أثرت سلباً على قوة الارتباط الحالية (بعد 24 ساعة).

ثالثاً : استعمال مثبطات التحلل البروتيني

Proteolysis inhibitors

تعتبر أنزيمات التحلل البروتيني الداخلية المعدنية Matrix metallo proteinases (MMPs) من أهم الأنزيمات المسببة لاهتراء ألياف الكولاجين ضمن الطبقة الهجينة مما يسبب تراجع قوة الارتباط مع الزمن. ومن أهم مثبطات هذه البروتينات :

A. 1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide (EDC)

ويعد من المواد التي تشكل روابط تكافؤية مع الكولاجين collagen crosslinking agent بالإضافة لكونه من المواد المثبطة لـ MMPs.

ففي دراسة (Mazzoni et al., 2014) وُجد بأن تطبيق 0.3 M من EDC بعد تطبيق التخریش الحمضي وقبل تطبيق المادة الرابطة كان له تأثير في تثبيط MMP-2, -9 بشكل شبه تام.

وفي دراسة أخرى لـ (Scheffel et al., 2014) فإن تطبيق 0.5M من EDC مضافاً إلى مركبات النظام الرابط أدى إلى تقليل فعالية الـ MMPs .

مما سبق يمكننا القول بأن استخدام تراكيز قليلة من EDC عقب التخريش الحمضي يفيد في تنشيط MMPs بشكل فعال وشبه تام في حين أننا نحتاج لتراكيز أعلى منه عند مزجه مع مكونات النظام الرابط.

.B Chlorhexidine :

يعد الكلورهكسيدين من أشهر المواد المضادة للجراثيم والمستخدمة لتنشيط فعالية MMPs، وإضافة لفوائده العديدة فإنه يمتلك القدرة على الارتباط مع العاج المتمعدن لمدة تصل حتى 12 أسبوعاً على الأقل وكذلك يستطيع الارتباط إلى العاج مخسوف الأملاح مما يساعد في تعزيز قوة الارتباط والحفاظ عليه.

ولقد أثبتت دراسة (Kim et al., 2010) أن ارتباط CHX مع العاج مخسوف الأملاح أكبر من ارتباطه مع العاج المتمعدن. فقد تبين بأن لل CHX شحنتين موجبتين (Blackburn et al., 2007).

وعند وضع CHX بتماس مباشر مع العاج المتمعدن فإن هاتين الشحنتين الموجبتين تتحدان مع الشحنتين السالبتين الموجودتين في زمر الفوسفات PO₄ ضمن بلورات الهيدروكسي أباتيت، ولكن هذا الارتباط يكون على مستوى السطح العاجي فقط لأن مسامية العاج المتمعدن قليلة لامتلاء المسافات بين ألياف الكولاجين ببلورات الهيدروكسي أباتيت، ولذلك يبقى انتشار ال CHX ضمن العاج المتمعدن محصوراً بالقنوات العاجية التي يملؤها الماء وفروعها الجانبية وهذا يقدر ب 10 % من العاج المتمعدن (Van der Graaf and Ten Bosch, 1990).

أما في العاج مخسوف الأملاح فلا توجد بلورات هيدروكسي أباتيت HA ليرتبط معها ال CHX وإنما تتجذب الشحنتان الموجبتان فيه إلى الشحنت السالبة الموجودة في حمض الغلوتاميك وحمض الأسبارتيك وللزمر الكربوكسيلية في الكولاجين وغيره من البروتينات غير الكولاجينية. وكما أن مسامية العاج مخسوف الأملاح تجعل محتواه من الماء يقارب 65% مقارنة مع العاج المتمعدن (Carrilho et al., 2007) مما يجعل تركيز ال CHX فيه أعلى.

ولكون ال CHX يرتبط مع بروتينات القالب العضوي بشكل وثيق فإنه قادر على الارتباط مع ال MMPs بنفس الآلية مما يظهر فعاليته في تثبيط هذه الأنزيمات وخاصة MMP-2 (Gendron et al., 1999) (8-9).

وقد أبدت ال MMPs القدرة على تشكيل ارتباط مع ال CHX أقوى وأكثر ديمومة من غيرها من البروتينات ما يعطيه فعالية طويلة الأمد في تثبيطها معززاً بذلك استقرار الطبقة الهجينة عند تشكيل ارتباط عاجي راتنجي. (Kim et al., 2010)

وفي حال استعمال هذا المركب في معالجة العاج بعد إجراء التخریش الحمضي وقبل تطبيق المادة الرابطة فإن العاج سيظهر وكأنه مغطى بطبقة عالية التركيز من CHX محمية بالراتنجات الرابطة المرتشحة ضمن القالب العضوي. (Kim et al., 2010)

يمكن تطبيق CHX بعد عملية التخریش الحمضي وكما يمكن إضافته للحموض المكيفة أو للمبدئ prime أو للمادة الرابطة bond .

وإن التراكيز المستخدمة منه لهذا الغرض تتراوح بين 5 - 0.5% وزناً بينما لم تبدِ التراكيز الأقل من 0.1% أي فعالية تذكر.

فعلى سبيل المثال أجرى الباحث (Pomacóndor-Hernández et al., 2013) دراسة قام فيها باستبدال المركب liquid A من النظام الرابط one-step-self-etch Adper ScotchBond SE adhesive والمكون أساساً من ماء و (Hedroxyethyl- methacrylate (HEMA) بمحلول الكلوروكسيدين CHX بتركيز 2% وتطبيقه على سطح الارتباط يلي ذلك تقييم قوة الارتباط بعد 24 ساعة، 3 أشهر، و 6 أشهر من الحفظ ضمن وسط مائي بدرجة حرارة 37°C ووجد بأن تطبيق الكلوروكسيدين على سطح الارتباط بدلاً من المركب liquid A أدى لتعزيز استقرار الارتباط والمحافظة عليه خلال فترة الدراسة.

وأرجع ذلك إلى الخصائص التي يتمتع فيها ال CHX من كونه قادراً على الارتباط مع مكونات العاج بشكل تصالبي مما يعزز قدرة المادة الرابطة على الارتشاح ضمن السطح العاجي ويساهم في حفظ استقرار هذا الارتباط مع الزمن.

ومما عزز هذه التأثيرات الإيجابية هو استعمال الباحث خلال هذه الدراسة لنظام رابط ذاتي التخریش self-etch والذي يمتاز بكونه كاره للماء Hydrophobic مما يقلل من امتصاصه له وبالتالي يقلل من ظاهرة الانحلال سواء لمكونات النظام الرابط أو لألياف الكولاجين في الطبقة الهجينة، إضافة لكون درجة الحموضة PH التي يتمتع فيها هذا النظام تجعله من الأنظمة ذات الحموضة الضعيفة والمعروفة بأن قدرتها على تفعيل الأنزيمات الحالة للبروتينات MMPs ضعيفة مقارنة مع الأنظمة ذات التخریش الكلي Total-etch (De Munck et al., 2010).

وذكرت الدراسة التحليلية التي أجراها الباحث (Montagner et al., 2014) بأن تطبيق الكلوروكسيدين بتركيز 2% كان له تأثير إيجابي على ديمومة الارتباط مع العاج سواء كان النظام الرابط المستخدم ذاتي التخریش أو كلي التخریش self or total etch.

وكما وجدت هذه الدراسة بعد تحليل المعطيات أن فعالية الكلوروكسيدين في تثبيط الأنزيمات الحالة للبروتينات MMPs تظهر حتى عند استعمال التراكيز القليلة منه كما في دراسة (Gendron et al., 1999) وذلك على مدى 6 أشهر من الحفظ ضمن وسط مائي.

ولكن بقيت قدرة هذا المركب على تحسين الأداء السريري للترميمات الراتنجية وتعزيز ديمومتها موضع جدل مما دفع الباحثين لإجراء دراسات تجريبية سريرية معشاة Randomized controlled trial RCT تختبر سلوكية هذا المركب على فترات زمنية طويلة نسبياً ضمن الحفرة الفموية ومن هذه الدراسات دراسة أجراها الباحث (Montagner et al., 2015) على 42 مريضاً لدى كلٍ منهم على الأقل اثنان من الآفات العنقية غير النخرية non-carious cervical lesions متبعاً تقنية الفم المشطور split-mouth وقام بعدها بمتابعة الترميمات بعد أسبوع ثم بعد 6 أشهر فوجد بأن تطبيق الكلوروكسيدين بتركيز 2% بعد التخریش

الحمضي لم يبد أي فروق دالة إحصائية مقارنة مع المجموعة الشاهدة خلال فترة الدراسة وإنما زاد من عدد خطوات التطبيق السريري للترميمات.

C. Tetracycline :

إن Tetracycline و Minocycline و Doxycycline هي من عائلة الصادات الحيوية واسعة الطيف بالإضافة إلى أن لها خواصاً خالبةً موجبةً تجعل منها مواداً مثبطةً لل MMPs .

حيث قام (Loguercio et al., 2016) بتطبيق محلول من minocycline بتركيز 2% وزناً لمدة 15 ثانية بعد التخريش الحمضي وتبين بأن له القدرة على تعزيز الارتباط بشكل آني وحافظ على استقراره خلال مدة الدراسة وهي 24 شهراً.

ويعود السبب في قدرتها على التثبيط في كونها تستطيع أن تخلب شوارد الكالسيوم Ca والزنك Zn الضرورية لتحويل هذه الأنزيمات لشكلها الفعال (Nagase et al., 2006)

رابعاً : تعديل بروتوكولات تطبيق الأنظمة الرابطة

Modification of the bonding protocols

اقترحت بعض الدراسات الحديثة تعديلات في بروتوكولات تطبيق الأنظمة الرابطة والتي من شأنها أن تمنح الارتباط بين العاج والترميمات الراتنجية المزيد من القوة والمتانة سواء بشكل آني أو على المدى البعيد.

ومن هذه الدراسات (Muñoz et al., 2014) و (Sezinando et al., 2015) والتي قامت على فكرة تطبيق راتنج كاره للماء (HelioBond) بعد تطبيق المادة الرابطة Bond ويتبع ذلك تطبيق تيار هوائي خفيف جداً للحصول على طبقة رقيقة من المادة الرابطة حيث وجد الباحثون بأن هذه الطبقة الإضافية من الراتنج أضافت مونوميرات كارهة للماء دون إضافة محلات unsolvated hydrophobic monomers والذي قلل من تركيز المحلات المتبقية في المادة الرابطة المطبقة قبلها وكما قلل من تركيز المونوميرات غير المتفاعلة فيها

وبالتالي فإن هذا الأمر يجعل من الطبقة الهجينة ذات كثافة أعلى ويكسبها مقاومة أكبر لقوى الشد ويقلل من الاهتراء الحادث مع الزمن.

وفي دراسة (Oliveira et al., 2014) أوضح الباحثون بأن تطبيق طبقة مضاعفة من النظام الرابط الذاتي التخریش one-step self-etch adhesive ساعد على تشكيل اندخالات أطول ضمن العاج longer resin tags أكثر من تطبيق طبقة واحدة منه سواء على العاج السليم أو العاج مخسوف الأملاح الأمر الذي ساعد على تقليل انحلالية النظام الرابط مع الزمن.

والمقاربة الثالثة التي اقترحها الباحثون كانت تقوم على استعمال تقنية Ethanol-wet- bonding (EWB) حيث أثبت (Venigalla et al., 2016) بأن تجفيف سطح العاج بعد التخریش الحمضي بواسطة محلول Ethanol بتركيز 50% ثم بتركيز 100% لمدة 10 ثواني كان له تأثير ملحوظ في زيادة فعالية الارتباط بعد 24 ساعة وبعد 6 أشهر من الحفظ ضمن اللعاب الصناعي بدرجة حرارة 37°C .

فسر الباحثون هذا التأثير الإيجابي للكحول Ethanol على قوة الارتباط بأن استخدامه ساعد على زيادة قدرة المونوميرات الراتنجية على الارتشاح لقدرته على تبخير جزيئات الماء من الفراغات بين ألياف الكولاجين وكما أنه ساعد على تعزيز تماثر الراتنجات في النظام الرابط.

أما المقاربة الرابعة فقد تم اقتراحها من قبل (Malekipour et al., 2016) حيث قامت هذه الدراسة بتقييم تأثير درجة حرارة الماء المستخدم في غسيل العاج قبل تطبيق المادة الرابطة على قوة الارتباط بين العاج والنظام الرابط

فقام الباحثون بعد تطبيق التخریش الحمضي بإجراء غسيل للعاج باستخدام الماء المقطر الدافئ (بدرجة حرارة 50°C) ثم البارد (بدرجة حرارة 5°C) ثم بدرجة حرارة الغرفة (22°C) لمدة 20 ثانية وبعدها تمت مقارنة النتائج بين المجموعات وتبين بأنه عند استعمال النظام الرابط المعتمد على التخریش الكلي Total-etch (etch-and-rinse) فإن تطبيق الماء الدافئ في الغسيل عقب التخریش أدى إلى زيادة طاقة السطح العاجي وتعزيز قدرة المادة

الرابطية على ترطيب هذا السطح wettability وكما زاد من مقدار ارتشاح المونوميرات الراتنجية وتعزيز قدرتها على التماثر مما يساهم في تحسين قوة الارتباط وتدعيم الطبقة الهجينة. ولابد من الذكر بأن هذه التقنيات سهلة نسبياً وقابلة للتطبيق سريرياً بهدف تحسين المقومات الميكانيكية للارتباط ما بين الترميمات الراتنجية والسطوح العاجية ولكنها بحاجة لدراسات أكثر لإثبات فعاليتها.

خامساً : معالجة سطح الارتباط باستخدام الليزر

Laser treatment of substrate prior to bonding

إن معالجة سطح الميناء أو العاج المعد للارتباط قبل تطبيق النظام الرابط يعد من الطرق المتبعة في تعزيز استقرار الارتباط مع العاج. و إن الليزرين المستخدمين لهذا الهدف هما :

1- the Erbium-doped Yttrium Aluminum Garnet (Er:YAG) (Kasraei et al., 2016)

2- plasma-based lasers (Abreu et al., 2016)

ووجدت الدراسات (Han et al., 2014, Curylofo et al., 2014) بأن تأثير هذه الليزرات يتمحور في:

- 1- إزالة طبقة اللطاخة
 - 2- تبخير الماء والمكونات العضوية ضمن السطح العاجي
 - 3- زيادة مسامية السطح مما يزيد من مساحة سطح الارتباط
 - 4- تكوين محيط نشط كيميائياً من خلال تحرير زمر الكربوكسيل على السطح العاجي
- المعد للارتباط نتيجة تفاعلها مع جزيئات الماء مسببة زيادة قدرة المونوميرات الراتنجية على ترطيب السطح معززة بذلك قوة الارتباط.

سادساً : تدعيم الأنظمة الرابطة بمواد تقوي خصائصها الفيزيائية والكيميائية الحيوية بهدف الحصول على طبقة هجينة أقوى وأكثر استقراراً:

Resin matrix reinforcement with fillers and/or remineralizing agents

لا بد من الأخذ بعين الاعتبار بأن الاهتراء الحاصل في الطبقة الهجينة سببه ليس فقط اهتراء ألياف الكولاجين وإنما الانحلال الحادث لمكونات النظام الرابط مع الزمن. لذلك فإن تدعيم الأنظمة الرابطة بمواد مألئة filler أو بجزيئات نانومترية nanoparticles من شأنه أن يزيد قوة هذه الأنظمة ويقوي خصائصها الميكانيكية (Münchow and Bottino, 2017)

ومن الأمثلة على هذه المواد :

1- جزيئات الزركونيا النانومترية Zirconia nanoparticles :

ففي دراسة (Lohbauer et al., 2010) قام بإضافة جزيئات الزركونيا النانومترية بحجم (20-50 nm) مرة إلى المبدئ primer وأخرى إلى الرابط Bond لنظام رابط ثلاثي الخطوات three-step-adhesive system وذلك بتركيز مختلفة (5، 10، 15، 20 %) وزناً ووجد بأن قوة الارتباط تزداد بازدياد تركيز جزيئات الزركونيا المضافة. حيث أن هذه الإضافة جعلت النظام الرابط أشد مقاومة لظاهرة الانحلال المائي Hydrolytic phenomenon

2- الأنابيب النانومترية Nanotubes :

وتعد من المواد المألئة المستخدمة في تدعيم القالب الراتنجي للأنظمة الرابطة حيث تتكون هذه الأنابيب النانومترية من شبكات سداسية من ذرات الكربون التي تلتف حول بعضها البعض لتشكل أسطوانات ذات بنية نانومترية والتي تتمتع بالقوة والقساوة مما يعطيها حرارية وكهربائية ممتازة.

وقد اختبرت هذه التقنية في عدة دراسات وأبحاث منها دراسة (Alkatheeri et al., 2015) حيث قام بإضافة أنابيب سيليكات الألمنيوم النانومترية أسطوانية الشكل إلى كل من النظامين

الرابطين one-step self-etch و two-step etch-and-rinse ودرس تأثيرها على مقاومة قوى القص عند الارتباط مع العاج ووجد بأن إضافة هذه النبببات بتركيز أكثر من 20 % للنظام كلي التخريش وبتركز أكثر من 10 % للنظام ذاتي التخريش أدى لزيادة قوة الارتباط بشكل ملحوظ ضمن المجموعات المختبرة مقارنة مع المجموعة الشاهدة.

ولقد أوضح على جانب هذا البحث بأن هذه التقنية لا تسمح فقط بتدعيم الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للقالب الراتنجي للنظام الرابط فقط وإنما يمكن الاستفادة من البنية الأسطوانية الجوفاء cylindrical hollow لهذه النبببات في تغليف الجزيئات والمعادن والمواد المثبطة للتحلل البروتيني

وهذا ما تم اختباره في دراسة (Feitosa et al., 2014) حيث قام بتغليف ال doxycycline - باعتباره من مثبطات ال MMPs - باستخدام هذه النبببات النانومترية الأسطوانية الجوفاء ومن ثم إضافته إلى مكونات النظام الرابط فلو حظ بأن ال doxycycline استطاع أن يثبط ال MMP-1 بشكل فعال مقارنة مع المجموعة الشاهدة دون التأثير على قوة الارتباط.

3- الفلور Florin :

لقد ناقشت العديد من الدراسات قدرة الفلور على تعزيز قوة الارتباط وتبين بأن للأنظمة الرابطة المدعمة بالفلور القدرة على ذلك من خلال تقوية الطبقة الهجينة وجعلها أكثر مقاومة لانخساف الأملاح المعدنية وتعزيز عمليات إعادة التمدن فيها لمقاومة النخور الثانوية

وقد وجدت دراسة (Shinohara et al., 2009) بأن الأنظمة الرابطة المدعمة بالفلور زادت من قوة الارتباط بشكل ملحوظ بعد التخزين بالماء المقطر لمدة 3 أشهر بدرجة حرارة C37 حيث أن وجود الفلور في الوسط ساعد على إنشاء منطقة معدلة للحموض ضمن العاج تحارب الانخساف في الأملاح المعدنية

4- جزيئات الفضة النانومترية *Silver nanoparticles* :

حيث وجد (Torres-Mendez et al., 2017) بأن إضافة الفضة بتركيز 535ppm إلى النظام الرابط ساعد على زيادة قدرة المادة الرابطة على الترطيب wettability مما عزز من متانة الارتباط وحسن خواصه الميكانيكية

5- جزيئات النحاس النانومترية *Copper nanoparticles* :

ففي دراسة (Gutiérrez et al., 2017) أثبت بأن إضافة هذه الجزيئات بتركيز أكثر من 1 % وزناً إلى النظام الرابط two-step etch-and-rinse كان له تأثير إيجابي في إكساب النظام الرابط خصائص مضادة للجراثيم مما ساعد في الحفاظ على استقرار الارتباط مع العلاج دون التقليل من الخصائص الميكانيكية للمادة الرابطة.

6- جزيئات أوكسيد الزنك النانومترية *Zinc oxide nanoparticles* :

إن شاردة الزنك متواجدة بكثرة ضمن النظام الحيوي للجسم وهي مسؤولة عن العديد من الوظائف الحيوية الهامة ومنها تنظيم التفاعل بين الأنزيمات (Heinz et al., 2009) وكمثال على هذا الدور المهم قدرة هذه الشاردة على تثبيط الامتصاص العظمي الحادث بفعل كاسرات العظم osteoclasts مما يدل على أن لها دوراً في تشكيل وامتصاص النسيج المتمعدنة في الجسم (Hadley et al., 2010)

كما يتمتع أوكسيد الزنك بفعالية مضادة للجراثيم إذا ما كان بحجم جزيئات نانومتري (Hojati et al., 2013) مما شجع على إضافته إلى المواد المرممة السنية

ولشاردة الزنك أهمية في تأمين استقرار بروتينات القلب العضوي للعلاج فهي قادرة على الارتباط مع الليزيل وزمر الهيدروكسيل في السلاسل الجانبية للكولاجين مما يعزز استقرار البنية الحلزونية ثلاثية الأبعاد لهذه الجزيئة بطريقة مشابهة لطريقة عمل الروابط ثنائية الكبريت disulphid bonds (Rosenberg et al., 1998)

كما وجد بأن جزيئة الكولاجين تحوي 4 مواقع لربط شاردة الزنك، اثنان من هذه المواقع موجودة على أطراف الجزيئة والاثنان الآخران موجودان على بعد 126 - 206 نانومتر من النهاية

C-terminal وهي مواقع قريبة جداً من موقع ارتباط أنزيمات MMPs على هذه الجزيئة وهذا الأمر من شأنه أن يغلق هذه المواقع ويمنع تحطم الكولاجين بفعل هذه الأنزيمات. (Dzamba et al., 1993)

كما ويتمتع الزنك بدور هام جداً في تنظيم التفاعل ما بين البروتينات لكونه الشاردة المعدنية الوحيدة القادرة على تشكيل روابط بينها في حين لا تستطيع باقي الشوارد المعدنية مثل (Ca ، Mg ، Mn) القيام بمثل هذا الدور. (Heinz et al., 2009)

ولكون شاردة الزنك مسؤولة بشكل أساسي عن تنظيم فعالية ال MMPs فهذا يجعل منها هدفاً للعديد من المواد المثبطة لهذه الأنزيمات (McCall et al., 2000)

فكما ذكرنا سابقاً إن ارتفاع تركيز شاردة الزنك ضمن الوسط المحيط بالأنزيمات يسبب تغيرات شكلية في تركيبها ويسلبها فعاليتها (Alaghemand et al., 2014) ويساهم في تعزيز استقرار جزيئة الكولاجين عن طريق ارتباطه مع مواقع ارتباط هذه الأنزيمات مانعاً إياها من ممارسة دورها في حل هذه الألياف (Larsen and Auld, 1991)

ففي دراسة أجراها (Osorio et al., 2011a) استخدم نوعين من الأنظمة الرابطة singlBond و Clearfil SE-Bond وأضاف لكل منهما في المرة الأولى كلور الزنك ZnCl₂ بتركيز 2% وزناً وفي المرة الثانية أكسيد زنك ZnO نانومتري بتركيز 10% وزناً وقام بقياس تركيز مركب (The carboxyterminaltelopeptide of type I collagen) ICTP - الناتج من تحطم الكولاجين بفعل ال MMPs - في الوسط بعد 24 ساعة وأسبوع و4 أسابيع من الحفظ في ماء مقطر بدرجة حرارة 37°C وكذلك قام بإجراء اختبار لقياس مقاومة قوى الشد لمعرفة أثر هذه الإضافة على الخواص الميكانيكية للارتباط فوجد بأن إضافة الزنك إلى الأنظمة الرابطة قلل وبشكل ملحوظ من تركيز ال ICTP المتحرر في الوسط وحافظ على قوة الارتباط بشكل أفضل وخاصة عندما أضيف بشكل أكسيد زنك نانومتري.

هذه الصفات وغيرها شجعت العلماء والباحثين لإجراء دراسات أوسع حول طرق فعالة للاستفادة من خصائص هذه المادة بما يعزز الأداء السريري للترميمات الراتنجية.

الدراسات السابقة ذات الصلة بموضوع البحث:

أجرى الباحث (Alaghemand et al., 2014) دراسة قام فيها بالمقارنة ما بين قدرة الكلورهكسيدات بتركيز 0.12% وأوكسيد الزنك النانومتري على حماية ألياف الكولاجين في الطبقة الهجينة من التحطم بفعل أنزيمات التحلل البروتيني MMPs، واعتمد في دراسته على إجراء اختبار التسرب الحفافي microleakage test واختبار كيميائي مناعي نسيجي immunohistochemistry test وذلك بعد حفظ العينات لمدة 24 ساعة وأسبوع واحد.

وتبعاً لهذه الاختبارات تبين له بأن قدرة أوكسيد الزنك النانومتري على حماية ألياف الكولاجين ضمن الطبقة الهجينة كانت أكبر من خلال منعه للتسرب الحفافي بشكل ملحوظ خلال فترة الدراسة وتعزيزه للانطباق في مستوى سطح الارتباط، بينما كانت قدرة الكلورهكسيدات على تحقيق هذا الأمر أضعف ضمن التركيز المستخدم.

وأشار الباحث في نهاية دراسته إلى أهمية إجراء أبحاث أخرى تقارن بين تأثير هاتين المادتين على قوة الارتباط وديمومته على فترات زمنية أبعد من التي ناقشتها الدراسة السابقة والبحث في تأثيراتها على الخواص الميكانيكية للارتباط، وهذا ما هدفت دراستنا لتحقيقه.

وكما أجرى (Osorio et al., 2011b) دراسة للمقارنة بين تأثير الكلورهكسيدات وكلورايد الزنك ZnCl₂ و Doxycycline في تثبيط اهتراء ألياف الكولاجين في الطبقة الهجينة خلال فترة مراقبة أقصاها 3 أسابيع واعتمد في تقييم نتائجه على قياس مقدار ICTP (The carboxyterminaltelopeptide of type I collagen) المتحرر في وسط الحفظ عبر تفاعل مناعي ذاتي Radioimmunoassay ووجد بأن للـ Doxycycline القدرة على تثبيط فعالية الـ MMPs بشكل كامل، كما أن لكلورايد الزنك ZnCl₂ تأثير إيجابي في المحافظة على قوة الارتباط، بينما اقتصر تأثير الكلورهكسيدات في الـ 24 ساعة الأولى فقط.

وتبعاً لذلك كان لا بد من إجراء دراسات تقارن ما بين مادتي الكلورهكسيدات وأوكسيد الزنك النانومتري (لكونه أعطى نتائج أفضل من كلورايد الزنك في تعزيزه لقوة الارتباط) من حيث

قدرتهما على تعزيز استقرار الطبقة الهجينة خلال فترات زمنية طويلة نسبياً وتأثير كل منهما على الخواص الميكانيكية للارتباط وهذا ما تتميز به دراستنا.

الباب الثاني

المواد و الطرائق

Materials & Methods

1-2: تصميم الدراسة :

دراسة مخبرية على أسنان بشرية مقلوعة حديثاً لاختبار تأثير جزيئات أكسيد الزنك النانومتري على قوى الارتباط مع العاج وذلك بعد 24 ساعة وبعد 16 أسبوع (4 أشهر) من خلال إجراء اختبار مقاومة قوى القص shear bond strength ومقارنته مع تأثير الكلوروكسيدين لنفس الغرض.

2-2: عينة البحث:

تألفت عينة البحث من (90) سن بشرية (ضواحك مقلوعة لأسباب تقويمية) بحيث كانت هذه الأسنان خالية من النخور وسليمة من كافة العيوب التطورية. قسمت العينات إلى 6 مجموعات بحيث ضمت كل مجموعة (15) عينة، الشكل (4):



الشكل (5) : العينات ضمن كل مجموعة

2-3: مجموعات الدراسة:

بعد 16 أسبوع من التطبيق	بعد 24 ساعة من التطبيق	
D	A	المجموعة الشاهدة CG
E	B	مجموعة الكلورهكسيدات CHX
F	C	مجموعة أكسيد الزنك ZnO

المجموعة A : تم فيها تطبيق النظام الرابط من الجيل الخامس وفقاً لتعليمات الشركة المصنعة ثم أجرينا عليها اختبار SB وذلك بعد 24 ساعة من الترميم.

المجموعة B : تم تطبيق محلول الكلورهكسيدات بتركيز 2% بعد عملية التخريش وبعدها طبقنا النظام الرابط وفق تعليمات الشركة المصنعة ومن ثم أجرينا الاختبار بعد 24 ساعة من الترميم.

المجموعة C : تم تطبيق المادة الرابطة المحضرة مسبقاً وذلك بإضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري إلى المادة الرابطة وأجرينا الاختبار بعد 24 ساعة.

المجموعة D : عوملت العينات كما العينات في المجموعة A ولكن أجرينا الاختبار بعد 4 أشهر من تطبيق الترميم.

المجموعة E : عوملت العينات كما العينات في المجموعة B ولكن أجرينا الاختبار بعد 4 أشهر من تطبيق الترميم.

المجموعة F : عوملت العينات كما العينات في المجموعة C ولكن أجرينا الاختبار بعد 4 أشهر من تطبيق الترميم.

4-2: المواد والأجهزة المستخدمة في الدراسة:

– حمض فوسفور للتخريش الحمضي بتركيز 37% من شركة Ivoclar Vivadent

الشكل (6).

– مادة رابطة من الجيل الخامس (Total each)

(Adper Single Bond adhesive, 3M ESPE, U.S.A) الشكل (7) وهي مادة

وحيدة العبوة تتماثر بالتحفيز الضوئي، وتتركب من Dimethacrylate resins،

Vitrebond copolymer، مادة محفزة initiator، كحول إيثيلي Ethanol،

Colloidal Filler (10% وزناً، 5 نانومتر)، HEMA.

– المادة المرممة وهي (3M Filtek Z250 XT Nano Hybrid) بلون A2، الشكل (8)

حيث تتركب هذه المادة من مائات غير عضوية بنسبة 81.8% وزناً، تتألف من جزيئات

السيليكا بحجم جزيئات 20 نانومتر، ومن جزيئات السيليكا والزركونيا بحجم جزيئات يتراوح

بين 0.1-10 ميكرون، ومن مواد راتنجية عضوية هي BIS-GMA, UDMA,

BIS-EMA, PEGODMA, TEGDMA.



الشكل (8): المادة المرممة.

الشكل (7): المادة الرابطة من

الشكل (6): حمض فوسفور

الجيل الخامس.

37%.

– مسحوق أكسيد زنك نانومتري من شركة sigma-Aldrich بحجم جزيئات >30 نانومتر ونسبة نقاوة 99% (Saffarpour et al., 2016) الشكل (9).



		sigma-aldrich.com	
Product Name: Zn oxide nanopowder, 97%		2550 Spruce Street, Saint Louis, MO 63102, USA Website: www.sigmaaldrich.com Email USA: techsupport@sigma.com Outside USA: custserv@sigma.com	
Product Number: CAS Number: MDL: Formula: Formula Weight:		677456 1314-13-2 MFCD00011300 ZnO 81.39 g/mol	
TEST		ZnO	
Appearance (Color):		White to Yellow and Faint Green to Green and Yellow-Green	
Appearance (Form):		Powder	
8 mg Diffusion		Confirms	
Black screen Assay		Confirms	
XRD Analysis			
> 92 wt% Zn, and Aluminum (Metallic Basis)			
6W Aluminum dried			
Particle Size		< 50 nm	
DLT			
Product is Supplied as		Confirmed	
nGAL, LLC			
Specification: PRD > ZCS 1000/2003000			

الشكل (9): مسحوق من أكسيد الزنك ذي الجزيئات النانومترية.

- محلول کلورہکسیدین بترکیز 2%.

- محلول كلورامين T بتركيز 0,5 %.

- قبضة توريين صينية الصنع من شركة BEING الشكل (10).

- قبضة ميكروتور يابانية الصنع من شركة NSK الشكل (11).



الشكل (10): قبضة توربين من شركة BEING الشكل (11): قبضة ميكروتنور من شركة NSK.

– سنابل ماسية شاقفة تركيب على قبضة التوربين، وأقراص زجاجية متدرجة الخشونة تركيب على قبضة الميكروتنور الشكل (12).

– أداة بلاستيكية لتطبيق الكومبوزيت، وفراشي لتطبيق المادة الرابطة الشكل (13).

– أكريل ذاتي التماثر وقوالب لصب العينات ضمن الأكريل.

– ماصات عصير بلاستيكية شفافة مقطعة بارتفاع 2 ملم وذات قطر 5 ملم الشكل (14).

– جهاز تصليب ضوئي من النوع (LED-H , 1200 mw\cm2) من شركة COXO الشكل (15).

– جهاز TEST 114 ألماني الصنع لدراسة الارتباط عن طريق قوى القص.

– حاضنة حرارية جافة من النوع (TITANOX s.r.l via Canove n.2/a) لحفظ العينات خلال فترة الدراسة.

– حاضنة الدورات الحرارية memmert المتواجدة في قسم علم الأحياء الدقيقة في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق.

الشكل (12): السنايل المستخدمة في

البحث.



الشكل (13): أداة بلاستيكية لتطبيق

الكومبوزيت وفراشي لتطبيق المادة

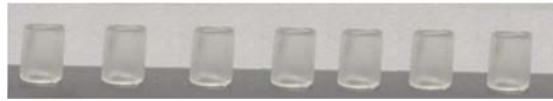
الرابطة.



الشكل (14): ماصات عصير

بلاستيكية شفافة لتطبيق ترميم

الكومبوزيت.



الشكل (15): جهاز التصليب الضوئي.



2-5: تحضير العينة وطريقة العمل:

تم حفظ الأسنان المقلوعة حديثاً ضمن محلول كلورامين T بتركيز 0,5 % وبدرجة حرارة C4 حتى البدء بالدراسة (Silva et al., 2015) (De Munck et al., 2003) .

قمنا وباستخدام سنابل شاقفة مركبة على قبضة توربين (من شركة BEING) بقطع الجذر بشكل عمودي على المحور الطولي للسن تحت الملتقى المينائي الملاطي ب 2 ملم (Saffarpour et al., 2016).

تم مزج الأكريل وصبه ضمن قوالب بلاستيكية وغمست العينات فيه بحيث أصبح السطح الدهليزي للعينة هو الظاهر باتجاه الأعلى وذلك بهدف تسهيل التعامل مع العينات.

قمنا بعدها بإزالة النسيج المينائي وكشف العاج باستخدام سنابل ماسية شاقفة مركبة على قبضة توربين مع التبريد بالماء والهواء وذلك وفق المحور الطولي للتاج وحتى الحصول على سطح عاجي مستو الشكل (16)، وعوملت السطوح العاجية المكشوفة باستخدام أقراص زجاجية متدرجة الخشونة مركبة على قبضة ميكرونتور ذات السرعة البطيئة من شركة (NSK) وذلك لمدة (60 ثانية) بهدف توحيد طبقة اللطاخة المتشكلة (Saffarpour et al., 2016).



الشكل (16): إحدى عينات البحث بعد قطع الجذر وإزالة النسيج المينائي

حضرت المادة الرابطة المراد اختبارها وفق الطريقة المذكورة في دراسات سابقة (Osorio et al., 2011a) (Alaghemand et al., 2014) حيث قمنا بخلط مسحوق أكسيد الزنك النانومتري ZnO (من شركة Sigma-Aldrich بحجم جزيئات ≥ 30 نانومتر ونسبة نقاوة 99%) بتركيز 10 % وزناً مع النظام الرابط وذلك من خلال وضع المسحوق مع المادة الرابطة ضمن أنبوب اختبار زجاجي ورج الأنبوب جيداً بشكل يدوي لمدة عشر دقائق ضمن غرفة مظلمة.

قسمت العينات بعد ذلك إلى 6 مجموعات كما تم توضيحه سابقاً وطبقنا ما يلي :

المجموعتان A، D :

1- تم تخريش السطح باستخدام حمض الفوسفور 37% لمدة 15 ثانية ثم قمنا بإجراء غسل باستخدام تيار مائي لمدة 15 ثانية يليه تجفيف السطح العاجي بلطف باستخدام تيار هوائي لمدة 5 ثوانٍ (Alaghemand et al., 2014).

2- طُبقت المادة الرابطة 3M Single bond وفق تعليمات الشركة المصنعة مع تسليط تيار هوائي لطيف لمدة 5 ثوانٍ وذلك لتبخير المحل solvent الموجود ضمنها، والتأكد من ترطيب هذه المادة الرابطة لكامل السطح العاجي وبلي ذلك تصلبها لمدة 20 ثانية (Summitt et al., 2006).

المجموعتان E،B :

1- تم تخريش السطح العاجي وغسله وتجفيفه كما سبق في المجموعتان A،D.

2- بعد عملية التجفيف قمنا بتطبيق محلول من CHX بتركيز 2% ولمدة 60 ثانية، ثم تم تجفيفه وإزالة الفائض منه باستخدام قطعة قطن (Silva et al., 2015) .

3- تم تطبيق المادة الرابطة 3M single bond وفق تعليمات الشركة المصنعة مع

تطبيق تيار هوائي خفيف لمدة 5 ثوانٍ ثم التصليب لمدة 20 ثانية (Summitt et

al., 2006).

المجموعتان F،C :

1- قمنا بتطبيق التخریش والغسل والتجفيف كما سبق في المجموعتين A، D

2- وبعد عملية التجفيف قمنا بتطبيق المادة الرابطة التي تم إضافة جزيئات أكسيد الزنك

النانومتري إليها ثم سلطنا عليها تيار هوائي خفيف مدة 5 ثوانٍ وصلبت لمدة 20 ثانية

(Summitt et al., 2006).

- بعدها تم تطبيق الترميم الراتنجي المركب على كافة العينات وذلك باستخدام ماصات

عصير بلاستيكية شفافة تم تقطيعها لتكوّن أسطوانات ذات ارتفاع 2 ملم وقطر 5 ملم *

حيث حُملت هذه الأسطوانات البلاستيكية بين الإبهام والسبابة ومُلئت بالكومبوزيت

باستخدام أداة الحشو البلاستيكية ثم طُبقت فوق السطح المدروس مع إحداث ضغط

خفيف بأداة الحشو للتأكد من الانطباق الصميمي للمادة المرممة على السطح مما أدى

لانسحاب الزوائد وخروجها خارج القالب فتمت إزالتها * وبعدها إجراء تصليب للترميم لمدة

40 ثانية وبذلك تم الحصول على ترميم ذي شكل أسطواني فوق سطح الارتباط

الشكل (17).

حيث تسمح شفافية الأسطوانات البلاستيكية المقصودة للضوء بالنفوذ من كافة جوانب

الترميم وتحقيق تصليب أفضل للراتنج.



شكل (17) : إحدى عينات البحث بعد تطبيق الترميم الراتنجي

وفيما يتعلق بالعينات التي سيجرى عليها اختبار قوى القص بعد فترة مراقبة مدتها أربعة أشهر (وهي المجموعات D,E,F) فقد تم حفظ هذه العينات ضمن ماء مقطر وبدرجة حرارة 37° C (De Munck et al., 2005) وذلك بوضع العينات خلال هذه الفترة في الحاضنة (TITANOX s.r.l via Canove n.2/a) المتواجدة في مخبر الأحياء الدقيقة في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق الشكل (18) مع الانتباه لتجديد سائل الحفظ كل أسبوع حتى نهاية فترة الدراسة.



شكل (18) : حفظ العينات ضمن حاضنة بدرجة حرارة 37° C

2-6: مرحلة تطبيق الدورات الحرارية :

قمنا قبل إجراء اختبار قوى القص على المجموعات الثلاث (D,E,F) بإجراء دورات حرارية وفق معيار ال ISO TR 1145 standard 1994. (ISO, 2003)

حيث تم وضع العينات ضمن كيس مثقب بعد إعطائها رموزاً وأرقاماً تبين المجموعة التي تنتمي لها الشكل (19) ثم غمرت بالماء المقطر وعُرضت ل 500 دورة حرارية بين (5-55°C) وذلك باستخدام حوضين مائيين، الحوض الأول هو الحاضنة الحرارية الموجودة في قسم علم الأحياء الدقيقة في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق الشكل (20) وقد تم ضبط درجة حرارتها على (55°C)، أما الحوض الثاني فهو وعاء يحوي ماءً متلجاً ضُبِطَتْ حرارته بواسطة ميزان حرارة زئبقي على الدرجة (5°C) الشكل (21)، وكانت مدة كل دورة 30 ثانية وزمن الانتقال بين الحوضين 5 ثوانٍ تقريباً، ثم عُرضت العينات لاختبار قوى القص.

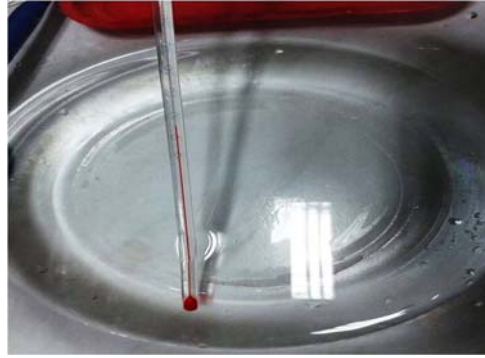


شكل (19) : وضع عينات البحث ضمن كيس مثقب قبل تعريضها للدورات الحرارية



شكل (20) : حاضنة الدورات الحرارية المتواجدة في قسم علم الأحياء الدقيقة بجامعة

دمشق



شكل (21) : وعاء يحوي ماء مثلج لتعرض العينات لدرجة حرارة 5°C

7-2: اختبار قوى القص Shear Bond Strength Test :

تم إجراء اختبار قوى القص shear Bond strength بواسطة جهاز الاختبارات الميكانيكية في كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية بجامعة دمشق (Test 114) الشكل (22) حيث تم وضع العينة ضمن قالب معدني وسط طاولة عمل الجهاز وتم إنزال رأس أداة التطبيق (الشفرة) بحيث يكون منحى تطبيق القوى مماساً لسطح الارتباط الشكل (23)، بسرعة رأس 0,5 mm\min حتى حدوث الفشل الصوتي، ثم قمنا بقراءة النتائج من لوحة الجهاز التي تسجل أعلى قيمة وصلت إليها العينة لحظة حدوث الفشل

الشكل (24)، وكتبت هذه النتائج ضمن استمارة خاصة بالبحث، وفيما بعد أجرينا تقييماً

لقوى القص بالميجاباسكال وهي القيمة المعبرة عن شدة الارتباط وفق المعادلة التالية :

$$\text{شدة الارتباط بالميجاباسكال} = \frac{\text{القوة المطبقة بالنيوتن}}{\text{مساحة سطح العينة المعرض للقص}}$$

مساحة سطح العينة المعرض للقص

حيث أن مساحة سطح العينة $= \pi r^2$ حيث أن r هي نصف قطر سطح الترميم

المرتبط بالعاج وهو يساوي 2.5 ملم وبالتالي فإن المساحة تساوي 19.625 ملم².

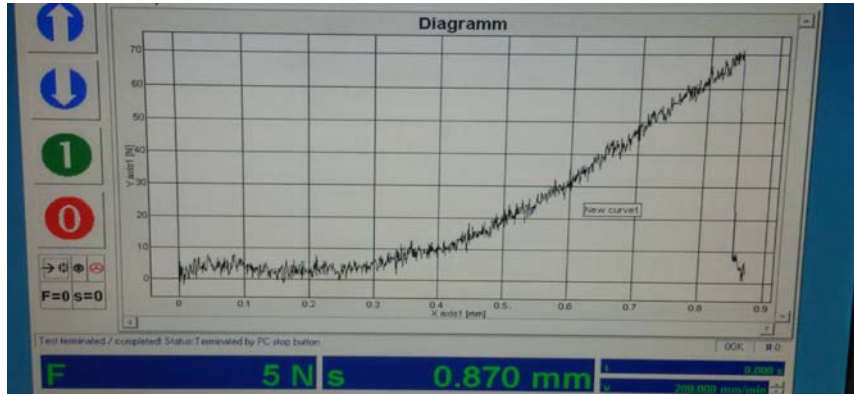


شكل (22) : جهاز Test 114 لتطبيق قوى القص في كلية الهندسة الميكانيكية

والكهربائية بجامعة دمشق



شكل (23): إحدى عينات البحث ضمن طاولة عمل الجهاز مع شفرة تطبيق القوى



شكل (24): واجهة البرنامج الناظم لعمل الجهاز والذي يقيس مقدار القوة المطبقة

وسرعة تطبيقها.

تم تسجيل النتائج ضمن جداول مخصصة، وتم إجراء الاختبارات الإحصائية باستخدام البرنامج الإحصائي SPSS الإصدار 22 وقمنا بالاختبارات الإحصائية التالية : اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعة القياسات المُجرّاة بعد يوم واحد ومجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر في عينة البحث وذلك وفقاً لطريقة التحضير المتبعة، وكما أجرينا اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعات طريقة التحضير المتبعة المدروسة (إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام

الرابط، تطبيق محلول كلورهكسيدات ثم النظام الرابط، تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة المصنعة) في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة، ولمعرفة أي مجموعات طريقة التحضير المتبعة تختلف عن الأخرى جوهرياً في قيم مقدراً قوة الارتباط (بالميجاباسكال) تم إجراء مقارنة ثنائية بطريقة **Bonferroni** لدراسة دلالة الفروق الثنائية بين كل زوج من مجموعات طريقة التحضير المتبعة في مجموعة القياسات المجراة بعد أربعة أشهر من عينة البحث.

الباب الثالث

النتائج

Results

أولاً : الإحصاء الوصفي :

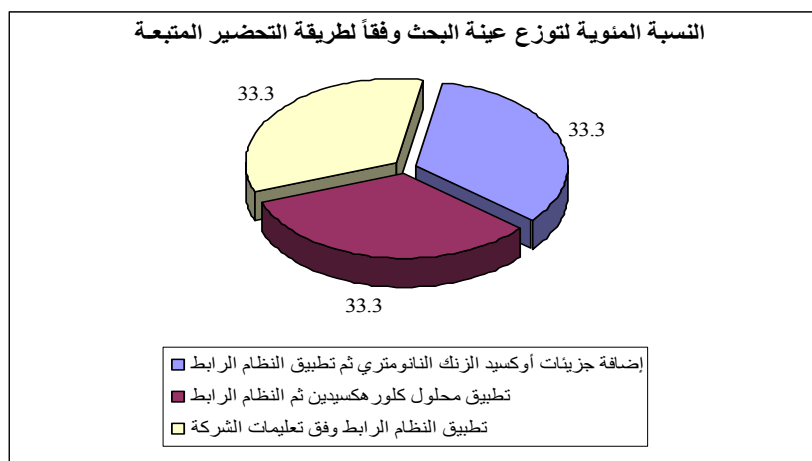
تألفت عينة البحث من 90 سناً بشرية مقلوعة حديثاً كانت مقسمةً إلى ثلاث مجموعات رئيسية متساوية وفقاً لطريقة التحضير المتبعة (إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط، تطبيق محلول كلورهكسيدات ثم النظام الرابط، تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة)، وكانت كل من المجموعات الرئيسية مقسمةً إلى مجموعتين فرعيتين اثنتين متساويتين وفقاً للفترة الزمنية المدروسة (بعد يوم واحد، بعد أربعة أشهر)، وقد كان توزع عينة البحث كما يلي:

1 – توزع عينة البحث وفقاً لطريقة التحضير المتبعة:

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

طريقة التحضير المتبعة	عدد الأسنان	النسبة المئوية
إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط	30	33.3
تطبيق محلول كلورهكسيدات ثم النظام الرابط	30	33.3
تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة	30	33.3
المجموع	90	100

مخطط رقم (1) يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لطريقة التحضير المتبعة.

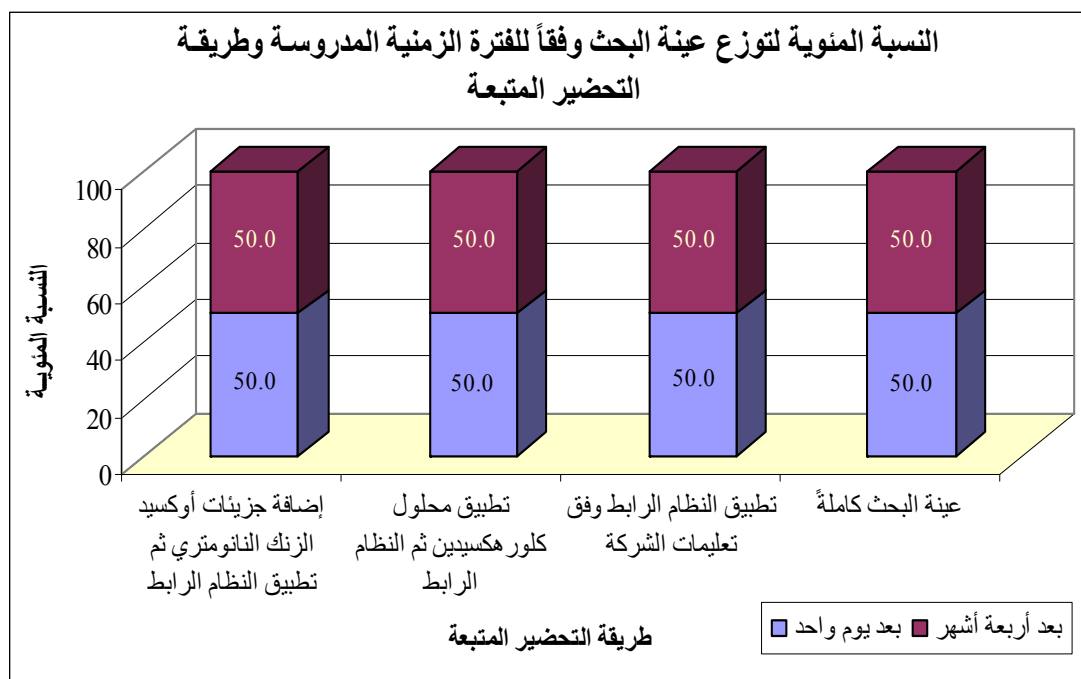


2 - توزيع عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة وطريقة التحضير المتبعة:

جدول رقم (2) يبين توزيع عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة وطريقة التحضير المتبعة

النسبة المئوية			عدد الأسنان			طريقة التحضير المتبعة
المجموع	بعد أربعة أشهر	يوم واحد	المجموع	بعد أربعة أشهر	يوم واحد	
100	50.0	50.0	30	15	15	إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط
100	50.0	50.0	30	15	15	تطبيق محلول كلور هكسيدين ثم النظام الرابط
100	50.0	50.0	30	15	15	تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة
100	50.0	50.0	90	45	45	عينة البحث كاملة

مخطط رقم (2) يمثل النسبة المئوية لتوزيع عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة وطريقة التحضير المتبعة.



ثانياً : الدراسة الإحصائية التحليلية :

تم قياس مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) لكل سن من الأسنان المدروسة في عينة البحث ثم تمت دراسة تأثير الفترة الزمنية المدروسة وطريقة التحضير المتبعة في مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) في عينة البحث وكانت نتائج التحليل كما يلي:

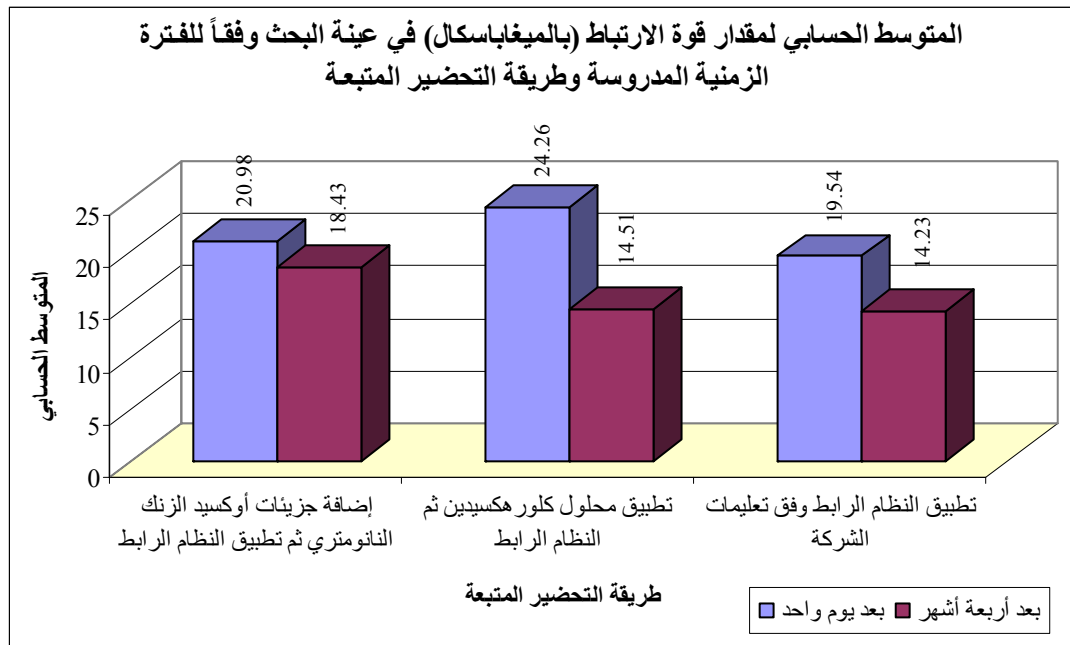
➤ دراسة تأثير الفترة الزمنية المدروسة في مقدار قوة الارتباط في عينة البحث وفقاً لطريقة التحضير المتبعة:

- تم إجراء اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعة القياسات المُجرّاة بعد يوم واحد ومجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر في عينة البحث، وذلك وفقاً لطريقة التحضير المتبعة كما يلي:

جدول رقم (3) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة وطريقة التحضير المتبعة.

المتغير المدروس = مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال)							
طريقة التحضير المتبعة	الفترة الزمنية المدروسة	عدد الأسنان	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط	بعد يوم واحد	15	20.98	6.43	1.66	8.84	29.52
	بعد أربعة أشهر	15	18.43	5.44	1.40	7.42	25.97
تطبيق محلول كلور هكسدين ثم النظام الرابط	بعد يوم واحد	15	24.26	8.61	2.22	9.56	34.21
	بعد أربعة أشهر	15	14.51	3.86	1.00	7.54	20.11
تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة	بعد يوم واحد	15	19.54	5.46	1.41	8.74	26.35
	بعد أربعة أشهر	15	14.23	3.34	0.86	7.85	19.32

مخطط رقم (3) يمثل المتوسط الحسابي لمقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة وطريقة التحضير المتبعة.



- نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة:

جدول رقم (4) يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعة القياسات المُجرّاة بعد يوم واحد ومجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر في عينة البحث، وذلك وفقاً لطريقة التحضير المتبعة.

المتغير المدروس = مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال)						
طريقة التحضير المتبعة	قيمة المحسوبة	t درجات الحرية	الفرق بين المتوسطين	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط	1.168	28	2.54	2.17	0.253	لا توجد فروق دالة
تطبيق محلول كلورهكسيدين ثم النظام الرابط	4.001	28	9.75	2.44	0.000	<u>توجد فروق دالة</u>
تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة	3.214	28	5.31	1.65	0.003	<u>توجد فروق دالة</u>

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 في مجموعة إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعة القياسات المُجرّاة بعد يوم واحد ومجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر في مجموعة إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط من عينة البحث.

أما بالنسبة لكل من مجموعة تطبيق محلول كلورهكسيدين ثم النظام الرابط ومجموعة تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعة القياسات المُجرّاة بعد يوم واحد ومجموعة القياسات

المُجْراة بعد أربعة أشهر، وذلك في كل من مجموعة تطبيق محلول كلورهكسيدين ثم النظام الرابط ومجموعة تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة على حدة في عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة نستنتج أن قيم مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) في مجموعة القياسات المُجْراة بعد يوم واحد كانت أكبر منها في مجموعة القياسات المُجْراة بعد أربعة أشهر، وذلك في كل من مجموعة تطبيق محلول كلورهكسيدين ثم النظام الرابط ومجموعة تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة على حدة في عينة البحث.

➤ دراسة تأثير طريقة التحضير المتبعة في مقدار قوة الارتباط في عينة البحث وفقاً للفترة الزمنية المدروسة:

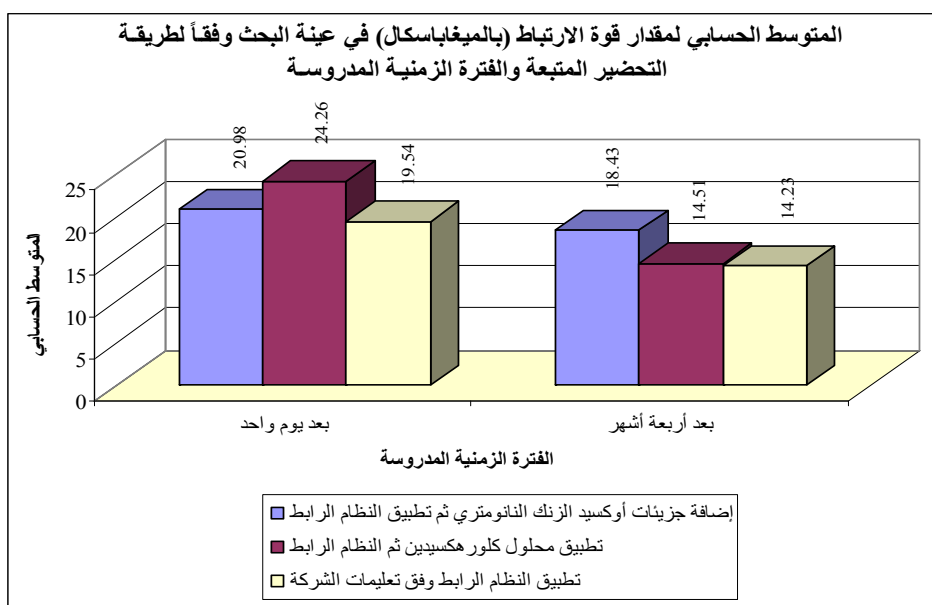
- تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعات طريقة التحضير المتبعة المدروسة (إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط، تطبيق محلول كلورهكسيدين ثم النظام الرابط، تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة) في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة كما يلي:

جدول رقم (5) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) في عينة البحث وفقاً لطريقة التحضير المتبعة والفترة الزمنية المدروسة.

المتغير المدروس = مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال)							الفترة الزمنية المدروسة
الحد الأعلى	الحد الأدنى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد الأسنان	طريقة التحضير المتبعة	
29.52	8.84	1.66	6.43	20.98	15	إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط	بعد يوم واحد
34.21	9.56	2.22	8.61	24.26	15	تطبيق محلول كلور هكسيدين ثم النظام الرابط	
26.35	8.74	1.41	5.46	19.54	15	تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة	
25.97	7.42	1.40	5.44	18.43	15	إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط	بعد أربعة أشهر
20.11	7.54	1.00	3.86	14.51	15	تطبيق محلول كلور هكسيدين ثم النظام الرابط	
19.32	7.85	0.86	3.34	14.23	15	تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة	

مخطط رقم (4) يمثل المتوسط الحسابي لمقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) في عينة

البحث وفقاً لطريقة التحضير المتبعة والفترة الزمنية المدروسة.



- نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

جدول رقم (6) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعات طريقة التحضير المتبعة في عينة البحث، وذلك وفقاً للفترة الزمنية المدروسة.

المتغير المدروس = مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال)			
الفترة الزمنية المدروسة	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد يوم واحد	1.810	0.176	لا توجد فروق دالة
بعد أربعة أشهر	4.462	0.017	توجد فروق دالة

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 في مجموعة القياسات المُجرّاة بعد يوم واحد، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعات طريقة التحضير المتبعة (إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط، تطبيق محلول كلوروكسيدين ثم النظام الرابط، تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة).

أما بالنسبة لمجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر فيُلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين اثنتين على الأقل من مجموعات طريقة التحضير المتبعة (إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط، تطبيق محلول كلوروكسيدين ثم النظام الرابط، تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة) في مجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر من عينة البحث، ولمعرفة أي مجموعات طريقة التحضير المتبعة تختلف عن الأخرى جوهرياً في قيم مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) تم إجراء المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية بين كل زوج من مجموعات طريقة التحضير المتبعة في مجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر من عينة البحث كما يلي:

- نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni:

جدول رقم (7) يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق

الثنائية في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعات طريقة التحضير

المتبعة في مجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر من عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال)						
الفترة الزمنية المدروسة	طريقة التحضير المتبعة (I)	طريقة التحضير المتبعة (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
بعد أربعة أشهر	إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط	تطبيق محلول كلورهكسيدين ثم النظام الرابط	3.92	1.57	0.050	توجد فروق دالة
	تطبيق النظام الرابط	تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة	4.20	1.57	0.032	توجد فروق دالة
	تطبيق محلول كلورهكسيدين ثم النظام الرابط	تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة	0.28	1.57	1.000	لا توجد فروق دالة

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر من القيمة 0.05 عند المقارنة في قيم مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعة إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط وكل من مجموعة تطبيق محلول كلورهكسيدين ثم النظام الرابط ومجموعة تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة على حدة في مجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعة إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط وكل من مجموعة تطبيق محلول كلورهكسيدين ثم النظام الرابط ومجموعة تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة على حدة في مجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة

أشهر من عينة البحث، وبما أن الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة نستنتج أن قيم مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) في مجموعة إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري ثم تطبيق النظام الرابط كانت أكبر منها في كل من المجموعتين المتبقيتين.

أما عند المقارنة بين مجموعة تطبيق محلول كلورهكسيدات ثم النظام الرابط ومجموعة تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة فيلاحظ أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار قوة الارتباط (بالميجاباسكال) بين مجموعة تطبيق محلول كلورهكسيدات ثم النظام الرابط ومجموعة تطبيق النظام الرابط وفق تعليمات الشركة في مجموعة القياسات المُجرّاة بعد أربعة أشهر من عينة البحث.

الباب الرابع

المناقشة

Discussion

4-1: مناقشة اختبار العينة وطريقة العمل :

قمنا في سياق هذا البحث بإجراء دراسة مخبرية لتقييم قدرة أوكسيد الزنك النانومتري على تعزيز استقرار الارتباط مع العاج ومقارنتها مع قدرة الكلوروكسيدين لذات الهدف وذلك بتطبيق اختبار قوى القص بعد يوم وبعد أربعة أشهر من تطبيق نظام رابط من الجيل الخامس ومقارنتها مع المجموعة الشاهدة التي تم تطبيق النظام الرابط فيها وفق تعليمات الشركة المصنعة.

تم حفظ العينات قبل البدء بالدراسة في محلول كلورامين T بتركيز 0,5% وبدرجة حرارة C4 وذلك لمدة لا تتجاوز 6 أشهر والهدف من استخدام الكلورامين هو منع تكاثر الجراثيم ضمن وسط الحفظ خلال الفترة الممتدة بين القلع وتطبيق الترميم ولمنع جفاف الأسنان وتخرب بنيتها (De Munck et al., 2005)

بينما تم حفظ العينات التي سيتم إجراء اختبار قوى القص عليها بعد أربعة أشهر في ماء مقطر ضمن حاضنة بدرجة حرارة C37 مع تجديد سائل الحفظ أسبوعياً (De Munck et al., 2005)

حيث تبين بأن تعريض العينات للهرم من خلال التخزين بالماء أدى لتراجع قوى الارتباط مع الزمن مما يسمح بتقييم فعالية الارتباط على المدى الطويل نسبياً وتأثير المواد المختبرة على ديمومته، فارتشاح الماء ضمن مكونات سطح الارتباط أدى إلى اهتراء كل من ألياف الكولاجين والمادة الرابطة، بالإضافة لدور الماء في منع احتكاك سلاسل البوليمير الراتنجية مع بعضها البعض وهو ما يعرف بظاهرة التلدين plasticization. (Ferracane et al., 1998)

كما وأن للماء القدرة على شطف وإزالة مونوميرات المادة الرابطة غير المتفاعلة مسبباً بذلك تقليل كتلة الراتنج في الطبقة الهجينة. (Hashimoto et al., 2002b)

قمنا باستخدام قوالب بلاستيكية جاهزة الصنع لصب العينات ضمن قوالب أكريلية موحدة الحجم وذلك بهدف سهولة التعامل معها أثناء تطبيق الترميمات وعند إجراء اختبار قوى القص.

تم إزالة النسيج المينائي من سطوح العينات باستخدام سنابل ماسية شاقة على قبضة توربينية مع التبريد بالماء والهواء لتجنب ارتفاع درجة الحرارة التي قد تضر ببنية السطح العاجي المعد

للارتباط ثم قمنا بمعالجة السطح بالأقراص الزجاجية متدرجة الخشونة الموضوعة على قبضة الميكروتور ولمدة 60 ثانية بهدف توحيد طبقة اللطاخة المتشكلة. (Saffarpour et al., 2016)

اعتمدنا في دراستنا على استخدام نظام رابط من الجيل الخامس كلي التخریش وذلك لكون هذه الأنظمة Total-etch أظهرت نتائج أفضل عند إضافة المواد المثبطة للأنزيمات الحالة للبروتينات لها أكثر من إضافتها للمواد الرابطة ذاتية التخریش self-etch (Moon et al., 2010)

وكما تعاني هذه الأنظمة بشكل أكبر من الاهتراء عند ربطها مع العاج مقارنة مع الأنظمة ذاتية التخریش Self-etch وذلك وفقاً لعدة دراسات سابقة (Koshiro et al., 2004, Osorio et al., 2011a)

وكما ذَكَرَ (Osorio et al., 2011a) فإن أنظمة التخریش الكلي تعد القاعدة الذهبية gold standard عند الربط مع النسيج المينائي فضلاً عن كونها من أكثر الأنظمة الرابطة شيوعاً و استخداماً، وإذا ما تم تجاوز مشكلة تراجع القدرة الرابطة لهذه الأنظمة عند ربطها مع النسيج العاجي فإن هذا الأمر سيساعد على تحسين الأداء السريري لها ويلغي الحاجة لتقنيات أكثر تعقيداً كالتخریش الانتقائي

ويمكن أن يُعزى هذا التراجع في قوة الارتباط مع الزمن إلى عدة أسباب:

1. إن معالجة سطح العاج باستخدام حمض الفوسفور بتركيز 37% والذي يعد ذا درجة حموضة قوية مقارنة مع الحموض المستخدمة في أنظمة التخریش الذاتي يسبب إزالة شبه كاملة لبلورات الهيدروكسي أباتيت المتوضعة بين ألياف الكولاجين في النسيج العاجي مما يؤدي لكشف المزيد من ألياف الكولاجين وجعلها عرضة لتأثير هذه الأنزيمات مع الزمن.

2. وعلى الرغم من قدرة مونوميرات المادة الرابطة على الارتشاح ضمن المسافات التي تشكلت عميقاً ضمن العاج بفعل هذا التخریش الحمضي والذي يساعد على تشكيل اندخالات tags أطول وتأسيس طبقة هجينة أكثر سماكة إلا أن مكونات هذه الأنظمة

تعد ذات طبيعة محبة للماء مما يؤدي لحدوث ارتشاح للماء ضمن مكونات سطح الارتباط مسبباً انحلال لمكونات المادة الرابطة مع الزمن وترك ألياف الكولاجين مكشوفة وغير محمية. (Koshiro et al., 2004)

3. كما وأن انخفاض درجة الـ PH بفعل التخریش الحمضي في مستوى سطح الارتباط يسبب تفعيل آلية إفراز أنزيمات الـ MMPs من قبل الخلايا المصورة للعاج والمصورة للليف المتواجدة ضمن القلب العضوي للعاج مسببة بذلك زيادة تركيزها في الوسط (Moon et al., 2010)

تم تخریش السطح العاجي باستخدام حمض الفوسفور لمدة 15 ثانية وذلك وفقاً للعديد من الدراسات والتي أكدت على أن زيادة زمن التخریش عن الزمن المنصوح به تؤثر سلباً على قوة الارتباط. (Hashimoto et al., 2002a)

استخدمت المادة المرممة نفسها في كافة المجموعات وهي الراتنج المركب من شركة (3M,ESPE,Z250,shad A2) وقد تم الاستعاضة عن استخدام القلب التفلوني في تطبيق هذه الترميمات بقلوب بلاستيكية (من ماصات عصائر شفافة) لتصنيع أسطوانات راتنجية على سطح العاج المعد للارتباط وذلك استفادة من دراسة الباحثة رنا سعد من قسم طب الأطفال في جامعة دمشق * - علماً أن الهدف من استخدام القوالب هو توحيد مساحة السطح المعد للارتباط - وتمتاز هذه القوالب بكونها تحقق الأمور التالية * :

1. انطباق صميمي بين المادة المرممة والسطح بشكل أفضل من استخدام القلب التفلوني.
 2. القيمة الاقتصادية التي تكاد تكون معدومة لماصات العصائر وتوافرها للجميع.
 3. تسمح شفافية الماصات بنفوذ الضوء من جميع جوانب الترميم لتحقيق تصليب أفضل.
 4. بالإضافة إلى إمكانية التصليب مباشرة في منطقة ارتباط الكومبوزيت مع العاج في حين أن ضوء التصليب عند استخدام القلب التفلوني يمر عبر كامل كتلة الكومبوزيت.
- تم استخدام التركيز 2% من مركب الكلوروكسيدين CHX وتطبيقه لمدة 60 ثانية بعد التخریش الحمضي وذلك حسب توصيات المراجعة المنهجية (Moon et al., 2010)

2-4: مناقشة نتائج اختبار قوى القص بعد 24 ساعة من تطبيق المادة الرابطة :

أولاً : عند إجراء اختبار قوى القص على المجموعات الثلاث بعد 24 ساعة من تطبيق الترميم تبين بأن قوى القص في المجموعة التي تم تطبيق ال CHX فيها كانت أكبر مقارنة مع المجموعة التي أضيفت فيها جزيئات أكسيد الزنك النانومتري للمادة الرابطة والمجموعة الشاهدة ولكن الفروق لم تكن ذات دلالة إحصائية.

اتفقت هذه النتيجة مع دراسة (Silva et al., 2015) الذي وجد زيادة في مقدار قوة القص عند استخدام الكلورهكسيدين 2% بعد التخریش الحمضي بحمض الفوسفور 37% وتطبيق نظام رابط جيل خامس (SingleBond 3M,ESPE) وحفظ العينات في وسط مائي لمدة 24 ساعة بدرجة حرارة 37°C مقارنة مع المجموعة التي لم يُطبَّق فيها الكلورهكسيدين.

كما واتفقت أيضاً مع دراسة (Osorio et al., 2011c) حيث وُجِدَ بأن مقدار الاهتراء في ألياف الكولاجين الحادث بعد إضافة الكلورهكسيدين 2% للوسط أقل بكثير من مقدار الاهتراء الحادث في العينات المحفوظة في الوسط الخالي من هذا المركب وذلك بعد 24 ساعة.

واتفقتنا في نتائجنا مع (Osorio et al., 2011b) والتي وجد فيها بأن للكلورهكسيدين القدرة على تعزيز قوة الارتباط بعد 24 ساعة من تطبيق المادة الرابطة وذلك بتخفيض كمية ألياف الكولاجين المتحطمة بفعل الأنزيمات بمقدار يقارب 18-26% من مجمل كمية الكولاجين الموجودة ضمن القالب العضوي للعينات المدروسة.

ويُعزى كون الفروق في دراستنا لم تكن ذات دلالة إحصائية في حين كانت ذات دلالة إحصائية في الدراستين الأخيرتين إلى عدة أسباب :

a. لقد قامت هذه الدراسات بإضافة أنزيم MMP-2 مفعّل لأوساط الحفظ وذلك لتفادي

مشكلة الاختلاف في تركيز هذا الأنزيم بين العينات المستخدمة في الدراسة.

b. اعتمدنا في دراستنا على تطبيق اختبار قوى القص shear bond strength لمعرفة

تأثير هذا المركب على استقرار الارتباط مع العاج في حين اعتمدت الدراستين

السابقتين (Osorio et al., 2011c) و (Osorio et al., 2011b) على قياس

تركيز مركب ICTP المتحرر نتيجة تحطم ألياف الكولاجين بفعل أنزيمات الـ MMPs كدليل على فعالية هذه المركبات أو تثبطها بفعل المركبات المدروسة.

وهذه النتائج تدعم النظريات التي تؤكد أن للكلوروكسيدين القدرة على تثبيط أنزيم MMP-2 بشكل خاص وأنزيمي MMP-8-9 بشكل عام (Garnero et al., 2003).

ثانياً : يمكننا أن نستنتج من نتائج الدراسة الإحصائية أن إضافة أكسيد الزنك النانومتري إلى المادة الرابطة لم يؤثر سلباً على قوة الارتباط وهذا ما يتوافق مع دراسة (Saffarpour et al., 2016)

وكما اتفقت نتائجنا مع دراسة (Osorio et al., 2011b) باستثناء كون الفروق لم تكن ذات دلالة إحصائية في دراستنا عند مقارنتها مع مجموعتي الكلوروكسيدين والشاهدة والسبب في ذلك كما ذكرنا سابقاً هو اعتماد هذه الدراسة على تقييم تأثير هذه المركبات من خلال قياس تركيز مركب الـ ICTP وهو اختبار أكثر حساسية لقياس فعالية الأنزيمات من الاختبارات الميكانيكية.

وأيضاً جاءت النتائج مؤيدة لدراسة (Osorio et al., 2011a) بذات الشروط السابقة والذي وجد بأن قوة الارتباط كانت نفسها في كل من المجموعتين التي استخدم فيها النظام الرابط من الجيل الخامس بدون إضافة أكسيد زنك ومع إضافته بعد 24 ساعة.

4-3: مناقشة نتائج اختبار قوى القص بعد 4 أشهر من تطبيق المادة الرابطة :

أولاً : لقد تبين عند مقارنة نتائج اختبار قوى القص على المجموعة الشاهدة في كلا الزمنين (بعد 24 ساعة و بعد 4 أشهر) وجود فروق ذات دلالة هامة إحصائياً في مقدار قوى الارتباط مما يدل على حدوث اهتراء في النظام الرابط و تراجع لاستقرار هذا الارتباط مع مرور الزمن. اتفقت هذه النتائج مع دراسة (Hashimoto et al., 2003) وزملائه التي أكدت على حدوث تغيرات شكلية في ألياف الكولاجين في سطح الارتباط وانحلال واضح في راتنجات المادة الرابطة خلال عام من الحفظ ضمن وسط مائي.

كما تتفق مع نتائج دراسة (Pashley et al., 2004) حيث لاحظ حدوث تحطم شبه تام لشبكة الألياف الكولاجينية ضمن القالب العضوي للعاج المرتبط بعد مرور 250 يوماً من الحفظ ضمن اللعاب الصناعي.

ثانياً : نلاحظ من خلال المقارنة بين قوى الارتباط في مجموعة أوكسيد الزنك النانومتري ومجموعتي الكلوروكسيدين والشاهدة بأن لأوكسيد الزنك النانومتري القدرة على المحافظة على استقرار الارتباط مع العاج خلال فترة الدراسة وذلك بفروق ذات دلالة إحصائية.

وتتفق هذه النتائج مع الدراسة التي أجراها (Osorio et al., 2011a)

كما وتتفق مع دراسة (Osorio et al., 2011b) والتي تثبت بأن تأثير الكلوروكسيدين في تعزيز الارتباط كان محصوراً في الـ 24 ساعة الأولى بعد تطبيق النظام الرابط في حين استمر تأثير أوكسيد الزنك النانومتري طيلة فترة الدراسة والتي استمرت 3 أسابيع.

حيث يعرف أوكسيد الزنك بأنه أوكسيد مذذب amphoteric oxide غير ذوّاب في الكحول ولا في الماء وإنما يذوب في الحموض مما يجعل انحلاله في مستوى الارتباط العاجي الراتنجي أسهل وأكثر فعالية. (Spero et al., 2000)

وكما أن حجم الجزيئات النانومتري يساعد في ارتشاح هذا المركب بشكل أعمق ضمن ألياف الكولاجين في السطح العاجي مخسوف الأملاح. وقد تبين بالفحص بالمجهر الإلكتروني أن جزيئات أوكسيد الزنك النانومتري ترتشح بشكل اصطفائي وتتركز أسفل الطبقة الهجينة بتماس

مباشر مع السطح العاجي مما يجعل هذا السطح يظهر وكأنه مغطى بطبقة واقية من الرسابة المعدنية وهذا ما يدعونا للقول بأن للزنك تأثيراً وقائياً على الأنسجة المتمعدنة. (Hoppe et al., 2011)

وهو يقوم أيضاً بحماية بذور بلورات الهيدروكسي أباتيت المتبقية ضمن السطح العاجي بين ألياف الكولاجين المكشوفة مما يتيح لها الفرصة بإعادة التمدن وترميم ذاتها (Liu et al., 2011)

ثالثاً: قدرة الكلوروكسيدين على المحافظة على استقرار الارتباط مع العاج على المدى الطويل نسبياً أضعف من قدرة أوكسيد الزنك النانومتري على تحقيق ذات الهدف والسبب هو ما أوضحه الباحثون أنه على الرغم من أن الكلوروكسيدين يرتبط مع العاج مخسوف الأملاح بشكل وثيق بفعل الشحنتين الموجبتين اللتين ترتبطان مع الشحنات السالبة الموجودة على ألياف الكولاجين و زمر الكربوكسيل في بروتينات القلب العضوي والذي ينتج عنه ترسب هذا المركب بشكل تدريجي ضمن القلب العاجي مخسوف الأملاح (Kim et al., 2010) إلا أنه قد يحدث تسرب وإزالة لهذا المركب خارج القلب العضوي عن طريق التنافس الانتقائي لباقي الشوارد الموجودة في الوسط مما يضعف تأثيره. (Silva et al., 2015)

الباب الخامس

الاستنتاجات

conclusions

نستنتج ضمن محدوديات هذا البحث ما يلي :

1. لم تؤثر إضافة جزيئات أكسيد الزنك النانومتري بتركيز 10% وزناً بشكل سلبي على قوة الارتباط ولم تسبب أي نقصان يذكر في قيمتها وذلك بعد 24 ساعة من تطبيق النظام الرابط.
2. كان لتطبيق محلول الكلوروكسيدين 2% عقب التخریش الحمضي لمدة 60 ثانية أثراً في تعزيز قوة الارتباط مع النسيج العاجي وذلك بعد 24 ساعة من التطبيق.
3. حدوث اهتراء في النظام الرابط وتراجع لمقدار قوة الارتباط مع مرور الزمن حتى مع غياب وجود الجراثيم.
4. أدت إضافة أكسيد الزنك النانومتري إلى النظام الرابط من الجيل الخامس إلى تعزيز قوة الارتباط وتقليل الاهتراء الحادث فيه خلال فترة الدراسة (4 أشهر).
5. كانت قدرة أكسيد الزنك النانومتري على تعزيز استقرار الارتباط مع العاج على المدى البعيد أكبر من قدرة الكلوروكسيدين في تحقيق ذلك.

الباب السادس

التوصيات و المقترحات

Recommendations & Suggestions

نوصي ضمن محدوديات هذه الدراسة بما يلي :

- ✓ تبني الشركات المصنعة للأنظمة الرابطة فكرة إضافة مسحوق من أكسيد الزنك النانومتري بتركيز 10% وزناً إلى هذه الأنظمة و ذلك لتحسين أدائها وتعزيز قدرتها على تأسيس ارتباط أكثر ديمومة مع العاج.
- ✓ نوصي الممارسين السريريين بالاطلاع على الدراسات الحديثة واتباع الإجراءات التي تقترحها لتطوير أدائهم السريري وتقديم أفضل الخيارات العلاجية للمريض وأكثرها ديمومة.
- ✓ التزام تعليمات الشركات المصنعة فيما يتعلق ببروتوكولات تطبيق الأنظمة الرابطة المنتجة من قبلها.

نقترح في صدد هذه الدراسة المخبرية الأمور التالية :

- ✓ إجراء بحوث مستقبلية تدرس تأثير أكسيد الزنك النانومتري وفعاليته في تعزيز الارتباط من النواحي السريرية.
- ✓ نقترح دراسة تأثير هذه المادة على فترات زمنية أطول من التي ناقشتها دراستنا.
- ✓ لابد من إجراء دراسات تبحث تأثير أكسيد الزنك على نواحي سريرية أخرى غير قوة الارتباط كالحاجة لمعرفة انعكاس هذه الإضافة على لون ترميمات الكومبوزيت وعلى صحة النسج حول السنية.
- ✓ ومن الضروري أن تجري الشركات المصنعة اختبارات حول إضافة أكسيد الزنك النانومتري على المادة الرابطة لمعرفة هل لهذا الأمر تأثيرات تقنية غير مرغوبة كالتأثير على فترة صلاحية هذه المنتجات أو غير ذلك.
- ✓ نقترح إجراء أبحاث حول فعالية إضافة أكسيد الزنك إلى أنظمة رابطة ذاتية التخريش على المدى البعيد.
- ✓ نقترح إجراء أبحاث حول تقنيات أخرى ومواد أخرى تمتلك القدرة على تثبيط أنزيمات التحلل البروتيني وتعزز استقرار الارتباط مع العاج على المدى الطويل.

الباب السابع

الملخصات

Summary

الملخص باللغة العربية :

المقدمة: إن تزايد الاعتماد على الترميمات الراتنجية في المعالجات السنية استدعى تطوير الأنظمة الرابطة وتعزيز قدرتها على تحقيق ارتباط أكثر ديمومة وخاصة مع النسيج العاجي الذي يعاني من مشكلة تدهور الارتباط مع مرور الزمن بفعل أنزيمات التحلل البروتيني الداخلية المعدنية MMPs.

الهدف: تهدف هذه الدراسة المخبرية لتقييم قدرة أكسيد الزنك النانومتري على تعزيز قوة الارتباط مع العاج على المدى البعيد، ومقارنة تأثيره مع تأثير مركب الكلوروكسيدين بتركيز 2% لتحقيق ذات الهدف.

المواد والطرق : تم جمع 90 ضاحك بشري سليم، ثم فُصلَ التاج عن الجذر في هذه العينات تحت مستوى الملتقى المينائي الملاطي بمقدار 2 ملم باستخدام سنابل ماسية وبعد ذلك تم وضع العينات ضمن قواعد أكريلية وإزالة النسيج المينائي لكشف سطوح عاجية مستوية كما تم معالجة هذه السطوح باستخدام الأقراص الزجاجية لتوليد طبقة لطاخة.

قسمت العينات بعد ذلك بشكل عشوائي إلى ست مجموعات :

المجموعتين (A,D) تم تطبيق نظام رابط من الجيل الخامس أُضيف إليه مسحوق من أكسيد الزنك النانومتري بتركيز 10% وزناً.

المجموعتين (B,E) تم تطبيق سائل من الكلوروكسيدين 2% لمدة 60 ثانية بعد التخريش الحمضي والغسل ثم قمنا بتطبيق المادة الرابطة من الجيل الخامس.

المجموعتين (C,F) تم تطبيق النظام الرابط من الجيل الخامس وفق تعليمات الشركة المصنعة.

تلا ذلك وضع ترميم من الكومبوزيت أسطواني الشكل على السطوح العاجية المكشوفة باستخدام ماصات العصائر الشفافة.

قسمت المجموعات إلى قسمين بحيث أجري اختبار قوى القص على المجموعات (A,B,C) بعد 24 ساعة من تطبيق الترميمات وعلى المجموعات (D,E,F) بعد 4 أشهر من الحفظ ضمن ماء مقطر بدرجة حرارة 37°C وإجراء دورات حرارية قبل تعريض هذه العينات للاختبار في كلية الهندسة الكهربائية والميكانيكية في جامعة دمشق وذلك بهدف تحديد مقدار قوة

الارتباط بالميجاباسكال في كل من هذه المجموعات. تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS بإصداره رقم 22 وتم تطبيق اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة واختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA واختبار Bonferroni عند مستوى الدلالة ($p < 0.05$).

النتائج : بمقارنة قيم قوى القص في كل من المجموعة الشاهدة ومجموعة الكلوروكسيدين عند تطبيق الاختبار بعد 24 ساعة وبعد 4 أشهر من تطبيق الترميمات تبين وجود فروق دالة إحصائية في مقدار قوة الارتباط في حين لم تظهر مجموعات أوكسيد الزنك النانومتري فروقاً ذات دلالة إحصائية.

جاءت قوى القص في مجموعة الكلوروكسيدين عند تطبيق الاختبار بعد 24 ساعة أكبر مقارنة مع مجموعتي أوكسيد الزنك النانومتري والمجموعة الشاهدة حيث بلغ متوسط قوة الارتباط 24.25 ميغاباسكال.

لم تسبب إضافة أوكسيد الزنك النانومتري تراجع في قوى القص بعد 24 ساعة وذلك عند مقارنتها مع نتائج المجموعة الشاهدة. وبالمقابل كانت نتائج اختبار قوى القص في مجموعة أوكسيد الزنك النانومتري بعد 4 أشهر أكبر مقارنة مع مجموعتي الكلوروكسيدين والمجموعة الشاهدة.

الاستنتاجات : نستنتج مما سبق وجود تراجع ملحوظ في مقدار قوة الارتباط خلال فترة الدراسة ضمن المجموعة الشاهدة ومجموعة الكلوروكسيدين كدليل على حدوث اهتراء في النظام الرابط. لم تؤثر إضافة أوكسيد الزنك النانومتري إلى المادة الرابطة سلباً على قوة الارتباط كما وتبين بأن لهذه المادة القدرة على تعزيز استقرار الارتباط مع النسيج العاجي على المدى البعيد، وفاقته قدرة أوكسيد الزنك النانومتري قدرة مركب الكلوروكسيدين على تحقيق هذا الأمر حيث اقتصر تأثير هذا المركب على تعزيز الارتباط خلال 24 ساعة الأولى من تطبيق النظام الرابط.

A comparative study of the Long-term effect of ZnO nanoparticles on the durability of dentin bond strength

Introduction: The increased reliance on resin restorations in dental treatments has necessitated the development of bonding systems and the improvement of their ability to achieve a long-term bond with dentin, which suffers from degradation over time by the action of Matrix metalloproteinase enzymes MMPs.

The aim of the study: evaluation of the long term effect of Zinc Oxide nanoparticles on the durability of dentin bond strength, and to compare its efficiency with Chlorhexidine 2%.

Materials & Methods: non-carious 90 extracted human third molars and premolars were collected.

They were cut 2mm apically of the CEJ. The crowns were mounted into resin blocks, and the buccal surfaces were flattened to remove enamel and expose dentin surfaces covered with smear layer.

The specimen was divided into six groups:

Group (A,D) Single Bond + 10%ZnO nanoparticles was used.

Group (B, E) a solution of Chlorhexidine 2% was applied for 60 seconds after acid etching.

Group (C, F) the bonding system was applied according to the manufacturer's instructions.

Cylindrical posts of composite resin were built using transparent plastic molds.

Shear Bond strength test was applied after 24 hours in groups (A,B,C) and after 4 months water aging in temperature degree of 37C and thermo cycling in groups (D,E,F).). Results were statistically analyzed

using SPSS program edition 22 by independent student T , one-Way ANOVA and Bonferroni tests at significance level($p < 0.05$).

Results:

- After 24 hours:

The shear bond strength values in Chlorhexidine group were the greatest among other groups (24.25 mpa).

Adding ZnO nanoparticles didn't affect bond strength values negatively.

- After 4 months:

The shear bond strength values in ZnO group were the greatest (18,43 mpa) in comparative with Chlorhexidine (14.51mpa) and the control group (14.23 mpa).

Conclusion: : There was a significant decrease in bond strength values within the control and chlorhexidine groups during the study period as evidence of degradation of bonding system.

The addition of zinc oxide nanoparticles to the bonding system did not affect the bond strength negatively.

ZnO has the ability to enhance the long term stability of the hybrid layer.

The ability of zinc oxide nanoparticles exceeded the efficiency of Chlorhexidine to achieve this purpose, because the effect of it limited just for 24 hours.

الباب الثامن

المراجع

References

المراجع العربية :

*سعد. رنا، دراسة مقارنة لشدة ارتباط المادة الرابطة ذاتية التخریش مع المادة الرابطة التقليدية على ميناء الأسنان المؤقتة والدائمة مع وبدون تحضير الميناء (دراسة مخبرية) (ماجستير)، سورية، جامعة دمشق، 2013، ص 49-50.

المراجع الأجنبية :

ABREU, J. L. B. D., PRADO, M., SIMÃO, R. A., SILVA, E. M. D. & DIAS, K. R. H. C. 2016. Effect of non-thermal argon plasma on bond strength of a self-etch adhesive system to NaOCl-treated dentin. *Brazilian dental journal*, 27, 446-451.

ALAGHEMAND, H., ESMAEILI, B., FIROUZ, P., SOLTANI, M. H., ROUHANINASAB, M. & BIJANI, A. 2014. A comparative study of the preventive effect of chlorhexidine o. 12% and nano zinc oxide particles on the distraction of collagen scaffolding of the hybrid layer by two immunohistochemistry and microleakage tests. *Dentistry and Medical Research*, 2, 33.

ALKATHEERI, M. S., PALASUK, J., ECKERT, G. J., PLATT, J. A. & BOTTINO, M. C. 2015. Halloysite nanotube incorporation into adhesive systems—effect on bond strength to human dentin. *Clinical oral investigations*, 19, 1905-1912.

BLACKBURN, R. S., HARVEY, A., KETTLE, L. L., MANIAN, A. P., PAYNE, J. D. & RUSSELL, S. J. 2007. Sorption of chlorhexidine on cellulose: mechanism of binding and molecular recognition. *The Journal of Physical Chemistry B*, 111, 8775-8784.

BRESCHI, L., GOBBI, P., LOPES, M., PRATI, C., FALCONI, M., TETI, G. & MAZZOTTI, G. 2003. Immunocytochemical analysis of dentin: A double-labeling technique. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 67, 11-17.

BRESCHI, L., MAZZONI, A., RUGGERI, A., CADENARO, M., DI LENARDA, R. & DORIGO, E. D. S. 2008. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *dental materials*, 24, 90-101.

CARRILHO, M., GERALDELI, S., TAY, F., DE GOES, M., CARVALHO, R., TJÄDERHANE, L., REIS, A., HEBLING, J., MAZZONI, A. & BRESCHI, L. 2007. In vivo preservation of

- the hybrid layer by chlorhexidine. *Journal of dental research*, 86, 529-533.
- CURYLOFO, F. A., MESSIAS, D. C. F., SILVA-SOUSA, Y. T. C. & SOUZA-GABRIEL, A. E. 2014. Bond strength of restorative material to dentin submitted to bleaching and Er: YAG laser post-treatment. *Photomedicine and laser surgery*, 32, 495-499.
- DE MUNCK, J., MINE, A., VAN DEN STEEN, P. E., VAN LANDUYT, K. L., POITEVIN, A., OPDENAKKER, G. & VAN MEERBEEK, B. 2010. Enzymatic degradation of adhesive-dentin interfaces produced by mild self-etch adhesives. *European journal of oral sciences*, 118, 494-501.
- DE MUNCK, J., VAN MEERBEEK, B., YOSHIDA, Y., INOUE, S., VARGAS, M., SUZUKI, K., LAMBRECHTS, P. & VANHERLE, G. 2003. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *Journal of dental research*, 82, 136-140.
- DE MUNCK, J. D., VAN LANDUYT, K., PEUMANS, M., POITEVIN, A., LAMBRECHTS, P., BRAEM, M. & VAN MEERBEEK, B. 2005. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of dental research*, 84, 118-132.
- DIKMEN, B., GURBUZ, O., OZSOY, A., EREN, M. M., CILINGIR, A. & YUCCEL, T. 2015. Effect of different antioxidants on the microtensile bond strength of an adhesive system to sodium hypochlorite-treated dentin. *J Adhes Dent*, 17, 499-504.
- DZAMBA, B. J., WU, H., JAENISCH, R. & PETERS, D. M. 1993. Fibronectin binding site in type I collagen regulates fibronectin fibril formation. *The Journal of cell biology*, 121, 1172-1165 ,
- ELIADES, G., ELIADES, T. & WATTS, D. C. 2005. *Dental hard tissues and bonding*, Springer.
- FEITOSA, S., PALASUK, J., KAMOCKI, K., GERALDELI, S., GREGORY, R., PLATT, J., WINDSOR, L. & BOTTINO, M. 2014. Doxycycline-encapsulated nanotube-modified dentin adhesives. *Journal of dental research*, 93, 1270-1276.
- FERRACANE, J., BERGE, H. & CONDON, J. 1998. In vitro aging of dental composites in water—effect of degree of conversion, filler

- volume, and filler/matrix coupling. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 42, 465-472.
- FREEDMAN, G. A. 2011. *Contemporary Esthetic Dentistry-E-Book*, Elsevier Health Sciences.
- GALE, M. & DARVELL, B. 1999. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of dentistry*, 27, 89-99.
- GARNERO, P., FERRERAS, M., KARSDAL, M., NICAMHLAOIBH, R., RISTELI, J., BOREL, O., QVIST, P., DELMAS, P., FOGED, N. & DELAISSE, J. 2003. The type I collagen fragments ICTP and CTX reveal distinct enzymatic pathways of bone collagen degradation. *Journal of bone and Mineral Research*, 18, 859-867.
- GENDRON, R., GRENIER, D., SORSA, T. & MAYRAND, D. 1999. Inhibition of the activities of matrix metalloproteinases 2, 8, and 9 by chlorhexidine. *Clinical and diagnostic laboratory immunology*, 6, 437-439.
- GUTIÉRREZ, M., MALAQUIAS, P., MATOS, T., SZESZ, A., SOUZA, S., BERMUDEZ, J., REIS, A., LOGUERCIO, A. & FARAGO, P. 2017. Mechanical and microbiological properties and drug release modeling of an etch-and-rinse adhesive containing copper nanoparticles. *Dental Materials*.320-309 ,33 ,
- HADLEY, K. B., NEWMAN, S. M. & HUNT, J. R. 2010. Dietary zinc reduces osteoclast resorption activities and increases markers of osteoblast differentiation, matrix maturation, and mineralization in the long bones of growing rats. *The Journal of nutritional biochemistry*, 21, 297-303.
- HAN, G. J., KIM, J. H., CHUNG, S. N., CHUN, B. H., KIM, C. K., SEO, D. G., SON, H. H. & CHO, B. H. 2014. Effects of non-thermal atmospheric pressure pulsed plasma on the adhesion and durability of resin composite to dentin. *European journal of oral sciences*, 122, 417-423.
- HASHIMOTO, M., OHNO, H., KAGA, M., ENDO, K., SANO, H. & OGUCHI, H. 2000. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *Journal of Dental Research*, 79, 1385-1391.

- HASHIMOTO, M., OHNO, H., KAGA, M., SANO, H., TAY, F., OGUCHI, H., ARAKI, Y. & KUBOTA, M. 2002a. Over-etching effects on micro-tensile bond strength and failure patterns for two dentin bonding systems. *Journal of dentistry*, 30, 99-105.
- HASHIMOTO, M., OHNO, H., SANO, H., KAGA, M. & OGUCHI, H. 2003. In vitro degradation of resin–dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. *Biomaterials*, 24, 3795-3803.
- HASHIMOTO, M., OHNO, H., SANO, H., TAY, F. R., KAGA, M., KUDOU, Y., OGUCHI, H., ARAKI, Y. & KUBOTA, M. 2002b. Micromorphological changes in resin-dentin bonds after 1 year of water storage. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 63, 306-311.
- HEINZ, U., HEMMINGSEN, L., KIEFER, M. & ADOLPH, H. W. 2009. Structural Adaptability of Zinc Binding Sites: Different Structures in Partially, Fully, and Heavy-Metal Loaded States. *Chemistry-A European Journal*, 15, 7350-7358.
- HILTON, T. J., FERRACANE, J. L. & BROOME, J. C. 2013. *Summitt's fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach*, Quintessence Publishing Company Incorporated.
- HOJATI, S. T., ALAGHEMAND, H., HAMZE, F., BABAKI, F. A., RAJAB-NIA, R., REZVANI, M. B., KAVIANI, M. & ATAI, M. 2013. Antibacterial, physical and mechanical properties of flowable resin composites containing zinc oxide nanoparticles. *Dental materials*, 29, 495-505.
- HOPPE, A., GÜLDAL, N. S. & BOCCACCINI, A. R. 2011. A review of the biological response to ionic dissolution products from bioactive glasses and glass-ceramics. *Biomaterials*, 32, 2757-2774.
- ISO, I. 2003. TS 11405: Dental materials—testing of adhesion to tooth structure. *Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization ISO Central Secretariat*.
- KASRAEI, S., YARMOHAMMADI, E. & GHAZIZADEH, M. V. 2016. Microshear bond strength of OptiBond All-in-One self-adhesive agent to Er: YAG laser treated enamel after

thermocycling and water storage. *Journal of lasers in medical sciences*, 7, 152.

KIM, J., UCHIYAMA, T., CARRILHO, M., AGEE, K. A., MAZZONI, A., BRESCHI, L., CARVALHO, R. M., TJÄDERHANE, L., LOONEY, S. & WIMMER, C. 2010. Chlorhexidine binding to mineralized versus demineralized dentin powder. *Dental Materials*, 26, 771-778.

KLEIN, T., P GEURINK, P., S OVERKLEEF, H., K KAUFFMAN, H. & BISCHOFF, R. 2009. Functional Proteomics on Zinc-Dependent Metalloproteinases using Inhibitor Probes. *ChemMedChem*, 4, 164-170.

KOSHIRO, K., INOUE, S., TANAKA, T., KOASE, K., FUJITA, M., HASHIMOTO, M. & SANO, H. 2004. In vivo degradation of resin–dentin bonds produced by a self-etch vs. a total-etch adhesive system. *European Journal of Oral Sciences*, 112, 368-375.

LARSEN, K. S. & AULD, D. S. 1991. Characterization of an inhibitory metal binding site in carboxypeptidase A. *Biochemistry*, 30, 2613-2618.

LEE, J. & SABATINI, C. 2017. Glutaraldehyde collagen cross-linking stabilizes resin–dentin interfaces and reduces bond degradation. *European journal of oral sciences*, 125, 63-71.

LIU, Y., MAI, S., LI, N., YIU, C. K., MAO, J., PASHLEY, D. H. & TAY, F. R. 2011. Differences between top-down and bottom-up approaches in mineralizing thick, partially demineralized collagen scaffolds. *Acta biomaterialia*, 7, 1742-1751.

LOGUERCIO, A., STANISLAWCZUK, R., MALAQUIAS, P., GUTIERREZ, M., BAUER, J. & REIS, A. 2016. Effect of minocycline on the durability of dentin bonding produced with etch-and-rinse adhesives. *Operative dentistry*, 41, 511-519.

LOHBAUER, U., WAGNER, A., BELLI, R., STOETZEL, C., HILPERT, A., KURLAND, H.-D., GRABOW, J. & MÜLLER, F. A. 2010. Zirconia nanoparticles prepared by laser vaporization as fillers for dental adhesives. *Acta Biomaterialia*, 6, 4539-4546.

- MALEKIPOUR, M. R., SHIRANI, F. & EBRAHIMI, M. 2016. The effect of washing water temperature on resin-dentin micro-shear bond strength. *Dental research journal*, 13, 174.
- MARSHALL, S. J., BAYNE, S. C., BAIER, R., TOMSIA, A. P. & MARSHALL, G. W. 2010. A review of adhesion science. *dental materials*, 26, e11-e16.
- MAZZONI, A., APOLONIO, F., SABOIA, V., SANTI, S., ANGELONI, V., CHECCHI, V., CURCI, R., DI LENARDA, R., TAY, F. & PASHLEY, D. H. 2014. Carbodiimide inactivation of MMPs and effect on dentin bonding. *Journal of dental research*, 93, 263-268.
- MCCALL, K. A., HUANG, C.-C. & FIERKE, C. A. 2000. Function and mechanism of zinc metalloenzymes. *The Journal of nutrition*, 130, 1437S-1446S.
- MITRA, S. B., WU, D. & HOLMES, B. N. 2003. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *The Journal of the American Dental Association*, 134, 1382-1390.
- MJOR, I. & GORDAN, V. 2002. Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. *Operative dentistry*, 27, 528-534.
- MONTAGNER, A., SARKIS-ONOFRE, R., PEREIRA-CENCI, T. & CENCI, M. 2014. MMP inhibitors on dentin stability: a systematic review and meta-analysis. *Journal of dental research*, 93, 733-743.
- MONTAGNER, A. F., PERRONI, A. P., CORRÊA, M. B., MASOTTI, A. S., PEREIRA-CENCI, T. & CENCI, M. S. 2015. Effect of pre-treatment with chlorhexidine on the retention of restorations: a randomized controlled trial. *Brazilian dental journal*, 26, 234-241.
- MOON, P. C., WEAVER, J. & BROOKS, C. N. 2010. Review of matrix metalloproteinases' effect on the hybrid dentin bond layer stability and chlorhexidine clinical use to prevent bond failure. *The open dentistry journal*, 4, 147.
- MÜNCHOW, E. A. & BOTTINO, M. C. 2017. Recent Advances in Adhesive Bonding: The Role of Biomolecules, Nanocompounds, and Bonding Strategies in Enhancing Resin Bonding to Dental Substrates. *Current oral health reports*, 4, 215-227.

- MUÑOZ, M. A., SEZINANDO, A., LUQUE-MARTINEZ, I., SZESZ, A. L., REIS, A., LOGUERCIO, A. D., BOMBARDA, N. H. & PERDIGÃO, J. 2014. Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *Journal of dentistry*, 42, 595-602.
- NAGASE, H., VISSE, R. & MURPHY, G. 2006. Structure and function of matrix metalloproteinases and TIMPs. *Cardiovascular research*, 69, 562-573.
- NANCI, A. 2012. *Ten cate's oral histology development, structure, and function*, 8/e, Elsevier India.
- NANCI, A. 2014. *Ten cate's oral histology development, structure, and function*, 8/e, Elsevier India.
- OLIVEIRA, C., FRANCA, F., BASTING, R. T. & TURSSI, C. P. 2014. Effect of double coating of one-step self-etching adhesive on micromorphology and microtensile bond strength to sound vs demineralized dentin. *The journal of contemporary dental practice*, 15.391-385 ,
- OSORIO, R., YAMAUTI, M., OSORIO, E., ROMÁN, J. S. & TOLEDANO, M. 2011a. Zinc-doped dentin adhesive for collagen protection at the hybrid layer. *European journal of oral sciences*, 119, 401-410.
- OSORIO, R., YAMAUTI, M., OSORIO, E., RUIZ-REQUENA, M., PASHLEY, D. H., TAY, F. & TOLEDANO, M. 2011b. Zinc reduces collagen degradation in demineralized human dentin explants. *Journal of Dentistry*, 39, 148-153.
- OSORIO, R., YAMAUTI, M., OSORIO, E., RUIZ-REQUENA, M. E., PASHLEY, D., TAY, F. & TOLEDANO, M. 2011c. Effect of dentin etching and chlorhexidine application on metalloproteinase-mediated collagen degradation. *European journal of oral sciences*, 119, 79-85.
- PASHLEY, D. H. 1992. The effects of acid etching on the pulpodentin complex. *Operative dentistry*.242-229 ,17 ,
- PASHLEY, D. H., TAY, F., YIU, C., HASHIMOTO, M., BRESCHI, L., CARVALHO, R. & ITO, S. 2004. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *Journal of dental research*, 83, 216-221.

- POMACÓNDOR-HERNÁNDEZ, C., ANTUNES, A. N. D. G., HIPOLITO, V. D. & GOES, M. F. D. 2013. Effect of replacing a component of a self-etch adhesive by chlorhexidine on bonding to dentin. *Brazilian dental journal*, 24, 335-339.
- ROSENBERG, K., OLSSON, H., MÖRGELIN, M. & HEINEGÅRD, D. 1998. Cartilage oligomeric matrix protein shows high affinity zinc-dependent interaction with triple helical collagen. *Journal of Biological Chemistry*, 273, 20397-20403.
- SAFFARPOUR, M., RAHMANI, M., TAHRIRI, M. & PEYMANI, A. 2016. Antimicrobial and bond strength properties of a dental adhesive containing zinc oxide nanoparticles. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 15, 66-69.
- SCHEFFEL, D. L. S., HEBLING, J., SCHEFFEL, R. H., AGEE, K., TURCO, G., DE SOUZA COSTA, C. A. & PASHLEY, D. 2014. Inactivation of matrix-bound matrix metalloproteinases by cross-linking agents in acid-etched dentin. *Operative dentistry*, 39, 152-158.
- SCHWARTZ, R. S., SUMMITT, J. B. & ROBBINS, J. W. 1996. *Fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach*, Quintessence publishing.
- SEZINANDO, A., LUQUE-MARTINEZ, I., MUÑOZ, M. A., REIS, A., LOGUERCIO, A. D. & PERDIGÃO, J. 2015. Influence of a hydrophobic resin coating on the immediate and 6-month dentin bonding of three universal adhesives. *Dental Materials*, 31, e236-e246.
- SHINOHARA, M. S., MARIO, F., SCHNEIDER, L. F. J., FERRACANE, J. L., PEREIRA, P. N., DI HIPÓLITO, V. & NIKAIDO, T. 2009. Fluoride-containing adhesive: durability on dentin bonding. *Dental Materials*, 25, 1383-1391.
- SILVA, E. M. D., GLIR, D. H., GILL, A. W. M. C., GIOVANINI, A. F., FURUSE, A. Y. & GONZAGA, C. C. 2015. Effect of chlorhexidine on dentin bond strength of two adhesive systems after storage in different media. *Brazilian dental journal*, 26, 642-647.

- SPENCER, P., WANG, Y. & KATZ, J. L. 2004. Identification of collagen encapsulation at the dentin/adhesive interface. *Journal of Adhesive Dentistry*, 6.
- SPERO, J. M., DEVITO, B. & THEODORE, L. 2000. *Regulatory chemicals handbook*, CRC Press.
- SUMMITT, J. B., ROBBINS, J. W., HILTON, T. J., SCHWARTZ, R. S. & DOS SANTOS JR, J. 2006. *Fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach*, Quintessence Pub.
- TAY, F. R. & PASHLEY, D. H. 2002. Dental adhesives of the future. *Journal of Adhesive Dentistry*, 4.
- TAY, F. R. & PASHLEY, D. H. 2003. Water treeing--a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *American Journal of Dentistry*, 16, 6-12.
- TAY, F. R., SUH, B. I., PASHLEY, D. H., PRATI, C., CHUANG, S.-F. & LI, F. 2003. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and self-cured or dual-cured composites. Part II. Single-bottle, total-etch adhesive. *Journal of Adhesive Dentistry*, 5.
- TOLEDANO, M., YAMAUTI, M., RUIZ-REQUENA, M. E. & OSORIO, R. 2012. A ZnO-doped adhesive reduced collagen degradation favouring dentine remineralization. *Journal of Dentistry*, 40, 756-765.
- TORRES-MENDEZ, F., MARTINEZ-CASTAÑON, G.-A., TORRES-GALLEGOS, I., ZAVALA-ALONSO, N.-V., PATIÑO-MARIN, N., NIÑO-MARTÍNEZ, N. & RUIZ, F. 2017. Effects of silver nanoparticles on the bonding of three adhesive systems to fluorotic enamel. *Dental materials journal*, 36, 266-274.
- VALERIA, B., VICTOR, P., JEFFREY, W. & AMRICO, B. 2015. Effect of antioxidants on the dentin interface bond stability of adhesives exposed to hydrolytic degradation. *Journal of Adhesive Dentistry*.
- VAN DER GRAAF, E & TEN BOSCH, J. 1990. The uptake of water by freeze-dried human dentine sections. *Archives of oral biology*, 35, 731-739.

- VARGAS, M. A., COBB, D. S. & DENEHY, G. E. 1997. Interfacial micromorphology and shear bond strength of single-bottle primer/adhesives. *Dental Materials*, 13, 316-324.
- VENIGALLA, B. S., JYOTHI, P., KAMISHETTY, S., REDDY, S., CHERUKUPALLI, R. C. & REDDY, D. A. 2016. Resin bond strength to water versus ethanol-saturated human dentin pretreated with three different cross-linking agents. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 19, 555.
- WANG, Y. & SPENCER, P. 2002. Quantifying adhesive penetration in adhesive/dentin interface using confocal Raman microspectroscopy. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 59, 46-55.



رقم البحث: 4023

الرقم: /2089/ ص

التاريخ: 2018/11/11

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

تقدمت السيدة سميحة مروان شامية (طالبة ماجستير) في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق
ببحث للنشر في مجلة جامعة دمشق بعنوان:

دراسة التأثير طويل الأمد لجزيئات أكسيد الزنك النانوميتري
على ديمومة قوى الارتباط مع العاج
(دراسة مخبرية)

بإشراف الأستاذة الدكتورة علا ياسين وتم تحكيمه وقبوله للنشر.

