الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية طب الأسنان
قسم مداواة الأسنان

# مقارنة انحلاليّة و مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك مع مواد مرممة أخرى

## (دراسة مخبرية)

# A Comparative Study of Solubility and Compressive Strength of Zinc–Reinforced Glass Ionomer Restorations with other Restorative Materials (In-vitro study)

أُطروحة قُدّمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير في علوم طب الأسنان

اختصاص مداواة الأسنان

إعداد الباحث : محمد يمان سيروان

إشراف : المشرف المشارك :

المدرس الدكتور مازن فيصل ديوب الأستاذ الدكتور خليل عزيمة

١٤٣٥ هـ – ٢٠١٤ م

تصريح

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

# إهداء

إلى من أعطى بغير حساب و قدّم ما بوسعه دون انتظار ثواب و رعاني بدموع عينيه منتظراً لحظة الإياب ، إلى سيّدي و قُدوتي و أُسوتي

والدي الحبيب يحفظه الله تعالى.

إلى من رآني قلبها قبل أن تراني عيناها إلى من حملت و وضعت و البشر على محيّاها إلى من أرضعت و سهرت و منحت و أغدقت فقرن الله تعالى رضاه برضاها وأوصى بها خيراً حتى تبلغ السعادة منتهاها

والدتي الغالية يحفظها الله تعالى .

إلى أشقائي رفاق دربي و ضياء مسيرتي و أسوتي و قدوتي من عشنا معاً ننهل من معين العلم و نتطلع إلى مثل هذه المرحلة من التحصيل

أشقاء نسبٍ و رفاق درب يحفظهم الله تعالى.

إلى الأمل المنتظر و الوعد المرتقب رفيقة الدرب و مرتجى الغد من صبرت و صابرت على رحلة العلم و التحصيل

مخطوبتي الغالية يحفظها الله تعالى .

إلى أصدقاء العمر و أخلاء مسيرة العلم زملاء الدراسة و التحصيل

الأصدقاء الصدوقين يحفظهم الله تعالى .

## كلمة شكر

كلّ الشّكر لله العظيم و الثّناء عليه تبارك و تعالى أن منحني القوّة و المعونة لإتمام بحثي هذا بأجمل معاني التّقدير و أجلّ آيات التّبجيل، أتقدّم بجزيل الشّكر و عظيم الامتنان إلى الشّموع التي أنارت لنا الدّرب ألقاًو ضياءً ....

أساتذتي الأجلّاء الذين كانوا نبراساً أنار لنا الطريق، و نبعاً من العلم و المعرفة لا ينضب معينه، ولا ينقطع عطاؤه.

و أخصّ بشكري الجزيل **أستاذي المدرّس الدكتور مازن فيصل ديّوب** المدرّس في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق الذي تفضّل مشكوراً بالإشراف على بحثي هذا، و أمدّني بعلمه و زوّدني بخبرته و منحني من ثمين وقته لجعل هذا البحث يسير وفق المنهج العلميّ الصحيح، ليرى النّور بأبهى حلّة و أزهى صورة، و هذا ما تعلمناه من كبير أساتذة كلية طب الأسنان بجامعة دمشق **الأستاذ الدكتور فيصل ديوب** الذي أصبح رمزاً علمياً مرموقاً على مستوى الجامعات السورية والعربية فلهما منّي كل المحبة و الشكر و عظيم الاحترام و التقدير.

كما أتقدّم بالشكر الجزيل إلى **الأستاذ الدكتور محمد أسامة الجبّان** من قسم مداواة الأسنان في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق الذي طالما مدّ لي يد العون و أسبغ عليّ من ملاحظاته الثمينة و الذي تفضّل مشكوراً بالحكم على هذه الرسالة و إغنائها و إتراعها بكلّ ما هو مفيد.

كما أتوجّه بالشكر الجزيل إلى **الأستاذ الدكتور طلال النحلاوي** نائب رئيس الجامعة السورية الخاصة للشؤون العلمية و رئيس قسم المداواة في في كلية طب الأسنان بالجامعة السورية الخاصة والذي أشار بإرشاداته للوصول لأتم النفع و لتحقيق تمام الغاية والذي تفضّل بالحكم على هذه الرسالة و أضفى عليها التقويم و الإرشاد و كان له من الفضل و الإفادة ما يعجز اللسان عن وصفه فكان أخاً أكبرَ و والداً موجهاً و معلماً مبجلاً فله كل الشكر والثناء .

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى **الأستاذ الدكتور هشام العفيف** رئيس قسم مداواة الأسنان في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق الذي طالما كان خير معين و أكرم ناصح، حيث كان لتوجيهاته

الأثر الأكبر في طريقة بحث هذه الرسالة حيث أغناني بنصائحه و توجيهاته و ملاحظاته فله مني وافر الشكر و التقدير و عظيم الثّناء و التكريم.

كما أتقدّم بجزيل الشكر و خالص الامتنان إلى **الأستاذ الدكتور محمد سالم ركاب** لما له من فضلٍ لا يُنسى و علمٍ لا يبارح كياننا حيث قدّم لنا خلاصة علمه خلال سِنيّ دراساتنا العليا في قسم مداواة الأسنان في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق .

كما أتقدّم إلى **الأستاذ الدكتورة سعاد عبود و الأستاذ الدكتورة عُلا ياسين** بكلّ عبارات الشكر والتقدير ، اللتين قدمتا لي خلاصة تجربتهما و عُصارة خبرتهما في مجال مداواة الأسنان حيث كانتا لي خير سندٍ و أنبلَ قدوةٍ فلهما خالصُ الشكر و الثناء .

كما أتقدّم إلى **الأستاذ الدكتور حسين أبو حامد** رئيس قسم علوم الحياة في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق بأبلغ آيات الشكر و الامتنان لما تفضّل به عليّ من دقيق ملاحظاته و بليغ اهتماماته و جميل إحاطته العلميّة و التربويّة فله مني أجلّ آيات التجلّة و الاحترام.

و لا يفوتني أن أتقدّم بجزيل الشكر و بالغ التقدير إلى **الأستاذ الدكتور خليل عزيمة** أستاذ علم المواد في كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية بجامعة دمشق لما بذله من وقت ثمين و جهد كريم في متابعة الاختبارات العلمية، و تحرّي النتائج العلمية الدقيقة فله مني كل محبة و احترام.

كذلك لا أنسى جهود **الأستاذ الدكتور رمضان محمد درويش** أستاذ مادة الإحصاء في كليّات جامعة دمشق الذي بذل وقتاً ثميناً و جهداً مشكوراً في سبيل متابعة الدراسة الإحصائيّة لهذا البحث، فله مني كل الشكر و التقدير و أبلغ المحبّة و التّبجيل.

و أتوّج باقة الشّكر هذه بإهداء أبلغ معاني الشّكر و التقدير و أصدق مشاعر الثّناء و التكريم إلى إدارة كلية طب الأسنان في جامعة دمشق متمثّلةً **بالأستاذ الدكتورة رزان خطّاب** عميد كلية طب الأسنان في جامعة دمشق و **الأستاذ الدكتور إياد الشعراني** نائب عميد الكلية للشؤون العلمية و **الأستاذ الدكتور ياسر مدلل** نائب عميد الكلية للشؤون الإدارية لما لهم من دعمٍ علميّ و معنويّ لكلّ بحثٍ علميّ و لكلّ جهدٍ طلابيّ يرعونه بأدقّ مقاييس الرّعاية العلميّة و المعنويّة فلهم جزيل الشّكر و عظيم التقدير و الاحترام.

و كذلك أشكر جميع الطاقم الإداري في كليتنا الموقّرة من القائمين على إدارة هذا الصرح العلمي المَشيد والذين ما تلكؤوا يوماً في مد يد العون لي ولزملائي الطلاب و كانوا لي أخوةً و عُزوةً فلهم كل الشكر والاحترام .

و الشّكر موصولٌ بأسرتي الطيبة التي أحاطتني بعنايتها و رعايتها و لكلّ من قدّم يد العون في سبيل إتمام هذا البحث علميّاً و إحصائيّاً و إداريّاً و معنويّاً **و الله وليّ التوفيق**.

قائمة المحتويات :


| العنوان | رقم الصفحة |
|---|---|
| **المقدمة** | 9 |
| **الهدف من البحث** | 10 |
| **الباب الأول : المراجعة النظرية** | 11 |
| **1. الزُّجاج الشّاردي** | 12 |
| **1.1. لمحة تاريخية** | 12 |
| **2.1. تصنيف الزُّجاج الشّاردي** | 13 |
| **3.1. الزُّجاج الشّاردي التقليدي** | 15 |
| **1.3.1. التركيب** | 15 |
| **2.3.1. تفاعل التصلب** | 18 |
| **3.3.1. الارتباط بالنسج السِنيّة** | 20 |
| **4.3.1. تكييف السطح** | 21 |
| **5.3.1. الخواص** | 22 |
| **6.3.1. الاستطبابات** | 25 |
| **7.3.1. مضادات الاستطباب** | 26 |
| **8.3.1. المحاسن و المساوئ** | 26 |
| **4.1. الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج** | 27 |
| **1.4.1. التركيب** | 27 |
| **2.4.1. تفاعل التصلّب** | 27 |
| **3.4.1. التصنيف** | 28 |
| **4.4.1. الارتباط بالنسج السِنيّة** | 28 |
| **5.4.1. الخواص** | 29 |

| | |
|---|---|
| 6.4.1. الاستطبابات | 30 |
| ❖ الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج ثلاثي التصلب | 31 |
| ❖ الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج و الجزيئات النانومترية | 31 |
| 5.1. الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالمعادن | 33 |
| 6.1. الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة | 34 |
| 7.1. الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك | 35 |
| 1.7.1. التركيب | 35 |
| 2.7.1. الخواصّ | 36 |
| 3.7.1. التعامل | 37 |
| 4.7.1. الاستطبابات | 38 |
| 2. الرّاتنج المركّب | 39 |
| 1.2. تركيب الراتنج المركّب | 39 |
| 2.2. تماثر الرّاتنج المركّب | 40 |
| 3.2. تصنيف الرّاتنج المركّب | 40 |
| 4.2. الخواص | 40 |
| 5.2. المحاسن | 41 |
| 6.2. المساوئ | 41 |
| 3. الانحلاليّة | 42 |
| 4. مقاومة الانضغاط | 44 |
| 5. الدراسات السابقة | 46 |
| 1.5. الانحلاليّة | 46 |
| 2.5. مقاومة الانضغاط | 48 |

| | |
|---|---|
| **الباب الثاني : المواد و الطرائق** | 52 |
| **1. العيّنة** | 54 |
| **1.1. اختبار الانحلاليّة** | 54 |
| **1.1.1. اختبار الانحلاليّة بعد ساعة " مباشرةً " ، ٢٤ عينة** | 54 |
| **2.1.1. اختبار الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة ، ٢٤ عينة** | 54 |
| **2.1. اختبار مقاومة الانضغاط** | 55 |
| **1.2.1. اختبار مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة – ٢٤ عينة** | 55 |
| **2.2.1. اختبار مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام – ٢٤ عينة** | 55 |
| **2. المواد** | 56 |
| **1.2. ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك** | 56 |
| **2.2. ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة** | 57 |
| **3.2. ترميمات الرّاتنج المركّب المستخدمة للترميمات الخلفية** | 58 |
| **4.2. تجهيزات أخرى** | 59 |
| **3. الطرائق** | 63 |
| **1.3. اختبار الانحلاليّة** | 63 |
| **2.3. اختبار مقاومة الانضغاط** | 68 |
| **4. التحاليل الإحصائية** | 71 |
| **الباب الثالث : النتائج والدراسة الإحصائية** | 72 |
| **1. الدراسة الإحصائية** | 73 |
| **1.1. النتائج الإحصائية** | 73 |
| **2.1. التحاليل الإحصائية** | 85 |
| **1.2.1. الإحصاء الوصفي للانحلاليّة مباشرة و بعد ٢٤ ساعة** | 85 |
| **2.2.1. الإحصاء الوصفي لمقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام** | 92 |
| **2. النتائج** | 100 |

| | |
|---|---|
| **الباب الرابع : المناقشة** | 104 |
| **❖ مناقشة الانحلاليّة** | 105 |
| **❖ مناقشة مقاومة الانضغاط** | 108 |
| **الباب الخامس : الاستنتاجات** | 113 |
| **الباب السادس : المقترحات و التوصيات** | 115 |
| **1. المقترحات** | 116 |
| **2. التوصيات** | 117 |
| **الباب السابع : المراجع** | 118 |

# قائمة بالجداول


| رقم الجدول | تفسيره | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| الجدول ( 3-1 ) | نتائج انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك | 73 |
| الجدول ( 3-2 ) | نتائج انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة | 74 |
| الجدول ( 3-3 ) | نتائج انحلاليّة الرّاتنج المركّب | 75 |
| الجدول ( 3-4 ) | نتائج انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك | 76 |
| الجدول ( 3-5 ) | نتائج انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة | 77 |
| الجدول ( 3-6 ) | نتائج انحلاليّة الرّاتنج المركّب | 78 |
| الجدول ( 3-7 ) | مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك | 79 |
| الجدول ( 3-8 ) | مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة | 80 |
| الجدول ( 3-9 ) | مقاومة انضغاط ترميمات الرّاتنج المركّب | 81 |
| الجدول ( 3-10 ) | مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك | 82 |
| الجدول ( 3-11 ) | مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة | 83 |
| الجدول ( 3-12 ) | مقاومة انضغاط ترميمات الرّاتنج المركّب | 84 |
| الجدول ( 3-13 ) | الإحصاء الوصفي لدراسة الانحلاليّة المباشر | 85 |
| الجدول ( 3-14 ) | الإحصاء الوصفي لدراسة الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة | 85 |
| الجدول ( 3-15 ) | اختبار ANOVA لدراسة الانحلاليّة مباشرةً | 86 |
| الجدول ( 3-16 ) | اختبار L.S.D لدراسة الانحلاليّة مباشرةً | 87 |
| الجدول ( 3-17 ) | اختبار ANOVA لدراسة الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة | 87 |
| الجدول ( 3-18 ) | اختبار L.S.D لدراسة الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة | 88 |
| الجدول ( 3-19 ) | اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك | 89 |

| | | |
|---|---|---|
| الجدول ( 3-20 ) | اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة | 90 |
| الجدول ( 3-21 ) | اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة انحلاليّة الرّاتنج المركّب | 90 |
| الجدول ( 3-22 ) | الإحصاء الوصفي لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة | 92 |
| الجدول ( 3-23 ) | الإحصاء الوصفي لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام | 92 |
| الجدول ( 3-24 ) | اختبار ANOVA لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة | 93 |
| الجدول ( 3-25 ) | اختبار L.S.D لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة | 94 |
| الجدول ( 3-26 ) | اختبار ANOVA لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام | 95 |
| الجدول ( 3-27 ) | اختبار L.S.D لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام | 95 |
| الجدول ( 3-28 ) | اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك | 97 |
| الجدول ( 3-29 ) | اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة | 97 |
| الجدول ( 3-30 ) | اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة مقاومة انضغاط الرّاتنج المركّب | 98 |

قائمة بالمخططات


| رقم المخطط | تفسيره | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| المخطط البياني ( 3-1 ) | مقارنة انحلاليّة المواد الثلاث مع بعضها البعض باختلاف الزمن | 89 |
| المخطط البياني ( 3-2 ) | مقارنة الانحلاليّة في كل مادةٍ على انفراد مباشرةً و بعد ٢٤ ساعة | 91 |
| المخطط البياني ( 3-3 ) | مقارنة مقاومة انضغاط المواد الثلاث مع بعضها البعض باختلاف الزمن | 96 |
| المخطط البياني ( 3-4 ) | مقارنة مقاومة الانضغاط في كل مادةٍ على بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام | 99 |
| المخطط البياني ( 3-5 ) | مقارنة انحلاليّة المواد الثلاث مع بعضها البعض باختلاف الزمن | 100 |
| المخطط البياني ( 3-6 ) | مقارنة الانحلاليّة في كل مادةٍ على انفراد مباشرةً و بعد ٢٤ ساعة | 101 |
| المخطط البياني ( 3-7 ) | مقارنة مقاومة انضغاط المواد الثلاث مع بعضها البعض باختلاف الزمن | 102 |
| المخطط البياني ( 3-8 ) | مقارنة مقاومة الانضغاط في كل مادةٍ على بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام | 103 |

قائمة بالأشكال


| رقم الشكل | تفسيره | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| الشكل ( 1-1 ) | الصيغ الكيميائية للحموض الداخلة في تركيب سائل الزُّجاج الشّاردي | 17 |
| الشكل ( 1-2 ) | ارتباط الزُّجاج الشّاردي مع النسج السنية | 21 |
| الشكل ( 1-3 ) | صورة بالماسح الالكتروني تظهر الاندخالات الميكرونية بعد إزالة طبقة اللطاخة من العاج و تكييف سطحه و استقبال ترميم من الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالرّاتنج | 29 |
| الشكل ( 2-1 ) | ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك | 56 |
| الشكل ( 2-2 ) | ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة | 57 |
| الشكل ( 2-3 ) | ترميمات الرّاتنج المركّب المستخدمة للترميمات الخلفية | 58 |
| الشكل ( 2-4 ) | جهاز مزج الأملغم الآلي | 59 |
| الشكل ( 2-5 ) | جهاز التصليب الضوئي الهالوجيني | 59 |
| الشكل ( 2-6 ) | جهاز قياس شدة الضوء الهالوجيني | 60 |
| الشكل ( 2-7 ) | المقياس الملمتري | 60 |
| الشكل ( 2-8 ) | الميزان الالكتروني | 61 |
| الشكل ( 2-9 ) | الفرن الحراري | 61 |
| الشكل ( 2-10 ) | جهاز قياس قوى الضغط | 62 |
| الشكل ( 2-11 ) | القوالب المستخدمة في اختبار الانحلاليّة | 64 |
| الشكل ( 2-12 ) | العينات المُصنّعة على شكل أقراص | 64 |
| الشكل ( 2-13 ) | الوعاء المقسم لحجرات | 67 |
| الشكل ( 2-14 ) | القوالب المستخدمة في اختبار مقاومة الانضغاط | 68 |
| الشكل ( 2-15 ) | العينات الأسطوانية المصنّعة | 69 |
| الشكل ( 2-16 ) | شكل ترسيمي لتطبيق قوى الضغط | 70 |

## المُقدّمة Introduction :

ظهر الإسمنت الزُّجاجي الشّاردي و طُوِّر كمادةٍ مرممةٍ تجميليةٍ منذ عام ١٩٧٠ من قبل Kent و Wilson و الذي يتركب من مسحوق من زجاج سيليكات الألمنيوم و سائل هو حمض البولي أكريليك ( Wilson and Kent, 1972 ) .

ثم طُوِّر هذا الإسمنت بعدة خطوات لتحسين أدائه السريري و متانته و مقاومته للجهود حيث أُضيفت الفضة بعد صهرها إلى الذرات الزُّجاجية الخزفية ضمن المسحوق للوصول إلى الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالمعادن "Cermets ; ceramic & metal" ( McLean *et al*., 1985) ، وجرت عليه بعض التعديلات لزيادة خاصّته التجميلية حيث عُدّل بالرّاتنج للوصول إلى الزُّجاج الشّاردي المعدل بالراتنج "RMGIC ; Resin Modified GIC" ، و جرت أبحاث سابقة حول هذه الإضافات على الزُّجاج الشّاردي ( Curtis and Waston, 2008 ) .

عُدّلت ترميمات الزُّجاج الشّاردي مؤخراً عام ( ٢٠١١ ) حيث تمّت إضافة الزنك ليصبح مادةً مرممّةً Restorative Material تمتاز بمقاومتها العالية للانكسار و الاهتراء و ظلاليّتها الشعاعية المرتفعة و يمكن استخدامها في الترميمات الخلفية بتماسٍ مع البيئة الفموية كترميماتٍ دائمةٍ و بحسب رأي الشركة المصنعة فإنّه يمكن أن يستمر لمدةٍ سريريةٍ لا تقل عن سنتين ( SC ChemFil Rock Dentsply, 2011) .

## الهدف من البحث Aim of Study :

**يهدف هذا البحث إلى :**

مقارنة انحلاليّة ( solubility ) و مقاومة انضغاط ( compressive strength ) ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك (Chemfil Rock , Dentsply . Germany) مع ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة ( Fuji IX GP Fast , GC Japan ) مع الرّاتنج المركّب المستخدم في الترميمات الخلفية (ROK , SDI Australia) في اختبارين بزمنين مختلفين ( مقارنة كل مادة مع المواد الأخرى في كلٍّ من الاختبارين و مقارنة كل مادة مع نفسها بين الاختبار الأول و الثاني ) .

# الباب الأول

# المراجعة النظرية

# Literature Review

## 1. الزُّجاج الشّاردي Glass Ionomer :

### 1.1. لمحة تاريخية Historical Outline :

قُدِّم الزُّجاج الشّاردي أوّل مرةٍ بداية عام ١٩٧٠ من Wilson – kent في محاولةٍ منهما لدمج مسحوق سيليكات الألومنيوم من إسمنت السيليكات مع حمض البولي أكريليك من إسمنت البولي كربوكسيلات لنحصل على الإسمنت الزُّجاجي الشّاردي( Wilson and Kent, 1972).

و طُوِّرَ الإسمنت الزُّجاجي الشّاردي عام ١٩٧٢ ليصبح مادةً مرممةً ذاتيةَ الالتصاق ذاتَ أساسٍ مائيٍ حيث يتكونُ من مسحوق زجاج السيليكات Silicate Glass Powder مع سائل هو عبارة عن حمض البولي أكريليك Polyacrylic Acid Liquid وحموض إضافية من البولي كربوكسيليك ( Schmalz and Arenholt-Bindslev, 2009 ) .

و قد عُدِّل بإضافة موادٍ أخرى للوصول لصفاتٍ أفضلَ كتحرير الفلور و ارتباطٍ كيميائيٍّ أقوى مع النّسج السِنيّة و هذا متوافقٌ مع المعايير الدولية ISO و سمي بال ASPA أي Alumino Silicate Polyacrylic Cement كما يُسمّى بالعاج الصّناعي Artifical Dentine أو العاج المصنّع بواسطة البشر Man Made Dentine و ذلك بسبب استخدامه كمادة بديلة عن العاج السِّني ( Chandra *et al*., 2007 ) .

كان الزُّجاج الشّاردي بدايةً ذا خواصَّ ضعيفةٍ : كمقاومة سحلٍ غير كافية , و مساميةٍ كبيرةٍ تمنع القدرة على الإنهاء بشكل جيد , وحساسيةٍ عاليةٍ للسوائل و انحلاليّة مرتفعةٍ ، و كمودٍ و عدمِ شفوفيةٍ مما يمنع استخدامه بالحالات التجميلية ( Bell *et al*., 1994 ) .

رغم هذا فإن استخداماته كانت كبيرةً منذ بداية تصنيعه ، وقد ازدادت استخداماته نتيجةَ تطويرِ أجيالٍ جديدةٍ منه ذاتِ خواصَّ أفضلَ من الخواصِّ الفيزيائيةِّ السابقة ( Tyas, 2006 ) .

### 2.1. تصنيف الزُّجاج الشّاردي Classification : ( Albers, 2002 )

١ – إسمنت الإلصاق (Luting Cements) و هو ذاتيّ التصلب.

٢ – إسمنت التبطين (Glass Ionomer Liners) و هو سريعُ التصلب و ظليلٌ على الأشعة و يستخدم كمادةٍ مبطنةٍ تحتَ ترميمات الأملغم و الرّاتنج المركّب و هو ذاتي التصلّب.

٣ – إسمنت الترميمات القاعديّة (Glass-ionomer bases) وهو أكثر مقاومةً للجهود من سابقاته فهو يستخدم تحت الترميمات الكبيرة لتخفيف الإجهاد و هو متوافقٌ حيوياً مع اللب و هو ذاتيُّ التصلب .

٤ – الإسمنت المستخدم كمادةٍ سادةٍ للوهاد والشقوق والميازيب (Glass Ionomer Sealants) و هو ذاتيُّ التصلب.

٥ – إسمنت الترميم (Restorative Cements) يتوافر بعدة ألوان ، وتكون نسبةُ المواد المالئة و حجمُها أكبرَ مما هي عليه في الأصناف السابقة له و يستخدم في الصنف الثالث و الرابع و الحشوات القاعدية تحت الترميمات النهائية و هو لطيف مع النسيج اللبي و هو ذاتيُّ التصلب.

٦ – خلائط الزُّجاج الشّاردي و المعادن (Glass-metal ionomer mixtures) وهي مزيجٌ من مسحوق الأملغم مع مسحوق الإسمنت الزُّجاجي الشّاردي أطلق عليها اسمُ الخليط المعجزة "Miracle mix" و تستخدم في القلوب و الترميمات القاعدية وهي ذاتيّة التصلب.

٧ – الزُّجاج الشّاردي المُقوّى بالمعادن (Cermet-Ionomers ; Ceramic + Metal) و هو يحتوي على ذراتٍ معدنيةٍ مصهورةٍ مع الذرات الزُّجاجية الخزفية المكوّنة للمسحوق ، و ما يميزه عن سابقه أنّ دمج الفضة بعد صهرها مع ذرات المسحوق قد زاد من مقاومته للاهتراء و الانكسار، لكنّه كسابقه غيرُ تجميلي ، و هو ذاتيُّ التصلبِ .

٨ – الزُّجاج الشّاردي المُعدّل بالرّاتنج (RMGIs; Resin-Modified Glass Ionomers) وله نمطان الأولُ ضوئي التصلب و الثاني ثنائيُّ التصلبِ وهذا الأخير يعتمد على تفاعل حمض – أساس مماثلٍ للتفاعل في النمط التقليدي إضافةً للمبدئات الضوئية المستخدمة لتصلب الرّاتنج الداخل في تركيبه .

### 3.1. الزُّجاج الشّاردي التقليدي Conventional Glass Ionomer :

#### 1.3.1. التركيب Composition :

**المسحوق Powder :**

هو زجاج فلور ألومينو سيليكات الكالسيوم ( كما هو الحال في مسحوق إسمنت السيليكات ) و يتفاعل هذا المسحوق مع الحمض الموجود بالسائل , كما يتركّب المسحوق من مركّبات أخرى مثل ثاني أوكسيد السيليكون ( ٣٥.٢- ٤١.٩ % ) و فلور الكالسيوم ( ١٥.٧ – ٢٠.١ %) و أوكسيد الألومنيوم (٢٠.١ – ٢٨,٦ % ) و فوسفات الألومنيوم ( ٣.٨ – ١٢ % ) و فلور الألومنيوم ( ١.٦ –٢.٤ % ) و فلور الصوديوم ( ٣.٦– ٩.٣ % ) ( Anusavice, 2003 ).

يتم دمج هذه المساحيق مع بعضها و صهرها بدرجاتٍ حراريةٍ مرتفعةٍ بين( ١١٠٠ و ١٥٠٠ ) درجة مئوية ثم يتم تبريدها بحيث يتشكل زجاج سيليكات الألمنيوم و الكالسيوم الحاوي على الفلور Calcim Flour Aluminosilicate والذي يتم طحنه لذرّاتٍ فائقة النعومة يتراوح حجمها ما بين ١٥ –٥٠ ميكرون ثم تفصل الجزيئات بحسب الحجم فالذرات الناعمة ٢٥ ميكرون تستخدم في اسمنتات الإلصاق حيث يكون التصلب فيها سريعاً ، بينما الذرات الكبيرة ٤٠ ميكرون تستخدم في إسمنت الترميمات ، هذا وتكون نسبة الفلور ضمن المسحوق ( ١٠ – ٢٣ % ) نتيجة وجود مركبات فلور الكالسيوم و فلور الصوديوم و فلور الألمنيوم .(Anusavice, 2003)

**السائل Liquid :**

كان السائل في الأجيال الأولى مركباً من محلولٍ مائيٍّ لحمض البولي أكريليك $C_3H_4O_2$ يتراوح تركيزه بين (٤٠ – ٥٥ %) ذا لزوجةٍ عاليةٍ و وزنٍ جزيئي (١٠٠٠٠) دالتون ( Schmalz and Arenholt-Bindslev, 2009 ) ، و إنَّ استعداد هذا الحمض كبيرٌ للتحول للقوام الهلامي مما دفع إلى إضافة حموضٍ جديدةٍ ( الإيتاكونيك ، الماليك ، و الكربوكسيليك الثلاثي ) يعمل وجودها على تقليل الانتظام الموجود في حمض البولي أكريليك ( حيث يتركب حمض البولي أكريليك من سلاسلَ متجانسةٍ منتظمةٍ ) و هذا يقلّل من الروابط الهيدروجينية بين السلاسل الحمضية و بالتالي تقلّ القابليّة للتهلّم كذلك تقلّ اللّزوجة (Anusavice, 2003) .

آ – حمض الإيتاكونيك Itaconic Acid : يعمل على التفاعل بين الزُّجاج و السائل كما أنه يعمل على منع التهلّم و تحول السلاسل المتتالية من حمض البولي أكريليك و ذلك بمنع تشكل الروابط الهيدروجينية فيما بينها ( Sasanlukit *et al*., 1993 ) .

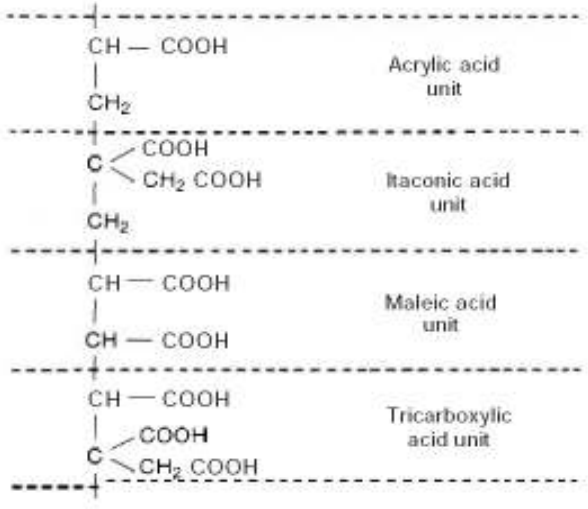
ب – حمض البولي ماليك Polymaleic Acid :

وهو أقوى من حمض البولي أكريليك ويساعد في تصلب الإسمنت و تقليل الحساسية للسوائل بشكل أسرع من البولي أكريليك ،يحتوي حمض البولي ماليك على شوارد الكربوكسيل ( $Coo^-$ ) التي تقوم بتسهيل الارتباط بشكلٍ متصالبٍ يسرّع تشكّل مركب البولي كربوكسيلات ، و هذا يساهم في الحصول على إسمنت زجاجي تقليدي قليل التفاعليّة يمكن استخدامه كمادةٍ مرممةٍ ذاتِ خواصَّ أفضلَ ( Albers, 2002 ) .

ج – حمض الطرطريك Tartaric Acid :

يمكن أن يضاف لسائل الإسمنت لزيادة زمن العمل فهو يسهل استخراج الشوارد من الجزيئات الزُّجاجية ، ثم يرتبط مع الشوارد ليمنعها من الارتباط بشكلٍ متصالبٍ مع سلاسل متعدد الأحماض من حمض البولي أكريليك في الوقت الذي تكون فيه السلاسل خطية ، و يكون الوزن الجزئي لهذه الحموض مرتفعاً يصل لغاية ٥٦٠٠٠ دالتون (Curtis and Waston, 2008) .

لا بد من الإشارة أن هناك نوعاً من الإسمنت الزُّجاجي الشّاردي يسمى " الإسمنت مائي التصلب Water hardered cement ، حيث يمزج المسحوق مع الماء المقطر أو الماء الممزوج مع حمض الطرطريك بحيث يتم التفاعل هنا بنفس الطريقة التقليدية إلا أن هذا الدمج يزيد زمن العمل و ينقص زمن التصلب ، كما يزيد من سهولة المزج و سهولة التعامل مع الإسمنت ( Sasanalukit *et al*., 1993 ) ، ويظهر في الشكل (١-١) صيغ الحموض السابقة .




الشكل ( 1-1 ) الصيغ الكيميائية للحموض الداخلة في تركيب سائل الزُّجاج الشّاردي

### 2.3.1. تفاعل التصلب Setting Reaction :

١- المرحلة الأولى ( نزع الشوارد ) Ion Leaching Phase :

تبدأ هذه المرحلة عند مزج السائل و المسحوق ليبدأ تفاعل حمض – أساس ؛ حيث تتحرر شوارد الكربوكسيل السالبة ( $Coo^-$ ) من حمض الكربوكسيل ( CooH ) و البروتونات الهيدروجينية الموجبة ($H3O^+$) الناتجة عن تشريد حمض البولي أكريليك في الماء .

فتهاجم البروتونات الموجبة محيط الجزيئات الزُّجاجية ( فلور ألومينو السيليكات ) مما يؤدي إلى تحرير شوارد الكالسيوم و السترونيوم و الألمنيوم من الزُّجاج حيث تتجمع شوارد ( $Coo^-$ ) مع الشوارد المعدنية المتحررة مشكلةً جسراً ملحياً يساهم في عملية التهلّم ثمّ التصلّب و في هذه المرحلة تكون جذور الكربوكسيل الحرة ( $Coo^-$ ) متوافرةً بشكلٍ كبيرٍ مما يتيحُ الفرصة لالتصاق الإسمنت بالنسج السِنيّة من خلال ارتباط جذور الكربوكسيل هذه مع عنصر الكالسيوم الموجود في الهيدروكسي أباتيت السِّني ( Curtis and Waston, 2008 ) ، و يكون الإسمنت في هذه المرحلة ذا قوامٍ لماعٍ و يجب تطبيقه بأسرع وقت ممكن لتأمين ارتباطٍ أشدَّ مع نسج السِّن ؛ حيث إنّ زوال اللمعان يشير إلى بدء ارتباط الشوارد المعدنية المتحررة مع جذور الكربوكسيل الحرة و تصلب الإسمنت وعدم القدرة على تطبيقه ( Albers, 2002 ) .

٢- المرحلة الثانية ( التصلب الأولي ) Initial Setting Phase :

تبدأ خلال ٣ – ٤ دقائق و تستمر لغاية ٢٤ ساعة حيث تكون شوارد الكالسيوم و السترونيوم المتحررة في هذه المرحلة متحفّزةً لترتبط مع شوارد الكربوكسيل على سطوح سلاسل حمض البولي أكريليك ارتباطاً تصالبياً فيبدأ تشكّل ملح بولي أكريليك الكالسيوم خلال العشر الدقائق

الأولى وهو الملح الذي يعطي المزيج قواماً لدناً نستطيع التعامل معه و نتمكن من نقله إلى الحفرة المحضّرة ، فهو يؤمن ارتباط سلاسل حمض البولي أكريليك مع بعضها البعض Acid Chains و يقلل من حركتها ، ولكنّ المشكلة أنّ هذا الملحَ شديدُ الانحلال بالماء فهو ملحٌ ضعيفٌ ، لذلك يجب حماية الملحِ من الرطوبة هذا وإنّ شوارد الألمنيوم تأتي في مرحلةٍ لاحقةٍ لترتبط بشكلٍ مغلّفٍ يحفظ هذا الملح من الانحلال ( Curtis and Waston, 2008 ).

هذا ويكون الزُّجاج الشّاردي في هذه المرحلة ظليلاً على الضوء و ذلك بسبب اختلاف انعكاس الضوء بشكلٍ كبيرٍ بين القالب و الذرّات الزُّجاجية المالئة ولكنّ هذه الظلاليّة سرعان ما تختفي مع اكتمال تفاعل التصلب (Albers, 2002).

٣- المرحلة الثالثة ( التصلب النهائي و النضج ) Final Setting And Maturation :

نصل إلى هذه المرحلة بعد مرور ٢٤ ساعة من المزج و التطبيق و يمكن أن تستمر لعدّة أشهر و يحدث فيها استبدال لشوارد الكالسيوم ذات التكافؤ الثنائي بشوارد الألمنيوم ذات التكافؤ الثلاثي و التي تتحرّر ببطءٍ و تشكّل ملح بولي أكريلات الألمنيوم مما يؤمّن للترميم صفاتٍ فيزيائيةً أفضلَ كما يحسّن من الصلابة (Albers, 2002 ; Anusavice, 2003) .

في هذه المرحلة يكون ٢٠-٣٠% من الزُّجاج (FAS; fluoro alumino silicate) قد دخل في التفاعل ليبقى لدينا شوارد غير منحلة من الفلور و الفوسفات، و يتشكل الحمض السيليكوني فور بدء تفكك الزُّجاج بدءاً من قالب السيليكات حيث تساهم شوارد الصوديوم بتشكله ؛ لتقوم شوارد السيليكون بالارتباط بالماء غير المرتبط لينتجَ عن هذا الارتباط تشكلُ قالب سيليكات

متّحدٍ بالماء يحمي الذرّات غير المرتبطة ضمن كتلة الترميم و يؤمن ارتباطها فيما بعد مع القالب مما يؤمّن نضجاً إضافيّاً للترميم ( Curtis and Waston, 2008 ).

تزداد الخاصّة الجمالية للترميم في هذه المرحلة و يبدو أكثر قرباً من لون السِّن لأنّ هلام السيليكا السابق الذكر قد أحاط بالذرات و جعل انعكاس الضوء عنها مشابهاً لانعكاس الضوء عن القالب و بالتالي تقلّ ظلالية الترميم ( Albers, 2002 ) .

هذا وإنّ استقرار الترميم النهائي يأتي من اجتماع الروابط الخطية الشّاردية الضعيفة والروابط الهيدروجينية ( Sakagushi and Powers, 2012 ) .

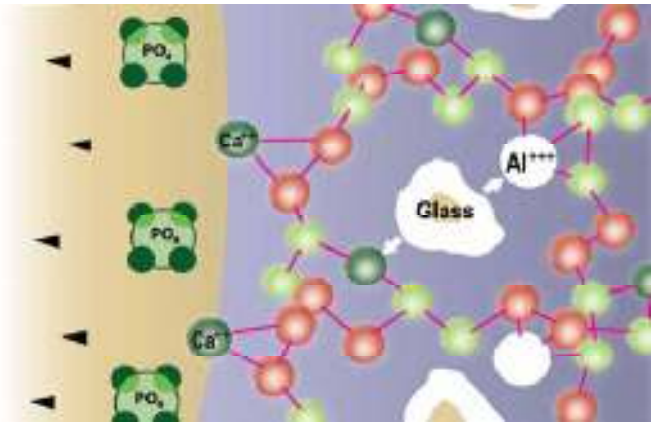
❖ **أهمية الماء ضمن سائل الزُّجاج الشّاردي :**

يظهر دوره في جميع مراحل تفاعل الزُّجاج الشّاردي فهو وسطٌ لانتقال الشوارد في تفاعل حمض – أساس يساهم في تحرير الفلور ، ويدخل جزءٌ منه في اكتمال تفاعل التصلب ليؤمن استقرار الترميم النهائي ، و للماء أيضاً دورٌ هامٌ في إعطاء الترميم اللّدونةَ الكافيةَ لتسهيل التعامل معه سريرياً ( Sakagushi and Powers, 2012 ) .

### 3.3.1. الارتباط بالنسج السِنيّة Adhesion to tooth structure :

إنّ الارتباطَ بالنسج السِنيّة هو ارتباطٌ كيميائيٌّ ذاتيٌّ وهو يستمر طيلة الحياة ، و يعتمد نظريّة الاختلاب ( Albers, 2002) ، ولا يحتاج إلى تخريشٍ حمضيٍّ كالذي نستخدمه في ترميماتِ الرّاتنج المركّب ، لكن يمكن دعمُ الارتباط بتكييف السِّن بحمض البولي أكريليك المُخَفَّف الذي يقوم بتشريد مركب الهيدروكسي أباتيت السنّي إلى شوارد فوسفات و شوارد كالسيوم (Bell *et al*., 1994) ، وهذا ما يمكّن من ارتباط جذور الكربوكسيل الحرّة ( $Coo^-$ ) من

الارتباط مع شوارد الكالسيوم و الفوسفات التي تحررت من الهيدروكسي الأباتيت السنّي بعد تكييفِ سطح السِّن وتشكّل الروابط الشّاردية (Pickard *et al*., 2003 ) ، و التي يمكن التعرّف عليها من خلال الاختبارات الكيميائية للطيف الالكتروني ESCA وفي الشكل ( 2-1 ) ما يوضح ذلك ( Sakagushi and Powers , 2012 ) .




الشكل ( 2-1 ) ارتباط الزُّجاج الشّاردي مع النسج السنية

و في حال عدم تطبيق المزيج ضمن الحفرة السِنيّة فإنّ جذور الكربوكسيل الحرّة سترتبط بشوارد الكالسيوم المتحررة من ذات المزيج مما يؤدي إلى تصلب المزيج ذاتياً وكلما ارتفعت درجة الحرارة قل زمن العمل و زادت سرعة تصلب المزيج ( Curtis and Waston , 2008 ) .

### 4.3.1. تكييف السطح ( Conditioning) :

ظهرت عدةُ نظرياتٍ باستخدام الحموض كحمض الفوسفور ٣٧ % لتكييف السطح إلا انه يعمل على إتلاف شبكة الكولاجين العاجية و بالتالي فإن الارتباط لا يكون بالمستوى المطلوب ،أمّا حمض البولي أكريليك فهو يزيل طبقة اللطاخة و يقلل من تلوث سطح العاج دون أن يضعف بنيته مما يزيد من قوة ارتباط الترميم بسطح النسج السِنيّة(Pickard *et al*.,2003) ، هذا ويستخدم

في التكييف هلام حمض البولي أكريليك بتراكيز تتراوح بين ١٠-٤٠ % و مؤخراً تم الاكتفاءُ بتراكيز ٢٥% لمدة ١٥ -٢٠ ثانية ثم يتمّ الغسل اللطيف بالماء لإزالة الحمض و الفضلات و يتمّ التجفيف بلطف (Schmalz and Arenholt-Bindslev *et al* ,. 2009 ) .

**5.3.1. الخواص Properties :**

كانت الأجيال الأولى ضعيفةً و قصفةً و قساوتها غيرُ كافيةٍ ومقاومةُ الشدّ والانكسارِ فيها منخفضة ، كما أنّها غيرُ مقاومةٍ للاهتراء و الانحلال بالسوائل و قليلة التحمّل للجهود وبالتالي يتلف الترميم بسرعة ، و إن الخواص الفيزيائية للزجاج الشّاردي تتزايد تدريجياً مع نضج الترميم خلال ٢٤ ساعة من بدء مزجه ( Curtis and Waston , 2008 ) ، و هذا منع استخدام هذه المادة كترميمات في المناطق المعرّضة لإجهاداتٍ إطباقيةٍ عاليةٍ كالمناطق الخلفية (Albers , 2002) .

إنّ الخواصَّ الفيزيائية لترميمات الزُّجاج الشّاردي أقلُّ من خواصِّ ترميمات الرّاتنج المركّب وحتى الأصناف المقوّاة بالرّاتنج و المعادن لا ترتقي إلى مستوى ترميمات الرّاتنج المركّب ولكنّها أفضل من الزُّجاج الشّاردي التقليدي من حيث مقاومة الاهتراء والانحناء و الانكسار و غيرها ( Sakagushi and Powers, 2012 ) .

إن الناقليةَ الحراريةَ و مُعامِلَ التمدّدِ الحراري للزّجاج الشّاردي التقليدي و المعدّل بالرّاتنج قريبةٌ جداً من مثيلتها في العاج السِّني ؛ حيث يمكن اعتبارُ الزُّجاج الشّاردي وبخاصةٍ الأنواعَ الجديدةَ بديلاً مثالياً للعاج السِّني و تعويض الميناء بالرّاتنج المركّب و بالتالي نحصل على ترميمٍ محاكٍ للنسج السِنيّة و تسمى هذه التقنية تقنيةَ الطبقات أو الساندويش ( Theodore *et al*., 2010 ) .

تكون مقاومة الانضغاط Compressive Strength منخفضةً بعد مزجه مباشرةً و سرعان ما

ترتفع خلال ٢٤ ساعة و تستمر بالارتفاع حتى تقف عند مرحلةٍ تعودُ بعدها لتنخفضَ ، و سبب هذا التغيّرِ حركةُ السوائلِ غيرِ المستقرة داخله (Crisp *et al*., 1976) ، وقد ازدادت مقاومة الانضغاط في الأجيال التالية من الزُّجاج الشّاردي (Curtis and Waston *et al*., 2008 ) .

إنّ الحساسية للرطوبة Moisture Sensitivity عاليةٌ ، حيث تعاني بعض الأنواع من امتصاص سوائل يصل لغاية ٥% خلال أول ٦ أشهر من تطبيقه (Small *et al*., 1998) ، كما يتعرّض ترميم الزُّجاج الشّاردي للتآكل و الاهتراء في البيئة الفموية الحامضية وخاصةً بحضور حمض اللبن الذي يؤدي لفشل الترميم ، و إنّ انحلاليّةَ النمط المخصص للإلصاق أكبرُ من انحلاليّةِ النمط المخصّصِ للترميم (Curtis and Waston , 2008 ) .

إنّ شوارد الكالسيوم والألمنيوم في المسحوق لا تملك وقتاً كافياً كي تتفاعل مع حمض البولي كربوكسيلات ، فهذه الشوارد تنتقل إلى السطح الخارجي للترميم دون أن تتفاعل مع الحمض مما يعطي الترميم لوناً طبشورياً باهتاً و يكون سطح الترميم خشناً مما ينقص من قساوة سطح الترميم (Mojon *et al*., 1994 ) ، لذلك يُفضّل حماية الترميم بطبقةٍ من الفرنيش (Hotta *et al*., 1992).

إن خواصَّ الزُّجاج الشّاردي الميكانيكيةَ و الفيزيائيةَ بشكلٍ عامٍ تكون دون مثيلاتها في الرّاتنج المركّب و على الأخص مقاومةُ الاهتراء التي تكون منخفضةً في الساعات الأولى و هو بحاجة لزمنٍ أطولَ كي ينضج و لا يمكن إنهاؤه إلا بعدَ ٢٤ ساعة ( Burgess, 2008 ) .

❖ **تحرير الفلور Fluoride Release :**

يقلل استخدامُ الزُّجاج الشّاردي من النخور التالية للترميم كونه يقوم بتحرير الفلور مما يقي الأسنانَ المجاورةَ للترميمات من النخورِ بحيث يوقفُ عمليةَ خسفِ المعادن و يعمل على إعادة

تمعدن النسج السِنيّة و كبح النشاط التحللي للجراثيم الفموية وبالتالي فهو يعدّل حموضة الوسط الفموي المحيط بالسِّن مما يقلل من حساسية السِّن بعد الترميم ( Wiegand *et al*., 2007 ) .

يتواجد الفلور بنسبة ١٠-٢٣% في مسحوق الزُّجاج الشّاردي و عند التفاعل مع الحمض يتحرّر إلى النسج المجاورة ( Hicks *et al*., 1986 ) ، وعندما تزداد حموضة الوسط يزداد تحرر الفلور ما يزيد من انحلال سطح الترميم ( Griffin *et al*., 1992) ، وإنّ تحرر الفلور بالأنماط المخصصة للترميم أكبر من أنماط الإلصاق لأن نسبة المسحوق/السائل فيها أكبر(Meryon *et al*., 1984) .

يستمرّ تحرير الفلور بشكلٍ فعّالٍ طيلة فترة وجود الترميم بآلية المقايضة ؛ بحيث يتحرر الفلور من زجاج ( FAS ) ليحلّ محلّه الماء و الكربوكسيل ، ويستعيد الزُّجاج الشّاردي شحنه من خلال الفلور الجائل ضمن اللّعاب و بواسطة الغسولات الفموية الحاوية على الفلور أو معاجين الأسنان الغنية بالفلور أو المضغوطات الدوائية الموضعية وبذلك يُعتبر الزُّجاج الشّاردي بمثابة مصدرٍ خازنٍ للفلور ( Sakagushi and Powers, 2012 ) .

❖ **الخواصّ البصريّة Optical properties :**

إنّ تواجدَ الفلور بنسبٍ عاليةٍ بالأجيال القديمة كان ينعكس على الناحية التجميلية للترميم مما كان يؤدي إلى ترميمٍ كامدٍ ، لكن مع تخفيفِ النسبة في الأجيال التالية و إضافةِ حمض الطرطريك المنظِّم للتفاعل تحسنّت الشفافيةُ و زادت الخاصّةُ التجميلية ( Wilson, 1996 ) .

كما يمكن أن نعزو اللون الكامد في الزُّجاج الشّاردي إلى تغير توزع و حجوم الجزيئات المالئة في الزُّجاج المكوِّن للمسحوق مما كان يؤدي إلى اختلال انسجام مُعامِل الانكسارِ بين المادة المالئة و القالب ( Wilson, 1989 ) .

أمّا حديثاً فقد تمّ استخدامُ مالئاتٍ زجاجيةٍ نقيةٍ ذاتِ شفافيةٍ عاليةٍ قريبةٍ من شفافية الميناء ، كذلك تمّت إضافةُ حمض البولي ماليك مما أدّى إلى تحسّن الشفافية و ذلك عن طريق تفاعل معظم الجزيئات المالئة من المسحوق مع معظم الحمض ، لكن لا تتحسن الشفافية إلا بعد ٢٤ ساعةٍ من التطبيق و تصل لغايةِ الجمالية خلال ٧ أيام ( Chandra *et al*., 2007 ) .

**6.3.1. الاستطبابات Indication :**

يستخدم الزُّجاج الشّاردي في الحالات التي يصعب العزل فيها و في الحالات التي تنتشر فيها النخور بشكلٍ كبيرٍ فهو يمتاز بقدرته على تحرير الفلور و كبح انتشار النخر السِّني في ذات السِّن المرمم و الأسنان المجاورة للترميم ، كما يستخدم في ترميم الآفات الصغيرة التي لا تتعرّض لإجهادٍ إطباقيٍّ كبيرٍ كالنخور من الصنف الثالث و الآفات العنقية النخرية CCL; Carious Cervical Lesions و العنقية اللانخرية NCCL من الصنف الخامس في الأسنان الدائمة ( Sakagushi and Powers, 2012 ) ، و يمكن استخدامه كمادةٍ سادةٍ للوهاد و الشقوق في الأسنان حديثة البزوغ لحمايتها وقائياً ( Mclean *et al*., 1977 ) .

يمكن استخدام ترميمات الزُّجاج الشّاردي في حفر الصنف الأول بشكلٍ أخص و الثاني و ذلك في الأسنان المؤقتة كترميماتٍ نهائيةٍ و في حفر الصنف الأول و الثاني كترميماتٍ مرحليةٍ طويلةِ الأمد في الأسنان الدائمة ، و في السِّنوات السابقة حدثت نقلاتٌ نوعيةٌ في ترميمات الزُّجاج الشّاردي تمّ خلالها تعديلُ تركيب و حجم الجزيئاتِ الداخلةِ بتركيب المسحوق و تغييرُ نسب و توزّع هذه الجزيئات و إضافةُ عناصرَ أخرى لتحسين الخواصِّ الفيزيائية و الميكانيكية و مقاومة الاهتراء و إطالةِ ديمومة الترميم حتى أصبح بالإمكان استخدامُه في بعض حالات

الصنف الأول و حالات الصنف الثاني التي لا تعاني إجهاداً كبيراً في الأسنان الدائمة الخلفية كترميماتٍ شبه دائمة ( Sakagushi and Powers, 2012 ).

### 7.3.1. مضادات الاستطباب Contraindication :

تُستبعد ترميماتُ الزُّجاج الشّاردي عن الحالات المُعرّضة للإجهاد الإطباقي الشديد ، و عن الأسنان التي تعتبر فيها الحالةُ الجماليّةُ هامةً جداً لأن هذه الترميمات لا تتطابق مع لون السِّن بسبب اختلاف درجةِ الانكسارِ الضوئي و اختلاف درجةِ الشفوفية الضوئية ، كما أنّه لا يصحّ استخدامها كترميماتٍ كبيرةٍ ذلك أنّ الزُّجاج الشّاردي لا يمتلك المقاومة التي يتمتع بها الأملغم السِّني أو الرّاتنج المركّب ( Freedman , 2012 ) .

### 8.3.1. المحاسن و المساوئ Advantages & Disadvantages:

من أهمِ ما يُميّز ترميمات الزُّجاج الشّاردي خاصّةُ تحرير الفلور ، إضافةً إلى الارتباطِ الكيميائيِ الذاتي بالبنية السِنيّة والتقبّلِ الحيويِّ الكبير ، إضافةً إلى مُعامِلِ التمدّد الحراريِ المشابه مثيلَه في البنيةِ السِنيّة ،كذلك قدرةُ الزُّجاج الشّاردي العالية على الختم الحفافيّ حولَ الترميم بسبب التصاقه الكيميائي بالميناء والعاج وكبحه للنخور التالية بجوار الترميم ( Sakagushi and Powers, 2012) أمّا ما يسيء إلى ترميمات الزُّجاج الشّاردي ديمومتُه القليلة في البيئة الفموية و قِلّةُ مقاومتِه للانحلال والاهتراء ، كما أنّه أقلُّ جماليةً و أقلُّ قابليةً للإنهاءِ من ترميمات الرّاتنج المركّب (Cattani-Lorente *et al*., 1994 ) ، و كثيراً ما تفشل ترميماتُ الزُّجاج الشّاردي بسبب حدوث كسرٍ في كتلة الترميم أو حوافه أو في حدبةٍ من الحدبات ( Naasan *et al*., 1998 ) .

### 4.1. الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج Resin Modified – Glass Ionomer RM-GI:

عُدِّلَ الزُّجاج الشّاردي التقليدي بالرّاتنج عام ١٩٨٠ سعياً للوصول إلى خواصَّ فيزيائيّةٍ و ميكانيكيةٍ أفضلَ و تلافي الخواصِّ السلبية من أجل إطالةِ زمنِ العملِ و القدرةِ على الإنهاءِ المباشرِ للترميمِ و زيادة النواحي الجمالية ( Sakagushi and Powers, 2012 ) .

#### 1.4.1.التركيب Composition :

**المسحوق** : هو مسحوق ( FAS ) تمّ تعديل سطح الجزيئات الزُّجاجية بمادة عضوية " ألكوكسي سيلان " كي تؤمن اندماجاً أفضلَ بين الجزيئات الزُّجاجية و القالبِ الميتاكريلي في السائل( Curtis and Waston, 2008 )، وهذا التعديل يؤثر بمشعر الانكسار الخاص بالزُّجاج مما يعطيه خواصَّ بصريةً أفضل ( Sakagushi and Powers, 2012).

**السائل** : هو محلولٌ مائيٌ لحمض البولي أكريليك تمّ تعديله لإدخال متعددات التماثر من زمرة الميتاكريلات ، كما أُضيفت حموض أمينية أخرى من أجل التوصل إلى زمرٍ حمضيةٍ أكثر قدرةً على بناء جسورٍ ملحيةٍ ترتبط مع البنية السِنيّة الصلبة ( Culbertson, 2006 ) .

#### 2.4.1.تفاعل التصلّب Setting Reaction :

أُطلق على الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج اسم "الزُّجاج الشّاردي الهجين" كونه يتماثر بآليتين :

آ – وفق تفاعل تحرّضُ بدايتَه مبدئاتٌ من الجذور الحرّة من الميتاكريلات ( ذاتية التصلّب أو ضوئيّة التصلّب تتصلّب بالضوء المستخدم لتصليب الرّاتنج المركّب ) ( Freedman, 2012 ) .

وفي هذا التفاعل تتشكل سلاسل متصالبة ليكون ارتباطه مماثلاً لارتباط الرّاتنج المركّب مع النسج السِنيّة بسبب احتوائه مركب ال HEMA ( Dejee et al., 1996 ) .

ب – وفق تفاعل حمض – أساس ذاته المسؤول عن تماثر النمط التقليدي و هو ذو دور ثانويٍّ ولكن لا يتمُّ نضجُ الترميم بدون اكتماله ( Curtis and Waston, 2008).

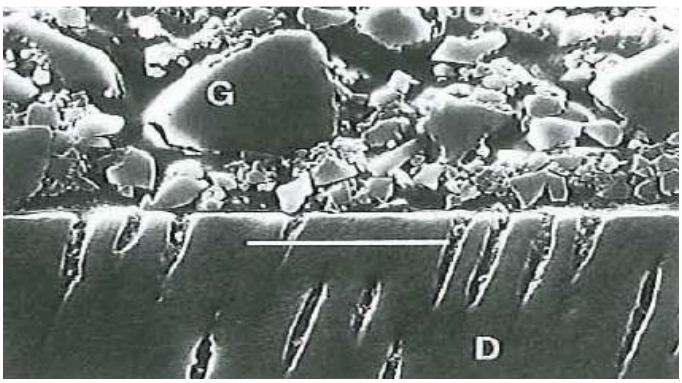
**3.4.1. التصنيف Clssification : ( Walls, 1986 )**

النمط الأول : الإلصاق Luting ، النمط الثاني : الترميم Restorative

النمط الثالث : التبطين و مادة سادّة للوهاد و الشقوق Lining & Fissure Sealants.

**4.4.1. الارتباط بالنسج السِنيّة Adhesion to tooth structure :**

يكون الارتباط كيميائياً من خلال الرابطة الشّاردية بين شوارد الكربوكسيل ( $Coo^-$ ) التابعة لحمض البولي أكريليك و بين شوارد الكالسيوم ( $Ca^{+2}$ ) من الهيدروكسي الأباتيت السِّني و ذلك بالاعتماد على تفاعل حمض – أساس و هذه الروابط الشّاردية أقل من مثيلاتها في النمط التقليدي ( Tyas , 2006 ) ، ولا يحتاج الزُّجاج الشّاردي ليرتبط بالنسج السِنيّة تخريشاً حمضياً كذلك المستخدم مع ترميمات الرّاتنج المركّب ( Yamamato *et al*., 2003 ) ، إنما يُوصى بتكييف عاجي بحمض البولي كربوكسيليك المخفف الذي يزيل طبقة اللطاخة المندخلة ضمن القُنيات العاجية ليسمح للزجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج بالاندخال ضمنها والارتباط بالشبكة الكولاجينية و يظهر هذا في الشكل ( 3–1 ) ، ولا بد من الإشارة أنّ هناك أنواعاً ليست بحاجةٍ إلى تكييف العاج( Curtis and Waston, 2008). ومن الممكن مع بعض الأصناف إجراءُ شطبٍ بسيطٍ للميناء واستخدامُ المبدئات ذاتية التخريش self-etching Primers و تطبيق ضوء التصليب قبل تطبيق الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج لنحصل على تثبيتٍ ميكانيكيٍّ مجهري بدرجاتٍ قليلةٍ و يزداد ارتباط الترميم مع الميناء ( Burrow *et al*., 2002 ; Demunck *et al*., 2004 ) .




الشكل ( 3-1 ) صورة بالماسح الالكتروني تظهر الاندخالات الميكرونية بعد إزالة طبقة اللطاخة من العاج و تكييف سطحه و استقبال ترميم من الزُجاج الشّاردي المقوّى بالرّاتنج

### 5.4.1. الخواص Properties :

تكون الخواصُّ الفيزيائية و الميكانيكية لل RM-GI أفضلَ من مثيلاتها في النمط التقليدي وذلك لأنّ الرّوابطَ التصالبيّةَ قد زادت والفضلُ يعود إلى إضافةِ زمرة الميتاكريلات ( Curtis and Waston , 2008) ، حيث تزداد الخواصُّ الميكانيكية بشكلٍ ملحوظٍ من الساعاتِ الأولى و لغاية ٢٤ ساعة من المزج في حين تزداد بشكلٍ قليلٍ لغاية ٧ أيام ، و تتفوق الخواصُّ الجمالية للزجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج على خواصّ النمط التقليدي أمّا تحرير الفلور فهو مشابهٌ للنمط التقليدي ( Saito *et al*., 1999 ) .

إنّ الزُّجاجَ الشّاردي المعدّل بالرّاتنج أكثرُ مقاومةً للشد و الانحناء و الانكسار و الاهتراء من النمط التقليدي ( Curtis and Waston, 2008) ، وإنّ معامل التمدّد الحراري فيه أقلُّ من النمط التقليدي (Sakagushi and Powers, 2012)، وإنّ انحلاليّتَه أقلُّ من انحلالية النمط التقليدي حتى و لو تعرّض الترميمُ للّعاب في الساعات الأولى من تطبيقه ضمن الفم ، كذلك فإنّ انحلاليّتَه أقلُّ من انحلاليّة إسمنت فوسفات الزنك و البولي كربوكسيلات( Mitra, 1991 ; Uno *et al*., 1996).

لا مانع من حماية السطح بطبقة من الفرنيش لحماية الترميم من التلوّن و التصبّغ ( Earl *et al*., 1985 ; Ribeiro *et al*., 1999 ) ، وكذلك يمكن تطبيق المادة الرابطة Bond لحماية الترميم و تعتبر مثاليةً لحماية ترميمات الزُّجاج الشّاردي(Hotta *et al*.,1992)، و هذا الإجراء يزيد مقاومة ترميمات النمط المعدّل بالرّاتنج و النمط التقليدي خلافَ ما تدعيه بعض الشركات التجاريّة و التي تنفي الحاجة إلى حماية الترميم ( Miyazaki *et al*., 1996 ) ، ويمكن أن نكتفي بحماية سطح الترميم منذ الساعة الأولى من تطبيق الترميم و حتى أسبوعين لضمان تخطي الترميم فترة التفاعل الحرجة و التي يكون فيها تفاعل حمض – أساس في ذروته وبعدها يبدأ استقرار الترميم( Naasan *et al*., 1998 ) .

إنّ التقبّلَ الحيوي له جيدٌ و الحساسية التالية لاستخدامه قليلةٌ بسبب ختمه للأقنية العاجية و حموضتِه القليلة منذ البداية و هذا ما يخفف من الارتكاس اللبي إضافةً لكونه لا يحتاج لتخريشٍ حمضيٍّ كالذي يحتاجه الرّاتنج المركّب (Mitra, 1991 ; Uno *et al*., 1996) .

### 6.4.1. الاستطبابات Indications :

يماثل استخدامات النمط التقليدي حتى أنّه مفضلٌ عنه كاستخدامه في الصنف الثالث ، و في الآفات العنقية النخرية CCL واللانخرية NCCL من الصنف الخامس( Saito *et al*., 1999 ) ، و كترميمٍ قاعديٍّ تحت ترميمات الرّاتنج المركّب " تقنية الساندويش " و ترميماتٍ مرحليّةٍ طويلةِ الأمد و قلوبٍ تحت التيجان ، ويمكن استخدامه كمادةٍ سادة للوهاد والشقوق بشكلٍ أكبرَ من النمط التقليدي فهو يتصلب ضوئياً وهذا محبذٌ عند الأطفال الذين يصعب تكييفهم ، ويستخدم

لإلصاق التعويضات الثابتة ويمكن استخدامه كترميماتٍ دائمةٍ على الأسنان الخلفية الدائمة وذلك في بعض حالات الصنف الأول التي لا تعاني من الإجهاد الإطباقي الشديد . وترميمِ السطحِ الخارجي للجذر بحالات الامتصاص و الانثقابات ( Donly *et al*., 1999 ) .

❖ **الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج ثلاثي التصلب**

**: Tri-Cured Resin Modified Glass Ionomer**

إنّ صعوبة التصليب على مراحل و الحاجة إلى تصليب الطبقات العميقة و صعوبة وصول الضوء إليها ؛ استدعى تعديل الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج و ذلك من خلال التعديل على السائل المائي لحمض البولي أكريليك حيث تمت إضافة مبدئات ذاتية التصلب بشكلٍ كيميائي و أخرى ضوئية التصلب فأصبح التصلّب قائماً على ٣ تفاعلات :

تفاعل حمض – أساس ، و تفاعلٌ تُحرّض بدايته مبدئاتٌ من الجذور الحرّة من الميتاكريلات ضوئية التصلب ، و تفاعلٌ تُحرّض بدايته مبدئاتٌ ذاتية التصلب بشكل كيميائي ( Sakagushi and Powers, 2012 ) ومن أشهر الأنواع (Vitremer$^{TM}$ 3M ESPE,USA ) .

❖ **الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج و الجزيئات النانومترية**

**: Nano Filled Resin Modified Glass Ionomer**

ظهر هذا التعديل عام ٢٠٠٧ و مثاله (Ketac$^{TM}$ NanoTM 3M ESPE,USA ) و الفائدة من هذا التعديل هو أنَّ حجمَ الجزيئات المالئة يؤثر على الخواص البصرية و مقاومة الاهتراء و يُحسّن قابلية الإنهاء مع المحافظة على الخواص الإيجابية للزّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج من تحرير الفلور وغيرها (Sakagushi and Powers, 2012 ) .

يأتي على شكل أنبوبين مندمجين ببعضهما و يتم ضغط زنادٍ خاصٍ لتخرج كميتان متساويتان ويتم مزج الكميتين بشكلٍ أسهلَ من مزج المسحوق و السائل وبزمنِ مزجٍ أقلّ (٢٠-٣٠) ثانية و نسبةٍ أدقَّ و بخواصَّ فيزيائيةٍ و كيميائيةٍ أفضلَ من النوع اليدوي وتم إنتاجها فيما بعد على شكل كبسولات تحوي حلزنات داخلية (Ketac$^{TM}$ Nano Quick mix 3M ESPE ) ، يحتوي مسحوق هذا النمط على مالئات السيليكا من رتبة النانو و جزيئاتٍ زجاجيةٍ أخرى مدورةٍ و جزيئاتٍ أكبرَ ذاتِ أشكالٍ غيرِ منتظمةٍ ، وتتوزع المالئات بشكلٍ غيرِ منتظمٍ حيث تتكتل المالئات الزُّجاجية الكبيرة و المدورة مع بعضها Nanomers و تتجمع عناقيد المالئات النانومترية Nanoclusters ( Sakagushi and Powers, 2012 ) .

ولا بد في هذا النمط من تكييف العاج و تطبيق المبدئ Primer لتأمين الارتباط الأمثل، و يمتاز هذا النمط بقدرةٍ عاليةٍ على الإنهاء مما يقود إلى الحصول على ترميماتٍ عالية الجمالية ذاتِ خصائصَ فيزيائيةٍ جيدةٍ مع الحفاظ على الخواصّ الإيجابية للزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج من تحرير فلور و ارتباطٍ كيميائيٍ و غيرها ( Croll, 2007 ) .

يمتاز بأنه قليل المساميّة و يمتاز بشفوفيته الضوئية و خاصته الجمالية العالية ، و كُلما زادت نسبة المالئات النانومترية زادت مقاومة الترميم للاهتراء و الانسحال و بخاصةٍ في الأشهرِ الأولى حتى يكتملَ نضجُ الترميم و يصبحَ قادراً على تحمّلِ البيئة الفموية ، و يكون الإنهاءُ والتلميعُ بشكلٍ مباشرٍ بعد التصليب الضوئي ( Sakagushi and Powers, 2012 ).

### 5.1. الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالمعادن Cermets :

جاءت تسمية هذا التعديل من الزُّجاج الشّاردي من كلمتي Ceramic – Metal في بدايات الثمانينيات حيث لم تكن الخواص الفيزيائية و الميكانيكية للزجاج الشّاردي التقليدي كافيةً من أجل ترميم بعض الحالات و لذلك تم دمج بعض العناصر المعدنية الجديدة مع مسحوق الزُّجاج الشّاردي( FAS; fluoro alumino silicate ) و مثالها الذهب و الفضة و التيتانيوم حيث أصبحت مقاومة الانحناء و الاهتراء و الانسحال أفضل من مثيلتها في النمط التقليدي كما أن ظلاليته على الأشعة أكبر من ظلاليّة النمط التقليدي إلا أن الخواص البصرية كانت أضعف من خواص النمط التقليدي فهو غالباً يأخذ اللون الرمادي الذي يُعزى لوجود الفضة في مسحوقه و مثاله Ketac$^{TM}$ Silver 3M ESPE (McLean *et al*., 1985 ; Croll *et al*., 2007)، و إن خاصّة تحرير الفلور في هذا الزُّجاج أقل من النمط التقليدي وذلك لأن نسبة الفلور في المسحوق أصبحت أقل (Williams *et al.,* 1997 ; Sakagushi and Powers, 2012).

وفي دراساتٍ حديثةٍ تبين فيها أنّ ديمومةَ ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالمعادن أقلُّ من ديمومة التقليدي و المعدّل بالرّاتنج ؛ و السبب هو نقص الارتباط الواضح في السطح البيني بين القالب و المعادن (Sarkar, 1999) ، و إنّ حمايةَ سطح ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالمعادن بالفرنيش يزيد من مقاومتها للاهتراء و يزيد ديمومتها ( Williams *et al*., 1998 ) .

### 6.1. الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة High Viscous Glass Ionomer :

نظراً لضعف الخواص الفيزيائية والميكانيكية للزجاج الشّاردي التقليدي و المعدّل بالرّاتنج كان لا بُدّ من التعديل على نسبة المسحوق وحجم الجزيئات المالئة و توزعها حيث أصبحت أكثر دقةً كما أُضيفَ حمض البولي أكريليك بعد تجفيفه و طحنه إلى المسحوق و هذا ما زاد اللّزوجة ؛ لنحصل على نوعٍ أكثرَ مقاومةً و أسهلَ تعاملاً و بإمكانه أن يُستخدمَ في الترميمات الدائمة على الأسنان الخلفية الدائمة التي لا تتعرض لجهودٍ إطباقيةٍ كبيرةٍ و من الأمثلة عليها Fuji IX, Fuji IX GP Fast (GC, Japan ) (Guggenberger *et al*.,1998) .

تحسنت مقاومة الشد و الانضغاط و الانكسار و الاهتراء في هذا النوع من الزُّجاج الشّاردي كما أن نسبة تحرير الفلور كانت أكبر من مثيلتها في التقليدي ( Burgess, 2008 ) ، فالخصائص الميكانيكية للزُّجاج الشّاردي تتعلق بالتركيب المجهري و بحجم الجزيئات و المساميّة بينها ( Xie, 2000 )، حيث إنّ زيادة اللّزوجة تُنْقِصُ المساميّة للحدود الدنيا وهذا يقود لتحسين الخواص الميكانيكية للترميم ومقاومته للجهود الإطباقية ( Jones *et al*., 1997, Nomoto *et al*., 2004 ) .

أصبحت الأنواع الحديثة ذاتَ نضجٍ أسرعَ مما كانت عليه في الأجيال الأولى حيث أصبح بالإمكان إنهاءُ الترميم خلالَ ١٥ دقيقة من المزج أو أقلَّ ( Sakagushi and Powers, 2012 ) ، هذا و يعتبر الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة مثالياً في الترميمات بتقنية ART: Atraumatic ) ( Restorative Treatment التي نزيل فيها النخور بالأدوات اليدوية دون الأدوات الآليّة ، فهو يرتبط بالسِّن بشكلٍ جيدٍ و يحرر الفلور و يقلل نسبة النخور التالية و يمكن دكّه كالأملغم السِّني ( Nagaraja *et al*., 2005 , Koenraads *et al*., 2009 ) .

### 7.1. الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك Zinc Reinforced Glass Ionomer :

أُنتِجَ في عام ٢٠١١ الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك (Chemfil Rock . Dentsply, Germany) و هو زجاجٌ شارديٌ تقليديٌّ عالي اللّزوجة ، ذاتيُّ الالتصاق بالنسج السِنيّة بشكلٍ كيميائي ، و قد تمّ التعديل على المسحوق و السائل من أجل الوصول إلى ترميماتٍ أكثرَ مقاومةً للاهتراء و الانحناء و الانضغاط و الانكسار والانحلال (SC ChemFil Rock Dentsply, 2011 ).

#### 1.7.1. التركيب Composition:

**المسحوق** : هو زجاج ( الكالسيوم والألومنيوم و الزنك و الفلور و الفوسفور و السيليكات ) ، وأكاسيد معدنية أخرى منها ثنائي أكسيد التيتانيوم، وهو تعديلٌ غيرُ مسبوقٍ حيث أُضيفت مالئاتٌ من الزنك إلى زجاج ( FAS; fluoro alumino silicate ) و هذا يقود لتحرر شوارد الزنك الإيجابية ثنائية التكافؤ $Zn^{+2}$ بشكلٍ مباشرٍ عند بدء تفاعل التماثر و هذه الشوارد أقوى من الشوارد الإيجابية ثنائية التكافؤ التي تتحرر بالأجيال التقليدية مثالها السترونيوم و الكالسيوم ، و حالما ترتبط شوارد الزنك $Zn^{+2}$ مع سلاسل متعدد الحمض مشكّلةً معقداتٍ ملحيةً غيرَ قابلةٍ للانحلالِ ( الزنك – متعدّد الأحماض ) تكون أقوى من باقي المعقّدات بين الشوارد الثنائية التكافؤ الأخرى و متعدد الأحماض ( السترونيوم – متعدد الأحماض ) و حتى إنها أقوى من المعقّدات بين الشوارد ثلاثية التكافؤ و متعدد الأحماض ( الألمنيوم – متعدد الأحماض ) التي كانت تعتبر مسؤولةً عن الحفاظ على خواص الترميم و مقاومته ، أي أنّه تم الحصول على الأملاح السابقة ( أملاح الألمنيوم المقاومة للانحلال التي كنا نحصل عليها بالنمط التقليدي ) ، إضافةً لأملاح الزنك شديدة المقاومة ، و بذلك تكون مقاومةُ الترميم أكبرَ و خواصُّهُ أفضلَ من

الأنماط التي لا تحوي الزنك ، هذا و إنّ حجمَ مالئاتِ الزنك كبيرٌ نسبياً فهي تقيس إلى ٣.٥ ميكرون ، و نسبة تحميل المسحوق من الزنك مرتفعةٌ تبلغ ٧٠ % وزناً و ٥٠ % حجماً مما يزيد مقاومة الترميم (SC ChemFil Rock Dentsply, 2011) .

**السائل :** هو سائلٌ مائيٌّ لمتعددالأحماض يبلغ وزنه الجزيئي ١٢٠٠٠٠ دالتون ، حيث يتكوّن من حمض الكربوكسيليك و حمض الإيتاكونيك و حمض الطرطريك ، وإنّ هذا الوزنَ الجزيئيّ المرتفع يعطي الترميم خواصّ ميكانيكيةً عاليةً إضافةً للزوجةٍ عاليةٍ جداً تسهّلُ عملية الدكّ و التكثيف ضمن الحفرة , ولكنّ خطورة التهلم و تحول هذا الحمض للشّكل الهلاميّ نتيجة تشكّل الروابط الهيدروجينية و اجتماع سلاسل البوليميرات متصلة بهذه الروابط الهيدروجينية ؛ هذا ما جعل صلاحيةَ المادة تقلّ و دفع المصنعون لها لإضافة حمض الإيتاكونيك الذي يعرقل ارتباط السلاسل الحمضية و بالتالي أصبح بالإمكان الاستفادةُ من الوزن الجزيئيّ المرتفع لمتعدد الأحماض من حيث الخواصّ الميكانيكية والمقاومة ودون فقدان الصلاحية .( SC ChemFil Rock Dentsply, 2011)

### 2.7.1. الخواصّ Properties :

إنّ مقاومةَ الاهتراء في ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك بدون تكييفٍ وبدون تطبيق طبقةٍ واقيةٍ فوقه تفوق مقاومة اهتراء النمط التقليدي و المعدّل بالرّاتنج ، حتى مع استخدام التكييف و الطبقة الواقية مع النمط التقليدي و المعدّل بالرّاتنج كانت المقاومة متشابهة علماً أنّ الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك لم يتم تكييف السِّن قبل تطبيقه و لم يُحمى بطبقةٍ واقيةٍ بعد تطبيقه وهذا بفضل تحمّله و تسامحه الكبير مع الرطوبة و وصوله لخواصه المرجوّة بشكل سريع ، كما

يمتاز بمقاومةٍ عاليةٍ للصدوع و انتشارها ، ومقاومةِ انكسار تفوق مقاومة باقي ترميمات الزُّجاج الشّاردي و بخاصةٍ في الساعات الأولى بعد بدء التفاعل الأولي (Hickel,2012 ) .

إنّ مقاومةَ الانحناء تفوق مقاومة أنواعٍ أخرى من الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة حيث تبلغ ٦٣ ميغا باسكال و كذلك مقاومة الانضغاط فهي مرتفعة تصل ٢٠٠ ميغا باسكال ، كما تتفوق مقاومته للقص بعض الأنواع الأخرى و تشابه أنواعاً أخرى ، هذا و إن الختم الحفافي لترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك يكون مكافئاً مثيله في الزُّجاج الشّاردي التقليدي و المعدّل بالرّاتنج على مستوى العاج ، بينما يتفوّق الختم الحفافي على مستوى الميناء مثيله في أقرانه باستثناء الأنماط التي يتم تكييف النسج السِنيّة قبل تطبيقها و تتم حمايتها بطبقة من الفرنيش ، علماً أن الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالزنك لا يحتاج إلى طبقةٍ واقيةٍ نهائيةٍ وذلك بسبب سرعة نضجه فهو يشابه بختمه الرّاتنج المركّب (Hickel,2012 ) .

إنّ قدرتَه على تحرير الفلور مرتفعةٌ و لكنّه كباقي أنواع الزُّجاج الشّاردي تقلّ قدرته على تحرير الفلور مع الزمن ، أما عن خاصّته التجميلية فقد تم تعديل هذا الزُّجاج الشّاردي وفق دليل ألوان VITA بحيث أصبحت ألوانه قريبةً من ألوان الرّاتنج المركّب ، وبالنسبة للظلالية على الأشعة فهي عاليةٌ جداً لتكون متباينةً عن ظلاليّة السِّن (SC ChemFil Rock Dentsply, 2011 ) .

### 3.7.1. التعامل Manipulation:

أُنتج هذا الزُّجاج الشّاردي على شكل كبسولات تحتوي على المسحوق و السائل بنسبةٍ معايرةٍ بدقةٍ ، حيث يتم مزجهما بسهولةٍ من خلال وضع الكبسولة في جهاز مزج الأملغم السِّني الذي تتراوح عدد اهتزازاته ٤٠٠٠-٤٥٠٠ اهتزاز في الثانية لمدة ١٥ ثانية و تُحمل الكبسولة المُفَعَّلة

بوساطة محقنةٍ خاصّةٍ و توجه فوهة الكبسولة مباشرةً إلى سطح الحفرة المُحضَّرة ويتم ملؤها و تكثيفها بالمدك ، و يبلغ زمن العمل ١.٥ دقيقة بينما يتصلب ذاتياً خلال ٣-٤ دقيقة و بالإمكان إجراء الإنهاء بعد ٦ دقائق ؛ فمن مزايا هذا الإسمنت الزُّجاجي الشّاردي هو أنّ تقنيّة تطبيقه غيرُ معقدةٍ فهو ليس بحاجةٍ لتكييف سطح السِّن و لا يحتاج أيضاً لأن نحميه بطبقة من الفرنيش ؛ يكفي تحضير الحفرة بسماكة لا تقلّ عن ١ مم و تهيئتها لاستقبال الترميم دون شطبٍ للحواف كما لو تمت تهيئتها لاستقبال ترميم من الأملغم و غسلها و تجفيفها بشكلٍ معتدلٍ دون زيادة التجفيف ، وعند الاقتراب من الحجرة اللبية يُفضّل تبطين الجدار اللبي تجنّباً للارتكاس اللبّي(SC ChemFil Rock Dentsply, 2011 ) .

### 4.7.1. الاستطبابات Indication :

يُماثل الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك في استخداماته الزُّجاج الشّاردي التقليدي و المعدّل بالرّاتنج ( الصنف الثالث و الخامس و بناء القلوب ...) إضافةً إلى إمكانية استخدامه كترميماتٍ نهائيةٍ شبهِ دائمةٍ على الأسنان الخلفية الدائمة في الصنفين الأول و الثاني لفترة أقلها سنتان وذلك لتحسن الخواص مقارنة بالأجيال السابقة فهو ذو خواص أفضل ومقاومة أعلى للانحلال والاهتراء والانكسار (SC ChemFil Rock Dentsply, 2011 ) ، شريطة أن تكون هذه الترميمات بمنأى عن الجهودِ الإطباقيةِ الشديدة فلا يُستطب الزُّجاج الشّاردي في ترميم الأسنان واسعة التهدّم و الأسنانِ المُعرّضة للإطباق الراضّ الشديد (Hickel,2012 ) .

## 2. الرّاتنج المركّب Composite Resin :

### 1.2. تركيب الرّاتنج المركّب Composition of Composite Resin :

قدّم Bowen في عام ١٩٦٢ أوّلَ راتنجٍ مملوءٍ بمالئاتٍ زجاجيةٍ ، يتكون الرّاتنج المركّب بشكلٍ رئيسي من عدة عناصرٍ، العناصر الرئيسية هي القالب الرّاتنجي Resin Matrix والجزيئات المالئة اللاعضوية، أمّا القالب الرّاتنجي فهو مكونٌ من البيسفينول غليسيديل ميتاكريلات BIS GMA ومنها ما هو مكونٌ من اليوريتان دي ميتاكريلات UDMA ومنها ما هو مزيجٌ بينهما ونظراً للزوجتهما المرتفعة و عدمِ القدرة على زيادة نسبة المادة المالئة في القالب الرّاتنجي استُعيضَ عنهما بقالبٍ من التري إيتيلن غليكول دي ميتاكريلات TEG DMA . ( Sakagushi and Powers., 2012 )

أمّا المادة المالئة فهي عبارة عن زجاج الباريوم أو السيليكات ، أوكسيد الزركونيوم ، أوكسيد الألمنيوم ، ثنائي أوكسيد السيليكون و تُعامل الجزيئات المالئة بالعامل المزاوج " السايلان " كي تتدخل بشكلٍ جيدٍ ضمن القالب الرّاتنجي حيث تضاف هذه المالئات اللاعضوية إلى القالب الرّاتنجي لزيادة خواصّه الفيزيائية و شفوفيته و تقليل معامل التمدّد الحراري مما يزيد من قساوة الرّاتنج المركّب و كثافته و مقاومته للاهتراء ، و كلما زادت نسبة المادة المالئة وزناً أو حجماً كلما تحسنت خواصّه الفيزيائية ( Summit *et al.,* 2006 ) ، وقد أُضيفت بمقاديرَ زهيدةٍ بعضُ الملونات والمثبتات والمسرعات كالتولودين , والمواد التي تمنح الترميم الاستقرار الكيميائي العام والتي تسهم إلى حدٍ بعيدٍ في الحفاظ على الخواصّ البصرية وتقليل التلوّن (Anusavice, 2003).

**2.2.تماثر الرّاتنج المركّب ( Polymerization ) :**

يمكن للرّاتنج المركّب أن يتماثر ذاتياً من خلال مزج مكونين يحوي أحدهما مبدئ والآخر يحوي العنصر المفعّل للتماثر ، وكبديلٍ للنمط الذاتي طُوّرَ النمط المفعّل ضوئياً الذي يتصلب بالتعرّض للضوء الأزرق المرئي بطول موجة ٤٧٠ نانو متر حيث يدخل ضمن تركيبه مبدئاتٌ ضوئيةٌ تُحرّض بدء التماثر و أهم هذه المبدئات الكامفركينون( Pickard *et al*., 2003 ) .

**3.2. تصنيف الرّاتنج المركّب Classification :**

( Ferracane, 2001; Manappallil , 2003 ; Chandra SA *et al*., 2007 )

١- الرّاتنج المركّب التقليديConventional Resin Composite .

٢- الرّاتنج المركّب صغير الجزيئات Small Particles Resin Composite.

٣- الرّاتنج المركّب فائق النعومة Microfilled Resin Composite.

٤- الرّاتنج المركّب الهجين Hybrid Resin Composite.

٥- الرّاتنج المركّب السيال Flowable Resin Composite.

٦- الرّاتنج المركّب القابل للدك Packable Resin Composite.

٧- الرّاتنج المركّب النانومتري Nano Resin Composite.

**4.2. الخواص Properties :**

يتفوق الرّاتنج المركّب من حيث مقاومة الاهتراء و الانضغاط و الشدّ والجهود و القوى الإطباقية أثناء استخدامه الوظيفي على بقية المواد المرممة ، علماً أن هذه المقاومة لا ترتقي إلى مستوى مقاومة ترميمات الأملغم السّني إلا أنها تتقارب منه في بعض الأنواع و بخاصةٍ

الرّاتنج المركّب القابل للدكّ ( Mair,1998 )، أمّا انحلاليّته فهي مهملةٌ مقارنةً مع المواد المرممة ، بينما كانت الأجيالُ الأولى منه تعاني من التشرّب بالسوائل و الاصطباغ بشدةٍ و هذا ما تناقص مع النمط فائق النعومة و النمط النانومتري ( Anusavice, 2003 ).

**5.2.المحاسنAdvantages :**

إنّ الرّاتنجَ المركّبَ مادةٌ مرممةٌ تجميليةٌ عاليةُ المقاومة للجهود الإطباقية تمتاز بمحافظتها على النسج السِنيّة و تثبيتها الميكانيكي المجهري فلا حاجة للتحضير الجائر المُثبّت ، وهو مادةٌ ضعيفةُ الناقلية الحرارية تُستخدم في ترميم معظم الأسنان و تمتاز باستقرارٍ عالٍ وديمومةٍ جيدةٍ إذا ما اتُّخِذَت إجراءات العزل الكافية وطُبّق نظام الربط بشكلٍ دقيقٍ (Heymann *et al*., 2011).

**6.2. المساوئ Disadvantages:**

أكثرُ ما يعيب الرّاتنج المركّب هو التقلّص التصلبي و ما ينتج عنه من فشلٍ لاحقٍ و حدوث نخورٍ ثانويةٍ و تسربٍ حفافيٍّ و اصطباغٍ في حواف الترميم و كل هذا يقود إلى فشل الترميم و لكن يمكن تجاوز ذلك من خلال التطبيق المتتالي على طبقات و استخدام الشِدّات المتزايدة من ضوء التصليب أو الشدّات الثابتة المتقطعة إضافةً إلى تطبيق أنظمة الربط بدقةٍ بالغةٍ ، كذلك من مساوئ الراتنج المركّب حاجتُه إلى وقتٍ كبيرٍ للتطبيق و تقنيةٍ عالية الحساسية وصعوبةُ إعادةِ تأسيسِ نقاطِ التماس ( Sakagushi and Powers, 2012 ).

إنّ الحساسية التالية للراتنج المركّب تُعَدُّ من المآخذ عليه إلا أن التقيّد بتقنية التطبيق الدقيقة من حيث التخريش و التكييف و الرّبط و التصليب الضوئي و استخدام مادةٍ مبطنةٍ عند الضرورة قد حدَّ كثيراً من مشكلة الحساسية التالية ( Heymann *et al*., 2011 ) .

## 3. الانحلاليّة Solubility :

تعبّر الانحلاليّة عن خسارة الوزن في كل واحدةٍ من مساحة السطح أو الحجم ، و بشكلٍ آخر تُعبّر عن ذوبان المادة أو اهترائها ضمن البيئة الفموية ضمن الأوساط المتعددة التي يخضع لها الترميم خلال الزمن ، فالانحلاليّة و امتصاصُ السوائل من الخواصّ التي تُعتبرُ أساساً معيارياً لانتقاء المادة المرممة ، حيث تُصمَّم المواد المرممة عادةً لنفس الغاية و لكنها تختلف من حيث ديمومتها و بخاصةٍ عندما تتعرض للوسط الفمويّ الرطب ، هذا و إنّ امتصاصَ السوائل يسبّب اختلافاً بأبعاد المادّة و تلوّنها و انكسار الحواف بعد تطبيقها في الحفر السِنيّة ، كذلك فإنّ الانحلاليّة تؤدّي حينما تحدث بنسبةٍ عاليةٍ إلى فقدان الختم الحفافي و خشونة السطح و فقدان الناحية الجمالية للترميم و بالتالي فشل الترميم ( Yap *et al*., 1997 ).

كذلك فإن الخواصّ الميكانيكية تتأثر بالانحلاليّة ؛ حيث تفقد المادة كثيراً من مقاومتها للانحناء و قساوتها و تحملّها للجهود ( Cattani-Lorente *et al*.,1999 ) .

إنّ مقاومةَ الجهود و مقاومةَ الانحلاليّة تنتج من الروابط التي تتشكّل في بنية الزُّجاج الشّاردي عند تشكل الأملاح نتيجة تفاعل حمض أساس و إنّ الانحلاليّةَ المبكرةَ للزُّجاج الشّاردي ليست سبباً في نقص كتلة الترميم فحسب بل هي سببٌ هامٌ في نقصان خواصه الفيزيائية ( Mojon *et al*.,1996 ) ، و يمكن أن يسبّبَ التعرّضُ المبكرُ للسوائل عرقلةً للتفاعل الكيميائي الذي يُعتمد عليه لتصلّب الزُّجاج الشّاردي ، ما ينتجُ عنه نقصٌ في قساوة الترميم و خواصّه ( Um *et al*., 1992 ) .

إنّ الزُّجاج الشّاردي و غيرَه من المواد التي تستخدم في الترميم و الإلصاق و التبطين بحاجةٍ إلى وقتٍ طويلٍ حتى يكتملَ تفاعلُها و تصل إلى مرحلة النّضج ، و التعرّض المبكّر للعاب الفموي يمكن أن يسبّب تغيّراً في خواص الإسمنت أو الترميم ، و كثيراً ما تُلاحَظُ العيوب العنقية في ترميمات الزُّجاج الشّاردي ، كما يُلاحظ الانكشاف العنقي عند حواف التيجان الملصقة بالإسمنت الزُّجاجي الشّاردي في حالات التعرّض المبكر للّعاب الفموي ( Knibbs *et al*., 1989 ) .

تتعلق درجة انحلاليّة الرّاتنج المركب رغم قلّتها بالقالب الرّاتنجي و حجم الذرّات المالئة و توزعها وكذلك درجة التصلب التي يصل إليها بعد تفاعل التماثر ( Sideridou *et al*., 2003 ) .

إنّ لدرجةِ حموضةِ الوسطِ دوراً هاماً ينعكس سلباً على الترميمات ، فكلما كان الوسطُ الذي يتواجد فيه الترميم أكثرَ حموضةً كلما زادت انحلاليّةُ ترميمات الزُّجاج الشّاردي و كذلك ترميمات الرّاتنج المعدّل بالزُّجاج الشّاردي " الكومبومير " ، كما تزداد انحلاليّةُ الرّاتنج المركّب و لكن بشكلٍ أقل ( Hamouda, 2011 ) .

إن الانحلاليّة الخاصة بالزُّجاج الشّاردي كانت موضِعَ جدلٍ ، حيث إنّ كثيراً من الدراسات كانت نتائجُها تثبت أن انحلاليّتَه تتقارب من انحلاليّة إسمنت البولي كربوكسيلات و كلاهما أكثرُ انحلاليّة من إسمنت فوسفات الزنك ( Keyf et al., 2007 ) ، لكنّ التطوّرات الحديثة أحدثت تغيراً في نتائج اختبارات انحلاليّة الإسمنتات المستخدمة في إلصاق الترميمات فأصبح إسمنت البولي كربوكسيلات الأكثرَ انحلاليّةً و أقلُّ منه إسمنت فوسفات الزنك و الأقلُّ انحلاليةً هو الزُّجاج الشّاردي مما زاد من تطوّرِ الزُّجاج الشّاردي و إنتاج أجيالٍ جديدة منه ( Ghanim, 2010 ) .

## 4. مقاومة الانضغاط Compressive Strength :

لمّا كانت الجهودُ المطبّقةُ على الترميمات تتضافر مسببةً فشل الترميم كان لا بُدّ من دراسة مقاومة الانضغاط ، فالقوّةُ المطبّقةُ على كل نهايةٍ من نهايتي العيّنة المدروسة تتحول إلى قوى قصٍّ على طول العيّنة و قوى شدٍّ في مركزها و بسبب ذلك كان لا بدَّ من محاكاة القوى التي تتعرّض لها الترميمات السِنيّة لدراستها مخبرياً ( Sakagushi and Powers., 2012 ) .

يُعتبرُ هذا الاختبارُ أفضلَ اختبارٍ لمعرفة قصافة المادة و التي لا يمكن دراستُها باختبار مقاومة الشدّ ، حيث تُدعى المواد التي تبدي مقاومةَ انضغاطٍ أكبرَ من مقاومةِ الشدّ بالمواد المُطاوعة ، أمّا المواد القصفة و التي تعاني من نقصٍ في مقاومة القصّ فدراسةُ مقاومةِ الانضغاطِ فيها هامةٌ جداً لذلك يعتمد هذا الاختبار لدراسة المواد المرممة السنّية ( Wang *et al*.,2003 ).

يمكن تعريف مقاومة الانضغاط بأنها مقاومةُ الجسمِ الداخليّةِ تجاهَ القوى الخارجية المطبّقة عليه و هذه المقاومةُ هي قوى مقاوِمةٌ وليدةٌ داخلَ الجسم عندما يتعرضُ لقوتين على استقامةٍ واحدةٍ وباتجاهين مختلفين ، و هذه المقاومة تتناسب طرداً مع القوى المطبقة و عكساً مع مساحة السطح ، و من الهام جداً دراسة مقاومة الانضغاط في كل مادةٍ مرممةٍ للتأكد من قدرتها على تأدية وظيفتها ضمن الفم و ديمومتها و استقرارها لفترةٍ طويلةٍ ( Darvell,2009 ) .

في اختيار أبعاد العيّنة لا يمكن أن تكون ذاتَ ارتفاعٍ قليلٍ لأنّ القوى ستتوزع بشكلٍ معقدٍ دون جدوى ، و كلّما زاد ارتفاعُ العيّنة زاد تعرّضها للالتواء ؛ لذلك تمّ الاعتمادُ على عينةٍ أسطوانيةٍ ارتفاعها ضعفُ قطرها أو أقلّ بقليل ، و عندما تتعرض العيّنة الأسطوانية لقوى الضغط يحدث

الفشل بسبب تحوّل هذه القوى إلى قوى قصّ و قوى شدّ و تُحسب مقاومةُ الانضغاط بتقسيم القوى التي سبّبت هذا الفشل على مساحة المقطع العرضي للأسطوانة و الذي تعرض لهذه القوى ( Curtis and Waston, 2008 ) .

إنّ مقاومةَ الميناء للانضغاط تتفوّق على كل البُنى الأخرى حيث تبلغ ٣٨٤ ميغا باسكال ، في حين تبلغ مقاومة الانضغاط في العاج ٢٩٧ ميغا باسكال و في ترميمات الرّاتنج المركّب ٢٢٥ ميغا باسكال ، أمّا في الأملغم السِّني فتبلغ مقاومة الانضغاط ٣٠٠ ميغا باسكال بعد ٢٤ ساعة من تطبيقه بينما تتدنى مستويات مقاومة الانضغاط بشكلٍ ملحوظٍ لتبلغ في إسمنت فوسفات الزنك ١١٠ ميغا باسكال ( Sakagushi and Powers, 2012 ) ، أمّا إسمنت الزُّجاج الشّاردي تبلغ مقاومته للانضغاط بأجياله الأولى ١٣٠ ميغا باسكال لتصبح في الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج ٢١٥ ميغا باسكال ( Mccabe and Walls, 2008 ) .

إنّ مقاومةَ انضغاطِ الزُّجاج الشّاردي تتأثر بتركيب المسحوق ونسبته إلى السائل حيث تتضاعفُ عند مضاعفة كميّة المسحوق فالزُّجاج الشّاردي المخصّص للترميم يتمتع بضعف مقاومة النمط المخصص للإلصاق ، كما إنّ المساميّة العالية تنقص مقاومةَ الانضغاط ، و قد قلّت هذه المسامية في الأجيال عالية اللّزوجة و بخاصةٍ المعايرة مسبقاً ضمن كبسولات ، كذلك الحال فإنّ مقاومة الانضغاط في الرّاتنج المركّب تقلّ كلما قلّت نسبةُ الملء فمقاومة انضغاط النمط فائق النعومة و النمط السيّال تبلغ نصف مقاومة النمط الهجين و المخصّص للترميمات الخلفية ( Mccabe and Walls, 2008 ) .

## 5. الدراسات السابقة Last Studies:

### 1.5. الانحلاليّة (Solubility ) :

١. في دراسة Gemalmaz و زملائه عام ١٩٩٨ تمّت مقارنة عدة أنواعٍ تجاريةٍ من الزُّجاج الشّاردي:(Ketac-Cem ESPE, Germany ) و ( Fuji Ionomer I GC , Japan ) و (AquaCem Dentsply , England ) و(AquaMeron VOCO , Germany ) و ذلك خلال فتراتٍ متعددةٍ ، أظهرت النتائج أن (AquaCem Dentsply , England ) سجّل القيم الأدنى من حيث الانحلاليّة خلال الفترات المدروسة في حين كان ( Fuji Ionomer I GC , Japan ) الأكثر انحلاليّةً ، أمّا عند تأخير التعرّض للسائل تناقصت الانحلاليّة بشكلٍ ملحوظٍ و بخاصةٍ في ( Fuji Ionomer I GC , Japan ) في حين ازدادت الانحلاليّة عند التعرّض المباشر للسوائل ( Gemalmaz *et al*., 1998 ) .

٢. في دراسة Toledano و زملائه عام ٢٠٠٣ تمّت مقارنة الانحلاليّة بين الزُّجاج الشّاردي : (Vitremer 3M ESPE, USA) و (GC Fuji II G.C., Japan) و الرّاتنج المعدّل بالزُّجاج الشّاردي " الكومبومير " : (Compoglass Vivadent,Schaan, Liechenstein) و (Dyract Denstply, USA) و الرّاتنج المركّب : (Z100 3M ESPE, USA) و (Prodigy Kerr, USA) ، أظهرت النتائجُ أنّ الزُّجاج الشّاردي كان الأكثرَ انحلاليّةً يليه الرّاتنج المركّب في حين سجّل الرّاتنج المعدّل بالزُّجاج الشّاردي " الكومبومير" أقلّ درجة انحلاليّة ( Toledano *et al.,* 2003 ) .

٣. في دراسة Soanca و زملائه عام ٢٠١١ تمت مقارنة الانحلاليّة في عدّة أنواعٍ من الرّاتنج المركّب وفق مجموعتين إحداهما تم تصليبها بحسب تعليمات الشركة و الأخرى بتصليبٍ إضافيٍّ و اختبارِ الانحلاليّة على تواقيتٍ مختلفة .

أظهرت النتائج أنّ الانحلاليّة في المجموعة التي خضعت لتصليبٍ إضافيٍّ كانت أقلّ من الانحلاليّة في المجموعة الأخرى ، كما إنّ الانحلاليّة كانت تتناقص كلما تأخر التعرّض للسائل و تزداد كلما تعرضت بشكلٍ مبكرٍ و تبلغ أعلى قيمها في التعرّض المباشر للسائل ( Soanca *et al*., 2011 ) .

٤. في دراسة Hamouda في عام ٢٠١١ تمّت مقارنة الانحلاليّة بين ترميمات الزُّجاج الشّاردي التقليدي (Medifil . Promedica , Germany ) و ترميمات الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج ( Vitremer . 3M ESPE , USA ) و ترميمات الرّاتنج المعدّل بالزُّجاج الشّاردي " الكومبومير " (Composan Glass . Promedica , Germany) و ترميمات الرّاتنج المركّب (Composan LCM . Promedica , Germany) .

أظهرت النتائج أنّ الزُّجاج الشّاردي التقليدي هو الأكثر انحلاليّة ، في حين كان الرّاتنج المركّب الأقلَّ انحلاليّة ، و تقاربت الانحلاليّة في الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج و الرّاتنج المعدّل بالزُّجاج الشّاردي " الكومبومير " ( Hamouda, 2011) .

**2.5. مقاومة الانضغاط ( Compressive Strength ) :**

١. في دراسة Xie و زملائه عام ٢٠٠٠ تم اختبار مقاومة الانضغاط بين عدّة أنماط من ترميمات الزُّجاج الشّاردي منها الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج(Fuji II Light Cure . GC , Japan) و الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة (KetacTM Molar . 3M ESPE , USA) و الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالفضة (Ketac$^{TM}$ Silver . 3M ESPE , USA) و الزُّجاج الشّاردي التقليدي (α-Fil . Dmg , Germany) .

أظهرت النتائج أنّ الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج و الذي يتصلب ضوئياً كان الأعلى مقاومةً للانضغاط يليه الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة و كان الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالفضة و التقليدي الأقلَّ مقاومةً للانضغاط ( Xie *et al*., 2000 ).

٢. في دراسة Piwowarczyk و زملائه عام ٢٠٠٢ تمت مقارنة مقاومة الانضغاط لعدّة أصنافٍ تجارية من ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة مع ترميمات الرّاتنج المركّب و الكومبومير . و أثبتت نتائج الدراسة تفوقاً في مقاومة انضغاط الرّاتنج المركّب على ترميمات الزُّجاج الشّاردي ( Piwowarczyk *et al*., 2002 ) .

٣. في دراسة Bresciani و زملائه عام ٢٠٠٤ ، تمّت مقارنة مقاومة الانضغاط بين عدة أنواع تجارية من الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة هي : ( Fuji IV . GC , Japan ) مع ( Vitro Molar . DFL , Brazil ) و ( Bioglass R , Biodinamica , Brazil ) وكانت النتائج تظهر تفوق مجموعة ( Fuji IV . GC , Japan ) على أقرانه و لم تُشاهد

اختلافاتٌ ذاتُ دلالةٍ احصائيّةٍ في مقاومة الانضغاط باختلاف الزمن (بعد ٢٤ ساعة) و ( بعد ٧ أيام ) ( Bersciani *et al.,* 2004 ) .

٤. في دراسة Peez عام ٢٠٠٦ تمت مقارنة مقاومة الانضغاط بين عدّة أنواع تجارية من ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة(KetacTM Molar Easymix . 3M ESPE , USA ) و ( Fuji IV . GC , Japan ) و ( Vitro Molar . DFL , Brazil ) و ( Vidrion R . SS White , Brazil ) و ( Ionofil Molar . VOCO , Germany ) .

أظهرت النتائج أنّ الزُّجاج الشّاردي (KetacTM Molar Easymix . 3M ESPE , USA) و ( Fuji IV . GC , Japan ) الأكثر مقاومة للانضغاط( Peez *et al.,* 2006 ).

٥. في دراسة Banava و زملائه عام ٢٠٠٨ تمت مقارنة مقاومة الانضغاط في ترميمات الرّاتنج المركّب مخبرياً ، حيث اختير عدة أصنافٍ تجاريةٍ من الرّاتنج المركّب و تمت مقارنة مقاومة الانضغاط بينها في مراحل زمنية مختلفة ( بعد ساعة ، ٢٤ ساعة ، ٧ أيام و بعد شهر ) .

أثبتت هذه الدراسة تزايد مقاومة الانضغاط مع ازدياد الزمن و لكن هذا الازدياد ليس معمماً على كل المواد المدروسة ( Banava *et al*., 2008 ) .

٦. في دراسة Koenraads و زملائه عام ٢٠٠٩ تمت مقارنة مقاومة الانضغاط بين ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة ( Fuji IX . GC , Japan ) و ( KetacTmMolar Easymix . 3M ESPE , USA ) و الزُّجاج الشّاردي ترميمات ( Glass Carbomer . Glass-carbomer Products , The Netherlands)

الرّاتنج المركّب ( Clearfil photoposterior . Kurary , Japan) و أظهرت النتائج أن مقاومة الانضغاط في الرّاتنج المركّب تفوق مقاومة الانضغاط في جميع أنماط الزُّجاج الشّاردي في هذه الدراسة (Koenraads *et al*., 2009) .

٧. في دراسة Bonifa´cio و زملائه عام ٢٠٠٩ تمت مقارنة مقاومة الانضغاط في عدة أنماطٍ تجاريةٍ من ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة منها :

( KetacTmMolar Easymix . 3M ESPE , USA ) و ( Fuji IX . GC , Japan ) و ( Hi Dense . DFL ,Brazil ) و ( Maxxxion R . FJM , Brazil ) و ( Riva Self Cure . SDI , Australia ) .

أظهرت النتائج تفوق مقاومة انضغاط(KetacTmMolar Easymix . 3M ESPE , USA) و ( Fuji IX . GC , Japan ) بينما كان ( Riva Self Cure . SDI , Australia ) أقلهم مقاومة للانضغاط ( Bonifa´cio *et al.,* 2009 ) .

٨. في دراسة Dowling و زملائه عام ٢٠١٢ تم اختبار مقاومة الانضغاط لعدّة أنماط من ترميمات الزُّجاج الشّاردي المعايرة مسبقاً ضمن كبسولات تُمزج بشكلٍ آلي هي : الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك ( Chemfil Rock . Dentsply , Germany ) و الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة ( Fuji IX GP Fast . GC , Japan ) و الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة ( Ionofil Molar . VOCO , Germany ).

أظهرت النتائج اختلافاً ذا دلالةٍ احصائيةٍ و لكن لم يكن لصالح مادةٍ معينةٍ فقد كانت النتائج متباينة بشكلٍ غير منتظم ( Dowling *et al*., 2012 ) .

٩. في دراسة Molina و زملائه عام ٢٠١٣ تم اختبار مقاومة انضغاط نمطين من ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللزوجة المعايرة مسبقاً ضمن كبسولات تُمزج بشكل آلي (EQUIA system . GC, Japan ) وهو نمط من الزُّجاج الشّاردي عالي اللزوجة المعدل بالراتنج و (Chemfil Rock . Dentsply , Germany) و هو النمط من الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك مع نمطين من ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللزوجة يدوي المزج من النوعين ( Fuji 9 Gold Label . GC ,Belgium) و هو نمط عال اللزوجة و ( Ketac Molar Easymix .3M ESPE, Germany) و أظهرت النتائج تفوق النمطين المعايرين مسبقاً من حيث مقاومة الانضغاط على الأصناف الأخرى ( Molina *et al*., 2013 ).

# الباب الثاني

# المواد و الطرائق

# Materials and Methods

اشتمل هذا البحث على دراسة خاصتين رئيستين :
الانحلاليّة و مقاومة الانضغاط .

وطُبقت الدراسة على المواد المُختارة :

- الزُّجاج الشاردي المقوى بالزنك ( مادة البحث المُختبرة ) .
- الزُّجاج الشاردي عالي اللزوجة ( المادة المُقارنة ) .
- الراتنج المركّب المستخدم في الترميمات الخلفية ( مادة العينة الشاهدة ) .

أما الانحلاليّة فقد تمت دراستها على مرحلتين : في المرحلة الأولى تم تعريض العينات بشكل مباشرٍ للوسط الرطب ، وفي المرحلة الثانية تأخر تعريض العينات ٢٤ ساعة .
كما تمت دراسة مقاومة الانضغاط أيضاً على مرحلتين : في المرحلة الأولى تم تطبيق القوى على العينات بعد ٢٤ ساعة ، و في المرحلة الثانية تأخر التطبيق حتى ٧ أيام .

اشتمل البحث على دراسة ٩٦ عينة موزعة على ٤ مجموعات فرعية :

٢٤ عينة في اختبار الانحلاليّة المباشر.
٢٤ عينة في اختبار الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة .
٢٤ عينة في اختبار مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة .
٢٤ عينة في اختبار مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام .

## 1. العيّنة ( Sample ) :

### 1.1. اختبار الانحلاليّة Solubility Test :

تمّ إجراء اختبارين لدراسة الانحلاليّة ؛ ضمّ كلّ اختبار ٢٤ عينة موزعة على ثلاث مجموعاتٍ وفق المواد المدروسة .

**1.1.1. ( اختبار الانحلاليّة بعد ساعة " مباشرةً " ، ٢٤ عينة ) :**

المجموعة A1 : و هي ٨ أقراصٍ من الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك (Chemfil Rock , Dentsply . Germany) .

المجموعة B1 : وهي ٨ أقراصٍ من الزُّجاج الشّاردي التقليدي عالي اللّزوجة ( Fuji IX GP Fast , GC Japan ) .

المجموعة C1 : وهي ٨ أقراصٍ من الرّاتنج المركّب المخصص للترميمات الخلفية ( ROK Posterior Composite , SDI Australia ) .

**2.1.1. ( اختبار الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة ، ٢٤ عينة ) :**

المجموعة A'2 : و هي ٨ أقراصٍ من الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك (Chemfil Rock , Dentsply . Germany) .

المجموعة B'2 : وهي ٨ أقراصٍ من الزُّجاج الشّاردي التقليدي عالي اللّزوجة ( Fuji IX GP Fast , GC Japan ) .

المجموعة C'2 : وهي ٨ أقراصٍ من الرّاتنج المركّب المخصص للترميمات الخلفية ( ROK Posterior Composite , SDI Australia ) .

**2.1. اختبار مقاومة الانضغاط Compressive Strength :**

تمّ إجراء اختبارين لدراسة مقاومة الانضغاط ؛ ضمّ كل اختبار ٢٤ عينة موزعة على ثلاث مجموعات وفق المواد المدروسة .

**1.2.1. (اختبار مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة – ٢٤ عينة ) :**

المجموعة A1 : و هي ٨ عيناتٍ أسطوانيةٍ من الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك (Chemfil Rock , Dentsply . Germany) .

المجموعة B1 : وهي ٨ عيناتٍ أسطوانيةٍ من الزُّجاج الشّاردي التقليدي عالي اللّزوجة ( Fuji IX GP Fast , GC Japan ) .

المجموعة C1 : وهي ٨ عيناتٍ أسطوانيةٍ من الرّاتنج المركّب المخصص للترميمات الخلفية ( ROK Posterior Composite , SDI Australia ) .

**2.2.1. (اختبار مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام – ٢٤ عينة ) :**

المجموعة A2 : و هي ٨ عيناتٍ أسطوانيةٍ من الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك (Chemfil Rock , Dentsply . Germany) .

المجموعة B2 : وهي ٨ عيناتٍ أسطوانيةٍ من الزُّجاج الشّاردي التقليدي عالي اللّزوجة ( Fuji IX GP Fast , GC Japan ) .

المجموعة C2 : وهي ٨ عيناتٍ أسطوانيةٍ من الرّاتنج المركّب المخصص للترميمات الخلفية ( ROK Posterior Composite , SDI Australia ) .

## 2. المواد ( Materials ) :

### 1.2. ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك

**Zinc Reinforced Glass Ionomer Restorative Material :**

تمّ اعتماد الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك Chemfil Rock من شركة Dentsply,Germany الشكل ( 1-2 ) و هو نمطٌ محسّنٌ من الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة الذي يمكن تكثيفه في الحفر السنيّة وهو زجاج الكالسيوم و الألومنيوم و الزنك والفلور و الفوسفور والسيليكات و أكسيد الحديد و التيتانيوم و حمض البولي كاربوكسيليك و الطرطريك والماء المقطّر ، و هو أكثر مقاومةً للانكسار والاهتراء و هو كغيره من ترميمات الزُّجاج الشّاردي يرتبط ذاتياً بالطريق الكيميائي مع الميناء و العاج و يمتاز بتحريره للفلور ، أمّا عن تصلّبه فهو سريع التصلّب حيث يتصلّب ذاتياً خلال ٦ دقائق ليصبح بالإمكان إنهاؤه و يتوافر ضمن كبسولاتٍ معايرةٍ مسبقاً يمكن مزجها بجهاز مزج كبسولات الأملغم (SC ChemFil Rock Dentsply, 2011).

Lot: 111007004 و اللون A2 .




الشكل ( 1-2 ) ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك

### 2.2. ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة

**: High Viscous Glass Ionomer Restorative Material**

تمّ اختيار الزُّجاج الشّاردي Fuji IX GP Fast من شركة GC , Japan الشكل ( 2-2 ) ، وهذا النّمط من الزُّجاج الشّاردي يمتاز بلزوجةٍ كافيةٍ تمكّن من تكثيفه ضمن الحفرة السِنيّة ، و تحتوي كل كبسولةٍ من هذا النمط على مسحوقٍ من زجاج ألومينو فلور السيليكات و سائلٍ من حمض البولي أكريليك و بولي كاربوكسيليك و الماء المقطر و يمتاز هذا النمط من الزُّجاج الشّاردي بخواصه الفيزيائية المحسّنة من مقاومة انضغاطٍ و انحناءٍ و اهتراءٍ و هو كغيره من ترميماتِ الزُّجاج الشّاردي يمتاز بالتصاقه الذاتي الكيميائي مع الميناء و العاج و بخاصّةٍ تحرير الفلور و ما يُميّز هذا النمط من الزُّجاج الشّاردي أنه يتصلّب خلال ٣ دقائق و يمكن انهاؤه مباشرةً ، Lot : 01171192 ، اللون A2 (PS Fuji IX GP Fast GC, 2007).




الشكل ( 2-2 ) ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة

### 3.2. ترميمات الرّاتنج المركّب المستخدمة للترميمات الخلفية

**Posterior Composite Resin :**

تمّ اختيار الرّاتنج المركّب Posterior ROK من شركة SDI , Australia الشكل (3-2 ) و هو راتنج مركب هجين فائق النعومة زمن تصليبه الضوئي ٢٠ ثانية يمتاز بلزوجته العالية و قابليّته للدك و نسبة تقلّصٍ تصلبيٍ أصغريّ . أمّا نسبة المواد المالئة فيه تبلغ ٦٧ % وزناً و هذا يعطيه خواصّ فيزيائيةً جيدةً من مقاومةٍ للجهود و الانضغاط و الانسحال و يعطي ترميم الرّاتنج المركّب ديمومةً أكبر خاصةً انه سيستخدم في مناطق الجهود الإطباقية على الأسنان الخلفية. Lot : 0988991 ، اللون A2 (PS Rok SDI,2003).



الشكل (3-2 ) ترميمات الرّاتنج المركّب المستخدمة للترميمات الخلفية

### 4.2. تجهيزات أخرى Equipments :

١- جهاز مزج الأملغم الآلي لمزج كبسولات الزُّجاج الشّاردي
( YDM . LK-H11 , China ) . SN : 212061321 ، الشكل ( 4-2 ).




الشكل ( 4-2 ) جهاز مزج الأملغم الآلي

٢- جهاز تصليب ضوئي هالوجيني (Kerr Demetron Optilux 500 . Kerr, USA)
SN L-HA5 : 20707079 ، الشكل ( 5-2 ).



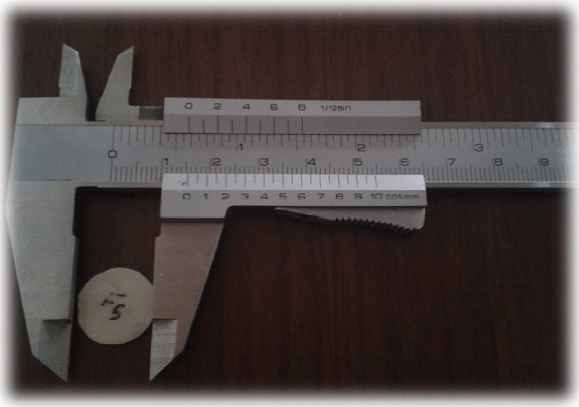

الشكل ( 5-2 ) جهاز التصليب الضوئي الهالوجيني

٣- جهاز قياس شدة جهاز التصليب الضوئي الهالوجيني ، SN :11345654، **الشكل ( 6-2 )** ( Demetron Dental Curing Light Radiometer Model 100 , USA ).



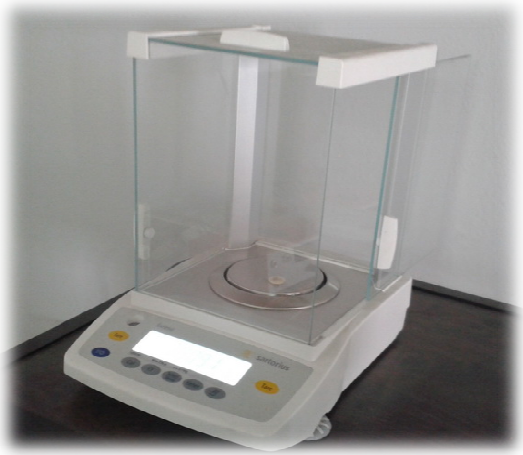

الشكل ( 6-2 )جهاز قياس شدة الضوء الهالوجيني

٤- مقياس ميلمتري يتم اعتماده بدقة ٠.٠١ مم الشكل ( 7-2 ).



الشكل ( 7-2 ) المقياس الملمتري

٥- ميزان الكتروني بدقّة ٠.١ملغ Sartorius Extend ED 224S balanceGermany
SN :0332453، الشكل ( 8-2 ) .



الشكل ( 8-2 ) الميزان الالكتروني

٦- فرن حراري كهربائي على درجة ٣٧ درجة مئوية الشكل ( 9-2 ) ،
SN: 0812283. ( Carbolite 1200°C Burn-off Furnaces (CWF) , UK)



الشكل ( 9-2 ) الفرن الحراري

٧-جهاز قياس قوى الضغط يقوم بقياس القوى العموديّة المطبّقة على العيّنة بسرعةٍ ثابتةٍ ٠.٧٥ ملم / ثانية ، رأسه مقطوعٌ معترض Cross head ( Instron. Model 1195 , UK ) SN: 11203003 ، الشكل ( 10-2 ) .




الشكل ( 10-2 ) جهاز قياس قوى الضغط

## 3. الطرائق ( Methods ) :

### 1.3. اختبار الانحلاليّة Solubility Test :

تمّ تحضير العينات المدروسة على شكل أقراصٍ قطرها (١٥ ± ٠.٢) مم و سماكتها (١± ٠.١) مم بحسب المعهد القومي الأمريكي للمعايير \ جمعية طب الأسنان الأمريكية American National Standard Institute /American Dental Association (ANSI/ADA Spec 27) بوساطة قوالب معدنية تمّ تصنيعها وفقاً للأبعاد السابقة الشكل (10-2) و بذلك تم الحصول على العينات المطلوبة على شكل أقراص الشكل (11-2) .(ANSI/ADA,2005)

يمكن إجراء اختبار الانحلاليّة بعدة وسائط و أكثرها شيوعاً الماء المقطر ، ولكن في هذه الدراسة تمّ استخدام اللّعاب الصناعي محاكاةً لظروف البيئة الفمويّة(Hajmiragha *et al*., 2008) ، والذي تمّ تحضيره في مخابر علوم الحياة في كلية طب الأسنان – جامعة دمشق و الذي بلغت درجة حموضته ph ما يقارب ٧ درجة (معتدل) و يتركب من:

( Kcl- $Ca_3(Po_4)_2$- $K_2HPo_4$ –$K_2So_4$-$Na_3Po_4$- Albumin-Distilled water )

( أبو حامد ، ٢٠١٣ ) .

قبل تطبيق المادة في القوالب تمّ تزليق الوجه الداخلي من القوالب بكميةٍ صغيرةٍ من مادةٍ مزلّقةٍ ضمن حرارة الغرفة ثمّ تمّ تطبيق المادة ضمن القالب بين لوحين من الزُّجاج المستوي والانتظار حتى تصلّب المواد المدروسة بحسب تعليمات الشركة المصنعة (Keyf *et al*., 2007 ) ، بالنسبة لنمطي الزُّجاج الشّاردي الذين تمت دراستهما فهما ذاتيّا التماثر خلال ٤-٦ دقائق أمّا ترميمات

الرّاتنج المركّب تم استخدام ضوء جهاز التصليب ليعبر من خلال الزُّجاج باعتبار سماكة لوح الزُّجاج لا تتجاوز ٥ مم و لا بد من إتمام التصليب الضوئي لعيّنات الرّاتنج المركّب بعد رفع لوح الزُّجاج العُلوي بدايةً و من ثم بعد رفع لوح الزُّجاج السُفلي ، و بعد إزالة العينات من القوالب و التأكد من كمال بنيتها تمّت إزالة الزوائد و إنهاؤها باستخدام السِّنابل المطاطية بحذرٍ لتجنّب إزالة كميات كبيرة منها (Toledano *et al*., 2003) .



الشكل ( 11-2 ) القوالب المستخدمة في اختبار الانحلاليّة



الشكل ( 12-2 ) العينات المُصنّعة على شكل أقراص

أمّا عن جهاز التصليب الضوئي المستخدم تمّ قياس شدّته الضوئية بجهازٍ خاص بحيث لا تقلّ عن ٣٠٠ بحسب ( ISO 10650 : 2004 ) و استُخدم جهاز شدته ٣٢٥ ميلي واط / سم٢ الشكل ( 6-2 ) تمّ اعتماد مقياس ميلمتري يتم اعتماده بدقة ٠.٠١ مم لقياس أبعاد كل عينة و سماكتها و ذلك لمعرفة حجم العيّنة الشكل (7-2) ، و كذلك تمّ قياس أوزان العينات المصنّعة بوساطة مقياس أوزانٍ الكتروني عالي الدقة ( Sartorius Extend ED 224S balance . Germany ) يقيس لغاية ١٠$^{-٤}$غ و ذلك من أجل الوصول لأدق النتائج ، حيث تمّ قياس أبعاد و وزن كل عيّنة بعد إنهائها و حساب حجم العيّنة بحسب( ISO 4049 :2000 ) وفق القانون :

حجم العيّنة = $2\pi d^2 \times f$ حيث :

d : نصف قطر العيّنة و يُقاس بالميلي متر .

f : ارتفاع العيّنة و هي القيمة الوسطيّة التي تم اعتمادها من خلال اختيار ٣ نقاط على استقامة قطر العيّنة و أخذ ارتفاعها و اعتماد المتوسّط الحسابي و يُقاس بالميلي متر .

اتُّبعت الطريقة التالية في معرفة الانحلاليّة بحسب ( ISO 4049 :2000 ):

$$W(sol) = \frac{W1-W3}{V}$$

W1 الوزن الأولي ، W2 الوزن الثانوي ، W3 الوزن الناقص : W3=W1-W2 و يُقاس الوزن بالغرام ، V حجم العيّنة ويقاس بال مم٣ ، و قد تمّ تنظيم جداول نضع فيها القيم المدروسة و تُقاس الانحلاليّة بالميكرو غرام / مم٣ ( ISO 4049 :2000 ).

يُسمح أن تبلغ درجة الانحلاليّة للمواد المرممة ٧.٥ ميكرو غرام / مم٣ أو أقل وذلك بحسب ( ISO 4049 :2000 ، ADA No 27 : 2003 ).

و تمّ إجراء اختبارين للانحلاليّة :

**الاختبار الأول :**

هو اختبار الانحلاليّة مباشرةً ، بعد تحضير العينات و إنهائها تمّ قياس وزن كل عينة W1 وهو الوزن الأولي و قياس أبعاد كل عينة لحساب حجم العيّنة V . و خلال الساعة الأولى من تحضيرها غُمرت العيّنات في وعاءٍ مقسمٍ لحجراتٍ يحتوي كميةً متساويةً من اللّعاب الصناعي حُقنت في كل حجرة بمحقنةٍ طبيّةٍ معايرة الشكل ( 13-2 ) ، و تمّ إدخال العينات على التوالي ؛ حيث تمّ إدخال العينات من المجموعة الأولى فور إتمام إنهائها و قياس وزنها و أبعادها ، تليها المجموعة الثانية فالثالثة في فرن كهربائيٍ حرارته مضبوطةٌ على ( ٣٧ ± ١ ) درجة الشكل (9-2) ، و تمّ الانتظار لمدة سبعة أيامٍ ثم أُخرجت العينات و تمّ غسلها بالماء و تجفيفها بورق نشّاف ثم أُعيدت جافةً إلى وعاءٍ فارغٍ نظيف وُضع في الفرن و بنفس درجة الحرارة و تُركت لمدة يومٍ كاملٍ ثم تمّ إخراجها و ذلك لضمان تبخّر السوائل الممتصة و قد تمّ قياس وزن العيّنة من جديد للحصول على الوزن النهائي للعينة W2 و حساب فرق الوزن W3 . ( Ghanim, 2010 )



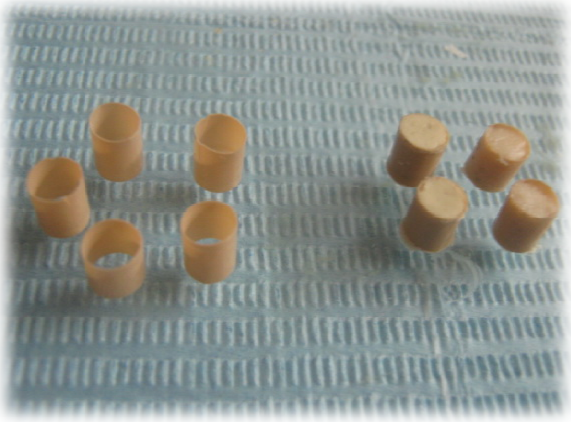
الشكل ( 13-2 ) الوعاء المقسم لحجرات

**الاختبار الثاني :**

هو ذاته الاختبار الأوّل ولكن تمّ الانتظار لمدّة ٢٤ ساعة ، حيث تمّ وضع العينات جافةً في فرن حرارته ٣٧ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة بعد تحضيرها و إنهائها ، و بعد ذلك أُخرجت و تمّ قياس وزنها W1 ، ثم تمّ غمرها باللّعاب الصناعي لمدّة ٧ أيامٍ بدرجة ٣٧ ضمن الفرن وبعدها أُخرجت و أُعيد تجفيفها ولضمان تبخر السوائل أُدخلت مرةً ثالثةً وهي جافة ثم أُخرجت و تمّ قياس وزنها النهائي W2 و حساب فرق الوزن W3 و بعد هذا الاختبار تمّت مقارنة نتائج التعرّض المباشر للعاب الصناعي في الاختبار الأول مع نتائج تأخير التعرّض لمدّة ٢٤ ساعة و ملاحظة اختلاف الانحلاليّة (Berger *et al*., 2009 - Soanca *et al*., 2011 ) .

### 2.3. اختبار مقاومة الانضغاط Compressive Strength Test :

تمّ تصنيع العيّنات ضمن حرارة الغرفة بشكلٍ أسطواني أبعادها ارتفاعها ( ٦ ± ٠.١ ) مم و قطرها (٤ ± ٠.١) مم بحسب معايير منظمة المقاييس الدولية ( ISO 9917-1: 2003 ) باستخدام قوالبَ مصنوعةٍ من التيفلون الشكل (14-2) لنحصل على العينات الأسطوانية الشكل(15-2).



الشكل ( 14-2 ) القوالب المستخدمة في اختبار مقاومة الانضغاط

تمّ تطبيق المادّة بلطفٍ و ملء كامل القالب مع محاولة تجنب تشكل فقاعات و تطبيق القالب بين لوحين من الزُّجاج المستوي و تطبيق ضغط كي تخرج الزوائد من القالب ، وتمّ انتظار المدّة المحددة لتصلّب المواد المدروسة بحسب تعليمات الشركة المصنّعة ، أمّا عند تصنيع عينات الرّاتنج المركّب فقد تمّ تصليب كل عينة بشكلٍ متتالي على طبقاتٍ كل طبقة ٢ مم تمّ تصليبها بحسب المدة المحددة من قبل الشركة ، أمّا الطبقة الأخيرة فقد تمّ وضعُ اللوح الزُّجاجي فوقها وتطبيقُ الضغط لضمان خروج الزوائد ثمّ تصليبُها من خلال اللوح الزُّجاجي ، وبعد ذلك تمّ إبعادُ اللوحين الزُّجاجيين و إجراءُ تصليبٍ إضافيّ للعينات لمدة ٦٠ ثانية من طرفي العيّنة لضمان التصلّب التام بحسب ( ANS/ADA ,Vol 3 : 2008 ).

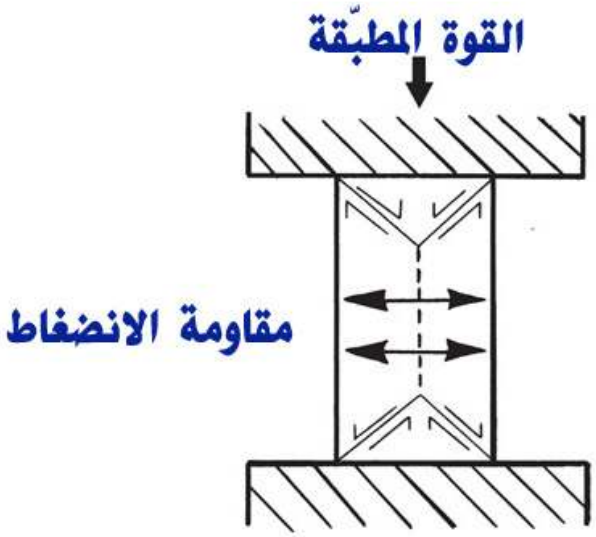


الشكل ( 15-2 ) العينات الأسطوانية المصنّعة

أمّا عن جهاز التصليب الضوئي المستخدم تمّ قياس شدّته الضوئية بجهازٍ خاص بحيث لا تقلّ عن ٣٠٠ ميلي واط / سم٢ بحسب ( ISO 10650 : 2004 )، و استُخدم حهاز شدته ٣٢٥ ميلي واط / سم٢ الشكل ( 6-2 ) .

بعد تحضير العينات و إزالة الزوائد و إنهائها ، تم التأكّد من استواء سطحيها ، و تمّ قياس أبعاد العيّنة بمقياس مليمتري بدقة ٠.٠١ مم ، تمّ غمرها بالماء المقطر لمدة ٢٤ ساعة ( ADA ,Vol 3 : 2008 ) .

لإجراء هذا الاختبار تمّ تطبيق قوتين متعاكستين بالاتجاه على ذات المحور و تمّ تطبيق هاتين القوتين برأسين مقطعهما مستعرض Crosshead بسرعة ٠.٧٥ مم / دقيقة بواسطة جهاز ( Instron Mechanical Test System model 1195 , UK ) الشكل ( 10-2 ) وفق معايير ( ADA Spec 27 : 2005 ) ويظهر هذا في الشكل الترسيمي ( 16-2 ) .




الشكل ( 16-2 ) شكل ترسيمي لتطبيق قوى الضغط

تمّ حساب مقاومة الانضغاط بحسب ( ADA Spec 27 : 2005 ) بالقانون التالي :

$$C(s) = \frac{F}{\pi d^2}$$

حيث :

F : هي القوة التي أدت إلى إتلاف العيّنة و تُقاس ب كغ ث / مم٢ و من خلال ضرب الرقم ب ٩.٨١ نحصل على القوة بالميغا باسكال .

d : نصف قطر سطح الأسطوانة و يقاس بال مم .

و تمّ إجراءُ اختبارين لمقاومة الانضغاط ( Bresciani *et al*., 2004 ) :

الاختبار الأول بعد ٢٤ ساعة من تصنيع العينات ( أي بعد إخراج العيّنة من الماء مباشرة).

الاختبار الثاني بعد ٧ أيام من تصنيع العينات .

**4. التحاليل الإحصائية Statistical Analysis :**

تم إدخال البيانات إلى الحاسب و تمّت المعالجة بوساطة الحزمة الإحصائية SPSS نسخة رقم١٩ ، و قد تم حساب المتوسطات الحسابية و الانحرافات المعيارية لجميع المواد المدروسة و باختلاف الزمن المعتمد لبدء الدراسة في كل من اختباري الانحلاليّة و مقاومة الانضغاط .

كما أجريت الاختبارات الاحصائية اللازمة و المتمثلة باختبار ستودنت ( ت ) في مقارنة الانحلاليّة و مقاومة الانضغاط في كلّ مادة من المواد المدروسة الثلاث مع نفسها وذلك باختلاف عامل الزمن لأنه الاختبار المخصص لذلك .

أمّا من أجل مقارنة انحلاليّة و مقاومة انضغاط كلّ مادةٍ من المواد المدروسة مع المواد الأخرى فقد تمّ إجراء اختبار تحليل التباين الأحادي ANOVA ، وعند وجود فروقٍ دالةٍ إحصائياً يتم إجراء اختبار L.S.D لمعرفة دلالة الفروق لصالح أي مادة من المواد ، وقد اعتمد مستوى الثقة ٩٥% لجميع الاختبارات أي بمستوى دلالة ($\alpha$=0.05) .

# الباب الثالث

# النتائج و الدراسة الإحصائية

# Results & Statistical Study

## 1. الدراسة الإحصائية :

### 1.1. النتائج الإحصائية Results :

نتائج الاختبار الأول من دراسة الانحلاليّة بعد ١ ساعة " مباشرةً "من تحضير العينات :

الجدول ( 1-3 ) نتائج انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك

| الانحلاليّة مباشرةً | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك | قطر العيّنة | ارتفاع العيّنة | حجم العيّنة | الوزن البدئي | الوزن النهائي | فرق الوزن | الانحلاليّة |
| A1 | ١٥.٢ | ١.٠٧ | ١٩٤.٠٦ | ٠.٥٥٠٢ | ٠.٥٤٨٢ | ٠.٠٠٢ | ١٠×١٠$^{-٦}$ |
| A2 | ١٥.٠٢ | ١.٠٥ | ١٨٥.٩٥ | ٠.٥١٥٣ | ٠.٥١٢٩ | ٠.٠٠٢٤ | ١٠×١٢$^{-٦}$ |
| A3 | ١٥.٠٢ | ١.٠٩ | ١٩٣.٠٣ | ٠.٥٤٤٥ | ٠.٤٤٢٢ | ٠.٠٠٢٣ | ١٠×١١$^{-٦}$ |
| A4 | ١٥.٠٥ | ١.١ | ١٩٥.٥٨ | ٠.٥٦٢٢ | ٠.٥٥٩٦ | ٠.٠٠٢٦ | ١٠×١٣$^{-٦}$ |
| A5 | ١٥.٠٧ | ١.٠٢ | ١٨١.٨٤ | ٠.٤٧٤ | ٠.٤٧٢٢ | ٠.٠٠١٨ | ١٠×٩.٩$^{-٦}$ |
| A6 | ١٥.١٥ | ١.٠٢ | ١٨٣.٧٧ | ٠.٤٩٢٣ | ٠.٤٩ | ٠.٠٠٢٣ | ١٠×١٢$^{-٦}$ |
| A7 | ١٥.٠٢ | ١.٠٤ | ١٨٤.١٤ | ٠.٤٩٨٦ | ٠.٤٩٦٤ | ٠.٠٠٢٢ | ١٠×١١$^{-٦}$ |
| A8 | ١٥.١ | ١.١ | ١٩٦.٨٨ | ٠.٥٦٧٧ | ٠.٥٦٥٢ | ٠.٠٠٢٥ | ١٠×١٢$^{-٦}$ |
| وسطي الانحلاليّة:١١.٦٣ ميكرو غرام/ مم$^{٣}$ بوسطي حجم ١٨٩.٣٩ مم$^{٣}$ | | | | | | | |

الجدول ( 2-3 ) نتائج انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة

| الانحلاليّة مباشرةً | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة | قطر العيّنة | ارتفاع العيّنة | حجم العيّنة | الوزن البدئي | الوزن النهائي | فرق الوزن | الانحلاليّة |
| B1 | ١٥.٠٥ | ١.٠٥ | ١٨٦.٦٩ | ٠.٥١٩٢ | ٠.٥١٦٦ | ٠.٠٠٢٦ | ١٣×١٠$^{-٦}$ |
| B2 | ١٥.٠٧ | ١.٠٤ | ١٨٥.٤ | ٠.٥١١٧ | ٠.٥٠٩٣ | ٠.٠٠٢٤ | ١٢×١٠$^{-٦}$ |
| B3 | ١٥.١٢ | ١.٠٢ | ١٨٣.٠٣ | ٠.٥٠٢٨ | ٠.٥٠٠٢ | ٠.٠٠٢٦ | ١٤×١٠$^{-٦}$ |
| B4 | ١٥.٠٢ | ١.٠٩ | ١٩٣.٠٣ | ٠.٥٤٨١ | ٠.٥٤٥٥ | ٠.٠٠٢٦ | ١٣×١٠$^{-٦}$ |
| B5 | ١٥.١ | ١.١ | ١٩٦.٨٨ | ٠.٥٨٤٢ | ٠.٥٨٠٩ | ٠.٠٠٣٣ | ١٦×١٠$^{-٦}$ |
| B6 | ١٥.١٢ | ١.٠٥ | ١٨٨.٤٣ | ٠.٥٣٣٢ | ٠.٥٣٠٥ | ٠.٠٠٢٧ | ١٤×١٠$^{-٦}$ |
| B7 | ١٥.٠٧ | ١.١ | ١٩٦.١ | ٠.٥٥٧٧ | ٠.٥٥٤٦ | ٠.٠٠٣١ | ١٥×١٠$^{-٦}$ |
| B8 | ١٥.١٥ | ١.٠٧ | ١٩٢.٧٨ | ٠.٥٤٢ | ٠.٥٣٩١ | ٠.٠٠٢٩ | ١٥×١٠$^{-٦}$ |
| وسطي الانحلاليّة : ١٤ ميكرو غرام / مم$^{٣}$ بوسطي حجم ١٩٠.١٦ مم$^{٣}$ | | | | | | | |

الجدول ( 3-3 ) نتائج انحلاليّة الرّاتنج المركّب

| الانحلاليّة مباشرةً | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الرّاتنج المركّب** | قطر العيّنة | ارتفاع العيّنة | حجم العيّنة | الوزن البدئي | الوزن النهائي | فرق الوزن | الانحلاليّة |
| **C1** | ١٥.٠٥ | ١.٠٢ | ١٨١.٣٦ | ٠.٦٢٢٤ | ٠.٦٢١ | ٠.٠٠١٤ | $٧.٧\times١٠^{-٦}$ |
| **C2** | ١٥.٠٧ | ١.٠٧ | ١٩٠.٧٥ | ٠.٦٦٩٢ | ٠.٦٦٨١ | ٠.٠٠١١ | $٥.٧\times١٠^{-٦}$ |
| **C3** | ١٥.١ | ١.٠٩ | ١٩٥.٠٩ | ٠.٦٩٨٣ | ٠.٦٩٦٨ | ٠.٠٠١٥ | $٧.٦\times١٠^{-٦}$ |
| **C4** | ١٥.٠٢ | ١.٠٤ | ١٨٤.١٨ | ٠.٦٤٠٤ | ٠.٦٣٩ | ٠.٠٠١٤ | $٧.٦\times١٠^{-٦}$ |
| **C5** | ١٥.٠٥ | ١.٠٥ | ١٨٦.٦٩ | ٠.٦٥٧٢ | ٠.٦٥٥٨ | ٠.٠٠١٤ | $٧.٥\times١٠^{-٦}$ |
| **C6** | ١٥.١٥ | ١.٠٢ | ١٨٣.٧٧ | ٠.٦٣٦٨ | ٠.٦٣٥٧ | ٠.٠٠١١ | $٦\times١٠^{-٦}$ |
| **C7** | ١٥.٠٧ | ١.١ | ١٩٦.١ | ٠.٧٢٢٥ | ٠.٧٢١ | ٠.٠٠١٥ | $٧.١\times١٠^{-٦}$ |
| **C8** | ١٥.١٢ | ١.٠٩ | ١٩٥.٦١ | ٠.٧٠٤٦ | ٠.٦٠٣٢ | ٠.٠٠١٤ | $٧.١\times١٠^{-٦}$ |
| **وسطي الانحلاليّة : ٧.٠٣ ميكرو غرام / مم$^{٣}$ بوسطي حجم : ١٨٩.١٩ مم$^{٣}$** | | | | | | | |

نتائج الاختبار الثاني من دراسة الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة من تحضير العينات :

الجدول ( 4-3 ) نتائج انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك

| الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك** | قطر العيّنة | ارتفاع العيّنة | حجم العيّنة | الوزن البدئي | الوزن النهائي | فرق الوزن | الانحلاليّة |
| **A'1** | ١٥.٢ | ١.١ | ١٩٩.٥ | ٠.٦١٤٥ | ٠.٦١٣ | ٠.٠٠١٥ | $٧.٨\times١٠^{-٦}$ |
| **A'2** | ١٥.٢ | ١.٠٧ | ١٩٤.٠٦ | ٠.٥٨١ | ٠.٥٧٩٤ | ٠.٠٠١٦ | $٨.٢\times١٠^{-٦}$ |
| **A'3** | ١٥.١٧ | ١.٠٧ | ١٩٣.٢٩ | ٠.٥٧٣٢ | ٠.٥٧١٧ | ٠.٠٠١٥ | $٧.٧\times١٠^{-٦}$ |
| **A'4** | ١٥.١ | ١.٠٥ | ١٨٧.٩٣ | ٠.٥٤٤٨ | ٠.٥٤٣٤ | ٠.٠٠١٤ | $٧.٤\times١٠^{-٦}$ |
| **A'5** | ١٥.١٢ | ١.١ | ١٩٧.٤ | ٠.٥٩٤ | ٠.٥٩٢٤ | ٠.٠٠١٦ | $٨.١\times١٠^{-٦}$ |
| **A'6** | ١٥.١٥ | ١.٠٥ | ١٨٩.١٨ | ٠.٥٤٩٥ | ٠.٥٤٨ | ٠.٠٠١٥ | $٧.٩\times١٠^{-٦}$ |
| **A'7** | ١٥.١ | ١.٠٧ | ١٩١.٥١ | ٠.٥٦١٢ | ٠.٥٥٩٦ | ٠.٠٠١٦ | $٨.٣\times١٠^{-٦}$ |
| **A'8** | ١٥.٢ | ١.٠٢ | ١٨٤.٩٩ | ٠.٥٢ | ٠.٥١٨٧ | ٠.٠٠١٣ | $٧\times١٠^{-٦}$ |
| **وسطي الانحلاليّة : ٧.٨ ميكرو غرام / مم$^{٣}$ بوسطي حجم ١٩٢.٢٣ مم$^{٣}$** | | | | | | | |

الجدول ( 5-3 ) نتائج انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة

| الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة** | قطر العيّنة | ارتفاع العيّنة | حجم العيّنة | الوزن البدئي | الوزن النهائي | فرق الوزن | الانحلاليّة |
| **B'1** | ١٥.١٥ | ١.٠٧ | ١٩٢.٧٨ | ٠.٥٢٤ | ٠.٥٢٢٤ | ٠.٠٠١٦ | $٨.٣\times١٠^{-٦}$ |
| **B'2** | ١٥.١٧ | ١.٠٥ | ١٨٩.٦٨ | ٠.٥١٨٢ | ٠.٥١٦٥ | ٠.٠٠١٧ | $٨.٩\times١٠^{-٦}$ |
| **B'3** | ١٥.١٢ | ١.٠٥ | ١٨٨.٤٣ | ٠.٤٩٩١ | ٠.٤٩٧٥ | ٠.٠٠١٦ | $٨.٥\times١٠^{-٦}$ |
| **B'4** | ١٥.١٢ | ١.١ | ١٩٧.٤ | ٠.٥٤٢٦ | ٠.٥٤٠٨ | ٠.٠٠١٨ | $٩.١\times١٠^{-٦}$ |
| **B'5** | ١٥.١٧ | ١.١ | ١٩٨.٧١ | ٠.٥٥٣٢ | ٠.٥٥١٥ | ٠.٠٠١٧ | $٨.٥\times١٠^{-٦}$ |
| **B'6** | ١٥.١ | ١.٠٢ | ١٨٢.٥٦ | ٠.٤٨٧٥ | ٠.٤٨٩٥ | ٠.٠٠١٦ | $٨.٧\times١٠^{-٦}$ |
| **B'7** | ١٥.١٥ | ١.١ | ١٩٨.١٩ | ٠.٥٥٦ | ٠.٥٥٤٢ | ٠.٠٠١٨ | $٩\times١٠^{-٦}$ |
| **B'8** | ١٥.٢ | ١.١ | ١٩٩.٥ | ٠.٥٦٢٥ | ٠.٥٦١ | ٠.٠٠١٥ | $٧.٥\times١٠^{-٦}$ |
| **وسطي الانحلاليّة :٨.٥٦ ميكرو غرام / مم$^{٣}$ بوسطي حجم ١٩٣.٤ مم$^{٣}$** | | | | | | | |

الجدول ( 6-3 ) نتائج انحلاليّة الرّاتنج المركّب

| الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **الرّاتنج المركّب** | قطر العيّنة | ارتفاع العيّنة | حجم العيّنة | الوزن البدئي | الوزن النهائي | فرق الوزن | الانحلاليّة |
| **C'1** | ١٥.٢ | ١.٠٥ | ١٩٠.٤٣ | ٠.٦٩ | ٠.٦٨٩ | ٠.٠٠١ | $٥.٢\times١٠^{-٦}$ |
| **C'2** | ١٥.٠٥ | ١.٠٧ | ١٩٠.٢٥ | ٠.٦٨٤١ | ٠.٦٨٣٢ | ٠.٠٠٠٩ | $٤.٧\times١٠^{-٦}$ |
| **C'3** | ١٥.١٢ | ١.٠٢ | ١٨٣.٠٥ | ٠.٦٣٦٣ | ٠.٦٢٨٣ | ٠.٠٠٨ | $٤.٣\times١٠^{-٦}$ |
| **C'4** | ١٥.١ | ١.١ | ١٩٦.٨٨ | ٠.٧٢٤١ | ٠.٧٢٢٨ | ٠.٠٠١٣ | $٦.٦\times١٠^{-٦}$ |
| **C'5** | ١٥.٠٢ | ١.٠٢ | ١٨٠.٦٣ | ٠.٦١٤٤ | ٠.٦١٣٤ | ٠.٠٠١ | $٥.٥\times١٠^{-٦}$ |
| **C'6** | ١٥.١٧ | ١.٠٧ | ١٩٣.٢٩ | ٠.٧١٣٤ | ٠.٧١٢٣ | ٠.٠٠١١ | $٥.٦\times١٠^{-٦}$ |
| **C'7** | ١٥.٠٢ | ١.٠٧ | ١٨٩.٤٩ | ٠.٦٦ | ٠.٦٥٨٨ | ٠.٠٠١٢ | $٦.٣\times١٠^{-٦}$ |
| **C'8** | ١٥.١٧ | ١.١ | ١٩٨.١٧ | ٠.٧٤٤ | ٠.٧٤٢٨ | ٠.٠٠١٢ | $٦\times١٠^{-٦}$ |
| **وسطي الانحلاليّة : ٥.٥٢ ميكرو غرام / مم$^{٣}$ بوسطي حجم : ١٩٠.٢٧ مم$^{٣}$** | | | | | | | |

**نتائج الاختبار الأول من دراسة مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة من تحضير العينات :**

الجدول ( 7-3 ) مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك

| | قطر العيّنة | مساحة السطح | القوة المطبقة كغ | مقاومة الانضغط كغ ث/مم٢ | مقاومة الانضغط ميغاباسكال |
|---|---|---|---|---|---|
| **A1** | ٤.٠٥ | ١٢.٨٧ | ٢١٠ | ١٦.٣١ | ١٦٠ |
| **A2** | ٤.٠٢ | ١٢.٦٨ | ٢٠٠ | ١٥.٧٧ | ١٥٤ |
| **A3** | ٤.٠٧ | ١٣ | ١٩٠ | ١٤.٦١ | ١٤٣ |
| **A4** | ٤.٠٧ | ١٣ | ٢٠٥ | ١٥.٧٦ | ١٥٤ |
| **A5** | ٣.٩٥ | ١٢.٢٤ | ٢٠٠ | ١٦.٣٣ | ١٦٠ |
| **A6** | ٤.٠٢ | ١٢.٦٨ | ١٩٥ | ١٥.٣٧ | ١٥٠ |
| **A7** | ٣.٩٥ | ١٢.٢٤ | ٢٠٥ | ١٦.٧٤ | ١٦٤ |
| **A8** | ٤.٠٧ | ١٣ | ١٩٥ | ١٥ | ١٤٧ |
| **وسطي مقاومة الانضغاط ١٥٤ ميغا باسكال** | | | | | |

الجدول ( 8-3 ) مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة

| | قطر العيّنة | مساحة السطح | القوة المطبقة كغ | مقاومة الانضغط كغ ث/مم٢ | مقاومة الانضغط ميغاباسكال |
|---|---|---|---|---|---|
| **B1** | ٤.٠٥ | ١٢.٨٧ | ١٩٠ | ١٤.٧٦ | ١٤٥ |
| **B2** | ٤.٠٧ | ١٣ | ٢٠٠ | ١٥.٣٨ | ١٥٠ |
| **B3** | ٤.١ | ١٣.١٩ | ٢٠٥ | ١٥.٥٤ | ١٥٢ |
| **B4** | ٤.١ | ١٣.١٩ | ٢٠٠ | ١٥.١٦ | ١٤٨ |
| **B5** | ٣.٩٧ | ١٢.٣٧ | ٢٠٥ | ١٦.٥٧ | ١٦٢ |
| **B6** | ٤ | ١٢.٥٦ | ١٨٥ | ١٤.٧٢ | ١٤٤ |
| **B7** | ٤.٠٥ | ١٢.٨٧ | ٢١٠ | ١٦.٣١ | ١٦٠ |
| **B8** | ٤ | ١٢.٥٦ | ١٩٥ | ١٥.٥٢ | ١٥٢ |
| **وسطي مقاومة الانضغاط ١٥١ ميغا باسكال** | | | | | |

الجدول ( 9–3 ) مقاومة انضغاط ترميمات الرّاتنج المركّب

| | قطر العيّنة | مساحة السطح | القوة المطبقة كغ | مقاومة الانضغط كغ ث/مم٢ | مقاومة الانضغط ميغاباسكال |
|---|---|---|---|---|---|
| C1 | ٤.٠٥ | ١٢.٨٧ | ٣١٠ | ٢٤.٠٨ | ٢٣٦ |
| C2 | ٤ | ١٢.٥٦ | ٢٩٠ | ٢٣.٠٨ | ٢٢٦ |
| C3 | ٤.٠٥ | ١٢.٨٧ | ٣٢٠ | ٢٤.٨٦ | ٢٤٣ |
| C4 | ٤.٠٥ | ١٢.٨٧ | ٢٩٥ | ٢٢.٩٢ | ٢٢٤ |
| C5 | ٣.٩٧ | ١٢.٣٧ | ٣١٥ | ٢٥.٤٦ | ٢٤٩ |
| C6 | ٣.٩٥ | ١٢.٢٤ | ٣٠٠ | ٢٤.٥ | ٢٤٠ |
| C7 | ٤ | ١٢.٥٦ | ٣٢٠ | ٢٥.٤٧ | ٢٥٠ |
| C8 | ٤.٠٢ | ١٢.٦٨ | ٣٠٥ | ٢٥.٦٣ | ٢٥١ |
| **وسطي مقاومة الانضغاط ٢٣٩ ميغا باسكال** | | | | | |

**نتائج الاختبار الثاني من دراسة مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام من تحضير العينات :**

الجدول ( 10-3 ) مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك

| | قطر العيّنة | مساحة السطح | القوة المطبقة كغ | مقاومة الانضغط كغ ث/مم٢ | مقاومة الانضغط ميغاباسكال |
|---|---|---|---|---|---|
| A'1 | ٤.٠٢ | ١٢.٦٨ | ٢٤٠ | ١٨.٩٢ | ١٨٥ |
| A'2 | ٣.٩٧ | ١٢.٣٧ | ٢٤٥ | ١٩.٨ | ١٩٤ |
| A'3 | ٤.٠٢ | ١٢.٦٨ | ٢٤٥ | ١٩.٣٢ | ١٨٩ |
| A'4 | ٤.٠٥ | ١٢.٨٧ | ٢٤٠ | ١٨.٦٤ | ١٨٢ |
| A'5 | ٣.٩٧ | ١٢.٣٧ | ٢٣٥ | ١٨.٩٩ | ١٨٦ |
| A'6 | ٤ | ١٢.٥٦ | ٢٥٥ | ٢٠.٣٠ | ١٩٩ |
| A'7 | ٤.١ | ١٣.١٩ | ٢٥٠ | ١٨.٩٥ | ١٨٥ |
| A'8 | ٣.٩٥ | ١٢.٢٤ | ٢٤٠ | ١٩.٦ | ١٩٢ |
| **وسطي مقاومة الانضغاط ١٨٩ ميغا باسكال** | | | | | |

الجدول ( 11-3 ) مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة

| | قطر العيّنة | مساحة السطح | القوة المطبقة كغ | مقاومة الانضغط كغ ث/مم٢ | مقاومة الانضغط ميغاباسكال |
|---|---|---|---|---|---|
| B'1 | ٤.٠٢ | ١٢.٦٨ | ٢٢٥ | ١٧.٧٤ | ١٧٤ |
| B'2 | ٤.٠٥ | ١٢.٨٧ | ٢٣٥ | ١٨.٢٥ | ١٧٩ |
| B'3 | ٤.٠٧ | ١٣ | ٢٤٥ | ١٨.٨٤ | ١٨٤ |
| B'4 | ٤.٠٢ | ١٢.٦٨ | ٢٣٥ | ١٨.٥٣ | ١٨١ |
| B'5 | ٤.٠٥ | ١٢.٨٧ | ٢٣٠ | ١٧.٨٧ | ١٧٥ |
| B'6 | ٤.١ | ١٣.١٩ | ٢٤٠ | ١٨.١٩ | ١٧٨ |
| B'7 | ٤.٠٢ | ١٢.٦٨ | ٢٥٠ | ١٩.٧١ | ١٩٣ |
| B'8 | ٤.٠٥ | ١٢.٨٧ | ٢٤٥ | ١٩.٠٣ | ١٨٦ |
| وسطي مقاومة الانضغاط ١٨١ ميغا باسكال | | | | | |

الجدول ( 12-3 ) مقاومة انضغاط ترميمات الرّانتج المركّب

| | قطر العيّنة | مساحة السطح | القوة المطبقة كغ | مقاومة الانضغط كغ ث/مم٢ | مقاومة الانضغط ميغاباسكال |
|---|---|---|---|---|---|
| C'1 | ٤.٠٧ | ١٣ | ٣١٥ | ٢٤.٢٣ | ٢٣٧ |
| C'2 | ٤.١ | ١٣.١٩ | ٣٢٥ | ٢٣.٣٦ | ٢٢٩ |
| C'3 | ٤.٠٢ | ١٢.٦٨ | ٣٣٥ | ٢٦.٤١ | ٢٥٩ |
| C'4 | ٤.٠٧ | ١٣ | ٣٤٠ | ٢٦.١ | ٢٥٦ |
| C'5 | ٣.٩٥ | ١٢.٢٤ | ٣٢٥ | ٢٦.٥٥ | ٢٦٠ |
| C'6 | ٣.٩٧ | ١٢.٣٧ | ٢٩٠ | ٢٣.٤٤ | ٢٢٩ |
| C'7 | ٤.١ | ١٣.١٩ | ٣٢٠ | ٢٤.٢٦ | ٢٣٨ |
| C'8 | ٤.١ | ١٣.١٩ | ٣٣٠ | ٢٥.٠١ | ٢٤٥ |
| وسطي مقاومة الانضغاط ٢٤٤ ميغا باسكال | | | | | |

## 2.1. التحاليل الإحصائية :

### 1.2.1. الإحصاء الوصفي للانحلاليّة مباشرة و بعد ٢٤ ساعة :

قيم المتوسطات والانحرافات المعيارية والخطأ المعياري والحد الأدنى والأعلى للانحلاليّة حسب نوع المادة والزمن.

الجدول ( 13-3 ) الإحصاء الوصفي لدراسة الانحلاليّة المباشر

| الانحلاليّة ( مباشر ) | العدد | المتوسط | الانحراف المعياري | الخطأ المعياري | الحد الأعلى | الحد الأدنى |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك** | 8 | 11.3625 | 1.07960 | 0.38170 | 12.2651 | 9.90 |
| **الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة** | 8 | 14.0000 | 1.30931 | 0.46291 | 15.0946 | 12.00 |
| **الرّاتنج المركّب** | 8 | 7.0375 | .77078 | 0.27251 | 7.6819 | 5.70 |
| **المجموع** | 24 | 10.8000 | 3.10693 | 0.63420 | 12.1119 | 5.70 |

الجدول ( 14-3 ) الإحصاء الوصفي لدراسة الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة

| الانحلاليّة ( ٢٤ ساعة ) | العدد | المتوسط | الانحراف المعياري | الخطأ المعياري | الحد الأعلى | الحد الأدنى |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك** | 8 | 7.8000 | 0.43425 | 0.15353 | 8.1630 | 7.00 |
| **الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة** | 8 | 8.5625 | 0.50973 | 0.18022 | 8.9886 | 7.50 |
| **الرّاتنج المركّب** | 8 | 5.5250 | 0.78148 | 0.27630 | 6.1783 | 4.30 |
| **المجموع** | 24 | 7.2958 | 1.43511 | 0.29294 | 7.9018 | 4.30 |

**اختبار ANOVA :**

**الانحلاليّة:**

لا بد لمقارنة انحلاليّة المواد الثلاث المُختبرة كلّ مادة مع المواد الأخرى من إجراء اختبار تحليل التباين ANOVA .

الجدول ( 15-3 ) اختبار ANOVA لدراسة الانحلاليّة مباشرةً

| ANOVA | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الانحلاليّة | مصدر التباين | مجموع المربعات | df | متوسط المربعات | F | Sig. |
| مباشرة | التباين بين المجموعات | ١٩٧.٧٠٣ | ٢ | ٩٨.٨٥١ | ٨٥.٣٦٦ | ٠.٠٠٠ |
| | التباين داخل المجموعات | ٢٤.٣١٨ | ٢١ | ١.١٥٨ | | |
| | **Total** | ٢٢٢.٠٢ | ٢٣ | | | |

أظهر تحليل التباين للمقارنة بين قيم الانحلاليّة مباشرةً لأنواع الترميمات الثلاث وجودَ فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين المواد الثلاث حيث بلغت قيمة f المحسوبة ٨٥.٣٦٦ وقيمة مستوى الدلالة (٠.٠٠٠) وهي دالةٌ إحصائياً عند جميع مستويات الدلالة الجدول ( 15-3 ).

ولمعرفة دلالة الفرق لصالح أي نوعٍ من المواد تم حساب اختبار أقلّ فرقٍ دالٍ إحصائيّاً ( L.S.D ) وكانت النتائج كما هو مبين في الجدول التالي .

**اختبار L.S.D :**

الجدول ( 16-3 ) اختبار L.S.D لدراسة الانحلاليّة مباشرةً

| الانحلاليّة ( مباشرةً ) | | | |
|---|---|---|---|
| المتغيرات المدروسة | **فرق المتوسطات** | **الدلالة** | **القرار** |
| **المقوّى بالزنك مع عالي اللّزوجة** | -2.63750(*) | 0.000 | دال عند ٠.٠٥ |
| **المقوّى بالزنك مع الرّاتنج المركّب** | 4.32500(*) | 0.000 | |
| **العالي اللّزوجة مع المقوّى بالزنك** | 2.63750(*) | 0.000 | |
| **العالي اللّزوجة مع الرّاتنج المركّب** | 6.96250(*) | 0.000 | |
| **الرّاتنج المركّب مع المقوّى بالزنك** | -4.32500(*) | 0.000 | |
| **الرّاتنج المركّب مع العالي اللّزوجة** | -6.96250(*) | 0.000 | |

تبين من اختبار L.S.D وجودُ فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين المواد وهي لصالح الرّاتنج المركّب الجدول ( 16-3 ) و بعد الرجوع إلى جداول القيم (3-1) ، (3-2) ، (3-3) تبيّن أن متوسط انحلاليّة الرّاتنج المركّب ٧.٠٣ ميكرو غرام / مم$^{٣}$ وهو أقلّ من متوسط انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك البالغ ١١.٦٣ ميكرو غرام / مم$^{٣}$ و الذي هو أقل من متوسط انحلاليّة الزُّجاج الشاري عالي اللّزوجة البالغ ١٤ ميكرو غرام / مم$^{٣}$ وهذا بالاختبار المباشر.

الجدول ( 17-3 ) اختبار ANOVA لدراسة الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة

| ANOVA | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الانحلاليّة | **مصدر التباين** | **مجموع المربعات** | **df** | **متوسط المربعات** | **F** | Sig. |
| **بعد ٢٤ ساعة** | التباين بين المجموعات | ٣٩.٩٥٦ | ٢ | ١٩.٩٧٨ | ٥٦.٥٨٩ | ٠.٠٠٠ |
| | التباين داخل المجموعات | ٧.٤١٤ | ٢١ | ٠.٣٥٣ | | |
| | **Total** | ٤٧.٣٧ | ٢٣ | | | |

أظهر جدول تحليل التباين للمقارنة بين قيم الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة لأنواع الترميمات الثلاث وجودَ فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين المواد الثلاث حيث بلغت قيمة f المحسوبة ٥٦.٥٨٩ وقيمة مستوى الدلالة (٠.٠٠٠) وهي دالةٌ إحصائياً عند جميع مستويات الدلالة الجدول (3-17) .

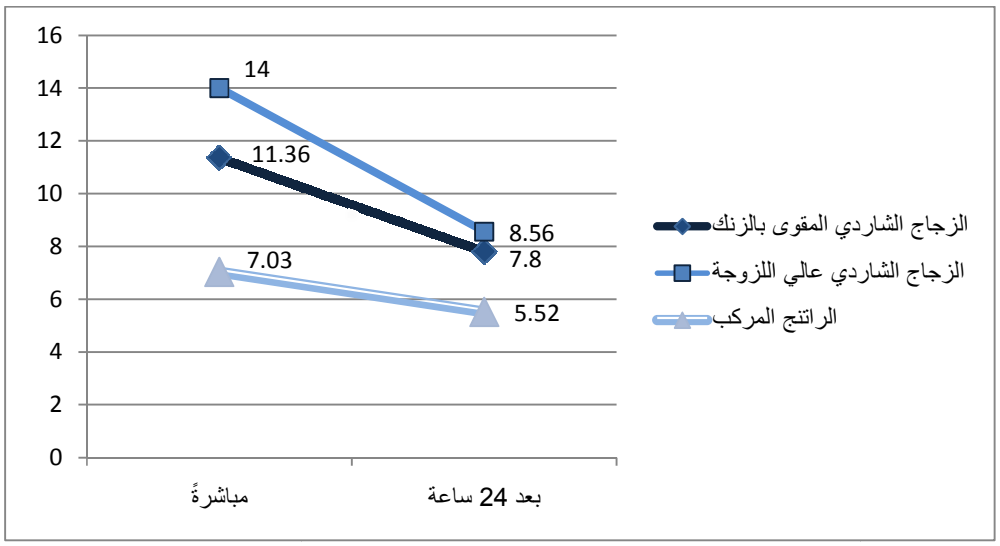
ولمعرفة دلالة الفرق لصالح أي نوعٍ من الترميمات تم حساب اختبار أقل فرقٍ دالٍ إحصائيّاً ( L.S.D ) وكانت النتائج كما هو مبين في الجدول التالي .

**اختبار L.S.D :**

الجدول ( 3-18 ) اختبار L.S.D لدراسة الانحلاليّة بعد ٢٤ ساعة

| الانحلاليّة ( بعد ٢٤ ساعة ) | | | |
|---|---|---|---|
| المتغيرات المدروسة | **فرق المتوسطات** | **الدلالة** | **القرار** |
| **المقوّى بالزنك مع عالي اللّزوجة** | -.76250(*) | 0.018 | دال عند ٠.٠٥ |
| **المقوّى بالزنك مع الرّاتنج المركّب** | 2.27500(*) | 0.000 | |
| **العالي اللّزوجة مع المقوّى بالزنك** | .76250(*) | 0.018 | |
| **العالي اللّزوجة مع الرّاتنج المركّب** | 3.03750(*) | 0.000 | |
| **الرّاتنج المركّب مع المقوّى بالزنك** | -2.27500(*) | 0.000 | |
| **الرّاتنج المركّب مع العالي اللّزوجة** | -3.03750(*) | 0.000 | |

كذلك تبيّن من الجدول السابق وجودُ فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين المواد وهي لصالح الرّاتنج المركّب الجدول ( 3-18 ) ، و بعد الرجوع إلى جداول القيم (3-4) ، (3-5) ، (3-6) تبيّن أن متوسط انحلاليّة الرّاتنج المركّب ٥.٥٢ ميكرو غرام / مم$^{٣}$ وهو أقل من متوسط انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك البالغ ٧.٨ ميكرو غرام / مم$^{٣}$ و الذي هو أقل من متوسط انحلاليّة الزُّجاج الشّاري عالي اللّزوجة البالغ ٨.٥٦ ميكرو غرام / مم$^{٣}$ وهذا بالاختبار المُجرى بعد ٢٤ ساعة.




المخطط البياني ( 1-3 ) مقارنة انحلاليّة المواد الثلاث مع بعضها البعض باختلاف الزمن

يعبّر المخطط البياني ( 1-3 ) أنّ انحلاليّة الرّاتنج المركّب تسجل قيماً أقل في كلا الاختبارين في حين أن انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة تكون الأعلى في كلا الاختبارين .

**اختبار ستودنت – ت ( Student T test ):**

فيما يلي جداول اختبارات ستودنت ( ت ) لمقارنة الانحلاليّة في كل مادةٍ على انفرادٍ ( كلّ مادةٍ مع ذاتها ) مباشرةً و بعد ٢٤ ساعة .

الجدول ( 19-3 ) اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك

| الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الانحلاليّة | العدد | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | قيمة (ت) t | درجات الحرية (df) | الدلالة (Sig) | القرار |
| مباشر | ٨ | ١١.٣٦ | ١.٠٨ | ٧.٥٩ | ١٤ | ٠.٠٠٠ | دال إحصائياً |
| بعد ٢٤ ساعة | ٨ | ٧.٨ | ٠.٤٣ | | | | |

أظهر جدول اختبار ستودنت ( ت ) السابق وجود فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك مباشرةً و بعد ٢٤ ساعة لأنّ قيمة مستوى الدلالة أقل من ٠.٠٥ عند مستوى الثقة ٩٥ % ، و بعد الرجوع إلى جداول القيم (1-3) ، (4-3) تبيّن أن انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك بعد ٢٤ ساعة أقل من الانحلاليّة مباشرةً .

الجدول ( 20-3 ) اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة

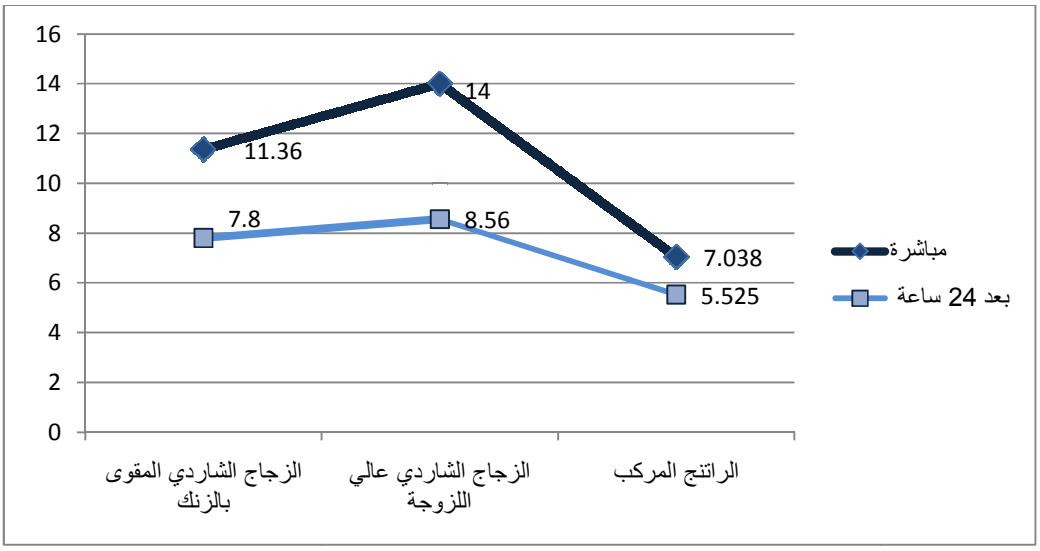
| الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الانحلاليّة | العدد | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | قيمة (ت) t | درجات الحرية (df) | الدلالة (Sig) | القرار |
| **مباشر** | ٨ | ١٤ | ١.٣١ | ٩.٨٠٦ | ١٤ | ٠.٠٠٠ | **دال إحصائياً** |
| **بعد ٢٤ ساعة** | ٨ | ٨.٥٦ | ٠.٥١ | | | | |

أظهر جدول اختبار ستودنت ( ت ) السابق وجود فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة مباشرةً و بعد ٢٤ ساعة لأنّ قيمة مستوى الدلالة أقل من ٠.٠٥ عند مستوى الثقة ٩٥ % ، و بعد الرجوع إلى جداول القيم (2-3) ، (5-3) تبيّن أن انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة بعد ٢٤ ساعة أقل من الانحلاليّة مباشرةً .

الجدول ( 21-3 ) اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة انحلاليّة الرّاتنج المركّب

| الرّاتنج المركّب | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الانحلاليّة | العدد | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | قيمة (ت) t | درجات الحرية (df) | الدلالة (Sig) | القرار |
| **مباشر** | ٨ | ٧.٠٣٨ | ٠.٧٧ | ٤.٣٢٥ | ١٤ | ٠.٠٠٣ | **دال إحصائياً** |
| **بعد ٢٤ ساعة** | ٨ | ٥.٥٢٥ | ٠.٧٨ | | | | |

أظهر جدول اختبار ستودنت ( ت ) السابق وجود فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين انحلاليّة الرّاتنج المركّب مباشرةً و بعد ٢٤ ساعة لأنّ قيمة مستوى الدلالة أقل من ٠.٠٥ عند مستوى الثقة ٩٥ % ، و بعد الرجوع إلى جداول القيم (3-3) ، (3-6) تبيّن أن انحلاليّة الرّاتنج المركّب بعد ٢٤ ساعة أقل من الانحلاليّة مباشرةً .




المخطط البياني ( 2-3 ) مقارنة الانحلاليّة في كل مادةٍ على انفراد مباشرةً و بعد ٢٤ ساعة

يعبّر المخطط البياني (2-3) عن تراجع انحلاليّة المواد الثلاث بعد ٢٤ ساعة لتكون أقل من انحلاليتها مباشرةً .

### 2.2.1. الإحصاء الوصفي لمقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام:

قيم المتوسطات والانحرافات المعيارية والخطأ المعياري والحد الأدنى والأعلى لمقاومة الانضغاط حسب نوع المادة والزمن.

الجدول ( 22-3 ) الإحصاء الوصفي لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة

| مقاومة الانضغاط ( ٢٤ ساعة ) | العدد | المتوسط | الانحراف المعياري | الخطأ المعياري | الحد الأعلى | الحد الأدنى |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك** | 8 | 154.0000 | 7.15142 | 2.52841 | 159.9787 | 143.00 |
| **الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة** | 8 | 151.6250 | 6.50137 | 2.29858 | 157.0603 | 144.00 |
| **الرّاتنج المركّب** | 8 | 239.8750 | 10.54836 | 3.72941 | 248.6936 | 224.00 |
| **المجموع** | 24 | 181.8333 | 42.67233 | 8.71045 | 199.8523 | 143.00 |

الجدول ( 23-3 ) الإحصاء الوصفي لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام

| مقاومة الانضغاط ( ٧ أيام ) | العدد | المتوسط | الانحراف المعياري | الخطأ المعياري | الحد الأعلى | الحد الأدنى |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك** | 8 | 189.0000 | 5.65685 | 2.00000 | 193.7292 | 182.00 |
| **الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة** | 8 | 181.2500 | 6.27353 | 2.21803 | 186.4948 | 174.00 |
| **الرّاتنج المركّب** | 8 | 244.1250 | 12.87786 | 4.55301 | 254.8912 | 229.00 |
| **المجموع** | 24 | 204.7917 | 29.82992 | 6.08901 | 217.3877 | 174.00 |

**اختبار ANOVA :**

**مقاومة الانضغاط :**

لا بدّ لمقارنة مقاومة انضغاط المواد الثلاث المُختبرة مع بعضها البعض من إجراء اختبار تحليل التباين ANOVA .

الجدول ( 24-3 ) اختبار ANOVA لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة

| ANOVA | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الانضغاط | مصدر التباين | مجموع المربعات | df | متوسط المربعات | F | Sig. |
| بعد ٢٤ ساعة | التباين بين المجموعات | ٤٠٤٤٨.٥٨٣ | ٢ | ٢٠٢٢٤.٢٩٢ | ٢٩٦.٤٣٠ | ٠.٠٠٠ |
| | التباين داخل المجموعات | ١٤٣٢.٧٥ | ٢١ | ٦٨.٢٢٦ | | |
| | Total | ٤١٨٨١.٣٣٣ | ٢٣ | | | |

أظهر جدول تحليل التباين للمقارنة بين قيم مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة لأنواع المواد الثلاث وجودَ فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين المواد الثلاث حيث بلغت قيمة f المحسوبة ٢٩٦,٤٣٠ وقيمة مستوى الدلالة (٠.٠٠٠) وهي دالةٌ إحصائياً عند جميع مستويات الدلالة الجدول ( 24-3 ).

ولمعرفة دلالة الفرق لصالح أيّ نوع من المواد تم حساب اختبار أقل فرقٍ دالٍ إحصائياً ( L.S.D ) وكانت النتائج كما هو مبين في الجدول التالي .

**اختبار L.S.D :**

الجدول ( 25-3 ) اختبار L.S.D لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة

| مقاومة الانضغاط ( بعد ٢٤ ساعة ) | | | |
|---|---|---|---|
| المتغيرات المدروسة | **فرق المتوسطات** | **الدلالة** | **القرار** |
| **المقوّى بالزنك مع عالي اللّزوجة** | 2.37500 | 0.571 | غير دال |
| **المقوّى بالزنك مع الرّاتنج المركّب** | -85.87500(*) | 0.000 | دال |
| **العالي اللّزوجة مع المقوّى بالزنك** | -2.37500 | 0.571 | غير دال |
| **العالي اللّزوجة مع الرّاتنج المركّب** | -88.25000(*) | 0.000 | دال |
| **الرّاتنج المركّب مع المقوّى بالزنك** | 85.87500(*) | 0.000 | |
| **الرّاتنج المركّب مع العالي اللّزوجة** | 88.25000(*) | 0.000 | |

تبين من الجدول السابق وجود فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و عالي اللّزوجة و الرّاتنج المركّب وهي لصالح الرّاتنج المركّب و بعد الرجوع للجدول (3-7) ، (3-8) ، (3-9) تبيّن أنّ متوسط مقاومة انضغاط الرّاتنج المركّب ٢٣٩ ميغا باسكال وهو أكبر من متوسط مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك البالغ ١٥٤ ميغا باسكال و الذي هو أكبر من متوسط مقاومة انضغاط الزُّجاج الشاري عالي اللّزوجة البالغ ١٥١ ميغا باسكال وهذا بالاختبار المُجرى بعد ٢٤ ساعة .

بينما تبيّن عدمُ وجودِ فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و عالي اللّزوجة في هذا الاختبار الجدول (3-25).

الجدول ( 26-3 ) اختبار ANOVA لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام

| ANOVA | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الانضغاط | مصدر التباين | مجموع المربعات | df | متوسط المربعات | F | Sig. |
| بعد ٧ أيام | التباين بين المجموعات | ١٨٨٠٥.٥٨٣ | ٢ | ٩٤٠٢.٧٩٢ | ١١٨.٩٢٤ | ٠.٠٠٠ |
| | التباين داخل المجموعات | ١٦٦٠.٣٧٥ | ٣ | ٧٩.٠٦٥ | | |
| | **Total** | **٢٠٤٦٥.٩٥٨** | **٢٣** | | | |

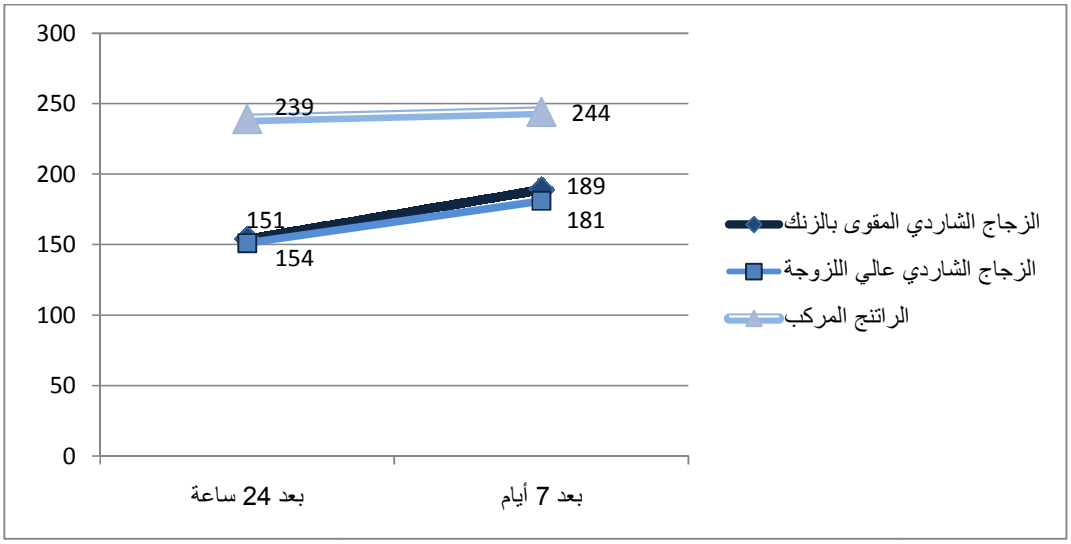
أظهر جدول تحليل التباين للمقارنة بين قيم مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام لأنواع الترميمات الثلاث وجودَ فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين المواد الثلاث حيث بلغت قيمة f المحسوبة ١١٨,٩٢٤ وقيمة مستوى الدلالة (٠.٠٠٠) وهي دالة إحصائياً عند جميع مستويات الدلالة الجدول (26-3) ، و لمعرفة دلالة الفرق لصالح أيّ نوعٍ من الترميمات تمّ حساب اختبار أقلّ فرقٍ دالٍ إحصائياً( L.S.D ) وكانت النتائج كما هو مبيّن في الجدول التالي .

**اختبار L.S.D :**

الجدول ( 27-3 ) اختبار L.S.D لدراسة مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام

| مقاومة الانضغاط ( بعد ٧ أيام ) | | | |
|---|---|---|---|
| المتغيرات المدروسة | **فرق المتوسطات** | **الدلالة** | **القرار** |
| **المقوّى بالزنك مع عالي اللّزوجة** | 7.75000 | 0.096 | غير دال |
| **المقوّى بالزنك مع الرّاتنج المركّب** | -55.12500(*) | 0.000 | دال |
| **العالي اللّزوجة مع المقوّى بالزنك** | -7.75000 | 0.096 | غير دال |
| **العالي اللّزوجة مع الرّاتنج المركّب** | -62.87500(*) | 0.000 | دال |
| **الرّاتنج المركّب مع المقوّى بالزنك** | 55.12500(*) | 0.000 | |
| **الرّاتنج المركّب مع العالي اللّزوجة** | 62.87500(*) | 0.000 | |

تبيّن من الجدول السابق وجودُ فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و عالي اللّزوجة و الرّاتنج المركّب و هي لصالح الرّاتنج المركّب وبعد الرجوع إلى الجداول (3-10)، (3-11)، (3-12) تبيّن أنّ متوسط مقاومة انضغاط الرّاتنج المركّب ٢٤٤ ميغا باسكال وهو أكبر من متوسط مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك البالغ ١٨٩ ميغا باسكال و الذي هو أكبر من متوسط مقاومة انضغاط الزُّجاج الشاري عالي اللّزوجة البالغ ١٨١ ميغا باسكال وهذا بالاختبار المُجرى بعد ٧ أيام ، كما تبيّن عدمُ وجودِ فروقٍ دالةٍ إحصائياً بين الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و عالي اللّزوجة أيضاً في هذا الاختبار الجدول (3-27).




المخطط البياني ( 3-3 ) مقارنة مقاومة انضغاط المواد الثلاث مع بعضها البعض باختلاف الزمن

يبيّن المخطّط البياني (3-3) أنّ مقاومةَ انضغاطِ الرّاتنج المركّب هي الأعلى في كلا الاختبارين يليه الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك في حين تكون مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة هي الأقل في كلا الاختبارين .

**اختبار ستودنت – ت :**

فيما يلي جداول اختبارات ستودنت ( ت ) لمقارنة مقاومة الانضغاط في كل مادةٍ على انفرادٍ بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام .

الجدول ( 28-3 ) اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك

| الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقاومة الانضغاط | العدد | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | قيمة (ت) t | درجات الحرية (df) | الدلالة (Sig) | القرار |
| **بعد ٢٤ ساعة** | ٨ | ١٥٤ | ٧.١٥ | ٨.٨٩ | ١٤ | ٠.٠٠٠ | **دال إحصائياً** |
| **بعد ٧ أيام** | ٨ | ١٨٩ | ٥.٦٦ | | | | |

أظهر جدول اختبار ستودنت ( ت ) السابق وجودَ فروقٍ دالّةٍ إحصائياً بين مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام لأن لأنّ قيمة مستوى الدلالة أقل من ٠.٠٥ عند مستوى الثقة ٩٥ % ، و بعد الرجوع إلى جداول القيم (7-3) ، (10-3) تبيّن أنّ مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام تفوق مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة .

الجدول ( 29-3 ) اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة

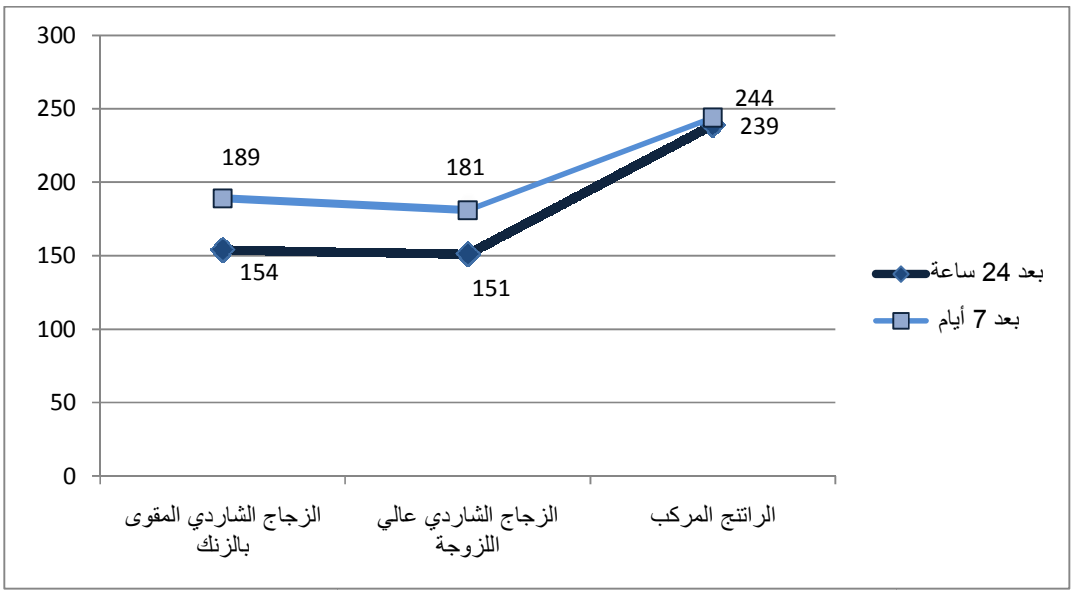
| الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقاومة الانضغاط | العدد | المتوسط الحسابي | الانحراف المعياري | قيمة (ت) t | درجات الحرية (df) | الدلالة (Sig) | القرار |
| **بعد ٢٤ ساعة** | ٨ | ١٥١ | ٦.٥ | ١١.٩٥٥ | ١٤ | ٠.٠٠٠ | **دال إحصائياً** |
| **بعد ٧ أيام** | ٨ | ١٨١ | ٦.٢٧ | | | | |

أظهر جدول اختبار ستودنت ( ت ) السابق وجودَ فروقٍ دالّةٍ إحصائياً بين مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام لأنّ قيمة مستوى الدلالة أقل من ٠.٠٥ عند مستوى الثقة ٩٥ % ، و بعد الرجوع إلى جداول القيم (8–3) ، (11–3) تبيّن أنّ مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام تفوق مقاومة الانضغاط بعد ٢٤ ساعة .

الجدول ( 30-3 ) اختبار ستودنت ( ت ) لدراسة مقاومة انضغاط الرّاتنج المركّب

| الرّاتنج المركّب | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقاومة الانضغاط | **العدد** | **المتوسط الحسابي** | **الانحراف المعياري** | **قيمة (ت) t** | **درجات الحرية (df)** | **الدلالة (Sig)** | القرار |
| **بعد ٢٤ ساعة** | ٨ | ٢٣٩.٨٧ | ١٠.٥٥ | ٠.٨٠٣ | ١٤ | ٠.٤٤٨ | **غير دال إحصائياً** |
| **بعد ٧ أيام** | ٨ | ٢٤٤.١٢ | ١٢.٨٨ | | | | |

أظهر جدول اختبار ستودنت ( ت ) السابق عدمَ وجودِ فروقٍ دالّةٍ إحصائياً بين مقاومة انضغاط الرّاتنج المركّب بعد ٢٤ ساعة و٧ ايام لأنّ قيمة مستوى الدلالة البالغة ٠.٤٤٨ أكبرُ من مستوى الدلالة ٠.٠٥ عند مستوى ثقة ٩٥% .



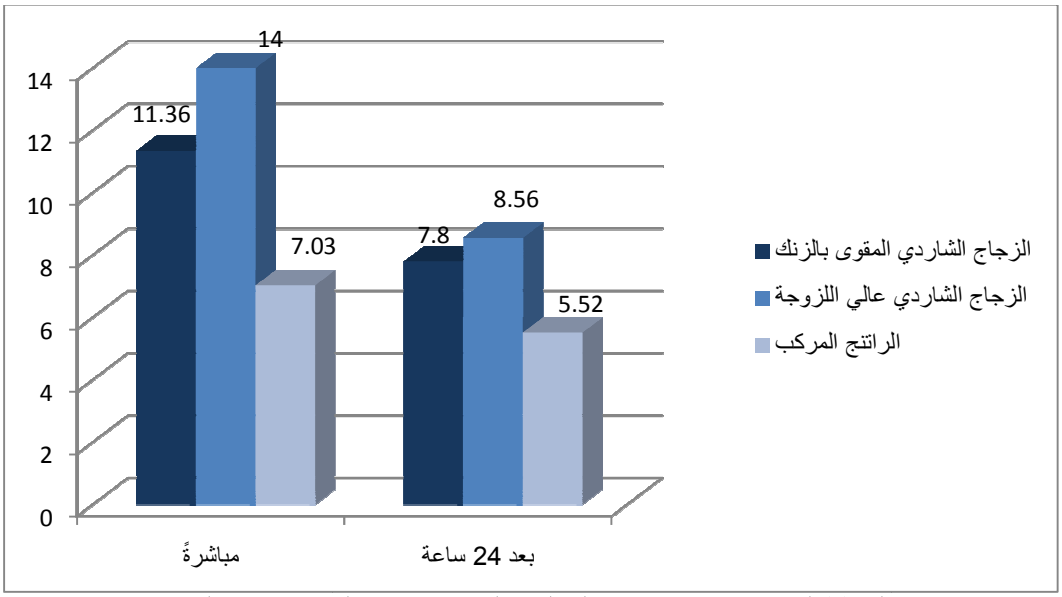

المخطط البياني ( 4-3 ) مقارنة مقاومة الانضغاط في كل مادةٍ على بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام

يبيّن المخطط البياني(4-3) أنّ مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و عالي اللّزوجة تكون أكبر بعد ٧ أيام بينما تتقارب مقاومة انضغاط الرّاتنج المركّب في كلا الاختبارين .

## 2. النتائج :

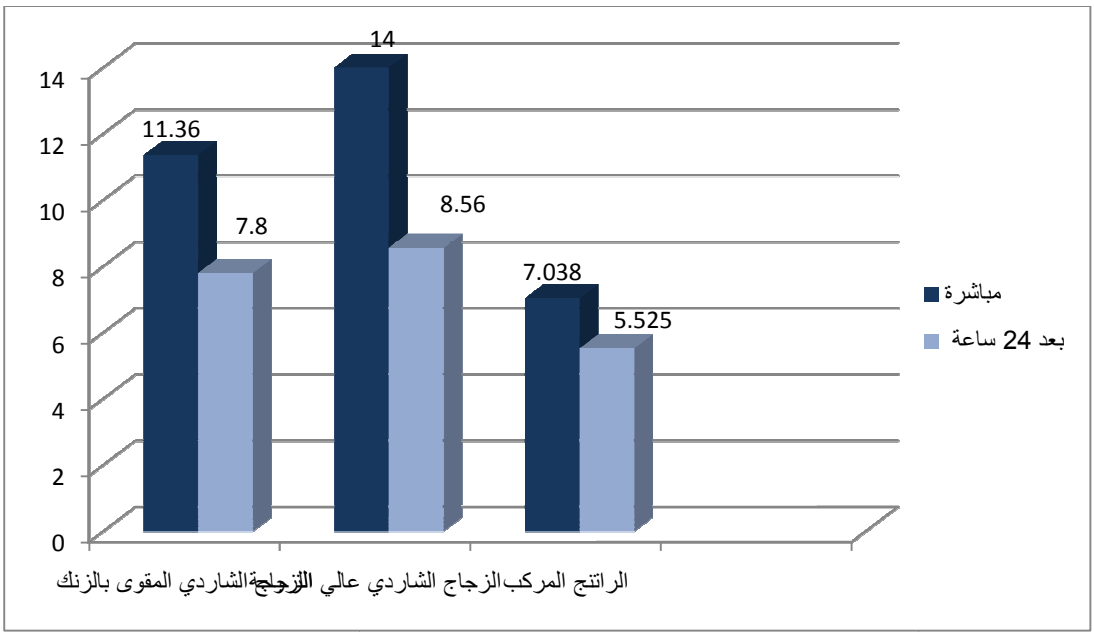
لمّا كانت أهداف البحث مقارنة انحلاليّة المواد المدروسة الثلاث مع بعضها البعض و كل مادةٍ مع ذاتها خلال فترتين اثنتين الأولى بعد ساعة و التي تمّ التعبير عنها "الاختبار المباشر" والفترة الثانية هي بعد ٢٤ ساعة ، و مقارنة مقاومة انضغاط المواد المدروسة الثلاث مع بعضها البعض و كل مادةٍ مع ذاتها خلال فترتين اثنتين الأولى بعد ٢٤ ساعة و الثانية بعد ٧ أيام ، و بعد إجراء الدراسة الإحصائية يمكن الوصول إلى ما يلي :

١- إنّ انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة كانت الأكبر في كلا الاختبارين ، أمّا انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك كانت أقلَّ من انحلاليّةِ نظيره عالي اللّزوجة و أكبرَ من انحلالية الرّاتنج المركّب في كلا الاختبارين فقد سجل الرّاتنج المركّب القيمة الأقل من الانحلاليّة في كلا الاختبارين ويظهر هذا في المخطط (5-3) .



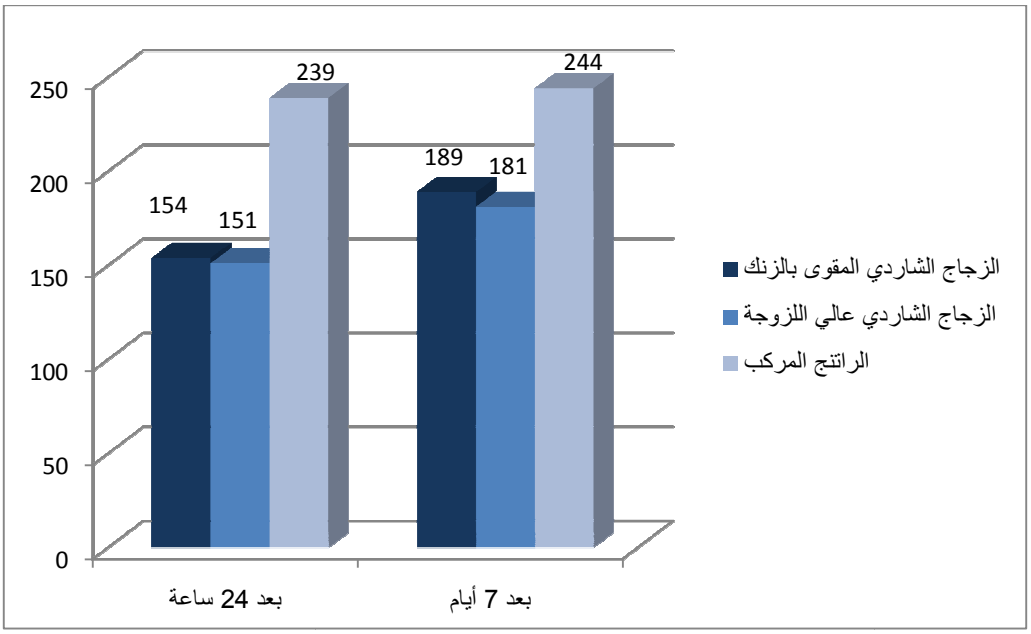

المخطط البياني ( 5-3 ) مقارنة انحلاليّة المواد الثلاث مع بعضها البعض باختلاف الزمن

٢- تناقصت انحلاليّةُ المواد المدروسة بعد ٢٤ ساعة عن انحلاليّتها مباشرةً ، وكان الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة صاحبَ التغير الأكبر في انحلاليّته فقد تناقصت انحلاليّته بشكلٍ كبيرٍ بعد ٢٤ ساعة فبلغ متوسط انحلاليّته ٨.٥٦ ميكروغرام / مم$^{٣}$ في حين كان متوسط انحلاليته في الاختبار المباشر ١٤ ميكروغرام / مم$^{٣}$ بينما تناقصت انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك بشكلٍ أقلّ بعد ٢٤ ساعة حيث بلغ متوسط انحلاليته ٧.٨ ميكروغرام / مم$^{٣}$ في حين كان متوسط انحلاليته في الاختبار المباشر ١١.٣٦ ميكروغرام / مم$^{٣}$ كما تناقصت انحلاليّة الرّاتنج المركّب بعد ٢٤ ساعة و لكن بشكلٍ أقلّ من المادتين المدروستين السابقتين حيث بلغ متوسط انحلاليته ٥.٥٢ ميكروغرام / مم$^{٣}$ في حين كان متوسط انحلاليته في الاختبار المباشر ٧.٠٣ ميكروغرام / مم$^{٣}$ ويظهر هذا في المخطط (6-3).



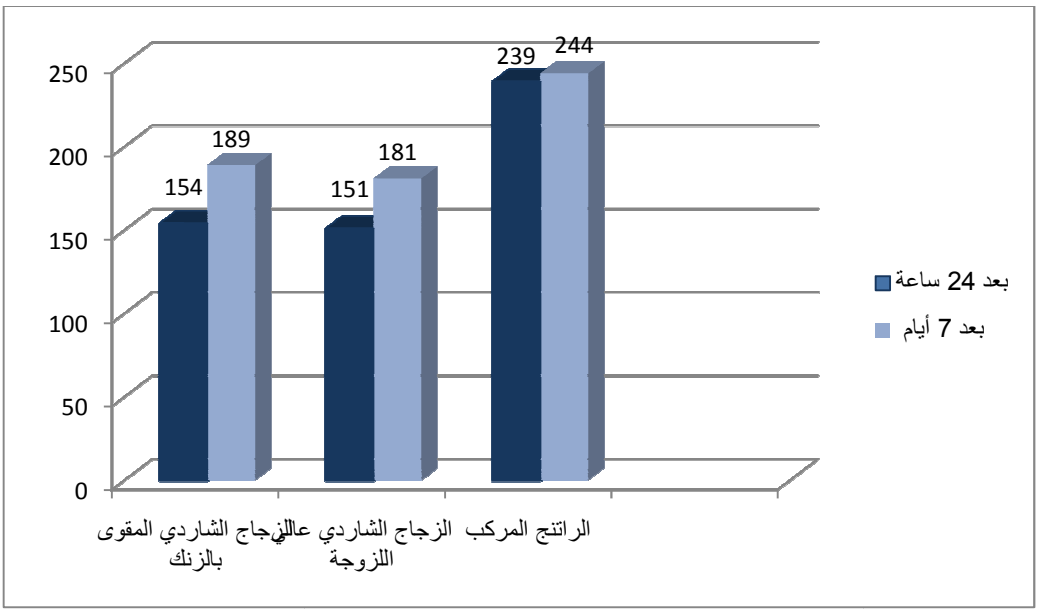

المخطط البياني ( 6-3 ) مقارنة الانحلاليّة في كل مادةٍ على انفراد مباشرةً و بعد ٢٤ ساعة

٣- إنّ مقاومةَ انضغاطِ الرّاتنج المركّب تفوقت على مقاومة انضغاطِ كلٍّ من الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و عالي اللّزوجة والذين بدورهما سجلا نتائجَ متقاربةً حيث تبيّن أنّه لا توجد فروقٌ دالةٌ إحصائياً بينهما أي أنّ مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و عالي اللّزوجة متشابهةٌ في الاختبار الأول بعد ٢٤ ساعة ، أيضاً تفوّق الرّاتنج المركّب في الاختبار الثاني بعد ٧ أيام على كل من المادتين المدروستين حيث سجّل أعلى قيمٍ من مقاومة الانضغاط في حين تشابهت مقاومة انضغاطِ الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و عالي اللّزوجة أيضاً في هذا الاختبار و لم توجد أيّةُ فروقٍ دالةٍ إحصائياً بينهما .




المخطط البياني ( 7-3 ) مقارنة مقاومة انضغاط المواد الثلاث مع بعضها البعض باختلاف الزمن

٤- إنّ مقاومةَ انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك ازدادت بعد ٧ أيام فكانت أكبرَ من مقاومته بعد ٢٤ ساعة حيث بلغ وسطي مقاومة انضغاطه في الاختبار الأول ١٥٤ ميغاباسكال في حين بلغ في الاختبار الثاني ١٨٩ ميغاباسكال ، كما ازدادت مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة بعد ٧ أيام عن مقاومته بعد ٢٤ ساعة و لكنّ هذه الزيادة أقلُّ من زيادة مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك حيث بلغ وسطي مقاومة انضغاطه في الاختبار الأول ١٥١ ميغاباسكال في حين بلغ في الاختبار الثاني ١٨١ ميغاباسكال ، أمّا الرّاتنج المركّب فقد سجّل نتائجَ متقاربةً من مقاومة الانضغاط في كلا الاختبارين بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام مع زيادةٍ طفيفةٍ لا دلالة لها إحصائياً بعد ٧ أيام فقد بلغ وسطي مقاومة انضغاطه في الاختبار الأول ٢٣٩ ميغاباسكال في حين بلغ في الاختبار الثاني ٢٤٤ ميغاباسكال .




المخطط البياني ( 8-3 ) مقارنة مقاومة الانضغاط في كل مادةٍ على بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام

# الباب الرابع

# المناقشة Discussions

إنّ الهدف من هذه الدراسة يتلخّص في مقارنة انحلاليّة المواد المدروسة مع بعضها البعض و كل مادةٍ على انفراد وذلك خلال فترتين الأولى بعد ١ ساعة و الذي تم التعبير عنه " الاختبار المباشر " و الفترة الثانية بعد ٢٤ ساعة من بدء تصنيع العيّنات و تعريضها للعاب الصناعي .

فكما تهدف الدراسة إلى مقارنة مقاومة انضغاط كلٍ من المواد الثلاث المدروسة مع بعضها البعض و على انفراد خلال فترتين الأولى بعد ٢٤ ساعة و الثانية بعد ٧ أيام .

❖مناقشة الانحلاليّة :

إنّ انحلاليّة أي مادةٍ مرممة تُستخدم ضمن البيئة الفموية هي من الصفات الحرجة و الهامة لمعرفة مدى ديمومة الترميم ، و لمّا كان الترميم يتعرّض للبيئة الفموية حال الانتهاء من العمل كان لا بد من دراسة الانحلاليّة بشكل مباشرٍ ولكن نظراً لصعوبة تحضير ٨ عيّنات بسرعةٍ كان لا بُدّ من الانتظار مدة ساعة ريثما يكتمل تحضير و إنهاء العينات و يُعتبر هذا الاختبار مباشراً ؛ أي أنه تم تحضير العينات و تعريضها للعاب الصناعي حالما أصبحت جاهزةً .

ومن المعروف أنّ الزُّجاج الشّاردي من المواد التي يمكن حمايتها بطبقة من الفرنيش أو المادة الرابطة لحمايتها من اللّعاب ريثما يتم إنهاؤها و تنعيمها بعد ٢٤ ساعة فقد تم اعتماد الاختبار الثاني بعد فترة ٢٤ ساعة لمحاكاة الشروط الفموية السريرية .

في الاختبار المباشر للانحلاليّة تم تعريض العينات المُصنَّعة للعاب الصناعي فور انتهاء تصنيعها و مثل هذا التوقيت اعتُمِد في دراسة Peez عام ٢٠٠٦ ( Peez,2006 ) ، و قد تبيّن

أنّ انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة كانت الأعلى وهذا يتفق مع دراسة Toledano و زملائه عام ٢٠٠٣ و التي أوضحت أنّ الزُّجاج الشّاردي أكثر انحلاليّة من الرّاتنج المركّب ، كذلك يتفق مع دراسة Hamouda عام ٢٠١١ و التي أثبتت أيضاً ذات النتائج ( Toledano *et al.*, 2003, Hamouda, 2011 ).

أمّا الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك فقد كان أقلّ انحلاليّةً من سابقه عالي اللّزوجة و هذا يتفق مع المعلومات المُقدَّمة من الشركة المصنعة (SC ChemFil Rock Dentsply, 2011) و لكنّه أكثر انحلاليّة من الرّاتنج المركّب و لا يوجد حتى الآن دراساتٌ حول هذه المادة يتم المقارنة معها و ذلك نظراً لحداثة عهدها في مجال طب الأسنان .

في الاختبار الثاني بعد ٢٤ ساعة تم انتظار مدةٍ زمنيةٍ تعادل مدة حماية الطبقة الواقية التي تستخدم عادةً في فم المريض ريثما يتمّ إنهاؤها و تنعيمها بعد ٢٤ ساعة ليصبح الزُّجاج الشّاردي بتماسٍ مباشرٍ مع اللّعاب الفموي و قد اعتُمِدَت هذه الفترة في دراسة Soanca و زملائه عام ٢٠١١ (Soanca *et al*., 2011 ) .

تمّ التوصّل إلى نفس النتيجة في هذا الاختبار أيضاً ، فكان الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة هو الأكثر انحلاليّةً أمّا الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك فقد كان أقلّ انحلاليّةً منه و أكثرَ انحلاليّةً من الرّاتنج المركّب ليكون الرّاتنج المركّب هو الأقل انحلاليّة .

تناقصت انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة في هذا الاختبار مقارنةً بالاختبار المباشر و هذا يتفق مع دراسة Gemalmaz و زملائه عام ١٩٩٨ التي بيّنت تراجع انحلاليّة ترميمات الزُّجاج الشّاردي عند تأخير تعرّضها للوسط الرطب ( Gemalmaz *et al*., 1998 ).

أيضاً تراجعت انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك بعد ٢٤ ساعة ولكن بمنسوبٍ أقل من تراجع سابقه و هذا على العموم يتفق مع تراجع سابقه عالي اللّزوجة ، و على اعتبار أنه نمطٌ مُعدّلٌ من الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة فهو يسلك السلوك العام للزجاج الشّاردي عالي اللّزوجة حيث تراجعت انحلاليّته عن الاختبار المباشر موافقاً دراسة Gemalmaz و زملائه عام ١٩٩٨ ( Gemalmaz *et al*., 1998 ).

كما تراجعت انحلاليّة الرّاتنج المركّب بعد ٢٤ ساعة وهذا يتوافق مع دراسة Soanca و زملائه عام ٢٠١١ و التي أظهرت تراجعاً في انحلاليّة الرّاتنج المركّب عند تأخير تعريضه للوسط الرطب ( Soanca *et al.,* 2011 ) .

و يمكن تفسير هذا التراجع بالانحلاليّة بسبب الاستقرار الكيميائي في بنية الترميم و ثبات الروابط بين الذرات فمن المعلوم أن المسؤول عن التصلب البدئي هو ملح بولي أكريلات الكالسيوم و هو شديد الانحلاليّة بالماء و مع مرور الزمن يبدأ تشكل ملح بولي أكريلات الألومنيوم والذي يقاوم الانحلال بالماء ( Schmalz and Arenholt-Bindslev, 2009 ).

أمّا عن الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك فقد كان أقلّ انحلاليّةً من سابقه عالي اللّزوجة في الاختبارين و يمكن تفسير هذا بتشكل المعقدات الملحية التي تمتاز بأنها أقل قابلية للانحلال

( الزنك – متعدد الأحماض ) تكون أقوى من باقي المعقدات التي تتشكل عادةً في الأصناف التقليدية (SC ChemFil Rock Dentsply,2011 ).

فيما يخص انحلاليّة الرّاتنج المركّب فإنها بالحدود الدنيا مقارنةً بباقي المواد المرممة المستخدمة فهو يحتوي مادة راتنجية أقل انحلالية من الزجاج الشاردي ويزداد نضج الترميم بعد تصلبه ويكتمل مع مرور الزمن و قد تناقصت الانحلاليّة و امتصاص السوائل في الأجيال فائقة النعومة و الأجيال فائقة النعومة الهجينة ( Anusavice, 2003 ).

❖مناقشة مقاومة الانضغاط :

لقد تم اعتماد اختبارين اثنين ، الاختبار الأول بعد ٢٤ ساعة من تصنيع العيّنة و إنهائها و تنعيمها و قد جرت العادة على إجراء اختبار مقاومة الانضغاط بعد ساعة " مباشرةً " و بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام ، و قد تم اعتماد مثل هذه الفترات في دراسة Bresciani و زملائه عام ٢٠٠٤ ، ولكن في هذا البحث تم اعتماد اختبارين ؛ أولهما بعد ٢٤ ساعة وهذا الزمن كفيلٌ لحدوث التصلب النهائي للترميم ليأخذ خواصَّ أفضل ، حيث إنه من الممكن أن يتم توجيه المريض ألّا يُعرّض الترميم لإطباقٍ شديدٍ لمدة يومٍ كاملٍ أو أن يُطلبَ منه أن يُطبِقَ على الناحية النظيرة ، و ثانيهما بعد ٧ أيام لمقارنة مقاومة الانضغاط في كل مادةٍ بين هذين الزمنين . ( Bresciani *et al*., 2004 )

إنّ الدراسات السابقة في مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك قليلةٌ جداً نظراً لحداثة عهد المادة ، و الدراسة التي قام Dowling بإجرائها عام ٢٠١٢ لم تظهر نتائجَ واضحةً في

تمايز مادةٍ عن أخرى حيث تمت مقارنة مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و صنفين من الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة و لم تكن النتائج لصالح مادةٍ من المواد فهناك عينات سجل فيها الزجاج الشاردي المقوى بالزنك قيم أكبر من أقرانه و عينات سجل قيم أقل لذلك اقترحت الدراسة إعادة النظر في مقاييس ISO في تصميم شكل العيّنة في سبيل الوصول لنتائج أدق ( Dowling *et al.*, 2012 ).

أما بالنسبة لدراسة Molina و زملائه عام ٢٠١٣ فقد كانت ذات نتائج مختلفة مع نتائج هذا البحث حيث تفوقت مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك على مقاومة انضغاط نظيره عالي اللزوجة الممزوج يدوياً و فسر Molina ذلك بتحرر الجزيئات الزُّجاجية المعدلة بالزنك و تشكيل المعقدات المتينة إضافةً لزيادة حمض الإيتاكونيك الذي يزيد من مقاومة الزُّجاج الشّاردي للإجهاد ، لكن النتيجة التي توصل إليها هذا البحث مختلفةٌ حيث أبدى الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك مقاومةَ انضغاطٍ مشابهةً لنظيره عالي اللزوجة و من الممكن أن نعزو ذلك لأن النمط المستخدم في هذا البحث هو النمط عالي اللزوجة المعاير بشكل مسبق و هو ذو خواص أفضل من النمط المستخدم في بحث Molina الذي استخدم النمط عالي اللزوجة اليدوي ( Molina *et al.*, 2013 ).

أمّا معظم الدراسات السابقة فقد تناولت عدّة أصناف من الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة مع أصنافٍ تجاريةٍ أخرى من ذات المادة و مع الزُّجاج الشّاردي المعدّل بالرّاتنج أو الزُّجاج الشّاردي التقليدي ، ففي دراسة Peez و زملائه عام ٢٠٠٦ قورنت مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي

عالي اللّزوجة ( Fuji IX GP ) مع أنواعٍ تجاريةٍ أخرى مشابهةٍ له تفوّق فيها عن الأنواع المدروسة ، كذلك الحال في دراسة Bonifa´cio و زملائه عام ٢٠٠٩ الذي توصّل لذات النتيجة ليتصدر ( Fuji IX GP ) أعلى قيم مقاومة الانضغاط مقارنةً مع أنواعٍ تجاريةٍ أخرى من الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة ( Peez *et al*., 2006, Bonifa´cio *et al*., 2009 ).

عند مقارنة مقاومة انضغاط المواد المدروسة الثلاث في الاختبار المباشر لم يكن هناك اختلافٌ يُذكر بين مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و عالي اللّزوجة خلافاً لما تطرح الشركة المُصنعة من معلومات عن أفضليّة ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك ، و هذه النتيجة ذاتها تمّ الوصول إليها في الاختبار الثاني حيث لم تتباين نتائج مقاومة الانضغاط بين المادتين بعد ٧ أيام لتُسجل كلا المادتين قيماً متقاربةً من مقاومة الانضغاط في كلتا الفترتين مع أفضليةٍ طفيفةٍ لصالح الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و هذه الأفضلية لا يُمكن أن تكون دليلاً تفاضلياً لصالح الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك فلا يزال الموضوع يثير الجدل و يحتاج إلى استمرار الاختبارات المقارنة مع أصنافٍ أخرى من ترميمات الزُّجاج الشّاردي للتأكد من صحّة النتائج و معلومات الشركة المُصنّعة .

أمّا عن مقاومة انضغاط الرّاتنج المركّب فقد تفوّق في كلا الاختبارين عن المواد المدروسة ليسجل أعلى قيم مقاومةِ انضغاطٍ و هذا يتفق مع دراستي Piwowarczyk و زملائه عام ٢٠٠٢ و دراسة Koenraads و زملائه عام ٢٠٠٩ و أثبتت كلتا الدراستين تفوّق الرّاتنج

المركّب على ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة من حيث مقاومة الانضغاط ( Piwowarczyk *et al.*, 2002 , Koenraads *et al.,* 2009 ) .

أمّا عن مقارنة الرّاتنج المركّب بالزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك فكان من الصعوبة الوصول إلى أبحاثٍ تم اختبار مثل هذا الأمر فيها فكما أسلفنا سابقاً فإن الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك قد طُرح كمادةٍ مرممةٍ حديثةٍ و لم تُجر عليه إلا القليل من الدراسات و لكن في المنظور العام يمكن أن نقيسه بمشابهاته من ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة الذي لم يرتقِ لمستوى الرّاتنج المركّب من حيث مقاومة الانضغاط بحسب نتائج هذه الدراسة و الدراسات السابقة .

إنّ مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك تزداد بشكلٍ ملحوظٍ في الاختبار الثاني ( بعد ٧ أيام ) عن الاختبار الأول ( بعد ٢٤ ساعة ) كما تزداد مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة ولكن بنسبةٍ أقل في الاختبار الثاني عن الاختبار الأول ، فكلٌ المادتين أبدتا زيادةً في مقاومة الانضغاط و هذا يختلف مع دراسة Bresciani و زملائه عام ٢٠٠٤ ، و التي أثبتت عدم حدوث اختلافٍ يُذكر بين مقاومة ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة بين اختبار ال٢٤ ساعة و اختبار ال ٧ أيام ( Bresciani *et al*., 2004 ) .

و يمكن تبرير النتائج التي تمّ الوصول إليها بأن ترميمات الزُّجاج الشّاردي تستمر نشطةً لفترةٍ طويلةٍ بعد تطبيق الترميم و هي بحالة عدم استقرار يستمر فترةً طويلةً و هذا ما يؤدي إلى ازدياد استقرار الترميم و نضجه و ازدياد ثبات المعقدات الملحية كلما تقدم الزمن لتزداد مقاومة انضغاطه مع الزمن ( Pearson *et al*., 1991 ).

أمّا مقاومة انضغاط الرّاتنج المركّب فلم تبد أي اختلافٍ يُذكر بين الاختبارين و هذا يختلف مع دراسة Banava و زملائه عام ٢٠٠٨ و التي أثبتت ازدياد مقاومة الانضغاط بعد ٧ أيام عنها بعد ٢٤ ساعة و إن دلّ على شيءٍ فهو يدلُّ على أن نوع الرّاتنج المركّب في هذه الدراسة يستقرّ خلال فترةٍ بسيطة من تعريضه لضوء التصليب فهناك الكثير من الاختلافات في تركيب الرّاتنج المركّب من صنفٍ لآخرَ من حيث نسبة المادة المالئة و حجمها و شكلها و الفراغات المجهرية لذلك لا يمكن تعميم نتائج دراسة Banava و لا يمكن تعميم نتائج هذه الدراسة بل يبقى الموضوع محلَّ نقاشٍ بحاجةٍ لمزيدٍ من الدراسات ( Banava *et al.*,2008 ).

# الباب الخامس

# الاستنتاجات Conclusions

يمكن مما سبق التوصّل إلى ما يلي :

١- إنّ الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك أقلُّ انحلاليّةً من الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة و أكثر انحلاليّةً من الرّاتنج المركّب مباشرةً و بعد ٢٤ ساعة ، و الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة هو الأكثر انحلاليّة مقارنةً مع الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و الرّاتنج المركّب مباشرةً و بعد ٢٤ ساعة ، و الرّاتنج المركّب هو الأقلُّ انحلاليّةً مباشرةً و بعد ٢٤ ساعة .

٢- إنّ انحلاليّة الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة و الرّاتنج المركّب تراجعت بعد ٢٤ ساعة عن انحلاليّتها مباشرةً .

٣- إنّ مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك تشابهت مع مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام .

٤- إنّ مقاومة انضغاط الرّاتنج المركّب تفوقت على كلٍّ من الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك والزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة بعد ٢٤ ساعة و بعد ٧ أيام .

٥- إنّ مقاومة انضغاط الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و الزُّجاج الشّاردي عالي اللّزوجة ازدادت بعد ٧ أيام عن مقاومتها بعد ٢٤ ساعة .

٦- إنّ مقاومة انضغاط الرّاتنج المركّب لم تشهد تغيراً ذا دلالةٍ إحصائيةٍ بعد ٧ أيام مقارنةً مع مقاومته بعد ٢٤ ساعة .

# الباب السادس

# المقترحات و التوصيات

# Suggestions and Recommendations

**1 المقترحات Suggestions:**

١- نقترح إجراء أبحاثٍ سريرية لاختبار خواصّ ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و دراسة إمكانية استخدامها كترميمات نهائيةٍ كبديل للراتنج المركّب في الأسنان الدائمة و المؤقتة و لو لفترة محدودة كسنةٍ أو سنتين ، فعلى الرغم من أن المادة المدروسة لم تصل إلى مستوى الراتنج المركب و لكنها يمكن أن تستخدم ضمن نطاقِ حالاتٍ محدودةٍ و هذا يتبع لنتائج الدراسات المستقبلية.

٢- نقترح إجراء أبحاثٍ على نطاقٍ أوسع لمقارنة الخواص الأخرى للزجاج الشّاردي المقوّى بالزنك مع المواد المرممة الأخرى .

٣- نقترح إجراء أبحاث وبائية حول استخدام ترميمات الزُّجاج الشّاردي في عيادات طب الأسنان و معرفة كيفية استخدامها من قبل الأطباء و الحالات التي تُستخدم فيها .

٤- نقترح تأمين أجهزة الاختبارات الميكانيكية ضمن كلية طب الاسنان – جامعة دمشق و ذلك من أجل سهولة إجراء الأبحاث المستقبلية .

**2. التوصيات Recommendations:**

١- نظراً لانخفاض انحلاليّة ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و عالي اللّزوجة عند تأخر تعرّضها للرطوبة نؤكد على ما كان يُوصى به من ضرورة تأخير تعريض ترميمات الزُّجاج الشّاردي للرطوبة باستخدام طبقةٍ واقيةٍ من الفرنيش أو المادة الرابطة .

٢- نظراً لأن انحلاليّة ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك كانت أعلى من انحلالية الراتنج المركب نوصي بعدم الاعتماد على ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك كترميماتٍ دائمةٍ رديفة للراتنج المركب و الاكتفاء بالاعتماد عليها كترميماتٍ مرحليةٍ طويلة الأمد وذلك اتفاقاً مع توصيات الشركة المنتجة إضافةً إلى مراقبتها بشكل دوري ، كذلك نوصي بإجراء اختباراتٍ مخبريةٍ و سريريةٍ أخرى في هذا المجال لدراسة الخواص الأخرى للزجاج الشّاردي المقوى بالزنك و مدى الاستفادة منه في طب الأسنان السريري .

٣- نظراً لازدياد مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوّى بالزنك و عالي اللّزوجة مع تقدم الزمن نوصي بتوجيه المريض أن يتعامل مع الترميم بتأنٍّ و عدم تعريضه لجهودٍ إطباقيةٍ شديدةٍ في الفترة الأولى من تطبيق الترميم .

٤- نظراً لأن مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك كانت أقلَّ من مقاومة انضغاط الراتنج المركب نوصي بحصر استخدامها في الحالات التي لا تحتوي جهوداً إطباقيةً كبيرةً كالترميمات الدائمة في الأسنان المؤقتة ، أو كالترميمات المرحليّة طويلة الأمد في الأسنان الدائمة دون الاعتماد عليها كترميمٍ نهائيٍ بديلٍ لترميمات الرّاتنج المركّب .

## الباب السابع : المراجع

# References :


- Albers HF . Uses of Ionomers .Tooth Colored Restoratives : Principles and Techniques 9th ed . Londom , Bc Decker INC , **2002** ; 5:75-80.
- American National Standard/American Dental Association. Resin-based Filling Materials Specification.**2005**, ADA Spec. 27 ,7-12.
- American National Standard/American Laboratory Testing Methods: Core Materials.**2008**, ADA Vol . 3 ,8-10.
- Anusavice KJ . Dental Cements . Pillip's Science of Dental Materials 11th ed , USA , Elsevier Saunders . **2003** ; 16 :471 -488.
- Anusavice KJ . Mechanical Properties of Dental Materials . Pillip's Science of Dental Materials 11th ed , USA , Elsevier Saunders . **2003** ; 4 :73 -102.
- Anusavice KJ . Restorative Resins . Pillip's Science of Dental Materials 11th ed , USA , Elsevier Saunders . **2003** ; 15 :399 -442.
- Banava S , Salehyar S . In vitro Comparative Study of Compressive Strength of Different types of composite resins in different periods of time . Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences . **2008**: 4(1): 69-74.
- Bell RB . Barkmeier WW . Glass Ionomer Restoratives and Liners Shear Bond Strength to Dentine , J Esthet Dent . **1994**;5:129-134.
- Berger .S.B . Palialol .A.R.M . Cavalli .V . Giannin .M. Characterization of Water Sorption, Solubility and Filler Particles of Light-Cured Composite Resins . Braz Dent J . **2009**; 20(4): 314-318 .

- Bonifa´cio CC , Kleverlaan CJ , Raggio DP, Werner A , De Carvalho RCR , Van Amerongen WE . Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment . Australian Dental Journal **2009**; 54: 233–237.
- Bresciani E , Barata TJE , Fagundes TC , Adachi A , Terrin MM , Navarro MFL . Compressive And Diametral Tensile Strength Of Glass Ionomer Cements . J Appl Oral Sci **2004**; 12(4): 344-8.
- Burgess JO. Fluoride-releasing materials and their adhesive characteristics. Compend Contin Educ Dent. **2008**; 29:82-94.
- Burrow, M.F., Nopnakeepong, U., Phukkanon, S.: A comparison of microtensile bond strength of several dentin bonding systems to primary and permanent dentin. Dent Mater **2002;**18, 239–245 .
- Cattani-Lorente MA, Dupuis V, Payan J, Moya F, Meyer JM. Effect of water on the physical properties of resin-modified glass ionomer cements. Dent Mater **1999**; 15: 71- 79.
- Cattani-Lorente, M.A.; Godin, C.; Meyer, J.M. Mechanical behavior of glass ionomer cements affected by long-term storage in water. Dent. Mater. **1994**, 10, 37–44.
- Chandra SA, Chandra SH, Chandra GI. Introduction to Composite and Other Direct Tooth-Colored Restorations . Textbook of Operative Dentistry. 1st ed , India , Jaypee Brothers Medical Publishers , **2007**, 24:232-245.
- Crisp S, Lewis BG & Wilson AD . Characterization of glass ionomer cements .part I Long term hardness and compressive strength . J Dent. **1976**;4:162-166.

- Croll TP, Killian CM. Glass ionomer-silver cermet interim class I restorations for permanent teeth. Quintessence Int. **1992**; 23(11):731-733.
- Croll TP. Nanofilled resin-modified glass ionomer restorative cement. Contemporary Esthetics. **2007**;11:214-217.
- Culbertson, B.M.: New polymeric materials for use in glass ionomer cements. J Dent 34 ,**2006;** 556–565.
- Curtis . RV. Waston .TF. Dental cements: formulations and handling techniques Dental biomaterials Imaging, testing and Modeling . England , Woodhead Publishing Limited , **2008** ; 6:162-182.
- Darvell BW. Mechanical Testing .Materials Science for Dentistry 8th , England , Woodhead Publishing Limited , **2009** ;1(6) : 19-21.
- Degee AJ , Van Duinen RNB , Werner A , Davidson CL. Early and long term wear of conventional and resin – modified glass ionomer .Dent Res .**1996**;75:1613-1619.
- De Munck, J., van Meerbeek, B., Yoshida, Y., Inou, S., Suzuki, K., Lambrechts, P.: Four-year water degradation of resin-modified glass ionomer adhesive bonded to dentin. Eur J Oral Sci **2004;**112, 73–83 .
- Donly KJ, Segura A, Kanellis M, Erickson RL. Clinical performance and caries inhibition of resin-modified glass ionomer cement and amalgam restorations. J Am Dent Assoc. **1999**; 130:1459-1466.
- Dowling AH , Garry JP. Fleming GJP , McGinley EL , Addison O . mproving the standard of the standard for glass ionomers:An alternative to the compressive fracture strength test for consideration?. Journal of dentistry **2012** ; 40: 189 – 201.

- Dowling AH . Is encapsulation of posterior glass-ionomer restoratives the solution to clinically induced variability introduced on mixing?. Dental materials**. 2008**; 24 : 957–966.
- Earl, M.S.; Hume, W.R.; Mount, G.J. Effect of varnishes and other surface treatments on water movement across the glass-ionomer cement surface. Aust. Dent. J. **1985**; 30: 298–301.
- Ferracane JL . Direct Posterior Restoratives . Materials in Dentistry. 2nd ed , USA , Lippincott Williams & Wilkins , **2001**;6: 135-139.
- Freedman G. Glass Ionomer Restoratives. Contemporary Esthetic Dentistry. USA , Elsevier Mosby, **2012**;13: 337-340.
- Gemalmaz D, Yoruc B, Ozcan M, Alkumru HA . Effect of early water contact on solubility of glass ionomer luting cements. The Journal of prosthetic dentistry .**1998** ; 88 (4) : 474-478.
- Ghanim . A . Water sorption and solubility of different commercially available dental cements. (An in vitro study). Babylon medical journal. **2010**; 7 (4).
- Griffin F, Donly KJ , Erickson R. Caries inhabitation by fluoride-releasing liners . Am J Dent **1992**;5:293-295.
- Guggenberger, R.; May, R.; Stefan, K.P. New trends in glass-ionomer chemistry. Biomaterials, **1998**; 19:479–483.
- Hajmiragha H., Nokor S., Alikhasi M., and Nikzad S., Dorriz H.: Solubility of three lutingcements in dynamic artificial saliva. J. of Dentistry, Tehran **2008**; 5(3): 95-98.

- Hamouda IM. Effects of Various Beverages on Hardness, Roughness, and Solubility of Esthetic Restorative Materials . Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. **2011** ; 23 (5) : 315–322.
- Heymann HO , Swift EJ , Ritter AV. Introduction to Composite Restoration . Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry 6th ed . Canada , Elsevier Mosby , **2013**; 8:216-228.
- Hickel R. Two-year clinical trial ChemFil Rock restoring molars. Department of Operative Dentistry and Periodontology, Ludwig Maximilians University, Munich, Germany, **2012** .
- Hicks Mi, Flaitz CM & Silverstone LM . Secondary caries tormation in vitro around glass ionomer restorations . Quint Inter . **1986**:17: (9) 521-532.
- Hotta M, Hirukawa H , Yamamoto K . Effect of coating materials on restorative glass ionomer cement surface .Oper Dent 1992 ; 17:57-61.
- McLean JW, Gasser O. Glass-cermet cements. uintessence Int. **1985**;16(5): 333-343.
- International Organization for Standardization. Technical report ISO 9917-1 Dental water-based cements, Switzerland, **2003**.
- International Organization for Standardization. Dentistry -Powered Polymerization Activators - Part 1: Quartz Tungsten Halogen Lamps. **2004**, ISO No. 10650-1.
- International Standard Organisation . Dentisry – Polymer-based filling , restorative and luting materials . ISO 4049,3rd ed , **2000**, 15-18 .
- Jones, C.S.; Pearson, G.J.; Billington, R.W. Effects of viscosity in capsulated glass-ionomer cements. J. Dent. Res. **1997**; 76: 432.

- Keyf F . Tuna S. H . Sen . M . Safrany. A . Water Sorption and Solubility of Different Luting and Restorative Dental Cements. Turk J Med Sci .**2007**; 37 (1): 47-55.
- Knibbs PJ, Walls AW. A laboratory and clinical evaluation of three dental luting cements. J Oral Rehabil **1989**;16:(4):67-73.
- Koenraads H , Van Der Kroon G , Frencken JE .Compressive strength of two newly developed glass-ionomer materials for use with the Atraumatic Restorative Treatment (ART) approach in class II cavities . Dental materials .**2009** ;25: 551–556.
- Mair LH . Ten year clinical assessment ot three posterior resin composite and two amalgams . Quintessence Int.**1998**; 29: 483-490.
- Manappallil JJ. Restorative Resins .Basic Dental Materials. 1st ed , India , Jaypee Brothers Medical Publishers , **2003**; 9:143-173.
- Mccabe . J.F. Walls . A.W.G. Properties used to Characterise Materials . Applied Dental Materials 8th ed ,USA , Blackwell Publishing , **2008**;2:4-31 .
- Mccabe . J.F. Walls . A.W.G. Glass Ionomer Restorative Materials. Applied Dental Materials 8th ed ,USA , Blackwell Publishing , **2008**;24:245-256 .
- McLean JW, Wilson AD. The clinical development of the glass-ionomer cement. II. Some clinical applications. Aust Dent J. **1977**;22(2):120-127.
- Meryon SD , Smith AJ. A comparison of fluoride release from three glass ionomer cements and apolycrboxylate cement . Int Endod J.**1984**;17:16-24.

- Mitra SB. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. J Dent Res. **1991**; 70:72-74 .
- Miyazaki, M.; Moore, B.K.; Onose, H. Effect of surface coatings on flexural properties of glass ionomers. Eur. J. Oral. Sci. **1996**; 104, 600–604.
- Mojon P, Kaltio R, Feduik D, Hawbolt EB, Mac Entee ML. Short-term contamination of luting cements by water and saliva. Dent Mater **1996**;12:83-7.
- Molina GF, Cabral RJ, Mazzola I, Lascano LB, Frencken JE. Mechanical performance of encapsulated restorative glass-ionomer cements for use with Atraumatic Restorative Treatment (ART). J Appl Oral Sci . **2013** ; 21(3).
- Naasan, M.A.; Watson, T.F. Conventional glass ionomers as posterior restorations: A status report for the American Journal of Dentistry. Am. J. Dent. **1998**; 11: 36–45.
- Nagaraja Upadhya P and Kishore G. Glass Ionomer Cement – The Different Generations Trends Biomater. Artif. Organs, **2005** ;18 (2).
- Nomoto, R.; Komoriyama, M.; McCabe, J.F.; Hirano S. Effect of ixing method on the porosity of encapsulated glass ionomer cement. Dent. Mater. **2004**; 20: 972–978.
- Pearson GJ, Atkinson AS. Long-term flexural strength of glass ionomer cements. Biomaterials .**1991**;12:658-660.
- Peez R , Frank S .The physical–mechanical performance of the new Ketac™ Molar Easymix compared to commercially available glass ionomer restoratives. journal of dentistry .**2006** ;34: 582 – 587.

- Pickard HM , Kidd EAM , Smith BGN, Waston TF . Bonding to Tooth Structure. Pickard's Manual of Operative Dentistry 8th ed .USA M Oxford University Press, **2003** ; 6: 107-115 .
- Piwowarczyk A , Ottl P , Lauer HC , Buchler A . Laboratory strength of glass ionomer cement, compomers, and resin composites . Journal of Prosthodontics . **2002** ; 11 (2): 86-91.
- Product specification for Fuji IX GP Fast Capsule .GC Corporation , Tokyo, Japan, **2007**.
- Product specification for Rok Posterior Resin Composite . SDI Limited , Australia , **2003** .
- Ribeiro, A.P.; Serra, M.C.; Paulillo, L.A.; Rodrigues Junior, A.L. Effectiveness of surface protection for resin-modified glass ionomer materials. Quintessence Int. **1999**; 30: 427–431.
- Sakaguchi RL , Powers JM .Restorative Materials – Composites and Polmers . Craig's Resorative Dental Materials 13th , USA . Elsevier Mosby . **2012**; 9 : 161-198.
- Saito S, Tosake S, Hirota K. Characteristics of glass-ionomer cements. in Advances in Glass-Ionomer Cements. Eds. Davidson CL, Mjor I.A. Eds.; Quintessence Publishing Co: Berlin, Germany. **1999**: 15–50.
- Sakaguchi RL , Powers JM .Testing of Dental Materials and Biomechanics . Craig's Resorative Dental Materials 13th , USA . Elsevier Mosby , **2012**; 5 : 83-102.
- Sarkar, N.K. Metal-matrix interface in reinforced glass-ionomers. Dent. Mater. **1999**; 15: 421–425.

- Sasanalukit P . et al. Biocompibilioty of glass ionomer cements , Biomaterials. **1993** ; 14:906-916.
- Schmalz G , Arenholt-Bindslev D . Cements and Ceramics . Biocompatibility of Dental Materials .Germany . Springer , **2009**;6(3) :149-159.
- Scientific Compendium ChemFil Rock . Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany, **2011 ,** http://www.chemfilrock.com/ .Accessed at 25-3-2013: (14:24).
- Sideridou I, TserkiV, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate based dental resins. Biomaterials. **2003**; 655:24-65 .
- Small, I.C.B.; Watson, T.F.; Chadwick, A.V.; Sidhu, S.K. Water orption in resin-modified glass-ionomer cements: An in vitro comparison with other materials. Biomaterials **1998**; 19: 545–550.
- Soanca . A . Bondor . C.I. Moldovan . M. Roman . A. Rominu . M. Water Sorption and Solubility of an Experimental Dental Material ; Comparative study . Applied medical information **.2011;** 29(4):27-33.
- Summit JB , Robbins JW , Hilton TJ ,Schwartz RS . Direct Anterior Restorations Fundamentals of Operative Dentistry A Contemporary Approach 3rd ed, USA , Quintessence Publishing , **2006** ; 9 , 261 -271.
- The ADA division of science on behalf of the ADA council on scientific affairs: Resin-based composites. JADA, **2003**: 134:4:510-513.
- Theodore P. Croll, DDS ; Joel H. Berg, DDS, MS. Glass-Ionomer Cement Systems , A product review of some of the systems available

for contemporary adhesive tooth repair. Inside Dentistry September **2010**; 6( 8):40-44 .

- Toledano M . Osorio R . Osorio E . Fuentes V. Prati C . Garcı´a-Godoy F . Sorption and solubility of resin-based restorative dental materials . Journal of Dentistry .**2003**;31 43–50.
- Tyas MJ. Clinical performance of glass-ionomer cements. J Appl Oral Sci **2006**;14:10-13.
- Um CM, Øilo G. The effect of early water contact on glass-ionomer cements. Quintessence Int. **1992**;23:209-14.
- Uno S, Finger WJ, Fritz U. Long-term mechanical characteristics of resin-modified glass ionomer restorative materials. Dent Mater. **1996**; 12:64-69.
- Walls A. Glass polyalkenoate (glass ionomer) cements: A review. J Dent **1986**; 14: 231-6.
- Wang, L.; D'alpino, P.H.; Perlatti, L.L.G.; Pereira, J.C. Mechanical Properties of Dental Restorative Materials: Relative Contribution of Laboratory Tests . J Appl Oral Sci. **2003**; 11(3): 162-167.
- Wiegand, A. Buchalla W. Attin T. Review on fluoride- eleasing restorative materials—fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. Dent. Mater. **2007**, 23: 343–362.
- Williams J.A.; Billington R.W.; Pearson G.J. Effect of moisture protective coatings on the strength of a modern metal-reinforced glass–ionomer cement. J. Oral. Rehabil. **1998**; 25: 535–540.

- Williams J.A.; Billington R.W.; Pearson GJ. Silver and fluoride release from metal-reinforced glass-ionomer filling materials. J. Oral. Rehabil. **1997**; 24: 369–375.
- Wilson AD, A hard decade _ work : Stepsin the invention of th glass – ionomer cement .J Dent Res .**1996**;75:1723-1727.
- Wilson AD, Development in glass ionomer cements . Inter.J.Prosthet .**1989**;2:438-446.
- Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry: The glass ionomer cement. Brit Dent J. **1972**;132(4):133-135.
- Xie, D.; Brantley, W.A.; Culbertson, B.M.; Wang, G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. Dent. Mater. **2000**; 16: 129–138.
- Yamamoto K, Kojima H, Tsutsumi T, Oguchi H. Effects of tooth-conditioning agents on bond strength of a resinmodified glass-ionomer sealant to enamel. J Dent. **2003**;31(1):13-8.
- Yap A, Lee CM. Water sorption and solubility of resin-modified polyalkenoate cements. J Oral Rehabil **1997**; 24: 310-314.
- أبوحامد ، ح .٢٠١٣ . مبادئ فيزيولوجيا الفم و الأسنان كتاب جامعي منشوارت جامعة دمشق ( قيد الطباعة ).

## مقارنة انحلاليّة و مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك مع مواد مرممة أخرى (دراسة مخبرية)

**خلفية و هدف البحث** : تطورت ترميمات الزُّجاج الشّاردي و عُدلت لتحسين خواصها و مؤخراً أُضيف الزنك إلى ترميمات الزُّجاج الشّاردي و في هذا البحث سندرس خاصتي الانحلالية ومقاومة الانضغاط .

**الهدف** : مقارنة انحلالية و مقاومة انضغاط ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك مع ترميمات الزُّجاج الشّاردي عالي اللزوجة و الراتنج المركب باختلاف عامل الزمن .

**المواد و الطرائق** : أجريت دراسة مخبرية لمقارنة انحلالية ٤٨ عينة ( ٨ من كل مجموعة ) على شكل أقراص ( قطرها ١٥ مم و ارتفاعها ١ مم ) من الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنكChemfil Rock , Dentsply و الزُّجاج الشّاردي عالي اللزوجة Fuji IX GP Fast , GC و الراتنج المركب Rok , SDI ( ٢٤ عينة مباشرةً – ٢٤ عينة بعد ٢٤ ساعة ) من تحضير العينات و إنهائها حيث تم غمرها باللعاب الصناعي لمدة ٧ أيام ثم تم قياس خسارة الوزن بعد الغمر وحساب الانحلالية . كما أجريت دراسة مخبرية لمقارنة انحلالية ٤٨ عينة ( ٨ من كل مجموعة ) ذات شكل أسطواني (قطرها ٤ مم و ارتفاعها ٦ مم ) من نفس المواد ( ٢٤ عينة بعد ٢٤ ساعة – ٢٤ عينة بعد ٧ أيام ) من تحضير العينات و إنهائها حيث تم اختبار مقاومة الانضغاط فيها بوساطة جهاز قياس قوى الضغط رأسه مستعرض و سرعته ٠.٧٥ مم/ ثا ، وتم تسجيل النتائج لكلا الاختبارين و تحليلها إحصائياً باستخدام اختبار ANOVA عند مستوى مستوى الثقة ٩٥% لجميع الاختبارات أي بمستوى دلالة ($\alpha$=0.05) كما تم إجراء اختبار ستودنت ت .

**النتائج** : دلّت النتائج على وجود فروق دالةٍ إحصائياً بين قيم انحلالية المواد الثلاث في الاختبارين ، و عدم وجود فروق دالةٍ إحصائياً بين قيم مقاومة انضغاط كل من الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك و عالي اللزوجة ولكن وجود فروق احصائية بينهما وبين الراتنج المركب في الاختبارين.

**الاستنتاجات** : إن انحلالية ترميمات الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك أقل من الزُّجاج الشّاردي عالي اللزوجة و أكثر من الراتنج المركب في الاختبارين كما تناقصت الانحلالية بكلّ المواد بعد ٢٤ ساعة ، أما مقاومة الانضغاط فكانت متقاربة في نوعي الزُّجاج الشّاردي وكلاهما دون الراتنج المركب في الاختبارين و ارتفعت مقاومة الانضغاط في نمطي الزُّجاج بعد ٧ أيام دون ارتفاعٍ يُذكر في الراتنج المركب .

**كلمات مفتاحية** : الزُّجاج الشّاردي المقوى بالزنك ، الراتنج المركب ، الانحلالية ، مقاومة الانضغاط .

# A Comparative Study of Solubility and Compressive Strength of Zinc–Reinforced Glass Ionomer Restorations with other Restorative Materials (In-vitro study)

**Background and Aim of study** : Glass ionomer restorations were developed and modified to improve its properties . Recently zinc was added to glass ionomer restorations , and in this study we'll investigate the solubility and compressive strength .

**Aim of study** : to Compare the Solubility and compressive strength of zinc-reinforced glass ionomer, high viscosity glass ionomer and composite resin According to Variation time factor .

**Materials and Methods**: A Laboratory study was conducted to compare the solubility of 48 samples ( 8 in each group ) in the form of circular disks ( 15 mm diameter, 1 mm height ) of zinc-reinforced glass ionomer Chemfil Rock , Dentsply , high viscosity glass ionomer Fuji IX GP Fast , GC and composite resin Rok , SDI . ( 24 samples direct – 24 samples after 24 hours ) , after preparation and finishing Specimens were immersed in Artificial saliva for 7 days, and the loss of weight was measured after immersion to calculate Solubility , 24 samples ( 8 in each group ) in the form of cylinder ( 4 mm diameter, 6 mm height ) of same materials ( 24 samples after 24 hours – 24 samples after 7 days ) , after preparation and finishing the compressive strength test was performed by device for measuring the pressure forces at a crosshead speed of 0.75 mm/s. The results were recorded and analysed statistically by using ANOVA Test ( $P \leq 0.05$ ) and student –t tests.

**Results**: The results showed statistically significant differences between the solubility values of the three materials in two tests , and showed non statistically significant differences between the compressive strength values of each of zinc-reinforced glass ionomer and high viscosity glass ionomer, while there was statistically significant differences between the last two types of glass ionomer and composite resin in two tests.

**Conclusions**: The solubility of the zinc-reinforced glass ionomer is less than high viscosity glass ionomer and greater than the composite resin in two tests, the solubility of three materials was decreased after 24 hours , as for the compressive strength of two types of glass ionomer was similar and they were less than the composite resin in two tests , the compressive strength of two types of glass ionomer was increased after 7 days while the composite resin has not increased.

**Keywords :** Zinc-reinforced glass ionomer , Resin composite , Solubility , compressive strength .