

دراسة مخبرية مقارنة بين عدة مواد ترميمية تجميلية من حيث القساوة السطحية المجهرية

د. عاطف عبدالله *

عنان الغدا **

(تاريخ الإيداع ١٣ / ٢ / ٢٠٢٠ . قُبل للنشر في ٧ / ٤ / ٢٠٢٠)

□ ملخص □

الهدف: تهدف هذه الدراسة الى مقارنة القساوة السطحية المجهرية Microhardness لكل من الجيومير ، الكومبوزت الهجين فائق الدقة ، الكومبومير والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج.
مواد وطرائق البحث: تألفت عينة البحث من ٤٠ قرص إسطواني تم تحضيرها بوساطة قالب معدني (بارتفاع ٤ مم و قطر ٥ ملم) من مواد الجيومير Giomer نوع Beautifil II لشركة Shofu , Japan ، الكومبوزت الهجين فائق الدقة Nanohybrid نوع Tetric Evo Ceram لشركة Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Germany ، الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج RMGIC نوع FUJI II LC من شركة GC ، JAPAN و مادة الكومبومير Compomer نوع Compoglass F لشركة Ivoclar ، قُسمت عينة البحث إلى أربع مجموعات (١٠ أفراس لكل نوع)، ثم حفظت العينات في الماء المقطر لمدة ٢٤ ساعة ، و بعدها تم تطبيق اختبار Vickers للقساوة السطحية المجهرية Microhardness بوساطة جهاز القساوة نوع Galileo Durometra بحمل مقداره ١٠٠ غ وزمن ١٥ ثانية وتكبير ٤٠× ، ثم تم تقييم الأثر الذي يتركه هرم الاختبار مجهرياً، ثم حُللت النتائج إحصائياً باستخدام تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA و إجراء المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni بين كل زوج من المجموعات المدروسة.

النتائج: تبين أن هنالك فروق دالة إحصائياً بين مجموعات الدراسة الأربعة وأن قيم مقدار القساوة السطحية المجهرية للكومبوزت الهجين فائق الدقة EvoCeram كانت الأعلى ، تلاها في ذلك كل الجيومير Beautifil II ، ثم الكومبومير Compoglass F الإسمنت الزجاجي المقوى بالراتنج Fuji II LC.
كلمات مفتاحية: الكومبوزت الهجين فائق الدقة، الجيومير، الكومبومير ، الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج ، القساوة المجهرية.

* أستاذ مساعد ، قسم مداواة الاسنان ، كلية طب الاسنان ، جامعة حماة ، حماة ، سورية.

** طالب دكتوراه، قسم طب الاسنان اللبي والجراحي، كلية طب الاسنان، جامعة حماة ، حماة ، سورية.

A Laboratory Study Between Esthetic Restorative Materials Regarding Microhardness

Atef Abdullah*
Annan AL-Ghada**

(Received 13 /2 /2020. Accepted 7 /4/2020)

□ABSTRACT □

Objective: This study aims to in vivo compare the microhardness of Giomer ,Nano Hybrid Composite ,Compomer and , Resin Modified Glass Ionomer Cement

Materials and Methods: The research sample consisted of 40 cylindrical discs , were prepared using a metal mold (4 mm height ,5 mm diameter) and made of (Giomer, Beautifil II Shofu, Japan. Nanohybrid composite, Tetric Evo Ceram, Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Germany. RMGIC , FUJI II LC, GC, Japan. Compomer ,Compoglass, Ivoclar) .the sample research divided into four groups (10 each type) , Specimens were stored in distilled water for 24 hours, Vickers microhardness test was then applied using Galileo Durometra microhardness device (100 g load was applied for 15 S , 40× magnification) , Results were statistically analyzed by One-Way ANOVA and Bonferroni.

Results: : There was statistical difference between the four groups, Evo Ceram showed the greatest microhardness means, then Giomer , then ,compomer ,then RMGIC.

Keywords: Nano hybrid composite - Giomer – RMGIC, compomer, microhardness.

*Assistant Professor - Department Of Endodontic And Operative Dentistry - Faculty Of Dentistry - Hama University - Hama - Syria.

**PhD Student - Department Of Endodontic And Operative Dentistry - Faculty Of Dentistry - Hama University - Hama - Syria.

المقدمة:

تعد المواد المرممة التجميلية مثل الإسمنت الزجاجي الشاردي والكومبومير والكومبوزت والجيومير جزءاً هاماً من طب الأسنان الحديث (Yap ٢٠٠٢) ، حيث أصبحت هي المواد المفضلة في طب الأسنان الترميمي ، ومع ازدياد تحسّن خواصها أصبح من غير المفضل استخدام الأملغم على الأسنان الخلفية وحلّ مكانه المواد الراتنجية بكل ما تملكه من خواص تجميلية وميكانيكية جيدة مثل قوة الإرتباط والقساوة، بل أصبحت من المواد العلاجية الموثوق بها من أجل الترميمات الأمامية والخلفية على حد سواء (Leprince ٢٠١٢).

هذا التحسّن في الخواص الذي كان بسبب تحسين مكوناتها وتبسيط إجراءات إلصاقها جعلها من المواد المفضلة للمرضى والأطباء بنفس المستوى (Badra ٢٠٠٥) (Korkmaz ٢٠٠٨) ، مع ما يرافق ذلك من تحسّن في الخواص الفيزيائية الناتج عن تقوية الراتنجات السنوية بجزيئات مألثة وزيادة كثافة وحجم هذه الجزيئات والتي بدورها تقوم بهذا التأثير (Topcu ٢٠١٠) ، أثبتت الأبحاث الأخيرة على الراتنجات السنوية بأن إضافة الجزيئات النانوية إلى قالب الراتنجي أدت إلى تطوير أجيال جديدة من الراتنجات وترافق ذلك مع إنقاص حجم الجزيئات المضافة وزيادة عددها الأمر الذي يؤدي إلى مقاومة أعلى للإهترء وزيادة في الصلابة و مقاومة الإهترء (Ruddle ٢٠٠٢) (Xu ١٩٩٩) . و لكي تكون هذه المواد الترميمية مقبولة من الناحية السريرية ، يجب عليها أن تكون متينة وتملك درجة عالية من المقاومة تجاه الإهترء في الحفرة الفموية (Okada ٢٠٠١) (Suese ٢٠٠٢) فهي تتعرض بشكل إما منقطع أو مستمر إلى العوامل الكيميائية الموجودة في اللعاب ، الطعام والسوائل ، الأمر الذي يمكن أن يقوم بسحل قالب الراتنجي لهذه المواد ويسبب خروج الجزيئات المألثة منه (Yap ٢٠٠٢).

من أجل تقييم خصائص المواد السنوية المستخدمة في الحفرة الفموية يتم إجراء الإختبارات الميكانيكية التي تهدف إلى توقع سلوكها ومحاكاة الظروف الحيوية التي يمكن أن تحيط بها وبالتالي تؤمن طرقاً لتحسينها وزيادة استخدامها (Mandikos ٢٠٠٤) .

و بالرغم من عدم وجود أي آلية لتنفيذ اختبار مخبري يحاكي كل المتغيرات السريرية التي يمكن أن تتعرض لها المواد السنوية داخل الفم إلا أن هذه الاختبارات تمكنا من إجراء مقارنة و تقييم للمواد السنوية خلال فترة قصيرة و تعطينا توجيهات أساسية لاستخدامها سريرياً مع الأخذ بعين الاعتبار صعوبة إنجاز اختبار مقاومة الكسر لهذه المواد سريرياً (Braga ٢٠٠٤) (Sadek ٢٠٠٤) ، حيث يعد اختبار القساوة السطحية المجهرية مؤشراً هاماً من أجل معرفة القوة الميكانيكية للمواد المرممة ومقاومتها للعديد من العوامل المؤثرة داخل الحفرة الفموية (Badra ٢٠٠٥) (٢٠٠٣) (Gordan).

كل ذلك هو ما دفعنا للقيام بهذا البحث المخبري علناً نساعد في تحديد أكثر المواد المرممة التجميلية سلامة للإستخدام في الحفرة الفموية.

أهمية البحث وأهدافه:

تتبع أهمية البحث من حاجة طبيب الأسنان اليومية لمواد ترميم فعالة وسهلة التطبيق ومعتمدة على أسس علمية موثقة في الأدب الطبي وتحقق الهدف منها في المساعدة على ترميم حفر تحضير خالية من العيوب وتحقق الغاية المرجوة منها في حماية النسيج اللبية.

تهدف هذه الدراسة الى: إجراء مقارنة بين الجيومير Giomer نوع Beautifil II , Shofu , Japan والكومبوزت الهجين فائق الدقة Nanohybrid نوع Tetric Evo Ceram , Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Germany والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج RMGIC نوع FUJI II LC, GC, Japan و الكومبومير Compomer نوع Compoglass F Ivoclar من حيث القساوة السطحية المجهرية.

المراجعة النظرية:

بدأ الإهتمام بمداواة الأسنان الترميمية للحفاظ على النسيج السنية السليمة، حيث أنّ الحاجة لتماتل الترميمات مع النسيج السنية السليمة هي التي دعت للإهتمام بالترميمات التجميلية (Lundin 1990) وبالفعل حصل هناك تطور في المواد المُرَمِّمة وبالتالي تمت المحافظة على الأسنان لفترات أطول (Setien 2003) إلا أنّ زيادة المتطلبات التجميلية للمرضى أدى إلى حدوث زيادة كبيرة وواضحة في استخدام المواد الترميمية السنية التجميلية في مجال مداواة الأسنان المحافظة مما جعلها المادة الأكثر شيوعاً في الوقت الحاضر، الأمر الذي دفع إلى تحسين متسارع للخصائص الميكانيكية والتجميلية لها (Marghalani 2010) ، هذه الخواص يمكن معرفتها عن طريق دراستها بعدة طرق (Rode 2007) ، مستخدمين مختلف اختبارات منظمة المعايير العالمية (ISO) (2001 ، 1998 International Standards Organization) ، كاختبارات الخدوش المجهرية الدقيقة (Willems 1993) (Mahoney 2000) ، وعلى الرغم من أن تقنيات الخدوش المجهرية يمكن أن تستخدم مع المواد المتجانسة ، إلا أنها تبقى قاصرة عند استخدامها لوصف المواد ثنائية الطور والتي تشمل معظم المواد المستخدمة في طب الأسنان ، يعزى هذا الأمر إلى الحقيقة بأن المائات الزجاجية الموجودة في هذه المواد تعتبر أكبر نسبياً من الخدوش المجهرية ، لذلك فإن هذا القياسات تظهر فقط الصفات الميكانيكية إما للمائات أو للقالب الراتنجي وليس للمادة مجتمعة كمركب واحد ، لذلك فإن الإختبارات الميكروية تزودنا بحلول للمشكلة المشار إليها سابقاً وتستطيع أن تصف المواد المستخدمة في مجال طب الأسنان (Alcal 1998) ، فالإختبارات الميكروية توفر معلومات مرتبطة بالتطبيقات في طب الأسنان والتي تشمل الموقع والتشوهات غير المنتظمة ، ونقاط التماس مع الأسنان المقابلة ، والقساوة للأسنان أثناء المضغ وأثناء عمليات التنظيف والتفريش ، أي أنها تُستخدم بشكل خاص عندما تكون أبعاد المواد المدروسة محدودة كما هو الحال في مواد ترميم الحفر السنية.

يعتبر اختبار القساوة واحداً من أهم الاختبارات غير المباشرة التي تستطيع تقييم التقلص التصليبي الذي يصيب الراتنجات الضوئية (Rode 2005) (Correr 2000) (Pires 1993) (Chung 1990) (Knobloch 2004) ، فقساوة السطح واحدة من أهم خصائص الراتنج المركب التي تؤثر في نجاح الترميم سريرياً (Mousavinasa 2014) وهي تعرف بأنها: مقاومة المادة للتتلم Indentation أو الإختراق Penetration وتستخدم للتنبؤ بمقاومة المادة للإهترء وقابليتها للسحل، أو سحلها بواسطة الأنسجة السنية

المقابلة، وتحسب من خلال قسمة قيمة الحمولة الأعظمية المطبقة على مساحة الإحتكاك المرئية (Yap ٢٠٠٠) (O'Brien ١٩٩٧) (Anusavice ١٩٩٦) ، وهي تتأثر بعوامل عديدة تتعلق بجهاز التصليب الضوئي كالمسافة بين رأس الجهاز والراتنجات (Rode ٢٠٠٧) (Caldas ٢٠٠٨) وطريقة التصليب الضوئي ، وزمن ضوء التصليب وشدته (Araujo ٢٠٠٨) ، كما أوضحت دراسات أخرى أن للون الراتنج المركب والمسندة المستخدمة أثناء تصليبه تأثيراً في قساوته (Mousavinasab ٢٠١٤) (Askary ٢٠١٢) ، كما أن نسب ملء وأحجام المالمات تؤثر تأثيراً مباشراً في قساوة المواد الراتنجية (Friedman ١٩٩١) .

هناك اختباران مختلفان من أجل حساب قيمة القساوة ، هما Vickers و Knoop ويختلفان عن بعضهما بالأداة المستخدمة في القياس ، ففي حين يستخدم هرم ذو قاعدة مربعة في اختبارات Vickers ، يتم استخدام هرم ماسي في جهاز Knoop ، ومن ناحية أخرى فإن جهاز فيكرز يقوم بقياس النسبة بين الحمل المطبق ومساحة منطقة التماس الحقيقية (Ehrmann ٢٠١٨) .

هنالك العديد من العناصر المرتبطة بالمواد والتي تؤثر على الخواص الفيزيائية لمواد الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج ، مثل محتوى الراتنج من المونوميرات ، نمط المونوميرات الراتنجية ، حجم و كمية الجزيئات ، الأحماض البوليميرية ، الوزن الجزيئي وحجم المحتوى المائي ، أما العوامل الأكثر تأثيراً من ناحية القساوة هو كمية و حجم الجزيئات الموجودة (Spajic ٢٠١٩) .

ففي دراسة لـ CHOI عام ٢٠١٩ والتي قارن فيها بين الكومبوزت Filtek Z250 فائق النعومة الهجين والكومبومير Dyract XP والجيومير Beautiful II من حيث بعض الخصائص الفيزيائية أظهر الكومبوزت أفضل معدل من القساوة السطحية مقارنة مع الجيومير والكومبومير الذي جاء في المرتبة الأخيرة من حيث القساوة (٢٠١٩ Choi) ، كما بين Spajic في دراسته عام ٢٠١٩ والتي قارن فيها عينات اسطوانية لكل من الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج RMGIC نوع Fuji II LC والجيومير Giomer نوع Beautiful II باختبار Vickers للقساوة أن قيم قساوة Giomer بلغت ٧٠ بينما لم تتجاوز قيم قساوة الـ RMGIC ٤٠ أي أعلى منها بمقدار الضعف تقريباً ، وهذا الأمر توقعه الباحث بسبب أن الجيومير أقرب ما يكون للكومبوزت بالرغم من الإختلاف في المالمات اللاعضوية (Spajic ٢٠١٩) ، الأمر الذي يختلف مع دراسة GONULOL عام ٢٠١٦ والتي قارن فيها القساوة السطحية لـ ١٢٠ قرص ، حيث وجد أن أعلى قيمة للقساوة كانت للإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع الـ Photac تلاها بعد ذلك الجيومير Beautiful II ثم كومبومير الـ Dyract extra (Gonulol ٢٠١٦) ، اختبر Saijai في دراسته عام ٢٠١٤ قساوة مادتي الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع promise لشركة Kerr ومادة الجيومير نوع Beautiful II بعد الغمر في عدة سوائل حامضية لمدة ٢٨ يوم كانت قيم القساوة المبدئية قبل الغمر لمادة الجيومير أقل من قيم قساوة الكومبوزت الهجين فائق الدقة ، كما أن الجيومير أظهر تناقصاً ملحوظاً في قيم قساوته بعد ٢٨ يوم من الغمر مقارنة بالكومبوزت الهجين فائق الدقة (Saijai ٢٠١٤) .

قارن Kooi عام ٢٠١٢ والتي فيها بين الجيومير نوع Beautiful II ومواد الجيومير السيلال والكومبوزت الهجين Filtek Z250 عند غمرها في سوائل عدة تبين أن قساوة العينة الشاهدة من الجيومير بلغت ٧٧.٦ وبالتالي كانت أقل من قساوة العينة الشاهدة للكومبوزت والتي بلغت ٨٩.٥ نوب (Kooi ٢٠١٢) ، أما Erdemir في دراسته عام ٢٠١٢ والتي قارن فيها القساوة السطحية بين مادتي الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع promise لشركة Kerr والكومبومير

Compoglass F لشركة Ivoclar بين أن قيم القساوة لا promise أعلى بكثير من قيم قساوة الـ Compoglass F (Erdemir ٢٠١٢).

بين Hengtrakool عام ٢٠١١ في دراسة عن القساوة السطحية لعدة مواد ترميمية أن القساوة السطحية لمادة الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع filtek z250 xt قد بلغت ٨٣.٧٥ متفوقاً بذلك على الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع Fuji II LC والذي بلغت قيمة قساوة سطحه المجهرية ٥٠.٣٨ وأوصى بأن يتم استخدام الكومبوزت بدلاً من الإسمنت الزجاجي المقوى بالراتنج لدى المرضى الذين لديهم إنسحالات سطحية على الأسنان (Hengtrakool ٢٠١١) ، كما وجد Mobarak في دراسته عام ٢٠٠٩ أن قيم القساوة السطحية للجيومير نوع Beautifil II بلغت (٧٢.٨٦ ± ٠.٨٨) متفوقاً بذلك على الكومبومير نوع Dyract AP الذي بلغت قيمة قساوته السطحية (٥١.٣٤ ± ٠.٢٩) والإسمنت الزجاجي الشاردي نوع Fuji II LC الذي بلغت قيمة قساوته السطحية (٢٠.٠٧ ± ٤٩.٨٨) (Mobarak ٢٠٠٩).

بين Alpoz عام ٢٠٠٨ في دراسته التي أجريت على ٦٠ عينة أسطوانية أنه لا يوجد فرق احصائي هام بين كل من الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع Fuji II LC والكومبومير نوع Compoglass من حيث القساوة السطحية المجهرية وذلك باستخدام أجهزة مختلفة للتصليب الضوئي (Alpoz ٢٠٠٨) ، بينما بين Mujdeci في دراسة له عام ٢٠٠٦ أن الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع Grandio من شركة VOCO قد بلغ قيمة قساوة ١٠١.١ متجاوزاً الكومبومير نوع Dyract extra و الذي بلغت قيم قساوته السطحية المجهرية ٥٨.٩ (Mujdeci ٢٠٠٦).

لاحظ Yap وزملاؤه عام ٢٠٠٤ أن عينات مادة Beautifil أظهرت بعد ٣٠ يوم من وضعها ضمن الماء المقطر وبعد تعريضها للدورات الحرارية ٥٠٠٠ دورة [٣٥ درجة مئوية (٢٨ ثانية)، ١٥ درجة مئوية (٢ ثانية) ، ٣٥ درجة مئوية (٢٨ ثانية)] أظهرت قيم قساوة أعلى بكثير مقارنة مع الراتنجات المركبة -Esthet X و Admira و مع كومبومير Dyract Extra (Yap ٢٠٠٤) ، أما Bayindir و زملاؤه عام ٢٠٠٤ وجدوا بأن الكومبومير نوع Hytac بلغ قيم قساوة أعلى من كومبومير Dyract و بعدهما جاء الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع Vitremer (Bayindir ٢٠٠٤)، كذلك الأمر لم يجد Yap في دراسته عام ٢٠٠٢ حول تأثير التبييض على المواد المرممة أي فرق هام احصائي بين الكومبومير Dyract AP و الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع Fuji II LC من ناحية القساوة السطحية المجهرية (Yap ٢٠٠٢).

في دراسة لـ Hannig عام ٢٠٠٢ على تأثير التبييض على القساوة السطحية لعدة مواد ترميمية تبين أن القساوة السطحية قبل التبييض للكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع Tetric Evo Ceram قد بلغت ٦٨.٤ وهي أكبر بقليل من القساوة السطحية لمادة الكومبومير نوع Compoglass (Hannig ٢٠٠٢)، في حين وجد Tahir وزملاؤه أن القساوة المجهرية لكل من كومبومير Dyract و جيومير Beautifil تراجت بدرجة كبيرة بعد وضعها لمدة طويلة ضمن محاليل ذات درجة حموضة PH ٢.٥ - ٧ مقارنة مع الراتنجات المركبة التقليدية (Tahir ٢٠٠٥).

لاحظ Lien وزملاؤه خلال دراستهم للخصائص الفيزيائية للسيلوران أن قيم القساوة ومقاومة الشد التي أظهرها Beautifil II كانت أعلى مقارنة مع السيلوران وكومبومير Dyract Extra بعد التصليب مباشرة.

إضافة لذلك لم يلاحظ وجود اختلاف واضح في مقاومة الكسر ومعامل المرونة بين مادة Beautifil II وبعض أنواع من الراتنجات المركبة الميتاكريلات (Filtek Supreme, Filtek Z250, Esthet-X) (Lien ٢٠١٠). ادعى Vilchis وزملاؤه أن قيم القساوة السطحية لمادة Beautifil II كانت مشابهة لنظيرتها في مادتي Filtek Supreme و Filtek Z250 (HV 3.2±83.0) وذلك بعد تصليبها ضوئياً لمدة ٤٠ ثانية (Vilchis ٢٠٠٩). تعتبر مادة الجيومير مادة مستقرة ، كما لوحظ مؤخراً أنّ أداءها أفضل من المواد الراتنجية ، وهي تملك قساوة أكبر بشكل واضح من الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج والكومبومير (Sikri 2008). قيمت دراسة Kooi عام ٢٠١٢ تأثير سائل غذائية اصطناعية مختلفة على خواص سطح ترميمات الجيومير من حيث القساوة والخشونة بالمقارنة مع ترميمات الكومبوزت ، وأظهرت النتائج أن أكثر السوائل تأثيراً على قساوة الجيومير هي حمض الليمون والإيتانول بينما أكثر السوائل تأثيراً على خشونة السطح هو حمض الليمون ولم يكن هناك أي فوارق دالة إحصائياً بين أنواع الترميمات (Kooi, Tan et al. 2012). أن الجزيئات المألثة لا تشارك في عملية التماثر لذلك فهي تعمل على زيادة القساوة (Mitchell 2008)

مواد وطرق البحث:

تم في هذا البحث استخدام :

- ١- كومبوزت ضوئي هجين فائق الدقة: نوع Tetric Evo Ceram من انتاج شركة (Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Germany).



صورة رقم (١) الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع Tetric Evo Ceram

- ٢- نظام رابط Tetric N-bond : وهو من انتاج شركة (Ivoclar Vivadent, Schaa , Liechtenstein).



صورة رقم (٢) المادة الرابطة نوع Tetric N-bond

- ٣- مادة الجيومير Giomer: مادة مرممة Giomer نوع Beautifil II من شركة , Shofu Japan ذات أساس راتنجي يضاف إليها جزيئات (PRG) (Prereacted Glass-Ionomere).



صورة رقم (٣) مادة الجيومير Giomer

- ٤- المادة الرابطة للجيومير (**BeutiBond , Shofu , Japan**) : وهي رابط من الجيل السابع ذو العبوة الواحدة تتضمن مائئات من نمط (S-PRG) وهي مائئات مفعلة السطح فقط .

صورة رقم (٤) المادة الرابطة للجيومير **BeutiBond**

- ٥- مادة الكومبومير من شركة **Ivoclar**: هو كومبومير ضوئي التصلب مع قدرة عالية على تحرير الفلور، يمتاز بصفات تجميلية ممتازة.

صورة رقم (٥) مادة الكومبومير **Compoglass F**

- ٦- الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج **RMGIC : GC Gold Label** (GC Corporation, Tokyo, Japan): هي إسمنت زجاجي شاردي أضيف له الراتنج ، ويحتوي على جزيئات فائقة النعومة للحصول على سطح ناعم يجعل السطح أكثر مقاومة للتآكل والتلون .

صورة رقم (٦) **RMGIC**

٧- حمض البولي أكريليك: بتركيز ٢٠ % لشركة (Cavity Conditioner , Tokyo, Japan) ،
GC) : و هو مكيف للسطح قبل تطبيق RMGIC.



صورة رقم (٧) حمض البولي أكريليك

تألقت عينة البحث من ٤٠ قرص إسطوانتي صنعت بواسطة قالب معدني خاص بالبحث بقطر ٥ ملم وارتفاع ٤

ملم (Alkhudhairy ٢٠١٧)



صورة رقم (٨) القالب المعدني المستخدم في البحث

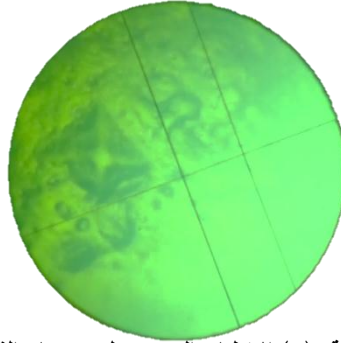
من المواد المدروسة في هذا البحث (١٠ أقراص لكل مادة) موزعة على الشكل التالي:

جدول رقم (١) توزع عينة البحث على المواد الأربع

عدد القوالب	نوع المادة
١٠	الجيومير
١٠	الكومبوزيت
١٠	RMGIC
١٠	الكومبوزيت

تم وضع القالب المعدني على لوح زجاجي وبينهما مسندة سيلونيدية نوع Mylar ، Universal strips ، of acetate foil, Italy بعد ذلك تم دك الكومبوزيت حتى امتلاء الفتحة وبعد ذلك تم وضع مسندة شفافة أخرى من السيلونيد ، ثم تم وضع لوح زجاجي فوق المسندة ليتم ضغط المادة للحصول على سطح مستوي لمدة ٣٠ ثانية ومن ثم تصليب كل عينة لمدة ٤٠ ثانية لاكتمال التصلب وذلك بالتماس المباشر مع اللوح الزجاجي (Mobarak ٢٠٠٩).

جميع العينات تم تحضيرها في درجة حرارة الغرفة وبعد إزالة العينات من القوالب تم وضع علامة على الجزء السفلي من العينات بواسطة قلم ، ثم تم انهاؤها و تلميعها بواسطة الأقراص نوع (Astropol, Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Germany) (٢٠١٠ Bashetty) . ، ثم تم حفظ العينات مدة ٢٤ ساعة بدرجة حرارة ٣٧ درجة مئوية ومن ثم وضعت في حاضنة بدرجة حرارة ٣٧ درجة ، لمدة ٧ أيام من أجل تمام التصلب ثم تم إخراج العينات وتجفيفها (٢٠٠٨ Alpöz) ومن ثم إخضاع سطح العينة لاختبار القساوة بواسطة جهاز مقياس القساوة المجهرية (Micro hardness tester MHT) وبتكبير ٤٠ مرة ، حيث تم تطبيق قوة ١٠٠ غ لمدة ١٥ ثانية ومن ثم تسجيل قيمة القساوة باختبار فيكرز .



صورة رقم (٩) الإنطباع المجهرية لهرم جهاز القساوة

تم حساب قيمة رقم القساوة حسب فيكرز HV بالعلاقة التالية :

$$HV = \frac{1.8544 \times F}{D^2}$$

باعتبار أن $F = (M \times G)$ حيث أن $G = 9.81 \text{ M/Kg}$ ، M هي الحمل المطبق ، D هو مربع القطر الوسطي للأثر الذي يتركه الهرم ويقاس وفق مسطرة مجهزة ضمن المجهر الإلكتروني ويستطيع الناظر من خلال عدسة المجهر رؤية هذه المسطرة وقياس الأثر الإلكتروني على سطح المادة المدروسة (Spajic ٢٠١٩).

حيث تم وضع العينات في جهاز قياس القساوة المجهرية نوع (Galileo Durometra , Mod: Isoscan Od) ذو الرقم التسلسلي : 13ACG501 بصناعة إيطالية الموجود في المعهد العالي لليزر في جامعة دمشق وطبق حمل مقداره ١٠٠ غ وبزمن مقداره ١٥ ثانية حيث يطبق لمدة ٥ ثوان كمرحلة أولى ثم لمدة ١٠ ثواني كمرحلة ثانية وتم مشاهدة الأثر و قياس القطر الأعظمي تحت تكبير ٤٠ مرة.



صورة رقم (١٠) جهاز فيكرز للقساوة نوع Galileo Durometra , Mod: Isoscan Od

وهو ما يلائم مواد الراتنج موضوع البحث ، ثم سجلت النتائج في جداول خاصة.

النتائج:

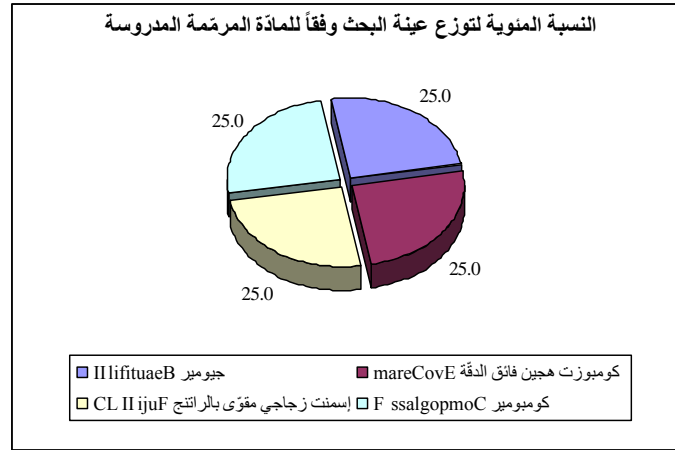
أولاً - وصف العينة:

تألقت عينة البحث من ٤٠ قالباً صناعياً كانوا مقسمين إلى أربع مجموعات فرعية متساوية وفقاً للمادة المرمة المدروسة (جيومير Beautiful II، كومبوزت هجين فائق الدقة EvoCeram، إسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC، كومبومير Compoglass F)، وكان توزع عينة البحث كما يلي:

١- توزع عينة البحث وفقاً للمادة المرمة المدروسة:

جدول رقم (٢) يبين توزع عينة البحث وفقاً للمادة المرمة المدروسة.

النسبة المئوية	عدد القوالب الصناعية	المادة المرمة المدروسة
25.0	10	جيومير Beautiful II
25.0	10	كومبوزت هجين فائق الدقة EvoCeram
25.0	10	إسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC
25.0	10	كومبومير Compoglass F
100	40	المجموع



مخطط رقم (١) يمثل النسبة المئوية لتوزيع عينة البحث وفقاً للمادة المرمتة المدروسة.

ثانياً - الدراسة الإحصائية التحليلية:

تم قياس مقدار القساوة حسب فيكرز لكل قالب صناعية من القوالب الصناعية في عينة البحث، ثم تمت دراسة تأثير المادة المرمتة المدروسة في قيم مقدار القساوة في عينة البحث وكانت نتائج التحليل كما يلي:

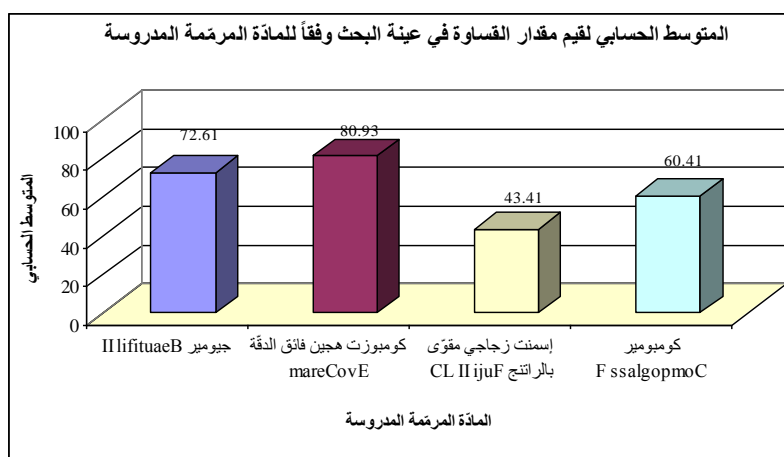
دراسة تأثير المادة المرمتة المدروسة في مقدار القساوة في عينة البحث:

تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار القساوة بين المجموعات الأربع المدروسة (جيومير II Beautifil، كومبوزت هجين فائق الدقة EvoCeram، إسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC، كومبومير F Compoglass) في عينة البحث كما يلي:

- إحصاءات وصفية:

جدول رقم (٣) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمقدار القساوة في عينة البحث وفقاً للمادة المرمتة المدروسة.

المتغير المدروس = مقدار القساوة						
الحد الأعلى	الحد الأدنى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد القوالب الصناعية	المادة المرمتة المدروسة
85.2	67.1	1.67	5.28	72.61	10	جيومير II Beautifil
87	74.7	1.34	4.25	80.93	10	كومبوزت هجين فائق الدقة EvoCeram
51.4	34.6	1.81	5.71	43.41	10	إسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC
69	50.9	2.00	6.33	60.41	10	كومبومير F Compoglass



مخطط رقم (٢) يمثل المتوسط الحسابي لمقدار القساوة في عينة البحث وفقاً للمادة المرصمة المدروسة.

- نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA:

جدول رقم (٤) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار القساوة بين المجموعات الأربع المدروسة في عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار القساوة		
دلالة الفروق	قيمة مستوى الدلالة	قيمة f المحسوبة
توجد فروق دالة	0.000	89.594

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة ٠.٠٠٥، أي أنه عند مستوى الثقة ٩٥% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار القساوة بين اثنتين على الأقل من المجموعات الأربع المدروسة (جيويمير II Beautifil، كومبوزت هجين فائق الدقة EvoCeram، إسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC، كومبومير F Compoglass) في عينة البحث، ولمعرفة أي من المجموعات تختلف اختلافاً جوهرياً عن الأخريات في قيم مقدار القساوة تم إجراء المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni بين كل زوج من المجموعات المدروسة في عينة البحث كما يلي:

- نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni:

جدول رقم (٥) يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار المساواة بين المجموعات الأربع المدروسة.

المتغير المدروس = مقدار المساواة					
نوع المادة	المقارنة الثنائية	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
جيومير Beautifil II	كومبوزت هجين فائق الدقة EvoCeram	-8.32	2.44	0.0095	توجد فروق دالة
	إسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC	29.20	2.44	0.000	توجد فروق دالة
	كومبومير Compoglass F	12.20	2.44	0.000	توجد فروق دالة
كومبوزت هجين فائق الدقة EvoCeram	إسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC	37.52	2.44	0.000	توجد فروق دالة
	كومبومير Compoglass F	20.52	2.44	0.000	توجد فروق دالة
إسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC	كومبومير Compoglass F	-17.00	2.44	0.000	توجد فروق دالة

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة ٠.٠٥ بالنسبة لجميع المقارنات الثنائية المدروسة في عينة البحث، أي أنه عند مستوى الثقة ٩٥% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار المساواة بين المجموعات الأربع المدروسة (جيومير Beautifil II، كومبوزت هجين فائق الدقة EvoCeram، إسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC، كومبومير Compoglass F) في عينة البحث، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نستنتج أن قيم مقدار المساواة في مجموعة قوالب الكومبوزت الهجين فائق الدقة EvoCeram كانت أكبر منها في كل من المجموعات الثلاث الباقية (جيومير Beautifil II، إسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC، كومبومير Compoglass F) على حدة، ونستنتج أن قيم مقدار المساواة في مجموعة قوالب الجيومير Beautifil II كانت أكبر منها في كل من مجموعة قوالب الإسمنت الزجاجي المقوى بالراتنج Fuji II LC ومجموعة قوالب الكومبومير Compoglass F على حدة، ونستنتج أن قيم مقدار المساواة في مجموعة قوالب الكومبومير Compoglass F كانت أكبر منها في مجموعة قوالب الإسمنت الزجاجي المقوى بالراتنج Fuji II LC في عينة البحث.

المناقشة:

تستخدم الترميمات الراتنجية بشكل شائع على الأسنان الخلفية ، وهو ما يعرض المادة لقوى إطباقية مستمرة قد تؤثر في ديمومة الترميم، مما تطلب تحسين الخواص الميكانيكية والتجميلية للمادة لإطالة عمرها السريري في وجه ما تتعرض له من جهود مستمرة، فضلاً عن تطوير أساليب الإنهاء والتلميع المستخدمة للتقليل من إهتراء سطح الترميم واحتمال تزايد خشونته.

يعدّ اختبار المساواة من أكثر الاختبارات قدرة على تحديد مدى تحمل المادة المرمة للجهود الإطباقية، وهو طريقة غير مباشرة من أجل تقدير ديمومة هذه المواد ، وقد تعددت الدراسات التي تطرقت إلى تقييم مساواة الراتنجيات وأغلبها استخدمت مقياس المساواة وفقاً لفيكرز أو روكويل و برينل (Asm Handbook ٢٠٠٣).

مناقشة منهج البحث:

تم في هذه الدراسة حفظ العينات بالماء المقطر مدة ٢٤ ساعة قبل تعريضها لاختبار القساوة، وهو ما يضمن اكتمال تفاعل الراتنجات وبنفي تأثير نضج الراتنج في قساوته، ويحصر المتغيرات المؤثرة في القساوة بنوع المادة المختبرة فقط (Cenci ٢٠٠٨)، كما أنه بحسب دراسة كل من Asmussen فإن المواد الراتنجية تتأثر بالوسط الموجودة به (Asmussen ١٩٨٤) (Wu ١٩٨٢) حيث أن الـ PH المنخفض الناتج عن بعض الأطعمة والمشروبات الحامضية قد يسبب تآكلاً سريعاً للمواد الترميمية التجميلية (Honório ٢٠٠٨).

استبعد استخدام العينات غير المنهارة والمعرضة للمسندة الشفافة Clear Matrix فقط، إذا أن هذا الإجراء يخلق طبقة غنية بالراتنج على سطح الترميم ذات مقاومة اهتراء ضعيفة، مما يؤثر سلباً في قيم القساوة (٢٠١٠ Bashetty)، حيث أن الأوكسجين يندخل ويتم احتباسه في الطبقة السطحية من الراتنجات الضوئية عند التصليب في طبقات قد يصل سماكتها بين الـ ٢٥ إلى الـ ١٠٥ نانو متر ويختلف باختلاف نوع الكومبوزت، لذلك تم في هذا البحث استخدام مسندة Mylar الشفافة من أجل تقليل هذا الإحتباس قدر الإمكان (Finger ١٩٧٦).

صلبت جميع العينات باستخدام تعليمات الشركة المصنعة ما يساعد في تشكيل سطح ناعم و مستمر في جميع العينات (Stanford ١٩٨٥).

تم في هذا البحث قياس القساوة السطحية المجهرية فقط من ناحية القمة التي صلبت مباشرة وذلك لضمان حصول التصلب الكافي حيث بينت العديد من الدراسات بينت أن هناك اختلاف في درجة القساوة السطحية بين قمة وقاعدة عينات المواد السنوية المفحوصة (Dunn ٢٠٠٢) (Garcia ٢٠٠٤) (Jandt ٢٠٠٠).

مناقشة نتائج البحث:

يعد اختبار القساوة طريقة هامة من أجل تحديد مدى قدرة المواد على مقاومة الإنكسار والإهتراء (٢٠٠٥ Rode) (Correr ٢٠٠٠)، حيث أظهرت نتائج هذه الدراسة أن الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع EvoCeram قد تفوق على كل من الجيومير نوع Beautifil II والكومبومير والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج Fuji II LC، وهذا ما يتفق مع دراسة Saijai وزملاؤه عام ٢٠١٤ والتي بين فيها تفوق الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع promise لشركة Kerr على الجيومير نوع Beautifil II (Saijai ٢٠١٤)، كما يتفق مع ERDEMIR في دراسته عام ٢٠١٢ والتي بين فيها أن القساوة السطحية للكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع promise لشركة Kerr أعلى من القساوة السطحية لمادة الكومبومير Compoglass F لشركة Ivoclar (ERDEMIR ٢٠١٢) ودراسة Hengtrakool عام ٢٠١١ التي بين فيها أن القساوة السطحية لمادة الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع filtek z250 xt قد بلغت ٨٣.٧٥ متفوقاً بذلك على الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع Fuji II LC والذي بلغت قيمة قساوة سطحه المجهرية ٥٠.٣٨ وأوصى بأن يتم استخدام الكومبوزت بدلاً من الإسمنت الزجاجي المقوى بالراتنج لدى المرضى الذين لديهم إنسحالات سطحية على الأسنان (Hengtrakool ٢٠١١)، كما يتفق مع Mujdeci في دراسته عام ٢٠٠٦ أن الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع Grandio من شركة VOCO قد بلغ قيمة قساوة ١٠١.١ متجاوزاً الكومبومير نوع Dyract extra والذي بلغت قيم قساوته السطحية المجهرية ٥٨.٩ (Mujdeci ٢٠٠٦)، كما ويتفق مع دراسة Hannig لـ عام ٢٠٠٢ حول تأثير التبييض على القساوة السطحية لعدة مواد ترميمية مبيناً أن القساوة السطحية قبل التبييض للكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع Tetric Evo Ceram قد بلغت ٦٨.٤ وهي أكبر بقليل

من القساوة السطحية لمادة الكومبومير نوع Compoglass (Hannig ٢٠٠٢) ، لكن يختلف مع Yap وزملاؤه عام ٢٠٠٤ الذي أوضح أن عينات مادة Beautifil أظهرت بعد ٣٠ يوم من وضعها ضمن الماء المقطر قيم قساوة أعلى بكثير مقارنة مع الراتنجات المركبة Esthet-X و Admira (Yap ٢٠٠٤) ، و يختلف مع دراسة Lien الذي لم يلاحظ وجود اختلاف واضح في مقاومة الكسر ومعامل المرونة بين مادة Beautifil II وبعض أنواع من الراتنجات المركبة الميتاكريلات (Filtek Supreme, Filtek Z250,) (Esthet-X) (Lien ٢٠١٠) ، كما و تختلف نتائج هذه الدراسة مع دراسة Kooi عام ٢٠١٢ و التي أوضح فيها أنه لم يكن هناك أي فوارق دالة إحصائياً بين أنواع الترميمات المستخدمة في الدراسة سواء الجيومير أو الكومبوزت الهجين فائق الدقة (Kooi 2012) وقد يعود سبب هذا الاختلاف إلى تأثير الراتنجات الميتاكريلاتيية بالماء مما يؤثر سلباً في قساوتها (Kusgoz ٢٠١١).

من ناحية أخرى بيّنت هذه الدراسة تفوق الجيومير نوع Beautifil II على كل من الكومبومير نوع Compoglass F و الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع FUJI II LC وهذا يتفق مع CHOI وزملاؤه عام ٢٠١٩ والذي أوضح أنّ الجيومير أظهر أفضل معدل من القساوة السطحية مقارنة مع الكومبومير من حيث القساوة (Choi ٢٠١٩) كما اتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة Spajic الذي بين عام ٢٠١٩ بأنّ قيم قساوة الجيومير بلغت ٧٠ بينما لم تتجاوز قيم قساوة الـ RMGIC ٤٠ أي أعلى منها بمقدار الضعف تقريباً ، وهذا الأمر توقعه الباحث وزملاؤه بسبب أن الجيومير أقرب ما يكون للكومبوزت على الرغم من الاختلاف في المائتات اللاعضوية (Spajic ٢٠١٩) ، كما اتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة Kooi وعام ٢٠١٢ و بين فيها أن قساوة العينة الشاهدة من الجيومير بلغت ٧٧.٦ وبالتالي كانت أقل من قساوة العينة الشاهدة للكومبوزت والتي بلغت ٨٩.٥ نوب (Kooi ٢٠١٢)، كما اتفقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة Mobarak وزملاؤه عام ٢٠٠٩ التي بيّنت فيها أنّ قيم القساوة السطحية للجيومير نوع Beautifil II بلغت (٧٢.٨٦ ± ٠.٨٨) متفوقاً بذلك على الكومبومير نوع Dyract AP الذي بلغت قيمة قساوته السطحية (٥١.٣٤ ± ٠.٢٩) والإسمنت الزجاجي الشاردي نوع Fuji II LC الذي بلغت قيمة قساوته السطحية (٤٩.٨٨ ± ٢.٠٧) (Mobarak ٢٠٠٩) ، و يتفق مع نتائج دراسة Lien و زملاؤه بأن قيم القساوة التي أظهرها Beautifil II كانت أعلى مقارنة مع كومبومير Dyract Extra بعد التصليب مباشرة ، كما اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما وثّقه Sikri بأن مادة الجيومير تعتبر مادة مستقرة وأدائها أفضل من المواد الراتنجية وهي تملك قساوة أكبر بشكل واضح من الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج والكومبومير (Sikri 2008) ، لكن تختلف نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة Gonulol وزملاؤه عام ٢٠١٦ والتي بين فيها أن القساوة السطحية للإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع الـ Photac أعلى من القساوة السطحية للجيومير Beautifil II والكومبومير نوع Dyract extra (Gonulol ٢٠١٦).

بيّنت الدراسة الحالية أن القساوة السطحية لمادة الكومبومير نوع Compoglass F قد تفوقت على القساوة السطحية للإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع Fuji II LC وهذا ما يتفق مع دراسة Bayindir وزملاؤه عام ٢٠٠٤ الذين وجدوا بأن الكومبومير تفوق على الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع Vitremer من ناحية قيم القساوة السطحية المجهرية (Bayindir ٢٠٠٤) ، ولكن يختلف مع دراسة Alpoz وزملاؤه عام ٢٠٠٨ والتي أجريت و التي بينت أنه لا يوجد فرق احصائي هام بين كل من

الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع Fuji II LC والكومبومير نوع Compoglass من حيث القساوة السطحية المجهرية وذلك باستخدام أجهزة مختلفة للتصليب الضوئي (Alpoz ٢٠٠٨) ، كما تختلف مع دراسة Yap عام ٢٠٠٢ الذي لم يجد أي فرق هام احصائي بين الكومبومير Dyract AP والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع Fuji II LC من ناحية القساوة السطحية المجهرية (Yap ٢٠٠٢).

الاستنتاجات:

يمكن في حدود الدراسة المخبرية الحالية حول مقارنة القساوة السطحية المجهرية أن نستنتج ما يلي:

- ١- تفوق الكومبوزت الهجين فائق الدقة Nano hybrid نوع Tetric Evo Ceram على الجيومير Giomer نوع Beautifil II والكومبومير نوع Compoglass F والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج Fuji II LC من ناحية القساوة السطحية المجهرية.
- ٢- هنالك فروق دالة إحصائية بين كل من الكومبوزت الهجين فائق الدقة Nano hybrid نوع Tetric Evo Ceram على الجيومير Giomer نوع Beautifil II والكومبومير نوع Compoglass F والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج Fuji II LC من ناحية القساوة السطحية المجهرية.

التوصيات :

- ٣- يوصى باستخدام والكومبوزت الهجين فائق الدقة Nano hybrid نوع Tetric Evo Ceram في ترميمات حفر الصنف الأول الخلفية بشكل أكبر من استخدام الجيومير Giomer نوع Beautifil II والكومبومير نوع Compoglass f والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج Fuji II LC من أجل مقاومة الإهتراء و تحمل الجهود الإطباقية.

المراجع :

- ALCAL J, Giannakopoulos AE, Suresh S. *Continuous measurements of load-penetration curves with spherical micro-indenters and the estimation of mechanical properties*. J Mater Res 1998;13:1390–400.
- ALKHUDHAIRY FI. *The effect of curing intensity on mechanical properties of different bulk-fill composite resins*. Clin Cosmet Investig Dent. 2017;9:1–6. Published 2017 Feb 23. doi:10.2147/CCIDE.S130085
- ALPÖZ AR, Ertugrul F, Cogulu D, Ak AT, Tanoglu M, Kaya E. *Effects of light curing method and exposure time on mechanical properties of resin based dental materials*. Eur J Dent. 2008;2(1):37–42.
- ANUSAVICE KL. *Phillip's science of dental materials*, 10th ed. Philadelphia:WB Saunders Co; 1996. p. 69. April 2006 Volume 95, Issue 4, Pages 286–289
- ARZU Mujdeci, , Osman Gokay. *Effect of bleaching agents on the microhardness of tooth-colored restorative materials*. Eur J Dent. 2006;2(1):37–42.
- ASM HANDBOOK, *Mechanical Testing and Evaluation*, Vol 08, electronic version, 2003, ASM
- ASMUSSEN E. *Softening of BISGMA-based polymers by ethanol and by organic acids of plaque*. Scand J Dent Res 1984; 92: 257-261.

- BADRA VV, Faraoni JJ, Ramos RP, Palma-Dibb RG. *Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites.* Oper Dent 2005; 30: 213-219..
- BASHETTY K, Joshi S. *The effect of one step and multi-step polishing systems on the surface texture of two different resin composites.* J Conserv Dent.(2010);13:34–8.
- FINGER W, & Jorgensen DK (1976) *Inhibition of polymerization by oxygen in composite filling materials and enamel sealers.* Schweizerische Monatsschrift Fur Zahnheilkunde 86(8) 812-824.
- BAYINDIR YZ¹, Yildiz M. *Surface hardness properties of resin-modified glass ionomer cements and polyacid-modified composite resins.* 2004.):315– 20
- BRAGA C, Mezzomo E, Suzuki RM. *Resistência à fratura de três sistemas de prótese parcial fixa livres de metal, in vitro.* PCL rev Ibero-am prot clin laboratorial. 2004;6(31):249-61.
- CALDAS DB, de Almeida JB, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA, Consani S. *Influence of curing tip distance on resin composite Knoop hardness number, using three different light curing units.* Oper Dent.(2003);28(3):315– 20.
- CENCI MS, Venturini D, Pereira-Cenci T, Piva E, Demarco FF, *The Effect of Polishing Techniques and Time on the Surface Characteristics and Sealing Ability of Resin Composite Restorations After One-year Storage.*2008. 65:63-5.
- CHOI JW, Lee MJ, Oh SH, Kim KM .*Changes in the physical properties and color stability of aesthetic restorative materials caused by various beverages.* Dent Mater J. 2019 Feb 8;38(1):33-40. doi: 10.4012/dmj.2017-247. Epub 2018 Oct 5.
- CHUNG, K. H. and E. H. Greener . 1990. *Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins.* Journal of Oral Rehabilitation 17 5:487–494
- CORRER Sobrinho, L. , A. A. Lima , S. Consani , M. A. C. Sinhoreti , and J. C. Knowles . 2000. *Influence of curing tip distance on composite Knoop Hardness Values.* Brazilian Dental Journal 11 1:11–7
- DUNN WJ, Bush AC. *A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen based light curing units.* J Am Dent Assoc. 2002;133:335–341.
- EHRMANN E, Medioni E, Brulat-Bouchard N. *Finishing and polishing effects of multiblade burs on the surface texture of 5 resin composites: microhardness and roughness testing.* Restor Dent Endod. 2018;44(1):e1. Published 2018 Nov 26. doi:10.5395/rde.2019.44.e1
- EL- ASKARY FS, El-Korashy DI. *Influence of shade and light-curing distance on the degree of conversion and flexural strength of a dual-cure core build-up resin composite.* Am J Dent.(2012);25(2): 97–102.
- FRIEDMAN J. *Care and maintenance of dental curing lights.* Dent Today.(1991);10(1): 40–1
- GARCIA-Godody F, Jr, Garcia-Godoy A, Garcia-Godoy F. *Composite hardness ratio: Effect of different LED curing systems.* IADR/AADR/CADR 82nd General Session; 2004; March 10–13.
- GEURTSSEN W, Leyhausen G, Garcia-Godoy F. *Effect of storage media on the fluoride release and surface microhardness of four polyacid-modified composite resin (“compomers”).* Dent Mater J 2012; 31(5): 729–736 Mater 1999; 15: 196-201.
- GONULOL N, Ozer S, Tunc ES.*Effect of a third-generation LED LCU on microhardness of tooth-colored restorative materials.* Int J Paediatr Dent. 2016 Sep;26(5):376-82. doi: 10.1111/ipd.12213. Epub 2015 Nov 9. PMID: 26548449

- GORDAN VV, Patel SB, Barrett AA, Shen C. *Effect of surface finishing and storage media on bi-axial flexure strength and microhardness of resin-based composite*. Oper Dent 2003; 28:
- HANNIG C¹, Duong S, Becker K, Brunner E, Kahler E, Attin T. *Effect of bleaching on subsurface micro-hardness of composite and a polyacid modified composite*. Dent Mater. 2007 Feb;23(2):198-203. Epub 2006 Mar 20
- HENGTRAKOOL C, Kukiattrakoon B, Kedjarune-Leggat U. *Effect of naturally acidic agents on microhardness and surface micromorphology of restorative materials*. Eur J Dent. 2011;5(1):89–100.
- HONÓRIO HM, Rios D, Francisconi LF, Magalhães AC, Machado MA, Buzalaf MA. *Effect of prolonged erosive pH cycling on different restorative materials*. J Oral Rehabil 2008; 35:947953.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. *Dental materials—waterbased cements Part 1—powder/liquid acid–base cement*. 2001; ISO 9917-1.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. *Dental water-based cements Part 2—light activated cements*. 1998; ISO 9917-2.
- Jandt KD, Mills RW, Blackwell GB, Ashworth SH. *Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs)* Dent Mater. 2000;16:41–47.
- KNOBLOCH, L. A. , R. E. Kerby , N. Clelland , and J. Lee . 2004. *Hardness and degree of conversion of posterior packable composites*. Operative Dentistry 29 6:642–649.
- KOOI TJ, Tan QZ, Yap AU, Guo W, Tay KJ, Soh MS .*Effects of food-simulating liquids on surface properties of giomer restoratives*. Oper Dent. 2012 Nov- ec;37(6):665-71. doi: 10.2341/11-419-L. Epub 2012 Jun 4. PMID: 22663197
- KORKMAZ Y, Ozel E, Attar N, Aksoy G. *The influence of one-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of nanocomposites*. Oper Dent 2008; 33: 4450.
- LEPRINCE JG, Leveque P, Nysten B, Gallez B, Devaux J, Leloup G. *New insight into the “depth of cure” of dimethacrylate-based dental composites*. Dent Mater. 2012;28(5):512–520
- LIEN W, Vandewalle KS. *Physical properties of a new silorane-based restorative system*. Dental Materials. 2010;26(4):337-44.
- LUNDIN, S. A. *Studies on posterior composite resins with special reference to class II restoration*. Swedish Dent J Supplements, 1990.
- MAHONEY E, Holt A, Swain M, Kilpatick N. *The hardness and modulus of elasticity of primary teeth: an ultra-micro-indentation study*. J Dent 2000;28:5589–94.
- MANDIKOS Sadek FT, Goracci C, Monticelli F, Ferrari M, Cardoso PEC. *Influência da geometria dos espécimes em dentina e esmalte no teste de microtração: análise da resistência DE UNIÃO e microscopia eletrônica de varredura*. JBD rev Ibero-am odontol esét & dentística. 2004;3(9):81-93.
- MARGHALANI HY (2010). *Effect of filler particles on surface roughness of experimental composite series*. J Appl Oral Sci. Feb;18(1):59-67.
- MITCHELL, C. A. (2008). *Dental materials in operative dentistry*, Quintessence Pub.
- MOBARAK E, Elsayad I, Ibrahim M, El-Badrawy W. *Effect of LED light-curing on the relative hardness of tooth-colored restorative materials*. Oper Dent. 2009. Jan-Feb;34(1):65–71. 10.2341/08-38

- MOHAMED-Tahir M, Tan H, Woo A, Yap A. *Effects of pH on the microhardness of resin-based restorative materials*. OPERATIVE DENTISTRY-UNIVERSITY OF WASHINGTON-. 2005;30(5):661.
- MOUSAVINASAB SM, Barekatin M, Sadeghi E, Nourbakhshian F, Davoudi A. *Evaluation of Light Curing Distance and Mylar Strips Color on Surface Hardness of Two Different Dental Composite Resins*. Open Dent J. (2014); 8: 144–147.
- O'Brien WJ. *Dental materials, their selection*. Chicago:Quintessence Publishing Co; 1997. p. 18.
- OKADA K, Tosaki S, Hirota K, Hume WR. *Surface hardness change of restorative filling materials stored in saliva*. Dent Mater 2001; 17: 34-39. Operative Dentistry.(2008); 33-2: 169-176.
- PIRES, J. A. F. , E. Cvitko , G. E. Denehy , and E. J. Swift Jr . 1993. *Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness*. Quintessence International 24 7:517–521.
- RODE KM, Kawano Y, Turbino ML. *Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization*. Oper Dent.(2007);32(6): 571–8.
- RODE, K. M. , P. R. Lloret , and M. L. Turbino . 2005. *Study of micro-hardness in depth of composite resin polymerized with argon laser and halogen light*. RPG 12 3:323–329.
- RUDELL DE, Maloney MM, Thompson JY. *Effect of novel filler particles on the mechanical and wear properties of dental composites*. Dent Mater 2002; 18: 72-80.
- SCOUGALL-Vilchis RJ, Hotta Y, Hotta M, Idono T, Yamamoto K. *Examination of composite resins with electron microscopy, microhardness tester and energy dispersive X-ray microanalyzer*. Dental materials journal. 2009;28(1):102-12.
- SETIEN V, ARMSTRONG SR, VARGAS MA. *Conservative restoration of proximal-cervical lesions*. Oper Dent. 2003 May-Jun;28(3):321-3.
- SIKRI, V. K. (2008). *Textbook of Operative Dentistry*. ch20. New Delhi, CBS Publishers & Distributers:444,445,428-436.
- SPAJIC J, Par M, Milat O, Demoli N, Bjelovucic R, Prskalo K. *Effects of Curing Modes on the Microhardness of Resin-modified Glass Ionomer Cements*. Acta Stomatol Croat. 2019;53(1):37–46. doi:10.15644/asc53/1/4
- STANFORD WB, Fan PL, Wozniak WT, & Stanford JW (1985) *Effect of finishing on color and gloss of composites with different fillers* Journal of American Dental Association 110(2) 211-213.
- SUESE K, Kawazoe T. *Wear resistance of hybrid composite resin for crown material by the two-body sliding test*. Dent Mater J 2002; 21: 225-237.
- TANTHANUCH S, Kukiattrakoon B, Siriporananon C, et al. *The effect of different beverages on surface hardness of nanohybrid resin composite and giomer*. J Conserv Dent. 2014;17(3):261–265. doi:10.4103/0972-0707.131791
- TOPCU FT, Erdemir U, Sahinkesen G, Yildiz E, Uslan I, Acikel C. *Evaluation of microhardness, surface roughness, and wearbehavior of different types of resin composites polymerized with two different light sources*. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2010; 92: 470-478.
- UGUR ERDEMIR, Esra YILDIZ, Meltem Mert EREN and Sevda OZEL . *Surface hardness of different restorative materials after long-term immersion in sports and energy drinks* Dental Materials Journal 2012; 31(5): 729–736
- WILLEMS G, Celis JP, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. *Hardness and Young's modulus determined by nanoindentation technique of filler particles of dental restorative materials compared with human enamel*. J Biomed Mater Res 1993;27:747–55.

WU W, McKinney JE. *Influence of chemicals on wear of dental composites*. J Dent Res 1982; 61: 1180-1183.

XU HH, Quinn JB, Smith DT, Antonucci JM, Schumacher GE, Eichmiller FC. *Dental resin composites containing silica-fused whiskers —effects of whisker-to-silica ratio on fracture toughness and indentation properties*. Biomaterials

YAP AU, Chew CL, Ong LF, Teoh SH. *Environmental damage and occlusal contact area wear of composite restoratives*. J Oral Rehabil 2002; 29: 87-97.

YAP AU, Wattanapayungkul P. *Effects of in-office tooth whiteners on hardness of tooth-colored restoratives*. Oper Dent. 2002;27:137–141. Dent Mater. 2007 Feb;23(2):198-203. Epub 2006 Mar 20.

YAP AU. *Effectiveness of polymerization in composite restoratives claiming bulk placement: Impact of cavity depth and exposure time*. Oper Dent. (2000);25:113–20.

YAP AUJ, Wang X, Wu X, Chung SM. *Comparative hardness and modulus of tooth-colored restoratives: a depth-sensing micro indentation study*. Biomaterials. 2004;25(11):2179-85 J Contemp Dent Pract. 2004 Nov 15;5(4):42-9.

KUSGOZ A, Ülker M, Yesilyurt C, Yoldas OH, Ozil M, Tanriver M. *Silorane-based composite: Depth of cure, surface hardness, degree of conversion, and cervical microleakage in Class II cavities*. J Esthet Restor Dent (2011);23:324-35.