مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الصحية المجلد (٥) العدد (1) ٢٠٢١
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - Health Sciences Series Vol. (5) No. (1) 2021

تأثير الذرات المالئة فائقة الدقة الهجينة على قساوة الكومبوزت السني

الأستاذ الدكتور عاطف عبدالله*

(تاريخ الإيداع٢ / ١١ / ٢٠٢٠. قُبِل للنشر في ٤ / ٣/٢٠٢١)

□ ملخّص □

الهدف: تهدف هذه الدراسة إلى تحري تأثير الذرات المالئة فائقة الدقة الهجينة على قساوة الكومبوزت السني.

مواد وطرائق البحث: تم استخدام مادتين من الكومبوزت وهما مادة Tetric N Ceram ومادة Tetric EvoCeram وهما لشركة Ivoclar–Vivadent. تم وضع (٦٠) عينة لاختبار القساوة على سطح حاضنة معدنية تم ملؤها بمادة الجبس بهدف قياس قساوة السطح لكل عينة باستخدام جهاز قياس القساوة الميكرونية (Micro hardness) ، وقد تم حساب القساوة عن طريق قياس مساحة الأثر الذي يتركه الهرم الرباعي الملامس لسطح الحشوة المصقول بعد تطبيق حمل قدره 500 غ لمدة عشر ثوانٍ.

النتائج : لقد حسنت الذرات المالئة فائقة الدقة الهجينة من قساوة الكومبوزت.

كلمات مفتاحية: ذرات مالئة فائقة الدقة هجينة – قساوة مجهرية – كومبوزت.

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

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الصحية المجلد (٥) العدد (1) ٢٠٢١
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - Health Sciences Series Vol. (5) No. (1) 2021

Effect of Nano Hybrid Fillers on Micro Hardness of dental composite

Atef Abdullah*

(Received 2 /11 /2020. Accepted 4 / 3/2021)

□ABSTRACT □

Objective: The purpose of this study was to investigate the effect of Nano Hybrid Fillers on micro hardness of Dental Composite.

Materials and Methods: Two composite materials were used Tetric N Ceram (hybrid) and Tetric Evo Ceram (Nano) of Ivoclar Vivadent company. Sixty specimens for Micro hardness were placed on the surface of the metallic incubator which contained gypsum in order to measure the surface hardness of each specimen using a micro hardness measuring device by measuring the trace of the pyramid contacting the surface of the fillings after applying a load of 500 grams for 10 Seconds.

Results: Nano Hybrid fillers improved micro hardness of Dental Composite.

Keywords: Nano Hybrid Fillers, micro hardness, composite.

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

المقدمة:

تعتبر مداواة الأسنان الفن القادر على تشخيص ومعالجة الأذى الحاصل في الأسنان والذي يعمل على إعادة شكل السن الأصلي والوظيفة الصحيحة والناحية التجميلية المرغوبة، وقد أصبحت الترميمات التجميلية خياراً أساسياً في العيادات لما تؤمنه للمريض من خيارات تجميلية وقوية أيضاً[1,2,3].

إن الذرات المالئة المستخدمة في الكومبوزت هي إما زجاج سيليكات الباريوم، أو الكوارتز أو سيليكات الزيركونيوم والتي تدمج عادة بنسبة 5–100% من الوزن من معظم الحجوم الصغيرة (0.04 ميكرون) وإن الأنواع الحديثة من الكومبوزت تضم أيضاً خليطاً من الزجاج أو ذرات الخزف موزعة ضمن القالب الراتنجي العضوي، وتلعب الذرات المالئة دوراً هاماً في تحسين خواص الكومبوزت السني على تنوعها، ولعل من أبرز هذه الصفات هي القساوة المجهرية والتي تعبر بشك واضح عن متانة الكومبوزت ومقاومته للاهتراء[4].

لذلك آثرنا في هذا البحث أن نبحث عن ماهية دور التغير في حجم الذرات المالئة في تحسين القساوة؟

مراجعة نظري وأهمية البحث وأهدافه:

لقد حرص العلماء على دراسة تأثير تغيير تركيب ترميمات الكومبوزت على مدى فعاليتها وخواصها بشكل عام وعلى النواحي الميكانيكية بشكل خاص، وقد بذلت جهود عديدة خلال السنوات الماضية لتحسين خواص الراتنجات بإحداث التغيير في التركيب على مستوى حجم الذرات المالئة حيث تم تزويد الأنواع الحديثة من الكومبوزت بذرات مالئة فائقة الدقة هجينة تمت إضافتها إلى ترميمات الكومبوزت وخاصة في المناطق ذات الجهود العالية.

يتألف الكومبوزت السني من مزيج من المواد الراتنجية العضوية مع عناصر غير عضوية قاسية مالئة كما يحوي على عناصر أخرى تسهل عمليات الارتباط وتحفز التفاعل، ويتألف القالب الراتنجي من وحيدات التماثر، ونظام التنشيط، والمواد الحافظة والملونات، في حين تتألف المالئات من عناصر قاسية مثل الزجاج، والكوارتز، والسيليكا، حيث يتم دمج القالب الراتنجي مع المواد المالئة بوساطة العناصر المزاوجة[5].

تحسن الذرات المالئة من الصفات الميكانيكية للكومبوزت مثل (مقاومة الشد، ومقاومة الانضغاط، ومعامل المرونة، ومقاومة السحل، بالإضافة إلى الظلالية الشعاعية، والناحية التجميلية والتعامل مع المادة) وكقاعدة عامة فإن نسبة ملء عالية تعني صفاتاً ميكانيكية عالية، وتمتلك معظم الأنواع الحالية من الكومبوزت المستخدم في الترميمات التجميلية نسبة ملء تتراوح بين 71%–50 وزناً و 71%–35 حجماً [6]. ويفضل التعبير عن نسبة المالئات بالتعبير بالحجم بدلاً عن الوزن وذلك لأن الخواص الميكانيكية للكومبوزت يتم تحريها بشكل أساسي عن طريق النسب الحجمية للمالئات[7].

تعتمد الخواص الميكانيكية بشكل أساسي على المالئات لأن هذه المواد هي من تقع عليه مسؤولية تحمل القوى الماضغة[8]، كما أنه يتم الحصول على الظلالية الشعاعية لترميمات الكومبوزت عن طريق إدخال عناصر ذات رقم ذري مرتفع مثل الباريوم Br والسترونتيوم St والتي تستخدم بشكل شائع في الترميمات لزيادة ظلاليتها، وإنه لمن المهم الانتباه إلى أن ارتباط الذرات المالئة مع القالب الراتنجي يتم بوساطة العناصر المزاوجة لتحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية[9].

هناك عدة أنواع من الكومبوزت يمكن استخدامها على الأسنان الخلفية بالإضافة إلى الأسنان الأمامية، وعلى كل حال فإن بعض الشركات تشير فقط إلى أنها مناسبة للترميمات الخلفية الصغيرة[10].

لقد تم تطوير الكومبوزت السني فائق النعومة Microfilled Composite (Mc) من حيث النواحي التجميلية[8]، وتتراوح أبعاد ذرات هذا النوع من الكومبوزت حوالي 0.04 ميكرون بالقطر، وإن اتساع مساحة سطح هذه الذرات يقدم إمكانية ترطيب أكبر من قبل القالب الراتنجي وهذا يقلل بدوره من اللزوجة[5].

وهناك نوع جديد من الكومبوزت هو الكومبوزت المقوى بالذرات فائقة الدقة Reinforced Composite Nano filled (NRC)، ويحتوي هذا النوع على نسبة عالية جداً من الذرات المالئة أكثر من الكومبوزت فائق النعومة (MC) وقد تم وضعها للاستخدام في المناطق الخلفية، وإن المالئات الأكثر شيوعاً فيه هي زجاج الباريوم بنسبة حجم وسطي للذرات حوالي 1-0.6 ميكرون[5]، كما أن هناك نوعاً آخر هو الكومبوزت الفائق الدقة الهجين Nano filled Hybrid Composite (NHC) والذي يحتوي على زيادة في المادة المالئة مع اختلاف في الأبعاد[8]، أما في الكومبوزت فائق النعومة فعادة ما تستعمل ذرات السليكا التي تبلغ حجومها مرتبة أجزاء من الميكرون[11].

القساوة المجهرية Micro Hardness :

وتعبر عن مقاومة المادة للخدش ويشار إليها برقم القساوة Hardness Number(HN) ويختلف الرقم حسب الطريقة المستخدمة لقياس القساوة وتعطي عادة القيم المنخفضة لرقم القساوة مؤشراً على المواد الطرية والعكس صحيح[12].

يتم قياس القساوة بجهاز خاص يقوم بضغط رأس مصنوع من الفولاذ أو الماس ذي أبعاد معينة على سطح المادة المراد قياس قساوتها، وتتعلق القساوة بشكل الرأس الذي يطبق الضغط، ومدى اختراقه ضمن المادة بالإضافة إلى القوة المطبقة على الرأس وزمن التطبيق[12].

هناك عدة طرائق لقياس القساوة منها طريقة (Brinell) وطريقة (Knoop) وطريقة (Rockwell) وطريقة (Vickers)، وتختلف عن بعضها البعض بشكل الرأس المطبق للقوة حيث تستعمل في كل من طريقة (Knoop) و (Vickers) رأس هرمي ماسي، ويكون معيني الشكل في طريقة (Knoop) ومربع الشكل في طريقة Vickers ، أما (Brinell) فيعتمد على رأس مؤلفة من كرة فولاذية تحدث أثر دائري الشكل على السطح المراد قياس قساوته[13].

تعين القساوة بطريقة VICKERS بالعلاقة التالية:

$$Hv = 1854\ P\ /\ D2$$

تم انجاز هذا البحث في قسم مداواة الأسنان، كلية طب الأسنان، جامعة حماة في الفترة الممتدة من ٢٠٢٠/١/٢٠ وحتى ٢٠٢٠/٨/١٥ م.

حيث: P – الحمل المؤثر على العينات وهو في هذا البحث 500 غرام.

D – القطر الوسطي للأثر الذي يتركه الهرم الماسي على سطح العينة عند تطبيق الحمل عليها.

H – القساوة المجهرية وواحدتها V.Kg/mm2 – وحدة فيكرز.

عامل الشكل (C-Factor) Configuration factor:

درست العلاقة بين شكل تحضير الحفرة وشدة التقلص التصلبي وجهته من قبل Feilzer حيث وصف العامل C والذي يشير إلى النسبة بين الجدران المرتبطة من الترميم إلى الجدران غير المرتبطة(الحرة) حيث أنه كلما ازداد عدد الجدران المرتبطة كلما زادت الاجهادات التقلصية[14].

العامل C :

$$CF = \frac{\text{عدد الجدران المرتبطة}}{\text{عدد الجدران غير المرتبطة}}$$

وبالتالي نجد أن ترميمات الصنف الرابع تعطي أداءً أفضل من ترميمات الصنف الأول ، حيث أنه كلما كان العامل C أصغر كلما كان الإجهاد التقلصي أقل، ففي حفر الصنف الأول حيث العامل $C=\frac{5}{1}$ يكون الإجهاد أكبر من الصنف الرابع حيث العامل $C=\frac{1}{5}$.

هدف البحث: تحري تأثير الذرات المالئة فائقة الدقة الهجينة على قساوة الكومبوزت.

مواد وطرق البحث:

أولاً مواد البحث:

١- المواد المرممة :

لقد تم استخدام نوعين من الكومبوزت وهما:

١-مادة Tetric N Ceram لشركة Ivoclar-Vivadent السويسرية: كومبوزت ضوئي ظليل على الأشعة، يتصلب بطول موجة يتراوح بين 400-500 نانومتر، مع نسبة ملء (60-61) % حجماً، لون الكومبوزت A2 .

الشكل (١) مادةTetric N Ceram

٢-مادة Tetric EvoCeram لشركة Vivadent:

وهي عبارة عن كومبوزتٍ ضوئيٍّ فائق الدقة هجين Nanohybrid Composite ذو ذراتٍ مالئةٍ خزفيةٍ، ظليل على الأشعة، ويتصلب بطول موجة يتراوح بين 400-500 نانومتر، ويتركب من قالب مونومير ثنائي ميتاكريليت بنسبة (17-18 % وزناً)، كما يحتوي على ذراتٍ مالئةٍ مكونةٍ من زجاج الباريوم، و رباعي فلور الأتروبيوم، ومزيجٍ من الأكاسيد مع البوليمير بنسبة (82-83%) وزناً، بالإضافة إلى منشطاتٍ، ومسرعٍ، وموادٍ أخرى أقل من 1% وزناً.

الاحتواء العام من العناصر غير العضوية 79–80 % وزناً، و حجم الذرات يتراوح بين 40 نانومترٍ (0.04 ميكرون) وحتى 3000 نانومترٍ (3 ميكرون) مع حجمٍ وسطيٍّ للذرات 550 نانومتر (0.5 ميكرون).

الشكل (٢) مادة Tetric EvoCeram لشركة Vivadent

٣– المادة الرابطة لشركة Ivoclar–Vivadent وهي مادة الـ Excite وهي مادة رابطة للعاج والميناء، ذات تصلب ضوئي وتحوي ذرات مالئة من ثاني أوكسيد السيليكون، تستخدم لإلصاق ترميمات الكومبوزت المباشرة وغير المباشرة، كما تستخدم لإلصاق الوجوه التجميلية وترميمات الـ Inlay و الـ Onlay.

الشكل رقم (٣) يبين المادة الرابطة Excite

٤–قوالب صنع عينات القساوة وهي حاضنات معدنية دائرية الشكل بقطر 2.5 سم تتوافق مع قطر الحامل الموجود في المجهر المستخدم لقياس القساوة.

الشكل (٤) الحاضنات المعدنية لعينات القساوة

٥–جهاز التصليب الضوئي LITEX 680: أمريكي الصنع بطول موجة ٤٨٠ نانومتر.

الشكل (٥) يبين جهاز التصليب الضوئي

ثانياً: وصف العينة:

تألفت عينة الدراسة من ٦٠ عينة وضعت في حواضن معدنية بهدف إجراء اختبارات القساوة المجهرية حيث كانت عينة البحث مقسمة إلى مجموعتين رئيستين اثنتين متساويتين وفقاً للمادة المستخدمة (مادة Tetric N Ceram ، ومادة Tetric Evo Ceram)، وتم إجراء اختبارات القساوة بعد اتمام عمليات التحضير للعينات حتى تصبح بالشكل الملائم لإمكانية اختبارها وإجراء القياسات اللازمة على أجهزة القياس الخاصة، وقد تم اختبار القساوة بطرق الفحص المجهري الميكروسكوبي والذي يتيح لنا بدوره إظهار نمط توزيع الأطوار المكونة للأجسام بالإضافة إلى إظهار البنية المميزة لبعض أنواع المعالجات والكشف عن أدق عيوب المواد والشقوق والطبعات المجهرية الدقيقة وغيرها .

ولإجراء التحليل الميكروسكوبي تم تحضير الشرائح المجهرية بشكل عينات ذات سطوح تم تنعيم إحدى مستوياتها وصقلت بعناية، ثم تم وضعها ضمن الحاضنات المجهزة مسبقاً والتي توافق في قطرها الحامل الموجود في المجهر، وتوضع العينات في الحاضنة بحيث يكون سطحها الصقيل على أحد الوجوه ثم يتم ملء الحاضنة بالجبس الزهري وتترك حتى تمام التصلب ثم ترقم العينات ومن ثم يتم إجراء القياس لتحديد أبعاد الأثر الذي يتركه الهرم الماسي الرباعي على السطح المصقول وقد استخدم لهذه الغاية الميكروسكوب الرأسي الواسع الانتشار في أبحاث الرقابة والتحكم الذي يتيح العمل بالإضاءة الرأسية أو المائلة أو باستخدام الضوء المستقطب ، ويتراوح معامل التكبير لهذا الميكروسكوب بين(60−1440) مرة.

وتحسب القساوة بطريقة فيكرز Vickers Hardness Test من المعادلة التالية:

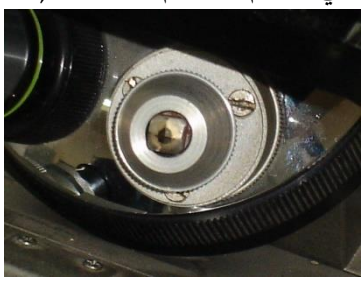
$$Hv = \frac{2PS_m(\propto/2)}{d^2}$$

حيث:

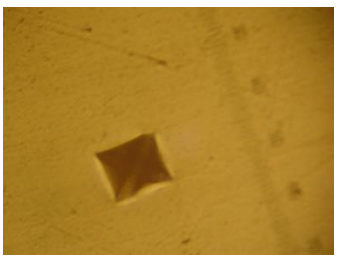
d –المتوسط الحسابي لطول قطري الأثر بالـ /mm/.

$\propto$ – الزاوية بين الوجهين المتقابلين وتساوي (136°).

P– الحمل المطبق على الهرم الماسي وقد تم استخدام حمل قدره (500) غ .



الشكل (٦) يبين الهرم الماسي المستخدم لاختبار القساوة



الشكل (٧) يبين الأثر الذي يتركه الرأس الماسي على سطح العينة مع إظهار المسطرة المدرجة

النتائج والمناقشة:

كان توزع العينات كما يلي:

٢ – توزع القوالب في عينة البحث وفقاً للمادة المستخدمة:

جدول رقم (١) يبين توزع عينة البحث وفقاً للمادة المستخدمة.

المادة المستخدمة	عدد العينات	النسبة المئوية
Tetric N Ceram	٣٠	50.0
Tetric Evo Ceram	٣٠	50.0
المجموع	٦٠	100

يبين الجدول يبين توزع عينة البحث وفقاً للمادة المستخدمة.

➢ نتائج القساوة المجهرية وفقاً لمجموعات المادة المستخدمة وفترة المراقبة:

جدول رقم (٢) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمتغير القساوة (بالكغ / مم٢) وفقاً للمادة المستخدمة.

المتغير المدروس	المادة المستخدمة	عدد القوالب	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري
القساوة المجهرية	Tetric N Ceram	٣٠	46.37	4.96	1.57
	Tetric Evo Ceram	٣٠	65.35	9.29	2.94
	المجموع	٦٠	53.11	12.22	1.93

هذا الجدول يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لمتغير القساوة (بالكغ / مم٢) وفقاً للمادة المستخدمة.

- نتائج اختبار تحليل التباين ANOVA :

جدول رقم (٣) يبين نتائج اختبار تحليل التباين ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط القساوة بين مجموعة المادة Tetric N Ceram ومجموعة المادة TetricEvoCeram

المتغير المدروس		مجموع المربعات	درجات الحرية	تقدير التباين	F	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
القساوة المجهرية	بين المجموعات	٣٨٥٠.٨٣	٣	١٢٨٣.٦١١	٢٣.٤٤٥	٠.٠٠٠	توجد فروق دالة
	داخل المجموعات	١٩٧١.٠٢	٣٦	٥٤.٧٥١			
	المجموع	٥٨٢١.٨٥	٣٩				

يوضح الجدول نتائج اختبار تحليل التباين ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط القساوة بين مجموعة المادة Tetric N Ceram ومجموعة المادة TetricEvoCeram

نلاحظ في الجدول السابق أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة ٠.٠٥، وهذا يعني أنه عند مستوى الثقة ٩٥% توجد فروق ثنائية دالة إحصائياً في متوسط القساوة بين المجموعات المعنية، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نجد أن متوسط القساوة في مجموعة المادة Tetric Evo Ceram أكبر قيمةً من متوسط القساوة في مجموعة المادة Tetric N Ceram أي أن القساوة في مجموعة المادة Tetric Evo Ceram كانت أكبر من القساوة مجموعة المادة Tetric N Ceram.

أبدت الأنواع الحديثة من الكومبوزت والحاوية على نسب ملء مرتفعة بسبب شمولها لذرات مالئة فائقة الدقة تحسناً ملحوظاً في القساوة، الأمر الذي تحدثت عنه الأبحاث المستفيضة التي ركزت على موضوع زيادة نسب الملء وإدخال ذرات صغيرة الحجم في مواد الكومبوزت السني[15]، حيث لوحظ زيادة وتحسناً في الخواص الميكانيكية بزيادة تركيز هذه الذرات في ترميمات الكومبوزت الحاوية على مستويات ملء مختلفة وبدراسة أثر مسامية المالئات على مقاومة السحل في الكومبوزت المملوء بذرات السيليكا الدقيقة تبين أن الذرات المالئة ذات المسامية الفائقة أعطت أملاً كبيراً بتحسينها لمقاومة الاهتراء في الكومبوزت[16].

بدراسة العلاقة بين المالئات وخواص الترميمات الخلفية ودراسة تأثير حجم الذرات وشكلها على الخواص الميكانيكية والسريرية في ترميمات الكومبوزت الخلفية تبين أن الترميمات الحاوية على الذرات المالئة الأصغر أبدت مستوىً أعلى من الخواص الميكانيكية والسريرية في حين قدمت الترميمات التي احتوت على الذرات المالئة الأكبر حجماً مقداراً أقل من هذه الخواص، كما بينت دراسة خصائص ترميمات الكومبوزت المقوى بالزجاج الخزفي من حيث تأثير محتوى الذرات وحجم الذرات المالئة أن زيادة المحتوى من المواد المالئة قد عزز من خواص هذه المواد وقلل من الإجهاد كما أن زيادة حجوم الذرات قد تناسب عكساً مع هذه الخواص حيث نقصت بشكل طفيف عند زيادة حجوم الذرات المالئة المستخدمة[17].

بينت النتائج أن المواد المرممة ذات الذرات المالئة فائقة الدقة الهجينة قد أبدت تفوقاً في مجال القساوة وذلك على مستوى المتوسطات الحسابية في الدراسات الإحصائية حيث أظهرت هذه المواد تميزاً ملحوظاً من حيث القساوة حيث يمكن تحسين القساوة بشكل واضح عن طريق إضافة ذرات خزفية ودمجها مع ذرات الزجاج السيلكونية، وقد تم التأكد من أن القوة و القساوة مع المقاومة ومقاومة الاهتراء قد تحسنت بشكل كبير عند إضافة هذه الذرات[18] .

حسنت الذرات المالئة فائقة الدقة من قساوة الكومبوزت عند زيادة تركيز هذه الذرات[19].

إن الذرات المالئة ذات المسامية الفائقة تعطي أملاً كبيراً بتحسينها لمقاومة الاهتراء (زيادة القساوة) في الكومبوزت[20].

إن الذرات الأكثر مسامية والأقوى كان لها أثر إيجابي على قوة الكومبوزت حيث زادت مسامية الذرات من مقاومة و قساوة الكومبوزت بشكل ملحوظ[21].

اتفقت هذه الدراسة مع الدراسة التي وجدت أن ذرات الخزف المضافة إلى ترميمات الكومبوزت المقواة بنواة من الألياف بمستويات متفاوتة من الذرات المالئة قد حسنت خواص الكومبوزت الميكانيكية بشكل كبير ، و زادت القساوة بنسبة واضحة[23–23]، واتفقت هذه الدراسة مع الدراسة التي تناولت الخواص الميكانيكية لترميمات الكومبوزت المقوى بالزجاج الخزفي من حيث تأثير محتوى الذرات وحجم الذرات المالئة، ووجدوا أن زيادة المحتوى من المواد المالئة قد عزز من الخواص الميكانيكية وقلل من الإجهاد كما أن زيادة حجوم الذرات قد تناسب عكساً مع هذه الخواص حيث نقصت بشكل طفيف عند زيادة حجوم الذرات المالئة المستخدمة[25–24]، و تبين في هذه الدراسة وجود علاقة طردية بين الخصائص الميكانيكية المدروسة وهي القساوة ومقاومة الانضغاط ومقاومة الشد في دراسة الإهتراء والخواص الميكانيكية للكومبوزت السني المقوى بذرات السيليكا فائقة النعومة [27–26] ووجد أن هناك علاقة طردية بين اهتراء الكومبوزت ، والقساوة، والمرونة، ومقاومة الانكسار حيث امتلك الكومبوزت المقوى مقاومة عالية، وقساوة ومقاومة اهتراء كانت هامة جداً لاستخدامه في المناطق الخلفية ذات الجهود الإطباقية العالية [29 –28]،

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

تفوقت المواد المرممة ذات الذرات المالئة فائقة الدقة على مثيلاتها التقليدية بالنسبة للقساوة.

التوصيات:

١-إجراء دراسات سرسرية على المواد المرممة الحاوية على ذرات مالئة فائقة الدقة الهجينة لتحري أفضليتها على غيرها من المواد.

٢-ننصح بتطبيق ترميمات الراتنج المركب فائق الدقة الهجين على الأسنان الخلفية كونه يعطي نتائج ميكانيكية جيدة

References:

١- Bouschlicher MR, Rue Ggeberg F, Boyer DB. *Effect of stepped light intensity on polymerization force and conversion in a photo activated composite.* J Esthete Dent. 2000; 12(1): 23-32.

2- Dennison JB, Yaman P, seir R, H Hamilton Jc. *Effect of variable light intensity on composite shrinkage*. J prosthet dent. 2000 Nov; 84(5):499-505.

3- Yoshikawa T, Burrow MF, Tagami J. *A light curing method for improving Marginal sealing and cavity wall adaption of resin composite restorations.* Dent Master. 2001 Jul; 17(4):359-66.

4- SCHIMIZU T. *Ten- year longitudinal chemical evolution of a visible light cured posterior composite vision,* Dent mater J 1995;14(2):120-134.

5- PHILLIPS RW. *Phillip's Science of Dental Materials,* 10th edition, Philadelphia, PA: W.B Saunders Co., 1996. p274.

6- BAYNE SC, HEYMANN HO, Swift EJ. *Update on dental composite restorations.* J Am Dent Assoc 1994;125:687-701.

7- FERRACANE JL. *In vitro evaluation of composite resins. Structure-property relationships, development of assessment criteria*. Trans Acad Dent Mater 1989;2:6-35.

8- FERRACANE JL. *Current trends in dental composites*. Crit Rev Oral Biol Med. 1995; 6(4):302-318.

9- BOUSCHLICHER MR, COBB DS, BOYER DB. *Radiopacity of compomers, flowable and conventional resin composites for posterior restorations*. Oper Dent 1999; 24(1):20-25.

10- DERE K.W .JONES. *Dental composite Biomaterial* © J Can Dent Assoc 1998; 64:732-4.

11- Jones G B. *Posterior composite restorations*. Texas Dent J 1989 ; 106 (3): 13-20.

12- G lad win M , Bag by M. *Clinical Aspects of Dental Materials.* Lippincott Williams And Wilkins, 2000.

13- Mc cabe J.F, walls Awg. *Applied Dental materials.* Blackwell Science. 1998, Eighth edition. Pp:169-188.

14- Feilzer Aj, De Gee Aj, Davidson cl. *Setting stress in relation to configuration of the restoration* J Dent Res. 1987 Nov; 66(11): 1636-9.

15- XU HHK . *Dental composite resins containing silica-fused ceramic single-crystalline whiskers with various filler levels.* J Dent Res.1999 Jul;78:1304–1311.

16- LUO J, LANNUTTI JJ, SEGHI RR. *Effect of filler porosity on the abrasion resistance of nanoporous silica gel/polymer composites.* Dent Mater 1998 Jan;14(1):29-36.

17- JUHASZ JA, BEST SM, BROOKS R, Kawashita M, Miyata N, Kokubo T, Nakamura T, Bonfield W. *Mechanical properties of glass-ceramic A-W-polyethylene composites: effect of filler content and particle size.* Biomaterials. 2004 Mar;25(6):949 - 55.

18- Xu HH, Martin TA, Antonucci JM, Eichmiller FC. *Ceramic whisker reinforcement of dental resin composites. J Dent Res. 1999 Feb;78(2):706-12*

19- Xu HHK . *Dental composite resins containing silica-fused ceramic single-crystalline whiskers with various filler levels. J Dent Res.1999 Jul;78:1304–1311.*

20- Luo J, Lannutti JJ, Seghi RR. *Effect of filler porosity on the abrasion resistance of nanoporous silica gel/polymer composites. Dent Mater 1998 Jan;14(1):29-36.*

21- Zandinejad AA, Atai M, Pahlevan A. *The effect of ceramic and porous fillers on the mechanical properties of experimental dental composites. Dent Mater. 2005 Jul 28; [Epub ahead of print].*

22- Xu HH, Smith DT, Schumacher GE, Eichmiller FC. *Whisker-reinforced dental core buildup composites: effect of filler level on mechanical properties.J Biomed Mater Res. 2000 Dec 15;52(4):812-8.*

23- Juhasz JA, Best SM, Brooks R, Kawashita M, Miyata N, Kokubo T, Nakamura T, Bonfield W. *Mechanical properties of glass-ceramic A-W-polyethylene composites: effect of filler content and particle size. Biomaterials. 2004 Mar;25(6):949 - 55.*

24- H.H. K. Xu , J.B. Quinn, and A.A. Giuseppetti. *Wear and Mechanical Properties of Nano-silica-fused Whisker Composites.J AmDent Asso; July 2003 .*

25- Sturdevant, André V, Lee W, Ricardo Walter. *Art and Science of Operative Dentistry. Seventh Edition ٢٠١٩.*

26-Vimal K Sikri. *Pre-Clinical Conservative Dentistry. SECOND EDITION ٢٠١٦.*

27-Graham J. *Preservation and Restoration of Tooth Structure. Third Edition ٢٠١٦.*

28-Summitt. *Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach. Fourth Edition ٢٠١٣.*

29-Jose-Luis Ruiz. *Supra-Gingival Minimally Invasive Dentistry. A Healthier Approach to Esthetic Restorations ٢٠١٧.*