

A Laboratory Study between Esthetic Restorative Materials Regarding Compression Strength

Dr. Atef Abdullah^{*}
Annan al-Ghada^{**}

(Received 23 / 8 / 2020. Accepted 23 / 9 / 2020)

□ ABSTRACT □

Objective: This study aims to in vivo compare the Compression Strength 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 (4mm height, 5mm 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 is divided into four groups (10 each type), Specimens were stored in distilled water for 24 hours, Compression Strength test was then applied using test device (1mm speed) until destruction, Results were statistically analyzed by One-Way ANOVA and Bonferroni.

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

Keywords: Nano hybrid composite, Giomer, RMGIC, compomer, Compression Strength.

^{*} Associate Professor - Department of Endodontic and Operative Dentistry - Faculty of Dentistry - Hama University, Hama, Syria.

^{**} Postgraduate Student (PhD) - Department of Endodontic and Operative Dentistry - Faculty of Dentistry - Hama University, Hama, Syria.

دراسة مخبرية مقارنة بين عدة مواد ترميمية تجميلية من حيث قوى الانضغاط

د. عاطف عبدالله*

عنان الغدا**

(تاريخ الإيداع 23 / 8 / 2020. قُبل للنشر في 23 / 9 / 2020)

□ ملخص □

الهدف: تهدف هذه الدراسة الى مقارنة قوى الانضغاط Compression Strength لكل من الجيومير، الكومبوزت الهجين فائق الدقة، الكومبومير والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج.

مواد وطرائق البحث: تألفت عينة البحث من 40 قرص اسطواني تم تحضيرها بوساطة قالب معدني (بارتفاع 4مم وقطر 5مم) من مواد الجيومير Giomer نوع Beautifil II لشركة Shofu, Japan، الكومبوزت الهجين فائق الدقة Nanohybrid نوع EvoCeram لشركة Ivoclar Vivadent, Ellwangen, Germany، الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج RMGIC نوع FUJI II LC من شركة GC، JAPAN، ومادة الكومبومير Compomer نوع Compoglass F لشركة Ivoclar، قُسمت عينة البحث إلى أربع مجموعات (10 أقراص لكل نوع)، ثم حفظت العينات في الماء المقطر لمدة 24 ساعة، وبعدها تم تطبيق اختبار قوى الانضغاط بوساطة جهاز اختبار قوى الانضغاط نوع (Test) بتعريض جميع العينات إلى رأس الانضغاط للجهاز بسرعة 1مم في الدقيقة حتى تمام التخطم، ثم حُللت النتائج إحصائياً باستخدام تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA وإجراء المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni بين كل زوج من المجموعات المدروسة.

النتائج: تبين أن هنالك فروق دالة إحصائية بين مجموعات الدراسة الأربعة وأن قيم مقدار قوى الانضغاط 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، قوى الانضغاط.

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

** طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم مداواة الاسنان - كلية طب الاسنان - جامعة حماه، حماه، سورية.

مقدمة:

تعد المواد المرممة التجميلية مثل الإسمنت الزجاجي الشاردي والكومبوزيت والجيومير جزءاً هاماً من طب الأسنان الحديث (Yap 2002)، حيث أصبحت هي المواد المفضلة في طب الأسنان الترميمي، ومع ازدياد تحسن خواصها أصبح من غير المفضل استخدام الأملغم على الأسنان الخلفية وحل مكانه المواد الراتنجية بكل ما تملكه من خواص تجميلية وميكانيكية جيدة مثل قوة الانضغاط، بل أصبحت من المواد العلاجية الموثوق بها من أجل الترميمات الأمامية والخلفية على حد سواء (Leprince 2012).

هذا التحسن في الخواص الذي كان بسبب تحسين مكوناتها وتبسيط إجراءات إلصاقها جعلها من المواد المفضلة للمرضى والأطباء بنفس المستوى (Badra 2005) (Korkmaz 2008)، مع ما يرافق ذلك من تحسن في الخواص الفيزيائية الناتج عن تقوية الراتنجات السنوية بجزيئات مألثة وزيادة كثافة وحجم هذه الجزيئات والتي بدورها تقوم بهذا التأثير (Topcu 2010)، أثبتت الأبحاث الأخيرة على الراتنجات السنوية بأن إضافة الجزيئات النانوية إلى القالب الراتنجي أدت إلى تطوير أجيال جديدة من الراتنجات وترافق ذلك مع إنقاص حجم الجزيئات المضافة وزيادة عددها الأمر الذي يؤدي إلى مقاومة أعلى للإهتراء وزيادة في الصلابة و مقاومة الإهتراء (Ruddell 2002)، (Xu 1999).

ولكي تكون هذه المواد الترميمية مقبولة من الناحية السريرية، يجب عليها أن تكون متينة وتمتلك درجة عالية من المقاومة تجاه الإهتراء في الحفرة الفموية (Okada 2001)، (Suese 2002) فهي تتعرض بشكل إما منقطع أو مستمر إلى العوامل الكيميائية الموجودة في اللعاب، الطعام والسوائل، الأمر الذي يمكن أن يقوم بسحل القالب الراتنجي لهذه المواد ويسبب خروج الجزيئات المألثة منه (Yap 2002).

من أجل تقييم خصائص المواد السنوية المستخدمة في الحفرة الفموية يتم إجراء الإختبارات الميكانيكية التي تهدف إلى توقع سلوكها ومحاولة محاكاة الظروف الحيوية التي يمكن أن تحيط بها وبالتالي تؤمن طرقاً لتحسينها وزيادة استخدامها (Mandikos 2004).

وبالرغم 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 تمكّننا من إجراء مقارنة وتقييم للمواد السنوية خلال فترة قصيرة وتعطينا توجيهات أساسية لاستخدامها سريرياً مع الأخذ بعين الاعتبار صعوبة إنجاز اختبار مقاومة الكسر لهذه المواد سريرياً (Braga 2004) (Mandikos 2004)، حيث يعد اختبار قوى الانضغاط مؤشراً هاماً من أجل معرفة القوة الميكانيكية للمواد المرممة ومقاومتها للعديد من العوامل المؤثرة داخل الحفرة الفموية (Badra 2005)، (Gordan 2003). 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 الادب 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 والكومبومير Compomer نوع Compoglass F, Ivoclar من حيث قوى الانضغاط.

المراجعة النظرية:

تعرف قوة الانضغاط Compression Strength لمادة معينة بأنها: كمية الإجهاد المطلوب من أجل تشويه المادة وتحويلها إلى جزيئات مبعثرة، ويمكن حسابها من خلال قسمة الحمل المطبق على المساحة الأصلية للعينة والتي طبق عليها هذا الحمل وبما أن الدراسات المخبرية هي محاولة من أجل الفهم الأفضل للمواد الترميمية التجميلية، فإن اختبار قوى الانضغاط هو أفضل وسيلة من أجل معرفة مدى قوة هذه المواد (Mallmann 2007) حيث يعتبر اختبار قوى الانضغاط ذو أهمية كبيرة بسبب أنه في البيئة الفموية السريرية، تخضع الترميمات السننية إلى عدد لا محدود من القوى المركبة وعزوم القوى التي تؤدي إلى حدوث الانضغاط والشد والإجهاد الإهترائي، مما يؤثر على متانة وديمومة الترميم. (Kiran 2014) كما أن للأبحاث على الخواص الميكانيكية للمواد الترميمية أهمية كبيرة من الناحية السريرية، وخصوصاً إذا كانت هذه المواد سوف تُطبق في مناطق ذات تحميل إطباقي عالي مثل الأسنان الخلفية، حيث هنالك ندرة في الأدب الطبي من حيث الأبحاث التي تقارن بين قوى انضغاط المواد الراتنجية الحديثة (Nagarajan 2019) تعتبر قوى الانضغاط والشد القطري ومقاومة الكسور للكومبوزت الهجين فائق الدقة هي أفضل من الراتنجات الأخرى بجميع أنواعها (Beun 2007)، كما يعتبر الجيومير أقوى من الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج (Walia 2016).

في دراسة لـ Quader عام 2012 والتي قارن فيها بين الجيومير Beautifil II والكومبومير DyractExtra والكومبوزت Quixfil بمعدل 7 عينات لكل مادة من ناحية قوة الانضغاط، وجد أن أعلى قيمة للانضغاط كانت في مجموعة الجيومير والتي كان متوسط قوة انضغاطها 271.356 ميغاباسكال وأقل قوة انضغاط كانت في الكومبومير وبلغت 203.444 ميغاباسكال، في حين بلغت قوة انضغاط الكومبوزت 238.598 ميغاباسكال وهو كومبوزت من النوع Bulk fill، حيث أن الباحث لم يجد أي فرق إحصائي هام بين كل من الجيومير والكومبومير، بين الجيومير والكومبوزت وبين الكومبومير والكومبوزت (Quader 2012)

في دراسة لـ Xu عام 2003 والتي قارن فيها قدرة تحرير الفلور وقوى الانضغاط لمجموعة من المواد المحررة للفلور بمعدل 10 أقراص لكل مادة وجد أن معدل قوى انضغاط الكومبوزت Tetric Ceram كانت الأعلى وبلغت 286 ميغاباسكال بينما قوى انضغاط الإسمنت الزجاجي الشاردي نوع Fuji II LC Improved بلغت 166 ميغاباسكال، في حين بلغت قوى ارتباط الكومبومير نوع Compoglass F 227 ميغاباسكال، حيث أن قوى الانضغاط تزداد اعتباراً من الإسمنت الزجاجي المقوى بالراتنج إلى الكومبومير ثم إلى الكومبوزت باعتبار أن المحتوى الراتنجي لهذه المواد يزداد بنفس اتجاه زيادة قوى الانضغاط، وبالتالي هنالك فرق إحصائي هام بين الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج وكل من الكومبوزت والكومبومير من ناحية قوة الانضغاط، بينما لا يوجد فرق إحصائي هام بين كل من الكومبوزت والكومبومير من ناحية مقاومة الانضغاط. (Xu 2003)

إن مقدار كمية وحجم الجزيئات المألثة الموجودة في المادة وتركيبها يمكن أن يؤثر بشكل كبير على خصائصها الميكانيكية حتى لو كانت من نفس النوع، حيث أن الخصائص الفيزيائية للمادة تتحسن بازدياد محتواها من الجزيئات المألثة، والأهم من كمية الجزيئات المألثة هو تركيب هذه الجزيئات، فبينما يكون الجزيئات المألثة لأغلب المواد الترميمية المحررة للفلور هي جزيئات الفلوروالألمينوسيليكات الزجاجية *fluoroaluminosilicate Glass*، فإن جزيئات الكالسيوم هو مكون هام في الجزيئات المألثة للإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج وهو الذي يحرض على التفاعل مع الحموض المتعددة لتشكيل الشبكة الهلامية المتشابكة.

أضف إل ذلك أن الكومبوزت يملك جزيئات السيليكا SiO_2 الصلبة غير قابلة للذوبان وغير الموجودة في الإسمنتات الزجاجية الشاردية المقواة بالراتنج (Xu 2003) وهو مشابه لما جاء في دراسة لـWalia، عام 2016 والتي قارنت فيها بين عدة مواد ترميمية من ناحية قوى الانضغاط، حيث تبين أن الجيومير قد بلغ قيم قوى انضغاط 250.95 ميغاباسكال والتي كانت متقاربة مع قيم انضغاط الكومبوزت دقيق الذرات والتي بلغت 248.95 ميغاباسكال وبالتالي لم يكن هنالك فرق إحصائي هام بين المادتين (Walia 2016).

لكن في دراسة لـKhaled عام 2011 لتحري قوة انضغاط عدة مواد ترميمية تجميلية تبين أن قوة انضغاط الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع EvoCeram بلغت 237.74 ميغاباسكال وذلك في جهاز اختبار قوة الانضغاط ذو رأس عامل يتحرك بسرعة 1مم بالدقيقة، وكانت هذه القيمة أقل من قوة انضغاط الكومبوزت الهجين دقيق الذرات نوع Filtek Z 250 التي بلغت 405.33 ميغاباسكال على الرغم من أن المألثات غير العضوية تشكل 60% منه في حين المألثات غير العضوية تشكل 68% من حجم الكومبوزت الهجين فائق الذرات EvoCeram.

وهذا يناقض الاعتقاد بأن لكمية المألثات دور في تحسين مقاومة الانضغاط لمواد الراتنجية، لذلك وبحسب Khaled لا يمكن الاعتماد على كمية المألثات بنفس قدر الاعتماد على نوع هذه المألثات وحجم جزيئاتها وتركيبها وشكلها (Khaled 2011).

في دراسة لـYoon عام 2010 بين أن قوى انضغاط الكومبوزت أعلى من الجيومير والكومبومير على الترتيب، وأن هنالك فرق هام إحصائي بين كل من الكومبوزت من جهة والجيومير والكومبومير من جهة أخرى، بينما لم يكن هنالك فرق هام إحصائي بين الجيومير والكومبومير من ناحية مقاومة الانضغاط، كما بين Yoon في نفس الدراسة أن قوى انضغاط المواد الثلاثة قد انخفضت بعد تعريضها لـ 5000 دورة حرارية مع المحافظة على نفس الترتيب ولكن دون فرق إحصائي هام بين المرحلتين قبل وبعد التعريض لدورات الحرارية (Yoon 2010).

في دراسة لـSaleem عام 2017 والتي أجريت على 40 عينة اسطوانية من عدة مواد ترميمية لاختبار قوى الانضغاط ضمن جهاز INSTRON بسرعة 1مم بالدقيقة تبين أن قوى انضغاط الكومبوزت الهجين دقيق الذرات Tetric Ceram بلغت 230 ميغاباسكال، في حين بلغت قوى انضغاط الكومبومير نوع Dyract AP 205.3 ميغاباسكال وجاء الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع FUJI II LC أخيراً بقوى انضغاط بلغت 183 ميغاباسكال، أي أن هنالك فرق إحصائي هام بين الكومبوزت والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج والكومبومير (Saleem 2017).

في دراسة لـSilva عام 2009 والتي قارن فيها بين الكومبومير والكومبوزت عند تصليبهما بنوعين من أجهزة التصليب، تفوق الكومبوزت على الكومبومير في كلا الحالتين مع وجود فرق إحصائي هام بينهما حيث كانت النتائج عند استخدام

جهاز التصليب QTH Light 153.90، 202.23 ميغاباسكال للكومبومير والكومبوزت على الترتيب بينما بلغت نتائج قوة الانضغاط عند استخدام جهاز Blue LED Light 109.36، 186.76 ميغاباسكال للكومبومير والكومبوزت على الترتيب (Silva 2009)

في دراسة لـ Bhattacharya عام 2017 والتي أجريت على 20 قرص اسطواني بأبعاد (4مم للقطر - 6مم للارتفاع) من مواد الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج، الجيومير والكومبومير لتحري قوى الانضغاط، أظهرت النتائج تفوق الجيومير بقوة انضغاط بلغت 324.4 ميغاباسكال على الكومبومير نوع Dyract Extra الذي بلغت قوى انضغاطه 315.9 ميغاباسكال وعلى الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع Ketac 100 الذي بلغت قوة انضغاطه 252.3 ميغاباسكال وبالتالي لم يكن هنالك فرق إحصائي هام بين الجيومير والكومبومير، بينما كان هنالك فرق إحصائي هام بين الجيومير والكومبومير من جهة والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج من جهة أخرى من ناحية قوى الانضغاط (Bhattacharya 2017)

في دراسة لـ Jong-Soo عام 2012 والتي قارن فيها بين الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع Z350 XT والجيومير السيلال تبين أن قوة انضغاط الكومبوزت المذكور بلغت متوسط قيمتها 218.7 ميغاباسكال بينما لم يتجاوز متوسط قيمة قوى انضغاط الجيومير السيلال 176.5 ميغاباسكال (Jong-Soo 2012)

في دراسة لـ Nagarajan عام 2019 والتي قارن فيها قوى انضغاط 20 قرص أسطواني بأبعاد (4مم للقطر - 6مم للارتفاع) ضمن جهاز اختبار قوة انضغاط ذو رأس عامل بسرعة 1مم بالدقيقة لمواد الجيومير Beautifil II والكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع EvoCeram لتبلغ قيمة قوة انضغاط الجيومير 277.5 ميغاباسكال، بينما كانت قوة انضغاط الكومبوزت 237.8 ميغاباسكال، أي هنالك فرق إحصائي هام بين مجموعات الدراسة (Nagarajan 2019)

في دراسة لـ Alpöz عام 2008 والتي أجريت لتحري تأثير مدة ونوع جهاز التصليب الضوئي على قوة الانضغاط للكومبومير نوع Compoglass F والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج نوع Fuji II LC بأنه يوجد فرق إحصائي دال إحصائياً بين النوعين وذلك بتفوق الكومبومير (Alpöz 2008)

في دراسة لـ Ilie عام 2009 والتي درس فيها 72 نوع من المواد التجميلية الترميمية، 7 أنواع منها كانت من الكومبوزت الهجين فائق الدقة، حيث بلغت قيم القساوة لها كالتالي: 267.4 Filtek Supreme Enamel، 103.7 Filtek Supreme Dentin، 134.3 Filtek Supreme XT، 214.9 CeramX Duo، 219.7 Tetric EvoCeram، 240.7 CeramX Mono، 242.8 Premise Enamel، ميغاباسكال.

كما درس قوى انضغاط ثمان أنواع من الكومبوميرات كانت أبرزها قوة انضغاط الكومبومير نوع Compoglass F 201.4 ميغاباسكال، بينما تراوحت قيم بقية عينات الكومبومير بين (256.6 - 227.7 - 247.8 - 237.6 - 201.5 - 256.4 - 218.5 ميغاباسكال) (Ilie 2009)

طرائق البحث ومواده:

تم في هذا البحث استخدام:

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



صورة رقم (1) الكومبوزت الهجين فائق الدقة نوع Tetric Evo Ceram

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



صورة رقم (2) المادة الرابطة نوع Tetric N-bond

- 3- 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 (3) مادة الجيومير Giomer

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



صورة رقم (4) المادة الرابطة للجيومير BeutiBond

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



صورة رقم (5) مادة الكومبومير Compoglass F

6- 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 (6) **RMGIC**

تألفت عينة البحث من 40 قرص إسطواني صنعت بواسطة قالب معدني خاص بالبحث بقطر 5 ملم وارتفاع 4 ملم (Alkhudhairy 2017)



صورة رقم (7) القالب المعدني المستخدم في البحث

من المواد المدروسة في هذا البحث (10 أقراص لكل مادة) موزعة على الشكل التالي:

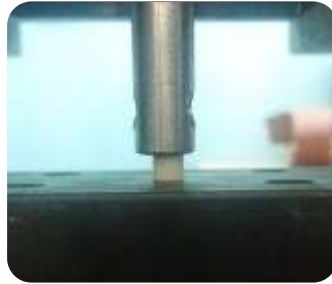
جدول رقم (1) توزيع عينة البحث على المواد الأربع

نوع المادة	عدد القوالب
الجيومير	10
الكومبومير	10
RMGIC	10
الكومبوزت	10

تم وضع القالب المعدني على لوح زجاجي وبينهما مسندة سيلونيديية نوع ميلر Mylar، Universal strips of acetate، foil, Italy بعد ذلك تم دك الكومبوزت حتى امتلاء الفتحة وبعد ذلك تم وضع مسندة شفافة أخرى من السيلونييد، ثم تم

وضع لوح زجاجي فوق المسندة ليتم ضغط المادة للحصول على سطح مستوٍ لمدة 30 ثانية ومن ثم تصليب كل عينة لمدة 40 ثانية لإكمال التصلب وذلك بالتماس المباشر مع اللوح الزجاجي (Mobarak 2009). 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 انهاءها وتلميعها بواسطة الأقراص نوع (Astropol, Ivoclar Vivadent,) (Ellwangen, Germany) (Bashetty 2010)، ثم تم حفظ العينات مدة 24 ساعة بدرجة حرارة 37 درجة مئوية ومن ثم وضعت في حاضنة بدرجة حرارة 37 درجة، لمدة 7 أيام من أجل تمام التصلب ثم تم إخراج العينات وتجفيفها (Alpöz 2008)

بعد ذلك تم وضع العينات في جهاز اختبار قوى الانضغاط نوع (Test)، وهو جهاز ألماني الصنع عام 2005 يستخدم لاختبار قوى القص لمختلف المواد، الرقم التسلسلي: 05.902489، وتم تعريض جميع العينات إلى رأس الانضغاط للجهاز بسرعة 1مم في الدقيقة حتى تمام التحطم.



صورة رقم (8) عينة المواد في جهاز Test

إن مقدار قوة الانضغاط تم تعيينها على شاشة الكمبيوتر الموصول مع جهاز اختبار قوة الانضغاط من خلال المعادلة:

$$CS = \frac{p}{\pi \times r^2}$$

حيث أن CS هي قوة الانضغاط و تقاس بالميغا باسكال MPa

P هو الحمل المطبق عند حدوث الكسر في العينة.

R نصف قطر العينة (KILARU 2012)



صورة رقم (9) تحطم عينة المواد في جهاز Test

ثم تم تصنيف النتائج في جداول خاصة مريض تمهيداً لدراساتها إحصائياً لاحقاً.

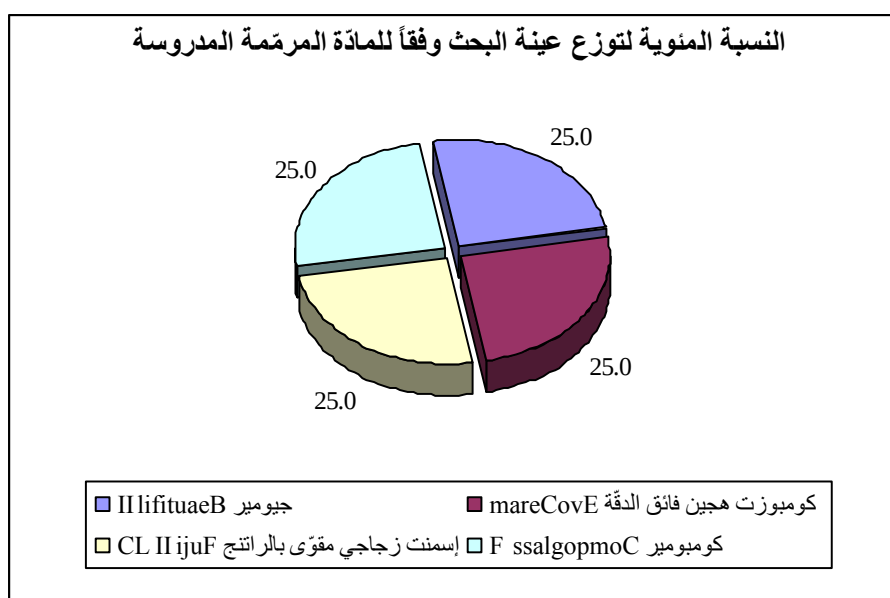
النتائج والمناقشة:**النتائج:****أولاً - وصف العينة:**

تألفت عينة البحث من 40 قالباً صناعياً كانوا مقسمين إلى أربع مجموعات فرعية متساوية وفقاً للمادة المرممة المدروسة (جيومير Beautifil II، كومبوزت هجين فائق الدقة EvoCeram، إسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC، كومبومير Compoglass F)، وكان توزع عينة البحث كما يلي:

1-توزع عينة البحث وفقاً للمادة المرممة المدروسة:

جدول رقم (2) يبين توزع عينة البحث وفقاً للمادة المرممة المدروسة.

النسبة المئوية	عدد القوالب الصناعية	المادة المرممة المدروسة
25.0	10	جيومير Beautifil 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 (1) يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً للمادة المرممة المدروسة

ثانياً - الدراسة الإحصائية التحليلية:

تم قياس مقدار قوى الانضغاط لكل قالب صناعية من القوالب الصناعية في عينة البحث، ثم تمت دراسة تأثير المادة المرممة المدروسة في قيم مقدار قوى الانضغاط في عينة البحث وكانت نتائج التحليل كما يلي:

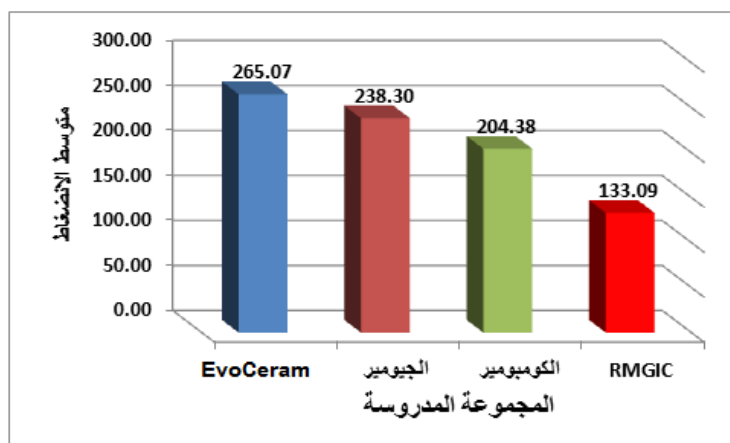
الاحصاءات الوصفية لعينة قوة الانضغاط:

يبين الجدول التالي الاحصاءات الوصفية لنتائج قوة الانضغاط في المجموعات المدروسة:

جدول رقم (3) الاحصاءات الوصفية لنتائج اختبار قوى الانضغاط

المجموعة	الاحصاءات	القيمة
EvoCeram	Min	219.70
	Max	325.61
	$\bar{X}_1$	265.07
	SD_1	36.76
Beautifil II	Min	200.10
	Max	283.40
	$\bar{X}_2$	238.30
	SD_2	32.23
Compoglass F	Min	156.90
	Max	260.60
	$\bar{X}_3$	204.38
	SD_3	26.69
RMGIC	Min	80.51
	Max	176.43
	$\bar{X}_4$	133.09
	SD_4	38.60

ونوضح ذلك بالمخطط التالي:



مخطط رقم (2) الاحصاءات الوصفية لنتائج اختبار قوى الانضغاط

اختبار الفروق بين متوسطات قوة الانضغاط في المجموعات المدروسة:

تم إجراء اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط قوى الانضغاط بين المجموعات الأربع المدروسة (الجيومير Beautifil II، الكومبوزت هجين فائق الدقة EvoCeram، الإسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC، الكومبومير Compoglass F) في عينة البحث كما يلي:

جدول رقم (4) اختبار تحليل التباين ANOVA لاختبار قوى الانضغاط بين المجموعات الأربع المدروسة في البحث

مصدر التباين	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	F	معنوية الاختبار Sig
بين المجموعات	97802.215	3	32600.738	28.398	0**
داخل المجموعات	41327.667	36	1147.991		
الكلية	139129.881	39			

من الجدول السابق نلاحظ أن:

قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط قوى الانضغاط بين اثنتين على الأقل من المجموعات الأربع المدروسة (الجيومير Beautifil II، الكومبوزت هجين فائق الدقة EvoCeram، الإسمنت زجاجي مقوى بالراتنج Fuji II LC، الكومبومير Compoglass F) في عينة البحث.

ولمعرفة أي من المجموعات تختلف اختلافاً جوهرياً عن الأخريات في قيم قوى الانضغاط تم إجراء المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni بين كل زوج من المجموعات المدروسة في عينة البحث كما يلي:

جدول رقم (5) يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni

لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار قوى الانضغاط بين المجموعات الأربع المدروسة

المجموعة 1	المجموعة 2	فرق المتوسطات	الخطأ المعياري	معنوية الاختبار sig	مجال الثقة 95%	
					الحد الأدنى	الحد الأعلى
EvoCeram	Beautifil II	26.76600	15.15250	.515	-15.5393-	69.0713
	Compoglass F	60.69000*	15.15250	.002	18.3847	102.9953
	RMGIC	131.97900*	15.15250	.000	89.6737	174.2843
Beautifil II	EvoCeram	-26.76600-	15.15250	.515	-69.0713-	15.5393
	Compoglass F	33.92400	15.15250	.189	-8.3813-	76.2293
	RMGIC	105.21300*	15.15250	.000	62.9077	147.5183
Compoglass F	EvoCeram	-60.69000-*	15.15250	.002	-102.9953-	-18.3847
	Beautifil II	-33.92400-	15.15250	.189	-76.2293-	8.3813
	RMGIC	71.28900*	15.15250	.000	28.9837	113.5943
RMGIC	EvoCeram	-131.97900-*	15.15250	.000	-174.2843-	-89.6737
	Beautifil II	-105.21300-*	15.15250	.000	-147.5183-	-62.9077
	Compoglass F	-71.28900-*	15.15250	.000	-113.5943-	-28.9837

فرق المتوسطات ذو دلالة عند مستوى 0.05، حيث مكان تواجد * أي يوجد فرق معنوي ويلاحظ من الجدول السابق أنه:

- ✓ توجد فروق معنوية ذات دلالة احصائية في متوسط قوة الانضغاط بين المجموعة RMGIC وجميع المجموعات المدروسة وهي أقل مجموعة في متوسط قوة الانضغاط حيث زادت عنها مجموعة Compoglass F بنسبة 53.56% و Beautifil II بنسبة 79.05% والمجموعة EvoCeram بنسبة 99.17%.
- ✓ توجد فروق معنوية ذات دلالة احصائية في متوسط قوة الانضغاط بين المجموعة EvoCeram ومجموعة Compoglass F حيث كان متوسط قوة الانضغاط في المجموعة EvoCeram أعلى من مجموعة Compoglass F بنسبة 29.69%.
- ✓ لم تتواجد فروق معنوية ذات دلالة احصائية في متوسط قوة الانضغاط بين المجموعة EvoCeram ومجموعة Beautifil II وكذلك بين مجموعتي Compoglass F و Beautifil II.

المناقشة:

مع تطور المواد الترميمية، وزيادة وعي المرضى للمتطلبات التجميلية، حصل هنالك حاجة متزايدة للحصول على مواد ترميمية جيدة وتجميلية من أجل تعويض النسيج السنية التالفة، مع المحافظة على ديمومتها وقدرتها الترميمية (CRAIG 1996)، حيث أن التطور الحاصل في المواد الترميمية التجميلية خلال العقود القليلة الماضية هدف إلى تحسين خواصها الفيزيائية والميكانيكية والتجميلية وزاد من ديمومتها في الحفرة الفموية (Hegde 2011). إن أحد أهم الخواص المطلوبة في المواد الترميمية هي قوى الانضغاط وخصوصاً في مناطق التحميل الإطباق، حيث أن العديد من القوى تكون من النوع الضاغط (Saleem 2017)، تُبذل الكثير من الجهود المستمرة من أجل الوصول إلى مواد ذات قوة مناسبة تستطيع الصمود في الحفرة الفموية تحت تأثير القوى الماضية (Mali 2006). لذلك اعتُبر اختبار قوى الانضغاط مقياساً يستخدمه الباحثون والممارسون السريريون من أجل التنبؤ بالأداء السريري للمواد الترميمية، فالحاجة إلى مواد ترميمية جيدة وذات قوى انضغاط مرتفعة تصمد أمام قوى المضغ، هي التي قادت إلى التحسين الكبير والتطور في المواد الترميمية (Walia 2016)، وهو مؤشر جيد يحاكي القوى الإطباقية الموجودة في مناطق التحميل الإطباق (Sakaguchi 2005)، ويتم حساب هذه القوة عن طريق قسمة القوة الأعظمية عند الانضغاط على مساحة مقطع العينة الأصلية، حيث تطبق على طرفي العينة قوة تضغط بواسطة رأس مخروطي، ينتج عن هذه القوة قوى جر وسحب، ثم تؤدي إلى تركيز القوى في منتصف سطح العينة مسببة فشلها (Rueggeberg 1994، Silva 2009)، وهي تعبر عن قياس قوة المادة تحت القوة المطبقة، حيث أنه كلما كانت قوة الانضغاط أعلى اعتبرت المادة أقوى (Khaled 2011).

تبين من خلال هذه الدراسة وعلى مستوى الفروق بين المجموعات المدروسة:

أن الكومبوزت الهجين فائق الدقة أبدى أعلى قوة انضغاط تلاها الجيومير ثم الكومبومير ثم الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج (Mohanty 2017) وعلى صعيد النتائج الفردية، تفوق الكومبوزت الهجين فائق الدقة EvoCeram على الكومبومير Compoglass F والإسمنت الزجاجي المعدل بالراتنج RMGIC من ناحية قوى الانضغاط وهذا يتفق مع دراسة Saleem عام 2017 الذي بين تفوق الكومبوزت على كل من الكومبومير والإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج (Saleem 2010)، وقد يعود هذا التفوق إلى أن التركيب الكيميائي للمواد الراتنجية تؤثر في خواصها الميكانيكية، حيث أن السلوك الميكانيكي للمواد يعتمد على تركيز وحجم الجزيئات المائلة اللاعضوية ونوع هذه الجزيئات والقالب الراتنجي وعامل الربط السيلاني وشروط التصليب الضوئي، فالراتنجات الهجينة لديها القدرة على دمج

مالمات كبيرة في قالبها الراتنجي بسبب تنوع حجوم الجزيئات المالمة، هذه الراتنجات الهجينة لديها قدرة على التفوق على بقية الراتنجات بسبب قدرتها على دمج عدد أكبر من الجزيئات المالمة مما يحسن توزع الجهود بين المالمات في القالب العضوي (Anusavice 2003)، لذلك فإن الكومبوزت النانومتري لديه تركيز أكبر من الجزيئات المالمة التي يمكن زيادة تركيزها وزيادة تنوع حجومها دون أن يؤثر ذلك على لزوجة الكومبوزت مما يحسن من خواصه الميكانيكية (Hegde 2011، Silva 2009، Lim 2002) الأمر الذي يجعلها تلبي الحاجات التجميلية المطلوبة على الأسنان الأمامية، ولديها في نفس الوقت خواص ميكانيكية من أجل تحمل القوى الإطباقية عند استخدامها على الأسنان الخلفية (Nagarajan 2019)، كما اتفقت نتائج الدراسة الحالية ما أوضحه Beun عام 2007 بتفوق الكومبوزت الهجين فائق الدقة على بقية الراتنجات من ناحية قوى الانضغاط والشد القطري ومقاومة الكسور (Beun 2007)، ودراسة XU عام 2003 من حيث تفوق الكومبوزت على الإسمنت الزجاجي الشاردي، لكنها من ناحية أخرى تختلف معها حيث بين Xu أنه لا يوجد فرق في قوى الانضغاط بين كل من الكومبوزت والكومبومير، وقد يعزى ذلك إلى الاختلاف في حجم العينة أو بسبب أخطاء في حفظ العينات أو بعض العيوب المصنعية (Xu 2003)، كما تتفق نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة Yoon عام 2010 ودراسة Silva عام 2009 من ناحية تفوق الكومبوزت على الكومبومير (YOON 2010، SILVA 2009)، لكنها اختلفت مع نتائج دراسة Ilie عام 2009 التي بينت أنه لا يوجد فرق هام بين قوى انضغاط الـ EvoCeram والـ Compoglass F (ILIE 2009)، وقد يعزى هذا الاختلاف إلى اختلاف حجم العينة بين الدراستين.

كما تبين من نتائج الدراسة الحالية تفوق الجيومير Beautifil II على الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج RMGIC وهذا يتفق مع دراسة Walia عام 2016 (Walia 2016) ودراسة Bhattacharya عام 2017 التي بينت تفوق الجيومير على الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج (Bhattacharya 2017) من ناحية أخرى أظهرت الدراسة الحالية تفوق الكومبومير Compoglass F على الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج RMGIC الأمر الذي ينسجم مع ما توصل إليه الباحث Xu عام 2003 الذي بين تفوق الكومبومير على الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج (XU 2003) ودراسة Bhattacharya عام 2017 التي بينت تفوق الجيومير على الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج (Bhattacharya 2017) ودراسة Alpöz عام 2013 التي بينت أن هنالك فرق إحصائي هام بين الـ Compoglass F والـ Fuji II LC من ناحية قوى الانضغاط (Alpöz 2008).

لم يكن هنالك أي فرق في قوى الانضغاط بين الـ EvoCeram والـ الجيومير Beautifil II وهذا يختلف مع ما توصل إليه الباحث Yoon عام 2010 الذي أقر بتفوق الكومبوزت على الجيومير، كما يختلف مع ما توصل إليه الباحث Jong-Soo عام 2012 الذي بينت نتائج دراسته تفوق الكومبوزت الهجين نوع Z350 XT على الجيومير السبيل (JONG-SOO 2012) ودراسة Nagarajan عام 2019 الذي بين تفوق الـ EvoCeram على الـ Beautifil II من ناحية قوى الانضغاط (Nagarajan 2019) وقد يعود هذا الاختلاف إلى أن الكومبوزت الهجين فائق الدقة EvoCeram لديه نسبة 80% من المالمات الغير عضوية، حيث يتم فيه دمج جزيئات مالمة نانوية مع جزيئات مختلفة الأحجام مما ينقص الفراغ البيني بين الذرات الأمر الذي يسمح بزيادة كمية المالمات فيه وبالتالي يؤدي إلى

تحسين الخواص الفيزيائية، أما الجيومير تبلغ نسبة المائات غير العضوية حوالي 83% مما يسمح بزيادة الملء بشكل أكبر بالمائات الغير عضوية لذلك يبدي الجيومير قوة انضغاط أعلى من بقية المواد (Nagarajan 2019) تبين من خلال الإختبار في الدراسة الحالية أنه لم يكن هنالك أي فرق في قوى الانضغاط بين الـ Beautifil II والكمبومير Compoglass F، وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحث Quader عام 2012 (Quader 2012) ودراسة Bhattacharya عام 2017 التي بينت تفوق الجيومير على الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج (Bhattacharya 2017).

أي أنه بشكل عام تفوق الكمبوزيت الهجين فائق الدقة على كل من الكمبومير والإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج، وتفوق الجيومير على الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج بسبب أن حجم الجزيئات المائلة الصغير جدا في الكمبوزيت والجيومير وبالتالي زيادة التحميل من الجزيئات المائلة مما يحسن الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمواد (Hegde 2011)، لكن ذلك يختلف مع ما توصل إليه الباحث Khaled بتفوق الكمبوزيت الهجين فائق الدقة على الكمبوزيت الهجين دقيق الذرات، وبالتالي يناقض الاعتقاد بأن لكمية المائات دور في تحسين مقاومة الانضغاط لمواد الراتنجية، لذلك وبحسب Khaled لا يمكن الإعتماد على كمية المائات بنفس قدر الاعتماد على نوع هذه المائات وحجم جزيئاتها وتركيبها وشكلها (Khaled 2011)

كما أظهرت الدراسة الحالية أن قوى انضغاط الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج كانت أقل من البقية، وقد يعود ذلك إلى أن الروابط العضوية للبوليميرات في كل من الكمبوزيت والكمبومير (خصوصاً البوليميرات المشتركة لـ Bis- GAMA و UEDMA و TEGMA) لديها قوة ارتباط وصلابة أكثر من الروابط التشابكية الهلامية الناتجة عن تفاعل حمض - أساس في الإسمنت الزجاجي الشاردي المقواة بالراتنج (Xu 2003)

اختلفت نتائج متوسط قوى انضغاط الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج في الدراسة الحالية مع نتائج دراسة Aratani عام 2005 (Aratani 2005)، وقد يعزى هذا الاختلاف إلى أن قيم قوى انضغاط الإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج الموجودة في الأدب الطبي من الصعب مقارنتها وذلك بسبب التنوع الكبير في شروط الإختبار وبسبب التنوع الكبير في المواد المتوافرة، هذا الاختلاف يمكن أن يعزى إلى اختلاف التركيب، أسلوب التصنيع المصنعي، حجم ونوع الجزيئات المائلة الموجودة في البودرة، زيادة الوزن الجزيئي للسائل ومعدل المزج سائل / بودرة و المعدل راتنج / زجاج له (Mitsuhashi 2003)

على أية حال فأن معظم هذه الدراسات السابقة قد أظهرت معدلات بقاء في الحفرة الفموية أقل من دراستنا الحالية، والتي هي أقل من معايير جمعية طب الأسنان الأمريكية والتي تقول أنه بعد مرور 24 شهر معدل البقاء المقبول هو 95%، وبعد مرور 4 سنوات المعدل المقبول هو 90% (ADA Council On Dental Materials 1994)

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

يمكن في حدود الدراسة المخبرية الحالية حول مقارنة القساوة السطحية المجهرية أن نستنتج ما يلي: تفوق الكمبوزيت الهجين فائق الدقة Nanohybrid نوع Tetric Evo Ceram على الجيومير Giomer نوع Beautifil II والكمبومير نوع Compoglass F والإسمنت الزجاجي الشاردي المقوى بالراتنج Fuji II LC من ناحية قوى الانضغاط.

التوصيات:

يوصى باستخدام والكومبوزت الهجين فائق الدقة Nanohybrid 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 وتحمل الجهود الإطباقية.

References:

1. ADA Council on Dental Materials, *Instruments and Equipment*. Revised American Dental Association acceptance program guidelines for dentin and enamel adhesive materials. Chicago: American Dental Association, January 1994
2. ALKHUHAIRY 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
3. 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;2:37-42.
4. ANUSAVICE K :Restorative resins: *I Phillip's science of Dental Materials* . 3ed edition,2003,p;832.
5. ARATANI M; ANTÔNIO Carlos PEREIRAI; Lourenço CORRER-SobrinhoIII; Mário Alexandre Coelho SinforetiIV; Simonides ConsaniV .*Compressive strength of resin-modified glass ionomer restorative material: effect of P/L ratio and storage time* .J. Appl. Oral Sci. vol.13 no.4 Bauru Oct./Dec. 2005
6. 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.
7. 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.
8. BEUN S, GLORIEUX T, DEVAUX J, VREVEN J, LELOUP G. *Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites*. Dent Mater 2007; 23:51-9
9. BHATTACHARYA A, Dr. Sneha VAIDYA, Dr. Anil K TOMER, Dr. Panna MANGAT and Dr. Afnan Ajaz RAINA . *Evaluation and comparison of physical properties and fluoride release of newly introduced ceramic reinforced glass-ionomer restorative material with other glass ionomer cements – An in vitro study*. International Journal of Applied Dental Sciences .2017 2017; 3(4): 486-492
10. 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.
11. CRAIG RG, “Restorative Dental Materials” Chapter 10, *The C. V. Mosby Company, 1989; Anusavice KJ, “Philips Science of Dental Materials” Tenth Ed., W. B. Saunders Company, 1996.*
12. 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

13. HEGDE MN, HEGDE P, BHANDARY S, DEEPIKA K. *An evaluation of compressive strength of newer nanocomposites: An in vitro study*. Journal of Conservative Dentistry. 2011; 14: 36-39.
14. ILIE N, HICKEL R. 2009 a. *Investigations on mechanical behaviour of dental composites*. Clinical Oral Investigations 13(4): 427-438.
15. JONG-SOO K. *comparison of compressive strength and surface microhardness between flowable composite resin and giomer. the journal of the korean academy of pediatric dentistry*. Volume 39 Issue 4 .Pages.383-388 .2012.
16. KHALED A .*Physical Properties of Dental Resin Nanocomposites* .University of Manchester School of Dentistry. 2011
17. KILARU KR, HINDUJA D, KIDYOR KH, KUMAR S, Rao N. *Comparative evaluation of compressive strength, Vickers hardness and Modulus of elasticity of Hybrid and packable (Condensable) Posterior Composites*. – An in vitro study. Ann Essences Dent 2012;4:9-16.
18. KIRAN KV, TATIKONDA A, JHAJHARIAJ, RAINA S and KAUR R.: *In Vitro Evaluation of the Compressive Strength of Microhybrid and Nanocomposites*. OHDM; 13 (4). 1171-1173. 2014
19. 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.
20. 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
21. LIM BS, FERRACANE JL, CONDON JR, ADEY JD.: *Effect of filler fraction and filler surface treatment on wear of microfilled composites*. Dent Mater. 2002; 18: 1-11.
22. MALI P, DESHPANDE S, SINGH A. *Microleakage of restorative materials: An in vitro study*. J Indian Soc Pedod Prev Dent 2006;24:15-8. †
23. MALLMANN A., ATAÍDE JC, AMOEDO R, ROCHA PV and JACQUES LB.: *Compressive strength of glass ionomer cements using different specimen dimensions*. Braz Oral Res. 2007; 21(3):204-208
24. MANDIKOS 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.
25. MITSUHASHI A, HANAOKA K, TERANAKA T. *Fracture toughness of resin modified glass-ionomer restorative materials: effect of powder/liquid ratio and powder particle size reduction on fracture toughness*. Dent Mater. 2003;19:747-57.
26. 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
27. MOHANTY S, RAMESH S. *Fracture resistance of three posterior restorative materials: A preliminary in vitro study*. J Adv Pharm Edu Res 2017;7:291-4.
28. NAGARAJAN, S. HARIPRIYA .*Evaluation of compressive strength of different types of composite resins: An in vitro study*. drug invention. vol 11.special issue 2. 2019.
29. 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.

30. QUADER SA, ALAM MS, BASHAR A, GAFUR A, Al Mansur M. *Compressive strength, fluoride release and recharge of giomer*. Update Dent College J. 2012; 2(2):28-37.
31. 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.
32. RUEGGER FA, CAUGHMAN WF, CURTIS JW.: *Effect of light intensity and exposure duration on cure of composite resin*. Oper Dent. 1994;19:26-32.
33. SAKAGUCHI RL. 2005. *Review of the current status and challenges for dental posterior restorative composites: clinical, chemistry, and physical behavior considerations. Summary of discussion from the Portland Composites Symposium (POCOS) June 17-19, 2004, Oregon Health & Science University, Portland, Oregon*. Dental Materials 21(1):3-6.
34. SILVA CM, DIAS KR.: *Compressive Strength of Esthetic Restorative Materials Polymerized with Quartz-Tungsten- Halogen Light and Blue LED*. Braz Dent J. 2009; 20(1): 54-57
35. 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.
36. TOPCU FT, ERDEMIR U, SAHINKESEN G, YILDIZ E, USLAN I, ACIKEL C. *Evaluation of microhardness, surface roughness, and wear behavior of different types of resin composites polymerized with two different light sources*. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2010; 92: 470-478.
37. WALIA R, JASUJA P, VERMA KG, JUNEJA S, MATHUR A, AHUJA L. *A comparative evaluation of microleakage and compressive strength of Ketac Molar, Giomer, Zircomer, and Ceram-x: An in vitro study*. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2016; 34:280–284.
38. 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
39. XU X, BURGESS JO. *Compressive, fluoride release and recharge of fluoride releasing materials*. Biomaterials 2003; 24:2451-2461.
40. 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.
41. YOON M, JONG-SOO Kim, SEUNG-HOON Yoo. *changes of compressive strength and microhardness of composite resin, giomer and compomer after thermocycling treatment*. J Korean Acad Pediatr Dent. 2010; 37(4): 438-444.
42. SALEEM S. *Comparative evaluation of compressive strength of esthetic restorative materials*. Vol.:14 No.:1 2017