

تأثير أجهزة التصليب الضوئي المختلفة في القساوة وعمق التصلب في مواد الكمبوزت المطبقة بكتلة واحدة

سعاد عبود*

الملخص

خلفية البحث وهدفه: طرأت تغيرات متسارعة على مواد الكمبوزت سواء على صعيد المادة المألثة أو المبدئي الضوئي. إذ ظهر مؤخراً الكمبوزت المطبق بتقنية الكتلة الواحدة التي تصل سماكتها حتى 4 ملم. ومن الأهمية تحقيق التصلب المثالي لثخانة الطبقة كلها للحصول على الخواص الميكانيكية والفيزيائية الفضلى. هدَفَ هذا البحث إلى تقييم قساوة السطح، وعمق التصلب لعدة مواد كمبوزت منجزة بتقنية الكتلة الواحدة، وفق معيار القساوة المجهرية (Vickers) (VHN) باستخدام نوعين من أجهزة التصليب الضوئي. مواد البحث وطرائقه: شملت عينة الدراسة 90 قطعة (n=15) لثلاثة أنواع من الكمبوزت عالي اللزوجة المنجز بتقنية الكتلة الواحدة، وهي: (Filtek Bulk-Fill (3M ESPE، و(X-tra fil Bulk-Fill (Voco، و(SonicFill (Kerr. صُلِّبَت بواسطة جهازي تصليب ضوئي، الأول LED (Hemao, China) بشدة ضوئية 1000 cm² /mW، والثاني هالوجيني (LA-500 Blue Light QTH Apoza, China) بشدة ضوئية 500 cm² /mW. حُضِرَت عينات أسطوانية الشكل من كل مادة بواسطة قالب تيفلوني أسود بأبعاد (5 ملم × 6 ملم). قيسَت القساوة وفق معيار Vickers لسطح كل قطعة وقاعدتها بعد 24 ساعة من التصليب بواسطة جهاز (Qualitest, Germany) Microhardness tester بتطبيق حمولة 200غ/15ثا. وسُجِلَت قيم القساوة Vickers لكل من سطح العينة وقاعدتها لكل مادة، وقُورِنَت لمعرفة الفروق في القساوة بين المواد المدروسة. وحُسِبَت نسبة القاعدة إلى السطح لمعرفة عمق التصلب. حُلَّت النتائج باستخدام اختبار T-ستيوينت، وتحليل التباين ANOVA أحادي الجانب واختبار Bonferroni للمقارنات الثنائية (P<0.05).

النتائج: أظهرت نتائج القساوة وعمق التصلب فروقاً مهمّة بين المواد الثلاث المدروسة. وتبيّن أنّ عمق التصلب كان أفضل، وبفارقٍ إحصائي مهم عند استخدام جهاز التصليب LED بالمقارنة بالجهاز الهالوجيني. كما وجد أن نسب عمق التصلب كانت أكبر من 80% للمواد جميعها في المجموعة التي صُلِّبَت بواسطة جهاز LED. وجاءت نتائج قيم القساوة في مجموعة التصليب بجهاز LED أكبر من مجموعة التصليب بجهاز QTH.

الاستنتاج: كانت نتائج القساوة وعمق التصلب أفضل عند استخدام جهاز التصليب LED بشكل عام. ويمكن للكمبوزت المطبق بتقنية الكتلة الواحدة أن يحقق عمق تصلب مقبولاً عند الالتزام بتعليمات الشركة المصنّعة. وجاءت قيم القساوة السطحية (HVN) المسجّلة للعينات في المجموعات الثلاث بعد 24 ساعة مقبولة، ومناسبة للتطبيق السريري.

كلمات مفتاحية: الكتلة الواحدة، كمبوزت، القساوة المجهرية، عمق التصلب، صوتي، التصليب الضوئي.

Effect of Different Light-Curing Units on Microhardness and Curing Depth of Bulk-Fill Composite Materials

Souad Abboud*

Abstract

Background & Objective: Resin composite has undergone continuous developments like changes in the fillers and initiators. One such improvement is the new bulk-fill composites which are materials intended for bulk placement up to 4mm. However, an optimum polymerization to the full depth of the restoration is of utmost importance in order to obtain proper mechanical and physical properties of resin composites. The aim of this study was to measure the surface hardness of the top and bottom surfaces of the composites and to determine the depth of cure of bulk-fill composites according to Vickers Microhardness profiles (VHN) using two different types of light curing units.

Materials and Methods: A total of 90 specimens (n=15) were used in this study: three high viscosity bulk-fill composite materials were used, Filtek Bulk Fill (3M ESPE), X-tra fil Bulk-Fill (Voco) and SonicFill (Kerr). Two different curing light were used namely, LED ((Hemao Midical Instrument Co. Ltd, China) at 1000 mW/cm² and a Quartz Tungsten Halogen (QTH) curing unit (LA-500 Blue Light Apoza, CHINA) at 500 mW/cm². cylindrical specimens (5 mm × 6 mm) of each material were prepared in black teflon molds. To evaluate micro-hardness, Vickers hardness at top and bottom of each sample was measured after 24 hours post curing using Microhardness tester (Qualitest, Germany) load 200g/15 seconds. The mean hardness values obtained from the top and the bottom surface of each material were used to compare the micro-hardness of the various materials. The mean values obtained from the bottom surface were compared to the virespective values of the top surface of each material (bottom/top ratio) and used to calculate the depth of cure. Data were analyzed via T student, One-Way ANOVA, and Bonferroni tests (P<0.05).

Results: The micro-hardness and depth of cure tests showed a significant difference between the three materials after 24 hours post curing. When the curing lights were compared the LED Curing Unit obtained significantly better depth of cure compared to QTH Units. Depth of cure ratios were found to be more than 0.80 for all composite types in LED group. The LED curing light showed greater micro-hardness values than the QTH unit.

Conclusions: In general LED curing light produced better hardness and depth of cure values than QTH curing light. Bulk-fill resin composites can be cured to an acceptable post-cure depth, according to the manufacturers' claims. HVN values that recorded after 24 h of cure for the specimens of the three materials were acceptable and suitable for clinical application.

Key words: Bulk-fill, resin composite, microhardness, depth of cure, sonic, Curing light.

* Ass. Prof. -Department of Operative Dentistry & Endodontics - Faculty of Dentistry Damascus University.

المقدمة:

المبدئ الضوئي الكامفركينون بحيث لا حاجة لوجود الفلتر ضمن هذه الأجهزة، فضلاً عن عمرها الافتراضي الطويل، وعدم ارتفاع حرارتها في أثناء الاستخدام¹¹. أشار Yazici عام 2010 إلى أن كلاً من أجهزة التصليب QTH و LED أعطت نتائج سريرية مقبولة¹². في حين وجد Yaman عام 2011 أن فعالية أجهزة التصليب LED أفضل من الأجهزة الهالوجينية فيما يتعلق بالقساوة وعمق التصليب¹³. ولكن ذكر Rastelli عام 2014 أن أجهزة التصليب الهالوجينية أدت إلى قساوة أعلى من أجهزة LED¹⁴. وبين Choudhary عام 2013 أن نوع الكمبيوتر يؤثر في فعالية أجهزة التصليب، واقترح أن تصليب الكمبيوتر النانومتري بواسطة أجهزة QTH يؤدي إلى قيم قساوة في كل من السطح والقاعدة أعلى من الكمبيوتر الهجين¹⁵.

استخدمت تقنية تطبيق الكمبيوتر على طبقات استخداماً واسعاً لاسيما تحضيرات الصنف الثاني للتقليل من النقل التصليبي وتشكل الفجوات الحفافية، وقد طرحت بعض الشركات مؤخراً منتجات من مواد الكمبيوتر التي تطبق بتقنية الكتلة الواحدة، وذلك لاختصار الوقت والجهد وجعل التقنية أقل حساسية من تقنية الطبقات المتعددة من حيث التعرض الأقل للتلوث، وكذلك عدم اندخال الفقاعات الهوائية بين الطبقات، وأكدت أنه يمكن تطبيق هذه المواد بثخانة تزيد على 4 ملم مع عمق تصليب كافٍ لكامل ثخانة الكتلة¹⁶ دون الحاجة لزيادة زمن التصليب، أو الشدة الضوئية للجهاز، فضلاً عن أنها ذات تقلص تصليبي أقل بسبب التعديلات على المادة المألثة والقالب العضوي¹⁷، ونفوذية أعلى للضوء نظراً إلى التقليل من تشتت الضوء في المسافة البينية بين جزيئات المادة المألثة والقالب العضوي من خلال إنقاص كمية المادة المألثة أو زيادة حجمها^{18,19}. ولتحديد عمق التصليب للمادة تُحسب نسبة (قساوة القاعدة / قساوة السطح)؛ واعتمدت معظم الدراسات نسبة 80% من تصليب القاعدة بالنسبة إلى السطح كنسبة دالة على أن المادة المدروسة ذات تصليب مقبول سريرياً²⁰.

إن تزايد استخدام ترميمات الكمبيوتر في الأسنان الخلفية جعلها أكثر عرضة للجهود الماضغة، ومن أهم العوامل التي تساعد ترميمات الكمبيوتر على مقاومة هذه الجهود هو عمق تصليب المادة¹، فقد تبقى الطبقات العميقة من المادة المرممة غير مُصلبة تصليباً كافياً، الأمر الذي يؤثر سلباً في الخواص الفيزيائية والكيميائية للترميمات كالمقاومة وامتصاص الماء والتلون والاهتراء، وقد تتحلل العناصر غير المتفاعلة محدثة تأثيرات في التقبل الحيوي، والقساوة، فضلاً عن حدوث خلل في الارتباط بين السن والترميم²، ويمكن أن يؤدي التصليب غير الكافي إلى التسرب الحفافي المجهرى وضعف الخواص الميكانيكية. ويتعلق عمق التصليب بإمكانية نفوذ الضوء من خلال المادة، كما يرتبط ارتباطاً وثيقاً مع درجة تحول المونومير^{3,4}، ويمكن لبعض العوامل أن تؤثر في قساوة السطح منها: حجم الحبيبات المألثة بالمادة، وشكلها، ونسبتها⁴، وتركيز مبدئ التماثر، ونوع المونومير وكميته، وعامل السيلان المزوج، والدرجة اللونية للمادة وشفوفيتها، وشدة جهاز التصليب والمسافة بين الجهاز والسطح، وطول الموجة، وزمن التعريض، ونوع الجهاز^{5,6,7}.

وللتقليل من هذه الآثار غير المرغوب فيها يجب أن يكون عمق تصليب المادة بأعلى درجاته⁸. ولذلك اعتمدت ثخانة 2 ملم كثخانة مقبولة سريرياً لمواد الكمبيوتر المنجزة على طبقات، وتعرض لشدة ضوئية لا تقل عن 400 W/cm² مدة لا تقل عن 20 ثانية بالنسبة إلى جهاز التصليب الهالوجيني⁹.

تستخدم أجهزة التصليب الهالوجينية Quartz Tungsten QTH Halogen بشكلٍ شائع لكلفتها المعقولة¹⁰، ولكن نظراً إلى العمر الافتراضي المحدود للمصباح، ونقص فعالية التصليب مع مرور الوقت بسبب تخرب المصابيح والفلتر نتيجة الحرارة العالية، ظهرت أجهزة التصليب (LED) Light Emitting Diode التي يتوافق طيفها مع

- تختلف نتائج عمق تصلب مواد الكمبوزت المطبقة بدفعة واحدة Bulk-Filled Composites في الأدب الطبي حسب المنتج التجاري أو طريقة القياس، وأظهرت مواد Bulk-Fill Composites ذات اللزوجة المنخفضة قيم عمق تصلب أكبر من المواد ذات اللزوجة العالية^{21،22}، لكنها تبدي خواصاً فيزيائية وميكانيكية أضعف مقارنة مع مواد الكمبوزت الهجينة مثل انخفاض معامل المرونة ومقاومة الاهتراء، وزيادة خشونة السطح، فضلاً عن ضعف خواص الإنهاء والتلميع¹⁹، لذا يُوصى بوضع طبقة أخيرة من الكمبوزت عالي اللزوجة أعلاها¹. وقيمت دراسة Tiba عام 2013 عمق التصلب في عدة مواد كمبوزت Bulk-Fill ومواد كمبوزت تقليدي Incremental-Fill Composite، وخلصت إلى أن بعض المواد المطبقة وفق تقنية الكتلة الواحدة ذات اللزوجة العالية، أو المنخفضة، فضلاً عن بعض المواد التقليدية حققت عمق التصلب المقبول، وبعضها الآخر لم يحقق ذلك²³.
- بناءً على ما ذكر جاءت فكرة هذه الدراسة التي هدفت إلى تقييم القساوة وعمق التصلب ومقارنتها في كل من ترميمات الكمبوزت المطبقة وفق تقنية الكتلة الواحدة (Filtek Bulk Fill و X-tra fil و SonicFill)، وذلك بعد 24 ساعة من إجراء التصلب بواسطة جهاز LED من نوع Hemaو وبواسطة جهاز هالوجيني QTH من نوع LA-500 Blue Light.
- مواد البحث وطرائقه:**
- فُورن في هذه الدراسة تحضير 90 عينة مخبرية أسطوانية الشكل ($n = 15$) بأبعاد 6 ملم ارتفاعاً و5 ملم قطراً من مواد الكمبوزت (Filtek Bulk Fill و X-tra fil و SonicFill) وموزعةً وفق الترتيب الآتي:
- المجموعة A تضم 15 عينة من كمبوزت Filtek Bulk-Fill صُلِّبت بجهاز QTH.
 - المجموعة B تضم 15 عينة من كمبوزت Filtek Bulk-Fill صُلِّبت بجهاز LED.
 - المجموعة C تضم 15 عينة من كمبوزت X-trafil Bulk-Fill صُلِّبت بجهاز QTH.
 - المجموعة D تضم 15 عينة من كمبوزت X-trafil Bulk-Fill صُلِّبت بجهاز LED.
 - المجموعة E تضم 15 عينة من كمبوزت SonicFill صُلِّبت بجهاز QTH.
 - المجموعة F تضم 15 عينة من كمبوزت SonicFill صُلِّبت بجهاز LED.
- وأعطيت كل عينة رمزاً ورقماً خاصاً ليتسنى للباحث دراستها وفق مثلاً: A1, B9, C5... كما في الشكل (7). وقد وردت خصائص المواد المستخدمة وتركيبها بالبحث في الشكل (1)، والجدول (1).
- حضرت العينات بواسطة قالب من التيفلون الداكن يحوي بمركزه على تجويف أسطواني ذي قطر 5 ملم وارتفاع 6 ملم الشكل (2). وضع قالب التيفلون على لوح زجاجي مُغطى بمسندة سيلويئيد شريطية تقابل فتحة القالب السفلية ليُدكَّ بعد ذلك الكمبوزت بواسطة أداة بلاستيكية وتُملأ الفتحة المركزية للقالب بالمادة المراد دراستها ثم تغطى فتحة القالب العلوية بشريط سيلويئيدي من شركة Betch الألمانية الشكل (3). ويجدر بالذكر أن كمبوزت SonicFill يطبق بواسطة قبضة خاصة من إنتاج شركة Kavo الشكل (1)، التي تؤمن التنشيط بالموجات الصوتية، وتساعد على خفض لزوجة الكمبوزت لدرجة كبيرة تسمح بانسيابه وتكيفه مع الجدران المحضرة، وعند امتلاء الحفرة بالكمبوزت تُوقَفُ القبضة، وتتوقف الأمواج الصوتية، مما يؤدي إلى زيادة لزوجة الراتنج بالمادة مع الاحتفاظ بالخصائص الفيزيائية المطلوبة لتشكيل سريع وسهل للترميم. ثم صُلِّبت 15 عينة مخبرية من كل مادة مدروسة الشكل (4) بواسطة جهاز Hemaو (Hemaو Midical Instrument Co. Ltd, Hemaو China) مدة 40 ثا، وهو جهاز LED ذو شدة ضوئية تُقدر ب 1000 ميلي واط، وتصلب 15 عينة مخبرية من كل مادة مدروسة بواسطة جهاز هالوجيني QTH من نوع

LA-500 Blue Light Apoza, China) مدة 40 ثا، وهو ذو شدة ضوئية تُقدر بـ 500 ميلي واط الشكل (1). وقد عُيرت الشدة بواسطة مقياس الشدة من نوع Dent America، وسلط ضوء جهاز التصليب على الفتحة العلوية فقط. ويجدر بالذكر أنه تم التأكد من ثبات شدة الجهاز عند البدء بإنجاز كل عينة. واستخدم مقياس الثخانة الإلكتروني (بياكلويس) Digital Vernier Caliper No. 52427PVC150D للتأكد من أبعاد العينات الشكل (5). وأنهيت العينات الأسطوانية بواسطة مجموعة إنهاء الكمبيوتر OptiDisc من إنتاج شركة Kerr الشكل (6). حُفظت العينات مدة 24 ساعة بدرجة حرارة 37°م، وبمستوى رطوبة 100%، وذلك من خلال غمر العينات في 10 مل من ماء ثنائي التقطير ضمن عبوات خاصة غُلِّفت بورق ألومنيوم لعزلها عن الضوء الشكل (7)، ثم عُمرت ضمن حاضنة Dissolution Pharma Test التي تحوي ماء ثنائي التقطير بدرجة حرارة 37°م. أُخرجت العينات بعد 24 ساعة وجُففت بورق التجفيف. وأخضع سطح العينة لاختبار القساوة بواسطة جهاز مقياس القساوة المجهرية

Microhardness tester (Qualitest, Germany) الشكل (9) بحيث فُحصت العينة بمجهر جهاز مقياس القساوة المجهرية، وبتكبير (x40) لتحديد ساحة تطبيق الجهد من ثم طُبِّقت حمولة 200 غ بزمن تحميل 15 ثانية بواسطة رأس ماسي¹ الشكلان (11 و12).

سُجِّلت أطوال أقطار الأثر المعيني الناتج عن تطبيق الحمولة، ثم حُسبت قيم قساوة سطح العينات Sh آلياً وسُجِّلت النتائج ضمن جداول نُحلَّل ونُدْرَس الشكل (10). ثم أُخضعت قاعدة العينة لاختبار القساوة بواسطة جهاز مقياس القساوة المجهرية بالطريقة السابقة نفسها بحيث فُحصت فحص العينة بمجهر جهاز مقياس القساوة المجهرية وبتكبير (x40) بعد تطبيق الحمولة 200 غ مدة 15 ثانية وتسجيل أطوال أقطار الأثر المعيني الناتج عن تطبيق الحمولة، ومن ثم سُجِّلت قيم قساوة قاعدة العينات Bh ضمن جداول نُحلَّل ونُدْرَس.

حُسب عمق التصليب للعينة DC^{VHN} بنسبة قساوة القاعدة Bh إلى قساوة السطح Sh وفق الآتي³:

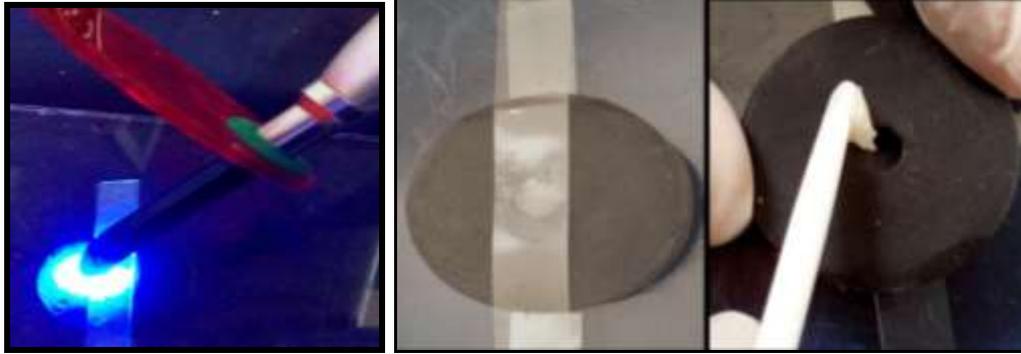
$$DC^{VHN} = Bh/Sh \times 100 \%$$


الشكل (1): مواد الكمبيوتر وأجهزة التصليب الضوئي المستخدمة في البحث.

تأثير أجهزة التصليب الضوئي المختلفة في القساوة، وعمق التصلب في مواد الكمبيوتر المطبقة بكتلة واحدة.

الجدول (1): المواد المستخدمة بالبحث ومواصفاتها.

المادة	التركيب	الكثافة	الشركة المصنعة
Filtek Bulk Fill Posterior Restorative Nanofiller	The filler: Non-agglomerated/non-aggregated 20nm silica filler, a Nonagglomerated/ non-aggregated 4 to 11 nm zirconia filler, an aggregated zirconia/silica cluster filler (20nm silica and 4 nm zirconia particles), and a ytterbium trifluoride to 11 filler consisting of agglomerate 100 nm particles. Inorganic filler loading is about 76.5% by weight (58.4% by volume). The resin matrix: AUDMA, UDMA and 1, 12-dodecane-DMA.	عالي اللزوجة High Viscosity طبقة بثخانة 5 ملم اللون B1	3M ESPE, St. Paul, USA
X-tra fil Bulk-Fill Multihybrid	The filler: Barium, boron, aluminosilicate glass (2-3 nm). Inorganic filler loading is about 86% by weight (70.1% by volume) The resin matrix: Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	عالي اللزوجة Packable طبقة بثخانة 4 ملم اللون الموحد Universal shade	Voco, Guxhaven, Germany.
SonicFill Nanohybrid	The filler: Glass, oxide, chemicals 75% Silicon dioxide 10% by weight 83.5% The resin matrix: Dimethacrylates 15% (3-trimethoxysilylpropyl EBADMA, Bis-GMA TEGDMA)-methacrylate	سيال عند التنشيط بالأمواج الصوتية High Viscosity طبقة بثخانة 5 ملم اللون B1	Kerr, Orange, CA, USA



الشكل (2): قالب التيفلون الداكن. الشكل (3): الشريط السيلونيدي. الشكل (4): التصليب الضوئي للعينة.



الشكل (5): مقياس ثخانة الكتروني (بياكوليس) Digital Clipper للتأكد من أبعاد العينات.



الشكل (8): حفظ العينات ضمن عبوات خاصة غُلِّت بورق الألمنيوم.



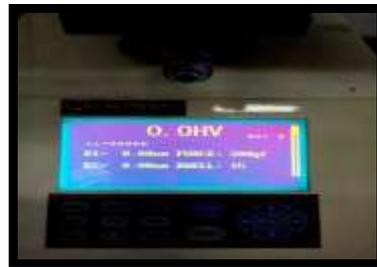
الشكل (7): ترقيم العينة.



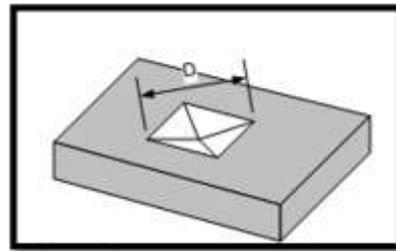
الشكل (6): مجموعة إنهاء الكمبوزيت.



الشكل (10): تحديد أطوال أقطار الأثر المعيني.



الشكل (9): جهاز مقياس القساوة المجهرية Microhardness Tester.



الشكل (12): تطبيق حمولة 200 غ بزمن تحميل 15 ثانية بواسطة رأس ماسي.



الشكل (11): تثبيت العينة على حامل معدني خاص.

متساوية وفقاً للكمبوزيت المدروس (Filtek Bulk Fill، X- SonicFill، tra fil)، وكانت كل من المجموعات الرئيسية الثلاث مقسمةً إلى مجموعتين متساويتين وفقاً لجهاز التصليب المستخدم (جهاز هالوجيني QTH، جهاز LED)، وقد كان توزيع عينة البحث كما هو وارد في المخطط(1).

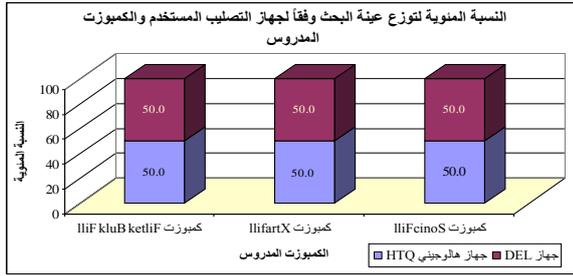
التحليل الإحصائي:

استخدم اختبار T ستيودنت، واختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA، واختبار Bonferroni لدراسة النتائج إحصائياً بواسطة برنامج SPSS إصدار رقم 16، وبمستوى دلالة 0.05%.

النتائج:

تألّفت عينة البحث من 90 قطعة أسطوانية الشكل من مادة الكمبوزيت، وكانت قُسمت إلى ثلاث مجموعات رئيسية

تأثير أجهزة التصليب الضوئي المختلفة في القساوة، وعمق التصلب في مواد الكمبوزت المطبقة بكتلة واحدة.



المخطط (2): يمثل المتوسط الحسابي لمقدار القساوة في عينة البحث وفقاً لجهاز التصليب المستخدم والكمبوزت المدروس وموقع القياس.

ويُلاحظ في الجدول رقم 2 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي إنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار القساوة بين مجموعة جهاز هالوجيني QTH، ومجموعة جهاز LED، وذلك مهما كان الكمبوزت المدروس، ومهما كان موقع القياس في عينة البحث، ولمّا كانت الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات سالبة استنتجنا أن قيم القساوة في مجموعة جهاز هالوجيني QTH أصغر منها في مجموعة جهاز LED.

الجدول (2): يبين نتائج اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار القساوة بين مجموعة جهاز هالوجيني QTH ، ومجموعة جهاز LED في عينة البحث، وذلك وفقاً للكمبوزت المدروس وموقع القياس.

المتغير المدروس = مقدار القساوة						
موقع القياس	الكمبوزت المدروس	قيمة t المحسوبة	درجات الحرية	الفرق بين المتوسطين	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة
السطح	كمبوزت Filtek Bulk Fill	-5.877	28	-17.33	2.95	0.000
	كمبوزت X-tra fil	-33.788	28	-38.48	1.14	0.000
	كمبوزت SonicFill	-63.650	28	-79.11	1.24	0.000
القاعدة	كمبوزت Filtek Bulk Fill	-7.882	28	-20.47	2.60	0.000
	كمبوزت X-tra fil	-36.772	28	-34.55	0.94	0.000
	كمبوزت SonicFill	-53.891	28	-68.31	1.27	0.000

- دراسة تأثير الكمبوزت المدروس في مقدار القساوة في موقع القياس المذكورة في المخطط (3):

عينة البحث وفقاً لجهاز التصليب وموقع القياس:

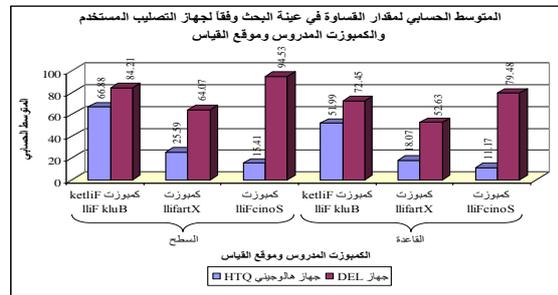
أجرى اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار القساوة بين مجموعات الكمبوزت المدروس Filtek Bulk Fill ، X-tra ، SonicFill ، fil (، SonicFill) ، وذلك وفقاً لجهاز التصليب المستخدم

1 - دراسة مقدار القساوة في عينة البحث:

- دراسة تأثير جهاز التصليب المستخدم في مقدار القساوة

في عينة البحث وفقاً للكمبوزت المدروس وموقع القياس:

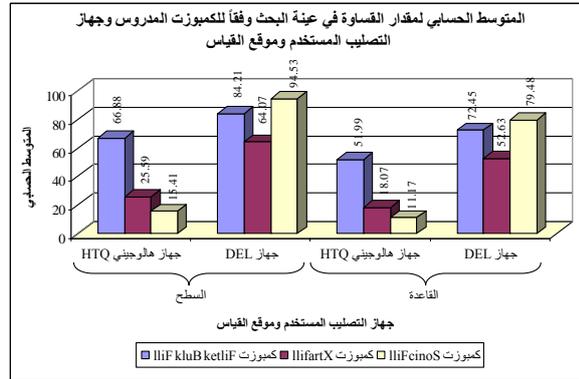
أجرى اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار القساوة بين مجموعة جهاز هالوجيني QTH، ومجموعة جهاز LED في عينة البحث، وذلك وفقاً للكمبوزت المدروس وموقع القياس المذكورة في المخطط (2).



المخطط (1): يمثل النسبة المئوية لتوزيع عينة البحث وفقاً لجهاز التصليب المستخدم والكمبوزت المدروس.

ومهما كان موقع القياس في عينة البحث، وبدراسة الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات نستنتج أن قيم القساوة في مجموعة Filtek Bulk Fill كانت أكبر منها في كل من مجموعة X-tra fil ومجموعة SonicFill على حدة، وأن قيم مقدار القساوة في مجموعة X-tra fil كانت أكبر منها في مجموعة SonicFill على حدة، مهما كان موقع القياس في مجموعة جهاز هالوجيني QTH من عينة البحث، ونستنتج أن قيم القساوة في مجموعة SonicFill كانت أكبر منها في كل من مجموعة Filtek Bulk Fill ومجموعة X-tra fil على حدة، وأن قيم مقدار القساوة في مجموعة Filtek Bulk Fill كانت أكبر منها في مجموعة LED من عينة البحث.

- دراسة تأثير موقع القياس في مقدار القساوة في عينة البحث وفقاً للكمبوزت المدروس وجهاز التصليب المستخدم: أُجريت اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق بين متوسط مقدار قساوة السطح ومتوسط مقدار قساوة القاعدة في عينة البحث، وذلك وفقاً للكمبوزت المدروس وجهاز التصليب المستخدم. ويلاحظ في الجدول رقم 5 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي إنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط مقدار قساوة السطح ومتوسط مقدار قساوة القاعدة، مهما كان الكمبوزت المدروس، ومهما كان جهاز التصليب المستخدم في عينة البحث، ولما كانت الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات سالبة استنتجنا أن قيم قساوة القاعدة كانت أصغر من قيم قساوة السطح.



المخطط (3): يمثل المتوسط الحسابي لمقدار القساوة في عينة البحث وفقاً للكمبوزت المدروس، وجهاز التصليب المستخدم، وموقع القياس.

ويلاحظ في الجدول رقم 3 أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي إنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار القساوة بين اثنتين على الأقل من مجموعات الكمبوزت المدروسة (SonicFill، X-tra fil، Filtek Bulk Fill) ومهما كان جهاز التصليب المستخدم، ومهما كان موقع القياس في عينة البحث.

ولمعرفة أي مجموعات الكمبوزت المدروسة تختلف عن الأخرى جوهرياً في قيم مقدار القساوة أُجريت المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية بين كل زوج من مجموعات الكمبوزت المدروس في عينة البحث وفقاً لجهاز التصليب المستخدم وموقع القياس. ويلاحظ في الجدول (4) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 بالنسبة إلى جميع المقارنات الثنائية المدروسة، أي إنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار القساوة بين مجموعات الكمبوزت المدروسة (SonicFill، X-tra fil، Filtek Bulk Fill) ومهما كان جهاز التصليب المستخدم،

تأثير أجهزة التصلب الضوئي المختلفة في القساوة، وعمق التصلب في مواد الكمبيوتر المطبقة بكتلة واحدة.

الجدول (3): يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار القساوة بين مجموعات الكمبيوتر المدروس في عينة البحث، وذلك وفقاً لجهاز التصلب المستخدم وموقع القياس.

المتغير المدروس = مقدار القساوة			
موقع القياس	جهاز التصلب المستخدم	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة
السطح	جهاز هالوجيني QTH	463.672	0.000
	جهاز LED	106.946	0.000
القاعدة	جهاز هالوجيني QTH	276.746	0.000
	جهاز LED	143.364	0.000

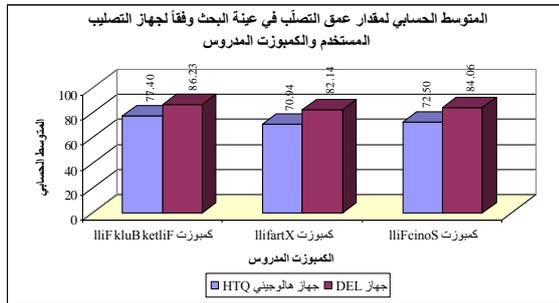
الجدول (4): يبين نتائج المقارنة الثنائية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثنائية في متوسط مقدار القساوة بين مجموعات الكمبيوتر المدروس في عينة البحث، وفقاً لجهاز التصلب المستخدم، وموقع القياس.

المتغير المدروس = مقدار القساوة						
موقع القياس	جهاز التصلب المستخدم	الكمبيوتر المدروس (I)	الكمبيوتر المدروس (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة
السطح	جهاز هالوجيني QTH	كمبيوتر Filtek Bulk	كمبيوتر X-tra fil	41.29	1.79	0.000
		Fill	كمبيوتر SonicFill	51.47	1.79	0.000
		كمبيوتر X-tra fil	كمبيوتر SonicFill	10.18	1.79	0.000
	جهاز LED	كمبيوتر Filtek Bulk	كمبيوتر X-tra fil	20.13	2.12	0.000
		Fill	كمبيوتر SonicFill	-10.32	2.12	0.000
		كمبيوتر X-tra fil	كمبيوتر SonicFill	-30.45	2.12	0.000
القاعدة	جهاز هالوجيني QTH	كمبيوتر Filtek Bulk	كمبيوتر X-tra fil	33.91	1.86	0.000
		Fill	كمبيوتر SonicFill	40.82	1.86	0.000
		كمبيوتر X-tra fil	كمبيوتر SonicFill	6.91	1.86	0.002
	جهاز LED	كمبيوتر Filtek Bulk	كمبيوتر X-tra fil	19.83	1.64	0.000
		Fill	كمبيوتر SonicFill	-7.03	1.64	0.000
		كمبيوتر X-tra fil	كمبيوتر SonicFill	-26.85	1.64	0.000

الجدول (5): يبين نتائج اختبار T ستيوننت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق بين متوسط مقدار قساوة السطح، ومتوسط مقدار قساوة القاعدة في عينة البحث، وذلك وفقاً للكمبيوتر المدروس وجهاز التصلب المستخدم.

المقارنة في قيم مقدار القساوة بين موقعي القياس: القاعدة - السطح					
جهاز التصلب المستخدم	الكمبيوتر المدروس	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	درجات الحرية	قيمة مستوى الدلالة
جهاز هالوجيني QTH	كمبيوتر Filtek Bulk Fill	-14.89	-16.772	14	0.000
	كمبيوتر X-tra fil	-7.52	-13.385	14	0.000
	كمبيوتر SonicFill	-4.25	-21.062	14	0.000
جهاز LED	كمبيوتر Filtek Bulk Fill	-11.75	-14.075	14	0.000
	كمبيوتر X-tra fil	-11.45	-33.177	14	0.000
	كمبيوتر SonicFill	-15.05	-28.263	14	0.000

2 - دراسة مقدار عمق التصلب في عينة البحث:
 - دراسة تأثير جهاز التصلب المستخدم في مقدار عمق التصلب في عينة البحث وفقاً للكمبيوتر المدروس:
 أُجري اختبار T ستيوننت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار عمق التصلب بين مجموعة جهاز هالوجيني QTH، ومجموعة جهاز LED في عينة البحث، وذلك وفقاً للكمبيوتر المدروس المذكورة في المخطط رقم 4.



مخطط (4): يمثل المتوسط الحسابي لمقدار عمق التصليب في عينة البحث، وفقاً لجهاز التصليب المستخدم والكمبيوتر المدروس.

الجدول (6): يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار عمق التصليب بين مجموعة جهاز هالوجيني QTH ومجموعة جهاز LED في عينة البحث، وذلك وفقاً للكمبيوتر المدروس.

المتغير المدروس = مقدار عمق التصليب						
الكمبيوتر المدروس	قيمة t المحسوبة	درجات الحرية	الفروق بين المتوسطين	الخطأ المعياري للفروق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
كمبيوتر Filtek Bulk Fill	-5.347	28	-8.83	1.65	0.000	توجد فروق دالة
كمبيوتر X-tra fil	-6.436	28	-11.20	1.74	0.000	توجد فروق دالة
كمبيوتر SonicFill	-10.163	28	-11.56	1.14	0.000	توجد فروق دالة

دراسة تأثير الكمبيوتر المدروس في مقدار عمق التصليب في عينة البحث وفقاً لجهاز التصليب: أجري اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار عمق التصليب بين مجموعات الكمبيوتر المدروس (X-tra fil، Filtek Bulk Fill، SonicFill) في عينة البحث. ويُلاحظ في الجدول (7) أنّ قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 مهما كان جهاز التصليب المستخدم، أي إنّه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار عمق التصليب بين مجموعات الكمبيوتر المذكورة، ولما كانت الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة استنتجنا أنّ قيم عمق التصليب في مجموعة Filtek Bulk Fill أكبر منها في مجموعة X-tra fil مهما كان جهاز التصليب المستخدم، ونستنتج أنّ قيم مقدار عمق التصليب في مجموعة Filtek Bulk Fill أكبر منها في مجموعة SonicFill في مجموعة جهاز LED.

دراسة تأثير الكمبيوتر المدروس في مقدار عمق التصليب في عينة البحث وفقاً لجهاز التصليب: أجري اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار عمق التصليب بين مجموعات الكمبيوتر المدروس (X-tra fil، Filtek Bulk Fill، SonicFill) في عينة البحث. ويُلاحظ في الجدول (7) أنّ قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05 مهما كان جهاز التصليب المستخدم، أي إنّه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار عمق التصليب بين مجموعات الكمبيوتر المذكورة، ولما كانت الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات موجبة استنتجنا أنّ قيم عمق التصليب في مجموعة Filtek Bulk Fill أكبر منها في مجموعة X-tra fil مهما كان جهاز التصليب المستخدم، ونستنتج أنّ قيم مقدار عمق التصليب في مجموعة Filtek Bulk Fill أكبر منها في مجموعة SonicFill في مجموعة جهاز LED.

أصغر منها في مجموعة جهاز LED. الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطات سالبة استنتجنا أنّ قيم عمق التصليب في مجموعة جهاز هالوجيني QTH أصغر منها في مجموعة جهاز LED.

أما بالنسبة إلى باقي المقارنات الثنائية المدروسة فيلاحظ أنّ قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05، أي إنّه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار عمق التصليب بين مجموعة SonicFill وكل من مجموعتي Filtek Bulk Fill و X-

بين مجموعات الكمبوزت المدروس في عينة البحث، وذلك وفقاً لجهاز التصلب المستخدم.

المتغير المدروس = مقدار عمق التصلب			
جهاز التصلب المستخدم	قيمة F المحسوبة	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
جهاز هالوجيني QTH	5.581	0.007	توجد فروق دالة
جهاز LED	13.340	0.000	توجد فروق دالة

الجدول (8): يبين نتائج المقارنة الثانية بطريقة Bonferroni لدراسة دلالة الفروق الثانية في متوسط مقدار عمق التصلب بين مجموعات الكمبوزت المدروس في مجموعة جهاز هالوجيني QTH من عينة البحث.

المتغير المدروس = مقدار عمق التصلب						
جهاز التصلب المستخدم	الكمبوزت المدروس (I)	الكمبوزت المدروس (J)	الفرق بين المتوسطين (I-J)	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
جهاز هالوجيني QTH	كمبوزت Filtek Bulk Fill	كمبوزت X-tra fil	6.46	2.02	0.008	توجد فروق دالة
	كمبوزت Fill	كمبوزت SonicFill	4.90	2.02	0.059	لا توجد فروق دالة
	كمبوزت X-tra fil	كمبوزت SonicFill	-1.56	2.02	1.000	لا توجد فروق دالة
جهاز LED	كمبوزت Filtek Bulk Fill	كمبوزت X-tra fil	4.09	0.79	0.000	توجد فروق دالة
	كمبوزت Fill	كمبوزت SonicFill	2.16	0.79	0.028	توجد فروق دالة
	كمبوزت X-tra fil	كمبوزت SonicFill	-1.93	0.79	0.058	لا توجد فروق دالة

المناقشة:

إذ يعدّ تقييم القساوة السطحية وفق Vickers طريقة فعّالة لتحديد درجة التحول بشكل غير مباشر^{6,5}. حُضرت العينات بواسطة قالب من التيفلون الداكن لمنع نفوذ الضوء، والتأثير في درجة تحول، وعمق تصلب العينة، واستخدمت شرائط السيلوثيد على طرفي القالب بعد تطبيق المادة ضمنه منعاً لاندخال الأوكسجين وحدوث نقص بالتصلب نتيجة التثبيط الأوكسجيني أو حدوث فجوات²⁴. حُفظت العينات في درجة رطوبة 100% وبدرجة حرارة 37⁰م لتحاكي ظروف الوسط الفموي ضمن عبوات خاصة عُلفت بورق الألمنيوم لعزلها عن الضوء الذي قد يؤثر في تصلب العينات²⁵.

يمكن أن يؤثر لون الكمبوزت ويُعد رأس جهاز التصلب عن سطح المادة في القساوة، إذ تكون قيم القساوة أعلى في الدرجات اللونية الفاتحة، وعندما يكون الجهاز على تماس مع السطح، لذلك في هذا البحث وُحِد اللون للتقليل من تأثيره في التصلب، ولكن نظراً إلى أنّ الدرجات اللونية غير متوفرة في مادة X-tra fil استخدم اللون الموحد

tra fil على حدة في مجموعة جهاز هالوجيني QTH، وكذلك لا توجد فروق ثنائية ذات دلالة إحصائية في متوسط مقدار عمق التصلب بين مجموعة Filtek Bulk Fill ومجموعة SonicFill في مجموعة جهاز LED.

الجدول (7) يبين نتائج اختبار تحليل التباين أحادي الجانب ANOVA لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار عمق التصلب

تحررت الدراسة الحالية قساوة السطح وعمق التصلب لثلاث مواد كمبوزت مطبقة وفق تقنية الكتلة الواحدة الجدول (1) باستخدام مقياس القساوة السطحية Vickers بعد توحيد شروط العمل المخبري، إذ يشكل عمق التصلب، ودرجة التحول عاملاً مهماً للممارس كي يحصل على ترميم ناجح ونتيجة سريرية جيّدة، لأنّ قيم القساوة المتدنية تقلل من مقاومة المادة وتؤدي إلى نقص مقاومة الاهتراء، ممّا يسبب إخفاق الترميم²⁰. يمكن لدرجة تصلب مواد الكمبوزت وعمقها أن تُقاس بطرائق مباشرة وغير مباشرة^{20,1}، ولا تُعدّ الطرائق المباشرة في قياس عمق التصلب التي تعتمد على قياس درجة تحول المونومير باستخدام مقياس الطيف بالأشعة فوق الحمراء infrared spectrometry أو ليزر Ramon من الطرائق الشائعة في الاختبارات البحثية كونها معقدة⁵، وذات كلفة عالية ومستهلكة للوقت على عكس الطرائق غير المباشرة كاختبار الكشط وفق معايير ISO واختبار قياس القساوة السطحية وفق Vickers أو Knoop¹.

الشدة الضوئية، ونمط التصليب التي يمكن أن تؤثر في عمق التصلب، فضلاً عن الخصائص الضوئية المميزة لكل جهاز²⁴.

يمكن لنظام التصليب الضوئي أن يؤثر في شكل البنية الداخلية المتصالبة للكمبوزت، ومن ثمَّ فعالية التصليب²⁹، ويجب أن يتوافق طيف الامتصاص لمحفز التماثر الضوئي مع الطيف الموجي للمنع الضوئي للحصول على أعلى فعالية امتصاصية للضوء. ومحفزات التماثر الضوئية هي الجزيئات القادرة على امتصاص الضوء. الأمر الذي ينجم عنه تولد الجذور الحرة المسؤولة عن بدء التفاعل التصليبي⁶، ويجب أن يتصف محفز التماثر بقدرة عالية على امتصاص الضوء بأقل تركيز ممكن، وأن يتحفز بسهولة من أجل تشكيل الجذور الحرة وبدء التفاعل التصليبي. إذ يقع طيف الامتصاص للمبدئ الضوئي الكامفركينون الأكثر استخداماً في مواد الكمبوزت السنية ضمن مجال طيف الضوء الأزرق من مجال طيف الضوء المرئي. إذ تصدر أجهزة التصليب الهالوجينية الضوء الأزرق بطول موجة تراوح بين 380-520 نانو متراً عن طريق استخدام مرشحات خاصة، وذلك للحد من تأثير الأشعة تحت الحمراء التي تؤدي إلى إصدار حراري مرتفع، والأشعة فوق البنفسجية التي تؤدي إلى أضرار حيوية على الإنسان⁴، وتعطي أجهزة التصليب LED ضوءاً أزرق ذا طيف موجي أضيق من الضوء الأزرق الصادر عن أجهزة التصليب الضوئي الهالوجينية، ويقع الطيف الموجي لهذه الأجهزة في المجال بين 440-490 نانو متراً²⁴. كما لوحظ أن طول الموجة المناسب من أجل تشكيل الجذور الحرة الأولية كان بين 437-482 نانو متراً، ولم يحدث أي تفاعل محفز لمركب الكامفركينون خارج هذا المجال. وبناءً على ذلك، ونظراً إلى أنَّ أجهزة التصليب الهالوجينية تقوم بإصدار ضوء أزرق بطيف موجي أوسع مقارنةً بأجهزة التصليب LED، فإنَّ كمية الجذور الحرة الأولية المتشكلة بالجول الواحد باستخدام أجهزة التصليب الهالوجينية هي أقل منها عند استخدام

Universal، ووضِع رأس الجهاز على تماس مع الشريط السيلونيدي في العينات جميعها²⁶.

أظهرت هذه الدراسة أنه تم الحصول على عمق تصلب القاعدة إلى السطح بنسبة تجاوزت 80% عندما تم التصليب بجهاز LED (Filtek Bulk Fill 86.03%، X-tra fil 82.14%، SonicFill 84.08%) حتى 6 ملم في المواد المدروسة، وهي النسبة التي تعدُّ مناسبة لتطبيق المادة سريياً. ويمكن أن تعود الزيادة في عمق التصلب لهذه المواد إلى عوامل عدَّة منها، زيادة حجم الحبيبات المألثة وزيادة الشفافية أي السماح للمزيد من الفوتونات بالنفوذ إلى مناطق أعمق من الكمبوزت لتنشيط الجزيئات المبدئة للتفاعل¹⁹، وتراوح شفافية الكمبوزت التقليدي من 10-12% في حين تصل حتى 38% في بعض منتجات الكمبوزيت المنجز بتقنية الكتلة الواحدة، فضلاً عن تحسين امتصاص الطيف الضوئي ورد فعل المبدئ للضوء، نظراً إلى أنَّ عدد الفوتونات الواصلة إلى عمق التحضير أقل بوضوح من الفوتونات الواصلة للسطح فمن الضروري وجود عددٍ كافٍ من الجزيئات المبدئة للتفاعل لتأمين التصليب على عمق 4 ملم أو أكثر¹⁹. واتفقت هذه النتيجة مع Garcia عام 2013 الذي ذكر أنَّ نسبة قساوة القاعدة /قساوة السطح في مادة SonicFill 80%²⁷ ومع Alrahlah عام 2014²⁸. واختلفت مع دراسة Leprince الذي وجد أنَّ النسبة لم تكن محققة بالنسبة إلى مادة Filtek bulk-fill وربما يعود سبب عدم التوافق إلى اختلاف شروط التجربة، وطريقة حفظ العينات⁷.

في حين لم تحقق نسبة عمق تصلب القاعدة إلى السطح نسبة 80% عندما أُجرِيَ التصليب بجهاز QTH (Filtek Bulk Fill 77.34%، X-tra fil 70.61%، SonicFill 72.49%). وكانت قيم القساوة وعمق التصلب في مجموعة الجهاز الهالوجيني QTH أصغر منها في مجموعة جهاز LED، وذلك مهما كان الكمبوزت المدروس، ومهما كان موقع القياس. إذ توجد عوامل عدة متعلقة بالجهاز، مثل:

كون استجابة المبدئ الضوئي المضاف إلى مادة ما للضوء تختلف عن مادة أخرى ، فمادة Filtek Bulk Fill تحوي مونومير DDDMA (1, 12-Dodecanediol dimethacrylate) ومونومير AUDMA، أي إنه بتغيير نوع المونوميرات ونسبتها وتركيزها يمكن تعديل خصائص مواد الكمبوزت. وتنقص إمكانية نفوذ الضوء مع ازدياد نسبة الجزيئات المألثة التي تبلغ 76% في Filtek Bulk-Fill و83% في SonicFill و86% في X-tra fil²⁹، واتفقت هذه النتيجة مع دراسة Dionysopoulos عام 2016 الذي قارن بين ثماني مواد Bulk-Fill، ووجد أن تركيب المادة يؤثر تأثيراً مهماً على التماثر³⁴.

ويمكن أن يعود سبب زيادة عمق التصلب لكل من SonicFill و Filtek Bulk Fill إلى زيادة محتوَاهما من مبدئات التفاعل الضوئي التقليدية²⁴، فضلاً عن الشفافية العالية التي يتمتعان بها والتي تعدّ عاملاً مساعداً آخر على زيادة عمق التصلب¹³، وقد وجد Iiie أن الشفافية تقلل من تشتت الضوء ومن ثمّ تسمح بحدوث التصلب الضوئي للطبقات العميقة بشكل أفضل¹⁹. كما أنّ التشتت الضوئي يزداد كلما كان حجم الجزيئات المألثة أصغر^{4,5}. فمن الممكن أيضاً أن يكون حجم الجزيئات المألثة سبب زيادة عمق تصلب كل من مادتي SonicFill و Filtek BulkFill إذ يراوح حجم الجزيئات المألثة (1-10 μ) في مادة SonicFill و(4-11 μ) في مادة Filtek Bulk Fill عن مادة X-tra fil التي يراوح حجم الجزيئات المألثة فيها (2-3 μ). واتفقت هذه النتيجة مع Alrahlah عام 2014، ومع Yousef عام 2015 وأظهرت كل من SonicFill أعلى قيم للقساوة مقارنة بباقي المواد المختبرة عند تصلبها بجهاز LED^{28,35}. كما يمكن أن تعود قيم عمق التصلب العالية لمادتي SonicFill و Filtek Bulk Fill إلى اختلاف المحتوى العضوي (نوع المونومير، وتركيزه، وتركيز المبدئ الضوئي). واتفقت الدراسة الحالية مع Howard عام 2010³⁶، واتفقت مع Boucschlicher عام 2004⁴،

أجهزة التصلب LED، ومن ثمّ فإنّ أجهزة التصلب LED كانت أكفأ من أجهزة التصلب الضوئي الهالوجيني فيما يتعلق بكمية تشكل الجذور الحرة الأولية²¹. ونظراً إلى أنّ تماثر المادة يعتمد على توافر الطاقة الإجمالية Total Amount of Energy للتفعيل الضوئي الأمر الذي يعزز التفاعل التصلبي ويحث على زيادة درجة التحويل، وبما أنّ القساوة تتعلق بشكل مباشر بدرجة التحويل يمكن أن يؤمن جهاز LED كمية الطاقة الإجمالية الكبرى ممّا يفسر عمق التصلب الأفضل عند استخدامه¹³. واتفقت هذه النتيجة مع دراسة كل من Oglah عام 2011³⁰ وAgrawal عام 2014³¹، واتفقت مع نتيجة Alpoz عام 2008 الذي ذكر أن أفضلية جهاز LED على الجهاز الهالوجيني QTH غير مؤكدة إذ يمكن ألا تتوافق أجهزة LED مع أنواع الكمبوزت جميعها حسب المبدئ الضوئي الموجود فيها³².

كانت قيم القساوة في سطح العينات أكبر منها في القاعدة في الدراسة الحالية في المواد المدروسة جميعها ومهما كان نوع جهاز التصلب المستخدم، يمكن أن يعود ذلك إلى عدم نفوذ كامل الضوء إلى القاعدة، أو إلى تشتت الضوء من خلال الجزيئات المألثة¹³. واتفقت النتيجة مع دراسة كل من Flury وCeballos^{8,33}. وجاءت قيم القساوة في مجموعة كمبوزت Filtek Bulk Fill أكبر منها في كل من مجموعتي X-tra fil و SonicFill، وقيم القساوة في مجموعة كمبوزت X-tra fil أكبر منها في مجموعة SonicFill مهما كان موقع القياس في مجموعة جهاز هالوجيني QTH، وأنّ قيم القساوة في مجموعة كمبوزت SonicFill أكبر منها في كل من مجموعتي Filtek Bulk Fill و X-tra fil، وقيم القساوة في مجموعة كمبوزت Filtek Bulk Fill أكبر منها في مجموعة X-tra fil مهما كان موقع القياس في مجموعة جهاز LED. ويمكن أن تعزى هذه النتيجة إلى أنّ نوع المادة المألثة في الكمبوزت يؤثر في فعالية التصلب، ويحقق الكمبوزت النانومتري عمق تصلب وقساوة أفضل من Microhybrid¹⁵، أو إلى

ويمكن أن يعزى سبب الاختلاف إلى اختلاف المواد المدروسة وشروط التجربة. ويمكن أن يعود الفرق في عمق التصلب لمواد الكمبوزيت bulk-fill إلى النسبة العالية من أطوال الموجة التي تمتص بالقرب من سطح المادة ومن ثم لا تستعمل في تحفيز المبدئات في عمق العينة، أو تشتت الضوء في المنطقة البيئية للجزيئات، أو اختلاف قدرة المبدئ الضوئي، أو المواد الملونة التي تمتص الضوء²⁷، لهذه المواد الملونة دور في عمق التصلب لأنها جزيئات عاتمة Opaque Particles ومن ثم ستحد من نفوذية الضوء ضمن الترميم وتتقص من درجة التماثر في العمق²⁷. واختلفت هذه النتيجة مع كل من Ilie عام 2014¹⁹ و Leprince عام 2013⁷ اللذين عدّا أنّ قيم قساوة Filtek Bulk-Fill جاءت منخفضة. ويبدو من خلال نتائج الدراسة الحالية ضرورة أن تقدم الشركات المنتجة لمواد الكمبوزيت المعلومات الكافية عن محفزات التماثر المستخدمة، فضلاً عن طيف الامتصاص الخاص بكل محفز، وكذلك الأمر بالنسبة إلى الشركات المصنّعة لأجهزة التصلب الضوئي بضرورة التصريح عن المجال الطيفي الذي يصدره جهاز التصلب.

الاستنتاجات Conclusions:

ضمن شروط هذه الدراسة المخبرية عن عمق التصلب يمكن استخلاص ما يأتي:

1- يمكن تطبيق مواد الكمبوزيت المنجزة بتقنية الكتلة الواحدة (SonicFill، Filtek Bulk Fill، X-tra fil) بعمق تصلب مقبول، ويزيد بـ 1 ملم على ما أوصت به الشركات المصنّعة.

2- إنّ قيم القساوة السطحية، وعمق التصلب المسجلة بعد 24 ساعة للمواد المطبقة بتقنية الكتلة الواحدة (SonicFill، Filtek Bulk Fill، X-tra fil) جعلتها مناسبة للتطبيق السريري بطبقات تزيد سماكتها على 4 ملم، إذ كانت القيم الفضلى للمواد المدروسة جميعها عند استعمال أجهزة LED وحقتت النسبة المقبولة 80%، في حين لم تحقق الأجهزة الهالوجينية QTH تلك النسبة.

3- حققت مادة X-tra fil القيم الأقل من حيث القساوة وعمق التصلب بالنسبة إلى المواد الأخرى.

المراجع References

1. Poggio C, Dagna A, Chiesa M, Colombo M, Scribante A. Surface Roughness of Flowable Resin Composites Eroded by Acidic and Alcoholic Drinks. *Journal of Conservative Dentistry*. 2012; 15:137-140.
2. Masafumi K, Yasuyuki A, Werner J F, Takehiko W, Andreas U, Masashi K. Curing depth of light-activated nanofiller containing resin composites. *World Journal of Dentistry*. 2012;April-June 3(2):119-125.
3. Al-Mansour Kh, Al-Sada A, Al-Sinan H. Curing Depth of Bulk- Fill Composites- An In- Vitro Study. *Pakistan Oral & Dental Journal*. 2015. Vol 35, No. 2. 270-74.
4. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM. Correlation of Bottom to Top Surface Microhardness and Conversion Ratios for A Variety of Resin Composite Compositions. *Operative Dentistry*, 2004. 29(6): 698-704.
5. Koupis NS, Martens LC, Verbeeck RM. Relative Curing Degree of Polyacid-Modified and Conventional Resin Composite Determined by Surface Knoop Hardness. *Dental Materials*. 2006, Nov;22(11):1045-50.
6. Aguiar FH, Braceri OA, Lima DA, et al. Effect of Light Curing Modes and Light Curing Time on The Micro Hardness of A Hybrid Composite Resin. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2007;8(6):1-8.
7. Leprince JG, Palin WM, Hadis MA, Devaux J. & Leloup G. Progress in Dimethacrylate-Based Dental Composite Technology and Curing Efficiency. *Dental Materials*. 2013, vol. 29, no. 2, pp: 139-156.

8. Ceballos L, Fuentes MV, Tafalla H, Martinez A, Flores J, Rodriguez J. Curing Effectiveness of Resin Composites at Different Exposure Times Using LED and Halogen Units. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*. 2009 Jan 1;14(1):E51-6.
9. Craig R, Powers J. *Restorative Dental Material*. 12th ed.: St Louis: Mosby Co; 2006. P. 206.
10. Aravamudhan K, Floyd CJE, Rakowski D, Flaim G; Dickens SH; Eichmiller FC, Fan PL. Light-Emitting Diode Curing Light Irradiance and Polymerization of Resin-Based Composite. *Journal of the American Dental Association*. 2006;137:213-223.
11. Price RB, Ehrnford L, Andreou P, Felix CA. Comparison of Quartz-Tungsten-Halogen, Light-Emitting Diode, and Plasma Arc Curing Lights. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 2003;5:193-7.
12. Yazici, AR, Celik C, Ozgunaltay G, Dayangac B. The Effects of Different Light-Curing Units on the Clinical Performance of Nanofilled Composite Resin Restorations in Non-Carious Cervical Lesions: 3-Year Follow-Up. *The journal of Adhesive Dentistry*. 2010. vol. 12 (3): 231-236.
13. Yaman BC, Efes BG, Dörter C, Gomec Y, Erdilek D & Buyukgokcesu S. The Effects of Halogen and Light-Emitting Diode Light Curing on The Depth of Cure and Surface Microhardness of Composite Resins. *Journal of Conservative Dentistry. JCD*. 2011, vol. 14, no. 2, pp. 136-139.
14. Rastelli ANS, Alessandra Nara, Navarro RS, Saad JRC, de Andrade MF & Bagnato VS. Effect of Different Light-Curing Techniques on Hardness of a Microhybrid Dental Composite Resin. *Brazilian Dental Science*. 2014, vol. 17, 1: 45-53.
15. Choudhary S, Suprabha, B. Effectiveness of Light Emitting Diode and Halogen Light Curing Units for Curing Microhybrid and Nanocomposites. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2013. vol. 16, no. 3: 233.
16. Rouhollahi MR, Mohammadibasir M, Talim Sh. Comparative Depth of Cure Among Two Light-Cured Core Build-Up Composites by Surface Vickers Hardness. *Journal of dentistry (Tehran)*. 2012 summer;9(3):255-261.
17. Marovic D, Taubock TT, Attin T, Panduric V, Tarle Z. Monomer conversion and shrinkage force kinetics of low-viscosity bulk-fill resin composites. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2015;73(6):474-480.
18. Amirouche-Korichi A, Mouzali M, Watts DC. Effects of Monomer Ratios and Highly Radiopaque Fillers on Degree of Conversion and Shrinkage-Strain of Dental Resin Composites. *Dental Materials*. 2009;25(11):1411-1418.
19. Ilie N, Stark K. Curing Behavior of High-Viscosity Bulk-Fill Composites. *Journal of Dentistry*. 2014;42(8):977-985.
20. Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu TM, Katsilieri I. Depth of Cure of Dental Resin Composites: ISO 4049 Depth and Microhardness of Types of Materials and Shades. *Operative Dentistry*. 2008;33:408-12.
21. Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization Shrinkage and Depth of Cure of Bulk-Fill Resin Composites and Highly Filled Flowable Resin. *Operative Dentistry*. 2015;40:172-80.
22. Li X, Pongprueksa P, Van Meerbeek B, et al. Curing Profile of Bulk-Fill Resin-Based Composites. *Journal of Dentistry*. 2015; 43:664-72.
23. Tiba A, Zeller GG, Estritch C, Hong A. A Laboratory Evaluation of Bulk-Fill Versus Traditional Multi-Incremental-Fill-Based Composite. *ADA Professional Rev*. 2013;8:13e26.
24. Nagi S M, Moharam L M, Zaazou M H. Effect of Resin Thickness, and Curing Time on The Micro-Hardness of Bulk-Fill Resin Composites. *Journal of Clinical & Experimental Dentistry*. 2015. Dec; 7(5): e600-e604.
25. Roberts HW, Berzins DW, Charlton DG. Hardness of Three Resin-Modified Glass Ionomer Restorative Materials as A Function of Depth and Time. *Journal of Esthetic & Restorative Dentistry*. 2009;21:262-74.

26. Thomé, T, Steagall Jr W, Tachibana A, Braga SRM, Turbino ML. Influence of The Distance of The Curing Light Source and Composite Shade on Hardness of Two Composites. *Journal of Applied Oral Science*. 2007. vol. 15, 6: 486-491.
27. Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization Shrinkage and Depth of Cure of Bulk Fill Flowable Composite Resins. *Operative Dentistry*. 2014 Jul-Aug;39(4):441-8.
28. Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-Cure Depth of Cure of Bulk Fill Dental Resin-Composites. *Dental Materials*. 2014 Feb; 30(2):149-54.
29. Yap AU, Soh MS, Han TT, Siow KS. Influence of Curing Lights and Modes on Cross-Link Density of Dental Composites. *Operative Dentistry*. 2004. Jul-Aug;29(4):410-5.
30. Oglah FS. Surface Microhardness and Depth of Cure of Composite Resin Cured with LED and Halogen Units. *Malaysian Dental Journal*. 2011.vol.8, no1:13-18.
31. Agrawal A, Manwar N, Hegde S, Chandak M, Ikhar A, Patel A. Comparative Evaluation of LED and Halogen Light Curing on Polymerization of Silorane Based Posterior Composite Resin: An in vitro study. *Universal Research Journal of Dentistry*.2014. vol. 4,3: 167.
32. Alpoz 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. *European journal of dentistry*. 2008. vol. 2, no. 1: 37-42.
33. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Hüsler J, Lussi A. Depth of Cure of Resin Composites: is the ISO 4049 Method Suitable For Bulk Fill Materials?", *Dental Materials*. 2012. vol. 28, no. 5:521-528.
34. Dionysopoulos D. Tolidis K. Gerasimou P. The Effect of Composition, Temperature and Post Irradiation Curing of Bulk Fill Resin Composites on Polymerization Efficiency. *Materials Research*. 2016; 19(2): 466-473
35. Yousef MK, El Nagaand A, Ajaj R., Effect of Different Light-Curing Units on Microhardness of Different Bulk Fill Materials. *Life Science Journal*. 2015. 12(5):24-30.
36. Howard B, Wilson ND, Newman SM, Pfeifer CS, Stansbury JW. Relationships between Conversion, Temperature and Optical Properties During Composite Photopolymerization. *Acta Biomaterialia*. 2010 Jun;6(6):2053-9.

تاريخ ورود البحث: 2016/08/11.

تاريخ قبوله للنشر: 2016/11/16.