تقييم التسرب الحفافي المجهري لترميمات الكمبوزت الصنف الثاني المرممة وفق تقنية الكتلة الواحدة

سعاد عبود*

الملخص

خلفية البحث وهدفه: تقييم التسرب الحفافي المجهري لترميمات الكمبوزت الصنف الثاني المُنجزة بتقنية الكتلة الواحدة، ومقارنة النتائج بالترميمات المنجزة بتقنية الطبقات المتعددة.

مواد البحث وطرائقه: حُضِّرت 60 حفرة صنف ثانٍ علبية الشكل (mm 5x3x2) على أسنان طبيعية سليمة حديثة القلع بحيث تبقى الحافات اللثوية ضمن الميناء. رُممّت الأسنان بأربع مواد مختلفة، ووزعت وفق أربع مجموعات (n=15): المجموعة1: Filtek Bulk-Fill، المجموعة2: X-tra fil Bulk-Fill ، والمجموعة3: SonicFill (تقنية الكتلة الواحدة)، والمجموعة الشاهدة Tetric Evo Ceram (تقنية الطبقات المتعددة). بعد إخضاع أسنان العينة إلى دورات حرارية غمرت بمحلول أزرق البيليكان4001 وحفظت بدرجة حرارة الغرفة مدة 24 ساعة. من ثم فُصلت الأسنان بالاتجاه الإنسي الوحشي، وفُحصت المقاطع الناتجة بمكبرة ضوئية بتكبير×50. قيسَ التسرب الحفافي للصباغ من الحافات الإطباقية واللثوية. حُلِّلت النتائج وفق اختبار Kruskal Wallis واختبار Wilcoxon واختبار Mann – Whitney (P < 0.05).

النتائج: حقّقت المواد المدروسة جميعها نتائج مقبولة ومتقاربة من حيث حدوث التسرب الحفافي المجهري، ولم يُسجّل أي فرق ذي دلالة إحصائية للتسرب الصباغي بين المجموعات الأربع. وكان التسرب الحفافي اللثوي أكبر من التسرب الحفافي الإطباقي، وسجلت تقنية الترميم بمادة الـ SonicFill النسب القليلة من حيث التسرب الحفافي المجهري دون فروق مهمّة.

الاستنتاج: ضمن الظروف التجريبية لهذه التجربة المخبرية لم تستطع أي تقنية الحد من التسرب الحفافي المجهري في كل من الحافات اللثوية والإطباقية. التسرب الحفافي اللثوي أكبر من التسرب الحفافي الإطباقي، كما تؤثر درجة اللزوجة لمادة الكمبوزت المطبقة بتقنية الكتلة الواحدة في مقدار التسرب الحفافي، ومدى الانطباق الداخلي بين الترميم والسن.

كلمات مفتاحية: التسرب الحفافي، كمبوزت، الكتلة الواحدة، صوتي.

* أستاذ مساعد – قسم المداواة – كلية طب الأسنان – جامعة دمشق.

Evaluation of Microleakage in Class II Bulk-fill Resin Composite Restorations

Souad Aboud*

Abstruct

Objective: The aim of this study was to evaluate the microleakage of class II resin composite restorations applied by bulk fill technique, and to compare the results with the incremental technique.

Materials and Methods: Sixty box-only class II cavities (5x3x2mm) were prepared in extracted non-carious human molars with gingival margin in the enamel. The teeth were restored with 4 different materials and assigned into four groups (n=15): group1 Filtek Bulk-Fill, group 2 X-tra fil Bulk-Fill group 3 SonicFill (bulk fill technique), and control group Tetric Evo Ceram (incremental technique). After thermocycling, the specimens were immersed in Pelikan ink 4001 blue dye solution and incubated at room temperature for 24 hours. The teeth were subsequently sectioned mesiodistally. All specimens were examined at 50× in a stereomicroscope. Dye penetration was measured from occlusal and gingival margins. Data were statistically analyzed using the Kruskal Wallis, Wilcoxon, and Mann – Whitney U tests ($P < 0.05$).

Results: No significant differences in dye penetration were found between the control and the experimental groups, and among occlusal and gingival margins. But microleakage scores were higher in gingival margins compared with oclussal margins. Bulk-fill technique group SonicFill showed less microlekeage scores.

Conclusions: Within the experimental conditions of this in vitro study, None of the restorative techniques tested completely eliminated microleakage dye penetration in oclussal and gingival margins; Viscosity of the bulk fill restorative material influenced the microlekeage and the internal adaptation.

Keywords: Microleakage, Resin Composite, Bulk-fill, sonic.

*Associat. Prof., Department of Operative Dentistry & Endodonties, Faculty of Dentistry, Damascus University.

المقدمة:

يُعدُّ الارتباط الجيد مع الميناء والعاج الهدف الأساسي عند الترميم بالمواد اللاصقة Adhesive Restorations، وعلى الرغم من تطور المواد الرابطة إلَّا أنَّها لا تزال غير قادرة على تحقيق الارتباط الكامل مع الأنسجة السنية، ويعد التقلص التصلبي والتسرب الحفافي المسببان الرئيسان لإخفاق ارتباط ترميمات الكمبوزت[1،2]. وتتجلى الاختلاطات السريرية للتسرب الحفافي بحدوث الحساسية التالية للترميم، وتشكل النخور الثانوية فضلاً عن حدوث التخريش اللبي وتلون الحافات بسبب تراكم الأصبغة في الطبقة تحت السطحية[3].

هناك عدة طرائق للتحري عن التسرب الحفافي ومعرفة مدى قدرة المادة على تحقيق الختم الحفافي، استخدم Harper عام 1912 ضغط الهواء للتحري عن الفجوات الحفافية المتشكلة، في حين اعتمد كل من Fraser عام 1929 و Rose عام 1955 و Martensen عام 1965 و Brännström 1971 تقنية النفوذ الجرثومي لتحديد مدى الانطباق[4]، إلَّا أنَّ تقنية التحري باستخدام النفوذ الصباغي تعدُّ الأكثر شيوعاً واستخداماً[5]. ولا يزال التقييم المخبري طريقة أساسية ومشعراً يعبّر عن التسرب الحفافي المجهري للترميمات[6،7]. وأشار Papacchini إلى أنَّه من المستحيل التخلص من الفجوات الحفافية والتسرب الحفافي لمواد الكمبوزت[8]، كما وجد Samet أنَّه من المستحيل التخلص من الفجوات المتشكلة بين الطبقات المختلفة لهذه المواد[9].

يتأثر ارتباط ترميمات الكمبوزت بعدة عوامل مثل تصميم التحضير (C-factor)، ونوع النظام الرابط المستخدم، ونظام التصليب المستخدم، وكذلك تقنية تطبيق مادة الترميم[1،3].

استخدمت تقنية تطبيق مواد الكمبوزت على طبقات بشكل واسع ولاسيما تحضيرات الصنف الثاني للتقليل من الأثر السلبي للتقلص التصلبي للمادة ومن تشكل الفجوات الحفافية، حيث تنقص تقنية التطبيق على طبقات نسبة الجدران المرتبطة إلى الجدران غير المرتبطة (عامل C)؛ ممَّا يقلّل الجهود التقلصية التي قد تتعرض لها الترميمات النهائية[10،11]. بيّن Frankenbergr أنَّ تطبيق مواد الكمبوزت على شكل طبقات أفقية كان ذا نتائج ارتباط أفضل عند مقارنتها بتطبيق المادة على شكل طبقات عمودية أو مائلة[12]. على النقيض من ذلك، أظهرت دراسة Versluis أن تطبيق مواد الكمبوزت بشكل طبقاتٍ أفقية يزيد من التشوه في الأسنان المرممة ويزيد من التقلص التصلبي وتشكل الفجوات الحفافية[13]. وأجريت دراسة طُبِّق فيها نوع واحد من مواد الكمبوزت ذي الأساس السيلوريني على شكل طبقات أفقية ومائلة، فُحِصَت العينات من حيث التقلص التصلبي، وتشكل الفجوات الحفافية وكانت نتائج تطبيق المادة بشكل طبقات أفقية أفضل من تطبيقها بطبقات مائلة[11]. وتبيَّن نتيجة للبحوث أن تعريض مواد الكمبوزت لدرجة حرارة تصل حتى Pre-heated Resin Based Composites 155F يجعلها ذات لزوجة أقل؛ ممَّا يساعد على انطباق وترطيب أفضل لجدران السن[14].

استخدمت العديد من المواد أسفل ترميمات الكمبوزت بهدف تحسين انطباق مواد الكمبوزت مع الجدران اللثوية للحفرة. اشتملت هذه المواد على الإسمنت الزجاجي الشاردي أو الإسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج أو الكمبومير. ولوحظ أنَّ هذه المواد المطبّقة أسفل ترميمات الكمبوزت من شأنها أن تقلّل تشكل الفجوات الحفافية وتزيد من الانطباق[15]. لكن بعض الدراسات لم تجد لهذه التقنية أي تأثير إيجابي إضافي عن التقنيات الأخرى[16،17].

ونتيجة لتزايد الحاجة لتقنيات ترميم تختصر الوقت والجهد، وتكون أقل حساسية من تقنية الطبقات المتعددة و لاسيمَّا عند ترميم التحضيرات الواسعة، ظهر مفهوم تطبيق ترميمات الكمبوزت بتقنية الكتلة الواحدة Bulk-Fill، وساعد

في ذلك التطور الكبير في بنية مواد الكمبوزت الحديثة وتركيبها. واعتمدت هذه التقنية الجديدة على تغيير التركيب الكيميائي للمونوميرات للحصول على مونوميرات ذات لزوجة منخفضة تسمح بالانسيابية اللازمة[18،19،20].

وتدعي الشركات المصنّعة أن التغير الكبير في القالب العضوي لهذه المواد الحديثة أظهر نقصاً واضحاً في قيم التقلص التصلبي والجهود التقلصية بنسبة 60-70%[18،21]. كما أُضيفَ بعض المعدِّلات لتساعد على زيادة عمق التصلب لهذه المواد، حيث يصل عمق تصلب الطبقة في بعض المواد حتى 5-6 ملم. وتوافرت بالأسواق التجارية العديد من مواد الكمبوزت المنجزة بتقنية الكتلة الواحدة بتراكيب مختلفة، الأمر الذي من شأنه أن يجعل الأداء السريري لهذه المواد مختلفاً. كما تتوافر مواد الكمبوزت Bulk-Fill بشكلين رئيسين: سيّال Flowable، وقابل للنحت Sculptable، ويختلفان عن بعضهما بحجم الحبيبات المالئة الداخلة في تركيبهما ونسبها [21،22].

تتميّز المواد السيّالة Bulk-Fill بقدرتها على الترطيب وتحقيق الانطباق الجيد مع جدران التحضير، والزوايا الخطية والنقطية الداخلية جميعها، فضلاً عن سهولة تطبيقها وعدم الحاجة إلى تكييف المادة مع الجدران بواسطة أدوات الدك التقليدية، أمَّا سلبياتها فتتجلى بضرورة تغطيتها بطبقة 2 ملم من الكمبوزت الهجين للحصول على ترميمات ذات خواص ميكانيكية جيدة ومقاومة للاهتراء فضلاً عن القدرة على التشكيل الإطباقي وتأمين النواحي الجمالية المطلوبة بالترميم[22،23]. وتتميز مواد Bulk-Fill ذات اللزوجة العالية القابلة للنحت بأنَّها لاتحتاج لإضافة طبقة علوية مغطية، حيث يُملأ التحضير كلّه بطبقة واحدة، كما يسهل معها نحت السطح الإطباقي وتشكيلها نتيجة لقوام المادة الكثيف. أمَّا سلبياتها فتكمن بضرورة دك المادة وتكييفها مع الجدران الداخلية للحفرة باستخدام الأدوات اليدوية، كذلك تبدي شفوفية تتعارض مع النواحي الجمالية المطلوبة [20].

مازالت تقنية تطبيق الكمبوزت على طبقات هي الإجراء المعياري للتقليل من التقلص التصلبي وتحقيق عمق التصلب الأفضل[24،25]، من هنا جاءت فكرة هذه الدراسة التي تهدف إلى تقييم درجة التسرب الحفافي المجهري للترميمات المطبقة بتقنية الكتلة الواحدة المطروحة كبديل عن التطبيق على دفعات في تحضيرات الصنف الثاني (Filtek Bulk Fill وX-tra fil وSonicFill)، ومقارنتها بتقنية الطبقات المتعددة (Tetric Evo Ceram).

مواد البحث وطرائقه:

يمكن تلخيص المواد المستخدمة بالبحث وفق الجدول رقم 1. وتألفت عينة البحث من 60 تحضيراً صنف II معدّل، حُضّرت على 60 رحى بشرية سليمة حديثة القلع. طُهِّرت الأسنان المقلوعة بمحلول الكلورامين T مدة أسبوع، ونظفت بعدها من الأنسجة الرخوة بأدوات التقليح اليدوية ثم حفظت بماء ثنائي التقطير وبدرجة حرارة الغرفة. وأُجرِيَ فحص أولي للأسنان باستخدام المكبرة الضوئية (X 10) للتأكد من خلو أسنان العينة من العيوب حيث تم استبعاد الأسنان المصابة بالنخور أو التصدعات والأسنان ذات الملتقى الميناني الملاطي غير الواضح. خُتمت ذرا الأسنان بواسطة راتنج الايبوكسي ثم طُليت الجذور بطبقتين من طلاء الأظافر، ومن ثم وضعت جذور الأسنان ضمن قواعد أكريلية تبعد 3 ملم عن الملتقى الميناني الملاطي لتسهيل إجراءات العمل التالية. حُضّرت حفر صنف II علبية الشكل بأبعاد (3 ملم عرضاً، 2 ملم عمقاً، 5 ملم ارتفاعاً) وذلك على السطح الإنسي أو الوحشي لكل سن من أسنان العينة بحيث يتوضع الجدار اللثوي فوق الملتقى الميناني الملاطي ب 1 ملم، وذلك باستخدام سنبلة ماسية شاقة من نوع (MANI sf-81)، واستخدمت سنبلة جديدة كل 5 تحضيرات للمحافظة على فعالية القطع، وتم التأكد من أبعاد العينة باستخدام البياكوليس الرقمي Digital Vernier Caliper No. 52427PVC150D ومسبر لثوي. وزّعت العينة بعد ذلك عشوائياً إلى أربع مجموعات (n=15) تبعاً لنوع الكمبوزت المستخدم في الترميم وفق الجدول رقم2.

الجدول (1): المواد المستخدمة بالبحث ومواصفاتها

المادة	التركيب	الكثافة	الشركة المصنعة
TetricEvo Ceram *Nanohybird*	The filler: Fillers (Barium glass, Ytterbium trifluoride, Mixed oxide, sio_2). Inorganic filler loading is about 82.0% by weight. The resin matrix: Dimethacrylates 16.8%(Bis-GMA, Bis-EMA,UDMA, Bis-EMA)	عالي اللزوجة طبقات بسماكة تصل حتى 2ملم لكل طبقة	Ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein
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 to 11 nm zirconia particles), and a ytterbium trifluoride 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	3M ESPE, St. Paul, USA
X-tra fil Bulk-Fill *Multihybrid*	The filler: Barium, boron, aluminosilicate glass (2-3 nm). The resin matrix: Inorganic filler loading is about86% by weight(70.1%by volume) Bis-GMA, UDMA, TEGDMA	عالي اللزوجة Packable طبقة بثخانة 4 ملم	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 methacrylate، EBADMA, Bis-GMA TEGDMA)	سيّال عند التشيط بالأمواج الصوتية High Viscosity طبقة بثخانة 5 ملم	Kerr, Orange, CA, USA
Heliobond Bond	.Bis-GMA 60 %wt .Triethylene glycol dimethacrylate 40 %wt	طبقة واحدة	Ivoclar vivadent, Liechtenstein
N Etch	Phosphoric acid 37%	تخريش مدة 15 ثانية من ثم الغسل والتجفيف.	Ivoclar vivadent, Liechtenstein

Information provided by the manufacturers.

طُبِّق الحمض المُخرّش على الميناء 15 ثانية وعلى الميناء مدة 10 ثوانٍ. طُبقّت بعدها مسندة Tofflemire على والعاج مدة 15 ثانية، ثم غُسلت الأسنان بتيار مائي مستمر الأسنان المحضرة ودُعمت باستخدام مركب طبع مليّن

لتأمين انطباق أفضل للمسندة على السطح المحضّر. وتم التجفيف بوضع كرّية قطنية داخل التحضير ثم جفف الميناء بتيار هوائي لطيف، ثم وُضعت طبقة من المادة الرابطة Heliobond على الميناء والعاج المُخرّش باستخدام فرشاة تطبيق ثم وجِّهَ تيار هوائي بسيط مدة 5 ثوانٍ لضمان توزع المادة الرابطة والتصليب مدة 20 ثانية بواسطة جهاز LED نوع (He mao, CHINA) بشدة ضوء تُقدر ب 1000 Cm^2/MW . وتم التأكد من شدة جهاز التصليب قبل البدء بمراحل الترميم وخلال مراحل العمل بواسطة جهاز Dent America، وطُبِّقَت كل من مواد الكمبوزت وفق تعليمات الشركة المنتجة. طُبِّقَ كمبوزت Filtek Bulk Fill وX-tra fil وفق تقنية الكتلة الواحدة بثخانة تصل حتى 4ملم بعد تطبيق الكتلة تم دكها وتشكيلها لتُلائم جدران الحفرة الداخلية ومن ثم أُجرِيَ التصليب مدة 40 ثانية بواسطة جهاز التصليب.

وطُبِّق كمبوزت SonicFill وفق تعليمات الشركة المنتجة إذْ تم رُكِّبَ رأس الكمبوزت على قبضة SonicFill من إنتاج شركة Kavo؛ وذلك بلف الرأس مع عقارب الساعة ومن ثم تُحدد سرعة تطبيق المادة من خلال حلقة السرعة الموجودة بأسفل القبضة التي تحوي على خمس سرعات حيث وحُّدتْ سرعة التطبيق بالحالات جميعها وفق الدرجة الخامسة ومن ثمَّ وُجِّهَ الرأس إلى أعمق نقطة من التحضير بحيث عند تدوير القبضة يتم انسياب الكمبوزت من داخل رأس الكمبوزت إلى الحفرة تحت تأثير الأمواج الصوتية دون حدوث أي انحباس هوائي ومن ثمَّ أُجرِيَ التصليب مدة 40 ثانية.

تم إنهاء السطح الطاحن وتلميعه فقط للترميمات بعد 24 ساعة من الانتهاء من ترميم كل مجموعة لضمان اكتمال تصلب الكمبوزت دون التأثير في سطح الارتباط [26]، وذلك باستخدام سنبلة لهب شمعة على قبضة توربين تحت تبريد مائي، ومن ثم استُخدمت مجموعة الإنهاء OptiDisc لشركة Kerr. وغُمرت الأسنان بعدها ضمن ماء ثنائي التقطير، ووضعت ضمن حاضنة بدرجة حرارة 37°م مدة أسبوع. ثم استُخدم جهاز Vertex- Dental, Zeist, Netherlands لإخضاع العينات ل 200 دورة حرارية بين 5-55°م مدة 15 ثانية لكل حمام، وذلك وفق معايير ISO [27]. وطُلي كامل سطح السن مع الإكريل بطبقتين من طلاء الأظافر حتى حدود 1ملم من حافات الترميم بعد الانتهاء من إجراء الدورات الحرارية، وغُمرت بعدها تيجان الأسنان بصباغ أزرق البيليكان مدة 24 ساعة بدرجة حرارة الغرفة، ومن ثم غُسلت العينات بماء جار مدة 5 دقائق لإزالة بقايا المحلول الملون، ثم أُجرِيَ مقطع طولي إنسي وحشي يمر من منتصف الترميم بواسطة قرص ماسي على قبضة ميكروتور مع إرذاذ مائي للتبريد.

قُيّم التسرب الحفافي للجدار اللثوي والطاحن باستخدام مجهر ضوئي Scope , Model:Sc-S100,Germany بتكبير X50 موصول بجهاز حاسوب (كمبيوتر) يستخدم برنامج Scope Image Dynamic Proباعتماد المعيار الآتي الذي يتألف من4 درجات الوارد في الجدول رقم3 [28].

الجدول (2): توزيع المجموعات تبعاً لنوع الكمبوزت المستخدم

المجموعة الأولى (الشاهدة)	Tetric Evo Ceram
المجموعة الثانية	Bulk Fill Filtek
المجموعة الثالثة	Xtrafill
المجموعة الرابعة	Sonic Fill

الجدول (3): المعيار المستخدم في قياس درجة التسرب

درجة التسرب	مقدار التسرب
الدرجة 0	لا يوجد تسرب حفافي
الدرجة 1	تسرب حفافي ضمن الميناء ولا يتجاوز الملتقى الميناني العاجي
الدرجة 2	تسرب حفافي يتجاوز الملتقى الميناني العاجي ولا يصل إلى الجدار المقابل
الدرجة 3	تسرب حفافي يصل إلى لجدار المقابل

الشكل (1): المواد المستخدمة في البحث.

الشكل (2): النظام الرابط ومجموعة إنهاء الكمبوزت.

الشكل (3): جهاز التصليب

الشكل (4): مجهر

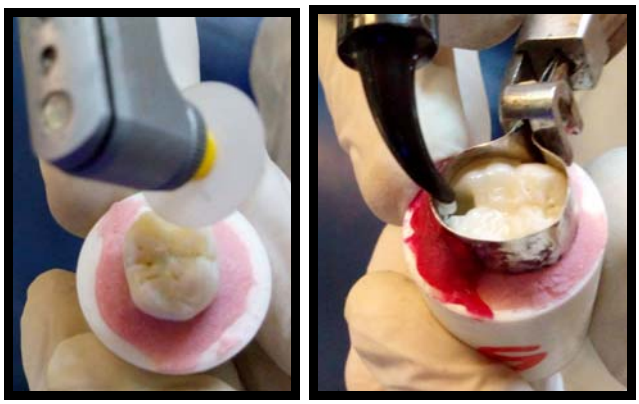
الشكل (5): الأرحاء المستخدمة في البحث

.Scope, ANTI-MOULD ,German

الشكل (6): طلاء جذور الأسنان بطبقتين من طلاء الأظافر ووضعها ضمن قواعد أكريلية

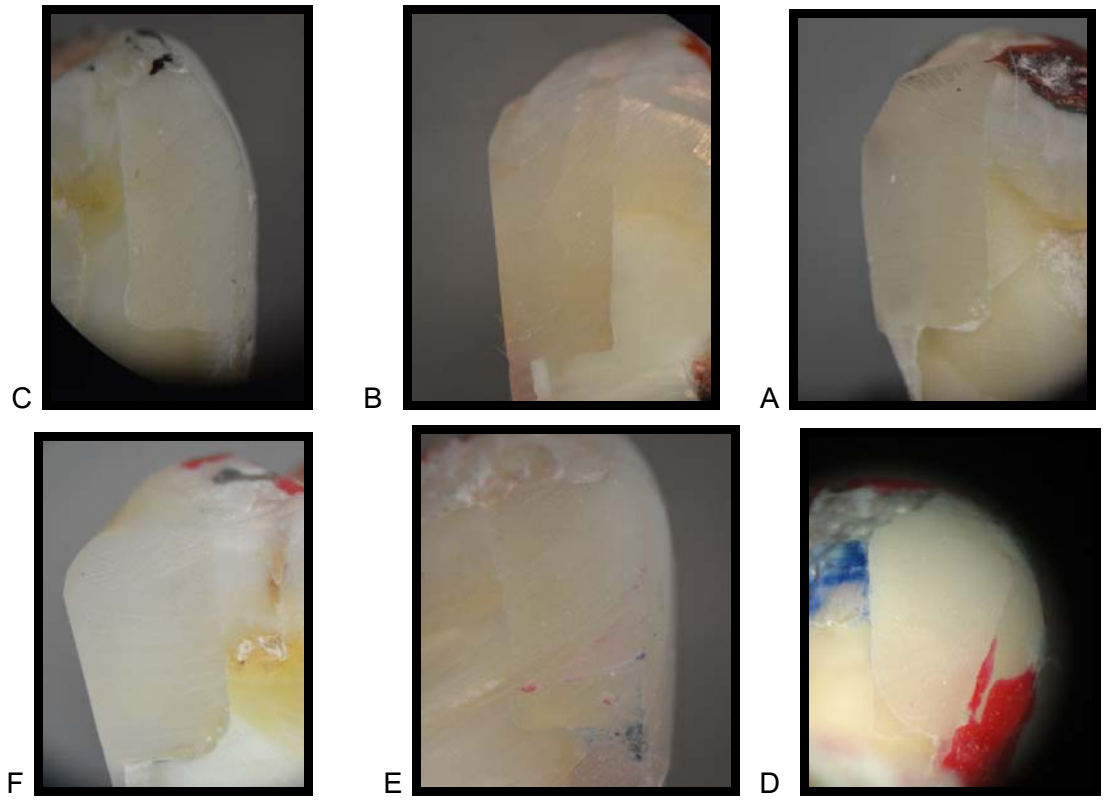
الشكل (7): تحضير صنف II علبي

الشكل (8): التخريش الحمضي، وتطبيق المادة الرابطة، والتصليب الضوئي



الشكل (9): تطبيق الكمبوزت ضمن التحضير، والإنهاء

الشكل (10): العينة جاهزة للغمر بالمادة الملونة



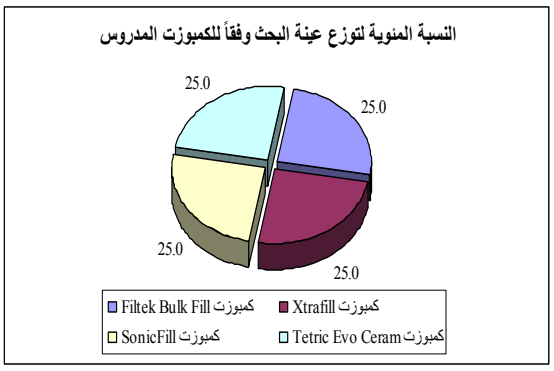
الشكل (11): A. B. C. درجة التسرب الحفافي 0 على الجدران الطاحنة واللثوية للمواد المدروسة (SonicFill و Filtek وX-tra fil) على الترتيب. D. درجة التسرب الحفافي 2 على الجدار الطاحن لعينة مرممة بمادة X-tra fil. E. درجة التسرب الحفافي 2 على الجدار اللثوي لعينة مرممة بمادة Filtek Bulk Fill. F. درجة التسرب الحفافي 2 على الجدار اللثوي لعينة مرممة بمادة SonicFill.

التحليل الإحصائي:

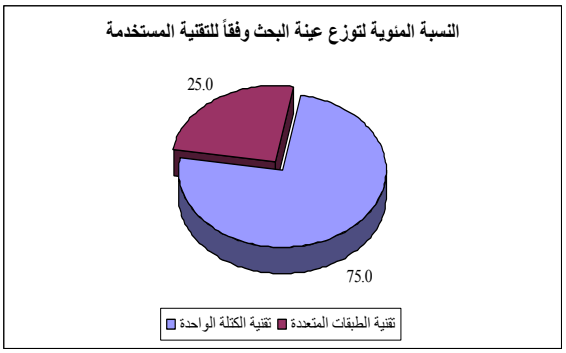
استخدم اختبار Kruskal-Wallis واختبار Wilcoxon واختبار Mann-Whitney U لدراسة النتائج إحصائياً بواسطة برنامج SPSS، إصدار رقم 16، وبمستوى دلالة 0.05%.

النتائج:

تألفت عينة البحث من 60 تحضيراً صنف II أجريت على 60 رحى سليمة، قُسّمت إلى أربع مجموعات رئيسة متساوية وفقاً للكمبوزت المدروس (Filtek Bulk-Fill، Xtrafill، SonicFill، Tetric Evo-Ceram "مجموعة شاهدة")، وكان توزع عينة البحث وفقاً للكمبوزت المدروس والتقنية المستخدمة، كما في المخططين (1 و 2):



المخطط (1): يمثل النسبة المئوية لتوزع الأرحاء في عينة البحث وفقاً للكمبوزت المدروس



المخطط (2): يمثل النسبة المئوية لتوزع الأرحاء في عينة البحث وفقاً للتقنية المستخدمة.

دراسة درجة التسرّب الحفافي وفقاً للكمبوزت المدروس:

دراسة تأثير الكمبوزت المدروس في درجة التسرّب الحفافي وفقاً لموقع القياس:

أُجرِيَ اختبار Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعات الكمبوزت المدروس (Filtek Bulk Fill، Xtrafill، SonicFill، Tetric Evo Ceram) في عينة البحث وفقاً لموقع القياس. إذ يبيِّن الجدول(2) أنَّ قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 مهما كان موقع القياس، أي أنَّه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعات الكمبوزت المدروس (Filtek Bulk Fill، Xtrafill، SonicFill، Tetric Evo Ceram)، وذلك مهما كان موقع القياس.

الجدول (4): يبيِّن نتائج اختبار Kruskal–Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعات الكمبوزت المدروس وفقاً لموقع القياس.

المتغير المدروس = درجة التسرّب الحفافي						
موقع القياس	الكمبوزت المدروس	عدد القياسات	متوسط الرتب	قيمة كاي مربع	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
في الجدار الطاحن	كمبوزت Filtek Bulk Fill	15	30.30	1.333	0.721	لا توجد فروق دالة
	كمبوزت Xtrafill	15	32.73			
	كمبوزت SonicFill	15	28.40			
	كمبوزت Tetric Evo Ceram	15	30.57			
في الجدار اللثوي	كمبوزت Filtek Bulk Fill	15	29.77	0.392	0.942	لا توجد فروق دالة
	كمبوزت Xtrafill	15	31.57			
	كمبوزت SonicFill	15	29.43			
	كمبوزت Tetric Evo Ceram	15	31.23			
في الجدارين الطاحن واللثوي معاً	كمبوزت Filtek Bulk Fill	30	59.50	1.451	0.694	لا توجد فروق دالة
	كمبوزت Xtrafill	30	63.80			
	كمبوزت SonicFill	30	57.35			
	كمبوزت Tetric Evo Ceram	30	61.35			

دراسة تأثير موقع القياس في درجة التسرّب الحفافي وفقاً للكمبوزت المدروس:

أُجرِيَ اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعة القياسات في الجدار الطاحن ومجموعة القياسات في الجدار اللثوي في عينة البحث، وذلك وفقاً للكمبوزت المدروس، ويبين الجدول (3) أنَّ قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 مهما كان الكمبوزت المدروس، أي إنَّه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعة القياسات في الجدار الطاحن ومجموعة القياسات في الجدار اللثوي، مهما كان الكمبوزت المدروس.

الجدول (5): يبيّن نتائج اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعة القياسات في الجدار الطاحن ومجموعة القياسات في الجدار اللثوي ، وذلك وفقاً للكمبوزت المدروس.

الكمبوزت المدروس	عدد الأرحاء			متوسط الرتب		قيمة Z	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
	التسرّب في الجدار اللثوي < التسرّب في الجدار الطاحن	التسرّب في الجدار اللثوي > التسرّب في الجدار الطاحن	التسرّب في الجدار اللثوي = التسرّب في الجدار الطاحن	التسرّب في الجدار اللثوي > التسرّب في الجدار الطاحن	التسرّب في الجدار اللثوي < التسرّب في الجدار الطاحن			
كمبوزت Filtek Bulk Fill	2	2	11	1.50	3.50	−0.743	0.458	لا توجد فروق دالة
كمبوزت Xtrafill	3	3	9	3.50	3.50	0	1.000	لا توجد فروق دالة
كمبوزت SonicFill	1	2	12	1.50	2.25	−0.816	0.414	لا توجد فروق دالة
كمبوزت Tetric Evo Ceram	2	2	11	2.00	3.00	−0.378	0.705	لا توجد فروق دالة

2–دراسة درجة التسرّب الحفافي وفقاً للتقنية المستخدمة:

دراسة تأثير التقنية المستخدمة في درجة التسرّب الحفافي وفقاً لموقع القياس:

أُجرِيَ اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعة تقنية الكتلة الواحدة ومجموعة تقنية الطبقات المتعددة في عينة البحث وفقاً لموقع القياس. إذ يبيِّن الجدول(4) أن قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 مهما كان موقع القياس، أي إنَّه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعة تقنية الكتلة الواحدة ومجموعة تقنية الطبقات المتعددة (Filtek Bulk Fill، Xtrafill، SonicFill، Tetric Evo Ceram)؛ وذلك مهما كان موقع القياس.

الجدول (6): يبيِّن نتائج اختبار Mann–Whitney U لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعة تقنية الكتلة الواحدة ومجموعة تقنية الطبقات المتعددة وفقاً لموقع القياس.

المتغير المدروس = درجة التسرّب الحفافي						
موقع القياس	التقنية المستخدمة	عدد القياسات	متوسط الرتب	قيمة U	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
في الجدار الطاحن	تقنية الكتلة الواحدة	45	30.48	336.5	0.977	لا توجد فروق دالة
	تقنية الطبقات المتعددة	15	30.57			
في الجدار اللثوي	تقنية الكتلة الواحدة	45	30.26	326.5	0.772	لا توجد فروق دالة
	تقنية الطبقات المتعددة	15	31.23			
في الجدارين الطاحن واللثوي معاً	تقنية الكتلة الواحدة	90	60.22	1324.5	0.803	لا توجد فروق دالة
	تقنية الطبقات المتعددة	30	61.35			

دراسة تأثير موقع القياس في درجة التسرّب الحفافي وفقاً للتقنية المستخدمة:

أُجرِيَ اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعة القياسات في الجدار الطاحن ومجموعة القياسات في الجدار اللثوي في عينة البحث؛ وذلك وفقاً للتقنية المستخدمة، ويبيِّن الجدول(5) أنَّ قيمة مستوى الدلالة أكبر بكثير من القيمة 0.05 مهما كانت التقنية المستخدمة، أي إنه عند مستوى الثقة 95% لاتوجد فروق ذات دلالة إحصائية في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعة القياسات في الجدار الطاحن ومجموعة القياسات في الجدار اللثوي؛ مهما كانت التقنية المستخدمة.

الجدول (7) يبيّن نتائج اختبار Wilcoxon للرتب ذات الإشارة الجبرية لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة التسرّب الحفافي بين مجموعة القياسات في الجدار الطاحن ومجموعة القياسات في الجدار اللثوي، وذلك وفقاً للتقنية المستخدمة.

التقنية المستخدمة	عدد الأرحاء			متوسط الرتب		قيمة Z	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
	التسرّب في الجدار اللثوي > التسرّب في الجدار الطاحن	التسرّب في الجدار اللثوي < التسرّب في الجدار الطاحن	التسرّب في الجدار اللثوي = التسرّب في الجدار الطاحن	التسرّب في الجدار اللثوي > التسرّب في الجدار الطاحن	التسرّب في الجدار اللثوي < التسرّب في الجدار الطاحن			
تقنية الكتلة الواحدة	6	7	32	5.67	8.14	−0.827	0.408	لا توجد فروق دالة
تقنية الطبقات المتعددة	2	2	11	2.00	3.00	−0.378	0.705	لا توجد فروق دالة

المناقشة:

تحرت الدراسة الحالية قدرة المواد المرممة (الجدول1) المطبقة بتقنيات مختلفة على الختم الحفافي الطاحن واللثوي لحفر الصنف الثاني ذات الحافات المينائية بالكامل، وذلك بعد توحيد حجم الحفر المحضّرة واعتماد نظام رابط واحد في العينات جميعها ضمن الشروط المخبرية نفسها.

كان ترتيب المجموعات عند مقارنة التسرب الحفافي المجهري الطاحن بين مجموعات الدراسة على الشكل الآتي: مجموعتا Filtek Bulk-Fill وTetric Evo Ceram 86.7% ومجموعة Xtrafill 80%، ومجموعة SonicFill 93.3%، وتبيَّن عدم وجود فروق مهمة إحصائياً بين مجموعات الدراسة من حيث التسرب الطاحن. أمَّا ترتيب نتائج التسرب الحفافي المجهري اللثوي فقد جاء كما يأتي: مجموعتا Filtek Bulk-Fill وSonicFill 86.7%، ومجموعتا Xtrafill وTetric Evo Ceram 80%، ولوحظ عدم وجود فروق مهمة إحصائياً بين المجموعات من حيث التسرب اللثوي. كما لم يتبيَّن نتيجة هذه الدراسة وجود فرق ذي دلالة إحصائية في التسرب الكلي بين المجموعات.

حُفظت العينات في ماء ثنائي التقطير قبل البدء بإجراء الدورات الحرارية وخلال مدّة العمل. وقد ثبت أنَّ بعض المحاليل مثل 70% ايثانول و10% فورمالين والماء المقطر مع الثيمول لاتؤثر في قوى الارتباط بالأنسجة العاجية [29]. من ثم أُخضعت عينات البحث لدورات حرارية تعمل على خلق إجهادات تمدد – تقلص متكررة عند منطقة الارتباط وذلك بسبب اختلاف معامل التمدد الحراري بين الكمبوزت والأنسجة السنية[30]، الأمر الذي يمكن أن يسبب زيادة في حجم الفجوات الحفافية المجهرية ويسرع من انحلال مكونات السطح البيني بين الكمبوزت والأنسجة السنية ويزيد من امتصاص الماء، كما لوحظ عدم وجود اختلاف في النفوذية الصباغية عند تعريض العينات لـ 100 دورة حرارية أو

ل1500 دورة، وقد عُرِّضت العينات في هذه الدراسة لـ 200 دورة حرارية بحرارة راوحت بين 5-55°م وذلك لخلق بيئة مشابهة للبيئة الفموية[31].

استُخدمت العديد من الطرائق المخبرية في تقييم الختم الحفافي للترميمات السنية كالضغط الهوائي والجراثيم والنظائر المشعة و المجهر الالكتروني الماسح والأصبغة، لكن يعدُّ استخدام الصباغ الكاشف في تقييم التسرب الحفافي المجهري الأكثر شيوعاً في الدراسات المخبرية؛ وذلك كونها طريقة بسيطة غير سامة، وقابلة للتقصي بتراكيز منخفضة، وتمكن من مقارنة النتائج فضلاً عن انخفاض كلفتها مقارنة بالتقنيات الأخرى[32]. واستخدم في هذا البحث صباغ أزرق البيليكان Pelikan Ink 4001 كونه يتمتع بوزن جزيئي منخفض، ما يسمح بنفوذية أكبر تفوق الأصبغة الأخرى، فضلاً عن أنَّ حجم الجزيئات يراوح بين (0.1- 2 µm)، وهو مشابه لحجم الجراثيم التي يمكن أن تخترق الفجوة بين الترميم والسن في حالات التسرب الحفافي [34،33].

أظهرت مجموعات الدراسة المختلفة نتائج مقبولة للتسرب الحفافي المجهري على الرغم من تطبيق المواد بسماكات تصل إلى 5 ملم بدفعة واحدة، ويمكن أن يعود ذلك إلى إضافة معدلات التقلص التصلبي؛ وهي عبارة عن مواد ذات وزنٍ جزيئي عالٍ تتوضع في مركز هيكل الراتنج القابل للتصلب، ما يسمح بتحرر الجهود التقلصية دون التأثير في معدل التحول[10]، أو إلى استخدام محررات الجهد؛ وهي جزء من الحبيبات المالئة تتكون من بوليميرات مسبقة التصلب، مايسمح بنسبة ملء أعلى بالمادة ومن ثَمَّ التقليل من التقلص التصلبي، كما تمنع هذه المالئات أيضاً من حركة انكماش القالب الراتنجي في أثناء التصلب؛ وذلك بسبب الاحتكاك بين الراتنج وسطح هذه المواد في أثناء عملية التصلب، وتتمتع هذه المواد بمعامل مرونة منخفض يجعلها تعمل بمنزلة نوابض مجهرية تحرر الجهد التقلصي[23]، أو إضافة معدلات اللزوجة كما في مادة SonicFill التي جمعت بين كل من خصائص الكمبوزت القابل للنحت وبين خواص الكمبوزت السيّال؛ وذلك من خلال إضافة معدلات منشطّة بالطاقة الصوتية ضمن بنية المادة، وظيفتها تعديل لزوجة المادة حيث تنخفض درجة اللزوجة حتى 87% عند تعرضها للأمواج الصوتية [35].

ولم يكن هناك أي فرق جوهري بين نتائج التسرب اللثوي والطاحن للمجموعات، لكن تفوقت نتائج التسرب المسجلة في مجموعة SonicFill على النتائج المسجلة للمجموعات الأخرى. ويمكن أن يُفسّر ذلك بالاعتماد على حقيقة أنَّ مقدار الجهد التقلصي يعتمد على مقدار الارتباط المرن للمادة مع الجدران السنية والخواص الانسيابية للمادة المرممة، فقد وجد في هذه الدراسة أن الانسيابية العالية لمادة SonicFill نتيجة خفض لزوجة المادة عند تعرضها للطاقة الصوتية يجعلها ذات خواص ترطيبية أفضل، الأمر الذي يحسّن من انطباقها مع الجدران السنية، ومن ثَمَّ يقلل من احتمال اندخال الفقاعات الهوائية وتشكل الفجوات الحفافية بطريقة مشابهة لتطبيق الكمبوزت السيّال[19]، وهذا يتوافق مع دراسة Kalmowicz الذي وجد على بالرغم من أنَّ كثافة مادة SonicFill لاتساوي كثافة الكمبوزت السيّال، إلَّا أنَّ الانسيابية التي تحدثها الأمواج الصوتية بالمادة تجعلها محققّة للانطباق مع جدران التحضير السني بشكل مشابه لما يتم الحصول عليه في أثناء استخدام الكمبوزت السيّال[36]، في حين أنَّ اللزوجة التي تتمتع بها المواد الأخرى قد تحد من تحقيق الانطباق الجيد مع الجدران السنية مما يزيد من التسرب. وتوافقت نتائج هذه الدراسة من حيث تسجيل مادة SonicFill ختماً حفافياً أفضل مع كلٍّ من Orlowski وAGarwal [38،37]. فيما اختلفت نتائج البحث مع دراسة Nadig الذي توصل إلى أنَّ تقنية تطبيق الكمبوزت

على طبقات أفضل من تقنية التطبيق كتلة واحدة من حيث التسرب الحفافي المجهري[11]، وقد يعزا هذا الاختلاف إلى مواد الكمبوزت المستخدمة في التطبيق بتقنية الكتلة الواحدة في هذه الدراسات التي كانت ذات المواد التي تطبق بتقنية الطبقات ومن ثَمَّ فإن مثل هذه المواد تبدي تقلصاً تصلبياً كبيراً عند التطبيق كتلة واحدة كونها لاتملك التحسينات التي أضافتها الشركات المصنعّة إلى المواد القابلة للتطبيق كتلة واحدة بهدف التغلب على مشكلات التقلص التصلبي وعمق التصلب.

وتبيَّن نتيجة هذه الدراسة وجود فرقٍ ولكن غير مهم إحصائياً بين نتائج التسرب اللثوي والطاحن في كل من• مجموعتي SonicFill وTetric Evo Ceram، وقد يكون سبب وجود هذا الفارق قلة الثخانة الميناائية عند الحافات اللثوية ما يجعل القسم الأكبر من الارتباط مع العاج ذي البنية غير المتجانسة والمحتوى العالي من المواد العضوية،• على نقيض الميناء ذي المحتوى العالي من المواد غير العضوية التي تسمح عند إجراء التخريش الحمضي بحدوث• نفوذية عالية للميناء تساعد على اختراق أكبر للمواد الرابطة وتشكيل روابط ميكانيكية مجهرية مع الكمبوزت بشكل أقوى• من العاج[39]، فضلاً عن أنَّ الميناء المتبقي في المناطق العنقية يعدُّ رقيقاً وذا بنية غير منتظمة ما ينعكس سلباً على الارتباط ويرفع من مقدار التسرب، وقد يعزا التسرب اللثوي أيضاً إلى تقلص كتلة الترميم باتجاه مصدر الضوء الذي يكون إطباقياً غالباً، ومن ثَمَّ تزداد الفجوات الحفافية اللثوية محدثةً التسرب الحفافي[40].

سجّلت مواد الكمبوزت المختبرة في هذه الدراسة نسباً متفاوتة من التسرب الحفافي المجهري، ولم تستطع أي مادة أو تقنية منع حدوثه، وهذا يتوافق مع دراسة Papacchini [8]. كما توافقت نتائج هذا البحث بعدم وجود فرقٍ إحصائيٍّ مهم بين تقنيات الترميم مع Eunice [35] و Kalmowicz [36].

الاستنتاجات:

ضمن شروط هذه الدراسة المخبرية عن التسرب الحفافي المجهري يمكن استنتاج:

لم تستطع أي تقنية من تقنيات الترميم المختبرة (تقنية الطبقات المتعددة، تقنية الكتلة الواحدة) منع حدوث التسرب الحفافي المجهري حول ترميمات الصنف الثاني العلبية المنجزة مخبرياً.

حقّقت المواد المدروسة جميعها نتائج مقبولة ومتقاربة من حيث حدوث التسرب الحفافي المجهري.

كانت قيم التسرب في الجدار اللثوي أكبر من قيم التسرب في الجدار الطاحن، ولكن دون فارق مهم إحصائياً.

أظهرت تقنية الترميم بمادة الـ SonicFill قدرة أكبر على التكيّف مع الجدران الداخلية للسن، وسجلت النسب القليلة من حيث التسرب الحفافي المجهري.

References المراجع

1. Cakir D. Polymerization shrinkage—a clinical review, Aegis Communications. 2007, 3:23-42.
2. Burke F., Crisp R., James A., Mackenzie L., Pal A., Sands P., *et al.* Two year clinical evaluation of a low-shrink resin composite material in UK general dental practices. J.Dent Mater.2011;27,622-630.
3. Sikri V.K. Textbook of Operative Dentistry (2th ed). New Delhi: CBS Puplishers & Distributors 2008. Ch 28: p 589-617.
4. Kumar M., Lakshminarayanan L. Methods of detecting microleakage. J. Conservative Dentistry. 2004; Vol 7: No 2,79-87.
5. Patel M .U, Punia S.K., Bhat S., Singh G., Bhargava R., *et al.* An in vitro evaluation of microleakage of posterior teeth restored with amalgam, composite and zirconomer – A stereomicroscopic study. J Clin Diagn Res. 2015 July; 9(7): 65–67.
6. Raskin A, D'Hoore W, Gonthier S, Degrange M, Déjou J. Reliability of in vitro microleakage tests: A literature review. J Adhesive Dent 2001;3:295-308.
7. Gerdolle D.A., Mortier E., Droz D.. Microleakage and Polymerization Shrinkage of Various Polymer Restorative Materials. Journal of Dentistry for Children. 2008,75 (2): 125-133.
8. Papacchini F., Monticelli F., Hasa I., Radovic I., Fabianelli A., Polimeni A., Ferrari M.. Effect of air-drying temperature on the effectiveness of silane primers and coupling blends in the repair of a microhybrid resin composite. J Adhes Dent. 2007, 9(4): 391-397.
9. Samet N., Kwon K.R., Good P., Weber H.P.. Voids and interlayer gaps in class I posterior composite restorations: a comparison between a microlayer and a 2-layer technique. Quintessence Int. 2006, 37(10): 803-809.
10. Karthick K.. Polymerization shrinkage of composites- A review. J IADS. 2012;(2).
11. Nadig R., Bugalla A., Usha .G, Karthlk J., Rao R., Vedhavathi B.. Effect of four different placement techniques on marginal microleakage in class II composite restorations: In vitro study. World Journal of Dentistry, 2011;2(2):111-116.
12. Frankenberger R., Kramer N., Lohbauer U., Nikolaenko S.A., Reich S.M. Marginal integrity: Is the clinical performance of bonded restorations predictable. In vitro? J Adhes Dent. 2007, 9 Suppl 1: 107-116.
13. Versluis A., Douglas W.H., Cross M., Sakaguchi R.L. Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses?J Dent Res 1996,75(3):871-878.
14. Bagis Y.H., Rueggeberg F.A. The effect of post-cure heating on residual, unreacted monomer in a commercial resin composite. Dent Mater 2000,16(4): 244-247.
15. Peutzfeldt A., Asmussen E.. Composite restorations: Influence of flowable and self-curing resin composite linings on microleakage in vitro. Oper Dent 2002,27(6): 569-575.
16. Lindberg, A., Van Dijken JW, Horstedt P. In vivo interfacial adaptation of class II resin composite restorations with and without a flowable resin composite liner. Clin Oral Investig. 2005, 9(2): 77-83.
17. Sensi L.G., Marson F.C., Monteiro S., Baratieri J.R., Caldeira De Andrada M.A.. Flowable composites as "filled adhesives:" a microleakage study. J Contemp Dent Pract. 2004, 5(4): 32-41.
18. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. Clin Oral Investig 2013;17:227-235.
19. Finan L., Palin W.M., Moskwa N., Mcginley E.L., Fleming G.J. .The influence of irradiation potential on the degree of conversion and mechanical properties of two bulk-fill flowable RBC base materials. Dent Mater 2013;29:906-912.
20. Manhart J., Chen H.Y., Hickel R.. Clinical evaluation of the posterior composite Quixfil in class I and II cavities:4-year follow-up of a randomized controlled trial. J Adhes Dent 2010;12:237-243.
21. Burgess J., Cakir D.. Comparative properties of low-shrinkage composite resins Compend Contin Educ Dent 2010,. 31 Spec No 2: 10-15.
22. Poggio C., Dagna A, Chiesa M., Colombo M., Scribante A.. Surface roughness of flowable resin composites eroded by acidic and alcoholic drinks. J Conserv Dent 2012;15:137-140.
23. Hickel R.. Latest composites - many assertions . BZB Bayerisches Zahnärzteblatt 2012;49:50-53.
24. Van Ende A., De Munck J., Van Landuyt K.L., Poitevin A., Peumans M., & Van Meerbeek B.. Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: Effect on adhesion to cavity-bottom dentin Dental Materials. 2013, 29(3) 269-277.

25. Park J., Chang J., Ferracane J., & Lee I.B. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: Incremental or bulk filling? Dental Materials. 2008, 24(11):1501-1505.
26. Zimmerli B., Strub M., Jeger F., Stadler O., Lussi A.. Composite materials: composition, poperties and clinical applications. a literature review. Schweiz Monatsschr Zahnmed .N 2010; 120(11):972-82.
27. Loguercio A.D, Bauer J.R.D, Reis A, Grande R.H.M. In vitro microleakage of packable composites in Class II restorations. Restor Dent 2004; 35(1): 29-34.
28. Deliper S., Bardwell D.N., Papathanasiou A., Kastali S., Garcia-Godoye F.. Microleakage of microhybrid composite resin using three different adhesive placement techniques. J Adhes Dent 2004;6(2):135-9.
29. Goodis H.E., Marshall G.W., White J.M., Gee L.. Hornberger B, Marshall SJ. Storage effect on dentin permeability and shear bond strengths. Dent mater.1993;9(2):79-84.
30. Wahab F.K., Shaini F.J., Morgano S.M.. The effect of thermocycling on microleakage of several commercially available composite Class V restorations in vitro. J Prosthet Dent 2003;90:168□74.
31. Pazinatto F.B., Campos B.B., Costa L.C., Atta M.T.. Effect of the number of thermocycles on microleakage of resin composite restorations. Pesqui Odontol Bras 2003;17(4):337-41.
32. Ghasemi A., Torabzadeh H., Mahdian M., Afkar M., Fazeli A., Akbarzadeh Baghban A.. Effect of bonding application time on the microleakage of Class V sandwich restorations. Aust Dent J 2012;57:334□8.
33. Lithgow J .K., Hayhurst E. J., Cohen G., Aharonowitz Y., Foster S.J.. Role of a Cysteine Synthase in Staphylococcus aureus. J Bacteriol. 2004 Mar; 186(6): 1579–1590.
34. Yoshikawa M., Noguchi K., Toda T.. Effect of particle sizes in India ink on its use in evaluation of apical seal. J Osaka Dent Univ. 1997 Dec;31(1-2):67-70.
35. Eunice C., Margarida G., Lopes João C., *et al.* 99m Tc in the evaluation of microleakage of composite resin restorations with SonicFillTM . An in vitro experimental model Open Journal of Stomatology, 2012, 2(4):340-347.
36. Kalmowicz J., Phebus J.G., Owens B.M., Johnson W.W., King G.T.. Microleakage of class I and II composite resin restorations using a sonic-resin placement system.. Operative Dentistry.2015, November/December,40 (6) pp. 653-661.
37. Orłowski M., Tarczydło B., Chałas R.. Evaluation of marginal integrity of four bulk-fill dental composite materials: In vitro study. The Scientific World Journal. 2015, Article ID 701262, 8 pages.
38. Agarwal R. S, Hiremath H., Agarwal J., and Garg A.. Evaluation of cervical marginal and internal adaptation using newer bulk fill composites: An in vitro study. J Conserv Dent. 2015 Jan-Feb; 18(1): 56–61.
39. Perdigao J.. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. Dent Mater 2010,26(2): E24-37.
40. Bogra P., Gupta S., Kumar S. Comparative evaluation of microleakage in class II cavities restored with Ceram X and Filtek P-90: An in vitro study. Contemp Clin Dent 2012; 3(1): 9-14.

تاريخ ورود البحث 2016/8/22.
تاريخ موافقة النشر 2016/12/15.