

## Comparing the surface roughness of a bulk-fill composite resin and a conventional nano-hybrid composite resin

Dr. Monzer Haddad\*

(Received 7 / 5 / 2023. Accepted 8 / 6 / 2023)

### □ ABSTRACT □

This study aims to compare between bulk-fill composite resin and conventional nano-hybrid composite resin in terms of surface roughness.

Material and methods: forty stainless steel cylinders were prepared and were divided into two groups , each containing 20 cylinders . Group 1 : GRANDIO ,conventional nano-hybrid composite resin . Group 2 : Xtrafill : bulk-fill composite resin. Each cylinder was filled with slightly over-molded composite resin , the edges were finished and then the surface was polished with DENJOY system in three stages .Then the samples were examined using a surface roughness tester . Statistical tests were conducted using SPSS program.

Results: the T Student test showed that there is no statistically significant difference between the two research samples in terms of the studied variable , which is the surface roughness , as  $P=0.384$  ( $P>0.05$ ).

Conclusion : within the limits of this study , we find that there is no significant difference in surface roughness between the bulk-fill composite resin and the conventional nano-hybrid composite resin.

**Keywords** : bulk-fill composite resin , conventional nano-hybrid composite resin , surface roughness.

**Copyright**



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

---

\*Associate Professor - Faculty of Dentistry - Tishreen University - Lattakia - Syria.

## مقارنة خشونة السطح بين كومبوزيت راتنجي كتلي وكومبوزيت راتنجي نانو هايبرد تقليدي

د. منذر حداد\*

(تاريخ الإيداع 2023 / 5 / 7. قبل للنشر في 2023 / 6 / 8)

### □ ملخص □

تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة خشونة السطح بين كومبوزيت راتنجي كتلي وكومبوزيت راتنجي نانو هايبرد تقليدي. المواد والطرائق: تم تحضير 40 اسطوانة ستانلس ستيل وتقسيمها إلى مجموعتين تضمن كل منها 20 اسطوانة ، المجموعة الأولى GRADIO ، كومبوزيت راتنجي نانو هايبرد تقليدي، والمجموعة الثانية Xtrafill ، كومبوزيت راتنجي كتلي . تم ملء كل اسطوانة بشكل زائد قليلا بالراتنج ، تم انهاء الحواف ومن ثم صقل السطح وفق نظام DENJOY على ثلاث مراحل .تم فحص العينات على جهاز مقياس خشونة السطح ثم أجريت الاختبارات الإحصائية باستخدام برنامج SPSS. النتائج: أظهر اختبار T Student عدم وجود فروق هامة إحصائية بين عيني البحث من حيث المتغير المدروس وهو خشونة السطح ، حيث أن  $P=0.384$  ( $P>0.05$ ). الخلاصة: ضمن حدود هذه الدراسة نجد عدم وجود اختلاف هام في خشونة السطح بين الكومبوزيت الراتنجي الكتلي و كومبوزيت راتنجي نانو هايبرد تقليدي.

الكلمات المفتاحية : كومبوزيت كتلي ، كومبوزيت نانو هايبرد تقليدي ، خشونة السطح.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

\* أستاذ مساعد - كلية طب الأسنان - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## مقدمة

قدم Bowen سنة 1959 الراتنج المركب في محاولة منه للتخلص من عيوب المواد المرممة في تلك الفترة، ويمكن تعريفه على أنه مركب يتألف على الأقل من مادتين مختلفتي التركيب للوصول لخواص فيزيائية وميكانيكية أفضل، حيث يتألف من مواد عضوية وأخرى لا عضوية بالإضافة لعناصر ثانوية. تم استخدام الراتنجات المركبة أول مرة كمادة مرممة سنة 1960، ثم قام Bowen عام 1962 بإضافة السيليكا مع Bis-GMA والسيلان كعامل ربط بينهما بنسبة ذرات مائة 70% وهو ما عُرف لاحقاً بالراتنج المركب التقليدي (Bowen, 1963).

بعد ذلك اتجه العلماء لتطوير مواد الراتنج المركب ذات خاصية التصلب بالضوء، حيث تم تقديم أول مادة تُصلب بالأشعة فوق البنفسجية 350 نانو متر (سنة 1970) ولكن عانت الترميمات التي استخدم فيها من نقص في عمق التصلب. تم إدخال الجزيئات المألثة صغيرة الحجم للحصول على راتنجات مركبة بخواص فيزيائية وجمالية أفضل، حيث ظهرت العديد من الراتنجات المركبة ذات المزايا والخواص المختلفة (Bala et al., 2003). تسمح تقنية كومبوزيت Bulk-fill الحديثة بتطبيق الترميمات على الأسنان الخلفية كدفعة واحدة. تم تقديم كومبوزيت Bulk-fill على نمطين، سيال وقابل للدك. يكون الكومبوزيت القابل للدك ذو لزوجة عالية. (Leinfelder et al., 1999)

يقسم كومبوزيت Bulk-fill إلى عالي اللزوجة ومنخفض اللزوجة. يحتوي كومبوزيت Bulk-fill عالي اللزوجة على مواد مألثة بكميات أكبر من كومبوزيت Bulk-fill منخفض اللزوجة. يحقق كومبوزيت Bulk-fill منخفض اللزوجة ختماً حفاظاً أفضل من عالي اللزوجة، لكنه يعاني من تقلص تصلبي أكبر وخواص ميكانيكية أضعف عند مقارنته مع مرتفع اللزوجة. لهذا السبب يوصى بتطبيق 2 مم على الأقل من كومبوزيت Bulk-fill عالي اللزوجة أو كومبوزيت تقليدي عالي اللزوجة في المناطق التي تتعرض لجهود إطباقية عالية. (Dionysopoulos et al., 2016) إن أهم خاصية لكومبوزيت Bulk-fill هي إمكانية تطبيقه بدفعات كبيرة. (Christensen, 2012) صمم كومبوزيت Bulk-fill لتقليل زمن العمل المطلوب لإنجاز الترميمات وذلك بالتخلي عن تقنية الطبقات المتتالية وتطبيقه دفعة واحدة. كما صمم أيضاً للحد من التقلص التصليبي والضغط الناتجة عن التصلب وذلك باستخدام ذات أجهزة التصليب المستخدمة مع الكومبوزيت التقليدي وبنفس زمن التصليب. تم تحقيق ذلك أيضاً في كومبوزيت Bulk-fill منخفض اللزوجة وذلك بتخفيض محتوى المواد المألثة وتعديل توزيع المواد المألثة لإكسابه شفافية لإيصال ضوء التصليب إلى الطبقات الداخلية، أو بتعديل المبدئات الضوئية فيه (Ferracane et al., 2014).

إنهاء وصقل ترميمات الراتنج المركب Finishing and Polishing of Resin Composite

### تعريف:

□ الإنهاء Finishing: هو تكييف وتخفيض الترميم بهدف الوصول إلى الشكل التشريحي للسن (Patel et al., 2004).

□ الصقل Polishing: إجراء يهدف إلى إزالة الخشونة السطحية والخدوش التي نتجت عن استخدام أدوات الإنهاء (Sarac et al., 2006).

يعد الانتقال المتجانس بين سطح السن والمادة المرممة دون أي نتوء أو نقص من الأمور شديدة الأهمية لتحقيق جمالية ترميم الراتنج المركب، وفي حال بقي السطح خشناً فإن الترميم سيتعرض للتلون بعد فترة من تطبيقه سريرياً، حيث وجد (Glazer, 2009) أن صفات ترميمات الراتنج المركب المباشرة يحقق الكثير من الفوائد منها:

- 1- المحافظة على صحة فموية ممتازة فالسطح الناعم يقلل من تجمع اللويحة الجرثومية.
- 2- المظهر الجمالي: فالإنهاء والصفل المناسب يعطي الأسنان المرممة لمعاناً طبيعياً وخصائصاً عاكسة للضوء بحيث تشابه الأسنان الطبيعية.
- 3- العلاقات الإطباقية: الإنهاء الصحيح يؤمن علاقات إطباقية أفضل ووضع مثالي للنسج الداعمة.

يعد الإنهاء والصفل مرحلة هامة ومفتاحاً رئيساً للناحية الجمالية والتقبل الحيوي لترميمات الراتنج المركب. لذلك يعد الحصول على سطح ناعم من أهم عوامل نجاح هذه الترميمات (Attar, 2007). تشير الدراسات إلى أن الترميمات ذات السطوح المصقولة والناعمة تعطي مظهراً جمالياً أكبر وتكون العناية اللاحقة بها أسهل مقارنة مع الترميمات ذات السطوح الأكثر خشونة (Da Costa et al., 2007; Ozgünlaltay et al., 2003; Senawongse and Pongprueksa, 2007). بالإضافة لذلك، فإن السطوح الغير مصقولة بشكل مناسب تكون أكثر عرضة للتلون وتجمع اللويحة وحدوث نكس النخر وتخريش النسج اللثوية المجاورة (Da Costa et al., 2007; Gedik et al., 2005; Ozgünlaltay et al., 2003).

تقلل السطوح الصقيلة من الالتصاق الجرثومي الأولي وتطور طبقة اللويحة على سطح الترميم والنسج السنوية المجاورة (Vyavahare, 2014). كما أشارت بعض الدراسات إلى ضرورة إزالة الطبقة السطحية للراتنج المركب المليئة بالريزين، مما يجعل الإنهاء والصفل أمراً هاماً (Berastegui et al., 1992; Wassell et al., 1994). تعد قابلية الصقل من أهم خواص الراتنجات المركبة، حيث يعطي السطح الأملس للترميمات جمالية أفضل وراحة أكبر للمريض ويقلل من تلونها ويسهل إجراءات المحافظة على الصحة الفموية (Chiang et al., 2016; Chour et al., 2007; Ereifej et al., 2013; Jefferies, 2007). كما يقلل من التهاب النسج اللثوية والنخور الثانوية والتصاق اللويحة (Gonçalves et al., 2012; Pettini et al., 2015) وخطر حدوث الكسور (Jefferies, 2007).

بالإضافة لذلك، يعلب الصقل دوراً هاماً في المجال التقويمي وخاصة بعد المعالجات التقويمية لضمان الناحية الجمالية والتقليل من المضاعفات الحول السنوية التالية لهذه المعالجات (D'Amaro et al., 2020; Gracco et al., 2016; Schuler and van Waes, 2003; Webb et al., 2015). لذلك يعد الحصول على سطح ناعم أحد أهم عوامل نجاح الترميمات الراتنجية (Attar, 2007).

نتيجة لأهمية الإنهاء والصفل واستخدامها الشائع، ظهرت العديد من الأدوات المختلفة المستخدمة لذلك مثل الأقراص والأقماع المطاطية وسنابل التنغستين كاربيد وشرائط السحل ومعاجين الصقل، بالإضافة للعديد من أنظمة الصقل الوحيدة والمتعددة الخطوات وأنظمة الصقل السائلة (de Oliveira Lima et al., 2015; Kemaloglu et al., 2017; Madhyastha et al., 2015).

**خشونة السطح Surface Roughness:**

أظهرت العديد من الدراسات وجود ترابط كبير بين خشونة السطح والتغير اللوني (Cakan and Kara, 2015; Guler et al., 2005; Haselton et al., 2004) يمكن للسان الاحساس بتغيرات خشونة السطح التي تزيد عن  $0.3 \mu\text{m}$  على سطح الترميم (Chour et al., 2016; Madhyastha et al., 2015)، حيث تزيل إجراءات الإنهاء الجزيئات الأكبر حجماً من  $25 \mu\text{m}$  بينما تزيل إجراءات الصقل تلك الأصغر من  $25 \mu\text{m}$  (Chour et al., 2016).

**عتبة خشونة السطح**

يوجد العديد من العضويات الدقيقة في البيئة الفموية، يلعب بعضها، كالمكورات العقدية الطافرة والعصيات اللببية، دوراً هاماً في التطور المرضي للنخر السني. بينما يرتبط بعضها الآخر كعصيات الفطر الشعاعي والمتحولة اللثوية دوراً هاماً في التهاب النسيج اللثوية (Buergers et al., 2007; Liljemark and Bloomquist, 1996). لا تستطيع هذه العضويات البقاء إلا بالتصاقها بأسطح صلبة كالأسنان والترميمات والتعويضات السنية (Bollen et al., 1997)، وقد تم تحديد خشونة السطح كعامل مؤثر في التصاق هذه العضويات الدقيقة (Bollen et al., 1997; Quirynen, 1994).

لاحظ (Quirynen et al., 1990) أن الزيادة في خشونة السطح عن  $0.2 \mu\text{m}$  زادت من الاستعمار الجرثومي بالمقارنة مع قيم خشونة السطح الأقل من  $0.12 \mu\text{m}$  وخلص إلى أن زيادة خشونة السطح زادت من التصاق اللويحة مما زاد من الاستعمار الجرثومي ودرجة اللويحة المتشكلة. أظهرت الدراسات أن قيم أقل من  $0.2 \mu\text{m}$  لم يكن لها تأثير إضافي في خفض التجمع الجرثومي، بينما أدت زيادة خشونة السطح عن هذه العتبة إلى زيادة متزامنة في تجمع اللويحة مما زاد من خطر حدوث النخر والالتهابات اللثوية (Bollen et al., 1997; Borchers et al., 1999; Quirynen et al., 1996). لذلك يعد الحصول على ترميم ذو خشونة سطح بقيمة أقل من  $0.2 \mu\text{m}$  مفضلاً، وذلك لتقليل من تجمع اللويحة وخطر تشكل النخور والالتهابات اللثوية، إلا أن ذلك غير ممكن دائماً حتى في أنظمة الإنهاء والصقل الحديثة.

**معامل خشونة السطح (Ra):**

يعتبر Ra مهماً في التعبير عن درجة صقل الأسطح المختلفة كمعامل شائع الاستخدام للتعبير عن خشونة سطح ما (Fischer et al., 2003). بناءً على ISO 4287، تم تعريف Ra على أنه متوسط الانحراف الحسابي المعروف للخشونة المحددة على طول العينة المقاسة، ويقاس بوحدة الـ  $\mu\text{m}$ .

**طرائق البحث ومواده****مكان الدراسة**

أجريت هذه الدراسة في قسم مداواة الأسنان - كلية طب الأسنان - جامعة تشرين.

**نوع الدراسة**

دراسة مخبرية وسريعية تمت في قسم مداواة الأسنان في كلية طب الأسنان، جامعة تشرين عام 2022.

مواد البحث وأدواته **Materials**:

مواد البحث:

كومبوزيت Grandio من شركة (VOCO)

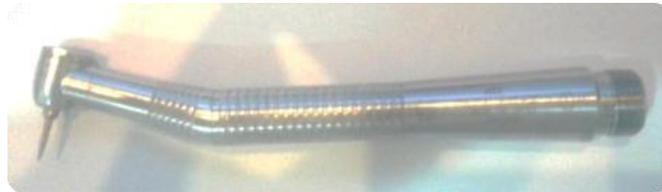


هو عبارة عن كومبوزيت راتنجي نانومتري هجين حديث متصلب بالضوء، يتألف قالبه الريزيني من Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA وتكون نسبة الملء بالذرات المائئة 87% مؤلفة من ذرات السيليكا 20-40nm والزيرونيوم 0.6  $\mu\text{m}$  التقلص التصليبي فيه قليل ويساوي 1.57% كما يملك مقاومة عالية للشد وألحت ومعامل تمدد حراري قليل وقساوة سطحية مرتفعة.



كومبوزيت Xtrafil من شركة (VOCO) وهو كومبوزيت كتلي يتصلب حتى عمق 4مم وتكون نسبة الملء بالذرات المائئة 86% التقلص التصليبي فيه قليل ويساوي 1.7% كما يملك ايضا مقاومة عالية للشد والحت ومعامل تمدد حراري قليل وقساوة سطحية مرتفعة. أدوات البحث وأجهزته:

1. قبضة توربين من نوع NSK يابانية الصنع (Pana Air, NSK, Japan).



القبضة المستخدمة في البحث

## 2. أداة نقل الراتنج المركب نوع Zeffiro Lascod (Florence – Italy).



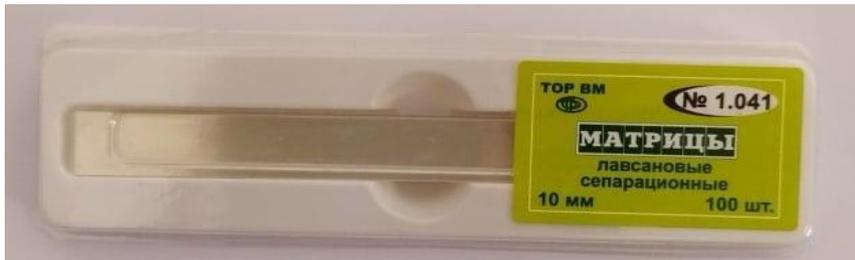
أداة نقل الراتنج المركب

## 3. نظام الصقل (Denjoy, China)



نظام صقل Denjoy المستخدم في البحث

## 4. مسندة سيلونيدية (TOR VM, Russia)



المسندة السيلونيدية المستخدمة في البحث

## 5. جهاز تصليب ضوئي من نوع 3H (RU-TA, 3H, Germany)



جهاز التصليب المستخدم في البحث

6. جهاز قياس شدة جهاز التصليب (LM-1 , Woodpecker, China)



جهاز قياس شدة جهاز التصليب المستخدم في البحث

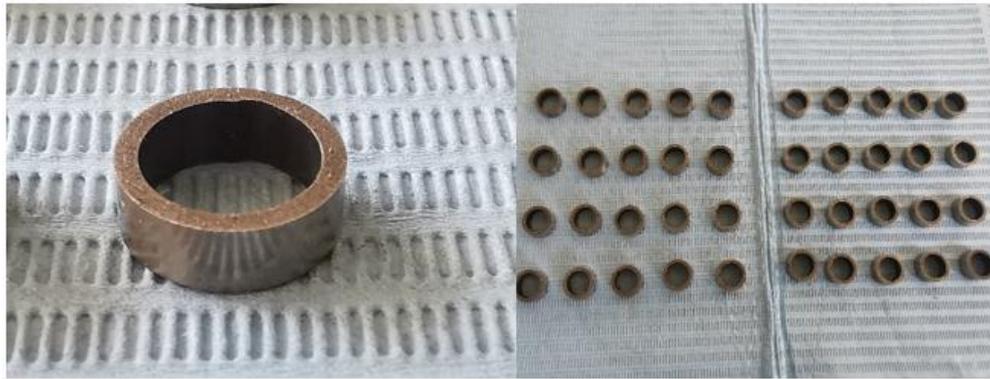
7. جهاز قياس خشونة السطح (TR 200 Hand-Held Roughness Tester) (في كلية الهندسة الميكانيكية، جامعة دمشق)



جهاز قياس خشونة السطح المستخدم في البحث

طرائق البحث Methods:

تم تحضير 40 أسطوانة مفرغة من مادة الستانلس ستيل بقطر 8 ملم وعمق 4 ملم.



الأسطوانات المستخدمة في البحث

تم تقسيم الأسطوانات إلى مجموعتين تحوي كل واحدة منها 20 اسطوانة ووزعت على الشكل التالي:

1. المجموعة الأولى: مجموعة Grandio، وضعت الأسطوانات على لوح زجاجي ثم تم ملء 20 اسطوانة بشكل زائد قليلاً بالراتنج المركب وبعدها تم التصليب لمدة 20 ثانية و أجري الإنهاء بواسطة سنابل التنغستين كاربيد حيث أنهيت حواف الترميم فقط دون المساس بسطحه، ثم تم إجراء الصقل باستخدام نظام Denjoy على ثلاث مراحل باستخدام القرص الأزرق أولاً ثم الأحمر فالبنّي، ثم تم شطف الأسطح بالماء.

2. المجموعة الثانية: مجموعة Xtrafil، حيث وضعت الأسطوانات على لوح زجاجي ثم تم ملء 20 اسطوانة بشكل زائد قليلاً بالراتنج وبعدها تم التصليب لمدة 20 ثانية أجري الإنهاء بواسطة سنابل التنغستين كاربيد حيث أنهيت حواف الترميم فقط دون المساس بسطحه، ثم تم إجراء الصقل باستخدام نظام Denjoy على ثلاث مراحل باستخدام القرص الأزرق أولاً ثم الأحمر فالبنّي، ثم تم شطف الأسطح بالماء.

3. تم حفظ العينة بالماء المقطر لمدة 48 ساعة، تم بعدها فحص العينات بجهاز قياس خشونة السطح ( TR 200 Hand-Held Roughness Tester)، حيث تم أخذ 5 قياسات على طول 1.25 مم بمعدل قياس كل 0.25 ملم.



رأس جهاز مقياس الخشونة



قياس العينات على جهاز مقياس خشونة السطح

## النتائج والمناقشة

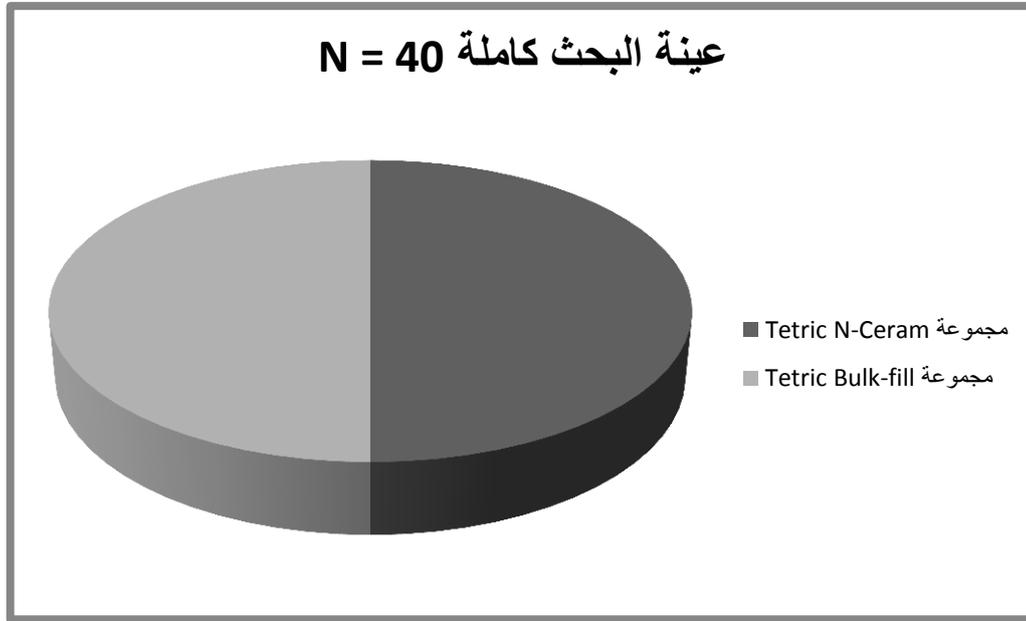
النتائج :

مقارنة خشونة سطح الكمبوزيت:

### 1- خصائص عينة البحث و نتائج اختبار التوزع الطبيعي:

تضمنت عينة البحث كاملةً من (N=40) عينة من الكمبوزيت المحضر بشكل أسطواني و المكون بدوره من مجموعتين: مجموعة Grandio (N1=20) عينة كمبوزيت و مجموعة Xtrafil (N2=20) عينة كمبوزيت الشكل (1). حيث تم قياس الخشونة السطحية لعينات كل مجموعة و بعدها تم جمع البيانات و تحليلها باستخدام برنامج SPSS (Version 23).

أظهرت نتائج اختبار التوزيع الطبيعي الأحصائي (اختبار Kolmogrov-smirnov K-S) أن  $P > 0.05$  و لكلا العينتين كما هو موضح بالجدول (1). و بالتالي فإن العينتين المدروستين تتبعان التوزيع الطبيعي المعياري، لذلك سيتم تطبيق الأختبارات المعيارية للمقارنة بين المجموعتين من حيث المتغير المدروس (خشونة السطح).



الشكل (1) توزيع كلتا عيني البحث

الجدول (1) يوضح نتائج اختبار التوزيع الطبيعي لكلا المجموعتين المدروستين

قيمة P-value	قيمة اختبار K-S	الوسط الحسابي $\pm$ الانحراف المعياري	العدد	مجموعة الدراسة
0.61*	0.119	0.009 $\pm$ 0.112	20	مجموعة Grandio
0.50*	0.112	0.007 $\pm$ 0.144	20	مجموعة Xtrafil

\*  $P > 0.05$  و بالتالي كلتا العينتين تتبع التوزيع الطبيعي.

## 2- نتائج المقارنة بين مجموعتي: Grandio و Xtrafil

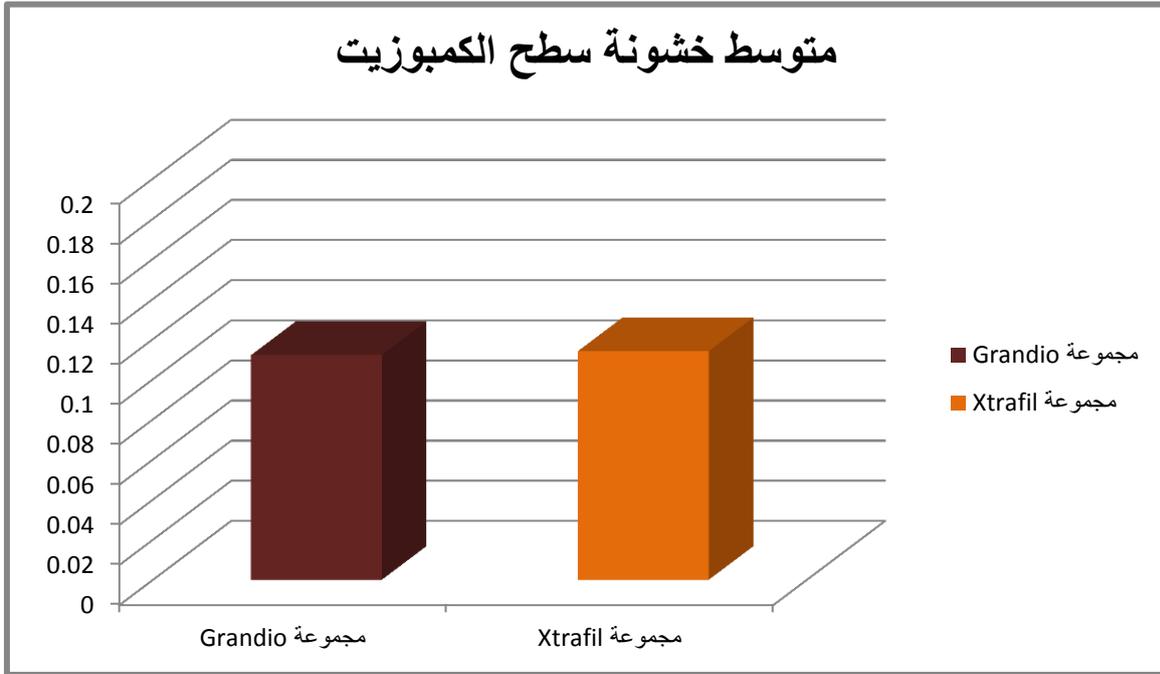
للمقارنة بين المجموعتين المدروستين تم تطبيق اختبار T-Student لعينتين غير مرتبطين حيث تم اعتماد مستوى معنوية عند ( $\alpha=0.05$ ) و قد تم تلخيص النتائج في الجدول (2).

الجدول (2) يوضح نتائج الاختبار الإحصائي للمقارنة بين المجموعتين المدروستين

قيمة P-value	قيمة اختبار T-Student للمقارنة بين المجموعتين	متوسط الفرق بين المجموعتين	الوسط الحسابي $\pm$ الانحراف المعياري	العدد	مجموعة الدراسة
0.384*	0.775	0.032	0.009 $\pm$ 0.112	20	مجموعة Grandio
			0.007 $\pm$ 0.144	20	مجموعة Xtrafil

\*  $P > 0.05$  و بالتالي ليس هناك فرق هام احصائياً بين المجموعتين المدروستين.

عند المقارنة بين المجموعتين أظهرت نتائج الاختبار الإحصائي أن قيمة ( $P > 0.05$ ) و بالتالي ليس هناك أي فرق هام احصائياً بين المجموعتين المدروستين من حيث قيمة المتغير المدروس، و بالتالي لا يوجد أي فرق هام بين المجموعتين المدروستين: مجموعة Grandio ، مجموعة Xtrafil و ذلك من حيث قيمة خشونة سطح الكمبوزيت ( $P = 0.384$ ) كما هو موضح بالشكل (2).



الشكل (2) مخطط يوضح مقارنة بين متوسط قيمة خشونة سطح الكمبوزيت لكلا مجموعتي البحث

### المناقشة Discussion:

إن الأهمية السريرية لخشونة السطح ترتبط بالمظهر الجمالي للترميم (التلون والاهتراء)، والجوانب الحيوية التي تتعلق بالصحة حول السنينة وإمكانية تطور نخور ثانوية مع تراكم اللويحة الجرثومية. أشارت الدراسات أن زيادة خشونة السطح تزيد من تشكل اللويحة وتقلل من فعالية إجراءات التنظيف الفموية، وبالتالي تزيد من احتمالية حدوث الالتهابات اللثوية (van Dijken et al., 1987).

في هذه الدراسة، لم توجد فروق دالة إحصائية في معامل خشونة السطح Ra بين المجموعتين المدروستين. في دراسة أجراها Seda Gomleksiz لتقييم تأثيرات أنظمة الصقل والتلميع المختلفة (F / P) فيما يتعلق بقيمة خشونة السطح (Ra) تم اختبار ثلاثة مركبات من الراتينج Filtek Z550 ، Filtek Ultimate Body ، Filtek Bulk Fill كان Filtek Bulk Fill الخلفي أعلى قيمة خشونة (Seda Gomleksiz et al.,2022). في دراسة أخرى لـ H Kocaagaoglu وزملائه وجدوا أن الكمبوزيت التقليدي bulk fill dental composite أكثر خشونة سطحية من الكمبوزيت السيلال Flowable composite بعد التعرض لعصير الأناناس والبرتقال. (H Kocaagaoglu et al.,2017) في دراسة لـ Ozcan Karatas أظهر تقييم خشونة السطح للراتنجات المركبة باستخدام مقياس البروفایل عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين المجموعات (قارن بين الكمبوزيت الهجين النانوي ومركبات الكمبوزيت الهجينة الدقيقة). (Ozcan Karatas et al.,2020)

## References

- Bowen, R.L., 1963. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. J Am Dent Assoc 66, 57–64. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1963.0010>
- Leinfelder, K.F., Bayne, S.C., Swift, E.J., 1999. Packable composites: overview and technical considerations. J Esthet Dent 11, 234–249. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.1999.tb00405.x>
- Dionysopoulos, D., Tolidis, K., Gerasimou, P., 2016. The Effect of Composition, Temperature and Post-Irradiation Curing of Bulk Fill Resin Composites on Polymerization Efficiency. Materials Research 19. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2015-0614>
- Christensen, G., 2012. Advantages and challenges of bulk-fill resins. Clinician's Report, 5(1),1-2.
- Ferracane, J.L., 2011. Resin composite--state of the art. Dent Mater 27, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>
- Ferracane, J.L., Pfeifer, C.S., Hilton, T.J., 2014. Microstructural Features of Current Resin Composite Materials. Curr Oral Health Rep 1, 205–212. <https://doi.org/10.1007/s40496-014-0029-4>
- Glazer, M.R., Caldas, S.G.F.R., Bagnato, V.S., de Souza Rastelli, A.N., de Andrade, M.F., 2013. Evaluation of degree of conversion and hardness of dental composites photo-activated with different light guide tips. Eur J Dent 7, 86–93.
- Gömleksiz S, Gömleksiz O. The effect of contemporary finishing and polishing systems on the surface roughness of bulk fill resin composite and nanocomposites. J Esthet Restor Dent. 2022 Sep;34(6):915-923. doi: 10.1111/jerd.12874. Epub 2022 Jan 25. PMID: 35076168.
- Karatas O, Gul P, Gündoğdu M, Iskenderoglu DT. An evaluation of surface roughness after staining of different composite resins using atomic force microscopy and a profilometer. Microsc Res Tech. 2020 Oct;83(10):1251-1259. doi: 10.1002/jemt.23519. Epub 2020 Jun 9. PMID: 32519401.

- Kocaagaoglu H, Aslan T, Gürbulak A, Albayrak H, Taşdemir Z, Gumus H. Efficacy of polishing kits on the surface roughness and color stability of different composite resins. *Niger J Clin Pract.* 2017 May;20(5):557-565. doi: 10.4103/1119-3077.181387. PMID: 28513514
- Bowen, R.L., 1963. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J Am Dent Assoc* 66, 57–64. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1963.0010>
- Leinfelder, K.F., Bayne, S.C., Swift, E.J., 1999. Packable composites: overview and technical-considerations. *J Esthet Dent* 11, 234–249. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.1999.tb00405.x>
- Dionysopoulos, D., Tolidis, K., Gerasimou, P., 2016. The Effect of Composition, Temperature and Post-Irradiation Curing of Bulk Fill Resin Composites on Polymerization Efficiency. *Materials Research* 19. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2015-0614>
- Christensen, G., 2012. Advantages and challenges of bulk-fill resins. *Clinician's Report*, 5(1),1-2.
- Ferracane, J.L., 2011. Resin composite--state of the art. *Dent Mater* 27, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>
- Ferracane, J.L., Pfeifer, C.S., Hilton, T.J., 2014. Microstructural Features of Current Resin Composite Materials. *Curr Oral Health Rep* 1, 205–212. <https://doi.org/10.1007/s40496-014-0029-4>
- **Glazer**, M.R., Caldas, S.G.F.R., Bagnato, V.S., de Souza Rastelli, A.N., de Andrade, M.F., 2013. Evaluation of degree of conversion and hardness of dental composites photo-activated with different light guide tips. *Eur J Dent* 7, 86–93.