# تأثير التقوية بالأسلاك أو ألياف الزجاج في مقاومة انحناء ومقاومة صدم الراتنج الاكريلي حراري التصلب

**مهند السعدي***


## الملخص

**مشكلة البحث: ما تزال مشكلة انكسار الأجهزة السنية مشكلة لم تجد حلاً نهائياً حتى الآن، فقد اقترحت العديد من الطرائق لتقوية الأجهزة السنية، إلا أنها ما تزال قيد الدراسة لمعرفة الطريقة الأفضل و الأسهل.**

**هدف البحث: هَدَف البحث إلى معرفة مقدار التقوية التي تقدمها الألياف الزجاجية و الأسلاك المعدنية عندما تُدمج ضمن الراتنج الأكريلي لقواعد الأجهزة السنية. المواد و الطرائق: استخدم كلٌ من فحص انحناء النقاط الثلاث و فحص الصدم لمعرفة مقدار تقوية شرائط أكريلية مستطيلة. كانت المجموعات المختبرة هي: 1) الشاهدة التي لا تحوي عيناتها أية إضافة. 2) مجموعة تحتوي طبقة من الألياف الزجاجية 3) مجموعة تحتوي سلكاً معدنياً أملس مستديراً قطره 1 ملم مصنوعاً من الستاتلس ستيل. 4) مجموعة تحوي سلكاً معدنياً مماثلاً للسابق بعد ترميله باستخدام حبيبات $AL_2O_3$ 5) مجموعة تحوي سلكاً أملس معالجاً بمادة السيلان. 6) مجموعة تحوي سلكاً معدنياً مرملاً ومعالجاً بالسيلان. حُللت النتائج إحصائياً باستعمال اختبار one-way ANOVA و اختبار t-student.**


* مدرس– قسم التعويضات السنية– كلية طب الأسنان– جامعة دمشق.

**النتائج: لم تتحسن مقاومة الانحناء عند إضافة الألياف الزجاجية أو الأسلاك المرملة أو الأسلاك العادية في حين تحسنت هذه المقاومة بشكل مهم إحصائياً عند إضافة الأسلاك المعالجة بالسيلان أو عند إضافة الأسلاك المرملة والمعالجة بالسيلان. بالنسبة لمقاومة الصدم، تحسنت هذه المقاومة و تحسناً كبيراً ومهم إحصائياً عند استخدام التقويات المختلفة. و كانت الأسلاك المرملة والمعالجة بالسيلان هي الأفضل في تقوية الراتنج الأكريلي يتلوها في الأفضلية الأسلاك الملساء أو المعالجة بالسيلان أو المرملة وأخيراً الألياف الزجاجية.**

**الاستنتاجات: جميع الإضافات المدروسة تزيد مقاومة الجهاز الأكريلي تجاه قوى الصدم. إن استخدام الأسلاك هو وسيلة أكثر فعالية و أرخص ثمناً للتقوية خصوصاً إذا رُمِّلَتْ أو عولجتْ بالسيلان.**

**الكلمات المفتاحية: تقوية، راتنج أكريلي، جهاز سني، ألياف زجاجية، سلك معدني.**

# Effect of metal wire or glass fiber reinforcement on transverse and impact strength of heat-cure acrylic resin

**Mohannad Al-Saadi***

## Abstract

**Statement of problem: Fracture of acrylic resin denture is an unresolved problem in prosthodontics. Many methods have been suggested for reinforcement. However, their values remain questionable. Purpose: The purpose of this study was to determine the reinforcing effect of glass fiber and different metal wires on flexural and impact strength of denture acrylic resin.**

**Material and Methods: Three-point flexural test and Charpy-type impact test were used to determine the strengthening effect of glass fiber and different metal wires when used in acrylic resin stripes. Tested groups were: 1) control group (with no addition). 2) woven glass fiber group. 3) round stainless steel metal wire (1mm.) group. 4) sandblasted round metal wire group. 5) silanized round metal wire group. 6) sandblasted and silanized round metal wire group . Data were statistically analyzed by using one-way ANOVA and t-student test. Results: flexural strength test showed improvement of acrylic resin strength with both silanized wire group and sandblasted and silanized wire group, whereas glass fiber group did not improve this strength. For impact strength test, the strength values of all the reinforced groups were higher than that of unreinforced specimens. However, wire groups had higher values than those of glass fiber group. Conclusions: Glass fiber and metal wire additions strengthen acrylic resin denture. Metal wire is more easily available and more effective especially if silanized or sandblasted. Keywords: metal wire, glass fiber, reinforcement, strength, heat-cure acrylic resin, denture.**

*Instructor, Department of Prosthodontics, Faculty of Dental medicine Damascus University.

استخدم الراتنج الأكريلي عقوداً عديدة في صنع الأجهزة السنية المتحركة، ورغم أن هذه المادة تلبي العديد من متطلبات المواد التي تصنع منها الأجهزة السنية كسهولة التعامل والإصلاح وتأمين الناحية التجميلية ورخص الثمن إلا أنها تعاني أحياناً من الانكسار بسبب سقوط الجهاز (الصدم) أو بسبب تعب الانحناء ( impact or flexural fatigue failure) (Freilich وزملاؤه 2000) [1].

شملت طرائق تقوية القواعد الأكريلية إضافات مطاطية تجعل من الراتنج الأكريلي راتنجاً مقاوماً للصدم ( High impact acrylic resin) وهذه الطريقة طريقة صناعية غير رخيصة يحدث منها تطعيم الأكريل بـ copolymer من المطاط وبتعديل كيميائي يجعل الأكريل مقاوما أكثر لقوى الصدم (Stafford وزملاؤه 1980) [2]. كما شملت طرائق التقوية استعمال أسلاك معدنية تطمر ضمن الأكريل رغم أن فائدة هذا الإجراء يبقى موضع تساؤل لما يبدي الراتنج الأكريلي من قابلية ضعيفة للالتحام مع المواد غير الأكريلية (Carroll و von Fraunhofer1984[3]، Darbar وزملاؤه 1994[4]، Ruffino1985 [5]). وتعددُ طريقة استعمال الألياف في التقوية طريقة حديثة نسبياً لتحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية للراتنج سواء أكانت هذه الألياف متوازية continuous parallel أو قطع صغيرة ضمن عجينة الأكريل chopped أو منسوجة woven أو مضفورة braided (Uzun وزملاؤه 1999) [6].

درس Beyli و von Fraunhofer 1981[7] أسباب كسور الخط الأوسط في الأجهزة السنية الأكريلية، ووجدا أنه يمكن تجنب كسر الخط الأوسط من خلال تطبيق المبادئ الصحيحة في صنع الأجهزة وصيانتها وأن الطريقة الواعدة لتجنب هذه الكسور هي تقوية الجزء الأمامي من قبة الحنك. ودرس Dixon و Breeding 1992 [8] تغيير المقاومة المستعرضة Transverse Strengthلكل من الراتنج الضوئي و السريع والمقاوم للكسر عند

تقويته بألياف بولي إيتلين فوجد أن الراتنج الضوئي فقط هو الذي تحسنت مقاومته بخلاف الآخرَين اللذين لم يبديا تحسناً. ووجد Vallittu و زملاؤه 1995 [9] عند تقويته الأكريل بسلك معدني 1 مم أو ألياف زجاج E أن مقاومة الصدم لـ Charpy قد تحسنت في كلتا العينتين مقارنة مع العينة الشاهدة دون أن يكون بين مجموعتي التقوية فارق مهم إحصائياً. وصنع Polyzois و زملاؤه عام 1996[10] نماذج أكريلية مستطيلة و أخرى على شكل قواعد أجهزة علوية و قطعها و أصلحها براتنج لاصق وسلك معدني فوجد أن الصفات الجيومترية للجهاز السني و شكل التقوية وخطوات المعالجة قبل التقوية هي العوامل المسيطرة على السلوك الميكانيكي، وأوضحوا ضرورة مماثلة نماذج الفحص للحالة السريرية للحصول على أهمية سريرية أكبر للنتائج. واختبر Vallittu 1996 [11] مقاومة تعب عينات راتنج أكريلي مقواة بسلك معدني أو ألياف زجاجية، أجري على العينات فحص تعب الحني فأظهرت النتائج أن الراتنج المقوى بالألياف أفضل بكثير ($P< 0.001$) من المقوى بالمعدن أو غير المقوى. ووجد Stipho 1998 [12] أن استعمال 1 % من ألياف الزجاج قد زاد من المقاومة المستعرضة للراتنج ذاتي التماثر في حين أدت النسب الأعلى إلى إضعاف الراتنج. ووجد Uzun وزملاؤه 1999 [6] أن أعلى قيم مقاومة الصدم كانت عند استعمال ألياف Polyethylene وأخفضها عند عدم التقوية، في حين لم تكن هناك فروق مهمة بين المجموعات التقوية المدروسة (البولي إيتلين، ألياف الزجاج، ألياف Kevlar رقيقة، ألياف Kevlar ثخينة، ألياف الكربون) عند إجراء اختبارات مقاومة الانحناء. ووجد Marie 1999 [13] أن إضافة ألياف الزجاج غير المعالجة بالسيلان حسنت المقاومة المستعرضة 11 % لكنها أحدثت مسامية، أما المعالجة بالسيلان فحسنت المقاومة المستعرضة (26 - 28 %) دون إحداث مسامية. ووجد Kanie و زملاؤه 2000 [14] أن دراسة ثخانات

مختلفة من العينة ضرورية لدراسة مثالية و أكد وضع الليف في المنطقة المعرضة للشد أكثر (مقاومة شد الليف 140 MPa مقابل 40 MPa للأكريل)، واقترح زيادة مقاومة الشد Tensile S. للألياف نفسها كطريقة لتقوية الأكريل. ووجد Chen و زملاؤه 2001[15] تحسن مقاومة الصدم عند إضافة ألياف Polyester 6 ملم بنسبة 3% (وزناً) في حين لم تتأثر مقاومة الانحناء بذلك. ووجد John و زملاؤه 2001 [16] أن عينات الراتنج المقواة بالألياف الزجاجية هي الأفضل من حيث مقاومة الانحناء ثم تلتها العينات المقواة بألياف aramid و nylo وأخيراً غير المقواة. ووجد Aydin وزملاؤه 2002[17] أن استخدام الألياف الزجاجية قد عزز من مقاومة انحناء نماذج الراتنج الضوئي الذاتي والحراري التصلب. ودرس Lassila و زملاؤه 2002 [18] تأثير الغمر بالماء في خواص انحناء الكومبوزيت المقوى بالألياف الزجاجية المتوازية فوجد أن امتصاص الماء تفاوت (بعد 30 يوماً) غمر من 7% للراتنج دون ألياف و مصنوع من راتنج الإلصاق adhesive resin لـ 3M إلى 0.9% مع نماذج Sinfony غير المقواة، كما نقص امتصاص الماء بزيادة الألياف. وجد Kanie و زملاؤه 2003[19] زيادة مقاومة الصدم بزيادة كمية الألياف الزجاجية و كانت الزيادة أكبر عندما كانت الألياف عند السطح منها عند المركز، في العمق قد لا تزداد قيم الفحوص الميكانيكية الاعتيادية كفحص انحناء النقاط الثلاث إلا أن نتائج الصدم قد تحسنت. من الصعب أن نضع الألياف الزجاجية في مكان معين إلا أنه مع ذلك تتحسن مقاومة الصدم. وقاس Kim وWatts 2004[20] مقاومة الصدم لأجهزة كاملة مصنوعة من راتنج مقاوم للصدم مع تقوية بشبكة من الألياف الزجاجية المنسوجة (Stick Net) أو من دونها، حفظت الأجزاء بالماء بدرجة حرارة 37° درجة مئوية مدة شهرين قبل اختبارها، وقد وجد الباحثان تحسناً بمقدار يزيد على الضعفين في مقاومة صدم الأجهزة عند تقويتها بالألياف

الزجاجية المنسوجة. ودرس Minami وزملاؤه 2005[21] مقاومة انحناء عينات مستطيلة من الراتنج الأكريلي بعد كسرها وإصلاحها براتنج ذاتي التصلب وباستعمال وسائل تقوية تشمل أربعة أنواع من الأسلاك المعدنية ونوعاً من الألياف الزجاجية عرضت العينات إلى 50 ألف دورة حرارية قبل اختبارها. فقد ازدادت مقاومة انحناء العينات المقواة بسلك ستانلس ستيل 1.2 ملم وكذلك المقواة بسلك نيكل كروم كوبالت 1.2 ملم مقارنة مع العينات غير المقواة. أما التقوية بأسلاك منخفضة المرونة كأسلاك التيتانيوم أو الأسلاك المعدنية المنسوجة أو بالألياف الزجاجية فلم تكن فعالة في زيادة مقاومة الانحناء.

مما سبق نجد اختلافات واضحة في النتائج وهي بشكل عام لاتدرس التقوية الشائعة في مخابرنا وهي الأسلاك المعدنية، و نادراً ما تقارن بين الألياف و بين الأسلاك المعدنية بحالاتها المختلفة والتي إذا ما ثبتت فائدتها مقارنة مع عدم التقوية أو مع التقوية بالألياف الزجاجية فهي وسيلة رخيصة و سهلة للتقوية.

لذلك يهدف هذا البحث إلى اختبار مقاومة انحناء ومقاومة صدم عينات مستطيلة من الراتنج الكريلي حراري التماثر المستخدم في صنع قواعد الأجهزة السنية المتحركة وذلك عند إضافة الألياف الزجاجية أو الأسلاك المعدنية (العادية أو المرملة أو المعالجة بالسيلان).

## المواد والطرائق Material and Methods

حضرت نماذج مستطيلة من المطاط السيلكوني Putty silicone (Zetaplus, Zermack ,Italy) أبعادها (50 x 18 x 1.4مم) وكسيت بالجبس على طبقتين متماستين في بواتق نحاسية (طبقة في القسم السفلي وطبقة في القسم العلوي) تمهيداً لدك الأكريل مكانها بشكل توضع فيه التقوية المختارة في مركز العينة المدروسة. كانت هناك ست مجموعات دراسة (6 عينات لكل مجموعة اختبار الصدم و6 عينات لكل مجموعة اختبار الانحناء) وكانت المجموعات المدروسة هي:

1-الشاهدة التي لا تحوي عيناتها أية إضافة: و هي مصنوعة من الراتنج الأكريلي ( Ivoclar, schaan , Triplex hot , Liechtenstein)

2-مجموعة تحتوي طبقة من الألياف الزجاجية (شكل1) Woven glass fiber ( Vectris frame, Ivoclar, Liechtenstein) مصلبة بجهاز تصليب ضوئي Vectris VS1.

3-مجموعة تحتوي سلكاً معدنياً أملس مستديراً قطره 1ملم مصنوعاً من الستاتلس ستيل ( Remanium, hard wire, Dentaurum, Pforzheim, Germany)

4-مجموعة تحوي سلكاً معدنياً مماثلاً للسابق بعد ترميله باستخدام حبيبات $AL_2O_3$ قطرها 50 ميكرومتراً مدة دقيقة واحدة لكل سلك.

5-مجموعة تحوي سلكاً أملس معالجاً بمادة السيلان trimethox silane methacryloxy propyl ( ULTRADENT ,South Jordan ,USA) حيث يُرطب السلك بطبقة من السيلان باستخدام الفرشاة و يُترك ليجف مدة دقيقة واحدة.

6-مجموعة تحوي سلكاً معدنياً مرملاً ومعالجاً بالسيلان.

بعد تصلب الجبس، فُتحت البواتق وعزل الجبس ثم مُزِجَ الراتنج الأكريلي وعند الوصول للمرحلة العجينية تم دك الاكريل في جزئي البوتقة وأجري الإغلاق التجريبي للتأكد من عدم وجود زوائد أكريلية ولوضع التقوية المدروسة (أسلاك أو ألياف) في مركز العينات. وبعد وضع التقوية والإغلاق النهائي للبواتق تركت البواتق 1-2 ساعة للسماح بحدوث تجانس أكبر للأكريل وتماس أكبر مع العناصر المضافة المدروسة. صُلِّبَ الأكريل بوضع البواتق في ماء بدرجة حرارة الغرفة ورفع درجة الحرارة تدريجياً خلال 45 دقيقة للوصول إلى الغليان ولتبقى البواتق كذلك مدة 45دقيقة (حسبما توصي به الشركة المنتجة) . تركت البواتق لتبرد ببطء وشُطِرَتِ العينات طولياً باستعمال قرص ماسي للحصول على عينات متماثلة بطول 50 ملم وعرض 8.2 +/- 0.3 ملم و ثخانة 3.0 +/- 0.1 ملم ونُعِّمَتْ بورق

زجاج (grit #180). حفظت العينات (36عينة لكل اختبار) مدة 30 يوماً في ماء مقطر بدرجة حرارة 37° درجة مئوية للسماح بتشرب الماء والحصول على حالة أقرب للحالة السريرية للأجهزة المتحركة ثم أجريت عليها اختبارات الانحناء والصدم في الهواء بدرجة حرارة الغرفة كما يأتي:

**أولاً: اختبار الانحناء Three-point flexural strength test:**

أجري هذا الاختبار في مخبر خواص المواد في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية باستعمال جهاز الاختبارات الميكانيكية Instron ( 1195,Canton,Mass ) إذْ أجري اختبار انحناء ثلاثي النقاط 3-Point Flexural Test وبسرعة الرأس المتحرك للجهاز 2ملم/د والمسافة بين الوتدين الحاملين للعينة 44 ملم. طبق قانون مقاومة الانحناء حيث:

$$F_s = 3P_mL/2bh^2$$

$P_m$ (نيوتن ): هي الحمل الأعظمي الذي حدث عنده الكسر.

L (مم): المسافة بين الوتدين الحاملين للعينة.

b (مم): عرض العينة.

h (مم): ثخانة العينة.

**ثانيا: اختبار الصدم Charpy-type impact strength test:**

أُجْرِيَ على عينات مماثلة تماماً لعينات اختبار الانحناء(غير مثلمة Unnotched) وباستعمال جهاز اختبار مقاومة الصدم Impact tester MT220, Kerbschla ( Gprufer,Skarholmen,Sweden) الذي يقيس مقاومة الصدم لشاربي Charpy type impact strength من خلال العمل (جول) 1 J =NM الذي تمتص العينة عند كسرها عند سقوط حر للجزء المتحرك من جهاز الاختبار الذي يسير بحركة نواسية فيصدم العينة ويكسرها في مركز الحركة النواسية، وتظهر القدرة الممتصة (بالجول) بشكل يتناسب طردا مع خمود الحركة النواسية في جزئها الأخير بسبب الاصطدام بالعينة وكسرها. حُسبت مقاومة الصدم

بتقسيم القدرة الممتصة Eaعلى مساحة مقطع العينة في منطقة الكسر (ملم$^2$).

**التحليل الإحصائي Statistical Analysis**

كانت هناك ست عينات في كل مجموعة مختبرة وكانت المجموعة الشاهدة هي العينات الأكريلية من دون أي إضافة تقوية. أجري تحليل التباين ANOVA وحيد الجهة وبمستوى دلالة $P\leq 0.0$لاختبار فرضية عدم وجود فروق بين العينات في كلا الاختبارين (اختبار الانحناء واختبار الصدم). وعند وجود فرق أجري اختبار t-Studen وبمستوى دلالة $P\leq 0.05$ لمعرفة أهمية الفروق بين أية مجموعتين مختبرتين.

**النتائج Results:**

**1) نتائج اختبار الانحناء :**

يظهر الجدول (1) متوسط وانحراف اختبارات الانحناء. أظهر اختبار التباين (one-way ANOVA) وجود اختلافات مهمة إحصائياً (P=0.007) بين المجموعات المختبرة مما جعلنا نجري اختبارات t-test بين المجموعة الشاهدة وباقي المجموعات المختبرة. حيث يظهر الجدول نفسه نتيجة قيم $P$ وأهمية الفرق بين المجموعة الشاهدة والمجموعات الأخرى، ونلاحظ من هذا الجدول عدم تحسن مقاومة الانحناء عند إضافة الألياف الزجاجية أو الأسلاك المرملة أو الأسلاك العادية في حين تحسنت هذه المقاومة بشكل هام إحصائياً عند إضافة الأسلاك المعالجة بالسيلان وتحسنت تحسناً كبيراً ومهماً إحصائياً مع الأسلاك المرملة والمعالجة بالسيلان.

| المجموعة | مقاومة الانحناء(MPa) | | قيمة $P$ والأهمية الإحصائية |
|---|---|---|---|
| | الوسطي (M) | الانحراف المعياري (SD) | |
| الشاهدة (بدون إضافة) | 127.4 | 18.4 | |
| الألياف الزجاجية | 120.3 | 30.5 | 0.64 غير هام |
| السلك | 162.4 | 47 | 0.13 غير هام |
| السلك المرمل | 126.6 | 22.9 | 0.94 غير هام |
| السلك المرمل والمعالج بالسيلان | 179.4 | 27.4 | 0.004 هام جدا |
| السلك المعالج بالسيلان | 168.0 | 32.9 | 0.03 هام |

**الجدول(1): نتائج اختبارات الانحناء (متوسط وانحراف معياري) للمجموعات المختلفة(n =6 ) يكون الفرق هاما إحصائيا عندما $P\leq 0.05$ .**

**2- نتائج اختبار الصدم:**

يظهر الجدول (2) نتائج اختبارات الصدم: أظهر اختبار التباين (one-way ANOVA) وجود اختلافات مهمة إحصائياً ($P<0.0001$) بين المجموعات المختلفة مما جعلنا نجري اختبارات t-student بين المجموعة الشاهدة والمجموعات المختلفة. ويظهر الجدول (2) نتائج قيم $P$ بين المجموعة الشاهدة والمجموعات المختلفة وأهمية الفرق إحصائياً.

نلاحظ من هذا الجدول زيادة مقاومة الصدم وبشكل كبير و مهم إحصائياً عند استخدام التقويات المختلفة. وكانت أفضل التقويات هي استخدام السلك المرمل والمعالج بالسيلان، تلاه السلك المرمل، و بعد ذلك كلّ من السلك الأملس والسلك المعالج بالسيلان (دون فارق مهم إحصائياً بينهما)، وأخيراً الألياف الزجاجية والتي كانت قيمة وسطي مقاومة الصدم مع مجموعتها تزيد و

بمقدار الضعفين على المجموعة الشاهدة دون تقوية.

| المجموعة | مقاومة الصدم N\M | | قيمة P |
|---|---|---|---|
| | الوسطي (Mean) | الانحراف المعياري (SD) | |
| الشاهدة(بدون تقوية) | 23486.1 | 2396 | |
| الألياف الزجاجية | 45950.3 | 3628 | $10x 7^{-7}$ |
| السلك | 58548.4 | 8728 | $10x 1^{-4}$ |
| السلك المرمل | 76578.2 | 9748 | $10x 2^{-5}$ |
| السلك المرمل والمعالج بالسيلان | 91423.3 | 7640 | $10x 8^{-7}$ |
| السلك المعالج بالسيلان | 54212.5 | 4548 | $10x 8^{-7}$ |

**الجدول (2): نتائج اختبار الصدم (متوسط وانحراف معياري) للمجموعات المختلفة(N=6).**

**المناقشة Discussion:**

دُرِسَ في هذا البحث تأثير إضافات مختلفة إلى الراتنج الأكريلي في كل من مقاومة انحناء ومقاومة صدم عينات مستطيلة من هذه المادة. ودُرِسَ استخدام الأسلاك كأسلوب متوافر رخيص سهل مع الألياف الزجاجية كأسلوب أقل وزناً وحجماً و ذي نتائج تجميلية أفضل وترتبط كيميائياً مع البولي ميثيل ميثاكريليت عند المعالجة بالسيلان ( Kanie وزملاؤه 2002 ) [22].

اِسْتُخْدِمَتْ ألياف منسوجة (woven) معالجة مسبقاً بالسيلان methacryloxy propyl trimethoxy silane والتي تحقق ارتباطاً كيميائياً بين الألياف الزجاجية والراتنج الأكريلي المحيط، وهي مرطبة أيضاً براتنج ضوئي يجعل الارتباط مع الراتنج المحيط أسهل ( Narva و زملاؤه 2005 ) [23]. إن التغلغل غير الكافي لهيكل البوليمر ضمن حزم الألياف سيسبب نقصاناً في مقاومة الانحناء، كما يسبب نقص المونومر على سطح الألياف قبل التبلمر فجوات ضمن عينات التجربة في حين الألياف المشربة مسبقاً تعزز مقاومة الانحناء بسبب الالتحام الجديد بين الألياف والراتنج .

فقد أظهرت صور المجهر الإلكتروني الماسح SEM أن معاملة الألياف الزجاجية بالسيلان تزيد الالتصاق بين الألياف و الراتنج وعندها تزيد مقاومة الكسر ومقاومة الانحناء (Kanie *وزملاؤه* 2000) [14]، لذلك اِخْتِيرَتِ العينات مشربة مسبقاً بسائل مونومر ضوئي وصُلِّبَتْ بجهاز تصليب ضوئي خاص قبل طمرها في الاكريل.

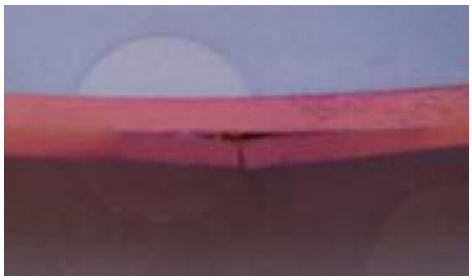
اتبعت طريقة دقيقة (من خلال الإغلاق التجريبي المتكرر) لوضع الإضافات في مركز العينات. وغُمِرَتْ في الماء 30 يوماً إذ إنَّ الجهاز النموذجي يصل إلى مستواه الأعظمي من امتصاص الماء بعد 17 يوماً من الغمر (Phillips 1991) [24]. واستخدم لدراسة المقاومة كل من فحص مقاومة الانحناء ( على أنه الفحص الميكانيكي العام ولأن الجهاز يتعرض عند وجوده في الفم لإجهادات معقدة من ضمنها إجهاد الانحناء 1999 (Vallittu) [25] وفحص مقاومة الصدم (الذي يدل على مقاومة الجهاز للكسر عند تعرضه للصدم بسبب السقوط مثلاً).

أظهرت نتائج اختبارات مقاومة الانحناء عدم فعالية الأسلاك المرملة والألياف الزجاجية في زيادة مقاومة الانحناء، أما الأسلاك الملساء فقد حدث معها تحسن ضئيل في مقاومة الانحناء إلا أنه غير مهم إحصائياً في حين أدى استخدام الأسلاك المعالجة بالسيلان وخصوصاً إذا كانت مرملة إلى تحسن مهم و واضح في مقاومة الانحناء. أما بالنسبة لاختبار مقاومة الصدم فقد ازدادت مقاومة الصدم و بشكل مهم إحصائياً عند استخدام الألياف الزجاجية أو الأسلاك الملساء أو المعالجة بالسيلان، وارتفعت مقاومة الصدم وارتفاعاً كبيراً ومهماً جداً مع الأسلاك المرملة أو المرملة و المعالجة بالسيلان.

في **فحص انحناء** النقاط الثلاث تتعرض العينة عند نقطة التماس مع الرأس المتوسط المتحرك (السطح العلوي للعينة) لقوى انضغاط compression في حين تكون القوى التي يتعرض لها السطح المقابل (السطح السفلي للعينة) لقوى شد tensile وعند تطبيق القوة يبدأ الكسر من

السطح السفلي للعينة حيث تتطور صدوع دقيقة باتجاه مركز العينة (المستوى الحيادي) (Kanie و زملاؤه 2000)[14]. لقد كان الإخفاق مع فحص الانحناء (و الذي كان يجري بسرعة 2 مم/د على شكل شعر crack امتد من سطح الراتنج إلى الألياف (أو السلك) (الشكل 2).

**الشكل (1) : طبقة الألياف الزجاجية**



**الشكل (2) : تصدع الجزء السفلي للعينة المقواة بالألياف و بقاء الجزء العلوي متصلاً**

ورغم أن الزجاج مادة قصفة فإنه يمنع امتداد الكسر وذلك بسبب زيادة مقاومة الليف لقوى الشد، هذا المكان لليف زاد مقاومة الصدم و لم يزد مقاومة الانحناء والتي من المتوقع أن يزيدها فيما لو وُضع الليف على سطح العينة المقابل

لسطح تطبيق القوة (Kanie وزملاؤه 2003 )[19].

فقد أثبتت الدراسة **فعالية الارتباط الكيميائي** الذي يحدث بين الأسلاك و الراتنج عند المعالجة بالسيلان سواء أكانت هذه الأسلاك مرملة أم غير مرملة، و مع ذلك فحتى لو لم يكن هذا الارتباط موجوداً (كما في حالة الألياف الملساء) فإن السلك يبقى يمتص جزءاً من الجهود بشكل تبقى فيه مقاومة الأكريل دون نقصان (كما في مقاومة الانحناء) أو أنها تزيد (كما هو الحال في مقاومة الصدم).

أما **الترميل** فلم يزد مقاومة الانحناء، و كانت الفروق بين مجموعات الترميل وعدم الترميل غير مهمة ($P$=0.13 عندما كان الاستخدام دون معالجة بالسيلان و $P$=0.53 عندما كانت هناك معالجة بالسيلان). بينما حسن الترميل مقاومة الصدم ($P<0.01$)، ومن ثَمَّ يمكن القول: إنَّ الترميل مفيد في تحسين مقاومة الجهاز للكسر عند تعرضه لقوى صدم في حين ستكون فائدته محدودة إذا كانت القوى التي تكسر الجهاز هي قوى انحناء، ويبدو أن فائدته تنجم عن تحقيق سطح تماس أوسع وارتباط ميكانيكي دقيق (مجهري) بين الراتنج والمعدن وخصوصاً عند استخدام مادة السيلان الرقيقة التي تتدخل بسهولة ضمن الفجوات المجهرية التي يسببها الترميل. ذكر *Sharp وزملاؤه 2000* [26] تحسن الارتباط بين خليطة نيكل كروم بيريليوم والراتنج الأكريلي عند الترميل في حين لم تؤدِ المعالجة بالسيلان إلى تحسن هذا الارتباط وعلل ذلك بأن الترميل يزيد سطح الارتباط وينظف السطح ويعطي ارتباطاً ميكانيكياً دقيقاً micromechanical أفضل. أما في دراستنا فقد تحسنت مقاومة الانحناء عند استخدام السلك المعالج بالسيلان ولم تتحسن عند ترميله، و يمكن تعليل اختلاف النتائج بين الدراستين باختلاف المعدن ونوع الفحص الفيزيائي أو الميكانيكي المتبع في الحكم على الارتباط بين الراتنج والمعدن. فقد وجد Vallittu 1996 [11] عدم تحسن مقاومة الراتنج

الأكريلي عند استخدام أسلاك 1ملم دائرية أو 2ملم نصف مستديرة في حين تحسنت عند استخدام ألياف زجاجية وكان الفحص الميكانيكي المعتمد هو فحص مقاومة التعب fatigue resistance مما يؤيد دور نوع الفحص وإسقاطه السريري في الحكم على فعالية تقوية ما.

توافقت نتائجنا مع Kanie وزملائه ( 2003) [19] في أن **إضافة الألياف الزجاجية** كانت فعالة في زيادة مقاومة الراتنج الأكريلي تجاه قوى الصدم . كما توافقت نتائجنا مع Uzun وزملائه 1999 [6] الذي وجد تحسناً كبيراً في مقاومة الصدم عند استخدام الألياف الزجاجية عند استخدام نوع الاختبار نفسه Charpy-type لكن الازدياد في درستنا كان بمقدار 190%، في حين ازداد في دراسة Uzun و زملائه 11 مرة ولعل سبب تفاوت النتائج اختلاف في شروط التجربة وفي العينات التي كانت في دراسته مثلمة وفي دراستنا غير مثلمة. و توافقت نتائجنا مع Kim و Watts 2004 [20] اللذين درسا تأثير إضافة الألياف الزجاجية المنسوجة إلى الأجهزة الأكريلية الكاملة ووجدا أن مقاومة الصدم تزداد في الأجهزة المقواة ضعفين عنها في الأجهزة غير المقواة. فقد وجد *Lassila و زملاؤه* 2002 [18] أن الغمر بالماء 30 يوماً قد أنقص مقاومة الانحناء من 759–916 MPa إلى 420–607 MPa بسبب الفعل الملدن للماء الممتص و بالمقارنة مع قيم دراستنا نجد أن القيم النهائية لمقاومة الانحناء أعلى بكثير من أرقامنا وبالتدقيق نجد أن ذلك يعود إلى نسبة الألياف التي بلغت في دراسته 45%(حجماً) في حين لم تتعد في دراستنا 8%(0.23 ملم من أصل 3ملم ثخانة) وتثبت الدراسة نفسها دور نسبة الألياف في مقاومة الانحناء إذْ ارتفعت مقاومة الانحناء على التوالي من100–500 MPa 800 عندما ازدادت نسبة الألياف من0–23–45% حجماً (على التوالي)، لذلك يمكن القول: إنَّ لنسبة الألياف في الراتنج دوراً في تحديد السلوك الميكانيكي للعينة.

ولكن لماذا لم تتحسن مقاومة الانحناء رغم تحسن مقاومة الصدم؟ لا شك أن ذلك يعود إلى طبيعة الفحص الميكانيكي (شكل و سرعة إجهاد العينة) وإلى تأثير هذا الفحص في الارتباط بين الليف و الأكريل و إلى نسبة المحتوى القليل من الألياف، فطبقة الليف لا تتجاوز في ثخانتها 0.23 ملم من أصل ثخانة العينة 3 ملم. فقد ذكر Vallittu 1998 [27] أن المحتوى من الألياف يزيد على 14.8 % تأثيرات مفيدة على مقاومة الشد، وذكر Kanieو زملاؤه 2003 [19] العديد من الدراسات التي أكدت أن نسبة الألياف الضئيلة (أقل أو تساوي 20%) سيكون لها تأثير مضعف للأكريل بدلاً من تقويته. ومن ثَمَّ فإن الاختلافات في نتائج الانحناء والصدم يمكن أن يعود للاختلاف في توزيع الجهود وطريقة حدوث الصدع( mode of crack propagation) للاختبارين ( Uzun و زملاؤه 1999 ) [6].

فقد وجد Carroll و von Fraunhofer 1984 [3] أن استعمال **أسلاك** الستانلس ستيل قد حسن مقاومة الانحناء عندما كانت هذه الأسلاك بثخانة أكبر من 0.64 ملم، وأنه رغم أن هذا التحسن مهم إحصائياً إلا أنه غير مهم سريرياً، ولم تكن هناك أهمية سريرية محتملة إلا عند ارتفاع مقاومة الانحناء 35-41% مع الأسلاك 0.91 ملم وكانت الزيادة في مقاومة الانحناء مهمة سريرياً بشكل قطعي عندما كان بنسبة 77-86% مع أسلاك 1.30ملم. وكذلك وجد Vallittu و Lassila 1992[28] أن للأسلاك التي يزيد قطرها عن 1ملم تأثيراً مقوياً مهماً في الراتنج. أما polyzois وزملاؤه 1996[10] فقد درسوا إصلاح شرائط أكريلية مكسورة مع تقويتها بأسلاك معدنية مستديرة مرملة و مرطبة بمادة رابطة Meta Fast فوجدوا زيادة مهمة في مقداره حمل الكسر load of fracture من 75إلى 110 نيوتن أي بمقدار 47%( في دراستنا ارتفعت مقاومة الانحناء من 127إلى 179 MPa أي 41% ) وقالوا: إنَّ وجود سلك سيسمح بمقدار أكبر من الانحناء قبل

حدوث الكسر، مما يعني أن كمية أكبر من القدرة ستكون ضرورية لكسر العينات، ويمكن القول: إنَّ دراستنا تتوافق مع نتائج الدراسات الثلاث السابقة.

تتفق نتائجنا أيضاً مع Vallittu وزملائه 1995 [9] الذين قارنوا مقاومة الصدم لعينات (مثلمة وغير مثلمة) تحوي أليافاً زجاجية وأخرى تحوي سلكاً معدنياً فوجدوا أن كلا نوعي التقوية زاد مقاومة الصدم بشكل مهم إحصائياً ($p<0.001$) ولم يكن هناك فرق مهم بين نوعي التقوية في حين كان هناك فرق مهم في دراستنا لصالح الأسلاك المعدنية.

و أخيراً يمكن لنا أن نقترح دراسة دور نسبة الألياف في التقوية، و دراسة دور نوع الفحص الميكانيكي (انحناء، صدم، حني بعد التعب Flexural Fatigue Failure) في الحكم على متانة الراتنج، و كذلك دراسة عينات بثخانات مختلفة وبأشكال تشابه أشكال الأجهزة السنية ، ودراسة تقويات معدنية أخرى، و أن تتم دراسة مجهرية لتفسير النتائج مجهرياً.

**الاستنتاجات:**

ضمن شروط هذه الدراسة، نفت هذه الدراسة الفكرة القائلة: إنَّ الأسلاك الملساء تضعف الراتنج بدلاً من أن تقويه. وأظهرت أن كلاً من الأسلاك المعالجة بالسيلان و الأسلاك المرملة و المعالجة بالسيلان قد حسنت مقاومة الانحناء. بينما زادت جميع الطرائق المدروسة مقاومة الراتنج الأكريلي تجاه قوى الصدم بحيث كانت الأسلاك المرملة والمعالجة بالسيلان هي الأفضل في تقوية الراتنج الأكريلي، يتلوها في الأفضلية الأسلاك الملساء أو المعالجة بالسيلان أو المرملة وأخيراً الألياف الزجاجية، الأمر الذي يعني أن استخدام الأسلاك هو وسيلة فعالة ورخيصة الثمن للتقوية خصوصاً إذا تم رُمِّلَتْ أو عُولجَتْ بالسيلان.

## References

**1- Freilich M, Meiers J, Duncan J, Goldberg A. Repair of acrylic resin prostheses. In: Fiber Reinforced Composites in Clinical Dentistry. Quintessence Books, Hong Kong; 2000 pp.73-9.**

**2- Stafford G, Bates J, Huggett R, Handley R. A review of properties of some denture base polymers. *J Dent* 1980;8:292-306 .**

**3- Carroll C, von Fraunhofer J. Wire reinforcement of acrylic resin prostheses. *J Prosthet Dent* 1984;52:639-41.**

**4- Darbar V, Huggett R, Harrison A. Denture fracture: a Survey. *Br Dent J* 1994 ;176:342-5.**

**5- Ruffino A. Effect of steel strengthener on fracture resistance of acrylic resin complete denture base. *J Prosthet Dent* 1985;54:75-8.**

**6- Uzun G , Hersek N, Tincer T. Effect of five woven fiber reinforcements on the impact and transverse strength of denture base resin. *J Prosthet Dent* 1999;81:616-20.**

**7- Beyli M , Von Fraunhofer J. An analysis of causes of fracture of acrylic resin dentures. *J Prosthet Dent* 1981 ; 46 : 238-41 .**

**8- Dixon D , Breading L. The transverse strengths of three denture base resins reinforced with polyethylene fibers. *J Prosthet Dent* 1992 ; 67 :417-9 .**

**9- Vallittu P, Vojtkava H, Lassila V. Impact strength of denture polymethyl methacrylate reinforced with continuous glass fibers or metal wire. *Act Odontol Scand* 1995;53 :392-6 .**

**10- Polyzois G , Andreopoulos A , Lagauvardos P. Acrylic resin denture repair with adhesive resin and metal wire : effects on strength. *J Prosthet Dent* 1996 ; 75 ; 381 – 7.**

**11- Vallittu P. Comparison of the in vitro fatigue resistance of an acrylic resin RPD reinforced with continuous glass fiber or metal wire. *J Prosthodont* 1996 ;5 : 115-21 .**

**12- Stipho H. Effect of glass fiber reinforcement on some mechanical properties of auto polymerizing PMMA. *J Prosthet Dent* 1998; 79: 580-4.**

**13- Marie M. Reinforcement of denture base resin with glass fibers. *J Prosthodont* 1999; 8:18-26.**

**14- Kanie T , Fujii K ,Arikawa H , Inoue K. Flexural properties and impact strength of denture base polymer reinforced with woven glass fibers. *Dent Mater* 2000 ; 16 :150- 8 .**

**15- Chen S , Liang W ,Yen P .Reinforcement of acrylic denture base resin by incorporation of various fibers.** ***J Biomed Mater Res*** **2001; 58:203-8.**
**16-John J, Gangadhar S, Shah I. Flexural strength of heat–polymerized polyethylene methacrylate denture resin reinforced with glass, armid, or nylon fibers.** ***J Prosthet Dent*** **2001 ; 86 : 424 -7.**
**17-Aydin C, Yilmaz H, Caglar A. Effect of glass fiber reinforcement on the flexural strength of different denture base resins.** ***Quintessence Int*** **2002:33:457-63.**
**18- Lassila L , Nohrtrom T, Vallittu P. The influence of short – term water storage on the flexural properties of unidirectional glass fiber-reinforced composite .** ***Biomaterials*** **2002 ; 23 : 2221-2229 .**
**19- Kanie T, Arikawa H, Fujii K , Ban S . Impact strength of acrylic denture base resin reinforced with woven glass fiber.** ***Dent Mater Journal*** **2003 ; 22 ; 30-38.**
**20- Kim S , Watts D. The effect of reinforcement with woven E-glass fiber on the impact acrylic resin.** ***J Prosthet Dent*** **2004;91:274-80.**
**21- Minami H, Suzuki S, kurashige H, Minesaki Y, Tanaka T. Flexural strength of denture base resin repaired with autopolymerizing resin and reinforcements after thermocycle stressing.** ***J Prosthodont*** **2005;14:12-8 .**
**22- Kanie T , Arikawa H ,Fujii K , Ban S. Mechanical properties of reinforced denture base resin : the effect of position and the number of woven glass fibers.** ***Dent Mater Journal*** **2002 ; 21 : 261-9 .**
**23- Narva K, Lassila L, Vallittu P. The static strength and modulus of fiber reinforced denture base polymer** ***Dent mater*** **2005;21:421-8.**
**24- Phillips R. Skinners Science of Dental Materials. 9th ed. Saunders. Philadelphia. 1991.p 198.**
**25- Vallittu P. Flexural properties of acrylic resin polymers reinforced with unidirectional and woven glass fibers.** ***J Prosthet Dent*** **1999 ; 81 : 318 – 26.**
**26- Sharp B, Morton D, Clark A. Effectiveness of metal surface treatments in controlling micro leakage of the acrylic resin metal framework interface.** ***J Prosthet Dent*** **2000;84:617-22.**
**27- Vallittu P. Some aspect of the tensile strength of unidirectional glass fiber polymethyl methacrylate composite used in dentures.** ***J Oral Rehabili*** **1998;25:100-05.**
**28- Vallittu P. Lassila V. Reinforcement of acrylic resin denture base material with metal or fiber strengtheners.** ***J Oral Rehabili*** **1992;19:225-30.**

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق: 2006/3/7.
تاريخ قبوله للنشر:2006/10/22.