مجلة جامعة دمشق للعلوم الطبية المجلد: (41) العدد: 3 (2025) الصفحات: (211-222)

مقارنة القساوة بين الراتنج الإكريلي التقليدي والراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة الـ CAD/CAM "دراسة مخبرية"

عمار شـــلار *[1] مهند السعدي[2]

*[1] طالب ماجستير في قسم التعويضات المتحركة – كلية طب الاسنان – جامعة دمشق.

[2] استاذ في قسم التعويضات المتحركة – كلية طب الاسنان – جامعة دمشق.

الملخص:

تعد القساوة واحدة من أهم الخصائص الميكانيكية التي طورت من قبل الADA ، ISO (American Dental Association) و (International Organization for Standardization) ،والعديد من الدراسات أشارت الى تشكل الفجوات أو الخدوش على السطح الخارجي للأجهزة الإكريلية نتيجة لاستعمال المريض للجهاز كتنظيف الجهاز أو المضغ والتي تنتشر ضمن هذه الأجهزة مؤدية ًإلى حدوث الكسر ضمن الأجهزة ومن هنا جاءت أهمية هذه الدراسة وذلك لمقارنة القساوة والتي تعرف بمقاومة المود لتشكل الخدوش وذلك عند احتكاكه مع جسم أخر.

الهدف من البحث: يهدف الى المقارنة بين الراتنج الإكريلي التقليدي والراتنج المنحوت بطريقة الCAD/CAM نظام التصميم بمساعدة الحاسب (computer-aid design) والتصنيع بمساعدة الحاسب (computer-aid manufacture) من حيث القساوة.

المواد والطرائق: تألفت عينة البحث من مجموعتين متساويتين من الراتنج الإكريلي التقليدي والراتنج المنحوت بطريقة ال CAD/CAM، اجري اختبار القساوة فيكرز بواسطة جهاز اختبار القساوة (Galileo,pioneer,LTF,German) تم تطبيق القوة بواسطة هرم ماسي يقوه 300 نيوتن لمدة 15 ثانية والذي يظهر على العينة بشكل معين، وبعد الحصول على النتائج تم تحليلها باستخدام اختبار T ستيودنت.

النتائج: أظهرت النتائج أن ليس هنالك فرق ذو دلالة إحصائية بين الراتنج الإكريلي التقليدي بمتوسط حسابي (31.9+-3.2) والراتنج المنحوت بطريقة الCAD/CAM بمتوسط حسابي (34,01+-4.47) وذلك عند مستوى دلالة (0.05) حيث كانت قيمة ال P-Value (0. 25) أكبر من مستوى الدلالة .

الاستنتاجات: لا يوجد فرق بين قساوة الراتنج الإكريلي التقليدي والراتنج المنحوت بطريقة ال.CAD/CAM

الكلمات المفتاحية: الراتنج الإكريلي التقليدي، الراتنج المنحوت بطريقة ال CAD/CAM ، القساوة

تاريخ الإيداع: 2022/5/19 تاريخ القبول: 2022/7/24

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب **CC BY-NC-SA**

ISSN: 2789-7214 (online)

http://journal.damascusuniversity.edu.sy

Comparison the Hardness of Conventional and CAD/CAM Denture Baseb Acrylic Resins "In Vitro Study"

Ammar Shallar[1*] **Mohanad Al sadee[2]**

1* Master's student in the Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Damascus University.
2 Professor in the Department of Animated Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Damascus University.

Abstract:

Introduction: The hardness one of the most important mechanical properties which developed by ADA, ISO (American Dental Association, International Organization for Standardization)
Many studies refers that small flaws or scratches on the surface of PMMA denture can generate crack propagation, leading to eventual to fracture, therefore It is important to compare hardness Which defend as the resistance of material to form flaws or scratches on the surface of material.
Material and Methods: Twenty specimens were used for this study divided into two equal groups:
The first one: 10 specimens made from conventional acrylic resin.
The other one: 10 specimens made from milled cured acrylic resin.
The test of the Vickers Hardness (VH) has done by use (Galileo,pioneer,LTF,German) ,VH determined with application 300g for 15 S ,which appear on the surface of the sample on particular shape,
Moreover, this measurement is repeated three time on each sample then we took the average and after we got the result, we analyze data by use (t) independent student test.
Result: The hardness test showed that there was no significant different in hardness between milled cured CAD\CAM and conventional acrylic resin with mean (34,01+-4.47,31.9+-3.21) cosequently.
Conclusion:
There are no deference between conventional acrylic resin and milled cured acylic resin.
Key words: Conventional acrylic resin, milled cured acrylic resin, Hardness

Submitted: 19/5/2022 Accepted: 24/7/2022
Copyright: Damascus University Syria.
The authors retain copyright under CC BY-NC-SA

المقدمة:

تستعمل الأجهزة المتحركة بشكل واسع للتعويض عن الأسنان المفقودة (*Jancar et al., 2009*)، ومنذ عام 1936 أصبح الراتنج الإكريلي أكثر مادة مستخدمة لتصنيع هذه الأجهزة لما له من مزايا كالسعر المنخفض والوزن الخفيف والجمالية وسهولة الإنهاء والتلميع (*Alhareb et al., 2017*) إلا أن الراتنج الإكريلي ضعيف وقصف وهنالك العديد من الدراسات أشارت الى حدوث خدوش وفجوات ضمن الأجهزة الإكريلية نتيجة لاستعمال المريض للجهاز كتنظيف الجهاز أو أثناء المضغ والتي تنتشر ضمن هذه الأجهزة مؤدية إلى حدوث الكسر ضمن الأجهزة (*Alhotan et al., 2021*) ومن هنا جاءت أهمية هذه الدراسة وذلك لمقارنة القساوة والتي تعرف بمقاومة المواد لتشكل فجوات أو خدوش وذلك عند احتكاكه مع جسم أخر ، وتعد القساوة من أهم الخواص الميكانيكية والتي طورت من قبل الجمعية الامريكية لطب الأسنان (*ADA*) المنظمة الدولية للمعايير (*ISO*)(*Kenneth J. Anusavice, 2012,63*). على الرغم من استعمال الكثير من المواد لتقوية قواعد الجهاز مثل إضافة المعدن والألياف المختلفة (*Asar et al., 2013,244*) إلا أنها لم تؤدِ إلى تغير أفضل بكثير

كما استعملت الأقراص الإكريلية المنحوتة بطريقة ال *CAD/ CAM*وهو إكريل مصلب مسبقاً في صناعة الأجهزة المتحركة منذ عام *1990*(*Kawahata et al., 1997,*) .إن استعمال انظمة ال *CAD/ CAM* في مجال التعويضات المتحركة له العديد من المحاسن:

1. التقليل من عدد زيارات المريض وهذا مهم وخاصة للمرضى كبار السن، حيث يحتاج الجهاز المتحرك من خمس إلى ست جلسات من أجل إنجازهِ بالطريقة التقليدية بينما عند استعمال أنظمة ال *CAD/CAM* يحتاج إلى جلستين فقط.
2. كل البيانات المجموعة من صور وتنضيد أسنان يمكن حفظهُا وبالتالي يمكن استخدامها من أجل إنجاز تعويض جديد وذلك في حال ضاع تعويض المريض.
3. الانقاص من الوقت اللازم لإنجاز التعويض مخبرياً وزادت من دقة إنجازه. ***(Janeva et al., 2018)***.

وله أيضاً العديد من المساوئ:

1. التجربة السريرية هي غير موجودة في معظم أنظمة ال *CAD/CAM*، لذلك من الصعب الحصول على تنضيد متوازن.
2. هنالك العديد من أنظمة الـ *CAD /CAM* وعلى الطبيب أن يقوم بفهم جيد لهذه الأنظمة من أجل اختيار النظام المناسب.
3. كما أن اختصار المراحل السريرية لصناعة التعويض يمكن أن ينتج عنه مشاكل تجميلية ولفظية.(Baba, 2016)

وتدعي الشركات المصنعة لهذه الكتل الإكريلية أن لهذا الراتنج الجديد قساوةً أفضل وذلك بالمقارنة مع الراتنج التقليدي.

ومن هنا جاءت أهمية هذه الدراسة وذلك للمقارنة بين الراتنج الإكريلي التقليدي والراتنج المصنع بطريقة *CAD/ CAM*.

الهدف من البحث:

مقارنة القساوة Hardness بين الراتنج الإكريلي التقليدي والراتنج المنحوت بطريقة الـ CAD/CAM.

المواد وطرائق:

تألفت عينة البحث من 20 نموذج على شكل متوازي مستطيلات بأبعاد (30*10*2.5) ملم موزعة على مجموعتين متساويتين هما مجموعة الراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة ال *CAD/CAM* ومجموعة من الراتنج الإكريلي التقليدي.

❖ **طريقة تحضير عينات الراتنج الإكريلي التقليدي:**

تم الحصول على عينات الراتنج الإكريلي التقليدي من خلال نسخ عينات الراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة ال CAD/CAM، حيث ثُبِّتَت العينات المنحوتة بطريقة ال CAD/CAMعلى لوح زجاجي بلاصق ثم أخذت طبعة بالمطاط القاسي والرخو وبمرحلة واحدة مع تأمين مجرى ضمن قالب السليكون للسماح بالشمع الزائد بالخروج وحصلنا بذلك على نماذج من الشمع لها شكل مماثل لعينات الراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة ال CAD/CAM

1. مرحلة صب الجبس:

مُلِئَ القسم السفلي من البوتقة بالجبس الأبيض، ووُضِع على سطحه لوح زجاجي يتناسب من حيث شكله وأبعاده مع شكل البوتقة المستعملة وأبعادها.

الشكل رقم (1) مرحلة تحضير القالب الجبسي

بعد تصلب الجبس عُزِلَ بالفازلين لسهولة فصل قسمي البوتقة، وُضِعَت النماذج الشمعية فوق اللوح الزجاجي، وسُكِبَ الجبس الممزوج باستخدام الهزاز الكهربائي في القسم العلوي من البوتقة حتى امتلائها، ثم أغلقت البوتقة، وتركت حتى تمام تصلب الجبس.

وُضِعت البوتقة بعدها في الماء المغلي لمدة ٥ دقائق لصهر الشمع، ثم فتحت، ونظفت من جميع البقايا الشمعية بالماء الساخن والصابون بواسطة الفرشاة كما في الشكل (2)

الشكل رقم (2) مرحلة صب الجبس على الهزاز الالي وإزالة الزوائد الشمعية بواسطة المياه الساخنة

2. مرحلة طبخ الراتنج الإكريلي التقليدي

حُضِرَ الراتنج الذي هو عبارة عن مسحوق وسائل (22غ مسحوق لكل 10 مل سائل) وفق تعليمات الشركة المصنعة، إذ يضاف المسحوق إلى السائل ببطء، ثم يمزجان بشكل جيداً لمدة 60 ثانية باستعمال سباتول معدني، وبعد الانتهاء سوف يغلق وعاء المزج الزجاجي بلوح زجاجي، ويترك المزيج لمدة عشر دقائق حتى يصل إلى المرحلة العجينية، ثم يوضع داخل القالب المجهز بعد عزله بواسطة السلكيات.

وُضِع القالب مع المربط في جهاز التصليب الذي ضبط مسبقاً وفقا لتعليمات الشركة المصنعة، إذ توضع البوتقة في الماء بدرجة حرارة 70 درجة مئوية لمدة ساعة كاملة، ثم رفعت درجة

الحرارة تدريجيا إلى 100 درجة مئوية، ونترك البوتقة في هذه الدرجة مدة 30 دقيقة.

تُرِكت البوتقة لتبرد لمدة 24 ساعة في ماء جهاز التصليب، ومن ثم فُتِحت وأُخرِجت النماذج وجرى شذبت حوافها وسطحها المواجه للجبس فقط.

الشكل رقم (3) عينات الراتنج الإكريلي التقليدي بعد الطبخ

❖ **طريقة تحضير الراتنج المنحوت بطريقة ال CAD/CAM:**

تم تصميم العينات على الحاسب بالأبعاد المذكورة مسبقا عن طريق برنامج *خاص v2016* Biotech CAM ثم تم خرطها باستخدام جهاز DGA (DWX-51-ROLAND CAD/CAM) .

الشكل رقم (4) عينات قساوة الراتنج الإكريلي التقليدي

الشكل رقم (5) عينات قساوة الراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة ال CAD/CAM

طرائق إجراء الاختبار:

تم غمر العينات غي الماء المقطر لمدة 7أيام بدرجة حرارة 37 درجة مئوية قبل إجراء الاختبار.

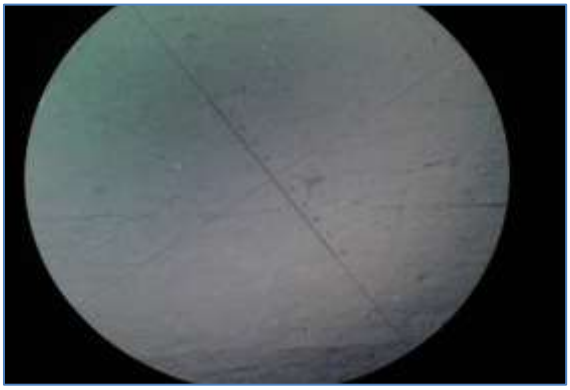
إجراء اختبار القساوة فيكرز بواسطة جهاز (Galileo,pioneer,LTF,German) الموجود بكلية الهندسة الميكانيكية بجامعة دمشق حيث يتم تطبيق القوة بواسطة هرم ماسي يقوه 300نيوتن لمدة 15 ثانية والذي يظهر على العينة بشكل معين كما في الشكل لرقم (20) ثم يتم حساب القساوة فيكرز من العلاقة:

$$Hv=1.8544\ F/D^2$$

F: هي مقدار القوة المطبقة بالنيوتن.

D: هي القطر الوسطي للمعين المتشكل على سطح العينة.

حيث تم اختبار قساوة فيكرز ثلاث مرات لكل عينة عند المنتصف ومن الطرف اليمين وطرف اليسار ثم أُخِذَ الوسطي لهذه القيم.



الشكل رقم (5) المقطع المتشكل على سطح العينة بعد تطبيق القوة وذلك بتكبير 500 ضعف

النتائج:

تم تحديد حجم العينة وذلك باستخدام برنامج ال لG.Power.

أظهرت النتائج أن المتوسط الحسابي لقساوة الراتنج المنحوت بطريقة ال CAD/CAM أعلى

من المتوسط الحسابي لقساوة الراتنج الإكريلي التقليدي وكانت النتائج وفق الآتي:

جدول رقم (1) يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والقيمة الأعلى والقيمة الأدنى لقساوة الراتنج الإكريلي التقليدي والراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة ال CAD/CAM مقدرة ب HV

	العدد	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطاء المعياري	أعلى قيمة	أدنى قيمة
الراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة CAD/CAM	10	34.01	4.47	1.41	39.2	28.7
الراتنج الإكريلي التقليدي	10	31.9	3.21	1.01	38.3	24.5

❖ التحقق من فرضية الدراسة:

هل يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين قساوة الراتنج الإكريلي التقليدي والراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة ال CAD/CAM ؟

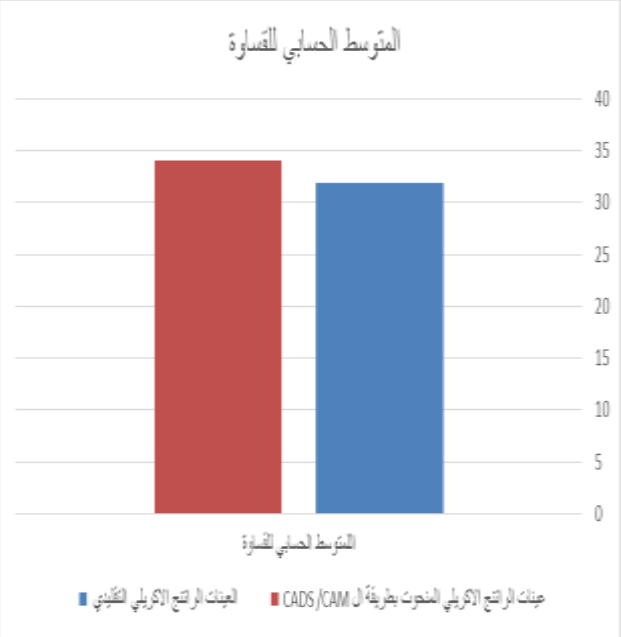
للتحقق من هذه الفرضية تم إجراء اختبار(T) للعينات المستقلة Independent Samples T-Test وبعد التأكد من فرضيات الاختبار وشروطه كانت النتائج وفق الآتي:

جدول رقم (2) نتائج اختبار (ت) للفرق بين متوسطات القساوة لكل من نوعي الراتنج الإكريلي.

	العدد	قيمة (ت)	الفرق بين المتوسطين	القيمة الاحصائية P(VALUE)	مستوى الدلالة	الدلالة الإحصائية
الراتنج الإكريلي التقليدي	10	1.17	2.5	0.25	0.05	غير دال إحصائيا
الراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة CAD/CAM	10					

يتضح من بيانات الجدول رقم (1) و (2) أن المتوسط الحسابي لقساوة الراتنج المنحوت بطريقة ال CAD/CAMهو(34.01) بانحراف معياري (3.21) هو أعلى من متوسط الحسابي لقساوة الراتنج التقليدي (31.9) بانحراف معياري (3.21)

كما جاءت نتائج اختبار(T) (1.17) بقيمة احتمالية (0.25) أكبر من مستوى الدلالة (0.05) وعليه نقرر أنه لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية عند مستوى دلالة (0.05) بين متوسط مقاومة القساوة للراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة ال CAD/CAM ومقاومة القساوة للراتنج الإكريلي التقليدي، ويوضح المخطط الآتي هذه النتائج:



المخطط (1) يعبر عن القساوة لكل من نوعي الرتنج الإكريلي.

المناقشة:

تعبر القساوة عن المقاومة السطحية للمادة لتشكل الفجوات أوالخدوش على سطحها عند الاحتكاك مع مادة أخرى مثل تنظيف الجهاز.

ثمة صعوبة في قياس الخواص الميكانيكية سريرياً لذلك تم إجراء الدراسة مخبرياً كما تم اختيار ثخانة العينات بقياس(2.5) ملم ضمن المعدل الطبيعي لثخانة قاعدة الأجهزة السنية التقليدية *(Kanie et al., 2000)*.

كما جرى غمر العينات بالماء لمدة 7 أيام بدرجة حرارة 37درجة مئوية من أجل أن تكون قياساتنا مشابهه للوضع السريري للأجهزة المتحركة .إذ أنه عند غمر العينات بالماء فإنها تمتص القليل من الماء وهذا الماء الممتص من قبل العينات الإكريلية له تأثير هام على الخواص الميكانيكية للإكريل وذلك حسب الدراسات (Al-Dwairi *et al.*, 2020).

لقد اختبر القساوة بطريقة فيكرز *Vickers* حيث تم تطبيق قوة مقدارها300 *نيوتن* لمدة 15ثانية وقد اتفقنا بذلك مع الدراسة التي قام بها (*Alhotan et al., 2021*) (*Gad et al., 2018*) (*Alhareb et al., 2017*) واختلفنا مع الدراسة التي قام بها كل من (*Ayman, 2017*) حيث طبقت قوة *50* نيوتن لمدة *15*ثانية و مع الدراسة التي قام بها (*Ayaz et al., 2014,230*) التي طبقة قوة *47* لمدة *30* ثانية مقداره

على أية الحال أن مقدار القوة المطبقة هو غير هام وذلك لأنه يتم حساب مقدار القساوة من العلاقة

$$\mathbf{Hv = 1,8544\ F/D^2}$$

ومن هذه العلاقة نلاحظ أن هنالك تناسباً عكسياً بين القوة المطبقة (F) وقطر المعين (D) المتشكل على سطح العينة بعد تطبيق القوة وبالتالي مقدار القوة المطبقة ومدتها هو غير هام فعند زيادة القوة ومدتها سيكون مساحة المعين أكبر وبالتالي لن يتغير مقدار القساوة

كما اختلفت هذه الدراسة مع دراسة (*Prpić et al., 2020,*) التي اختبرت قساوة برنييل ولكننا اختبرنا قساوة فيكرز لأنها تناسب المواد الراتنجية أما برنييل فإنها تستخدم أكثر للمواد المعدنية.

تم تطبيق أختبار *T*ستيودنت لعينات المستقلة لدراسة فرق المتوسطات للقساوة بين الراتنج الإكريلي التقليدي والراتنج المنحوت بطريقة ال *CAD/CAM*، وقد أظهرت النتائج أن المتوسط الحسابي لقساوة الراتنج المنحوت بطريقة ال *CAD/CAM*هي أعلى من الراتنج التقليدي ولكن بفرق غير

دال احصائيا واتفقت هذه الدراسة بذلك مع دراسة (*Pacquet et al., 2019*)

كما اختلفت هذه الدراسة مع الدراسة (Ayman, 2017) التي أفادت أن هناك فرقاً دالاً إحصائيا بين الراتنج الإكريلي التقليدي والراتنج المنحوت بطريقة ال CAD /CAM الذي كان ذا قيمة قساوة أعلى ربما يرجع السبب إلى الاختلاف في مدة الغمر بالماء ففي هذه دراسة جرى غمر العينات بالماء لمدة 7أيام وبدرجة حرارة 37 درجة مئوية أما بدراسة Ayman فقد جرى غمر العينات لمدة 48 ساعة بحسب الدراسة التي قام بها(Wiedemair and Wolfgang Huck, 2017) والتي درس فيها امتصاص الماء وتأثيرها على الخواص الميكانيكية لنوعين من الأقراص الراتنج المنحوت بطريقة ال CAD/CAM فقد لاحظا أنَ هنالك اختلافا في كمية الماء الممتصة باختلاف الشركة المصنعة لهذا الراتنج وقد تراوحت بالمجموعة الأولى (92,45-52,81) ميلي غرام والمجموعة الثانية (206,4-141,11) ميلي غرام يمكن أن يكون امتصاص الماء قد أثر في قساوة للراتنج المنحوت بطريقة ال CAD/CAM لذلك لم يظهر الفرق بين مجموعات المدروسة أو قد يكون نتيجةً لاختلاف المادة المختبرة في الدراسة التي قام بها (Prpić et al., 2020,527) الذين اختبروا القساوة لعدة شركات مصنعة للراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة ال CAD/CAM (IvoBaseCAD ,Interdent CC and polident CAD/CAM Disk) والراتنج الإكريلي التقليدي (ProBase Hot, Paldon65 and Interacry Hot) وقد وجدوا أن القساوة عند الراتنج الإكريلي CAD/CAM من شركة (INterdent Polident CAD/CAM Disk, CC) أعلى من الراتنج الإكريلي التقليدي وبهذا اتفق مع دراسة التي أجريناها ولكن الراتنج الإكريلي المنحوت بطريقة ال CAD/CAM من شركة (IvoBase CAD) كان ذا قيمة القساوة أقل من الأنواع الثلاثة للراتنج الإكريلي التقليدي.

لا تعد فكرة مقارنة بين نوعي الإكريل المستعمل في هذا البحث جديدة، ولكن الدراسات التي تناولت الهدف ليست كثيرة.

على الرغم من أن نتائج هذا البحث متسقة مع الدراسات السابقة والتقنيات المستخدمة لغرض هذ الدراسة تعتبر قياسية وتم استخدامها في دراسات سابقة لكن هذه الدراسة المخبرية لديها بعض القيود لأنه بقدر ما تكون ظروف الدراسة المخبرية ممكنه تجريبياً لتقليد ظروف البيئة الفموية إلا أنه لا يمكن أن تحاكيها بدقة، على سبيل المثال عندما قمنا بغمر العينات بدرجة حرارة ثابتة 37درجة مئوية لتحاكي درجة حرارة الفم، لكن من الجدير بالذكر انه يجب ملاحظة وجود تقلبات في هذه الدرجة في أوقات الوجبات في الحالة السريرية.

الاستنتاجات:

ضمن حدود هذه الدراسة يمكننا أن نستنتج:

ليس هنالك فرق ذو دلالة إحصائية بين الراتنج الإكريلي التقليدي والراتنج المنتحوت بطريقة الـ CAD/CAM من حيث القساوة.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

1. AL-DWAIRI, Z. N., TAHBOUB, K. Y., BABA, N. Z. & GOODACRE, C. J. 2020. A comparison of the flexural and impact strengths and flexural modulus of CAD/CAM and conventional heat-cured polymethyl methacrylate (PMMA). Journal of Prosthodontics, 29**,** 341-349.
2. ALHAREB, A. O., AKIL, H. M. & AHMAD, Z. A. 2017. Impact strength, fracture toughness and hardness improvement of PMMA denture base through addition of nitrile rubber/ceramic fillers. The Saudi Journal for Dental Research, 8**,** 26-34.
3. ALHOTAN, A., YATES, J., ZIDAN, S., HAIDER, J. & SILIKAS, N. 2021. Flexural Strength and Hardness of Filler-Reinforced PMMA Targeted for Denture Base Application. Materials, 14**,** 2659.
4. ASAR, N. V., ALBAYRAK, H., KORKMAZ, T. & TURKYILMAZ, I. 2013. Influence of various metal oxides on mechanical and physical properties of heat-cured polymethyl methacrylate denture base resins. The journal of advanced prosthodontics, 5**,** 241.
5. AYAZ, E. A., DURKAN, R., KOROGLU, A. & BAGIS, B. 2014. Comparative effect of different polymerization techniques on residual monomer and hardness properties of PMMA-based denture resins. Journal of applied biomaterials & functional materials, 12**,** 228-233.
6. AYMAN, A.-D. 2017. The residual monomer content and mechanical properties of CAD\CAM resins used in the fabrication of complete dentures as compared to heat cured resins. Electronic physician, 9**,** 4766.
7. BABA, N. Z. 2016. Materials and processes for CAD/CAM complete denture fabrication. Current Oral Health Reports, 3**,** 203-208.
8. GAD, M. M., RAHOMA, A. & AL-THOBITY, A .M. 2018. Effect of polymerization technique and glass fiber addition on the surface roughness and hardness of PMMA denture base material. Dental materials journal, 37**,** 746-753.
9. JANCAR, J., HYNSTOVA, K. & PAVELKA, V. 2009. Toughening of denture base resin with short deformable fibers. Composites Science and Technology, 69**,** 457-462.
10. JANEVA, N. M., KOVACEVSKA, G., ELENCEVSKI, S., PANCHEVSKA, S., MIJOSKA, A. & LAZAREVSKA, B. 2018. Advantages of CAD/CAM versus conventional complete dentures-a review. Open access Macedonian journal of medical sciences, 6**,** 1498.
11. KANIE, T., FUJII, K., ARIKAWA, H. & INOUE, K. 2000. Flexural properties and impact strength of denture base polymer reinforced with woven glass fibers. Dental Materials, 16**,** 150-158.
12. KAWAHATA, N., ONO ،H., NISHI, Y., HAMANO, T. & NAGAOKA, E. 1997. Trial of duplication procedure for complete dentures by CAD/CAM. Journal of oral rehabilitation, 24**,** 540-548.
13. KENNETH J. ANUSAVICE, C. S., . RALPH RAWLS 2012. Mechanical Properties of Dental Materials PHILLIPS SCIENCE of DENTAL Materials.
14. NAJI, S. A., BEHROOZIBAKHSH, M., KASHI, T. S. J., ESLAMI, H., MASAELI, R., MAHGOLI, H., TAHRIRI, M., LAHIJI, M. G. & RAKHSHAN, V. 2018. Effects of incorporation of 2.5 and 5

wt% TiO2 nanotubes on fracture toughness, flexural strength, and microhardness of denture base poly methyl methacrylate (PMMA). The journal of advanced prosthodontics, 10**,** 113.

15. PACQUET, W., BENOIT, A., HATEGE-KIMANA, C. & WULFMAN, C. 2019. Mechanical properties of CAD/CAM denture base resins. Int J Prosthodont, 32**,** 104-110.
16. PRPIĆ, V., SCHAUPERL, Z., ĆATIĆ, A., DULČIĆ, N. & ČIMIĆ, S. 2020. Comparison of Mechanical Properties of 3D-Printed, CAD/CAM, and Conventional Denture Base Materials. Journal of Prosthodontics, 29**,** 524-528.
17. WIEDEMAIR, V. & WOLFGANG HUCK, C. 2017. Monitoring water absorption of medically used PMMA using NIR. NIR news, 28**,** 10-13.