

1. تقييم المسامية في الراتنج الأكريلي التقليدي المُصلب حرارياً والراتنج الأكريلي المُصلب مسبقاً المنحوت بطريقة CAD/CAM-دراسة مخبرية

الطالبة: راما ضميريه - كلية طب الاسنان - جامعة دمشق

إشراف: أ.د مهند السعدي

الملخص: قارنت هذه الدراسة بين المسامية في الراتنج الأكريلي المُصلب مسبقاً والمُعد للاستخدام في التعويضات السنية المتحركة بعد التصميم والنحت الحاسوبي بتقنية CAD/CAM والراتنج الأكريلي التقليدي حراري التصلب.

المواد والطرق: تم تحضير 16 عينة على شكل متوازي مستطيلات بأبعاد (5×40×65) ملم³ مقسومة إلى مجموعتين، تألفت المجموعة الأولى من 8 عينات أكريلية مصنوعة من الراتنج الأكريلي التقليدي حراري التصلب Vertex، بينما تألفت المجموعة الثانية من 8 عينات منحوتة بطريقة CAD/CAM من الراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً MARCO Dental PMMA، تم حساب مسامية كل من العينات من خلال قياس وزنها قبل الغمر في الماء ووزنها في الماء بعد غمرها فيه مدة 17 يوماً.

النتائج: أظهرت الدراسة الإحصائية الوصفية أن متوسط المسامية في مجموعة الراتنج الأكريلي التقليدي حراري التصلب بلغ (1.99936) بينما كان متوسط المسامية في مجموعة الراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً والمنحوت بطريقة CAD/CAM (1.92995). ووفق تحليل T student فلم يكن الفرق دالاً بين المتوسطين.

تقييم المسامية في الراتنج الأكريلي التقليدي المصلب حرارياً والراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً
المنحوت بطريقة CAD/CAM-دراسة مخبرية

الاستنتاج: ضمن حدود هذه الدراسة يمكن استنتاج أن الفرق في المسامية بين الراتنج
الأكريلي التقليدي حراري التصلب والراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً المنحوت بطريقة
CAD/CAM لم يكن ذا دلالة إحصائية.

Porosity assessment in traditional heat-polymerized polymethyl methacrylate (PMMA) resin and pre-polymerized polymethyl methacrylate (PMMA) resin milled by CAD/CAM

Abstract: This study compared the Porosity of a pre-polymerized polymethyl methacrylate (PMMA) resin for CAD/CAM removable dental prostheses (RDPs) and a traditional heat-polymerized PMMA resin.

Material and method: 16 rectangular acrylic resin specimens (65×40×5) mm³ were divided into two groups [Group(1): 8 Resin specimens were fabricated from conventional heat polymerized PMMA resin; Group (2): 8 Resin specimens were milled By CAD/CAM technique from pre-polymerized PMMA disc, porosity was calculated by measurement of the specimen weight before its immersion in water and after 17 days were weighted in water.

Result: statistical analysis showed that the mean of porosity was(1.99936) in the conventional acrylic resin specimens and (1.92995)in the milled CAD/CAM acrylic resin specimens, T student analysis revealed no difference between the means in the Porosity assays.

Conclusion: within the limitation of this study, we conclude that the difference in porosity between conventional heat polymerized acrylic and pre-polymerized CAD/CAM milled acrylic wasn't significant.

المقدمة:

تعتبر الراتنجات الأكريلية المادة الأساسية في صنع الأجهزة المتحركة الكاملة والجزئية لما لها من صفات فيزيائية وخواص كيميائية هي الأنسب بين المواد المتوافرة للطبيب والفني والمريض إضافة لتكلفتها المادية المقبولة.

ومع ذلك، فإنّ للمادة عدة مساوئ تؤثر في جودتها، والمسامية من أهم هذه المساوئ وهي مشكلة معقدة متعددة الأسباب، فمثلاً تشكل الغوّورات السطحية أماكن صعبة الضبط والتنظيف، تتدخل ضمنها السوائل الفموية والبقايا الطعامية وبالتالي تعد بيئة ملائمة للمستعمرات الجرثومية والفطرية.

وإن كانت المسامية والغوّورات ضمن المادة فهي تقلل من صلابة الجهاز ومقاومته للكسر. ودائماً ما تنتج هذه المشاكل بسبب حساسية المادة تقنياً خلال تصنيعها وصعوبة ضبط وتطبيق الشروط المثالية لذلك. [1-3].

يقوم مبدأ ال CAD/CAM على تصميم الأجهزة حاسوبياً ومن ثمّ نحتها باستعمال آلات مقادة رقمياً من قوالب أكريلية مصلبة مسبقاً.

تدعي الشركات المصنعة لأنظمة ال CAD/CAM أن هذه القوالب الأكريلية خضعت لشروط التصليب المثالية من ضغط وحرارة عالية مما يضمن حصول تصلب نموذجي دون تشكل مسامات وبالتالي تحسين صفات المادة الميكانيكية وتقليل تغير أبعادها للحد الأدنى وزيادة تقبلها الحيوي ونسبة نجاح المعالجات بها.

التأثيرات السلبية للمسامية ضمن عديدات التماثر الأكريلية

صحياً وتجميلياً

ذكرت الأكاديمية الأمريكية للتعويضات المتحركة السنوية أنّ غياب المسامية شرط القبول الصحي للجهاز المتحرك (The Academy of Denture Prosthetics 1968) [4]

تتأثر النواحي الصحية والتجميلية بالمسامية السطحية للجهاز المتحرك بشكل واضح حيث تسبب:

- ❖ زيادة تجميع الفضلات الطعمية.
- ❖ زيادة اندخال للسوائل وانحازها.
- ❖ المظهر السيئ وظهور غؤورات و بقع بيضاء أو ذات انعكاس لوني مغاير للون الجهاز .
- ❖ صعوبة أو استحالة تنظيف سطح الجهاز .
- ❖ زيادة قابلية التصاق الفطريات و تشكل مستعمراتها لأنّ الغؤورات تشكل مكمناً للكائنات الحية.
- ❖ ترسب البقايا الكلسية.
- ❖ سرعة تلون الجهاز. [3]

ميكانيكياً

إنّ وجود المسامات السطحية أو الداخلية يهدد الصفات الفيزيائية والميكانيكية للجهاز وتشكل المسامات مناطق تركيز للجهود مما يجعل الجهاز ضعيفاً وقليل المقاومة للكسر . [3]

وتزيد المسامية من الإجهاد الداخلي للمادة وبالتالي قابليتها للتشوه والانتواء،

وقد أظهر بعض الدراسات أن مقاومة الشد للعينات المسامية تنخفض لسدس أو ثمن مقاومة العينات الكثيفة. [1، 2]

أسباب المسامية Causes of Porosity

تعتبر المسامية ظاهرة معقدة ذات منشأ متعدد العوامل ومن الممكن القول أن كل ما يؤدي لحدوث تفاعل تصلبي غير نموذجي يؤدي للمسامية ومن الأسباب:

❖ خلل نسبة سائل/ بودرة : أن نسبة المزج المنصوح بها هي 3/1 حجماً و 2/1 وزناً وهي تضمن وجود كمية كافية من وحيد التماثر (المونومير) لتبلييل كامل جزيئات عديد التماثر دون وجود زيادة مونومير تؤدي لزيادة التقلص الحجمي للمادة وبالتالي حدوث المسامية الداخلية.

❖ عدم تجانس المزيج قبل العمل بشكل كافي حيث يمر المزيج بعدة أطوار منذ بدء المزج وهي:

الطور الرملي : وفيه لا تبدأ التفاعلات على المستوى الجزيئي وتبقى جزيئات عديد التماثر دون تغيير ويكون المظهر حبيبي خشن. بعدها يهاجم المونومير حبات عديد التماثر وتنتشر سلاسل عديدات التماثر و تزداد لزوجة المزيج وتسمى بالمرحلة الخيطية، بعدها تدخل المادة في طور شبه عجيني على المستوى الجزيئي يدخل المحلول عدد كبير من سلاسل عديد التماثرات و يتشكل بحر من وحيد التماثر وعديد التماثر المنحل و من المهم أن تشير إلى أنه تبقى أيضاً كمية كبيرة من عديد التماثر غير المنحل مما يجعل الكتلة كعجينة لينة غير لزجة ولا تلتصق بسطح الحنجور. الصفات الفيزيائية في الجزء الأخير من هذا الطور

تجعل المادة مثالية للقولبة والتشكيل لذلك يجب العمل ضمن هذه المرحلة. بعد المرحلة شبه العجينية يدخل المزيج مرحلة مطاوية ويبدأ المونومير بالتبخر وسريرياً ترتد الكتلة وتمتط عند الضغط وبما أن الكتلة لم تعد تتساق بحرية لتأخذ شكل حاويتها فهي غير صالحة للقولبة. وبعد الاستقرار بفترة مطولة يصبح المزيج قاسياً وجافاً ومقاوماً للتشوه الميكانيكي. [5]

وحسب جمعية اتحاد أطباء الأسنان الأمريكية A.D.A يكون زمن تشكل المرحلة العجينية في درجة حرارة 23° مئوية أقل من 20 دقيقة وتستمر مدة خمس دقائق يمكن زيادتها بالتبريد.

❖ تطبيق حشو غير كافي: إن وضع الراتنج وتكييفه ضمن تجويف القالب يسمى الحشو وهي من المراحل المهمة في صنع قواعد الأجهزة المتحركة ويجب أن تكون بشكل مناسب لأن وضع كمية كبيرة من المادة يؤدي إلى زيادة الثخانة وسوء تموضع الأسنان التعويضية أما استعمال كمية من المادة غير كافية يسبب مسامية ملحوظة لذا يجب وضع كمية كافية لملء القالب والتعويض عن النقص التصليبي.

❖ الضغط غير الكافي عند التصلب: وهنا تكون الفقاعات مختلفة الأشكال وليست كروية وتكون غزيرة لدرجة يبدو فيها الراتنج الأكريلي الناتج أخف و أفتح لوناً [6].

❖ التركيز العالي من بيروكسيد البنزويل: وبيروكسيد البنزويل هو المبدئ الذي ينحل بالحرارة ليعطي الجذور الحرة و يبدأ التفاعل التصليبي وقد ذكر Jerolimov 1989 [7] أن التركيز المنخفض له يقلل من المسامية خصوصاً في دورة التصليب السريع.

❖ ارتفاع درجة الحرارة : إنّ تفاعل التصلب هو تفاعل ناشر للحرارة والمنحنى الحراري للجبس يوازي بدقة منحنى تسخين الماء تتباطأ إلى حد ما درجة حرارة البوتقة خلال المراحل الأولية من عملية التسخين ويستغرق نفاذ الحرارة مدة أطول

ولكن عندما تصل درجة الحرارة إلى أكثر من 70° مئوية بقليل تبدأ درجة حرارة الراتنج بالازدياد بسرعة و بدورها تزداد سرعة انحلال بيروكسيد البنزويل بدرجة مهمة ويؤدي تسلسل الحوادث هذا إلى زيادة سرعة التصلب وزيادة حرارة التفاعل المنتج للحرارة

وبما أن الجبس الحجري والراتنج ناقلان سيئان نسبياً للحرارة فإنّ حرارة التفاعل لا يمكن أن تتبدد ولهذا ترتفع حرارة الراتنج كثيراً فوق حرارة الجبس والماء المحيط وقد تتخطى درجة غليان المونومير 100,8° مئوية فإذا ارتفعت الحرارة فوق هذا الحد فإنّ المونومير المتبقي قد يغلي لتنتج المسامات وهذا يحدث في عمق الكتلة الأكريلية لأنّ الأجزاء السطحية تنتشر حرارتها للجبس مما يمنع تجاوز درجة غليان الأكريل، لذلك لا تشاهد هذه المسامات في الأجزاء الرقيقة كقبة الحنك بل في الأجزاء الثخينة مثل الأجنحة اللسانية. [5، 6]

وبالتالي تزيد المسامية عند استعمال الرفع السريع لدرجة الحرارة (دورة التصلب السريعة) وعند زيادة ثخانة الراتنج.

المواد والطرق:

شملت العينة على 16 نموذج بشكل متوازي مستطيلات بأبعاد (5×40×65) ملم. تألفت المجموعة الأولى من عينات الراتنج الأكريلي المنحوت بطريقة CAD/CAM من أقراص أكريلية مصلبة

مسبقاً (MARCO Dental PMMA) الشكل (1) إذ تم صنع نموذج رقمي على شكل متوازي مستطيلات بالأبعاد المطلوبة وتم إدخال بياناته لجهاز تصدير ال CAD/CAM. الشكل (3) ثم تم نحت 8 عينات مطابقة للنموذج الرقمي. الشكل (4)

وتألفت المجموعة الثانية من عينات الراتنج الأكريلي التقليدي Vertex الشكل (2) حيث تم نسخ العينات المنحوتة حاسوبياً بمادة السيليكون الكثيف المدعوم بالجبس وبعدها تم صب الشمع ضمن السيليكون بالتالي حصلنا على النماذج الشمعية الي قمنا فيما بعد بتحويلها الى عينات أكريلية الشكل (5)(6) حيث تم تصليبيها باستخدام الحمام المائي في جهاز التصليب Hanau وفق الطريقة التقليدية. الشكل (7)(8)

بعد تحضير عينات كل من المادتين تم وزنها في الهواء ثم غمرها في الماء المقطر وحفظها في حاضنة درجة حرارتها 37° مئوية مدة 17 يوماً وبعدها تم وزن كل من العينات في الماء. الشكل (10)(11)

من أجل حساب النسبة المئوية للمسامية بعدما تم وزن العينات في الهواء ثم وزنها في الماء تم إجراء التالي:

يوجد لدينا وزن العينات في الهواء ووزن العينات في الماء ويوجد لدينا المعادلات الثلاث الآتية:

$$W_a = g(D_r - D_a)(V_{sp} - V_{ip})$$

$$W_w = (D_r - D_w)(V_{sp} - V_{ip}) + (D_a - D_w)V_{ip}$$

$$Porosity = V_{ip} \setminus V_{sp}$$

W_a يمثل وزن العينة في الهواء

W_w يمثل وزن العينة في الماء

g ثابت الجاذبية الأرضية $9.8m/sec^2$

Dr يمثل كثافة الراتنج الأكريلي $1.198g/ml$

Da كثافة الهواء $1.23 kg/m$

Dw كثافة الماء $1000 kg/m$

Vsp تمثل حجم العينة

Vip تمثل حجم المسامية الداخلية [8، 9]

حيث قمنا من المعادلة الأولى بحساب

$(Vsp-ViP)=WA/11.7362$ ومن ثم تم تعويض هذه القيمة في

المعادلة الثانية ومن هذه المعادلة نحسب قيمة

$$VIP=(-WW-0.0168WA)/1.00123$$

ومن ثم نحسب قيمة Vsp ونعوض هاتين القيمتين في المعادلة الثالثة

للحصول على نسبة المسامية لكل عينة. وبعد حساب نسبة المسامية

لكل من المجموعتين تم تسجيل النتائج ومعالجتها بواسطة تحليل

T_student للعينات المستقلة.



الشكل (2) راتنج أكريلي حراري التصلب

الشكل (1) أقراص PMMA مصلبة مسبقاً



الشكل (4) نحت الأكريل المصلب مسبقاً

الشكل (3) تصميم نموذج رقمي للعينات



الشكل (6) صب النماذج الشمعية

الشكل (5) تجهيز النماذج الشمعية للصب



الشكل (7) تجهيز بواتق طبخ الأكريل الشكل (8) طبخ عينات الأكريل التقليدي



الشكل (10) وزن العينات في الهواء

الشكل (9) عينات المسامية من المادتين



الشكل (11) وزن العينات في الماء

النتائج Results

تم حساب نسبة المسامية من خلال حل المعادلات التي ذكرناها سابقاً، حيث لدينا وزن العينات في الماء وفي الهواء فقمنا بحساب كل من V_{ip} و V_{sp} وبالتالي حساب نسبة المسامية.

بلغ المتوسط الحسابي لنسبة المسامية في عينات الراتنج الأكريلي التقليدي 1.99936 ، بينما بلغ المتوسط الحسابي لنسبة المسامية في عينات الراتنج الأكريلي المنحوت بتقنية CAD/CAM 1.92995

نلاحظ أن المتوسط الحسابي لنسبة المسامية كان أقل بشكل بسيط في عينات الراتنج الأكريلي المنحوت حاسوبياً.

دراسة نسبة المسامية:

بعدما تم حساب نسبة المسامية من خلال حل المعادلات سابقة الذكر، تمت دراسة تأثير نوع الراتنج الأكريلي المستخدم على نسبة المسامية المحسوبة في كل عينة.

تم إجراء اختبار T-STUDENT للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط نسبة المسامية بين مجموعة الراتنج الأكريلي المحضر بالطريقة التقليدية ومجموعة الراتنج الأكريلي المنحوت وفق تقنية CAD/CAM كما يلي:

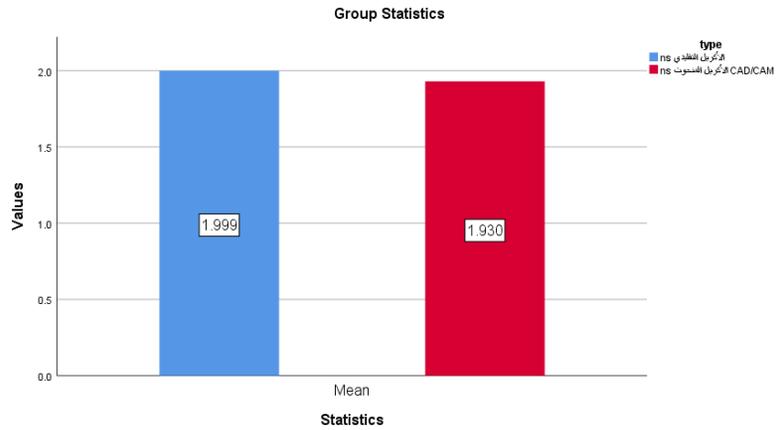
الجدول التالي يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري لنسبة المسامية وفقاً

لنوع الراتنج الأكريلي

	N	Mean	Std. Error of Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Type (العدد)	(المتوسط)	(الخطأ المعياري)	(الانحراف المعياري)	(الحد الأدنى)	(الحد الأعلى)	
الراتنج الأكريلي	8	1.99936	.094695	.267837	1.846	2.656
التقليدي						

تقييم المسامية في الراتنج الأكريلي التقليدي المصلب حرارياً والراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً
المنحوت بطريقة CAD/CAM-دراسة مخبرية

الراتنج الأكريلي المنحوت CAD/CAM	8	1.92995	.019673	.055642	1.888	2.026
Total	16	1.96466	.047570	.190281	1.846	2.656



مخطط بياني (1) يوضح المتوسط الحسابي لنسبة المسامية وفقاً لنوع الأكريل

نتائج اختبار T-student للعينات المستقلة:

Levene's Test for Equality of Variances				t-test for Equality of Means				95% Confidence Interval of the Difference	
F	Sig.	T	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper	
(إحصائية اختبار تساوي التباينات)		قيمة T المحسوبة (درجات الحرية)	مستوى دلالة- معنوية الاختبار)	(الفرق الملاحظ بين المتوسطين)	(الخطأ المعياري للفرق المتوقع)			
2.626	.127	.718	14	.485	.069412	.096717	-.138024	.276849	
ns Equal variances assumed									

جدول يبين نتائج اختبار T-student لدراسة دلالة الفروق في متوسط نسبة المسامية بين مجموعة الراتنج الأكريلي التقليدي حراري التصلب ومجموعة الراتنج الأكريلي المنحوت بطريقة CAD/CAM .

بين تحليل T_student أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من القيمة 0.05 أي أنه عند مستوى الثقة 95% لا توجد فروق دالة إحصائية في متوسط نسبة المسامية بين مجموعة الراتنج الأكريلي التقليدي حراري التصلب ومجموعة الراتنج الأكريلي المنحوت بطريقة CAD/CAM في عينة دراسة المسامية.

المناقشة Discussion

بما أن المسامية تعتبر انعكاساً يمثل نموذجية أو جودة تصليب الراتنج الأكريلي بمراحله المختلفة وظهورها يعبر عن تفاعل تصليبي معيب كان لابد من تحري نسبة المسامية للراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً ومقارنتها مع نسبة المسامية في الراتنج الأكريلي التقليدي حراري التصلب للثبوت من ادعاءات المصنعين بتفوقها بسبب تصليبيها وفق الشروط المثالية وضبط كل العوامل المؤثرة على جودة عملية التصليب.

أظهرت نتائج هذا البحث أن نسبة المسامية في الراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً والمنحوت بطريقة CAD/CAM والتي بلغت (1.92995) كانت أقل من نسبة المسامية في الراتنج الأكريلي التقليدي حراري التصلب (1.99936) ولكن الدراسة الإحصائية وتحليل البيانات بين أن الفرق كان بسيط وغير دال إحصائياً

وبالتالي لا نستطيع القول أن الراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً يتفوق على الراتنج الأكريلي التقليدي من حيث المسامية.

وكما نعلم عن ارتباط المسامية بجودة الخواص الميكانيكية للمادة فيمكن القول بأن نتائج هذه الدراسة تتوافق مع نتيجة بحث Perea-Lowery, L., et al 2020 حيث تمت دراسة لتقييم ثلاث أنواع من الراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً والمستخدم ضمن أنظمة CAD/CAM ومقارنتها مع نوعين من الراتنج الأكريلي المصلب حرارياً بالطريقة التقليدية من حيث الخواص الميكانيكية ووجدوا أن كلاً من معامل الانحناء و معامل المرونة والصلابة الجزئية وصلابة السطح تتأثر بنوع المادة وتخزينها ولكن الفرق في معامل الانحناء وقساوة السطح بين الراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً والراتنج الأكريلي التقليدي لم يكن ذا دلالة إحصائية، وبالتالي فرغم الخواص المرضية لأنظمة ال CAD/CAM إلا أن استعمال الراتنج الأكريلي المصلب بالطرق التقليدية لا يزال مستحسنًا. [10]

بينما تعارضت نتائج هذا البحث مع نتيجة بحث J Lee 2020 الذي قام بمقارنة مقاومة الصدم (impact strength) بين قواعد الأجهزة المصنوعة من الراتنج الأكريلي التقليدي حراري التصلب والراتنج الأكريلي ذاتي التصلب والراتنج المطبوع بتقنية 3D ووجد أن ترتيب مقاومة الصدم كان لصالح الراتنج الأكريلي ذاتي التصلب (Lucitone HIPA) ثم تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد (Denture Base LP) ثم الراتنج الأكريلي حراري التصلب (Lucitone199) وكان الفارق بين المجموعات المختلفة ذا أثر معنوي. [11]

وإذا ربطنا بين المسامية السطحية و الالتصاق الجرثومي فإننا لا نتوافق مع نتائج بحث Dina Kholief 2019 وزملائها الذين قاموا بدراسة لمقارنة

الالتصاق الجرثومي بين الراتنج الأكريلي التقليدي والراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً المنحوت بطريقة CAD/CAM حيث تم إحضار عشرة مرضى درد كامل وتقسيمهم عشوائياً ل مجموعتين المجموعة الأولى من المرضى تم تسليمهم أجهزة أكريلية مصنوعة بالطريقة التقليدية أما المجموعة الثانية من المرضى تم تسليمهم أجهزة مصنوعة بطريقة CAD/CAM. [12]

تم تقييم الاستعمار الجرثومي للمجموعتين بعد 9,6,3 أشهر من تسليم الأجهزة، كانت الجراثيم المختبرة من نوع المبيضات البيض والمكورات العنقودية الذهبية والعقديات الطافرة والإشريكية الكولونية.

ووجدوا أن المجموعة الثانية امتلكت معدل استعمار جرثومي أدنى من المجموعة الأولى بشكل ملحوظ ودال إحصائياً خلال فترة الدراسة باستثناء الإشريكية الكولونية بعد مدة ثلاثة شهور حيث كان الفرق بين المجموعتين غير دال، وبالتالي يمكن القول أن الراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً أظهر مستوى أقل من الاستعمار الجرثومي مقارنةً بالراتنج الأكريلي التقليدي [12].

ومع عدم وجود دراسات مماثلة ملمة بالمقارنة بين المسامية بين الراتنج الأكريلي التقليدي حراري التصلب والراتنج الأكريلي المصلب مسبقاً المنحوت بطريقة CAD/CAM بشكل مضبوط ودقيق فإن محاولاتنا لربط نتائج هذا البحث مع نتائج الأبحاث الأخرى أو اسقاطها عليها هي محاولات غير دقيقة لما لتوزع المسامية من اختلاف بالتأثير فالمسامية السطحية تنعكس بشكل كبير على صفات سطح المادة كالخشونة والتصاق العضويات عليه في حين المسامية الداخلية تنعكس على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمادة.

الاستنتاجات:

❖ تبين ضمن حدود هذا البحث أن الفرق في نسبة المسامية بين الراتنج الأكريلي المنحوت بطريقة CAD/CAM وبين الراتنج الأكريلي التقليدي لصالح الراتنج الأكريلي المنحوت بطريقة CAD/CAM هو فرق ضئيل لا يملك دلالة إحصائية وبالتالي لا فرق بين المادتين ولا تفوق لإحدهما على الأخرى فيما يخص نسبة المسامية.

المراجع:

1. Gettleman, L., D. Nathanson, and R.L. Myerson, *Effect of rapid curing procedures on polymer implant materials. Journal of Prosthetic Dentistry*, 1977. 37(1): p. 74-82.
2. Wolfaardt, J.F., P. Cleaton-Jones, and P. Fatti, *The occurrence of porosity in a heat-cured poly (methyl methacrylate) denture base resin. Journal of Prosthetic Dentistry*, 1986. 55(3): p. 393-400.
3. AL_saisse, s., *restorative dental materials, in damascus university books2003, Damascus University Damascus syria* :p. 20-64
4. Atwood, D.A., *Final report of the workshop on clinical requirements of ideal denture base materials. Journal of Prosthetic Dentistry*, 1968. 20(2): p. 101-105.
5. Shofan, S., *effect of additional heat curing cycle on mechanical properties in conventional heat curing Acrylic resin Damascus university master research 2011*:p.26-32.
6. Kj, A., *Phillips' science of dental materials. St. Louis: WB Saunders, 2003. 596.*
7. Jerolimov, V., et al., *Rapid curing of acrylic denture-base materials. Dental Materials*, 1989. 5(1): p. 18-22.
8. GHrewati, m., *AN In-vetro and Clinical Comparative study between many actylic denture base fabricated by different injection method Damascus university research, 2007* :p.26-38, 53-55,113
9. Alhallak, k., *a comparative in-vetro study of residual monomer and porosity between resin prepared by pour and conventional heat polymerization acrylic resin Damascus university master research, 2011* :.p.24-32,52-54.

10. Perea-Lowery, L., et al., Assessment of CAD-CAM polymers for digitally fabricated complete dentures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2020.:p.5-7
11. Lee, J., Impact Strength of 3D Printed and Conventional Heat-cured and Cold-cured Denture Base Acrylics, 2020, *The University of Texas School of Dentistry at Houston*:p.4-6
12. Kholief, D.M. and S.M. Kabeel, Assessment of Microbial Adherence on Conventional and CAD/CAM Complete Denture. *Al-Azhar Dental Journal for Girls*, 2019. 6(1): p. 9-17.