Comparison of retention in removable partial denture clasps made of chrome-cobalt and PolyetheretherKetone (an *in-vitro* study)

Dr. Mahmoud Mahmoud*
Nermin Othman**

(Received 3 / 4 / 2024. Accepted 8 / 5 / 2024)

□ ABSTRACT □

Aim: comparison of retentive force between Roach clasps made of PEEK and Roach clasps made of chrome-cobalt, comparison of the changes in retentive force for the clasps after insertion\ removal cycles.
Materials and Methods: the research sample involved 16 clasps (8 Roach clasps made of PEEK, 8 Roach clasps made of chrome-cobalt). Each abutment was prepared to receive two clasps. The abutments were scanned to design the clasps that have the same dimensions. After manufacturing the clasps, retentive force was evaluated 3 times (initial retention- after 1095 cycles- after 3285 cycles).
Results: In comparison of chrome- cobalt clasps with PEEK clasps, PEEK clasps showed significantly lower retentive force than CoCr clasps. All clasps showed a significant decrease in retentive force.
Conclusions: PEEK material can be used in manufacturing of partial denture clasps. Metal clasps have higher retention than PEEK clasps. All clasps lose its retention over time.

Keywords: PEEK, Chrome-cobalt, Roach, Clasps, Retention, Retentive force.

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

***Assistant Professor - Faculty of Dentistry - University of Tishreen - Latakia - Syria.**
****Master's Student - Faculty of Dentistry - University of Tishreen - Latakia - Syria.**
nermin.othman@tishreen.edu

مقارنة ثبات ضامات الأجهزة الجزئية المتحركة المصنوعة من مادتي الكروم كوبالت والبولي إيتر إيتر كيتون (دراسة مخبرية)

د. محمود محمود*

نرمين عثمان**

(تاريخ الإيداع 3 / 4 / 2024. قبل للنشر في 8 / 5 / 2024)

□ ملخّص □

أهداف البحث: مقارنة قوة التثبيت بين ضامات روتش المصنوعة من مادة الPEEK و ضامات روتش المصنوعة من الكروم كوبالت، ومقارنة تغير قوة التثبيت بعد تعريضها لدورات فك وتركيب.

المواد والطرق: تضمنت عينة الدراسة 16 ضامة (8 ضامات روتش مصنوعة من مادة ال PEEK- 8 ضامات روتش مصنوعة من خليطة الكروم كوبالت)، كل دعامة قامت باستقبال ضامتين، تم إجراء المسح ثلاثي الأبعاد للدعامات ووضع تصميم ذات قياسات موحدة للضامات، بعد صنع الضامات تم تقييم قوة التثبيت على 3 فترات (ثبات أولي- بعد 1095 دورة فك وتركيب- بعد 3285 دورة فك وتركيب).

النتائج: بمقارنة ضامات الكروم كوبالت وضامات ال PEEK, كان هناك فرق إحصائي هام بقوة التثبيت في جميع الفترات لصالح الضامات المعدنية، وبمقارنة تغير ثبات الضامات المعدنية وضامات ال PEEK، كان النقص في الثبات هام إحصائياً في جميع الفترات لصالح دورات الفك الأقل دوماً.

الاستنتاجات: يمكن استخدام مادة ال PEEK لصنع ضامات الجهاز الجزئي المتحرك، تظهر ضامات المعدن ثبات أكبر من ضامات ال PEEK، كلٌ من المعدن وال PEEK يظهر تناقصاً في الثبات مع مرور الزمن.

الكلمات المفتاحية: كروم كوبالت، PEEK، روتش، ضامات، قوة التثبيت، ثبات.

حقوق النشر :مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* **استاذ مساعد- كلية طب الأسنان –جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.**

** **طالبة ماجستير - كلية طب الأسنان –جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.**

مقدمة:

- ❖ تُعد الأجهزة الجزئية المتحركة أحد أنواع العلاجات الرئيسة في التعويض عن الأسنان المفقودة (1).
- ❖ يجب أن تمتلك الأجهزة المتحركة الجزئية ثبات، مرونة وجمالية كافية، حيث يُعرَّف الثبات بأنه قدرة الجهاز على مقاومة القوى التي تعمل على إزاحته من موضعه، ويمكن تحقيقه من خلال عدة عوامل ومنها ميكانيكية كالضامات (2)، (3)
- ❖ يتم تأمين تثبيت كافي للجهاز عبر وسيلتين:

تثبيت أولي: يتم ميكانيكياً عن طريق وضع عناصر مثبتة (مثبتات مباشرة) على الدعامات السنية.

تثبيت ثانوي: يتم عن طريق تأمين علاقة وثيقة بين الوصلات الصغرى وسطوح الإرشاد، وأيضاً بين قواعد الأجهزة والوصلات الكبرى مع النسج المستندة عليها.(4)

- ❖ تعاني الأجهزة المتحركة الجزئية من مشاكل وأهمها ظهور الضامات. (5)
- ❖ على الرغم من أن الكروم كوبالت يعتبر المادة الأفضل لصنع هيكل الأجهزة المتحركة إلا أن خواصه الفيزيائية ليست مثالية حيث تبين أن غالبية ضامات الكروم كوبالت تتشوه ولا تناسب الدعامة بشكل صحيح بعد مرور الوقت. (6)
- ❖ حديثاً تم إدخال مواد راتنجية متلدنة بالحرارة إلى السوق ليتم صنع المثبتات المباشرة من مواد بنفس لون الأسنان. (7)
- ❖ **بولي ايتر ايتر كيتون (PEEK) Polyetheretherketon**:

- مادة متلدنة بالحرارة شبه كريستالينية وهو جزء من عائلة بوليميرات ال Polyaryletherketone (PAEK) خصائصها الميكانيكية والفيزيائية عالية (مثل مقاومة التآكل وقابلية أقل للتلون ووزن أخف) وهي مقاومة كيميائياً ومستقرة الأبعاد كما أنه يمكن أن يمتص جزء من القوى المتولدة أثناء المضغ.(8)
- مساوئ ال PEEK:

يعاني ال PEEK من معامل مرونة منخفض (3–4 GPa) (9) ، وهي أقل بشكل ملحوظ من معامل مرونة خلائط الكروم كوبالت والتيتانيوم (GPa 107 –203GPa) (10) ، حيث تمتلك معامل مرونة مماثل للعظم. (11)

- استخدام مادة ال PEEK في التعويضات المتحركة:

يمكن استخدام الPEEK كمادة لصنع التعويض المتحرك الكامل للتقليل من التشوه الحاصل للتعويض بسبب كسور الخط المتوسط. (12) كما تم اقتراح استعمال البيك في صنع التيجان المضاعفة بالتعويضات المتحركة المدعومة بالتيجان المضاعفة وذلك باستخدام تاج أولي معدني وتاج ثاني مصنوع من البيك بتقنية ال CAD /CAM . (13)

- استخدام مادة ال PEEK في التعويضات الثابتة المدعومة بالغرسات:

يمكن استخدام الPEEK لصنع دعامات الزرع ودعامات الشفاء حيث شكلت دعامات الشفاء المصنعة بواسطة الحاسب بعد فترة الشفاء بنية اللثة الطبيعية.(14) وفي دراسة عيسى وزملاؤه توصلوا إلى أن قيم كثافة العظم حول الزرعات الداعمة لتعويض الزركونيا مع قاعدة من البولي ايتر ايتر كيتون زادت بشكل ملحوظ حيث إن استخدام ال PEEK كقاعدة تحت التعويض فوق الزرع من شأنه أن يسبب نقل إجهاد أقل إلى الزرعة ومنها إلى العظم وبالتالي تقل التأثيرات السلبية لقوى الضغط. (15)

أهمية البحث وأهدافه

هدف البحث Aim of the study:

- مقارنة قوة التثبيت بين ضامات روتش المصنوعة من مادة البيك و ضامات روتش المصنوعة من الكروم كوبالت.

• مقارنة تغير قوة التثبيت بين الضامات المصنوعة بالمادتين (كروم كوبالت– PEEK) بعد تعريضها لدورات فك وتركيب (بعد 1095 دورة– بعد 3285 دورة فك وتركيب).

طرائق البحث ومواده

- أُجريت هذه الدراسة في مخبر التعويضات المتحركة– كلية طب الأسنان– جامعة تشرين بالتعاون مع مركز البحوث الصناعية في دمشق، مع الاستعانة بمخبر خارجي.
- تألفت عينة البحث من 16 ضامة لكلتا المادتين مقسمة كالتالي:

8 ضامات روتش مصنوعة من مادة ال PEEK.

8 ضامات روتش مصنوعة من خليطة الكروم كوبالت.

- طريقة العمل:
- من أجل القيام بهذه الدراسة تم استخدام 8 أسنان طبيعية (ضواحك) تم تنظيفها وفحصها للتأكد من عدم استخدام أسنان ذات ميناء منخورة أو مكسورة أو تحوي أية آفات تعيق من توضع الضامة.
- إذاً: عدد الدعامات المستعملة 8 دعامة، بحيث كل سن يستقبل ضامتين مصنوعتين من مادتين مختلفتين.
- تحضير الدعامة لاستقبال الضامة: تم وضع الأسنان بشكل عمودي ضمن قاعدة مصنوعة من الراتنج الإكريلي، وتم تحضير مسكن للمهماز أنسي الضاحك.

- تكونت الضامة من:
  - مهماز إطباقي.
  - ذراع مكافئ.
  - ذراع مثبت.
  - سطح إرشاد ملاصق.
  - سرج لتأمين منشأ للذراع المثبتة لضامات روتش.
  - عمود يخرج من المهماز الإطباقي لتسهيل إجراء دورات الفك والتركيب.
- تصميم الضامة: تم إجراء مسح رقمي للأمثلة بالماسح الإلكتروني للحصول على تصميم موحد للضامات على شكل نموذج رقمي بلاحقة STL وتوحيد الشكل والحجم والموقع.
- تم ضبط ثخانة الضامات ووصنع تصميم للضامات بثخانة 1 مم، واستخدام منطقة غؤور تثبيت 0,25مم.

- تصنيع ضامات الكروم كوبالت:

بعد تصدير البيانات الخاصة بتصميم الضامة إلى جهاز ال CAD /CAM تم خرط أقراص الشمع والحصول على نموذج شمعي للضامة، تم إجراء الكسي والصب بالمعدن فيما يلي بالطريقة التقليدية (طريقة الشمع الضائع).

- تصنيع ضامات ال PEEK:

بعد تصدير البيانات الخاصة بتصميم الضامة إلى جهاز ال CAD\CAM تم خرط أقراص ال PEEK والحصول على ضامة مطابقة للتصميم الرقمي.

✓ إجراء دورات الفك والتركيب:

تم إجراء (1095–3285) دورة فك وتركيب لجميع ضامات ال PEEK وضامات الكروم كوبالت على التتالي يدوياً (قياس مقاومة الإجهاد لمدة 3 سنوات).

✓ إجراء الاختبار:

تم قياس قوة التثبيت للضامات باستخدام جهاز الاختبارات الميكانيكية، هذا الجهاز موصول بحاسوب يُظهر القوة اللازمة لفقدان الثبات على شكل أرقام على الشاشة.

تم تطبيق قوة شداسحب (مقاسة بالنيوتن) بسرعة 5 مم/ دقيقة للضامة حتى حدوث الانفصال، وقام الحاسوب بتسجيل هذه القوة و إظهارها على الشاشة.

تم تكرار الاختبار ثلاثة مرات لكل عينة وأخذ المتوسط الحسابي لها من أجل الحصول على قياس دقيق.

النتائج والمناقشة

النتائج:

جدول 1 يوضح قيم الإحصاء الوصفي لمجموعات الاختبار قيد التجربة

نوع الضامة	المجموعة المقاسة	عدد العينات	القيمة الدنيا	القيمة العليا	المتوسط
روتش	C1Metal	8	6.80	14.80	8.9000
	C1PEEK	8	4.60	7.00	5.9875
	C2Metal	8	6.30	14.00	8.2000
	C2PEEK	8	4.30	6.80	5.6000
	C3Metal	8	5.70	13.40	7.5500
	C3 PEEK	8	4.10	6.50	5.2375

يبين الجدول (1) الإحصاءات الوصفية المتعلقة بحجم العينة والقيم العليا والدنيا والمتوسط الحسابي للعينات، حيث بلغت قيمة المتوسط الحسابي لقوة تثبيت ضامات ال PEEK قبل البدء بالدورات (5,9) نيوتن، أما عند نهاية الدورات بلغت (5,2) نيوتن.

اختبارات الفروق بين قيم الثبات لضامات روتش، وذلك بين المعدن وPEEKعند كل دورة فك:

جدول 2 يوضح قيم اختبار Wilcoxon Signed Rank Testلمجموعات ضامات روتش من PEEKوالمعدن وذلك عند كل دورة فك

المجموعات المقارنة	الرتب						Wilcoxon Signed Rank Test	
	الرتب الموجبة	الرتب السالبة	متوسط الرتب السالبة	متوسط الرتب الموجبة	مجموع الرتب السالبة	مجموع الرتب الموجبة	Z	مستوى الدلالة
الثبات الأولي	0	8	4.5	0	36	0	-2.523599	0.012
1095 دورة فك	1	7	5	1	35	1	-2.383399	0.017
3285 دورة فك	1	7	5	1	35	1	-2.380476	0.017

يلاحظ من الجدول أن قيم الاختبار كانت أصغر من 0.05 مما يعني أنه هناك فرق إحصائي هام بين المجموعات المقاسة، وبالنظر لمتوسط الرتب الموجبة والسالبة، تكون قيمة الثبات في مجموعة المعدن أعلى من الـ PEEK. وذلك في الثبات الأولي وعند كل دورة فك.

جدول 3 يوضح نتائج اختبار Wilcoxon لمقارنة التغير في الثبات لضامات روتش المصنوعة من المعدن بين كل دورة فك

المقارنة		قيمة Z	قيمة مستوى الدلالة
الثبات الأولي	1095 دورة فك	-2.384-[b]	.017
الثبات الأولي	3285 دورة فك	-2.524-[b]	.012

يلاحظ من الجدول أن قيمة مستوى الدلالة لمقارنة متوسط قيم الثبات لضامات روتش من المعدن كانت أقل من 0.05، مما يعني أن هناك فروق إحصائية بين قيم الثبات مع تغير عدد دورات الفك والتركيب، وبالنظر للإحصاء الوصفي، دائماً ما كانت قيم الثبات أكبر في دورات الفك الأقل (تناقص ثبات مع الزمن).

جدول 4 يوضح نتائج اختبار Wilcoxon لمقارنة التغير في الثبات لضامات روتش المصنوعة من PEEK بين كل دورة فك

المقارنة		قيمة Z	قيمة مستوى الدلالة
الثبات الأولي	1095 دورة فك	-2.375-[b]	.018
الثبات الأولي	3285 دورة فك	-2.533-[b]	.011

يلاحظ من الجدول أن قيمة مستوى الدلالة لمقارنة متوسط قيم الثبات لضامات روتش من PEEK كانت أقل من 0.05، مما يعني أن هناك فروق إحصائية بين قيم الثبات مع تغير عدد دورات الفك والتركيب، وبالنظر للإحصاء الوصفي، دائماً ما كانت قيم الثبات أكبر في دورات الفك الأقل (تناقص الثبات مع الزمن).

المناقشة:

<u>مناقشة منهج البحث:</u>

✓ تم استخدام مادة ال PEEK في هذا البحث لأنها مادة حديثة الاستخدام في مجال طب الأسنان عامةً، والتعويضات المتحركة خاصةً لذلك فهي تعاني من نقص في الأبحاث التي تختبر خصائص هذه المواد وبحاجة لإجراء العديد من الدراسات و الأبحاث.

✓ ومن أجل توحيد المعايير تم إجراء المسح الإلكتروني للدعامة ووضع تصميم موحد ليتم صنع ضامتين من ال (PEEK) والمعدن لها نفس التصميم والقياسات لنفس السن.

✓ تم استخدام ضواحك طبيعية مقلوعة سليمة من أجل هذه الدراسة لعدة أسباب ومنها:

سهولة الحصول عليها سليمة (استطباب قلع تقويمي)– تواجدها في منطقة جمالية تتطلب استخدام ضامات تجميلية للجهاز الجزئي المتحرك. (16)، (17)

- استخدمنا أسنان طبيعية لاختبار قوة التثبيت لمحاكاة الظروف السريرية، لأن استخدام الدعامات المعدنية تسبب احتكاك أكبر لسطح الدعامة. (17)
- تم إجراء دورات الفك والتركيب للضامة لمحاكاة الاستعمال السريري للجهاز من قبل المرضى خلال فترة معينة (سنة و ثلاثة سنوات) وتقييم فقدان الثبات الحاصل.
- تم اعتبار أن المريض يزيل الجهاز 3 مرات في اليوم فتم اختبار الضامة بعد:

✓ سنة من الاستعمال (1095 دورة فك وتركيب)

(3 مرات/يوم × 365 يوم ×1 سنة = 1095 مرة).

✓ 3 سنوات من الاستعمال (3285 دورة فك وتركيب)

(3مرات/يوم × 365 يوم × 3 سنوات = 3285 مرة).

(18)، (19)

✓ تم إجراء دورات الفك والتركيب يدوياً ليماثل استخدام المريض للجهاز. (20)

✓ تم البدء بضامات ال (PEEK) في البداية ثم ضامات المعدن لتجنب حدوث أي خدش أو سحل لسطح الدعامة. (21)

✓ قمنا في هذا الدراسة بدراسة الفروق بالثبات بين المعدن وPEEK ولكن لضامات روتش، وهي فكرة أصيلة.

مناقشة نتائج البحث:

أولاً: مناقشة إمكانية استخدام ال PEEK لصنع ضامة :

• تم اقتراح قوة تثبيت مقدرة ب 5 نيوتن على أنها القوة المطلوبة لقيام الجهاز الجزئي المتحرك بالوظيفة المناسبة بحسب Sato *et al*، بينما اقترح Nicholls و Frank قوة تثبيت مقدرة بين 3–7,5 نيوتن كمقدار مناسب لقوة تثبيت جهاز جزئي ذات امتداد وحشي. (22)، (23)

• وفي دراستنا الحالية كان مقدار المتوسط الحسابي لضامات ال PEEK بعد إنهاء دورات الفك والتركيب عليها (5,2) نيوتن، كما أن قيمتها تراوحت بين (4,1–6,5).

• هذه النتائج توضح بأنه يمكن استخدام مادة ال PEEK لصنع ضامات جهاز جزئي متحرك، كما أنها تقدم ثباتاً مناسباً للجهاز الجزئي بعد استخدامه لمدة 3 سنوات .

• **ثانياً: مقارنة الثبات اللحظي بين المادتين:**

• أظهرت نتائج هذه الدراسة أن قوة تثبيت الضامات المعدنية المصنوعة من خليطة الكروم كوبالت كانت أكبر من قوة تثبيت الضامات المصنوعة من مادة ال PEEK خلال فترات المراقبة التي قمنا بإتباعها في دراستنا حيث تم إجراء قياس لقيم الثبات بعد سنة وبعد 3 سنوات.

• تُعزى هذه النتيجة إلى الصلابة المنخفضة للراتنجات المتلدنة بالحرارة مقارنة بخليطة الكروم كوبالت (حيث تبلغ معامل مرونة مادة الPEEK 4GPa، بينما تبلغ معامل مرونة خليطة الكروم كوبالت 240 GPa. (24)

• اتفقنا بذلك مع دراسة الباحث Seif Eldien عام2020 الذي قام باختبار الفروق بين ضامات إيكرز من المعدن وPEEK على ثلاث فترات مراقبة سريرية على الرغم أن فرق الثبات الأولي كان غير ملحوظ وقد يُعزى ذلك إلى اختلاف طريقة القياس ووجود عوامل أخرى تؤثر في ثبات الجهاز كالوصلات الكبرى واللسان حيث قام الباحث باختبار الجهاز الجزئي بكل مكوناته سريرياً، و دراسة Elhatery وزملاؤها عام 2023 حيث وجدت أن ضامات إيكرز من المعدن كان ثباتها أعلى دوماً من إيكرز PEEK ضمن أربع فترات مراقبة، ومع EL–Baz وزملاؤها عام 2020 التي وجدت أن ضامات إيكرز من المعدن كان ثباتها أعلى من PEEK وذلك ضمن ست فترات مراقبة.

• واختلفت نتائج هذه الدراسة مع دراسة الباحث Muhsinوزملاؤه عام 2018 الذي وجد تفوقاً لضامات الإيكرز المصنوعة من ال PEEK على ضامات المعدن في قيم الثبات، وقد يُعزى سبب هذا الاختلاف إلى أن الدعامة المستخدمة في دراسة الباحث كانت رحى مصنوعة من الجبس الحجري النمط 4، وبحسب إحدى الدراسات كانت قيم الثبات للضامات المصنوعة على رحى أعلى من تلك المصنوعة على ضاحك (25)، كما أن خصائص المادة المصنوع منها الدعامة تختلف عن السن الطبيعي.

ثالثاً: دراسة تغير الثبات الحاصل ضمن المادة نفسها:

كان هناك تناقص في الثبات في كلا المادتين (معدن، PEEK) خلال جميع الفترات ، وكان هذا التناقص هام إحصائياً.

• يُعزى ذلك إلى الاهتراء الحاصل نتيجة الاحتكاك بين سطح الضامة وسطح السن والتشوه الدائم الحاصل لمادة الضامة. (26)

• وهذا ما اتفقنا به مع EL–Baz وزملائها عام 2020 **بشكل جزئي**، حيث وجدت أن المعدن يخسر ثباته بشكل ملحوظ بزيادة دورات الفك، واختلفنا معها بجزئية ثانية وهي أن المعدن في دراستنا بين فترة الثبات الأولي وبعد ألف

دورة فك كان دالاً، بينما في دراسة الباحثة لم تجد فرقاً بين الثبات الأولي وبعد 3 أشهر، ويرجح السبب أن ألف دورة فك تساوي تقريباً متابعة لعام أما في دراسة الباحثة كانت تساوي ثلاث أشهر فقط.

- واتفقنا مع دراسة Abbas , EL-Segai عام 2018 حيث أوضحا أن ضامات ال PEEK فقدت ثباتها بشكل هام بعد نهاية دورات الفك والتركيب.
- فيما اختلفنا مع دراسة Tannous وزملائه عام 2012 الذي أظهر أن التناقص الحاصل بعد 10 سنوات لم يكن كبيراً كما أنه كان هناك زيادة في قيم الثبات خلال الفترات الأولى ويرجح السبب إلى اختلاف طريقة إجراء دورات الفك والتركيب بين دراستنا ودراسة الباحث حيث قمنا في دراستنا هذا بإجراء هذه الدورات يدوياً بينما قام الباحث وزملاؤه باستخدام جهاز لإجراء هذه الدورات مما خفف من عزم الدوران الممكن حصوله وتأكيد الحصول على خط إدخال وإخراج واحد مستقيم خلال إجراء الدورات حيث أن أي عزم دوران زائد قد يؤثر سلباً على النتيجة.(27)

الاستنتاجات والتوصيات

ضمن حدود هذا البحث نستنتج أن:

- ❖ يمكن استخدام مادة ال PEEK لصنع ضامات الجهاز الجزئي المتحرك.
- ❖ تظهر ضامات المعدن ثبات أكبر من ضامات ال PEEK.
- ❖ كلٌ من المعدن وال PEEK يظهر تناقصاً في الثبات مع مرور الزمن .

Reference

1.Zitzmann NU, Hagmann E, Weiger R. What is the prevalence of various types of prosthetic dental restorations in Europe? Clinical oral implants research. 2007;18:20–33.
2.Davenport J, Basker R, Heath J, Ralph J, Glantz P. Retention. British dental journal. 2000;189(12):646–57.
3.McKenna G, Tada S, Woods N, Hayes M, DaMata C, Allen P. Tooth replacement for partially dentate elders: A willingness-to-pay analysis. Journal of Dentistry. 2016;53:51–6.
4.Carr AB, Brown DT, McCracken WL. McCracken's removable partial prosthodontics. Thirteenth edition. St. Louis, Mo.: Elsevier; 2016.
5.Donovan TE, Derbabian K, Kaneko L, Wright R. Esthetic considerations in removable prosthodontics. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 2001;13(4):241–53.
6.Keltjens H, Mulder J, Käyser A, Creugers N. Fit of direct retainers in removable partial dentures after 8 years of use. Journal of oral rehabilitation. 1997;24(2):138–42.
7.Chu C, Chow T. Esthetic designs of removable partial dentures. General dentistry. 2003;51(4):322–4.
8.Steinberg EL, Rath E, Shlaifer A, Chechik O, Maman E, Salai M. Carbon fiber reinforced PEEK Optima—a composite material biomechanical properties and wear/debris characteristics of CF-PEEK composites for orthopedic trauma implants. Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. 2013;17:221–8.
9.Sandler J, Windle AH, Werner P, Altstädt V, Es M, Shaffer MS. Carbon-nanofibre-reinforced poly (ether ether ketone) fibres. Journal of Materials Science. 2003;38:2135–41.
10.Kajima Y, Doi H, Takaichi A, Hanawa T, Wakabayashi N. Surface characteristics and castability of Zr-14Nb alloy dental castings. Dental Materials Journal. 2014;33(5):631–7.
11.Liebermann A, Wimmer T, Schmidlin PR, Scherer H, Löffler P, Roos M, وآخرون. Physicomechanical characterization of polyetheretherketone and current esthetic dental CAD/CAM polymers after aging in different storage media. The Journal of prosthetic dentistry. 2016;115(3):321–8.

12.Hada T, Suzuki T, Minakuchi S, Takahashi H. Reduction in maxillary complete denture deformation using framework material made by computer-aided design and manufacturing systems. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. 2020;103:103514.
13.Hahnel S, Scherl C, Rosentritt M. Interim rehabilitation of occlusal vertical dimension using a double-crown-retained removable dental prosthesis with polyetheretherketone framework. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2018;119(3):315–8.
14.Beretta M, Poli PP, Pieriboni S, Tansella S, Manfredini M, Cicciù M, وآخرون. Peri-implant soft tissue conditioning by means of customized healing abutment: a randomized controlled clinical trial. Materials. 2019;12(18):3041.
15.عيسى ن، يوسف ت، سليمان ب. دراسة شعاعية مقارنة لتقييم كثافة العظم حول الزرعات التيتانية الداعمة لتعويض الزركونيا من جهة وتعويض الزركونيا مع قاعدة من البولي إيثر إيثر كيتون من الجهة المقابلة بعد عام من التحميل الوظيفي. مجلة جامعة تشرين. 12، 2023؛45(6).
16.Mitchell DA, Mitchell L. Oxford handbook of clinical dentistry. Oxford University Press, USA; 2014.
17.Jayesh R, Jasheel A, Nayar S. Comparative evaluation of retention force and porosity for titanium and cobalt-chromium clasp assemblies-an in vitro study. World Appl Sci J. 2014;30(6):757–61.
18.Hiroki T, Yoshihiro I, Toyoki N, Chikahiro O, Osamu K, Misao K. Evaluation of Resin Clasps with Different Design by Retentive Force. International Journal of Oral-Medical Sciences. 2019;18(1):68–73.
19.Schweiger J, Güth JF, Erdelt KJ, Edelhoff D, Schubert O. Internal porosities, retentive force, and survival of cobalt-chromium alloy clasps fabricated by selective laser-sintering. journal of prosthodontic research. 2020;64(2):210–6.
20.A Mahmoud T, E Sanad M, I Seif-ElNasr M. Retentive force evaluation of cobalt-chromium and gold nanoparticles reinforced flexible clasps in Kennedy class I removable partial denture. Al-Azhar Journal of Dental Science. 2018;21(1):51–5.
21.Arda T, Arikan A. An in vitro comparison of retentive force and deformation of acetal resin and cobalt-chromium clasps. The Journal of prosthetic dentistry. 2005;94(3):267–74.
22.Sato Y, Tsuga K, Abe Y, Asahara S, Akagawa Y. Analysis of stiffness and stress in I-bar clasps. Journal of oral rehabilitation. 2001;28(6):596–600.
23.Frank RP, Nicholls JI. A study of the flexibility of wrought wire clasps. The Journal of prosthetic dentistry. 1981;45(3):259–67.
24.Turner JW, Radford DR, Sherriff M. Flexural properties and surface finishing of acetal resin denture clasps. Journal of prosthodontics. 1999;8(3):188–95.
25.El-Segai AA, Abbas M. RETENTION AND FATIGUE RESISTANCE OF PEEK AND ACETAL THERMOPLASTIC RESIN CLASPS. Egyptian Dental Journal. 2018;64(4-October (Fixed Prosthodontics, Dental Materials, Conservative Dentistry&Endodontics)):4019–25.
26.Eldien ARAS. Polyetherether Ketone (PEEK) versus Metallic Kennedy Class III Removable Partial Dentures: Evaluation of Retention Force. 2020;
27.Bridgemana JT, Marker VA, Hummel SK, Benson BW, Pace LL. Comparison of titanium and cobalt-chromium removable partial denture clasps. The Journal of prosthetic dentistry. 1997;78(2):187–93.