

## تأثير مادة وتصميم الحشوات الضمنية والمغطية على توزع الإجهادات في الأرحاء السفلية بطريقة العناصر المنتهية

عبير الجراح\*

عمر العادل\*\*

محمد أيهم درويش\*\*\*

### الملخص

خلفية البحث وهدفه: تُعد الحشوات الضمنية والمغطية أحد الخيارات المحافظة لترميم الأسنان الخلفية. هدف هذا البحث إلى تحري تأثير تصميم ومادة الحشوات الضمنية والمغطية في توزع الإجهادات في الأرحاء السفلية عند تطبيق قوة محورية وقوة مائلة وذلك بطريقة العناصر المنتهية.

مواد البحث وطرائقه: أنشئ مجسم ثلاثي الأبعاد لرحى أولى سفلية، ثم صممت حفرة طاحنة إنسية وحشية. خُفّضت الحدبة الدهليزية الإنسية بمقدار 1.5 ملم ثم خُفّضت الحدبات الدهليزية 1.5 ملم والحدبات اللسانية 1 ملم لتمثيل نماذج تحضير لاستقبال: حشوة ضمنية وحشوة مغطية لحدبة واحدة وحشوة مغطية للحدبات كلها، على التوالي. مُثّلت الحشوات من: الخزف الحاوي على ثنائي سيليكات الليثيوم L والخزف المرتشح بمتعددات التماثر P. حُسبت الإجهادات بعد تطبيق قوة بمقدار 600 نيوتن باتجاهين محوري ومائل.

النتائج: تركزت الإجهادات في الحدبات الدهليزية والجدار الدهليزي للحفرة الطاحنة في نماذج الحشوات الضمنية والمغطية لحدبة، وكانت أكثر مما عليه في النسيج السنّي لنماذج الحشوات المغطية للحدبات كلها والتي ترافقت مع الإجهادات الأقل بين النماذج. كانت الإجهادات ضمن الحشوات من مادة P أقل من نظيراتها من خزف L؛ وزادت القوة المائلة من الإجهادات في البنى كلها مقارنة مع القوة المحورية في النماذج جميعها.

الاستنتاج: أبدت الحشوات المغطية للحدبات كلها من الخزف الحاوي على ثنائي سيليكات الليثيوم L أفضل نموذج لتوزع الإجهادات في النسيج السنّي بين النماذج المدروسة، وقد توّمن بذلك حماية جيدة للنسيج المرممة بها. بينما ترافقت الحشوات الضمنية والحشوات المغطية لحدبة واحدة مع تركز الإجهادات بشكل كبير ضمن البنى السنّي أياً كانت المادة المرممة واتجاه القوة، مما قد يجعلها خياراً غير مناسب لترميم الحفر المحافظة.

الكلمات المفتاحية: حشوة ضمنية، حشوة مغطية، خزف مرتشح بمتعددات التماثر، خزف ثنائي سيليكات الليثيوم، العناصر المنتهية.

\* طالبة ماجستير - قسم تعويضات الأسنان الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة دمشق.

\*\* أستاذ - قسم تعويضات الأسنان الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة دمشق.

\*\*\* أستاذ مساعد - قسم هندسة الأطراف الصناعية - كلية الهندسة التقنية - جامعة طرطوس.

## **Influence of Inlay/Onlay Material and Design on Stress Distribution in Mandibular Molars (Finite Element Analysis)**

**Abeer Aljareh\***

**Omar Aladel\*\***

**M. Ayham Darwich\*\*\***

---

### **Abstract**

**Background & aim:** Inlays and onlays are considered as conservative restorations for posterior teeth. The aim of this study was to evaluate the influence of inlays/onlays and their material on stress distribution in mandibular molars, using finite element analysis (FEA).

**Materials and methods:** A mesio-occluso-distal cavity was created using a 3-dimensional model of a first mandibular molar. Then, the mesiobuccal cusp, all buccal cusps and the lingual cusps were reduced by 1.5 mm, 1.5 mm and 1.0 mm respectively to create prepared tooth models for: inlay (IN), onlay covered one cusp (MB) and onlay covered all cusps (LB). Inlays/onlays were represented by two materials: lithium disilicate ceramic (L) and polymer-infiltrated ceramic network (P). Vertical and oblique loads of 600 N were applied and stresses were calculated.

**Results:** Stress was concentrated in the buccal cusps and the internal buccal wall of the occlusal cavity in inlay and MB onlay models. Stresses in dental structures in inlay and MB onlay models were higher than LB onlay models. Moreover, stresses within PICN inlay/onlay were less than stresses in L inlay/onlay. Oblique load was associated with greater stress concentration in restorations as well as tooth structures in all models than vertical load.

**Conclusion:** 1. Lithium disilicate ceramic LB onlays might provide good protection of tooth structures as they showed the best pattern of stress distribution in dental tissues among the studied models. 2. Inlays and MB onlays caused high stress concentration in dental structures. Thus, inlays and MB onlays may be unsuitable restorations for conservative cavities in molars.

**Keywords:** inlay, onlay, polymer-infiltrated ceramic network, lithium disilicate ceramic, FEA.

---

---

\* Master degree student in the Department of Fixed Prosthodontics- Faculty of Dentistry- Damascus university.

\*\* Professor in the Department of Fixed Prosthodontics- Faculty of Dentistry- Damascus university.

\*\*\* Assistant Professor in the Department of Technical Engineering- Faculty of Electrical Engineering- Tartous University.

## المقدمة:

تُفقد النّسج السنّية لعدّة أسباب منها النّخور واهتراء الأسنان وفشل التّرميمات السابقة (Köycü *et al.*, 2016,180)، تهدف الإجراءات التّرميميّة إلى التّعويض عن هذه النّسج المفقودة بالطّرائق المناسبة (Gulec and Ulusoy, 2017,1). تتوّعت الخيارات المستعملة في ترميم الأسنان الخلفيّة ما بين ترميمات مباشرة وغير مباشرة بمختلف أشكالها (Rosenstiel *et al.*, 2015,71)، ومنها الحشوات الضّمنيّة والمغطية حيث أصبحت هذه التّرميمات المحافظة من أهمّ الخيارات العلاجيّة في الممارسة اليوميّة لما توّمنه من دعم للنّسج السنّية المتبقّيّة (Yamanel *et al.*, 2009,661). تُعرّف الحشوات الضّمنيّة بأنها ترميمات ضمن تاجيّة لاتغطي أيّ حذبة (Ferro *et al.*, 2017,49)، أمّا الحشوات المغطية فهي ترميمات تعوّض عن السّطح الإطباقيّ المفقود مع تغطية حذبة أو أكثر (Ferro *et al.*, 2017,63). صُنعت الحشوات الضّمنيّة والمغطية في البداية من الخلائط المعدنيّة بالطّريقة المباشرة كالأملمع، أو بالطّريقة غير المباشرة مثل حشوات الذهب (Hopp and Land, 2013,21). إلّا أنّ اللّون غير الطّبيعيّ للخلائط المعدنيّة حدّد من استعمالها ولاسيما في الأسنان الخلفيّة السفليّة، إضافة إلى ظهور بدائل تجميليّة استفادت من تطوّر تقنيات الإلصاق (Zhou and Zheng, 2008,3)، كالزّراتنج المركّب الذي يستعمل في التّرميمات الخلفيّة المباشرة، إلّا أنّ هذه التّرميمات أكثر عُرضة للانكسار، إضافة إلى التقلص التّصلبيّ وما ينتج عنه من حساسيّة ونخور ثانويّة وتلّون الحواف (Mei *et al.*, 2016,1). طُوّرت أنواع متعدّدة من الخزف لتحسين خصائصه (Zhou and Zheng, 2008,4)، حيث يمتاز الخزف بأنّه أكثر صلابة ومقاومة من الزّراتنج المركّب (Argyrou *et al.*, 2016,2)، إضافة إلى الجماليّة العالية والديمومة الطّويلة والتّقبل الحيويّ (Zhou and

Zheng, 2008,4). ومن أنواع الخزف الذي لاقى رواجاً وقيولاً سريريّاً، الخزف الحاوي على ثنائيّ سيليكات الليثيوم الذي قدّمته شركة (Ivoclar, Vivadent) ويُعرف حالياً باسم IPS e.max (McLaren and Cao, 2009,96). يتألّف الطّور البلوريّ في هذا الخزف من بلورات ثنائيّ سيليكات الليثيوم التي تشكّل ثلثيّ حجم المادة، ويؤدي شكل البلورات الإبريّ وحجمها إلى مضاعفة مقاومة الخزف للالتواء والانكسار (McLaren and Cao, 2009,96). تُوفّر الشركة المصنّعة خزف IPS e.max بشكليّن أساسيّين وفقاً لطريقة التّصنيع، إمّا بشكل قطع جاهزة للخرط الآليّ بتقنيّة التّصميم بمساعدة الحاسب/ التّصنيع بمساعدة الحاسب Computer-Aided Design/ Computer-Aided Manufacturing CAD/CAM أو بشكل سبائك ingots للحقن الحراريّ تحت الضّغط (Ivoclar Vivadent, 2020,3).

من ناحية أخرى، قامت الشّركات المصنّعة بتطوير مواد الخزف ذي القالب الزّراتنجيّ Resin-Matrix Ceramics بهدف الحصول على مادة ذات معامل مرونة أقرب لمعامل مرونة العاج بالمقارنة مع الخزف الحاوي على ثنائيّ سيليكات الليثيوم والخزف متعدّد البلورات الصّلب، وذات قابلية لإجراء الإصلاح والتّعديل عليها بسهولة بوساطة الزّراتنج المركّب عند الحاجة لذلك، إضافة إلى الحصول على مادة قابلة للخراطة بشكل أسهل بطريقة التّصميم والتّصنيع بمساعدة الحاسب CAD/CAM (Gracis *et al.*, 2015,232). وقد اقترحت دراسة Gracis وآخرون (2015,227) إضافة الخزف ذي القالب الزّراتنجيّ Resin-Matrix Ceramics إلى تصنيف المواد الخزفيّة نظراً إلى وجود الجزئيات الخزفيّة بنسبة عالية ضمن مواد هذا الصّنف، ومن مواد الخزف المرشّح بمتعدّدات التّمائر Polymer-infiltrated ceramic network (PICN) كخزف Vita Enamic® الهجين. يتكوّن هذا الخزف من شبكتين، شبكة من الخزف الفلدسباريّ الملبّد تشكّل نسبة 86% وزناً

75% حجماً، وشبكة متعددة التماثر بنسبة 14% وزناً 25% حجماً (Gracis *et al.*, 2015,232). تتضمن عملية التصنيع معالجة القاعدة الخزفية الملبدة بشكل مسبق بعامل مزوج ثم ارتشاحها بقلب عضوي من وحيدات التماثر عبر الخاصية الشعرية (Vita Zahnfabrik, 2018,4; Della Bona *et al.*, 2014,565)، يلي ذلك تصليب القالبين معاً بحيث تتدمج الشبكتان معاً بشكل كامل (Vita Zahnfabrik, 2018,4).

#### الهدف من البحث:

هدفت هذه الدراسة العددية بطريقة العناصر المنتهية إلى مقارنة تأثير كل من: 1- تصميم الحشوات الضمنية والمغطية، 2- مادة الحشوات الضمنية والمغطية في توزع الإجهادات في الأرحاء السفلية عند تطبيق قوة محورية وقوة مائلة.

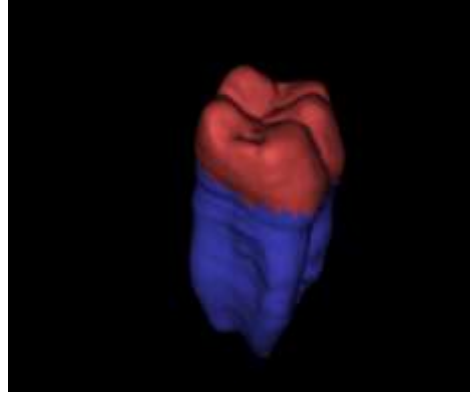
#### المواد والطرائق:

#### النمجة والتصميم:

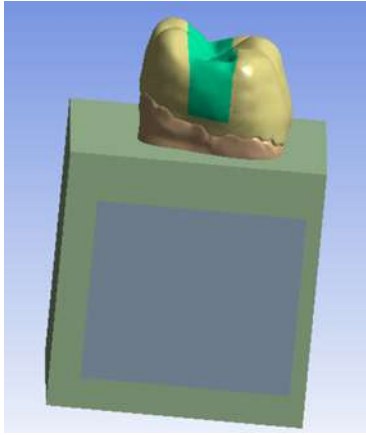
1. استعمل برنامج Mimics 21.0 (Materialise NV Technologielaan; Leuven, Belgium) في الخطوة الأولى من العمل، حيث استوردت شرائح صورة مقطعية محوسبة بالحزمة المخروطية Cone Beam Computed Tomographic image (CBCT) لرحى أولى سفلية يسرى، وعُزلت الأنسجة السنّية بإنشاء قناع خاص لكل نسيج، وأنشئت مجسمات ثلاثية الأبعاد لها كما في الشكل (1)، ثم صُدرت بصيغة STL إلى برنامج 3Matic (Materialise NV Technologielaan; Leuven, Belgium) لتصحيح الأخطاء في المجسمات وإنشاء مجسم الرباط حول السنّين بسماكة 0.25 ملم، وصُدرت المجسمات بصيغة STL أيضاً.

لا يوجد حتى الآن دليل كافٍ عن خصائص مادة PICN وأداء الترميمات المصنعة منها، ومازالت الدراسات التي تناولت هذه المادة محدودة ولاسيما تلك التي درست سلوك المادة فيما يتعلق بتوزع الإجهادات (Gulec and Ulusoy, 2017,2; Dejak and Mlotkowski, 2020,3) توّضح الدراسات بشكل حاسم تأثير تصميم الترميم في مقاومة الانكسار وتحسين توزع الإجهادات، فبيّنت بعض الدراسات عدم وجود فروق جوهرية في مقاومة الانكسار ما بين الحشوات الضمنية والمغطية وأنّ تغطية الحدبات لا تزيد من مقاومة الانكسار (Stappert *et al.*, 2008,47; Yoon *et al.*, 2018,3). على النقيض من ذلك، أشارت دراسات أخرى إلى أهمية تغطية الحدبات لحماية النسيج المتبقية وتأمين توزع أكثر تجانساً للإجهادات (Yamanel *et al.*, 2009,669; Dejak and Mlotkowski, 2020,9). تؤمن طريقة العناصر المنتهية أداة فعالة لتحليل السلوك الميكانيكي للبنى المعقدة، وهذا ما جعلها طريقة واسعة الانتشار لدراسة الأنظمة الميكانيكية الحيوية، إذ تسمح بتقييم الأنظمة الطبيعية المعقدة واستجابتها لمختلف الحمول والقوى في مختلف الظروف والشروط الهندسية، وتساعد في تقييم الإجهادات ودراسة تأثير كل من تصميم الترميمات والمواد الترميمية المختلفة في توزع الإجهادات (Gulec and Ulusoy, 2017,1; Yang *et al.*, 2018,189).

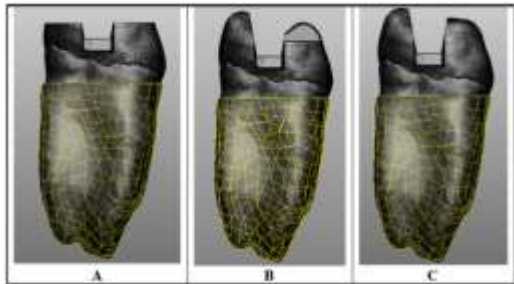
5. عدّل النموذج السابق بتخفيض الحدبة الدهليزية الإنسية بمقدار 1.5 ملم للحصول على نموذج تحضير لاستقبال حشوة مغطية للحدبة الدهليزية الإنسية (MB)، الشكل (3B). كما عدّل النموذج بتخفيض الحدبات الدهليزية بمقدار 1.5 ملم والحدبات اللسانية بمقدار 1 ملم للحصول على نموذج تحضير لاستقبال حشوة مغطية للحدبات كلها (LB)، الشكل (3A)؛ وأنشئ مجسم للعظم القشري وآخر للعظم الإسفنجي في البرنامج نفسه، الشكل (2).



الشكل (1): المجسمات ثلاثية الأبعاد لمكونات رحي أولى سفلية.



الشكل (2): مجسم كامل لنموذج الرحي المرّممة بحشوة ضمنية



الشكل (3) المجسمات ثلاثية الأبعاد لنماذج الدراسة؛ A: نموذج النسيج السنّية المحضرة لاستقبال حشوة مغطية للحدبات كلها LB. B: نموذج النسيج السنّية المحضرة لاستقبال حشوة مغطية للحدبة الدهليزية الإنسية MB. C: نموذج النسيج السنّية المحضرة لاستقبال حشوة ضمنية IN.

6. بعد الانتهاء من تصدير جميع النماذج بصيغة parasolid (x.t)، أنجز العمل في برنامج Ansys Workbench 20.0 R2 (Ansys Inc; Canonsburg,

2. أنجزت الخطوة الثانية بوساطة برنامج Geomagic Studio 2012 (Geomagic Inc, USA) والذي صحّح الأخطاء المتبقية وحوّل المجسمات إلى بنى ذات سطوح منحنية (Non- Uniform Rational Basis Spline) NURBS وصُدّرت بصيغة IGES وهي صيغة حيادية تسهل عملية النقل بين البرامج.

3. ولتحويل المجسمات إلى نماذج صلبة والتأكد من خلوها من الأخطاء، استوردت المجسمات في برنامج PowerShape Ultimate 2017 (Autodesk Inc, USA) وصحّحت الأخطاء في حال وجودها ثم جرت عملية التصدير بصيغة Parasolid (x-t). واستعمل هذا البرنامج في عمليات الطرح الرقمي للحصول على نماذج الحشوات والنسج المحضرة كلّ على حدة بعدما أنشئت حفر التحضير في برنامج Solidworks 2018 (Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, USA).

4. استورد مجسم الميناء والعاج في برنامج Solidworks وباستعمال التعليمات التي يوفّرها أنشئت حفرة طاحنة بعرض عادل ثلث المسافة بين الحدبات الدهليزية واللسانية مع انفتاح الجدران المحورية 10 درجات نحو الخارج، كما أنشئت حفرتان إنسية ووحشية، ودوّرت الزوايا الداخلية كلها؛ وهكذا حصلنا على نموذج تحضير طاحن إنسي وحشي لاستقبال حشوة ضمنية (IN)، الشكل (2) و (3C).

الجدول (1): الخصائص الميكانيكية للنسج والمواد المدروسة

المادة	معامل المرونة MPa	معامل بواسون
المينا a	84000	0.33
العاج a	18600	0.30
اللَّب b	2	0.45
الزِّياط c	69	0.45
العظم القشري a	13700	0.30
العظم الاسفنجي a	1370	0.30
خزف ثنائي سيليكات الليثيوم d	83500	0.21
الخزف المرتشح بمتعدّات التماثر e	30000	0.23

المصادر: a: (Yamanel et al., 2009,662)، b: (Lin et al., 2001,519)، c: (Köycü et al., 2016,181)، d: (Vita Zahnfabrik, 2020,9)، e: (Ivoclar Vivadent, 2020,9) (Belli et al., 2017,5; 2018,5).

#### التقطيع:

أُجريت عملية تقطيع البنى المدروسة إلى عددٍ منتهٍ من العناصر رباعية الوجوه تربط بينها العقد، وشكّلت هذه العقد والعناصر بمجموعها شبكة التقطيع، وذلك بواسطة برنامج Ansys Workbench 20.0 R2. ويوضّح الجدول (2) عدد العناصر والعقد في نماذج الدراسة.

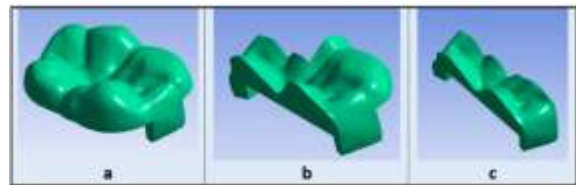
الجدول (2): عدد العقد والعناصر في النماذج

النموذج	العقد	العناصر
IN-L/ IN-P	138598	60040
MB-L/ MB-P	73452	38722
LB-L/ LB-P	147496	72984

(Pennsylvania, USA)، حيث أُدخلت خصائص البنى السنية وحول السنية إضافة إلى خصائص المادتين الترميميتين المدروستين وهما: الخزف الحاوي على ثنائي سيليكات الليثيوم (L) والخزف المرتشح بمتعدّات التماثر (P). يلخص الجدول (1) الخصائص الميكانيكية للمواد المدروسة.

وكانت النماذج المدروسة تبعاً لتصميم الترميم ومادته وفق الآتي، الشكل (4):

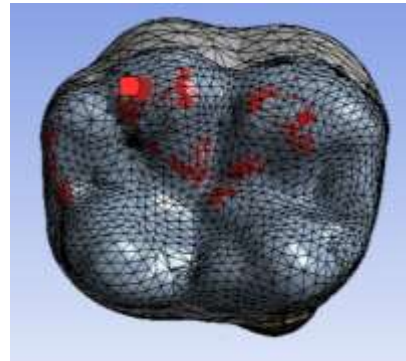
- IN-L نموذج الرّحى المرمّمة بالحشوة الضمنية من الخزف الحاوي على ثنائي سيليكات الليثيوم.
- MB-L نموذج الرّحى المرمّمة بالحشوة المغطية للحدبة الدهليزية الإنسية من الخزف الحاوي على ثنائي سيليكات الليثيوم.
- LB-L نموذج الرّحى المرمّمة بالحشوة المغطية للحدبات كلّها من الخزف الحاوي على ثنائي سيليكات الليثيوم.
- IN-P نموذج الرّحى المرمّمة بالحشوة الضمنية من الخزف المرتشح بمتعدّات التماثر.
- MB-P نموذج الرّحى المرمّمة بالحشوة المغطية للحدبة الدهليزية الإنسية من الخزف المرتشح بمتعدّات التماثر.
- LB-P نموذج الرّحى المرمّمة بالحشوة المغطية للحدبات كلّها من الخزف المرتشح بمتعدّات التماثر.



الشكل (4): نماذج الترميمات المدروسة: a حشوة مغطية للحدبات كلّها LB؛ b حشوة مغطية للحدبة الدهليزية الإنسية MB؛ c حشوة ضمنية.

## إدخال الشُّروط الحديَّة:

حُدِّدَت الشُّروط الحديَّة وهي مناطق تطبيق القوة ومقدارها ومناطق التثبيت، إذ حُدِّد الوجه السفلي للعظم القشري كمنطقة تثبيت، وطُبِّقت قوة بمقدار 600 نيوتن على مناطق التماس الإطباقِي وهي الوهدة المركزية ورؤوس الحدبات الدهليزيَّة والارتفاع الحفافي الوحشي (Köycü *et al.*, 2016,181; Yamanel *et al.*, 2009,663). الشُّكل (5).



الشُّكل (5): نقاط تطبيق القوة

وقد طُبِّقت القوة باتجاهين مستقلَّين، اتجاه يوازي المحور الطوليِّ للسِّن، واتجاه مائل بزاوية 45 درجة مع محور السِّن الطولي. ثم حُلِّلت الإجهادات وفقاً لمكافئ الإجهاد Equivalent Von Mises عند تطبيق كلِّ قوة.

## النتائج:

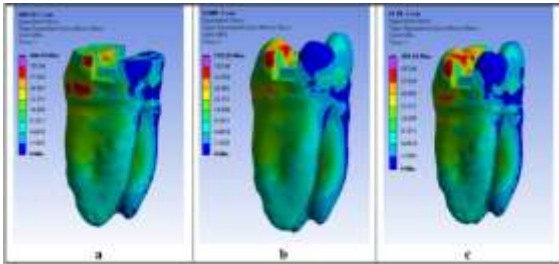
تبيَّن الخرائط اللونيَّة في الأشكال (6-13) توزُّع الإجهادات في النماذج المدروسة، وهي من الإجهادات الأعلى قيمة وتركزاً وتأخذ اللونين البنفسجي والأحمر إلى الإجهادات الأقل تركزاً وهي باللون الأزرق. ويبين الجدولان (3) و(4) قيم الإجهادات في النسيج السنِّيَّة والحشوات الضمنيَّة والمغطية عند تطبيق القوتين المحوريَّة والمائلة.

## 1. توزُّع الإجهادات في النسيج السنِّيَّة:

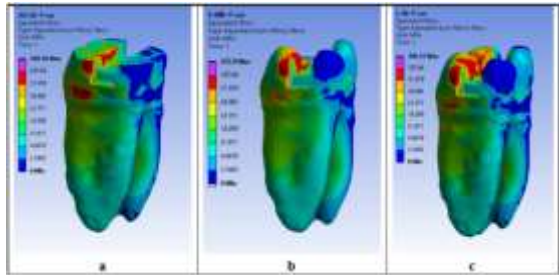
### ■ عند تطبيق القوة المحوريَّة:

تركزت الإجهادات في المنطقة العنقيَّة ولاسيما الوحشيَّة في النماذج جميعها، كما تركزت في الحدبات الدهليزيَّة في نماذج الحشوات الضمنيَّة IN-L و IN-P، الشُّكل (6c,7c)، وكانت في النموذج الأخير من مادة PICN أكثر تركزاً وعلى مساحة أوسع.

ولُحظ تركُّز الإجهادات في الحدبتين الدهليزيَّتين المتوسطة والوحشيَّة في نماذج الحشوات المغطية للحدبة الدهليزيَّة الإنسيَّة MB، مع زيادة الإجهادات في حال مادة PICN، الشُّكل (6b,7b). وكانت الإجهادات متركزة على مساحة قليلة من الحدبات الدهليزيَّة المُخفَّضة في نموذج LB-L، الشُّكل (6a)، وازدادت في نموذج LB-P، الشُّكل (7a).



الشُّكل (6): توزُّع الإجهادات في النسيج السنِّيَّة في نماذج الخرف L عند تطبيق القوة المحوريَّة. a: نموذج الحشوة المغطية للحدبات كلها LB، b: نموذج الحشوة المغطية لحدبة MB، c: نموذج الحشوة الضمنيَّة IN.



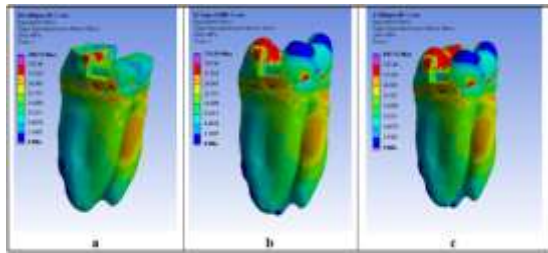
الشُّكل (7): توزُّع الإجهادات في النسيج السنِّيَّة في نماذج الخرف P عند تطبيق القوة المحوريَّة. a: نموذج الحشوة المغطية للحدبات كلها LB، b: نموذج الحشوة المغطية لحدبة MB، c: نموذج الحشوة الضمنيَّة IN.

تركزت الإجهادات كذلك في المنطقة العنقية ولاسيما في المنطقة العنقية الوحشية في النماذج جميعها وفي المنطقة العنقية اللسانية في نماذج الحشوات المغطية للحدبات كلها من المادتين، أي في نموذجي LB-L، وLB-P، الشكل (8a,9a). وقد أبدى نموذج IN-P تركيزاً أكبر للإجهادات في التسج السنّية بين النماذج كلها، الشكل (9c)، أما نموذج LB-L فقد كان الأقل تركيزاً للإجهادات في التسج السنّية بين النماذج المدروسة، الشكل (8a).

تقاربت قيم الإجهادات المسجّلة في الميناء عند تطبيق القوة المائلة في نماذج الدراسة، ويبين الجدول (4) قيم الإجهادات في كلّ من الترميمات والميناء والعاج عند تطبيق القوة المائلة.

الجدول (4): قيم الإجهادات مقدّرة بوحدة MPa في النماذج عند تطبيق القوة المائلة

النموذج	الميناء	العاج	الترميم
IN-L	847.17	93.309	159.5
MB-L	737.91	165.7	189.35
LB-L	789.55	52.527	151
IN-P	828.81	92.063	113.53
MB-P	765.22	165.7	112.29
LB-P	792.28	50.684	176.67



الشكل (8): توزع الإجهادات في التسج السنّية في نماذج الخرف L عند تطبيق القوة المائلة. a: نموذج الحشوة المغطية للحدبات كلها LB، b: نموذج الحشوة المغطية لحدبة MB، c: نموذج الحشوة الضمنية IN.

كما لحظت الإجهادات في الجدار الدهليزيّ للحفرة الطّاحنة في النماذج جميعها إلا أنها كانت قليلة في نماذج حشوات L، وكانت أكبر بشكل ملحوظ وعلى مساحة أوسع في الجدار الدهليزيّ في نماذج مادة PICN، الشكل (7).

كان نموذج IN-P الأكثر تركيزاً للإجهادات في التسج السنّية بين النماذج كلها، الشكل (7c)، في حين كان نموذج LB-L الأقل تركيزاً للإجهادات في التسج السنّية، الشكل (6a).

وقد سجّل نموذج LB-P القيمة الأعلى للإجهاد في الميناء. ويوضّح الجدول (3) قيم الإجهادات في النماذج عند تطبيق القوة المحوريّة.

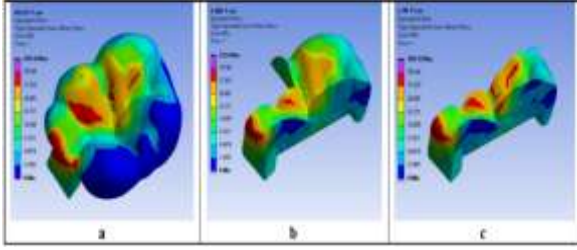
الجدول (3): قيم الإجهادات مقدّرة بوحدة MPa في النماذج عند تطبيق القوة المحوريّة

النموذج	الميناء	العاج	الترميم
IN-L	309.16	166.17	89.381
MB-L	219.26	46.024	80.295
LB-L	446.45	121.86	134.34
IN-P	309.12	172.96	63.35
MB-P	222.9	42.852	70.518
LB-P	450.16	145.59	78.302

#### ■ عند تطبيق القوة المائلة:

ازدادت الإجهادات في التسج السنّية في النماذج جميعها ازدياداً ملحوظاً، فلحظ تركّز الإجهادات في الحدبات الدهليزيّة في نماذج الحشوات الضمنية IN، الشكل (8c,9c) والحشوات المغطية للحدبة الدهليزيّة الإنسيّة MB، الشكل (8b,9b)، وفي الحدبات الدهليزيّة المُخَفّضة في نماذج الحشوات المغطية للحدبات كلها LB، الشكل (8a,9a). كما تركّزت في الجدار الدهليزيّ للحفرة الطّاحنة في النماذج جميعها مع ملاحظة زيادة مساحة الإجهادات في نماذج مادة PICN عمّا عليه في نماذج مادة L، الشكلان (8,9).





الشكل (11): توزع الإجهادات في الترميم في نماذج الخزف P عند تطبيق القوة المحورية. a: نموذج الحشوة المغطية للحدبات كلها LB، b: نموذج الحشوة المغطية لحدبة MB، c: نموذج الحشوة الضمنية IN.

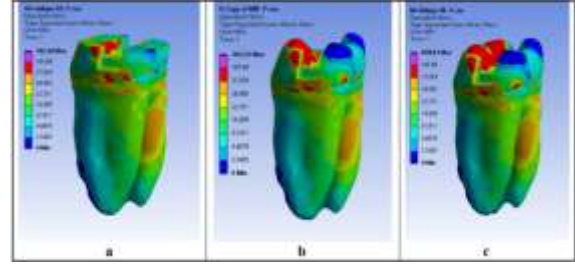
تركزت الإجهادات في الحشوات المغطية للحدبات كلها LB في الحدبات الدهليزية إضافة إلى الارتفاع الحفافي الوحشي في نماذج المادتين كلتيهما مع مساحة إجهادات أكبر وأكثر تركّزاً في نموذج LB-L مقارنة مع LB-P، الشكل (10a,11a).

وبيّن الجدول (3) قيم الإجهادات في الترميمات في النماذج المدروسة عند تطبيق القوة المحورية، وكانت قيمة الإجهاد الأعلى في ترميم نموذج LB-L.

#### ■ عند تطبيق القوة المائلة:

زادت الإجهادات الناتجة عن القوة المائلة زيادة ملحوظة، وتركزت الإجهادات في نماذج الحشوات من مادة L بشكل أكبر مما عليه في حشوات PICN، الشكل (12,13)، حيث تركّزت الإجهادات في كامل السطح الطّاحن والارتفاع الحفافي الوحشي في الحشوة الضمنية IN-L و IN-P، الشكل (12c,13c).

كما تركّز الإجهاد في كامل السطح الإطباق حيث شمل الحدبة الدهليزية الإنسية والميزاب المركزي والمنحدر الداخلي للحدبة الدهليزية المتوسطة والارتفاع الحفافي الوحشي في الحشوة المغطية لحدبة في نموذج MB-L، الشكل (12b)، وفي المناطق السابقة مع تركّز أقل في المنحدر الداخلي للحدبة الدهليزية المتوسطة في MB-P، الشكل (13b)، وقد كانت الحشوة MB في نموذج MB-P



الشكل (9): توزع الإجهادات في النسيج السنّي في نماذج الخزف P عند تطبيق القوة المائلة. a: نموذج الحشوة المغطية للحدبات كلها LB، b: نموذج الحشوة المغطية لحدبة MB، c: نموذج الحشوة الضمنية IN.

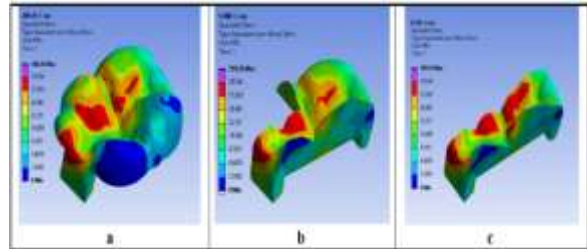
## 2. توزع الإجهادات في الترميمات:

### ■ عند تطبيق القوة المحورية:

تركّز الإجهاد في الارتفاع الحفافي الوحشي في النماذج كلها مع اختلاف مساحته، إذ كان الإجهاد أعلى وعلى مساحة أكبر في نماذج مادة L، الشكل (10).

وقد تركّز الإجهاد في كامل المنحدرات الداخلية للحدبات الدهليزية في الترميم في نموذج IN-L، الشكل (10c)، وفي نموذج IN-P تركّزت الإجهادات على مساحة قليلة من المنحدرات الداخلية للحدبات الدهليزية، الشكل (11c).

كما تركّزت في الحدبة الدهليزية الإنسية والمنحدر الداخلي للحدبة الدهليزية المتوسطة في MB-L، الشكل (10b). في حين تركّز الإجهاد في الارتفاع الحفافي الوحشي وبشكل بسيط في المنحدر الداخلي للحدبة الدهليزية في نموذج MB-P، الشكل (11b).



الشكل (10): توزع الإجهادات في الترميم في نماذج الخزف L عند تطبيق القوة المحورية. a: نموذج الحشوة المغطية للحدبات كلها LB، b: نموذج الحشوة المغطية لحدبة MB، c: نموذج الحشوة الضمنية IN.

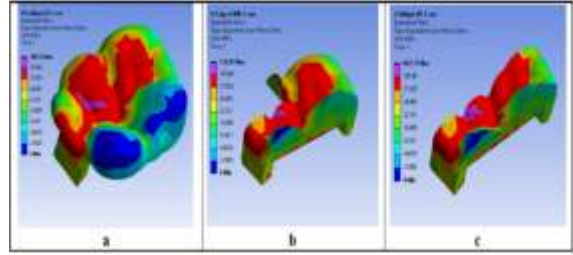
### المناقشة:

تعدّ طريقة العناصر المنتهية Finite Element Analysis (FEA) أداة فعّالة لتحليل الإجهادات في البنى الهندسية المعقّدة، بما يسمح بتقييم سلوكها واستجابتها لمختلف الحمول والقوى، ومن هذه البنى مركّب السنّ- الترميم، حيث تفيد طريقة FEA في التنبؤ بالأداء السريري للمواد الترميمية والنسج السنّية المرّممة بها (Gulec and Ulusoy, 2017,1). هدّفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الحشوات الضمنية والمغطية ومادتها في توزع الإجهادات في الأرحاء السفلية؛ ولذلك فقد أنشئت حفر التّحضير في نموذج لرحى أولى سفلية وفق الأبعاد المذكورة في الأدب الطّبيّ (Rosenstiel et al., 2015,269)، كما مثّلت النسج حول السنّية وفق ما ذُكر في الأدب الطّبيّ أيضاً (Menicucci et al., 2002,336). طبّقت قوة وسطية بمقدار 600 نيوتن (Gulec and Ulusoy, 2017,2) بحيث كانت على نقاط التماس الإطباقيّ (Köycü et al., 2016,181; Yamanel et al., 2009,663) ولما كانت الأسنان الخلفية تتعرّض لقوى وظيفيّة وغير وظيفيّة باتجاهات ومقادير شدّة مختلفة (Köycü et al., 2016,185)، فقد طبّقت هذه القوة باتجاه محوريّ موازٍ للمحور الطّوليّ للسنّ، وباتجاه مائل بزواوية 45 درجة مع محور السنّ الطّوليّ لتحاكي القوة المطبّقة على الرّحى السفليّة أثناء طور الإغلاق في دورة المضغ (Köycü et al., 2016,185)، ثمّ أُجري تحليل الإجهادات وفق نظرية مكافئ الإجهاد Von Mises وهي محصّلة الإجهادات الثّلاث، إجهاد الضّغط، وإجهاد الشّد، والقصّ في الحقل المدروس كاملاً (Mei et al., 2016,4). بيّنت النتائج تركّز الإجهادات في مناطق تطبيق القوة، سواءً أكانت على الميناء في نماذج الحشوات الضمنيّة IN ونماذج الحشوات المغطية للحدبة الدهليزيّة الإنسيّة MB، أم على الحشوة المغطية للحدبات كلّها LB في النماذج

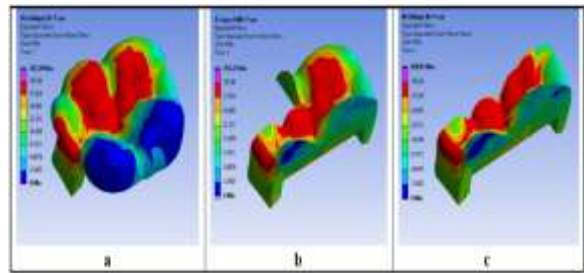
الحشوة الأقلّ تركيزاً للإجهادات ضمنها بين النماذج المدروسة.

ولُحظت الإجهادات في الحدبات الدهليزيّة والميزاب المركزيّ من الوهدة الإنسيّة حتى الارتفاع الحفافي الوحشيّ في نموذج LB-L وكان الإجهاد الأكبر في المنحدر الدّاخليّ للحدبة الدهليزيّة المتوسطة. وتركّزت الإجهادات في المناطق السّابقة لكن بدرجة أقلّ في نموذج LB-P، الشّكل (12a,13a).

وقد سجّلت الحشوة في نموذج MB-L القيمة الأعلىّ للإجهادات في الترميم عند تطبيق القوة المائلة، ويلخّص الجدول (4) قيم الإجهادات في الترميمات عند تطبيق القوة المائلة.



الشّكل (12): توزع الإجهادات في الترميم في نماذج الخزف L عند تطبيق القوة المائلة. a: نموذج الحشوة المغطية للحدبات كلّها LB، b: نموذج الحشوة المغطية لحدبة MB، c: نموذج الحشوة الضمنيّة IN.



الشّكل (13): توزع الإجهادات في الترميم في نماذج الخزف P عند تطبيق القوة المائلة. a: نموذج الحشوة المغطية للحدبات كلّها LB، b: نموذج الحشوة المغطية لحدبة MB، c: نموذج الحشوة الضمنيّة IN.

والحشوات المغطية لحدبة MB إلى أن الإجهادات قد تتركز في السطح البيني للترميم-السن، ما يفسر نتيجة دراسة Krämer and Frankenberger عام (2005,270) إذ وجد أن 98% من الحشوات الضمنية تعاني من سوء انطباق حفافي (Krämer and Frankenberger, 2005,270) وهذا من شأنه أن يؤدي إلى تسرب حفافي ونخور ثانوية أو فشل الإلصاق، وهي من الاختلالات الأكثر تكراراً في هذه الحشوات (Morimoto et al., 2016,1).

على العكس من ذلك، فقد كانت الإجهادات الناتجة في النسيج السنّي المرممة بالحشوات المغطية للحدبات كلّها الأقل بين النماذج المدروسة، وقد يُفسر ذلك بتطبيق القوة بشكل كامل على الترميم الذي شمل السطح الإطباقيّ كلّهُ، فامتصّ الترميم أغلب الإجهادات ممّا خفّف من الإجهادات المنتقلة إلى البنى السنّيّة (Yamanel et al., 2009,668)، ولذلك كانت الإجهادات المتولّدة ضمن الحشوات المغطية للحدبات كلّها هي الأعلى بين الترميمات المدروسة. اتفقت هذه النتيجة مع دراسات سابقة (Mei et al., 2016,5; Dejak and Mlotkowski, 2020,5)، ومع دراسة Chang وآخرون عام (2009,373) التي استنتجت أن تغطية الحدبات كلّها أفضل في توزيع الإجهادات من تغطية حدبة واحدة رغم إجراء الدراسة السابقة على ضواحك علوية. من الناحية السريرية، قد يشير نموذج توزع الإجهادات إلى أن الأسنان المرممة بالحشوات المغطية أقلّ عرضة للانكسار حيث تركزت الإجهادات في الحشوات، وهذا من شأنه حماية النسيج السنّيّ إلا أنه قد يؤدي إلى نشوء صدوع في كتلة الحشوة؛ كما أن هذه الحشوات تحمي السطح البيني للسن-الترميم فلا يتعرض للقوى الإطباقية بشكل مباشر كما هو الحال في الحشوات الضمنية والحشوات المغطية لحدبة واحدة، وهذا ما يفسر الختم الحفافي الأفضل المشاهد في

المرممة بها، وتركزت في المنطقة العنقية أيضاً في النماذج جميعها، اتفقت هذه النتائج مع العديد من الدراسات السابقة (Köycü et al., 2016,182; Mei et al., 2016,5; Dejak and Mlotkowski, 2020,4).

أدت القوة المائلة بزواوية 45 درجة إلى زيادة تركيز الإجهادات في جميع البنى، كما زادت من قيم الإجهادات في جميع مكونات النماذج أيّاً كانت مادة الترميم وتصميمه، إذ ترافقت مع إجهادات في الميناء أعلى بما يعادل 2-3 مرات القيم المسجلة في الميناء عند تطبيق القوة المحورية، وأدت إلى إجهادات في العاج أعلى بمرّة ونصف وفي الترميمات أعلى بما يقارب 1.5-2 مرة من الإجهادات الناتجة عن القوة المحورية. اتفقت هذه النتيجة مع دراسات سابقة (Yamanel et al., 2009,667; Mei et al., 2016,5)؛ ومن الممكن تفسير ذلك بكون القوة المائلة قد تحلّت إلى مركبتها، مركبة محورية ورعت الإجهادات وفق المحور الطولي للسن، ومركبة مائلة أدت إلى زيادة تركيز الإجهادات في البنى المختلفة.

وبالنظر إلى النتائج وفقاً لتصميم الحشوة، فقد لُحظ زيادة الإجهادات في النسيج السنّي المرممة بالحشوة الضمنية أيّاً كانت مادة الترميم واتجاه القوة المطبقة، وكان نموذج توزع الإجهادات في النسيج السنّي المرممة بالحشوة المغطية للحدبة الدهليزية الإنسية مشابهاً لما عليه في نماذج الحشوات الضمنية، حيث تركزت الإجهادات في الحدبات الدهليزية وفي الجدار الدهليزي للحفرة الطّاحنة. من الممكن أن يُعزى ذلك إلى توزع نقاط تطبيق القوة ما بين الترميم والنسيج السنّي المرممة، ففي حين تلقى السطح الإطباقيّ للترميم جزءاً من القوة، تلقت الحدبات السنّيّة الجزء الآخر وامتصّت الإجهادات المتولّدة عنه (Yamanel et al., 2009,668; Ausiello et al., 2001,1276). يشير تركيز الإجهادات في الجدران المحورية للتّحضير وما يقابلها في باطن الحشوة في النماذج المرممة بالحشوات الضمنية IN

كإجراء دراسة مخبريّة لمقاومة انكسار الأرحاء المرمّمة بالحشوات الضمّنيّة والمغطية من هذه المادّة ومقارنتها بأنواع أخرى من الخزف.

تجدر الإشارة أخيراً إلى أنّ طريقة العناصر المنتهية - مع أنّها وسيلة مهمّة لدراسة البنى المعقّدة - إلّا أنّها تعاني من بعض المحدوديّات. فمُنّلت الموادّ والبنى كلّها بكونها مرنة خطياً متماثلة متجانسة الخصائص لتسهيل إجراءات التّحليل، وقد تكون هذه البنى ذات خصائص مختلفة في الواقع، ولاسيّما العظم. إضافة إلى أنّه يصعب التنبؤ بدقّة بنمط الفشل المتوقّع في مركّب السنّ- الترميم، فهو لايعتمد على معامل مرونة المادّة المرمّمة وحسب، وإنّما تلعب الخصائص الأخرى للمادّة المرمّمة دوراً في نمط فشل الترميمات، كعامل تمدّدها الحراريّ ومقاومتها لدورات التّحميل، إضافة إلى العوامل المختلفة الموجودة في البيئة الفمويّة.

### الاستنتاجات:

ضمن محدوديّات هذه الدراسة يمكن استنتاج الآتي:

1. أبدت الحشوات المغطية للحدبات كلّها أفضل نموذج لتوَرُّع الإجهادات في النّسج السنّيّة بين النماذج المدروسة، وقد توّمن بذلك حماية جيّدة للنّسج المرمّمة بها في الأرحاء السفليّة.

2. ترافقت الحشوات الضمّنيّة والحشوات المغطية للحدبة الدهليزيّة الإنسيّة مع تركزّ الإجهادات تركزاً كبيراً ضمن البنى السنّيّة، ممّا قد يجعلها خياراً غير مناسب لترميم الحفر المحافظة التي لا يتجاوز عرضها ثلث المسافة بين الحدبات الدهليزيّة واللّسانيّة في الأرحاء السفليّة.

3. سبّبت حشوات الخزف الحاوي على ثنائيّ سيليكات الليثيوم تركزّ القليل من الإجهادات في النّسج السنّيّة، ممّا

الأسنان المرمّمة بالحشوات المغطية (Stappert *et al.*, 2008,47).

وبالعودة إلى الخرائط اللونيّة مع أخذ المادّة الترميميّة بالاعتبار، فقد وُجد أنّ حشوات الخزف الحاوي على ثنائيّ سيليكات الليثيوم L قد أبدت أعلى تركزّ للإجهادات ضمن الحشوة نفسها، ونقلت جزءاً بسيطاً من الإجهادات إلى النّسج السنّيّة المجاورة، في حين كانت حشوات الخزف المرشّح بمتعدّدات الثمائر PICN أقلّ تركزاً للإجهادات ضمنها، ونقلت إجهادات أكثر إلى البنى السنّيّة. ومن الممكن تفسير ذلك بمعامل مرونة المادّة المرمّمة، فكّلما زاد معامل مرونة المادّة، ازدادت الإجهادات ضمنها ونقص نقلها للإجهادات إلى البنى المجاورة (Costa *et al.*, 2014,168). ولما كان معامل مرونة الخزف L يعدل أكثر من ضعف معامل مرونة PICN، فقد امتصت حشوات الخزف L الجزء الأكبر من الإجهادات ونقلت القليل منها إلى السنّ، بينما كانت الإجهادات التي نقلتها حشوات PICN إلى النّسج المجاورة أكبر. وتوافقت هذه النتيجة مع عدّة دراسات سابقة (Yamanel *et al.*, 2009,668; Dejak and Mlotkowski, 2020,5; Costa *et al.*, 2014,168) تشير الإجهادات المتركّزة في الحشوة من خزف L إلى احتمال حدوث صدوع في الحشوة ما قد يؤدي إلى كسر في كتلة الحشوة أو حدوث تشظّي فيها، وهو أمر مشاهد سريريّاً حسب مراجعة منهجيّة (Morimoto *et al.*, 2016,1)، الأمر الذي قد ينطبق بدرجة أقلّ على الحشوات من مادة PICN لكونها أكثر مرونة، ومع ذلك فقد تشكّل مادة PICN بديلاً واعداً عن الخزف ثنائيّ سيليكات الليثيوم نظراً لمزاياها كسهولة إصلاحها مباشرة في الفم وتوافقها مع الراتنج المركّب المستعمل في الإصلاح والتّعديل (Gracis *et al.*, 2015,232). وللتأكّد من سلوك مادّة الخزف المرشّح بمتعدّدات الثمائر، فإنّنا نقترح إجراء المزيد من الدراسات،

5. أدت القوة المائلة إلى زيادة الإجهادات في النّسج السنّية والتّرميمات من المادتين كلتيهما أيّاً كان تصميم الحشوة، وهذا يؤكّد خطورة القوى غير المحوريّة على التّرميمات المختلفة وأهميّة أخذها بالحسبان عند البدء بالتّخطيط للتّرميم.
4. تسبّبت الحشوات من الخزف المرشّح بمتعدّدات النّمائر PICN بنقل إجهادات إلى البنى السنّية أكثر قليلاً مقارنة مع نماذج الخزف الحاوي على ثنائيّ سيليكات الليثيوم. مناسبة لترميم الأرجاء السفليّة.

## References

1. Köycü, B. Ç., Imirzalioglu, P. & Oezden, U. A. (2016). **Three-dimensional finite element analysis of stress distribution in inlay-restored mandibular first molar under simultaneous thermomechanical loads.** Dental Materials Journal, 35(2), 180-186.
2. Gulec, L. & Ulusoy, N. (2017). **Effect of endocrown restorations with different CAD/CAM materials: 3D finite element and weibull analyses.** BioMed Research International, 2017, 1-10.
3. Rosenstiel, S. F., Land, M. F., and Fujimoto, J. (2015). **Contemporary Fixed Prosthodontics**-E-Book. 5th ed. Elsevier Health Sciences, China, 890p.
4. Yamanel, K., Çağlar, A., GÜLSAHI, K., & Özden, U. A. (2009). **Effects of different ceramic and composite materials on stress distribution in inlay and onlay cavities: 3-D finite element analysis.** Dental Materials Journal, 28(6), 661-670.
5. Ferro, K.J, Morgano S.M, & Driscoll, C.F. (2017). **The Glossary of Prosthodontic Terms.** 9<sup>th</sup> ed. The Journal of Prosthetic Dentistry, e1-e105.
6. Hopp, C. D., and Land, M. F. (2013). **Considerations for ceramic inlays in posterior teeth: a review.** Clinical, Cosmetic And Investigational Dentistry, 5, 21-32.
7. Zhou, Z. R., & Zheng, J. (2008). **Tribology of dental materials: a review.** Journal of Physics D: Applied Physics, 41(11), 113001, 1-22.
8. Mei, M. L., Chen, Y. M., Li, H., & Chu, C. H. (2016). **Influence of the indirect restoration design on the fracture resistance: a finite element study.** Biomedical Engineering Online, 15(1), 1-9.
9. Argyrou, R., Thompson, G. A., Cho, S. H., & Berzins, D. W. (2016). **Edge chipping resistance and flexural strength of polymer infiltrated ceramic network and resin nanoceramic restorative materials.** The Journal of Prosthetic Dentistry, 116(3), 397-403.
10. McLaren, E. A., & Cao, P. T. 2009. **Ceramics in dentistry—part I: classes of materials.** Inside Dentistry, 5(9), 94-103.
11. Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, (2020). **IPS e.max CAD, Scientific Documentation.** Ivoclarvivadent.com. Retrieved: (14<sup>th</sup>, December, 2020) [online]. Available: <http://www.ivoclarvivadent.com/en/dental-professional-/ips-emax-cad-for-programill>
12. Gracis, S., Thompson, V. P., Ferencz, J. L., Silva, N. R., & Bonfante, E. A. (2015). **A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials.** International Journal Of Prosthodontics, 28(3), 227-235.
13. Della Bona, A., Corazza, P. H., & Zhang, Y. (2014). **Characterization of a polymer-infiltrated ceramic-network material.** Dental Materials, 30(5), 564-569.
14. Vita Zahnfabrik, 2018. **Vita Enamic, Technical and scientific documentation.** vita-zahnfabrik.com. Retrieved: (21<sup>st</sup>, March, 2018) [Online]. Available: <https://www.vita-zahnfabrik.com/en/VITA-ENAMIC-24970.html>
15. Dejak, B., & Mlotkowski, A. (2020). **A comparison of mvM stress of inlays, onlays and endocrowns made from various materials and their bonding with molars in a computer simulation of mastication–FEA.** Dental Materials, 36(7), 854-864.
16. Yoon, H. I., Sohn, P. J., Jin, S., Hawazin, E., & Lee, S. J. (2018). **Fracture Resistance of CAD/CAM-Fabricated Lithium Disilicate MOD Inlays and Onlays with Various Cavity Preparation Designs.** Journal of Prosthodontics. 28(2), 1-6.
17. Stappert, C. F., Abe, P., Kurths, V., Gerds, T., & Strub, J. R. (2008). **Masticatory fatigue, fracture resistance, and marginal discrepancy of ceramic partial crowns with and without coverage of compromised cusps.** Journal of Adhesive Dentistry, 10(1), 41-48.
18. Yang, H., Park, C., Shin, J. H., Yun, K. D., Lim, H. P., Park, S. W., & Chung, H. (2018). **Stress distribution in premolars restored with inlays or onlays: 3D finite element analysis.** The Journal Of Advanced Prosthodontics, 10(3), 184-190.
19. Lin, C. L., Chang, C. H., & Wang, C. H. (2001). **Numerical investigation of the factors affecting interfacial stresses in an MOD restored tooth by auto-meshed finite element method.** Journal of Oral Rehabilitation, 28(6), 517-525.

20. Belli, R., Wendler, M., de Ligny, D., Cicconi, M. R., Petschelt, A., Peterlik, H., & Lohbauer, U. (2017). **Chairside CAD/CAM materials. Part 1: measurement of elastic constants and microstructural characterization.** Dental Materials, 33(1), 84-98.
21. Menicucci, G., Mossolov, A., Mozzati, M., Lorenzetti, M., & Preti, G. (2002). **Tooth-implant connection: some biomechanical aspects based on finite element analyses.** Clinical Oral Implants Research, 13(3), 334-341.
22. Ausiello, P., Apicella, A., Davidson, C. L., & Rengo, S. (2001). **3D-finite element analyses of cusp movements in a human upper premolar, restored with adhesive resin-based composites.** Journal of Biomechanics, 34(10), 1269-1277.
23. Krämer, N., & Frankenberger, R. (2005). **Clinical performance of bonded leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after eight years.** Dental Materials, 21(3), 262-271.
24. Morimoto, S., Rebello de Sampaio, F. B. W., Braga, M. M., Sesma, N., & Özcan, M. (2016). **Survival rate of resin and ceramic inlays, onlays, and overlays: a systematic review and meta-analysis.** Journal of Dental Research, 95(9), 985-994.
25. Chang, Y. H., Lin, W. H., Kuo, W. C., Chang, C. Y., & Lin, C. L. (2009). **Mechanical interactions of cuspal-coverage designs and cement thickness in a cusp-replacing ceramic premolar restoration: a finite element study.** Medical & Biological Engineering & Computing. 47(4), 367-374.
26. Costa, A. K. F., Xavier, T. A., Noritomi, P. Y., Saavedra, G., & Borges, A. L. S. (2014). **The influence of elastic modulus of inlay materials on stress distribution and fracture of premolars.** Operative Dentistry, 39(4), E160-E170.