

دراسة مخبرية لتحريّ دور معجون الحشو القنوي ذو أساس الخزف الحيوي في تعزيز بنية الجذر

طالبة الدراسات العليا: هبة عبد الرزاق عبد العال

كلية طب الاسنان، جامعة دمشق

إشراف: أ.د.م. حسان عاشور

الملخص

خلفية البحث وهدفه: تُعتبر كسور الجذور الطويلة من أكثر الاختلالات إحباطاً في معالجة الأُفنية الجذرية وتشكّل تحدياً لطبيب الأسنان، ومع تزايد الاهتمام بمواد الخزف الحيوي ولاسيما لما تتمتع به من خصائص ميكانيكية كقدرتها على تعزيز بنية الجذر، لذلك فقد كان الهدف من هذه الدراسة المخبرية تحريّ فعاليتها في دعم بنية جذور الأسنان المعالجة لبيياً.

مواد البحث وطرائقه: تألفت عينة الدراسة من 40 ضاحكة بشرية دائمة سفلية وحيدة القناة. تمّ قصّ تيجانها لتصبح أطوال الجذور 16 مم، ثمّ حُضرت الأُفنية الجذرية بنظام التحضير الآلي ESX حتى قياس #35. قُسمت العينة عشوائياً إلى مجموعتين متساويتين، كلّ منهما مؤلفة من 20 سنّاً، المجموعة الأولى (الشاهدة): [تمّ حشو الأُفنية (GP + ADSEAL) بتقنية الحشو العمودي الحراري (WVC)] والمجموعة الثانية (الاختبارية): [تمّ حشو الأُفنية (GP + Endosequence BC Sealer) بتقنية القمع المفرد]. تمّ عُزرت آخر 5 مم من المنطقة الذروية لجميع الجذور ضمن قوالب اكريلية وتمّ إخضاعها لاختبار مقاومة الكسر للقوى العمودية بسرعة ثابتة (1 مم/ دقيقة) على جهاز الاختبار العام Test 114، ودوّنت القوة التي حدث عندها الكسر لكلّ عينة بالنيوتن. أُخضعت البيانات إلى اختبار T ستودنت لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار مقاومة الكسر (بالنيوتن / إنش) بين المجموعتين، عند مستوى الدلالة $(P \geq 0.05)$.

النتائج: أظهرت المجموعة الثانية مقاومة أعلى للكسر من المجموعة الأولى، مع وجود فروق دالة إحصائياً $(P > 0.05)$.

دراسة مخبرية لتحري دور معجون الحشو القنوي
ذو أساس الخزف الحيوي في تعزيز بنية الجذر

الاستنتاجات: بناءً على هذه الدّارسة المخبرية، يمكن الاستنتاج أنّ معجون الحشو القنوي ذو أساس الخزف الحيوي قد أسهم بالمجمل في دعم بنية جذور الأسنان المعالجة لبيياً.

الكلمات المفتاحية: الخزف الحيوي، معجون الحشو القنوي، كسور الجذور الطولية، مقاومة الكسر

In Vitro Study to Investigate the Role of Bioceramic-Based Root Canal Sealer in Enhancing Root Structure

Abstract

Background and Aim: Vertical root fractures are one of the most frustrating complications in root canal treatment and a challenge for the dentist. With the increasing interest in Bioceramic materials, especially because of their mechanical properties such as their ability to enhance the root structure, therefore, the aim of this *in vitro* study was to investigate its effectiveness in supporting roots structure of the endodontically treated teeth.

Materials and Methods: The sample of study consisted of **40** single root and single canal of permanent mandibular human premolar teeth. There crowns were decoronated to get a **16** mm root length, and root canals were prepared with ESX rotary system (**#35**). The sample was divided randomly into **2** equal groups (n= **20** root); **group 1:** [GP + ADSEAL] roots were obturated with (WVC) technique, and **group 2:** [GP + Endosequence BC Sealer] roots obturated with (MSCT) technique, then the last apical **5** mm of all roots were embedded in acrylic resin blocks and subjected to fracture resistance test for vertical forces at a speed (**1mm / minute**) on the universal test device **Test 114** ; the force at which the fracture occurred was recorded with Newton (N). Data were subjected to **t- student** statistical test to study the significance of differences in the mean of fracture resistance between the two groups, with (**P-value \leq 0.05**) as the level of significance.

Results: The second group showed higher fracture resistance than the first group, with statistically significant differences ($P < 0.05$).

Conclusions: Based on this *in vitro* study, it can be concluded that Bioceramic-based root canal filling sealer has contributed to the overall strengthening of the endodontically treated roots.

Key Words: Bioceramic, Root canal sealer, Vertical root fracture, fracture resistance.

المقدمة: Introduction

ترتبط صلابة ومثانة الأسنان المعالجة لبياً، بشكل كبير، بمقدار النّسج السنية المتبقية بعد معالجة الأقمية الجذرية. فقد تؤدي إجراءات المعالجة القنوية الجذرية إلى إضعاف البيئة السنية بشكل عام (بسبب ضياع النّسج السنية المترافق مع تحضير مدخل الحجرة اللبية والذي يؤدي إلى ارتفاع معدل حدوث الكسر) وذلك حسب دراسة Assif و Gorfil (1994) التي تناولت الاعتبارات الحيوية الميكانيكية لترميم الأسنان المعالجة لبياً وقيمت تأثير شكل مدخل الحجرة اللبية المحضّر على بنية النّسج السنية المتبقية، [1] وإضعاف جدران الأقمية الجذرية بشكل خاص والذي ينتج غالباً عن الضّغط الزائد أثناء تنظيف وتحضير جدران القناة، والتّحضير الزائد، وإزالة الأوتاد الجذرية، إضافةً إلى إجراءات إعادة المعالجة (في حالة المعالجات اللبية السابقة)، الأمر الذي ينتج عنه انخفاض مقاومة الأسنان المعالجة للجهود الوظيفية مما يجعلها أكثر قابلية للكسر. [2]

يُعدّ كسر الجذر الطولي (العمودي vertical root fracture) واحداً من أهم وأكثر الاختلالات إحباطاً في المعالجة اللبية، ويحدث قبل أو أثناء أو بعد حشو الأقمية الجذرية، ووفقاً لـ Bender و Freedland فإن أعلى نسبة لحدوث كسور الجذور الطولية تُلاحظ في الأسنان المعالجة لبياً، وغالباً ما تؤدي في النهاية إلى قلع السن. [3] وفي محاولة لتفادي مثل هذا الاختلال، تم طرح مفهوم تقوية reinforcement منظومة القناة الجذرية الذي يقوم على تشكيل نظام حشو قنوي لاصق adhesive system داخل القناة باستخدام معاجين حشو قنوي مرتبطة bonded root canal sealers. [1,4]

تُعتبر قابلية معجون الحشو القنوي على الارتباط بالعاج الجذري ذات فائدة كبيرة في المحافظة على سلامة السطح البيني interface integrity بين العاج ومعجون الحشو أثناء تطبيق الجهود الميكانيكية، مما ينتج عنه زيادة مقاومة الكسر. [5] ونذكر على سبيل المثال، معاجين الحشو القنوي ذات الأساس الراتنجي resin-based sealers التي تتمتع بالقدرة على

الالتصاق بالعاج وتحقيق الختم الكامل المُحَكَّم ضمن القناة الجذرية أو ما يُدعى بال-
[4,6].Monoblock

شكّل ظهور مواد الخزف الحيوي نقلةً نوعيّةً في مجال طبّ الأسنان بصورةٍ خاصّةٍ نظراً لما تتمتع به من خصائص حيويّةٍ وميكانيّةٍ، فقد لوحظ تزايد أهمية استخدام معاجين الحشو القنوي ذات أساس الخزف الحيوي Bioceramic based sealers في المعالجات اللبية. [7] مؤخراً، تم تطوير معجون حشوٍ قنوي جديدٍ من مادة Bioceramic وهو عبارة عن معجون BC Sealer، والذي يتكوّن من: سيليكات الكالسيوم، وهيدروكسيد الكالسيوم، وأحادي فوسفات الكالسيوم calcium phosphate monobasis، وأكسيد الزيركونيوم، بالإضافة إلى حبيبات مالئة fillers وعوامل تثخين thickening agents (Koch et al. 2012). [8] وهي عبارة عن مادّة قابلة للحقن، مُعدّة مسبقاً premixed، إضافةً إلى أنّها ظليلةٌ على الأشعة (Candeiro et al. 2012)، [9] وتقلصها التصلبي معدوم zero shrinkage (Trope et al. 2014)، [10] وغير قابلةٍ للانحلال (Zhou et al. 2013)، [11] كما أنّها مُحبّةٌ للماء (تعتمد على الرطوبة الموجودة في الفئّيات العاجية لبدء وإتمام تفاعل التصلب) (Koch K, Brave D. 2009)، [12] وخاليةً من الألمنيوم. [13,14] ويُضاف إلى ذلك قدرتها على تشكيل بلّورات الهيدروكسي أباتيت خلال تصلبها، ممّا يؤدّي إلى ارتباطها كيميائيّاً بالعاج الجذري (Azimi et al. 2014). [15]

وقد أظهرت دراسة Sagßen وزملاؤه عام 2012 [13] أنّ دور معاجين الحشو القنوي ذات أساس الخزف الحيوي في زيادة مقاومة الكسر لجذور الأسنان المعالجة لبيّاً كان مشابهاً لتلك في كلّ من معجون AH Plus (ذو الأساس الرّاتنجي) ومعجون MTA Fillapex بالمقارنة مع الأسنان السليمة.

وتوصّلت دراسة Iman M. Al-Zaka و Yasser T. Mohammed عام (2020) [16] إلى تفوّق مجموعة معجون الخزف الحيوي TotalFill® BC™ Sealers على مجموعة معجون AH Plus (ذو الأساس الرّاتنجي)، حيث أُجريت على 60 ضاحكةٍ سفليّةٍ وحيدة

القناة، حُضرت أقيمتها بنظام التحضير الآلي ProTaper Next حتى مبرد X4، ثم قُسمت عشوائياً إلى 5 مجموعات (تم حشوها جميعاً بتقنية MSCT)؛ [G I: AH Plus sealer/ GP، G II: Gutta flow 2 sealer/ GP، G III: MTA-Fillapex sealer/ GP، G IV: TotalFill BC sealer/ GP، G V: مجموعة شاهدة تم تحضير أقيمتها دون حشوها قنويًا].

كما بينت الدراسة التي أجراها Topaçoğlu et al. (2013) [14] تقدم معجون الخزف الحيوي BC Sealer (من حيث زيادة تقوية جذور الأسنان المعالجة) على المعاجين الأخرى التي تمت المقارنة معها، فقد أُجريت هذه الدراسة على 45 ضاحكة سفلية دائمة وحيدة القناة مكتملة الذروة، قُصت تيجانها لتغزو أطوالها 13 مم، وحُضرت أقيمتها بنظام ProTaper حتى مبرد F3، ثم قُسمت عشوائياً إلى 3 مجموعات؛ [G1: Bioceramic sealer + GP، G2: مجموعة مركب ثلاثي الأكاسيد المعدنية (Tech mineral trioxide aggregate) (Biosealer Endo + GP، G3: AH Plus + GP)، وذلك بتقنية القمع المفرد Single cone technique].

كذلك، فقد وضحت دراسة Yaman وGulsahi عام (2018) [17] نجاح معجون الخزف الحيوي Bioceramic في زيادة متوسط مقاومة الكسر للأسنان المعالجة بالمقارنة مع معجون الحشو القنوي ذو الأساس الراتنجي AH Plus، بصرف النظر عن تقنية الحشو المطبقة سواء كانت قمع مفرد أو تيرمافيل، حيث قُسمت العينة (ضواحك سفلية وحيدة القناة) عشوائياً إلى 6 مجموعات (بعد تحضير الأقنية بنظام التحضير ProTaper) على النحو الآتي؛ [G1: AH Plus/ GP (بتقنية MSCT)، G2: AH Plus/ coated carrier (بتقنية iRoot SP/ GP (بتقنية MSCT)، G3: iRoot SP/ GP (بتقنية MSCT)، G4: iRoot (بتقنية التيرمافيل Thermafil)، G5: SP/ coated carrier (بتقنية التيرمافيل Thermafil)، G6: MetaSEAL/ GP (بتقنية التيرمافيل Thermafil)].

وبالمقابل، فقد خُصِّت دراسة Celikten et al. عام (2014) [18] إلى انخفاض مقاومة الكسر ضمن مجموعة الجذور التي تم حشوها بمعجون الخزف الحيوي، فقد أُجريت هذه الدراسة على 45 ضاحكة بشرية سفلية دائمة وحيدة القناة، تم قصّ تيجانها لتصبح أطوالها 13 مم، ثم حُضِّرت أفنيتهما بنظام التّحضير الآلي RaCe حتى قياس 0.04 / #40، وقُسمت عشوائياً إلى 3 مجموعات على النحو الآتي؛ [G1: الحشو القنوي بنظام ActiV GP (معجون حشو قنوي ذو أساس زجاجي شاردي glass ionomer based sealer + القمع الموافق)، G2: الحشو بنظام Endosequence BC (معجون الخزف الحيوي Bioceramic sealer + قمع الخزف الحيوي الموافق)، G3: الحشو القنوي بنظام Smartpaste bio (معجون الخزف الحيوي bioceramic + قمع الكوتابيركا الملائم)]، حيث تم الحشو القنوي بتقنية القمع المفرد Single cone technique.

إضافةً إلى ذلك، فقد استنتجت دراسة Dibaji et al. عام (2017) [19] تفوق مجموعة معجون الحشو ذو الأساس الرّلتجي على مجموعة معجون الحشو ذو أساس الخزف الحيوي، والتي تم إجراؤها على 45 ضاحكة بشرية سفلية دائمة وحيدة القناة، حيث قُصّت تيجانها لتصبح أطوالها 13 مم، وحُضِّرت أفنيتهما بنظام التّحضير ProTaper حتى مبرد F3، ثم قُسمت عشوائياً إلى 3 مجموعات تبعاً لمعجون الحشو القنوي الجذري المُستخدم؛ [G1: GP AH Plus +، G2: iRoot Sealer + GP، G3: Resilon + Epiphany Sealer] وذلك بتقنية التّكثيف الجانبي Cold lateral condensation.

ومن ناحيةٍ أخرى، فقد حقّق استخدام تقنيات الحشو القنوي الجذري التي تعتمد على الكوتابيركا المعالجة حرارياً أو المُلدّنة بالحرارة thermoplasticized شعبيةً ورواجاً كبيراً مع الوقت. كما أدّى الاستخدام الشائع لأدوات النيكل تيتانيوم الآلية الدوّارة، وتطوير أقمار كوتابيركا تطابق إلى حدّ كبير الأداة المستخدمة في تحضير الأفنية الجذرية -بمعنى أن ثلاثم القناة- إلى اعتماد تقنية الحشو القنوي بالقمع المفرد ذو الاستدقاق المُلائم Matched – Taper Single

Cone Technique (MSCT) - والتي باتت شائعة خاصة بعد تطوير معاجين الحشو

القنوي الجديدة التي تتميز بقدرتها على الارتباط بجدران الأقمية الجذرية.[5]
ونظراً لما تتمتع به معاجين الحشو القنوي ذات أساس الخزف الحيوي Bioceramic من
خصائص ومزايا حيوية مُلفتة، فقد جاءت هذه الدراسة المخبرية لتقييم خاصيتها في دعم جذور
الأسنان المعالجة لبيياً.

الهدف من البحث Aim of study:

تهدف هذه الدراسة المخبرية إلى تحري فعالية معاجين الحشو القنوي ذات أساس الخزف
الحيوي في دعم البنية السنية لجذور الأسنان المعالجة لبيياً.

مواد البحث وطرائقه: Materials and Methods

العينة: Sample

تكوّنت عينة الدراسة من 40 ضاحكة بشرية دائمة سفلية، وحيدة القناة، مكتملة الذروة، مقلوعة
حديثاً، تمّ قلعها إما لأسباب تقويمية أو لأسباب لثوية حول سنوية، وجرى استبعاد الأسنان
ذات: الصدوع أو الكسور، والذرى المفتوحة. بعد إزالة القلح والنسج الرخوة العالقة على سطح
كلّ سن، تمّ قصّ تيجان الضواحك الملائمة لشروط البحث عند مستوى الملتقى المينائي
الملاطي باستخدام سنابل ماسية شاقّة ومع التبريد الغزير، بحيث تصبح أطوال الجذور 16
مم وذلك بهدف توحيد معايير العينة.

تحضير الأقمية الجذرية root canal preparation:

تمّ تحديد الطول العامل لكلّ جذرٍ بإنقاص 1مم من طول مبرد K-File قياس #10 والذي تمّ
إدخاله ضمن القناة الجذرية حتى ظهور رأسه من ذروة الجذر، ثمّ سلّكت جميع الأقمية إلى
كامل الطول العامل بالمبارد اليدوية K-Files قياس #15 و #20، ثمّ حُصّرت الأقمية الجذرية
لجميع أسنان العينة بنظام التحضير الآلي (ESX (Brasseler - USA، حيث إقترح
استخدام هذا النظام من قبل الشركة المصنّعة بالمشاركة مع مادّة الحشو القنوي
(Endosequence BC, Brasseler - USA)، ويتألّف من نوعين من مبارد النيكل

تيتانيوم: **Expedito** وهو مبرد ذو قياس 15 واستدقاق 5% يُستخدم على كامل الطول العامل، وحسب درجة اشتباك وتعشّق **engagement** شفرات هذا المبرد مع جدران القناة الجذرية (تبعاً لحجم القناة) يتمّ تالياً استخدام أحد مبرّد النوع الثاني من مبرّد **ESX**، وهي مبرّد **Finishers** والتي تتكوّن من 4 أدوات قياس (25، 35، 45، 55) وجميعها ذات استدقاق 4%. تمّ إنهاء التّحضير بمبرد **ESX** ذو قياس 35 واستدقاق 4%، حيث استُخدمت جميع مبرّد هذا النّظام بحركة دورانية مع حركة إدخال وإخراج على كامل الطول العامل للأقنية، بسرعة دوران 500 - 600 rpm وعزم يتراوح بين 1.5 - 2 وذلك تبعاً لتعليمات الشركة المصنّعة، وقد تمّ تحضير الأقنية الجذرية باستخدام جهاز التّحضير الآلي **X-Smart (Dentsply, Switzerland)**. ترافق تحضير الأقنية مع الغسل والإرواء بمقدار 3 مل من محلول هيبوكلوريت الصّوديوم بتركيز 2.5% بعد كلّ أداة تحضير. بعد الانتهاء من عمليّة التّحضير، تمّ إجراء الغسل النهائي وفق الآتي: 2 مل من محلول هيبوكلوريت الصّوديوم بتركيز 5.25% لمدة 60 ثانية، ثمّ 1 مل من محلول **EDTA** بتركيز 17% لمدة 60 ثانية لإزالة طبقة اللّطاحة **smear layer** مع الغسل بالماء المقطّر بالتناوب بينهما، ثمّ الغسل النهائي بـ 5 مل من الماء المقطّر، وأخيراً تجفيف الأقنية بالأقماع الورقيّة.

ثمّ قُسمت العينة المكوّنة من 40 جذراً للضّواحك السّفلية عشوائياً إلى مجموعتين حسب مادّة الحشو القنوي المستخدمة، تألّفت كلّ منهما من (20 جذراً)، وتوزّعت على الشّكل التّالي:

المجموعة الأولى Group 1: (GP + ADSEAL) وهي المجموعة الشّاهدة **Control group**، تمّ إجراء الحشو القنوي فيها بأقماع الكوتابيركا ومعجون الحشو القنوي ذو الأساس الراتنجي **(ADSEAL (Meta Biomed®), Korea)**، الشّكل (1) يوضّح معجون الحشو القنوي المُستخدم، وذلك بتقنيّة الحشو الحراري العمودي **Warm Vertical Condensation (WVC)**، باستخدام جهاز **EQ Plus** لشركة **(META BIOMED®), Korea)**، المؤلّف من جهاز **System B** وجهاز الحقن الحراري **Obtura**، كما في الشّكل رقم (2) الذي يبيّن جهاز الحشو الحراري المُستخدم.

دراسة مخبرية لتحري دور معجون الحشو القنوي
ذو أساس الخزف الحيوي في تعزيز بنية الجذر



الشكل رقم (1) يوضح معجون الحشو القنوي ذو الأساس الراتنجي المستخدم



الشكل (2) يوضح جهاز الحشو الحراري EQ Plus

تم اختيار قمع الكوتابيركا المناسب الذي يصل إلى كامل الطول العامل ويحقق ممانعة بسيطة عند الذروة أو ما يسمى بـ **tug-back**. ومن ثم انتقاء رأس الـ **System B** المناسب الذي يصل إلى ما قبل الطول العامل بـ 5 مم وانتقاء الـ **Plugger** الملائم لتكثيف المنطقة الذروية واثنين آخرين أحدهما لتكثيف المنطقة المتوسطة (الثالث المتوسط) والثاني للتأني للتأني. ثم مُزج معجون الـ **ADSEAL** على لوح المزج الخاص باسباتول بلاستيكي حتى الحصول على قوام كريمي متجانس، كما في الشكل رقم (3).



الشكل رقم (3) يوضح القوام الكريمي لمعجون الحشو القنوي ذو الأساس الراتنجي المستخدم

حيث تمّ طلاء القمع الرئيسي بالمعجون وإدخاله ضمن القناة الجذرية بحركةٍ دورانيةٍ بعد قصّه بمقدار 2 مم عن الطّول العامل، ثمّ بحركة إدخال وإخراج بهدوء وذلك للسّماح بانسيابه،



الشكل (4)

بعد ذلك تمّ قطع القمع عند مستوى فوهة القناة برأس الـ **System B** ثمّ إدخال الرّأس إلى ما قبل الطّول العامل بـ 5 مم وهو مُحَمّى بهدف تليين الكوتابيركا في الثّلث الدّروي،



الشكل (5)

تبع ذلك دك وتكثيف الكوتابيركا عمودياً بالـ **plugger** المناسب الذي تم انتقاؤه سابقاً، ثم أُدخل رأس الـ **obtura** حتى نقطة وصول الكوتابيركا وتم حقن 1-2 مم من الكوتابيركا المُلدنة ضمن القناة بالتناوب مع دك وتكثيف كل دفعة بالمداك **plugger** المناسب حتى ختم كامل القناة الجذرية.



الشكل (6)

جرى التأكد من جودة الحشو القنوي بإجراء صورة شعاعية ذروية، ثم ختم فوهة القناة بترميم مؤقت من الاسمنت الزجاجي الشاردي GIC.

المجموعة الثانية Group 2: (GP + Endosequence BC Sealer) وهي المجموعة الاختبارية Experimental group، تم الحشو القنوي بمعجون Endosequence BC Sealer (Brasseler – USA) وقمع مفرد من أقمار الكوتابيركا وذلك بتقنية الحشو بالقمع المفرد ذو الاستدقاق الملائم Matched – Taper Single – Cone Technique (MSCT)، الشكل (7) يوضح معجون الحشو القنوي المستخدم.



الشكل رقم (7) يوضح معجون الحشو القنوي ذو أساس الخزف الحيوي المستخدم

تمّ اختيار قمع الكوتابيركا المناسب الذي يصل إلى كامل الطّول العامل ويُحقّق ممانعةً بسيطةً عند الدّروة أو ما يُسمّى بـ **tug-back**، ثمّ حُقِن معجون الـ **Endosequence BC Sealer** ضمن القناة بواسطة الرّأس الخاصّ بمحفنة المعجون حتّى ملء كامل القناة، ثمّ أُدخِل القمع بهدوء بحركة إدخال وإخراج لدفع المعجون ضمن جميع الشّدوذات القنويّة، وأخيراً تمّ طلاء القمع بطبقة رقيقة من المعجون وأُعيد إدخاله ضمن القناة حتّى يستقرّ في مكانه ضمن القناة الجذريّة. تمّت إزالة الفائض من المعجون وقصّ القمع بواسطة أداة محمّاة عند فوهة القناة، ثمّ دكّ وتكثيف القمع عند مدخل القناة الجذريّة. جرى التّأكّد من جودة الحشو القنوي بإجراء صورة شعاعيّة ذرويّة، وحُتمت فوهة القناة بترميم مؤقت من الاسمنت الرّجاعي الشّاردي **GIC**.

حُفِظَت جميع أسنان العيّنة لمُدّة أسبوعين ضمن وسطٍ رطب بدرجة رطوبة **100%** وحرارة **37** مئويّة للسّماح بإتمام التّصلّب النّهائي لمعاجين الحشو القنوي. ثمّ تمّ صبّ الأسنان ضمن قوالب إكربليّة تمهيداً لتطبيق اختبار مقاومة الكسر عليها، وذلك على النّحو التّالي:

تحضير العيّنة لإجراء اختبار مقاومة الكسر: Specimen preparation for fracture resistance

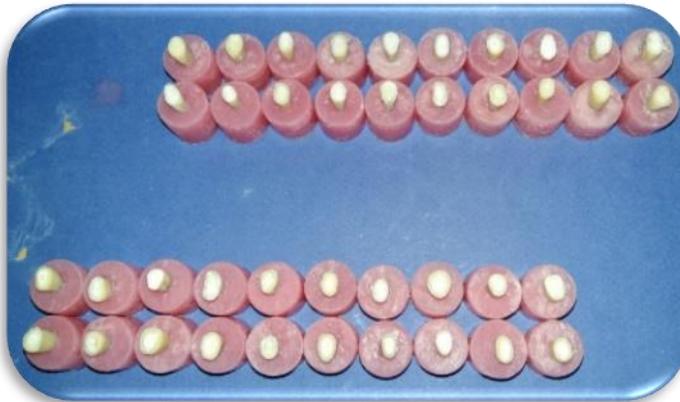
حُدِّدَت آخر **5** مم من المنطقة الذرويّة لكل جذر ليتمّ غرزها ضمن قوالب إكربليّة من الإكربل ذاتيّ التّصلّب. حيث تمّ مزج الإكربل المؤلّف من (سائل / بودرة) بنسبة (2:1) ضمن حنجور زجاجي حتّى بلوغه المرحلة الخيطيّة، ثمّ صبّه ضمن قوالب بلاستيكيّة أسطوانيّة الشّكل

دراسة مخبرية لتحري دور معجون الحشو القنوي
ذو أساس الخزف الحيوي في تعزيز بنية الجذر

(قطرها 15 مم وارتفاعها 20 مم) بعد عزل سطحها الداخلي بطبقة رقيقة من الفازلين. ثم غُرِزَت آخر 5 مم من كلّ جذر ضمن الإكريل بشكل عمودي بحيث يكون السطح التّاجي لكلّ منها موازياً لخط الأفق وعمودياً على المحور الطّولي للجذر، مع المحافظة عليه بهذه الوضعية حتّى اكتمال تصلّب الإكريل. ثم أُخْرِجَت الأسطوانات الإكريلية التي تمّ غرز الجذور فيها من القوالب البلاستيكية، حيث تمّ إنهاؤها وتلميعها وتدوين رقم كل سن على قاعدتها السفلية، الشكل (8) يوضح القوالب البلاستيكية المستخدمة وبعض جذور العينة بعد تهيئتها، والشكل (9) يوضّح كامل العينة.



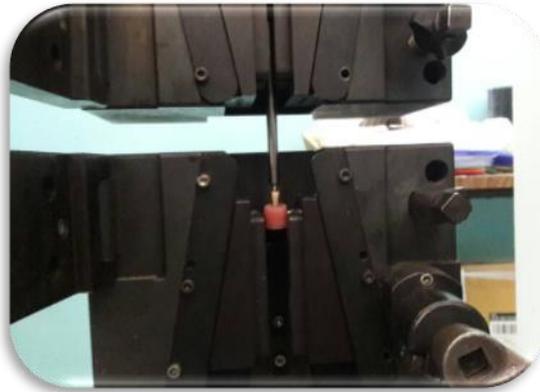
الشكل رقم (8) يوضح القوالب البلاستيكية المستخدمة وبعض جذور العينة بعد تهيئتها لاختبار مقاومة الكسر



الشكل رقم (9) يوضّح العينة

اختبار مقاومة الكسر : Fracture resistance test

أُجري الاختبار ضمن مخابر كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق، وذلك على جهاز الاختبار العام TesT 114، حيث تم تثبيت كل عينة على الجهاز بين ذراعين بشكل عمودي تماماً، وعلى الجزء العلوي من الجهاز نُبِت رأس معدني مُدبب طويل قطره 1.5 مم حيث طُبِق على فوهة الجذر ثم طُبقت القوة على كل جذر بسرعة ثابتة حتى حصول الكسر، كما في الشكل (10). تم تدوين القوة التي حدث عندها الكسر لكل عينة، وقُدّرت هذه القوة بالنيوتن. جرى إخضاع النتائج للتحليل والدراسة الإحصائية لمعرفة الفروق في متوسط مقدار القوة المُطبقة حتى حدوث الكسر بين المجموعتين، حيث دُوّنت النتائج وعُولجت إحصائياً باستخدام برنامج SPSS الإصدار 13.0، عند مستوى الدلالة $p \geq 0.05$ ، ومستوى الثقة 95%، وأُجري اختبار T ستودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار مقاومة الكسر (بالنيوتن / إنش) بين المجموعتين الشاهدة (GP + ADSEAL) والمجموعة الاختبارية (GP + Endosequence BC Sealer).



الشكل رقم (10) يبين الجهاز المستخدم لاختبار مقاومة الكسر

النتائج والدراسة الإحصائية: Results and Statistical Study

تألّفت عينة البحث من 40 ضاحكة سفلية طبيعيةٍ وحيدة القناة وحيدة الجذر مقلوعة حديثاً، قُسمت عشوائياً إلى مجموعتين رئيسيتين متساويتين وفقاً لمادّة الحشو القنوي المستخدمة (المجموعة الأولى GP + ADSEAL ، المجموعة الثانية GP + Endosequence BC

دراسة مخبرية لتحري دور معجون الحشو القنوي
ذو أساس الخزف الحيوي في تعزيز بنية الجذر

(Sealer) ، ويوضح كل من الجدول رقم (1) والمخطّط رقم (1) توزع العينة وفق مادة الحشو

القنوي المستخدمة في الدراسة والنسبة المئوية لذلك :

جدول رقم (1): يبين توزع عينة البحث وفق مادة الحشو القنوي المستخدمة

النسبة المئوية	عدد الضواحك	مادة الحشو القنوي المستخدمة
50.0	20	GP + ADSEAL
50.0	20	GP + Endosequence BC Sealer
100	40	المجموع



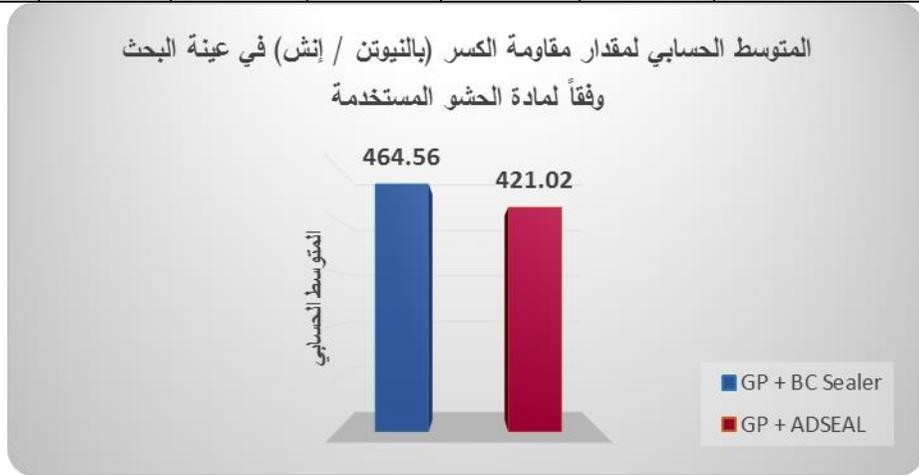
مخطط رقم (1): يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفق مادة الحشو القنوي المستخدمة

تمّ قياس وحساب مقدار مقاومة الكسر (بالنيوتن / إنش) لكلّ ضاحكة من الضواحك المدروسة في عينة البحث، حيث بلغت كل من أعلى وأدنى قيمة للقوة المطبقة ضمن المجموعة الأولى (595.0، 384.4) (نيوتن) على الترتيب، في حين سجّلت أعلى وأدنى قيمة للقوة المطبقة ضمن المجموعة الثانية (507.2، 328.8) (نيوتن) على الترتيب. ثمّ تمّت دراسة تأثير مادة الحشو القنوي المستخدمة في قيم مقدار مقاومة الكسر، وكانت النتائج كما في الجدول رقم (2) والمخطّط رقم (2) الذي يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار مقاومة الكسر في عينة البحث وفق مادة الحشو القنوي المستخدم.

جدول رقم (2): يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والخطأ المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار

مقاومة الكسر (بالنيوتن / إنش) في عينة البحث وفق مادة الحشو القنوي المستخدمة

المتغير المدروس = مقدار مقاومة الكسر (بالنيوتن / إنش)						
الحد الأعلى	الحد الأدنى	الخطأ المعياري	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	عدد الضواحك	مادة الحشو القنوي المستخدمة
595.0	384.4	14.40	64.41	464.56	20	GP + Endosequence BC Sealer
507.2	328.8	13.47	60.22	421.02	20	GP + ADSEAL



مخطط رقم (2): يمثل المتوسط الحسابي لمقدار قوة الكسر (نيوتن / إنش) في عينة البحث وفق مادة الحشو القنوي المستخدمة

وعند تطبيق اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار مقاومة الكسر بين المجموعتين المدروستين، لوحظ أنّ قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية في قيم مقدار مقاومة الكسر بين المجموعة التّانية (GP + Endosequence BC Sealer) والمجموعة الأولى (GP + ADSEAL)، وبما أنّ الإشارة الجبرية للفروق بين المتوسطين موجبة، فهذا يشير إلى أنّ قيم مقدار مقاومة الكسر في المجموعة التّانية كانت أعلى منها في المجموعة الأولى، كما في الجدول رقم (3).

جدول رقم (3): يبين نتائج اختبار T ستيودنت للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في متوسط مقدار مقاومة الكسر بين المجموعة المُختَبَرَة والمجموعة الشّاهدة وفق مادة الحشو القنوي المستخدمة

دراسة مخبرية لتحري دور معجون الحشو القنوي
ذو أساس الخزف الحيوي في تعزيز بنية الجذر

المتغير المدروس = مقدار مقاومة الكسر (بالنيوتن / إنش)					
قيمة t المحسوبة	درجات الحرية	الفرق بين المتوسطين	الخطأ المعياري للفرق	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفرق
2.208	38	43.540	19.718	0.033	يوجد فروق دالة

المناقشة: Discussion

إنّ أحد أهمّ أهداف معالجة الأفنية الجذرية هو دعم وتعزيز بنية النسيج السنّية المتبقية وشفاء النسيج السنّية حول الذروية. [20] إلا أنّه يتبع إجراءات المعالجة القنوية حدوث تبدل في الخصائص الميكانيكية للسن، [21] وهو ما يجعل الأسنان المعالجة لبيياً أضعف وأقلّ مقاومةً بالمقارنة مع الأسنان الطبيعية ممّا ينتج عنه حدوث فشل الإجهاد fatigue failure بسبب

الجهود الإطباقية الطبيعية أو حتى من الإجهادات الوظيفية المتزايدة. [22]

تُعتبر كسور الجذور الطولية ذات إنذار ضعيف، ومعالجتها معقّدة نظراً لصعوبة تشخيصها من جهة، وتأخّر ظهور الأعراض والعلامات الدالة عليها حتّى المرحلة الأخيرة من حدوث الكسور من جهة أخرى. [16] وتُعزأ أسباب حدوث الكسور الطولية لمجموعةٍ من العوامل، نذكر منها على سبيل المثال: التّحضير الميكانيكي لمنظومة القناة الجذرية أو الإزالة الزائدة للنّسج السنّية، [23] إضافةً إلى تطبيق ضغط شديد أو قوة غير ضرورية أثناء الحشو القنوي، وهو ما يُسهم في إنقاص مقاومة الكسر للأسنان المعالجة لبيياً. [24، 25، 26] لذا، فقد هدفت هذه الدّراسة إلى تقييم مدى فعالية معجون الحشو القنوي ذو أساس الخزف الحيوي Bioceramic-based sealer في تعزيز وتقوية strengthening بنية الجذر نظراً لما

تتمتّع به هذه المواد من قدرةٍ على الارتباط كيميائياً بالعاج. [27]

تمّ في هذه الدّراسة تقييم تأثير معجون الحشو القنوي ذو أساس الخزف الحيوي على مقاومة الكسر لجذور الأسنان المعالجة لبيياً لتحري قدرته على منح conferring المقاومة للعاج

الجزري، وذلك بتطبيق تقنية الحشو بالقمع المفرد (MSCT) المُقترحة مع هذا النوع من معاجين الحشو؛ مقارنةً مع معجون الحشو القنوي ذو الأساس الزراتنجي وذلك بتقنية الحشو العمودي الحراري (WVC).

لتوحيد معايير الدراسة والعيّنة، تمّ انتقاء ضواحك ذات جذور متشابهة في القياس والطول والأبعاد. [28] وفيما يتعلّق بطبقة اللّطّاحة smear layer، فالملاحظ أنّ إزالة طبقة اللّطّاحة يُحدث تبدّلاً في طاقة السطح فيزيديها، ممّا يسمح لمعجون الحشو القنوي بالانسياب والتكيّف بشكلٍ أسهل ويحسن من نفوذه ضمن الفُنّيات العاجيّة، وهو ما يزيد من قدرته على الارتباط بجدران القناة الجذريّة، وبالتالي زيادة قوّة الجذر. [29-31] لذا في الدّراسة الحاليّة ولضمان عدم وجود أي تأثيرٍ سواءً إيجابي أو سلبي لطبقة اللّطّاحة، فقد استُخدم كلٌّ من محلول الـ EDTA بتركيز 17% وهيبوكلووريت الصّوديوم بتركيز 5.25 كمحاليل غسلٍ وإرواء على الترتيب لإزالتها، ومن ثمّ الغسل النهائي بالماء المقطّر وذلك لتحديد وتعديل neutralize آثار سوائل الغسل والإرواء. [32]

لقد بيّنت نتائج الدّراسة الحاليّة فعالية معجون الحشو القنوي ذو أساس الخزف الحيوي Endosequence BC Sealer - إجمالاً - في تعزيز جذور الأسنان المعالجة لبياً لدى تطبيقه بتقنية الحشو بالقمع المفرد (MSCT) (المجموعة الثّانية) مقارنةً مع معجون الحشو القنوي ذو الأساس الزراتنجي ADSEAL المُطبّق بتقنية الحشو العمودي الحراري (WVC) (المجموعة الأولى) وبفروقٍ دالّةٍ إحصائيّاً، وذلك من خلال تحسين مقاومة الكسر في جذور تلك الأسنان. وقد يُعزى ذلك إلى مجموعةٍ من العوامل التي ساهمت في الوصول إلى هذه النتيجة: (مادّة الحشو القنوي، وتقنيّة الحشو القنوي):

أ- فيما يتعلّق بمادّة الحشو القنوي المستخدمة: وقد يرجع ذلك إلى ما يتمتّع به معجون الخزف الحيوي من خصائص ومزايا، فهو يُعدّ من المواد المُحبّة للرطوبة hydrophilicity، ويرتبط كيميائيّاً بالعاج الجذري، [33] كما أنّه يمتصّ ويتشرب absorb الماء الموجود ضمن الفُنّيات العاجيّة ممّا يودّي إلى بدء تفاعل التصلّب،

[31،28] مُنتجاً مركّبين هما هيدروجيل سيليكات الكالسيوم والهيدروكسي أباتيت، ويساهم هذين المركّبين في تشكيل ارتباط ميكانيكيّ مجهريّ وكيميائيّ مع مركّب الهيدروكسي أباتيت الموجود في العاج الجذري. [34] علاوةً على ذلك، فهو يتميّز بكونه ذو زاوية ارتباط منخفضة ممّا يمكنه من الانسياب بسهولةٍ على جدران القناة الجذريّة، الأمر الذي ينجم عنه تكيفّ وانطباقٌ جيّدٌ للمعجون، وتحقيق ختم مثالي ideal seal عبر التشابكات الميكانيكيّة mechanical interlockings. كما يُبدي معدّل انسيابيّة أعلى مقارنةً مع غيره من معاجين الحشو القنوي، نظراً لكونه مادّةً مُحضّرةً مُسبقاً premixed ضمن محقنة ذاتيّة المزج، في حين تُبدي المعاجين التي يتمّ مزجها (مثل الـ ADSEAL) طبيعةً متغيرةً الانسيابيّة عند تطبيقها، إضافةً إلى متوسط حجم جزيئاته المنخفض المُقدّر بالنانومترات والذي يساهم في زيادة معدّل الانسيابيّة ويسمح له بالنفوذ بعمقٍ إلى تشعّبات وشذوذات الأقنية الجذريّة، ممّا يزيد بالتّالي من دعم وتقوية الأسنان. [5،31،34]

ومن جهةٍ أخرى، فقد يُعزّل انخفاض متوسط مقاومة الكسر في جذور الأسنان التي تمّت معالجتها باستخدام المعجون ذو الأساس الرّاتنجي ADSEAL (في المجموعة الشّاهدة) إلى التقلّص التّصلبي، والذي يُعتبّر أهمّ عائقٍ يمكن مواجهته مع المعاجين ذات الأساس الرّاتنجي بسبب محتواها الريزيني، حيث أفادت الأبحاث بأنّ التقلّص التّماثريّ polymerization shrinkage قد يكون له أثرٌ سلبيّ على مقاومة الكسر للأسنان المعالجة لبياً، فهو يُضعف من قوّة الارتباط بين المعجون والجدار العاجي، [30] ومن المُحتَمَل أن يكون هذا الأثر السلبي هو السبب في الاختلاف الواضح بين المجموعتين اللّتين تمّت مقارنتهما.

ب- فيما يتعلّق بتقنيّة الحشو القنوي الجذري المستخدمة: أدّى استخدام تقنيّة القمع المفرد ذو الاستدقاق الملائم (MSCT) إلى تفوّق مقاومة الكسر في جذور الأسنان المعالجة لبياً (ضمن المجموعة المُختبّرة) بالمقارنة مع مثيلتها (في المجموعة الشّاهدة) والتي تمّ حشوها

بتقنية التكتيف العمودي الحراري (WVC). وقد يرجع ذلك إلى المزايا التي تبديها تقنية القمع المفرد، فهي تستبعد تطبيق قوى الدك العمودية الضرورية في تقنية الحشو العمودي الحراري (WVC)، وتلغي قوى الحشر *wedging forces* الناتجة عن إدخال المكتفات الجانبية *spreaders* أثناء الحشو بالتكتيف الجانبي، حيث يعمل قمع الكوتابيركا في هذه التقنية كأداة إدخال وذلك تسمح بإجراء حركات هيدروليكية للمعجون تعمل على دفعه ضمن شذوذات الأفقية والأفقية الإضافية. [27،35] ومن جهة أخرى، فإنه يمكن لتقنية الحشو العمودي الحراري (WVC) أن تؤثر سلباً على مقاومة الكسر نتيجة لعدة عوامل، فعلى سبيل المثال، يمكن للقوة المتولدة *force generated* والحرارة المنقلة *heat transmitted* عبر أداة التكتيف (رأس جهاز System B) أثناء حشو القناة الجذرية أن تخلق ضغطاً في عاج الجذر، مما يؤثر عكسياً *adversely* على مقاومة الجذر للكسر. [36] علاوة على ذلك، فإن مثل هذا الإجراء يؤدي إلى ارتفاع في درجة الحرارة على سطح الجذر الخارجي، مما قد يؤدي إلى تلفٍ وأذيةٍ *potential damage* لملاط الجذر *root cementum* والرباط حول السنّي *periodontal ligament*. [37]

وبالنظر إلى الدراسات السابقة، نجد أن نتيجة هذه الدراسة كانت متوافقةً مع نتيجة دراسة Iman M. Al-Zaka و Yasser T. Mohammed عام (2020) [16] والتي بينت تفوق مجموعة معجون الخزف الحيوي *TotalFill® BC™ Sealers* على مجموعة معجون AH Plus (ذو الأساس الزجاجي) وبفروقٍ دالةٍ إحصائيةً. وانسجمت مع نتيجة دراسة Topaçoğlu et al. عام (2013) [9] التي أشارت إلى تقدم معجون الخزف الحيوي *BC Sealer* (من حيث زيادة تقوية جذور الأسنان المعالجة) على المعاجين الأخرى التي تمت المقارنة معها، ولكن دون وجود فروقٍ دالةٍ إحصائيةً، وقد يعود ذلك إلى الاختلاف في تصميم الدراسة. كما كانت متناغمةً مع نتيجة دراسة Yaman و Gulsahi عام (2018) [17] التي خلّصت إلى نجاح معجون الخزف الحيوي *Bioceramic* في زيادة متوسط مقاومة الكسر للأسنان المعالجة بالمقارنة مع معجون

الحشو القنوي ذو الأساس الراتنجي AH Plus، بصرف النظر عن تقنية الحشو المطبقة سواء كانت قمع مفرد أو تيرمافيل، ولكن اختلفت معها من حيث عدم وجود فروق واضحة إحصائياً. وتوصلت دراسة Yendrembam et al. عام (2019) [21] إلى نتيجة متوافقة مع نتيجة الدراسة الحالية، من حيث تفوق معجون الحشو القنوي ذو أساس الخزف الحيوي في تعزيز مقاومة الكسر لجذور الأسنان المعالجة لبيياً، واختلفت معها بعدم وجود فروق دالة إحصائياً، ذلك أن نتيجة الدراسة الحالية بينت وجود فروق واضحة إحصائياً. ووضّحت نتيجة دراسة Demiriz et al. عام (2018) [38] تفوق معاجين الحشو ذات أساس الخزف الحيوي في تعزيز وتقوية بنية جذور الأسنان المعالجة لبيياً رغم إخضاعها إلى كسور طولية غير مكتملة مسبقاً، وهو ما اتفق بالمجمل مع نتيجة الدراسة الحالية.

وبالمقابل، فقد كانت نتيجة هذه الدراسة مختلفة مع: نتائج دراسة Celikten et al. عام (2014) [18] التي بينت انخفاض مقاومة الكسر ضمن مجموعة الجذور التي تم حشوها بمعجون الخزف الحيوي، ولكن دون فروق إحصائية، وقد يعود ذلك إلى الاختلاف في تصميم الدراسة: فقد تم تحضير الأقمية الجذرية فيها حتى قياس 0.04 / #40. وجاءت أيضاً متناقضة مع نتائج دراسة Dibaji et al. عام (2017) [19] التي أظهرت تفوق مجموعة معجون الحشو ذو الأساس الراتنجي على مجموعة معجون الحشو ذو أساس الخزف الحيوي، ولكن دون فروق إحصائية، وقد يعود ذلك إلى استخدام تقنية التثقيب الجانبي في الحشو القنوي وتحضير الأقمية بنظام التحضير ProTaper.

الاستنتاجات: Conclusion

ضمن حدود هذه الدراسة المخبرية، يمكن الاستنتاج أن معجون الحشو القنوي ذو أساس الخزف الحيوي قد أسهم إجمالاً في تحسين مقاومة الكسر لجذور الأسنان المعالجة لبيياً ويفروق واضحة إحصائياً، لذا يمكن اعتباره خياراً مناسباً في المعالجات اللبية بهدف دعم بنية النسيج السنية المتبقية.

الاقتراحات والتوصيات: Suggestions and recommendations

يمكن الاقتراح بعمل المزيد من الأبحاث المخبرية لدراسة فعالية هذا النوع من المعاجين كتقييم جودة الحشو القنوي، ونوعية الارتباط الحاصل مع العاج الجذري باستخدام المجهر الالكتروني الماسح.

المراجع References

- 1- ASSIF D, GORFIL C, 1994- Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth, **J Prosthet Dent**, 71:565-7.
- 2- GODDER B, STRASSLER H, PAYNE T, 1992- Restoring endodontically treated teeth. Two different post systems, **N Y State Dent J**, 58(4):45-50.
- 3- NAGAS E, UYANIK O, ALTUNDASAR E, et al, 2010- Effect of different intraorifice barriers on the fracture resistance of roots obturated with resilon or gutta-percha, **J Endod**, 36(6): 1061-1063.
- 4- JOHNSON ME, STEWART GP, NIELSEN CJ, et al, 2000- Evaluation of root reinforcement of endodontically treated teeth, **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, 90(3): 360-364.
- 5- ERSEV H, YILMAZ B, PEHLIVANOĞLU E, et al, 2012- Resistance to vertical root fracture of endodontically treated teeth with MetaSEAL, **J Endod**, 38: 653-656.
- 6- TAY FR, PASHLEY DH, 2007- Monoblocks in root canals: A hypothetical or a tangible goal, **J Endod**, 33:391-8.
- 7- LERTCHIRAKARN V, TIMYAM A, MESSER HH, 2002- Effects of root canal sealers on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth, **J Endod**, 28(3):217-219.

- 8- KOCH K, BRAVE D, NASSEH AA, 2012- A review of bioceramic technology in endodontics, **Roots**, 28(4):6-12.
- 9- CANDEIRO GTDM, CORREIA FC, DUARTE MAH, et al, 2012- Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer , **J Endod**, 38(6): 842–845.
- 10- TROPE M, DEBELIAN G, 2014- Bioceramic technology in endodontics, **Inside Dent**, 5:53-60.
- 11- ZHOU HM, SHEN Y, ZHENG W, LI L, et al, 2013- Physical properties of 5 root canal sealers, **J Endod**, 39(10): 1281–1286.
- 12- KOCH K, BRAVE D, 2009- Bioceramic technology-the game changer in endodontics, **Endodontic Practice US**, 12:7–11.
- 13-SAGŞEN B, USTÜN Y, PALA K, DEMIRBUĞA S, 2012- Resistance to fracture of roots filled with different sealers, **Dent Mater J**, 31: 528-532.
- 14-TOPÇUOĞLU HS, TUNCAY Ö, KARATAS E, et al, 2013- In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resinbased, mineral trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers, **J Endod**, 39(12): 1630-1633.
- 15-AZIMI S, FAZLYAB M, SADRI D, et al, 2014- Comparison of pulp response to mineral trioxide aggregate and a bioceramic paste in partial pulpotomy of sound human premolars: a randomized controlled trial, **Int Endod J**, 47(9):873-81.
- 16-MOHAMMED YT, AL-ZAKA IM, 2020- Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Obturated with Different Root Canal Sealers (A Comparative Study), **J Conte Dent Pract**, 21(5): 490-493.
- 17-YAMAN Y, GULSAHI K, 2018- Evaluation of the effect of different root canal obturation materials on the fracture resistance of endodontically treated roots, **Austin J Dent**, 5(2): 1-5.
- 18-CELIK TEN B, UZUNTAS CF, GULSAHI K, 2015- Resistance to fracture of dental roots obturated with different materials, **Biomed Res Int**, ID 591031.

- 19-DIBAJI F, AFKHAMI F, BIDKHORI B, et al, 2017- Fracture resistance of roots after application of different sealers, **IEJ**, 12(1): 50-54.
- 20-LANGALIA AK, DAVE B, PATEL N, THAKKAR V, SHETH S, PAREKH V, et al, 2015- Comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth obturated with resin based adhesive sealers with conventional obturation technique: An in vitro study. **J Int Oral Health**, 7: 6-12.
- 21-YENDREMBAM B, MITTAL A, SHARMA N, et al, 2019- Relative assessment of fracture resistance of endodontically treated teeth with epoxy resin-based sealers, AH Plus, MTA Fillapex, and Bioceramic sealers: an in vitro study, **Ind J Dent Sci**, 11(1): 46-50.
- 22-MANDAVA J, CHANG PC, ROOPESH B, FARUDDIN MG, ANUPREETA A, UMA C, 2014- Comparative evaluation of fracture resistance of root dentin to resin sealers and a MTA sealer: An in vitro study, **J Conserv Dent**, 17(1):53-56.
- 23-SIM T, KNOWLES J, NG YL, SHELTON J, GULABIVALA K, 2001- Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain, **Int Endod J**, 34(2):120-32.
- 24-HEMALATHA H, SANDEEP M, KULKARNI S, et al, 2009- Evaluation of fracture resistance in simulated immature teeth using Resilon and ribbond as root reinforcements-An in vitro study, **Dent Traumatol**, 25:433-438.
- 25- ASHRAF H, MOMENI G, MORADIMAJD N, HOMAYOUNI H, 2013- Fracture resistance of root canals obturated with gutta-percha versus resilon with two different techniques, **Iran Endod J**, 8: 136-139.
- 26-BELLI S, COBANKARA FK, ERASLAN O, et al, 2006- The effect of fiber insertion on fracture resistance of endodontically treated molars with MOD cavity and reattached fractured lingual cusps, **J Biomed Mater Res B Appl Biomater**, 79(1):35-41.

- 27-GHONEIM AG, LUTFY RA, SABET NE, FAYYAD DM, 2011- Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems, **J Endod**, 37: 1590- 1592.
- 28-SAGSEN B, ER O, KAHRAMAN Y, AKDOGAN G, 2007- Resistance to fracture of roots filled with three different techniques, **Int Endod J**, 40(1):31-5.
- 29-JAKOBSON SJ, WESTPHALEN VP, SILVA NETO UX, et al, 2014- The influence of metallic posts in the detection of vertical root fractures using different imaging examinations, **Dentomaxillofac Radiol**, 43:20130287.
- 30-STUART CH, SCHWARTS SA, BEESON TJ, 2006- Reinforcement of immature roots with a new resin material, **J Endod**, 32:350-353.
- 31-BEZERRA IS, NEVES FS, VASCONCELOS TV, et al, 2015- Influence of the artefact reduction algorithm of Picasso Trio CBCT system on the diagnosis of vertical root fractures in teeth with metal posts, **Dentomaxillofac Radiol**, 44:20140428.
- 32-SANDIKCI T, KAPTAN RF, 2014- Comparative evaluation of the fracture resistances of endodontically treated teeth filled using five different root canal filling systems, **Niger J ClinPract**, 17: 667-672.
- 33-TEIXEIRA FB, TEIXEIRA EC, THOMPSON JY, et al, 2004- Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material, **J Am Dent Assoc**, 135(5):646-52.
- 34-SILVA EJ, ROSA TP, HERRERA DR, et al, 2013- Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex, **J Endod**, 39(2):274-277.
- 35-BUENO CR, VALENTIM D, MARQUES VA, et al, 2016- Biocompatibility and biomineralization assessment of bioceramic-, epoxy-, and calcium hydroxide-based sealers, **Braz Oral Res**, 30:e81.
- 36-SAW LH, MESSER HH, 1995- Root strains associated with different obturation techniques, **J Endod**, 21:314-20.

- 37-HARDIE EM, 1987- Further studies on heat generation during obturation techniques involving thermally softened gutta-percha, **Int Endod J**, 20:122-7.
- 38-DEMIRIZ L, BODRUMLU EH, 2018- Fracture resistance of simulated incomplete vertical fractured teeth treated with different bioceramic based root canal sealers, **Int J App Dent Sci**, 4(3): 25-30.