

دراسة مخبرية مقارنة لتأثير تقنيات حشو مختلفة على مقاومة انكسار جذور الأسنان المعالجة لبيبا

د. باسم سليم*

أحمد وردة**

(تاريخ الإيداع 2022 /12/19 - تاريخ النشر 2023 /2/28)

□ ملخص □

الهدف: تقييم ومقارنة مقاومة الكسر العمودي لجذور الأسنان المعالجة لبيبا والمحشوة بتقنيات مختلفة (التكثيف الجانبي البارد-التكثيف بالأموح فوق الصوتية-التكثيف الحراري العمودي).

المواد والطرق: شملت العينة ٦٠ ضاحك سفلي بشري مقلوع وحيد الجذر والقناة، تمت إزالة الجزء التاجي لجميع الأسنان والإبقاء على الجزء الجذري بطول ١٤±١ ملم. تم توسيع فوهات أفنية الجذور بواسطة سنابل Gates Glidden مع المبرد اليدوية. ثم قسمت العينة عشوائيا إلى أربع مجموعات (n=15) تبعا لتقنية الحشو المتبعة. المجموعة (١): تم تحضير الأفنية وتركها بدون حشو (مجموعة شاهدة). المجموعة (٢): تم حشو الأفنية بالتكثيف الجانبي البارد. المجموعة (٣): تم حشو الأفنية بالتكثيف الحراري العمودي. المجموعة (٤): تم حشو الأفنية بالتكثيف بالأموح فوق الصوتية. تم استخدام معجون الأوجينيات مع الكوتابيركا كمادة حاشية. ثم وضعت الجذور عموديا ضمن قوالب من الاكريل ذاتي التصلب مع إبقاء ٧ ملم من القسم التاجي خارجها. تم قياس قوى الكسر بواسطة (Universal testing machine, Testometric m350 -10kn, Rochdale, England) إذ طبقت قوة محورية بسرعة ١ مم/د حتى حصول الكسر وسجلت القيم بوحدة نيوتن. ثم حلت البيانات إحصائيا باستخدام الاختبارات المعلمية: (ANOVA-one way) لتحليل التباين و(LSD) لتحليل الدلالة بين المجموعات عند (α=0.05).

النتائج: أظهرت كل المجموعات المدروسة (LC,WVC,US) فرقا إحصائيا هاما في انخفاض المقاومة للكسر مقارنة بالمجموعة الشاهدة (P=0.013). لكن لم يكن هناك فرق هام إحصائيا بين هذه التقنيات في مقاومة الكسر العمودي للجذر (P-Value > 0.05).

الخلاصة: ضمن حدود هذه الدراسة، أدت تقنيات الحشو القنيوي المستخدمة إلى إضعاف مقاومة بنية الجذر بشكل ملحوظ، بينما لم يوجد فرق هام فيما بين هذه التقنيات بالتأثير على مقاومة انكسار الجذر. كلمات مفتاحية: مقاومة الكسر، تقنيات حشو ، كوتابيركا، Universal Testing Machine .

*أستاذ مساعد - قسم مداواة الأسنان - كلية طب الأسنان - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

**طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم مداواة الأسنان - كلية طب الأسنان - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

An In Vitro Study Comparing Effect Of Deferent Obturation Techniques On Fracture Resistance Of Endodontically Treated Roots

Dr. Basem Salim*
Ahmad Warda**

(Received 19/12/2022.Accepted 28/2/2023)

□ABSTRACT □

Aim: To evaluate and compare vertical fracture resistance (VRF) of endodontically treated roots filled using different obturation techniques (Lateral condensation, Warm vertical condensation and Ultrasonic condensation)

Materials and Methods: Sixty extracted human mandibular premolars single rooted-single canaled were collected. The crowns were sectioned leaving the root segment of 14 ± 1 mm length. Root canals were prepared with Gates Glidden burs and Hand files, then divided randomly into four groups (n=15) according to obturation technique. Group I: the root canals were prepared and left with no filling (Control Group), Group II: the root canals were obturated using Lateral Condensation (LC), Group III: the root canals were obturated using Warm Vertical Condensation (WVC), Group IV: the root canals were obturated using Ultrasonic Condensation (US). ZOE sealer and Gutta-percha were used as filling material. All roots were embedded vertically in autopolymerising acrylic resin blocks exposing 7 mm of the coronal part. A universal testing machine was used for the strength test, the force was applied at a crosshead speed of 1 mm/min until fracture occurs and this force was recorded in Newton. The data were statistically analyzed using parametric tests: (ANOVA-one way test) analysis of variance and (LSD test) analysis the significance between the groups at ($\alpha=0.05$).

Results: All experimental groups (LC,WVC,US) showed statistically significant reduction in fracture resistance comparing with the control group (P-Value=0.013). However, there were no significant differences between groups according to fracture resistance (P-Value>0.05).

Conclusions: Under the conditions of this study, obturation techniques reduced significantly fracture resistance of roots.

Keywords: Fracture resistance, Obturation Techniques, gutta-percha, Universal Testing Machine

*Associated Professor - Department of Operative and Endodontics - Faculty of Dentistry - Tishreen University - Lattakia - Syria

**Postgraduate Student (Master) - Department of Operative and Endodontics - Faculty of Dentistry - Tishreen University - Lattakia - Syria

١ - مقدمة :

تهدف المداواة اللبية بشكل أساسي لتحقيق هدفين اثنين: الأول هو المحافظة على السن الطبيعي وظيفياً و تجميلاً ضمن القوس السنية، والهدف الثاني هو تحقيق شفاء تام للنسج ما حول الذروية أو الوقاية من حدوث أية آفة حول ذروية (Orstavik, 2020; Punjabi et al., 2017). تعد الأحياء الدقيقة ومنتجاتها الموجودة ضمن النظام القنيوي الجذري والبقايا العضوية للنسيج اللبي السبب الأساسي لحدوث الأمراض حول الذروية واستمراريتها (Bürklein et al., 2012; TROPE, 2003)؛ لذا لا بد من تحضير وتنظيف وحشو النظام القنيوي الجذري بشكل جيد لإزالة جميع هذه المكونات بشكل كامل وتحقيق الشفاء التام للنسج ما حول الذروية.

تعتبر الأسنان المعالجة لبيا ضعيفة وأكثر عرضة للكسر من الأسنان الحية (Nc et al., 2014)، إذ تحصل التغيرات الرئيسية في بيوميكانيك السن غير الحي نتيجة خسارة النسج الصلبة بسبب النخر أو الكسر أو التحضير المبالغ للحفر (Lang et al., 2006)، وأيضا خسارة في رطوبة العاج بالأسنان المعالجة لبيا لكنها لا تعتبر عاملا هاما في إضعاف بنية السن (Huang et al., 1992). بينما تعد إجراءات المعالجة اللبية عاملا مهما في إنقاص أو زيادة مقاومة السن للكسر عموما (Alkahtany et al., 2021; Mohammed and Abd-alla, 2021). أما على وجه الخصوص فإن إزالة كامل سقف الحجرة اللبية، تحضير فراغ الوتد الجذري، التعرض المديد للعوامل الكيميائية خلال الإرواء وتطبيق ضغوطات زائدة خلال الحشو يؤدي إلى إضعاف بنية السن (Lang et al., 2014; Nc et al., 2006). وجد Lang, H وزملاؤه عام ٢٠٠٦ أن إزالة العاج القنيوي عند التحضير بالأدوات اللبية اليدوية ضمن الحدود الدنيا لم يؤثر بشكل هام على التغيرات البنيوية؛ لذا لا بد من مراعاة إجراء التحضيرات الميكانيكية بشكل أصغري خلال المعالجة اللبية عند تصميم حفرة الدخول و تحضير الأقتنية. بالرغم من تطور وسائل وتقنيات المعالجة اللبية للحصول على أفضل النتائج طويلة الأمد، تبقى هنالك مخاوف يجب مراعاتها كإمكانية حدوث فشل لاحق ناجم عن انكسار الجذر؛ نتيجة الاجتهادات التالية لإجراءات التحضير والحشو.

يتضمن المعيار السائد للحشو القنيوي وجود الكوتابيركا مع المادة الحاشية بسبب خواصها المتقبلة حيويًا، قلة سميتها وتأثيراتها التحسسية، وسهولة إزالتها من القناة، لكنها تقتصر إلى بعض الخصائص كعدم إمكانية تقوية العاج الجذري بسبب عدم ارتباطها كيميائياً مع العاج مما يؤدي لوجود فراغات ضمن النظام القنيوي (Sandikci and Kaptan, 2014; Shashidhar and Shashidhar, 2014).

تعتبر تقوية البنى السنية المتبقية بعد إجراء العلاج اللبي هدفا أساسيا من المعالجة (Johnson et al., 2000)، لا سيما أن قوة العاج تميل للانخفاض مع التقدم بالعمر بحسب دراسة (Yan et al., 2019).

تتصف تقنية التكتيف الجانبي للكوتابيركا باستخدامها الواسع بالحشو القنيوي، لكنها مستهلكة للوقت وضعيفة التكيف مع جدران القناة مقارنة بتقنية الحشو الحراري العمودي (Budd et al., 1991)، العديد من الممارسين لا يزالون يستخدمونها كونها لا تتطلب مهارات أو أدوات خاصة وتعتبر أكثر أمانا بالتحكم باندفاع الحشوة ذرويا (Keçeci et al., 2005).

يتضمن التكتيف الحراري العمودي تليين المادة الحاشية ودكها ذرويا باستخدام المدكات pluggers، ويفترض أن حصول كسور الجذر فيها قليل عندما تتم بالشكل الصحيح (Telli et al., 1999)، إلا أن القوى الهيدروليكية المطبقة خلالها قد تتسبب بضغطات على جدران القناة وتحدث تأثير الاسفين (Blum et al., 1998).

تتميز تقنية الحشو بالتكثيف الحراري العمودي بقابلية انسياب الكوتابيركا المدونة بالحرارة لتملأ الشذوذات والأقنية الثانوية بشكل أفضل من تقنية التكثيف الجانبي. لكن التحكم بالطول العامل أقل منه في التكثيف الجانبي مع احتمال أكبر لخروج المادة الحاشية إلى النسيج حول الذروية، كذلك صعوبة استخدامها في الأقنية المنحنية (DuLac et al., 1999; Wu et al., 2003).

تعتمد تقنية التكثيف بالأمواج فوق الصوتية على تليين الكوتابيركا لدى تماسها المباشر مع الأداة المنشطة فوق صوتيا ضمن القناة (Moreno, 1977). في دراسة أخرى (Baumgardner and Krell, 1990) وجدو في هذه التقنية تحسنا في كثافة الحشو وقلّة في التسرب الحفافي مقارنة مع تقنية التكثيف الجانبي البارد. تتميز هذه التقنية بأنها تجمع مابين خاصية التحكم بالطول العامل للمادة الحاشية في تقنية التكثيف الجانبي مع خاصية القدرة الفائقة للمادة الحاشية المدونة بالحرارة لمحاكاة الشكل ثلاثي الأبعاد لقناة الجذر في تقنية التكثيف الحراري (Salim et al., 2019).

٢- أهمية البحث وأهدافه :

يهدف البحث إلى دراسة تأثير استخدام ثلاث تقنيات حشو (تكثيف جانبي - تكثيف بالأمواج فوق الصوتية - تكثيف حراري عمودي) على مقاومة الانكسار العمودي (VRF) vertical root fracture لجذور الأسنان المعالجة لبيبا.

٣- طرائق البحث ومواده :

أجريت الدراسة المخبرية in-vitro study في قسم الدراسات العليا مداواة الأسنان - كلية طب الأسنان - جامعة تشرين.

تألّفت عينة البحث من 60 ضاحك سفلي مقلوع حديثا وحيد الجذر والقناة، حيث تراوحت أعمار المرضى الذين تم إجراء القلع لديهم بين 17 - 25 سنة، كما تم التأكد من سلامة الأسنان بعد القلع مباشرة وخلوها من النخور أو الصدوع أو الشذوذات التشريحية. نظّفت الأسنان بالماء الجاري وتمت إزالة النسيج الرباطية بأدوات النقل ثم حفظت الأسنان مباشرة بالمصل الفيزيولوجي بتركيز (0.9%) وبدرجة حرارة الغرفة. (Punjabi et al., 2017)

تم قطع الجزء التاجي باستخدام قرص ماسي بشكل عمودي على المحور الطولي للسن مع إبقاء 1 ± 1.4 ملم من الجذر للحفاظ على المدخل المستقيم. (Punjabi et al., 2017) الشكل (٣-١).

تم توحيد حجوم جذور الأسنان بقياس الأبعاد الأنسية الوحشية والدهليزية اللسانية عند مستوى فوهة القناة وعلى مسافة ٨ ملم ذرويا بواسطة مسطرة رقمية (Digital caliper (No.841-2518; RS PRO, Malaysia) على النحو التالي الشكل (٣-٢): (Topcuoğlu et al., 2012)

عند مستوى فوهة القناة: الأبعاد الأنسية الوحشية 0.3 ± 0.5 ملم، والأبعاد الدهليزية اللسانية 0.2 ± 0.6 ملم على مسافة ٨ ملم ذرويا: الأبعاد الأنسية الوحشية 0.2 ± 0.3 ملم، والأبعاد الدهليزية اللسانية 0.2 ± 0.9 ملم



الشكل (٣-٢): المسطرة الرقمية



الشكل (٣-١): عينة البحث

مرحلة تحضير العينة:

تم تحضير فوهة الدخول إلى الحجرة اللبية. ثم تم إدخال مبرد K-file قياس #١٠ ودفعه عمداً خارج الذروة لتحديد الطول العامل حيث حدد بإنقاص ١ ملم عن الثقبية الذروية. تم توسيع فوهات الأقنية باستخدام سنابل Gates Glidden #3 #4، يليها استخدام المبرد اليدوية K-file باتباع الطريقة التقليدية وفق قياسات متدرجة (#١٥-#٤٠) على كامل الطول العامل. تم الإرواء خلال التحضير باستخدام هيبوكلووريد الصوديوم بتركيز ٥.٢٥%، وبعد الانتهاء من التحضير تم الإرواء بالسالين يليه الغسل النهائي بـ ٣ مل EDTA تركيز ١٧% لإزالة طبقة اللطاخة. تم تجفيف الأسنان بالأقماع الورقية وتقسيمها لأربع مجموعات، كل منها تحوي ١٥ سن وزعت على النمط التالي:

المجموعة الأولى: تم تحضير الأقنية وتركها بدون حشو (مجموعة شاهدة Control Group).

المجموعة الثانية: تم حشو الأقنية بتقنية التكثيف الجانبي البارد (Lateral Condensation (LC).

المجموعة الثالثة: تم حشو الأقنية بتقنية التكثيف الحراري العمودي Warm Vertical Condensation (WVC).

المجموعة الرابعة: تم حشو الأقنية بتقنية التكثيف بالأصوات فوق الصوتية Ultrasonic Condensation (USC).

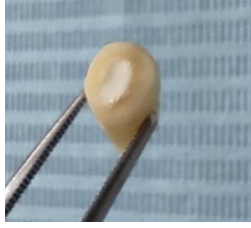
تم اختيار قمع الكوتابيركا الرئيسي لكل عينة بحيث يوافق قياس الأداة الأخيرة التي استخدمت في إنهاء تحضير الثلث الذروي، كما تم التأكد من انطباقه مع جدران القناة عن طريق ملاحظة مقاومة عند السحب (Tug-back).

الحشو بتقنية التكثيف الجانبي :

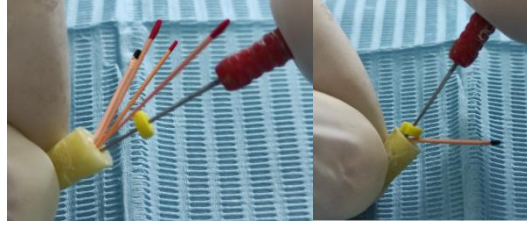
تم مزج معجون الحشو (أكسيد الزنك والأوجينول (ZOE) وتطبيقه ضمن القناة باستخدام البوربات، يليه إدخال القمع الرئيسي بعد أن وضع عليه معجون الحشو أيضاً.

تم التأكد من ملاءمة المكثفة الأولى لتكون أقصر ١-٢ ملم من الطول العامل المحضر، ثم وضع قمع ثانوي في الفراغ الذي شكلته المكثفة، وأعيدت الخطوات حتى توقفت المكثفة عن تجاوز الثلث التاجي للقناة الشكل (٣-٣).

ثم أزيلت الكوتابيركا الزائدة تحت مستوى فوهة القناة بـ ١ ملم وكتفت باستخدام مدك plugger محمي مناسب. تم إغلاق الحجرة اللبية باستخدام اسمنت فوسفات الزنك وحفظت العينة في المصل الفيزيولوجي الشكل (٣-٤).



الشكل (٣-٤): الدرجة الاسمنتية فوسفات الزنك



الشكل (٣-٣): التكتيف الجانبي للكوتابيركا

الحشو بتقنية التكتيف الحراري العمودي :

تم تطبيق معجون الحشو ZOE كما في تقنية التكتيف الجانبي ثم تم وضع القمع الرئيسي، يليه

استخدام جهاز

(DIA-PEN, Class II, KOREA, S\N:DP-10-0032) الشكل (٣-٥) بإدخاله ضمن القناة مع

تفعيله لمدة ١.٥-٢ ثانية حتى وصل إلى طول أقصر من الطول العامل ٥-٧ ملم، ثم تم إيقاف تفعيل الحرارة

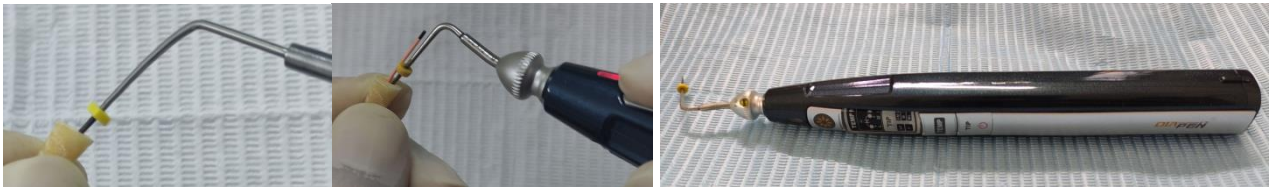
للسماح لرأس الجهاز كي يبرد مع الاستمرار بالضغط على الرأس باتجاه الذروة لمدة ٨ ثواني، يليه تفعيل الحرارة

لمدة 1-1.5 ثانية لإزالة الرأس وضمان انفصال الجزء الذروي عن الجزء التاجي من القمع الرئيسي. ثم كنف

الجزء الذروي من الكوتابيركا في القناة باستخدام مدك plugger يدوي الشكل (٣-٦). ثم تم تليين ودك قطع

صغيرة من الكوتابيركا بشكل متتالي ضمن القسم المتبقي من القناة لملئها حتى فوهتها، وتم إغلاق الحجرة اللبية

باستخدام اسمنت فوسفات الزنك وحفظت العينة في المصل الفيزيولوجي.



الشكل (٣-٦): تليين وقطع الكوتابيركا وتكثيفها عموديا

الشكل (٣-٥): جهاز DIA-PEN

الحشو بتقنية التكتيف بالأموح فوق الصوتية :

تم استخدام جهاز (Acteon Satelec P5 Newtron Ultrasonic/North America) مع

رأس فوق صوتي ED3 للتكتيف الجانبي الحراري بالأموح فوق الصوتية الشكل (٣-٧).

بعد تحضير الأقنية وتهيئتها للحشو واختيار القمع الرئيسي، تم تحديد طول دخول المكثفة فوق الصوتية

لتصل أقصر من الطول العامل بـ ٢ ملم، ثم أدخل القمع الرئيسي الذي اختير مسبقا مع معجون الحشو إلى

القناة كما في تقنية التكتيف الجانبي. تم وضع قمع الكوتابيركا الرئيسي على الطول العامل يليه تكتيف جانبي

بالمكثفات الإصبعية spreaders لقمعين آخرين.

بعد ذلك استخدمت المكثفة فوق الصوتية بإدخالها ضمن مركز كتلة الكوتابيركا وتنشيطها بطاقة

متوسطة دون إرواء مائي لمدة ١٠ ثوان مع تطبيق ضغط ذروي خفيف حتى تصل للمسافة المحددة سابقا

الشكل (٣-٨). ثم أخرجت ووضع قمع كوتابيركا إضافي ضمن الفراغ المتشكل، كررت العملية مع إنقاص

الطول بشكل تدريجي حتى امتلاء القناة. ثم أزيلت الكوتابيركا الزائدة تحت مستوى فوهة القناة بـ ١ ملم، وختمت الفوهة بواسطة اسمنت فوسفات الزنك ثم حفظت العينة في المصل الفيزيولوجي.



الشكل(٣-٧): جهاز ورأس التكتيف بالأتراسونيك

الشكل(٣-٨): تنشيط رأس الأتراسونيك لتكتيف الكوتابيركا

مرحلة صنع القوالب الاكريلية :

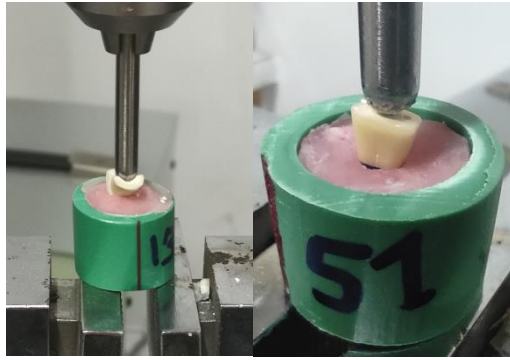
تم تجهيز قوالب بلاستيكية وملؤها بمادة الإكريل البارد لتشكيل اسطوانة ذات أبعاد (٢٠ ملم ارتفاع × ٢٠ ملم قطر) حيث وضعت جذور الأسنان بشكل عمودي فيها مع إبقاء ٨ ملم من الجزء التاجي خارجها. (Doumani et al., 2017; Punjabi et al., 2017; Topcuoğlu et al., 2012) تم ترقيم قوالب العينات وتلوينها لتمييزها (المجموعة الشاهدة-أخضر/ مجموعة التكتيف الجانبي البارد-أزرق/ مجموعة التكتيف بالأمواج فوق الصوتية-أصفر/ مجموعة التكتيف الحراري العمودي-أحمر) الشكل(٣-٩).



الشكل(٣-٩): العينة ضمن قوالب الإكريل

مرحلة الكسر العمودي :

تم فحص مقاومة الجذر للكسر باستخدام جهاز (Universal machine, Testometric m350 -10kn, Rochdale, England) الموجود في معهد البحوث الصناعية بدمشق الشكل (٣-١٠)، بحيث طبقت النهاية المخروطية ذات قطر ٤ ملم قوة عمودية وفق المحور الطولي للجذر بسرعة 1mm/min على سطح اسمنت فوسفات الزنك الذي سينقل القوة المطبقة بدوره لحشوة القناة وجذر السن حتى حدوث الكسر، ثم سجلت القوى اللازمة للكسر بوحدتي نيوتن في كل مجموعة الشكل (٣-١١).



الشكل (٣-١١): اختبار العينة



الشكل (٣-١٠): جهاز Universal machine لاختبار مقاومة الكسر العمودية

٤ - النتائج :

تم تطبيق اختبار ANOVA-one way المعياري للمقارنة بين المجموعات الأربعة وتم إيضاح النتائج في الجدول (٤-١). نلاحظ أن قيمة ($P\text{-Value} < 0.05$) و بالتالي يوجد فرق هام إحصائي بين اثنين على الأقل من المجموعات.

الجدول (٤-١): يوضح نتائج اختبار ANOVA - one way .

قيمة P-value	قيمة اختبار Fischer	الوسط الحسابي \pm الانحراف المعياري	العدد	العينة
0.013	3.908	125.98 \pm 790.76	15	Control
		118.20 \pm 669.82	15	LC
		167.83 \pm 678.06	15	US
		99.60 \pm 638.56	15	WVC

تم تطبيق اختبار LSD للمقارنة بين كل مجموعتين على حدة، وتم إيضاح النتائج بالجدول (٤-٢). أظهرت النتائج أن جميع المجموعات قد أدت إلى انخفاض ذو أهمية إحصائية في مقاومة الكسر العمودي للجذر مقارنة بالمجموعة الشاهدة حيث ($P\text{-Value} < 0.05$)، في حين لم تظهر نتائج اختبار LSD أي فرق هام إحصائياً بين المجموعات الثلاث الأخرى فيما بينها حيث ($P\text{-Value} > 0.05$).

الجدول (٤-٢): يوضح نتائج اختبار LSD للمقارنة بين كل مجموعتين على حدة .

مجال الثقة لفرق المتوسط عند ٩٥%	قيمة P-value	متوسط الفرق (عينة A - عينة B)	العينة	
			عينة B	عينة A
(216.26 - 25.61)	.014	120.94	LC X	Control
(208.02 - 17.37)	.021	112.70	US X	Control
(247.52 - 56.87)	.002	152.20	WVC X	Control
(87.08 - -103.56)	0.86	-8.24	US X	LC
(126.58 - -64.06)	0.51	31.26	WVC X	LC
(134.82 - -55.82)	0.41	39.50	WVC X	US

٥- المناقشة :

تضعف المعالجة اللبية بنية الأسنان وتجعلها عرضة للكسر بحسب (Sagsen et al., 2007). لذا قام الباحثون (Sagsen et al., 2007; Schäfer et al., 2007; Ulusoy et al., 2007) بفحص تأثير مواد وتقنيات حشو قناة الجذر المختلفة على مقاومة بنية السن المتبقية. مع ذلك، يوجد قدر كبير من التباين بين الدراسات؛ نتيجة اختلاف عوامل مؤثرة مثل: طرق الحفاظ على حالات الأسنان، وارتفاع جزء السن الذي يبقى خارج قاعدة الإكريل، والزوايا التي يوضع فيها السن داخل الإكريل، وطول وشكل الطرف الفولاذي. فكل دراسة أسفرت عن معلومات قيمة واستنتاجات مختلفة وفقاً لمتطلبات الدراسة (Apicella et al., 1999; Ulusoy et al., 2007). تم توحيد العوامل التي يمكن التحكم فيها قدر الإمكان. تم اختيار ضواحك سفلية وحيدة الجذر والقناة غير معالجة وخالية من التشوهات لمرضى ذوي أعمار متقاربة، حيث اعتمدت لكونها معرضة لكسر الجذر العمودي بشكل أكبر من باقي الأسنان (Cohen et al., 2006). تم تحضير جميع الأفنية باستخدام الأدوات اليدوية (باستدقاق ٢% حتى قياس #٤٠) كونها تقلل من إزالة العاج مقارنة مع الأدوات الدوارة (Acharya et al., 2020) كما أنها تقلل من تطبيق قوى الشد على العاج الجذري (Pawar et al., 2018)، مع مشاركة سنابل غيتس غليدين GG لتوسيع الثلث التاجي من القناة لتأمين شكل قنيوي مستدق يسمح باستخدام أدوات الحشو. أيضاً تم توحيد نوع المادة الحاشية المستخدمة أكسيد الزنك والأوجينول ZOE باعتبارها أكثر المواد الحاشية استعمالاً وليس لها تأثير على مقاومة الكسر للجذر. كما تضمنت الدراسة توحيد حجوم العينات ما أمكن عن طريق قياس الأبعاد الدهليزية اللسانية و الأنسية الوحشية الجذور في مستويين مختلفين (عند CEJ و عند ٨ ملم ذروياً من الملتقى) كما في دراسة (Topcuoğlu et al., 2012)، بينما في دراسات أخرى أقتصر أخذ الأبعاد عند مستوى واحد (CEJ) (Çobankara et al., 2002; Johnson et al., 2000).

يعتمد اختيار نوع تقنية الحشو على عدة عوامل منها: حجم القناة المحضرة، الشكل النهائي للتحضير ونمط الشذوذات ضمن القناة. يبقى العامل المهيمن هو تفضيل الطبيب (Torabinejad et al., 2020). تم اختيار تقنية الحشو بالتكثيف الجانبي كونها شائعة الاستخدام وتستخدم بأغلب الحالات السريرية، وتمنح إمكانية التحكم بالطول العامل خلال الحشو (Gilhooly et al., 2001; Torabinejad et al., 2020) ولا تتطلب

أجهزة أو معدات لتطبيقها؛ ولذلك فهي تعدُّ التقنية القياسية التي تقارن بها باقي تقنيات الحشو للنظام القنيوي الجذري (Anantula & Ganta 2011). إلا أنها لا تستطب في حالات الأفنية شديدة الانحناء أو الأفنية ذات الشذوذات كحالات الامتصاص الداخلي والذرى المفتوحة أو الشكل التشريحي المعقد. أبرز مساوى هذه التقنية أن أقماع الكوتابيركا لا تشكل كتلة واحدة متجانسة حيث تملأ الفراغات فيما بينها بالمادة الحاشية (Torabinejad et al., 2020).

تم اختيار تقنية التكتيف بالأموح فوق الصوتية US لكونها تجمع ما بين تقنيتي التكتيف الجانبي والتكتيف الحراري العمودي تحت مسمى تقنية التكتيف الجانبي الحراري، حيث تولد الاهتزازات فوق الصوتية حرارة تسبب في تليين ونشر المادة الحاشية ضمن تشعبات النظام القنيوي مما يؤمن ختما محكما ثلاثي الأبعاد وتسربا حفايا أقل مقارنة مع تقنية التكتيف الجانبي البارد (Baumgardner and Krell, 1990; Kuliid et al., 2010; Pagavino et al., 2006; Shemesh et al., 2010)، كما أنها تتطلب قوى أقل عند التكتيف مما يقلل خطر حصول كسر عمودي للجذر (Baumgardner and Krell, 1990). حديثا في عام ٢٠٢٠ قدم الباحث Y.S. CHO طريقة فريدة من نوعها لاستخدام الأمواح فوق الصوتية بالحشو القنيوي بخاصية الاهتزاز فوق الصوتي الهيدروديناميكي الحراري (VibraTHO technique) hydrodynamic حيث وصفها بأنها بسيطة، موفرة للوقت (١٠-١٥ ثانية لكل قناة)، آمنة (لا يتم تنشيط الرأس فوق الصوتي عميقا ضمن القناة لانتسبب ارتفاع بدرجة حرارة سطح الجذر) وقليلة التكلفة (تتطلب فقط استعمال رأس فوق صوتي وحيد مصمم هندسيا بشكل ملائم للقناة المراد حشوها لتنشيط وتليين وتكتيف المادة الحاشية) (Y.S. CHO., 2020).

تم اختيار تقنية التكتيف الحراري العمودي كونها من الطرق الحديثة وتحقق ختما ثلاثي الأبعاد للنظام القنيوي، خاصة في حالات الشذوذات التشريحية المعقدة كالامتصاص الداخلي والتشعبات ضمن النظام القنيوي (Parameswaran, 2021). إلا أنها أكثر تعقيدا من التقنيات السابقة حيث تتطلب مهارة بالاستخدام وتنوعا كبيرا بالأدوات، كما أنها أقل تحكما بالطول العامل وتتطلب تحضيرا أكثر للقناة للسماح بوصول الأدوات للعمق المطلوب (Peng et al., 2007; Torabinejad et al., 2020)، بالإضافة لتطبيق قوى هيدروليكية عند التكتيف مما يزيد خطر حصول كسر الجذر (Parameswaran, 2021).

تم اختيار نهاية الرأس المستخدم في القياس بتصميم دائري وقطر ٤ ملم وهو ما اعتمده بعض الدراسات كدراسة (Topcuoğlu et al., 2012) ودراسة (Shaheen et al., 2013). تم توجيه قوى الكسر بشكل عمودي حيث أظهرت العديد من الدراسات (Chen et al., 2000; De Souza et al., 2002; Lindemuth et al., 2000) أن تطبيق القوى بمحور عمودي موازي لمحور السن ينقل القوى بشكل موحد على طول محور الجذر.

مناقشة تأثير دور الحشو القنيوي على مقاومة انكسار الجذر :

خلصت هذه الدراسة وفي الظروف التي أجريت خلالها إلى أن جميع المجموعات قد أدت إلى انخفاض ذو أهمية إحصائية في مقاومة الكسر العمودي للجذر مقارنة بالمجموعة الشاهدة حيث P-Value (<0.05)، يعزى ذلك إلى أن الإجهادات الناجمة عن استخدام أدوات الحشو قد ساهمت في زيادة تشكل أو اتساع الصدوع المجهرية ضمن العاج مما قلل من مقاومة الجذور للكسر مقارنة مع المجموعة الشاهدة

(Adorno et al., 2013; Topcuoğlu et al., 2012). إذ تتطور هذه الصدوع لكسور خلال إجراءات إعادة المعالجة أو تحت التحميل الوظيفي طويل الأمد كالمضغ (Topcuoğlu et al., 2012).

اتفقت النتائج مع دراسة Adorno و زملاؤه عام ٢٠١٣ التي وجدوا فيها أن تشكل الصدوع يبدأ من التحضير بينما تلعب تقنيات الحشو دوراً في اتساعها (Adorno et al., 2013).

واتفقت مع دراسات أخرى أظهرت أن تقنية التكتيف الجانبي للكوتابيركا تسبب نشوء صدوع بجدران القناة الجذرية ترافقت مع زيادة حدوث الكسور العمودية نتيجة للشكل الاسفيني للمكثفة spreader والقوى المطبقة خلال عملية التكتيف الجانبي (Hammad et al., 2007; Shemesh et al., 2010, 2009; Tamse, 2006). واتفقت مع دراسة Lertchirakarn و زملاؤه عام ٢٠٠٢ حيث كانت أعظم قيم لحصول الكسر بالمجموعات التي تم حشوها (Lertchirakarn et al., 2002).

واتفقت مع دراسة Capar, I.D و زملاؤه عام ٢٠١٤ حيث شكلت مجموعة التكتيف الجانبي صدوعاً أكثر مقارنة مع مجموعة التحضير بدون حشو (Capar et al., 2015).

كما اتفقت مع دراسات أخرى وجدت أن التكتيف الجانبي يطبق ضغطاً ضمن القناة الجذرية ينجم عنه حصول إجهادات داخلية تسبب الكسر (Dang and Walton, 1989; Saw and Messer, 1995).

بينما اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع دراسة Topcuoğlu, H.S و زملاؤه عام ٢٠١٢ التي لم تجد فرقا إحصائياً هاماً بين المجموعات التي تم حشو الأقمية فيها والمجموعة بدون حشو؛ قد يعزى هذا الاختلاف لاستخدام معجون الحشو AH-26 والذي أظهر زيادة بمقاومة الكسر مقارنة مع معجون ZOE كما في دراسة Ulusoy و زملاؤه عام ٢٠٠٧ التي لاحظت زيادة مقاومة الكسر مقارنة بالمجموعة الشاهدة عند استخدام معجون الحشو AH-26 (Topcuoğlu et al., 2012; Ulusoy et al., 2007).

واختلفت مع دراسة Sagsen B و زملاؤه عام ٢٠٠٧ التي تبين فيها عدم وجود فرق هام بين المجموعة الشاهدة ومجموعات الحشو؛ قد يعزى لعدم وجود توزيع متساوي للعينة واستخدام معاجين حشو مغايرة (Sagsen et al., 2007).

كما اختلفت النتائج مع دراسة Punjabi, M و زملاؤه عام ٢٠١٧ حيث لم يكن هناك فرق بين المجموعة الشاهدة المحضرة ومجموعة الحشو الحراري بتقنية injection-molded thermoplasticized لنظام C-fill؛ قد يعزى ذلك لإجراء تحضير زائد لتسهيل إدخال رأس أداة حقن الكوتابيركا مما تسبب في إضعاف الجذر وتقليل مقاومة الكسر لكلا المجموعتين (Punjabi et al., 2017).

مناقشة تأثير نوع تقنية الحشو القنيوي على مقاومة انكسار الجذر :

خلصت الدراسة في الظروف التي أجريت خلالها إلى أن نتائج اختبار LSD أظهرت فرقا غير هام إحصائياً بين أنواع تقنيات الحشو المتبعة فقد كانت ($P\text{-Value} > 0.05$)، حيث سجلت تقنية التكتيف الحراري العمودي أدنى قيم المقاومة للكسر يليها تقنية التكتيف الجانبي ثم تقنية التكتيف بالأموح فوق الصوتية التي سجلت أعظم قيم مقاومة للكسر ضمن فروق بسيطة؛ قد يعزى السبب لعدم استخدام المدكات العمودية كما في تقنية WVC وقلّة الضغوطات المطبقة جانبياً كما في تقنية LC مما قلل من حصول الإجهادات ضمن القنيوية وبالتالي زيادة المقاومة للكسر العمودي.

اتفقت النتائج مع دراسة Mardini و Alhalabiah عام ٢٠٢٠ حيث لم يجدو فرقا هاما عند المقارنة ما بين تقنية التكتيف الموجي المستمر وتقنية التكتيف الجانبي وذلك مع استخدام معجون حشو أكسيد الزنك والأوجينول (Mardini and Alhalabiah, 2020).

اتفقت النتائج مع دراسة Shemesh, H وزملاؤه عام ٢٠١٠ لم يجدو فرقا هاما عند مقارنة تقنيتي التكتيف الجانبي والتكتيف الموجي المستمر مع استخدام معجون حشو AH-26 (Shemesh et al., 2010).

وافقت مع دراسات أخرى لم تجد فروقات ذات دلالة إحصائية هامة عند اختلاف تقنية الحشو (Apicella et al., 1999; Johnson et al., 2000; Teixeira et al., 2004).

وافقت مع دراسة Punjabi, M وزملاؤه عام ٢٠١٧ بسبب أن القوى التي طبقت على الجذور بكلا التقنيتين التكتيف الجانبي البارد والتكتيف الحراري العمودي تمت بواسطة المكثفات والمدكات pluggers التي تولد تأثير الاسفين ضمن القناة سواء عند التماس المباشر مع الجدران أو انتقال التأثير عبر الكوتابيركا كما في دراسة Tavanafar S وزملاؤه أيضا (Punjabi et al., 2017; Tavanafar et al., 2015).

بينما اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع دراسة Punjabi, M وزملاؤه عام ٢٠١٧، ومع دراسة Saw L-H و Messer HH عام ١٩٩٥ حيث قارنو مقدار القوة المطبقة بين تقنية التكتيف الجانبي و التقنيات الحرارية لنظامي obtura و thermafil فخلصو إلى أن أعظم القوى المطبقة كانت بتقنية التكتيف الجانبي وأقلها بنظام obtura، كما وجدو على وجه الخصوص أن أعظم قيم التأثير لدى استخدام التقنيات الحرارية كانت بالقسم التاجي بينما كانت قيم التأثير عالية بالقسم الذروي لدى استخدام تقنية التكتيف الجانبي (Punjabi et al., 2017; Saw and Messer, 1995).

٦- الاستنتاجات والتوصيات :

- ١- تقنيات الحشو (LC,WVC,US) تلعب دورا هاما في التأثير على مقاومة الكسر العمودي للجذر.
- ٢- لا يوجد دلالة إحصائية هامة فيما بين التقنيات المدروسة للتأثير على مقاومة الكسر العمودي للجذر.

٧- المراجع :

Acharya, N., Hasan, M.R., Kafle, D., Chakradhar, A., Saito, T., 2020. *Effect of hand and rotary instruments on the fracture resistance of teeth: an in vitro study*. Dentistry Journal 8, 38.

Adorno, C., Yoshioka, T., Jindan, P., Kobayashi, C., Suda, H., 2013. *The effect of endodontic procedures on apical crack initiation and propagation ex vivo*. International endodontic journal 46, 763–768.

Alkahtany, M.F., Almadi, K.H., Alahmad, F.A., Alshehri, A.M., AlSwayyed, A.A., AlZahrani, O.M., AlHadan, A., Almustafa, A.S., Vohra, F., Abduljabbar, T., 2021.

Influence of Root Canal Sealers and Obturation Techniques on Vertical Root Fracture Resistance. An In Vitro Experiment. Applied Sciences 11, 8022.

<https://doi.org/10.3390/app11178022>

Apicella, M.J., Loushine, R.J., West, L.A., Runyan, D.A., 1999. *A comparison of root fracture resistance using two root canal sealers*. International Endodontic Journal 32, 376–380.

Baumgardner, K.R., Krell, K.V., 1990. *Ultrasonic condensation of gutta-percha: an in vitro dye penetration and scanning electron microscopic study*. Journal of endodontics 16, 253–259.

Blum, J.-Y., Machtou, P., Micallef, J.-P., 1998. *Analysis of forces developed during obturations. Wedging effect: Part II*. Journal of Endodontics 24, 223–228.

Budd, C.S., Weller, R.N., Kulild, J.C., 1991. *A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques*. Journal of Endodontics 17, 260–264.

Bürklein, S., Hinschitzka, K., Dammaschke, T., Schäfer, E., 2012. *Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper*. International endodontic journal 45, 449–461.

Capar, I.D., Saygili, G., Ergun, H., Gok, T., Arslan, H., Ertas, H., 2015. *Effects of root canal preparation, various filling techniques and retreatment after filling on vertical root fracture and crack formation*. Dental Traumatology 31, 302–307.

<https://doi.org/10.1111/edt.12154>

Chen, R.-S., Liu, C.C., Cheng, M.R., Lin, C.P., 2000. *Bonded amalgam restorations: using a glass-ionomer as an adhesive liner*. Operative dentistry 25, 411–417.

Çobankara, F.K., Üngör, M., Belli, S., 2002. *The effect of two different root canal sealers and smear layer on resistance to root fracture*. Journal of Endodontics 28, 606–609.

Cohen, S., Berman, L.H., Blanco, L., Bakland, L., Kim, J.S., 2006. *A Demographic Analysis of Vertical Root Fractures*. Journal of Endodontics 32, 1160–1163.

<https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.07.008>

Dang, D.A., Walton, R.E., 1989. *Vertical root fracture and root distortion: Effect of spreader design*. Journal of Endodontics 15, 294–301. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(89\)80050-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(89)80050-0)

De Souza, G.D., Pereira, G.D., Dias, C.T., Paulillo, L.A., 2002. *Fracture resistance of premolars with bonded class II amalgams*. Operative Dentistry 27, 349–353.

Doumani, M., Abdulrab, S., Samran, A., Doumani, A., Layous, K., Özcan, M., 2017. *The Influence of Different Obturation Systems on the Fracture Resistance of Endodontically Treated Roots. An in Vitro Study*. Brazilian Dental Science 20, 6.

<https://doi.org/10.14295/bds.2017.v20i1.1348>

- DuLac, K.A., Nielsen, C.J., Tomazic, T.J., Ferrillo Jr, P.J., Hatton, J.F., 1999. *Comparison of the obturation of lateral canals by six techniques*. Journal of Endodontics 25, 376–380.
- Gilhooly, R.M., Hayes, S.J., Bryant, S.T., Dummer, P.M., 2001. *Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm α -phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology 91, 89–94.
- Hammad, M., Qualtrough, A., Silikas, N., 2007. *Effect of new obturating materials on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth*. Journal of Endodontics 33, 732–736.
- Huang, T.-J.G., Schilder, H., Nathanson, D., 1992. *Effects of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin*. Journal of endodontics 18, 209–215.
- Johnson, M.E., Stewart, G.P., Nielsen, C.J., Hatton, J.F., 2000. *Evaluation of root reinforcement of endodontically treated teeth*. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology 90, 360–364.
- Keçeci, A.D., Çelik Ünal, G., Şen, B.H., 2005. *Comparison of cold lateral compaction and continuous wave of obturation techniques following manual or rotary instrumentation*. International endodontic journal 38, 381–388.
- Kulild, J., Lee, C., Dryden, J., Collins, J., Feil, P., 2007. *A comparison of 5 gutta-percha obturation techniques to replicate canal defects*. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology 103, e28–e32.
- Lang, H., Korkmaz, Y., Schneider, K., Raab, W.H.-M., 2006. *Impact of Endodontic Treatments on the Rigidity of the Root*. J Dent Res 85, 364–368. <https://doi.org/10.1177/154405910608500416>
- Lertchirakarn, V., Timyam, A., Messer, H.H., 2002. *Effects of root canal sealers on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth*. Journal of Endodontics 28, 217–219.
- Lindemuth, J.S., Hagge, M.S., Broome, J.S., 2000. *Effect of restoration size on fracture resistance of bonded amalgam restorations*. Operative Dentistry 25, 177–181.
- Mardini, A., Alhalabiah, H., 2020. *Effect of different root canal preparation and obturation methods on roots fracture resistance of endodontically treated teeth*. (In vitro study). space 4, 5.
- Mohammed, H.K., Abd-alla, M.H., 2021. *The Effect of Ultrasonic Activation of Two Different Sealers on the Fracture Resistance of Obturated Root Canals*. Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology 15.
- Moreno, W., 1977. *Thermomechanically softened gutta-percha root canal filling*. Journal of Endodontics 3, 186–188.
- Nc, R., Basavanna, R., Gupta, D., 2014. *Influence of a Resin Based Root Canal Filling Material on Resistance to Fracture of Endodontically Treated Teeth: An in-vitro Study* 13, 5.
- Orstavik, D., 2020. *Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis*. John Wiley & Sons.
- Pagavino, G., Giachetti, L., Nieri, M., Giuliani, V., Russo, D.S., 2006. *The percentage of gutta-percha-filled area in simulated curved canals when filled using Endo Twinn, a new heat device source*. International endodontic journal 39, 610–615.

- Parameswaran, A., 2021. *Grossman's endodontic practice*. *Endodontology* 33, 118_326.
- Pawar, A.M., Pawar, M.G., Thakur, B., Banga, K.S., Luke, A.M., 2018. *Resistance to fracture of teeth instrumented using novel EndoStar E5 rotary versus ProTaper NEXT and WaveOne file systems*. *Journal of Conservative Dentistry: JCD* 21, 52.
- Peng, L., Ye, L., Tan, H., Zhou, X., 2007. *Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis*. *Journal of endodontics* 33, 106–109.
- Punjabi, M., Dewan, R., Kochhar, R., 2017. *Comparative evaluation of fracture resistance of root canals obturated with four different obturating systems*. *Journal of Conservative Dentistry* 20, 445. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_217_17
- Sagsen, B., Er, O., Kahraman, Y., Akdogan, G., 2007. *Resistance to fracture of roots filled with three different techniques*. *International endodontic journal* 40, 31–35.
- Salim, S., Feroze Raheem, D., Kumar, G.A., Ch, T., Mustafa, M., Vajpayee, A., 2019. *Ultrasonic in Endodontics*.
- Sandikci, T., Kaptan, R.F., 2014. *Comparative evaluation of the fracture resistances of endodontically treated teeth filled using five different root canal filling systems*. *Nigerian Journal of Clinical Practice* 17, 667–672.
- Saw, L.-H., Messer, H.H., 1995. *Root strains associated with different obturation techniques*. *Journal of Endodontics* 21, 314–320.
- Schäfer, E., Zandbiglari, T., Schäfer, J., 2007. *Influence of resin-based adhesive root canal fillings on the resistance to fracture of endodontically treated roots: an in vitro preliminary study*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 103, 274–279.
- Shaheen, N.A., Farag, A.M., Alhadainy, H.A., Darrag, A.M., 2013. *Fracture resistance of endodontically treated roots using different preparation–obturation combinations*. *Tanta Dental Journal* 10, 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.tdj.2013.08.008>
- Shashidhar, J., Shashidhar, C., 2014. *Gutta percha verses resilon: An in vitro comparison of fracture resistance in endodontically treated teeth*. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry* 32, 53.
- Shemesh, H., Bier, C.A.S., Wu, M.-K., Tanomaru-Filho, M., Wesselink, P.R., 2009. *The effects of canal preparation and filling on the incidence of dentinal defects*. *International endodontic journal* 42, 208–213.
- Shemesh, H., Wesselink, P.R., Wu, M.-K., 2010. *Incidence of dentinal defects after root canal filling procedures: Dentinal defects after root canal filling*. *International Endodontic Journal* 43, 995–1000. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01740.x>
- Tamse, A., 2006. *Vertical root fractures in endodontically treated teeth: diagnostic signs and clinical management*. *Endodontic topics* 13, 84–94.
- Tavanafar, S., Karimpour, A., Karimpour, H., Saleh, A.M., Saeed, M.H., 2015. *Effect of Different Instrumentation Techniques on Vertical Root Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth* 6.
- Teixeira, F.B., Teixeira, E.C., Thompson, J.Y., Trope, M., 2004. *Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material*. *The Journal of the American Dental Association* 135, 646–652.
- Telli, C., Gülkan, P., Raab, W., 1999. *Additional studies on the distribution of stresses during vertical compaction of gutta-percha in the root canal*. *British dental journal* 187, 32–37.

- Topcuoğlu, Hs., Arslan, H., Keles, A., Köseoglu, M., 2012. *Fracture resistance of roots filled with three different obturation techniques*. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal* e528–e532. <https://doi.org/10.4317/medoral.17518>
- Torabinejad, M., Fouad, A., Shabahang, S., 2020. *Endodontics e-book: Principles and practice, in: Endodontics E-Book: Principles and Practice*. Elsevier Health Sciences, pp. 324-325_331.
- TROPE, M., 2003. *The vital tooth—its importance in the study and practice of endodontics*. *Endodontic Topics* 5, 1–1.
- Ulusoy, Ö.İ.A., Genç, Ö., Arslan, S., Alaçam, T., Görgül, G., 2007. *Fracture resistance of roots obturated with three different materials*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 104, 705–708.
- Wu, M.-K., Van Der Sluis, L.W.M., Ardila, C.N., Wesselink, P.R., 2003. *Fluid movement along the coronal two-thirds of root fillings placed by three different gutta-percha techniques*. *International Endodontic Journal* 36, 533–540.
- Yan, W., Montoya, C., Øilo, M., Ossa, A., Paranjpe, A., Zhang, H., Arola, D.D., 2019. *Contribution of root canal treatment to the fracture resistance of dentin*. *Journal of endodontics* 45, 189–193.