مجلة جامعة حماة
سلسلة العلوم الطبية والصحية
المجلد الأول – العدد الأول - 2026

Journal of Hama University
Series of Medical And Health Sciences
vol.1 –No.1-2026

مقارنة تأثير نظام التحضير القنوي الدوراني وحيد المبرد XP-endo Rise مع نظام التحضير القنوي الدوراني متعدد المبارد Fury L60 في مقاومة العاج الجذري للكسر: دراسة مخبرية

د. احمد المخللاتي* أ.د. ختام المعراوي* أ.د. سامر إبراهيم**

(الإيداع: 8 حزيران 2026، القبول: 23 تموز 2026)

الملخص:

الهدف وخلفية البحث: تعتبر مرحلة التحضير القنوي من المراحل المحورية في المعالجة اللبية القنوية تمهيداً للقضاء على العضويات الدقيقة ضمن القناة الجذرية، إلا أن عملية تحضير القناة الجذرية والجهود الناجمة عنها ترتبط بتصميم أنظمة مبارد التحضير القنوي، حيث يمكن أن تؤثر سلباً في خصائص العاج الميكانيكية مما يؤهب لحدوث الكسر في الجذر المعالج.
الهدف من البحث: تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة تأثير نظام التحضير القنوي الأفعواني وحيد المبرد XP-endo Rise (XPE-Rise) مع نظام التحضير القنوي التقليدي متعدد المبارد Fury L60 في مقاومة العاج الجذري للكسر مع استخدام ضماد ماءات الكالسيوم داخل القنوي لمدة أسبوع أو دونه.
طرائق البحث: أجريت الدراسة على 40 أسطوانة عاجية تاجية مأخوذة من 40 ضاحكاً سفلياً وحيد الجذر والقناة، مكتمل الذروة وخالٍ من أية عيوب تطورية أو مرضية. قُسمت العينة بالتساوي إلى مجموعتين رئيستين بحسب نظام التحضير المستخدم: مج1- XPE-Rise، مج2- Fury L60، ثم قُسمت كل منها إلى مجموعتين فرعيتين حسب وجود ضماد ماءات الكالسيوم أو عدمه.
تم قص التيجان التشريحية للأسنان، ثم حُضّرت الأقنية الجذرية بواسطة نظامي التحضير وفقاً لتوصيات الشركات المصنعة، ثم أجريت مقاطع عرضية للحصول على أسطوانات عاجية تاجية متماثلة السماكة (5 ملم). طبق ضماد ماءات الكالسيوم في أقنية المجموعات المخصصة، بينما استقبلت المجموعات الأخرى المصل الفيزيولوجي. حضنت العينات بدرجة حرارة 37 مئوية لمدة 7 أيام، ثم تم تقييم مقاومة كل منها للكسر بواسطة جهاز الاختبارات الميكانيكية العام عبر تطبيق قوة عمودية متزايدة حتى تسجيل القيمة الدنيا المسببة للكسر العمودي لكل أسطوانة. ثم تم جمع البيانات وتحليلها إحصائياً باستخدام اختبار تحليل التباين ثنائي Two-way ANOVA عند مستوى دلالة 0.05.
النتائج: أظهرت النتائج عدم وجود فروق دالة إحصائياً بين نظامي XPE-Rise وFury L60 في قيم مقاومة الكسر للأسطوانات العاجية المدروسة وذلك سواء بتطبيق ضماد ماءات الكالسيوم لمدة أسبوع أو دون تطبيقه.
الاستنتاج: أن استخدام نظام التحضير القنوي الأفعواني XPE-Rise لم يؤثر في مقاومة العاج الجذري للكسر بالمقارنة مع نظام التحضير القنوي التقليدي متعدد المبارد Fury L60، سواء استخدم ضماد ماءات الكالسيوم أم لا.

الكلمات المفتاحية: مقاومة الكسر – العاج الجذري – XP-Endo Rise

* قسم مداواة الأسنان – كلية طب الأسنان – جامعة حماة.
** قسم الأحياء الدقيقة – كلية الطب البيطري – جامعة حماة.
*** قسم الأحياء الدقيقة – كلية الطب البيطري – جامعة حماة.

Journal of Hama University
Series of Medical And Health Sciences
vol.1 –No.1-2026

مجلة جامعة حماة
سلسلة العلوم الطبية والصحية
المجلد الأول – العدد الأول - 2026

Comparative Evaluation of the XP-endo Rise Single-File Rotary System versus the Fury L60 Multi-File Rotary System on the Fracture Resistance of Root Dentin: An In Vitro Study

Ahmad AlMukhallalati* Prof. Dr. Khitam Almoarrawi** Prof. Dr. Samer Ibrahim***

(Received: 24 June 2026, Accepted: 24 July 2026)

Abstract:

Background: Root canal shaping is considered a pivotal stage in endodontic treatment, paving the way for the elimination of microorganisms within the root canal. However, root canal preparation and the resulting stresses are related to the design of preparation file systems, which can negatively affect the mechanical properties of dentin, predisposing the treated root to fracture.

Aim of the study: This study aims to compare the effect of the serpentine single-file preparation system XP-endo Rise (XPE-Rise) with the conventional multi-file preparation system Fury L60 on the fracture resistance of radicular dentin, with or without the use of an intracanal calcium hydroxide medicament for one week.

Materials and Methods: The study was conducted on 40 coronal dentin cylinders derived from 40 single-rooted mandibular premolars with single canals, complete apices, and free of any developmental or pathological defects. The sample was divided equally into two main groups based on the preparation system used: G1: XPE-Rise, and G2: Fury L60. Each group was further divided into two subgroups based on the presence or absence of a calcium hydroxide intracanal medicament. The anatomical crowns of the teeth were sectioned, and the root canals were prepared using the two systems according to the manufacturers' recommendations. The roots were then sectioned to obtain uniform coronal dentin cylinders (5 mm in thickness). Calcium hydroxide intracanal medicament was applied to the canals of the designated groups, while the other groups received saline. The specimens were incubated at 37°C for 7 days. Afterward, the fracture resistance of each cylinder was evaluated using a universal testing machine by applying an increasing vertical force until fracture occurred, and the maximum load at fracture was recorded. Data were then collected and statistically analyzed using two-way ANOVA test at a significance level of 0.05.

Results: The results showed no statistically significant differences between the XPE-Rise and Fury L60 systems regarding the fracture resistance values of the studied dentin cylinders, whether a calcium hydroxide dressing was applied for one week or not.

Conclusion: It is concluded that the use of the serpentine single-file preparation system XPE-Rise did not affect the fracture resistance of radicular dentin compared to the conventional multi-file preparation system Fury L60, regardless of whether a calcium hydroxide intracanal medicament was used or not.

Keywords: Fracture Resistance – Radicular Dentin – XP-Endo Rise.

*Department of Operative and Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Hama University, Hama, Syria.
**Department of Operative and Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Hama University, Hama, Syria.
***Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Hama University, Hama, Syria.

1- المقدمة:

يعتمد نجاح المعالجة اللبية القنوية قصير وطويل الأمد على تحقيق توازن دقيق بين هدفين متكاملين، الأول حيوي: يتمثل في السيطرة على المحتوى الجرثومي داخل منظومة القناة الجذرية، لمنع تشكل أو كبح الاستجابات المناعية والالتهابية في النسج حول الذروية، والآخر ميكانيكي: يتمثل في المحافظة قدر الإمكان على البنى السنية وخصائصها الفيزيائية خلال مراحل التحضير والتطهير القنوي والترميم النهائي، للسماح للسن المعالج بتبديد وتحمل القوى الإطباقية الماضغة اليومية تجنباً لحدوث الفشل الميكانيكي الشديد المتمثل في الكسر العمودي (Mehta et al., 2025).
يعرّف الكسر العمودي بأنه كسر طولي غير مكتمل للجذر يتضمن الملاط والعاج والحيز اللبي (Patel et al., 2025)، ويحمل هذا النوع من الكسور إنذاراً سيئاً للغاية، حيث يُعد القلع الإجراء المستطب الوحيد المتاح في الأسنان وحيدة القناة؛ وذلك للحد من الامتصاص العظمي المتسارع والالتهاب الحاد الذي قد يعقّد أو يؤخّر إجراءات التعويض السني لاحقاً (Patel et al., 2022). وتؤكد الدراسات التراجعية خطورة هذه الظاهرة؛ حيث أشار Yoshino وزملائه إلى أن 31% من حالات قلع الأسنان تعود أسبابها لوجود الكسر العمودي، وأن الغالبية العظمى من الأسنان المقلوعة لوجود كسر عمودي كانت معالجة لبياً (93.6%) (Yoshino et al., 2015). وهو ما أشارت إليه دراسة Sugaya وزملاؤه التراجعية التي تناولت 304 اسنان مقلوعة ووجدت أن 97% من تلك الأسنان كانت قد خضعت لمعالجات لبية سابقة (Sugaya et al., 2015).

يرتبط حدوث الكسر العمودي بتضافر العديد من العوامل، منها ما هو متعلق بالمريض: كالتشريح الجذري للسن وخصائصه البنيوية وموقعه ضمن القوس السنية والحمية الغذائية والعمر، ومنها ما هو مرتبط بإجراءات المعالجة اللبية: كمقدار الإزالة المادية للنسج السنية في سياق التشكيل القنوي والإجهادات المطبقة خلال هذه المرحلة بواسطة مبارد التشكيل اليدوية والآلية والتعرض المطول لسوائل التطهير القنوية والضمادات داخل القنوية، والاستخدام الخاطئ للأوتاد الجذرية (Patel et al., 2022). وقد حددت الدراسات أن مستوى الإجهاد المطبق على العاج خلال مرحلة التشكيل القنوي يعتمد بصورة مباشرة على خصائص على خليطة المبارد المستخدمة ومقاطعها العرضية وإعدادات عزم الدوران وعدد الدورات ونمط الحركة (Kim et al., 2010). كما أنه من المرجح أن تصميم المبرد الهندسي يؤثر في القوى المطبقة على العاج الجذري أثناء التحضير القنوي، وعدد مرات إدخاله وتماسه مع العاج يسبب إجهادات تتركز لتسبب شقوقاً أو صدوعاً عاجية مجهرية (Kim et al., 2008). إذ يمكن لإجراءات التحضير أن تُحدث شقوقاً دقيقةً نتيجة تراكم الإجهاد اللحظي على العاج مما يزيد من عدد أو حجم الصدوع العاجية المتشكلة والتي تؤهب لاحقاً إلى تشكل كسر الجذر العمودي (Patel et al., 2025, Adorno et al., 2013)

وفي إطار السعي لتقليل هذه الإجهادات، قدمت شركة FKG نظام XP-Endo Shaper عام 2016، المعتمد على خليطة Maxwire بتصميمه الأفعواني الذي يسمح بالتكيف مع التغيرات الطبوغرافية المعقدة للقناة الجذرية. تم تقديم نظام XP-endo Rise Sequence (XPE-Rise) عام 2022 كتطوير عن النظام السابق بهدف تبسيط بروتوكول العمل وتقليل عدد الإدخالات القنوية، حيث استبدلت الحاجة لاستخدام للمبرد اليدوي #15 بمبرد XP-endo Rise Glider (XPE-Rise-G) لإنجاز الممر الآمن، يليه مبرد التشكيل XP-endo Rise Shaper (XPE-Rise-S) الذي يتمتع برأس سداسي الوجوه وتصميم غير مركزي يسمح بالتكيف مع الطبوغرافية الداخلية للقناة الجذرية وبالتالي المحافظة على النسج السنية كما تدعي الشركة المصنعة (FKG Dentaire SA, 2022). كما تشير الشركة المصنعة أن هذا التصميم يقلل من نقاط التماس مع العاج الجذري في كل دورة، مما يخفف من تركيز الجهود المطبقة ويسمح بتحقيق قياس ذروي 30# واستدقاق 4% بجهد ميكانيكي أقل (FKG Dentaire SA, 2022).
ومن زاوية أخرى، وضمن فئة الأنظمة الدورانية مخروطية الشكل متعددة المبارد ذات الاستدقاق الثابت، قدمت شركة Medico نظام Fury L60 متعدد المبارد، الذي يتميز بمقطع عرضي مشابه للحرف S يهدف بحسب الشركة المصنعة إلى تحقيق توازن بين فعالية القطع والمرونة الميكانيكية (Mighty Medico Co., Ltd., 2022). كما يتميز بوجود حافة مشطوبة متبدلة (Alternating Flat Surface Design) تقلل من الكتلة المعدنية في المركز مما يسهم في تقليل الإجهادات المطبقة على العاج ويمنع انحشار المبارد داخل القناة أثناء عملية التحضير (Screw-in effect) كما تدعي الشركة المصنعة. (Mighty Medico Co., Ltd., 2022)
وبناءً على هذا الاختلاف الجوهري بين هذين التصميمين الهندسيين؛ النظام الدوراني الأفعواني اللامركزي (XPE-Rise)، ونظام المبارد المتعددة ثابت الاستدقاق (Fury L60)، فإن التأثير الميكانيكي الفعلي للمقارنة المباشرة بينهما في مقاومة العاج الجذري للكسر ما يزال يفتقر إلى التقييم في الأدبيات الطبية، وخاصة عند تداخلهما مع بروتوكولات التطهير الشائعة كتطبيق ضماد ماءات الكالسيوم داخل القنوي. ومن هنا تبرز أهمية هذا البحث ليكون بحسب حدود علم الباحثين الدراسة الأولى التي تتقصى التأثير الميكانيكي والكيميائي المتآزر المشترك في مقاومة العاج الجذري للكسر لنظام التحضير الأفعواني وحيد المبرد XPE-Rise بالمقارنة مع النظام متعدد المبارد ثابت الاستدقاق Fury L60.

2- أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى:

1- تقييم تأثير نظام التحضير الآلي الأفعواني وحيد المبرد (XPE-Rise) بالمقارنة مع نظام التحضير الآلي الدوراني المخروطي المستدق متعدد المبارد (Fury L60) في مقاومة الكسر للعاج الجذري.

2- تقييم التأثير التداخلي بين نوع نظام التحضير القنوي المستخدم (XPE-Rise - Fury L60) وتطبيق ضماد ماءات الكالسيوم لمدة أسبوع في مقاومة الكسر للعاج الجذري.

- **فرضيات العدم:**

1- **H_{0-1}**: قيم الكسر للأسطوانات العاجية في المجموعات المدروسة تخضع للتوزع الطبيعي.

2- **H_{0-2}**: يوجد تجانس في تباينات قيم الكسر للأسطوانات العاجية في المجموعات المدروسة.

3- **H_{0-3}**: لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسطات قيم الكسر للأسطوانات العاجية تعزى لنوع نظام التحضير المستخدم (Fury L60 – XPE-Rise).

4- **H_{0-4}**: لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسطات قيم الكسر للأسطوانات العاجية تُعزى لاستخدام ضماد ماءات الكالسيوم داخل القنوي لمدة أسبوع.

5- **H_{0-5}**: لا يوجد تأثير تداخلي (تفاعلي) ذو دلالة إحصائية بين نوع نظام التحضير القنوي (Fury L60- XPE-Rise) واستخدام ضماد ماءات الكالسيوم لمدة أسبوع في قيم الكسر للأسطوانات العاجية.

- **الفرضيات البديلة:**

- **H_{1-1}**: قيم الكسر للأسطوانات العاجية في المجموعات المدروسة لا تخضع للتوزع الطبيعي.
- **H_{1-2}**: لا يوجد تجانس في تباينات قيم الكسر للأسطوانات العاجية في المجموعات المدروسة.
- **H_{1-3}**: توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسطات قيم الكسر للأسطوانات العاجية تعزى لنوع نظام التحضير المستخدم (Fury L60 – XPE-Rise).
- **H_{1-4}**: توجد فروق ذات دلالة إحصائية في متوسطات قيم انهيار الأسطوانات العاجية تعزى لاستخدام ضماد ماءات الكالسيوم داخل القنوي لمدة أسبوع.
- **H_{1-5}**: يوجد تأثير تداخلي (تفاعلي) ذو دلالة إحصائية بين نوع نظام التحضير القنوي (Fury L60- XPE-Rise) واستخدام ضماد ماءات الكالسيوم لمدة أسبوع في قيم الكسر للأسطوانات العاجية.

3- مواد وطرائق البحث:

- **مواد البحث:**

أ- عينة البحث:

تألفت عينة البحث من 40 أسطوانة عاجية مأخوذة من 40 ضاحكاً سفلياً وحيد الجذر والقناة قلع حديثاً لأسباب تقويمية، نظفت الضواحك المقلوعة من البقايا النسيجية بأداة التقليح اليدوية (U 15)، وعقمت بغمرها بالفورمالين 10% لمدة أسبوعين بحسب توصيات دراسة Salem-Milani وزملاؤه (Salem-Milani et al., 2015)؛ لتحفظ بعد ذلك في المصل الفيزيولوجي المعقم لحين الاستخدام. خضعت كل منها لمعايير الإدخال والإخراج التالية:

- معايير الإدخال:

1- أن يكون السن خالياً من أي امتصاص داخلي أو خارجي.

2- أن يكون قياس قطر الذروة 0.25 ملم على الأكثر وأن تكون الذرى مكتملة.

- معايير الإخراج:

1- يحتوي السن على ترميمات أو نخور نافذة جذرية أو تاجية.

2- تزيد درجة انحناء القناة عن 15 درجة.

3- يحتوي على تكلسات أو أي حصيات لبية.

ب- المواد المستخدمة:

نظام التحضير الآلي XPE-Rise (FKG, Switzerland)، نظام التحضير الآلي Fury L60 (Mighty Medico, China) ، هيبوكلوريت الصوديوم 5.25% شهباكلور (شهباميد، سوريا)، EDTA (الفارس، سوريا) مبارد يدوية (Mani, Japan)، رؤوس ارواء غوج 30 (UDG, China)، سرنغات 5 مل (صناعة محلية)، أقماع ورقية 30 A4% (Rogin, China)، مبارد يدوية (Mani, Japan)، أقراص ماسية C01 بسماكة 200 ميكرون (StarDent, China)، مطاط قاسي ومسرع (BMS, Italy)، ترميم مؤقت Dentine-paste (Vladmiva, Russia).

الأجهزة والبرمجيات المستخدمة في البحث:

جهاز الاختبارات الميكانيكية العام المعتمد في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية-جامعة دمشق، جهاز التحضير الآلي E-Value E (Eighteeth, China)، جهاز تفعيل الإرواء الصوتي، البياكوليس الرقمي، الحاضنة الحرارية Heraeus (Heraeus, Germany)، برنامج SPSS Statistics 27 (IBM, USA).

الصورة رقم 1: A. نظام التحضير XPE-Rise، **B.** نظام التحضير Fury L60 **(الباحث)**

- طرائق البحث:

حدد حجم العينة المدروسة تبعا لدراسة Jahangeer المشابهة **(**Jahangeer et al., 2025**)** بالاعتماد على برنامج G*Power 3.1.9.7 التي بين أن حجم المجموعة الواحدة ينبغي أن يكون 10 مفردات لتكون الدراسة ذات قوة 80% عند مستوى دلالة 0.05.

3-1- توزيع العينة:

قسمت العينة عشوائياً إلى مجموعتين رئيستين تبعاً لنظام التحضير القنوي المستخدم (XPE-Rise – Fury L60)، وقسمت كل مجموعة أساسية عشوائياً إلى مجموعتين فرعيتين مع وبدون تطبيق ضماد ماءات الكالسيوم داخل القناة.

مج1: **XPE-Rise (n=20)**: مج1-أ: مع تطبيق ضماد ماءات الكالسيوم **(n=10)**

مج1-ب: دون تطبيق ضماد ماءات الكالسيوم (مجموعة المصل الفيزيولوجي) **(n=10)**

مج2: **Fury L60 (n=20)**: مج2-أ: مع تطبيق ضماد ماءات الكالسيوم **(n=10)**

مج2-ب: دون تطبيق ضماد ماءات الكالسيوم (مجموعة المصل الفيزيولوجي) **(n=10)**

3-2- التشكيل القنوي للأسنان:

تم قص تيجان الأسنان التشريحية بقرص ماسي ذو سماكة 200 ميكرون تحت التبريد المستمر، وأزيلت الرفوف العاجية، إن وُجدت بواسطة رؤوس الأمواج فوق الصوتية. تم حساب الطول العامل للأسنان بإدخال مبرد K10 حتى خروجه من الثقبة الذروية ثم طرح 1 ملم من ذلك القياس، ليتم بعد ذلك البدء بمرحلة التشكيل القنوي وفقاً لتعليمات الشركة المصنعة لكل نظام تحضير آلي مستخدم:

- **XPE-Rise Sequence**: تأمين الممر الآمن بواسطة مبرد XPE-Rise-G (سرعة: 1000 دورة.د$^{-1}$، عزم:1 نيوتن.سم$^{-1}$) بإدخاله حتى الوصول إلى الطول العامل، ليتلو ذلك تطبيق 2-3 حركات دخول وخروج انسحابية سريعة قصيرة السعة قبل إخراجه من القناة الجذرية. وبعد الإرواء البيني بهيبوكلوريت الصوديوم 5.25% واستعادة القناة بمبرد K 10 أجري التشكيل القنوي باستخدام المبرد الأفعواني XPE-Rise-S (سرعة: 1000 دورة.د$^{-1}$، عزم:1 نيوتن.سم$^{-1}$) عبر إدخاله حتى

الوصول إلى الطول العامل بحركات دخول وخروج انسحابية متتابعة وتدريجية في عمق الدخول حتى الوصول إلى الطول العامل. علماً أن حركات التشكيل المجراة لم تتجاوز في عددها الـ 8 حركات لكون الضواحك واسعة القناة وحديثة القلع، كما اقتصر استخدام المبرد الواحد لتحضير 8 أقنية كحد أقصى قبل استبداله بمبرد جديد، وذلك بحسب تعليمات الشركة المصنعة (FKG Dentaire SA, 2022).

- **Fury L60**: باختصار، تم اتباع التسلسل التدريجي الآتي في التشكيل القنوي بواسطة المبارد المضمنة ضمن كيت التحضير:

تحقيق الانفتاح التاجي بمبرد التوسيع Open File- (سرعة: 350 دورة.د$^{-1}$، عزم: 2.0 نيوتن.سم$^{-1}$) تأمين الممر الانسيابي بواسطة Path File- 30/4 -25/4-20/4 (سرعة: 350 دورة.د$^{-1}$، عزم: 2.0 نيوتن.سم$^{-1}$) ، مع استعادة القناة بين كل مبرد تحضير آلي بواسطة مبرد يدوي K10 والإرواء البيني. وقد استخدم كل مبرد لتحضير 8 أقنية كحد أقصى قبل استبداله بآخر جديد.

تم توحيد حجم سائل الإرواء الكلي المستخدم في مراحل التشكيل القنوي بين نظامي التحضير ليكون 5 مل. كما أن مدة التحضير القنوي والتلامس بين سائل هيبوكلوريت الصوديوم والعاج الجذري لكلا نظامي التحضير لم تتجاوز خمس دقائق لكل عينة. وبعد انتهاء مرحلة التحضير الميكانيكية مُلئت الأقنية بسائل هيبوكلوريت الصوديوم 5.25% وتم تفعيله لمدة 30 ثانية بواسطة الأمواج الصوتية، ثم غسلت القناة بالمصل الفيزيولوجي، ثم نقعت القناة بالـ EDTA 17% لمدة دقيقة دون تنشيط، لتغسل القناة أخيراً بالمصل الفيزيولوجي وتجفف بالأقماع الورقية.

3-3- الحصول على الأسطوانات العاجية المدروسة (مفردات العينة) وتحضيرها:

أجريت مقاطع عرضية في كل ضاحك سفلي باستخدام أقراص ماسية بسماكة 200 ميكرون لاستخراج أسطوانة عاجية تاجية من كل ضاحك سفلي بسماكة 5 ملم ±0.02 ملم خصصت لاختبار مقاومة الكسر. ثم وُضعت في قوالب من المطاط القاسي ووزعت بحسب المجموعات الفرعية المدروسة، ليتم حفظها في علب محكمة الإغلاق ضمن الحاضنة الحرارية عند درجة حرارة 37° م وبنسبة رطوبة 100% لمدة أسبوع كامل (**الصورة 2**).

4-3- قياس مقاومة الكسر:

الصورة رقم 2: A. الأسطوانات العاجية في القوالب، **B.** العينات في الحاضنة الحرارية **(الباحث)**

بعد انتهاء فترة الحضن، غسلت محتويات الأقنية بالمصل الفيزيولوجي وجففت، ثم وضعت الأسطوانات العاجية على قاعدة جهاز الاختبارات الميكانيكية العام Universal Testing Machine (Testometric Co. Ltd., Rochdale, UK) المعتمد في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق، ووضع الرأس العمودي الناقل إسفيني الشكل على سطح كل أسطوانة عاجية ممتداً في الاتجاه الدهليزي-اللساني على سطح العينة لتطبق بعد ذلك حمولة متزايدة بسرعة 1مم/دقيقة حتى تسجيل أدنى قيمة كسر لكل أسطوانة عاجية في كل من المجموعات المدروسة (**الصورة 3**).

الصورة رقم 3: اختبار مقاومة الكسر**(الباحث)**

4-النتائج والتحاليل الإحصائية:

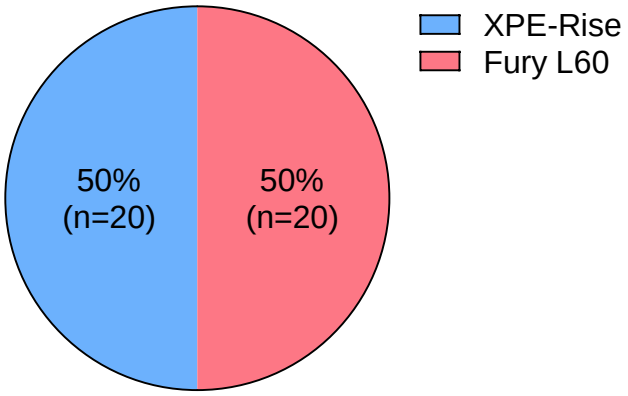
تم جمع البيانات وتحليلها اعتماداً على برنامج SPSS الإحصائي إصدار 27، حيث تم اعتماد مستوى معنوية عند 0.05 بالنسبة لجميع الاختبارات.

- توزيع العينة:

تألفت عينة البحث من 40 ضاحكا سفليا وحيد الجذر والقناة مقلوعة حديثاً، قسمت العينة إلى مجموعتين أساسيتين بحسب نظام التحضير القنوي المستخدم (XPE-Rise وFury L60) قُسّم كل منها إلى مجموعتين فرعيتين اثنتين وفقاً لتطبيق ضماد ماءات الكالسيوم أو عدم تطبيقه (المصل الفيزيولوجي)، وكان توزع الأسنان في عينة البحث كما يلي:

الجدول رقم (1): يبين توزيع العينة وفقاً لنظام التحضير القنوي المستخدم:

نظام التحضير القنوي	عدد الأسطوانات العاجية			النسبة المئوية
	مع تطبيق ضماد ماءات الكالسيوم	دون تطبيق ضماد ماءات الكالسيوم	المجموع	
XPE-Rise	10	10	20	50%
Fury L60	10	10	20	50%
المجموع	20	20	40	100%



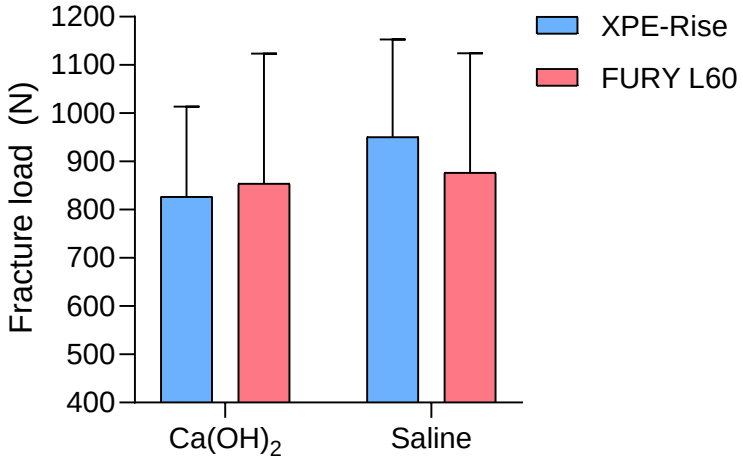
المخطط رقم 1: النسبة المئوية لتوزيع عينة البحث وفقاً لنظام التحضير القنوي المستخدم.

مقاومة الكسر للأسطوانات العاجية المدروسة:

- **الإحصاء الوصفي:**

الجدول رقم (2): يبين الإحصاء الوصفي لقيم كسر الأسطوانات العاجية وفقاً لنظام التحضير القنوي المستخدم.

المتغير المدروس: قيم كسر الأسطوانات العاجية وفقاً لنظام التحضير القنوي المستخدم.						
نظام التحضير القنوي	ضماد ماءات الكالسيوم داخل القنوي	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
XPE-Rise	مع	827.3	186.66	59.0	549	1074
	بدون (المصل الفيزيولوجي)	951.1	201.96	63.86	715	1302
Fury L60	مع	854.0	269.98	85.37	462	1241
	بدون (المصل الفيزيولوجي)	876.8	247.53	78.27	589	1480



المخطط رقم 2: يبين متوسطات قيم مقاومة الكسر للأسطوانات العاجية تبعاً لكل نظام تحضير قنوي (نيوتن).

- **الإحصاء التحليلي:**

1- اختبار طبيعة توزع البيانات واختبار تجانس التباين:

تم إجراء اختبار كولموغروف-سميرنوف Kolmogorov-Smirnov لتحديد طبيعة توزع قيم مقاومة الكسر في مجموعات الدراسة، وأظهرت النتائج أن قيمة مستوى الدلالة أكبر من 0.05 في جميع المجموعات، وبالتالي نقبل فرضية العدم **H_{0-1}**، أي أن قيم المجموعات المدروسة تخضع للتوزع الطبيعي وذلك عند مستوى ثقة 95%.

كما تم إجراء اختبار ليفين Levene's test للتحقق من شرط تجانس التباين بين المجموعات المدروسة، حيث بلغت قيمة ليفين الإحصائية 0.747 بمستوى الدلالة قدره 0.531 (أي أكبر من 0.05) وبالتالي نقبل فرضية العدم **H_{0-2}**، أي ان هناك تجانس في التباين بين المجموعات المدروسة.

2- اختبار تحليل التباين الثنائي Two-way ANOVA:

نظرا لتحقق شروط الاختبارات المعلمية (التوزع الطبيعي للبيانات وتجانس التباين)، تم استخدام اختبار تحليل التباين ثنائي الجانب لدراسة تأثير كل من نظام التحضير القنوي المستخدم (XPE-Rise -Fury L60) وتطبيق ضماد ماءات الكالسيوم داخل القنوي لمدة أسبوع، بالإضافة إلى التفاعل بين كلا العاملين، في قيم مقاومة كسر الأسطوانات العاجية:

الجدول رقم (3): يبين نتائج اختبار Two-way ANOVA لدراسة معنوية الفروق بين متوسطات قيم مقاومة الكسر ضمن متغيري نظام التحضير القنوي والضماد داخل القنوي المستخدم:

المتغير المدروس: قيم كسر الأسطوانات العاجية						
مصدر التباين	مجموع المربعات (Type III)	درجات الحرية	المتوسط التربيعي	F	قيمة مستوى الدلالة	الدلالة الإحصائية
نظام التحضير القنوي	5664.4	1	5664.4	0.108	0.744	غير دال إحصائياً
الضماد القنوي	53728.9	1	53728.9	1.0	0.318	غير دال إحصائياً
التفاعل (نظام التحضير * الضماد القنوي)	25502.5	1	25502.5	0.486	0.49	غير دال إحصائياً
الخطأ	1888194.6	36	52449.8	-	-	-
المجموع المصحح	1973090.4	39	-	-	-	-

-يبين الجدول رقم (3) أن قيم مستوى الدلالة (P-Value) لكل من نظام التحضير، وجود الضماد داخل القنوي، والتفاعل بينهما كانت جميعها أكبر من 0.05. وبناء عليه نقبل فرضيات العدم H_{0-3} و H_{0-4} و H_{0-5}، التي تنص **على عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية** في متوسطات مقاومة كسر الأسطوانات العاجية تُعزى لنوع نظام التحضير القنوي المستخدم في الدراسة أو لاستخدام ضماد ماءات الكالسيوم داخل القنوي لمدة أسبوع، كما لا يوجد تأثير تداخلي (Interaction) معنوي بين هذين المتغيرين.

5- المناقشة:

مناقشة فكرة البحث:

يعتبر مبدأ المحافظة على النسج الجذرية أحد أهم أهداف المداواة اللبية الحديثة، حيث ترتبط السلامة البنيوية للأسنان المعالجة لبياً ارتباطاً مباشراً بالكمية المتبقية من النسج السنية وسلامتها البنيوية (Bohra et al., 2025). وفي حين أن معدلات بقاء الأسنان (Survival rate) تكون مرتفعة في البداية بعد المعالجة اللبية (Salehrabi and Rotstein, 2004) ، إلا أن خطر تعرضها للكسر يزداد مع مرور الوقت (Adorno et al., 2013) ، ويعزى هذا الخطر المتزايد بشكل أساسي إلى ارتفاع مستويات الإجهاد الميكانيكي في العاج الناتج عن إجراءات التشكيل القنوي (Tang et al., 2010).

تتمحور فلسفة استخدام المبرد الأفعواني المفرد ذي الاستدقاق الصفري حول تقليل الجهود الجانبية المطبقة على العاج (FKG Dentaire SA, 2022)، وذلك بعيدا عن التصميم المركزي للأنظمة التقليدية ذات المبارد المتعددة الذي من شأنه احداث شقوق مجهرية بشكل أكبر من استخدام المبارد المعالجة حرارياً ذات المبرد الواحد (Elshinawy, 2019).

مناقشة المواد والطرائق:

تم استخدام أسطوانات عاجية مأخوذة من ضواحك سفلية وحيدة الجذر والقناة، بشكل مشابه لدراسة Amonkar وزملاؤه (Amonkar et al., 2021) وذلك لمحاولة السيطرة على المتغير التشريحي قدر الإمكان. كما تم أخذ هذه الأسطوانات من الثلث التاجي للجذر لكونه الثلث الأكثر ثباتاً وتكرارية بين الاسنان واستقامته وخلوّه من الانحناءات. كما تم دراسة تأثير أنظمة التحضير القنوي في مقاومة العاج للكسر ضمن متغير استخدام ضماد ماءات الكالسيوم، والذي يُعد من أكثر الضمادات داخل القنوية شيوعاً واستخداماً بين الجلسات العلاجية لزيادة التطهير القنوي (Hegde et al., 2023)، يهدف ذلك إلى تحري ما إذا كان هناك تأثير تآزري بين الإجهادات المسببة بأنظمة التحضير القنوي المختلفة وتطبيق ضماد ماءات الكالسيوم لمدة أسبوع، وهي الفترة الزمنية الأكثر عملية وشيوعاً بين ممارسي المداواة اللبية، والتي تسمح بتحرر شوارد الهيدروكسيل الفعالة والمضادة للجراثيم (Kim and Kim, 2014) .

مناقشة نتائج البحث:

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق دالة إحصائياً في مقاومة الأسطوانات العاجية للكسر بين نظام XPE-Rise الأفعواني ذي المبرد المفرد ونظام Fury L60 متعدد المبارد وذلك عند مستوى ثقة 95%، يمكن تفسير هذه النتيجة بأن اتباع التسلسل التدريجي المتتابع للمبارد المتعددة يمكن أن يساهم في توزيع حمل القطع الميكانيكي على مراحل متعاقبة، مما يمكن أن يؤدي في النهاية إلى تكافؤ النتيجة ميكانيكياً من حيث المحصلة النهائية لمقاومة الكسر مع استخدام المبرد اللامركزي الأفعواني المفرد XPE-Rise.

تتوافق هذه النتيجة مع دراسة Jetty وزملاؤه (Jetty et al., 2025) التي قارنت بين أنظمة التحضير الآلية المفردة والمتعددة المبارد التالية (One curve-XP-endo Shaper- Protaper NEXT) وخلصت إلى عدم وجود فروق دالة احصائياً في مقاومة الأسنان للكسر باستخدام أيٍّ من أنظمة التحضير المذكورة.

في المقابل، تختلف نتائج هذه الدراسة مع دراسة Bohra وزملاؤه (Bohra et al., 2025) التي وجدت أفضلية في مقاومة الأسنان للكسر عند استخدام مبرد XP-Endo Shaper مقارنة بنظام Jizai متعدد المبارد ثابت الاستدقاق ونظام ProTaper Ultimate المتعدد ذي الاستدقاق المتغير، ويمكن أن يعزى هذا الاختلاف الى تباين قياسات التحضير القنوية والاستدقاقات بين المجموعات المدروسة في تلك الدراسة، حيث تم استخدام قياس 30# باستدقاق 4% لمجموعة XP-Endo Shaper ، والقياس 30# باستدقاق 6% لنظام Jizai ، والقياس 30 باستدقاق 9% لنظام ProTaper Ultimate)

من جهة أخرى، أظهرت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق دالة إحصائياً في مقاومة الأسطوانات العاجية للكسر، سواء تم تطبيق ضماد ماءات الكالسيوم لمدة أسبوع أو لم يتم تطبيقه، وذلك عند مستوى ثقة 95% ($p = 0.318$) ، أيا كان نظام التحضير الآلي المستخدم (XPE-Rise – Fury L60). اتفقت نتيجة هذه الدراسة مع الدراسات المخبرية التجريبية لكل من Zarei و Madhusudhana و Yaseen وزملاؤهم، والتي نصت أن استخدام ضماد ماءات الكالسيوم لمدة أسبوع لم يؤثر في زيادة قابلية الأسنان للكسر بالمقارنة مع المجموعة الشاهدة التي لم تستقبل ضماداً قنوياً (Suneelkumar et al., 2015, Yassen et al., 2013, Zarei et al., 2013). يمكن أن تُفسر هذه النتيجة بأن التأثيرات السلبية في مقاومة العاج للانكسار ترتبط بعامل الزمن؛ فالتأثيرات المثبتة لضماد ماءات الكالسيوم على الأسنان مكتملة النمو (من تفكيك

للبروتينات الحمضية للعاج والبروتيوغليكان) تتطلب بقاء الضماد لفترات زمنية مطولة (أكثر من شهر) لتُحدث تأثيراً ملحوظاً في إضعاف مقاومة السن للكسر(Sunlakawit et al., 2024).
وتختلف هذه النتيجة مع دراسة Al-Hiyasat وزملاؤه (Al-Hiyasat et al., 2021) ، التي أظهرت وجود فروق دالة إحصائياً في انخفاض مقاومة الأسنان للكسر عند استخدام ضماد ماءات الكالسيوم لمدة أسبوع مقارنة بالمجموعة الشاهدة. يمكن أن يُعزى سبب هذا الاختلاف إلى استخدام الباحثين لأسنان مقلوعة لأغراض تقويمية من مرضى تراوحت أعمارهم بين 16 و24 سنة، حيث يلعب العمر السني دوراً كبيراً في تحديد الخواص الميكانيكية للعاج (مثل نسبة الرطوبة، والمرونة، ودرجة التصلب العاجي)، بينما لم تأخذ دراستنا الحالية متغير العمر بعين الاعتبار، وهو ما يُعد من محدوديات هذه الدراسة.

محدوديات الدراسة:

اقتصرت هذه الدراسة التجريبية على تطبيق قوى عمودية ثابتة بدلاً من القوى الدورية التي تحاكي الوظيفة الماضغة والبيئة الميكانيكية داخل الفموية، كما افتقرت إلى محاكاة الرباط حول السني كمخمد للصدمات، إضافة إلى عدم توحيد العمر السني والسماكات العاجية للأسطوانات المدروسة، وهو مما قد يفسر التباين داخل المجموعة الواحدة رغم توحيد نوع الأسنان المدروسة. لذا، نوصي في الدراسات المستقبلية بتقييم مقاومة الكسر تحت تأثير القوى الماضغة الدورية بالتزامن مع محاكاة الرباط السني، واعتماد تقنيات التصوير المقطعي (CBCT) لضبط السماكات العاجية وتوحيد أعمار العينات.

6- الاستنتاجات:

ضمن حدود هذه الدراسة، يمكن الاستنتاج أنه لا يؤثر استخدام نظام التحضير الأفعواني وحيد المبرد XPE-Rise أو نظام التحضير متعدد المبارد ذي الاستدقاق الثابت Fury L60 على مقاومة الأسنان للكسر، كما أن استخدام ضماد ماءات الكالسيوم داخل القنوي لمدة أسبوع لم يؤثر على مقاومة كسر الأسطوانات العاجية بعد استخدام نظامي التحضير القنوي المدروسَين.

7- التوصيات والمقترحات:

1- الالتزام بالتسلسل والتدرج الصحيح عند استخدام أنظمة التحضير القنوي متعددة المبارد.
2- اعتماد نظام المبرد المفرد XPE-Rise بثقة من الناحية الميكانيكية لاختصاره للمبارد العديدة المتتابعة والمتسلسلة في أنظمة التحضير التقليدية.
3- استخدام ضماد ماءات الكالسيوم بين الجلسات للاستفادة من خصائصه المضادة للجراثيم دون التخوف من تأثيره سلباً في مقاومة العاج الجذري للكسر.
4- اقتراح إجراء دراسة تتناول طبوغرافية العاج الجذري في المناطق محدودة الوصول كالبرزخ عند استخدام أنظمة التحضير السابقة.
5- اقتراح إجراء دراسات إضافية تتناول تأثير التعب الدوري للمبارد في كلا النظامين بعد إجراءات التشكيل القنوي، بالإضافة إلى تقييم مقاومة الأسنان المحضرة بهما تحت تأثير القوى الإطباقية الدورية لمحاكاة البيئة الفموية.

8- المراجع:

1. ADORNO, C. G., YOSHIOKA, T., JINDAN, P., KOBAYASHI, C. & SUDA, H. 2013. The effect of endodontic procedures on apical crack initiation and propagation ex vivo. *Int Endod J,* 46**,** 763-8.
2. AL-HIYASAT, A. S., EL-FARRAJ, H. S. & ALEBRAHIM, M. A. 2021. The effect of calcium hydroxide on dentine composition and root fracture resistance of human teeth: An in vitro study. *Eur J Oral Sci,* 129**,** e12798.
3. AMONKAR, A. D., DHADED, N. S., DODDWAD, P. K., PATIL, A. C., HUGAR, S. M., BHANDI, S., RAJ, A. T., PATIL, S., ZANZA, A. & TESTARELLI, L. 2021. Evaluation of the Effect of Long-term Use of Three Intracanal Medicaments on the Radicular Dentin Microhardness and Fracture Resistance: An in vitro study. *Acta Stomatol Croat,* 55**,** 291-301.
4. BOHRA, S., NAYAK, G., GULERIA, M., D, D. N., AHMED, E., QURESHI, M. & PATIL, S. 2025. Evaluation of fracture resistance among endodontically treated teeth using constant, variable and guiding taper endodontic file systems. *Bioinformation,* 21**,** 3420-3425.
5. ELSHINAWY, M. 2019. Comparative Evaluation of Root Dentin Integrity after Root Canal Preparation with Rotary File Systems of Different Ni-Ti Alloys. . Ann Med Health Sci Res. 2019; 9:614- 620. 9**,** 614-620.
6. FKG Dentaire SA. xp-endo-rise. Available at: https://fkg.ch/xp-endo-rise/. Accessed June 15, 2025.

7. HEGDE, V. R., JAIN, A. & PATEKAR, S. B. 2023. Comparative evaluation of calcium hydroxide and other intracanal medicaments on postoperative pain in patients undergoing endodontic treatment: A systematic review and meta-analysis. *J Conserv Dent,* 26**,** 134-142.
8. JAHANGEER, B., ARYA, A., ELSA OOMMEN, T., NAGA VAMSEEKRISHNA, K. V., MISHRA, D. & SHARMA, E. 2025. Fracture resistance in endodontically treated tooth using rotary and hand files. *Bioinformation,* 21**,** 285-289.
9. JETTY, S., KANUMURI, M. V., SAJJAN, G., RAJULAPATI, K., MUDUNURI, S. & MAVIDI, J. 2025. Fracture resistance of roots following instrumentation with two single-file and one multi-file nickel-titanium rotary systems. *Journal of Dental Materials and Techniques,* 14.
10. KIM, D. & KIM, E. 2014. Antimicrobial effect of calcium hydroxide as an intracanal medicament in root canal treatment: a literature review - Part I. In vitro studies. *Restor Dent Endod,* 39**,** 241-52.
11. KIM, H.-C., CHEUNG, G. S.-P., LEE, C.-J., KIM, B.-M., PARK, J.-K. & KANG, S.-I. 2008. Comparison of Forces Generated During Root Canal Shaping and Residual Stresses of Three Nickel–Titanium Rotary Files by Using a Three-Dimensional Finite-element Analysis. *Journal of Endodontics,* 34**,** 743-747.
12. KIM, H. C., LEE, M. H., YUM, J., VERSLUIS, A., LEE, C. J. & KIM, B. M. 2010. Potential relationship between design of nickel-titanium rotary instruments and vertical root fracture. *J Endod,* 36**,** 1195-9.
13. MEHTA, D., COLEMAN, A. & LESSANI, M. 2025. Success and failure of endodontic treatment: predictability, complications, challenges and maintenance. *British Dental Journal,* 238**,** 527-535.
14. Mighty Medico Co., Ltd. (2022) *Fury L60 Rotary File System*. Available at: https://www.mighty-medico.com/product/13.html (Accessed: 9 Feb 2026)
15. PATEL, S., BHUVA, B. & BOSE, R. 2022. Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. 55**,** 804-826.
16. PATEL, S., TENG, P.-H., LIAO, W.-C., DAVIS, M. C., FIDLER, A., HAUPT, F., FABIANI, C., ZAPATA, R. O. & BOSE, R. 2025. Position statement on longitudinal cracks and fractures of teeth. 58**,** 379-390.
17. SALEHRABI, R. & ROTSTEIN, I. 2004. Endodontic Treatment Outcomes in a Large Patient Population in the USA: An Epidemiological Study. *Journal of Endodontics,* 30**,** 846-850.
18. SALEM-MILANI, A., ZAND, V., ASGHARI-JAFARABADI, M., ZAKERI-MILANI, P. & BANIFATEMEH, A. 2015. The effect of protocol for disinfection of extracted teeth recommended by center for disease control (CDC) on microhardness of enamel and dentin. *J Clin Exp Dent,* 7**,** e552-6.
19. SUGAYA, T., NAKATSUKA, M., INOUE, K., TANAKA, S., MIYAJI, H., SAKAGAMI, R. & KAWAMAMI, M. J. J. O. E. 2015. Comparison of fracture sites and post lengths in longitudinal root fractures. 41**,** 159-163.
20. SUNEELKUMAR, C., DEEPTHI, M., ARCHANAGUPTA, K., LAVANYA, A. & MADHUSUDHANA, K. 2015. Effect of addition of lycopene to calcium hydroxide and chlorhexidine as intracanal medicament on fracture resistance of radicular dentin at two different time intervals: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry,* 18**,** 205-209.
21. SUNLAKAWIT, C., CHAIMANAKARN, C., SRIMANEEKARN, N. & OSIRI, S. 2024. Effect of Calcium Hydroxide as an Intracanal Medication on Dentine Fracture Resistance: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *Journal of Endodontics,* 50**,** 1714-1724.e6.
22. TANG, W., WU, Y. & SMALES, R. J. 2010. Identifying and Reducing Risks for Potential Fractures in Endodontically Treated Teeth. *Journal of Endodontics,* 36**,** 609-617.
23. YASSEN, G. H., VAIL, M. M., CHU, T. G. & PLATT, J. A. 2013. The effect of medicaments used in endodontic regeneration on root fracture and microhardness of radicular dentine. *Int Endod J,* 46**,** 688-95.
24. YOSHINO, K., ITO, K., KURODA, M. & SUGIHARA, N. J. C. O. I. 2015. Prevalence of vertical root fracture as the reason for tooth extraction in dental clinics. 19**,** 1405-1409.
25. ZAREI, M., AFKHAMI, F. & MALEK POOR, Z. 2013. Fracture resistance of human root dentin exposed to calcium hydroxide intervisit medication at various time periods: an in vitro study. *Dent Traumatol,* 29**,** 156-60.