تقييم فعالية التثقيب العظمي الأصغري في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية المعالجة بالراصفات الشفافة

زها غياث البرّام* أ.د. رباب عادل الصباغ**

(الإيداع:25 آذار 2024 ،القبول:30 حزيران 2024)

الملخص:

يهدف البحث إلى تقييم فعالية التثقيب العظمي الأصغري في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) المعالجة بالراصفات الشفافة. تألفت عينة البحث من (40) مريضاً بعمر وسطي: (22.3±1.3) سنة، تم توزيعهم عشوائياً إما إلى مجموعة التثقيب العظمي الأصغري أو إلى المجموعة الشاهدة بنسبة تخصيص (1:1). تم علاج ازدحام القواطع السفلية لمرضى كلتا المجموعتين بالراصفات الشفافة، وقبل تطبيق أول راصفة شفافة لمرضى مجموعة التثقيب العظمي الأصغري، تم إجراء 14 ثقباً قشرياً، ثقبان بكل مسافة بين سنية للقواطع السفلية من الناحية الدهليزية، تراوح قطر كل ثقب 1.2 ملم، وعمقه 1 ملم ضمن العظم القشري باستخدام سنبلة إرشاد مكان الزرعة السنية بعد إجراء تعديلات عليها. تم تقييم الزمن اللازم للمعالجة من خلال حساب عدد الأيام بين الزمنين T0 وT1 لمرضى كلتا المجموعتين. حيث أن: T0: هو زمن تطبيق أول راصفة شفافة (بدء خطة المعالجة المفترضة، والتي هي رصف القواطع السفلية المزدحمة دون قلع)، وT1: هو زمن إزالة آخر راصفة شفافة (نهاية خطة المعالجة المفترضة، وذلك عند حيادية الراصفة الشفافة الأخيرة). أظهرت نتائج الدراسة وجود فرق جوهري إحصائياً بين المجموعتين بالنسبة للزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية المعالجة بالراصفات الشفافة (P–value < 0.05)، كما كان المتوسط الحسابي للزمن اللازم للمعالجة في المجموعة المدروسة أقل ب 62 يوماً عن مثيله في المجموعة الشاهدة. يعتبر التثقيب العظمي الأصغري إجراء جراحي فعال في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) المعالجة بالراصفات الشفافة، حيث اختصر من المدة الزمنية اللازمة لإنجاز ذلك بمقدار 47.74% مقارنةً مع المجموعة الشاهدة (المعالجة بالراصفات الشفافة فقط).

الكلمات المفتاحية: التثقيب العظمي الأصغري، الراصفات الشفافة، ازدحام القواطع السفلية.

* طالبة ماجستير في قسم تقويم الأسنان والفكين – كلية طب الأسنان – جامعة حماه.

**أستاذ في قسم تقويم الأسنان والفكين – كلية طب الأسنان – جامعة حماه

Evaluation of the Effectiveness of Micro-Osteoperforation in Reducing the Time Required to Treat Crowding of Lower Incisors Treated with Clear Aligners

Zouha Giath Al-Barram* Prof. Dr. Rabab Adel Al-Sabbagh**

(Received:25 March 2024 ,Accepted: 30 June 2024)

Abstract:

The research aims to evaluate the effectiveness of micro-osteoperforation in reducing the time required to treat crowded lower incisors (without extraction) treated with clear aligners. The research sample consisted of (40) patients with a mean age of (22.3±1.3) years. They were randomly distributed either to the micro-osteoperforation group or to the control group with an allocation ratio of (1:1). The lower incisors of patients in both groups were decrowded with clear aligners, and before applying the first clear aligner to patients in the micro-osteoperforation group, 14 cortical perforations were made, two perforations in each interdental space of the lower incisors from the buccal aspect. The diameter of each perforation was 1.2 mm, and its depth was 1 mm within the cortical bone using a lance drill after making adjustments to it. The time required for treatment was evaluated by calculating the number of days between times T0 and T1 for patients in both groups. Where: T0: is the time for applying the first clear aligner (initiate the assumed treatment plan, which is to align the crowded lower incisors without extraction), and T1: is the time for removing the last clear aligner (the end of the assumed treatment plan, when the last clear aligner is neutral). The results of the study showed that there was a statistically significant difference between the two groups regarding the time required to treat crowded lower incisors treated with clear aligners (P-value < 0.05), and the arithmetic average of the time required for treatment in the studied group was 62 days less than that in the control group. Micro-osteoperforation is considered an effective surgical procedure in reducing the time required to treat crowded lower incisors (without extraction) treated with clear aligners, as it shortened the time required to achieve this by 47.74% compared to the control group (treated with clear aligners only).

Keywords: Micro-osteoperforation, Clear aligners, Crowding of the lower incisors.

*A MSc student in department of orthodontics and dentofacial orthopaedics–Faculty of Dentistry–Hama University.

**Professor in department of orthodontics and dentofacial orthopaedics–Faculty of Dentistry–Hama University.

المراجعة النظرية Literature Review

يعد الازدحام السني من أكثر أشكال سوء الإطباق شيوعاً عند المرضى البالغين، والتي تدفعهم لطلب المعالجة التقويمية (Proffit et al., 2012)، ووجد أنه كان أكثر توضعاً في المنطقة الأمامية للفك السفلي (Thilander et al., 2001; Salim et al., 2021). وعلى الرغم من حاجة المرضى البالغين للمعالجة التقويمية، إلا أن الكثير منهم يرفض الخضوع للمعالجة التقويمية التقليدية بالجهاز الثابت نظراً لمتطلباتهم الجمالية التي لا توفرها الأجهزة الثابتة، وخوفاً من التأثيرات الجانبية المرافقة للمعالجة، مثل: الألم، الانزعاج، الالتهابات اللثوية، النخور، وامتصاص جذور الأسنان (Talic, 2011; Saccomanno et al., 2022; Johal et al., 2015).

شجعت الأسباب السابقة على تطوير المعالجة بتقنية الراصفات الشفافة Clear Aligner Technique (CAT)، التي عدت نقطة تحول في عالم تقويم الأسنان والفكين، حيث تعتمد هذه التقنية في إنجاز الحركات السنية التقويمية على تطبيق مجموعة متتالية من الراصفات الشفافة، التي تختلف تدريجياً بشكلها، وتبدأ من الشكل الأولي للقوس السنية ضمن الفم لتنتهي بشكل القوس السنية الموافق للتنبؤ الرقمي ثلاثي الأبعاد لنتائج المعالجة المفترضة (Wheeler, 2017). فكل راصفة شفافة تكون مبرمجة لتحريك سن أو مجموعة من الأسنان بمقادير محددة خلال مدة محددة تختلف حسب الشركة المصنعة للراصفات الشفافة (Moya and Zafra, 2021; Gierie, 2018; Tai, 2018).

أثبتت العديد من الدراسات فعالية تقنية الراصفات الشفافة في معالجة حالات الازدحام السني خفيف ومتوسط الشدة (دون قلع) (Graf et al., 2021; Gu et al., 2017; Lanteri et al., 2018)، كما أظهرت دراسات حديثة فعاليتها في معالجة حالات الازدحام السني الشديد الذي يترافق مع قلع وحدات سنية (Jaber et al., 2023a; Jaber et al., 2023b; Jaber et al., 2022a).

إن الميزة الأساسية للراصفات الشفافة أنها تقريباً غير مرئية، وبالتالي توفيرها ناحية جمالية عالية مقارنةً بالأجهزة الثابتة، ومن مزاياها الأخرى قدرة المريض على إزالتها، فتؤمن بهذا راحة أكبر عند تناول الطعام وسهولة في القيام بإجراءات العناية الفموية، فضلاً عن تسجيلها لمستويات ألم وانزعاج وامتصاص جذور أسنان أقل، وصحة فموية ولثوية أفضل مقارنة بالأجهزة الثابتة التقليدية (Tamer et al., 2019; Jaber et al., 2022b; Saccomanno et al., 2022; Alfawal et al., 2022). لكن البروتوكول الصارم الذي يتطلب ارتداء كل راصفة شفافة 22 ساعة باليوم لمدة 14 يوم، يؤدي لضعف امتثال المريض له طيلة فترة المعالجة، وبالنظر إلى ضرورة الحفاظ على هذا الانضباط، تصبح مدة المعالجة عاملاً حاسماً في اتخاذ القرار بالبدء بالمعالجة التقويمية بالراصفات الشفافة (Uribe et al., 2014; Gandedkar et al., 2024; AlMogbel, 2023; Timm et al., 2021).

فاستخدمت العديد من الطرق لتسريع الحركة السنية التقويمية، ومن بين كل الطرق تعتبر الطرق الجراحية هي الأكثر استخداماً سريرياً والأكثر اختباراً مع توقعات معروفة ونتائج مستقرة (Nimeri et al., 2013). وعلى الرغم من أن الطرق الجراحية التقليدية كالقطع العظمي Osteotomy، والقطع القشري Corticotomy المترافقة مع رفع شرائح كاملة الثخانة أثبتت فعاليتها (Al-Naoum et al., 2014)، إلا أن تطبيقها لم ينتشر بشكل واسع بين أطباء تقويم الأسنان بسبب اجتياحيتها الكبيرة، الألم المرافق لتطبيقها، كلفتها المرتفعة، والحاجة إلى مساعدة جراح في إجرائها (Shahabee et al., 2020)؛ بالإضافة لأنها قد تواجه برفض المريض بسبب القلق والخوف من الألم والخضوع للجراحة، فالمرضى عادةً غير منفتحين تجاه الأفكار المتضمنة الجراحة إلا إذا كانت الخيار الوحيد للحصول على إطباق جيد (Nimeri et al., 2013).

ومن هنا تزايد الاهتمام بشكل كبير في السنوات الأخيرة لتطوير إجراءات جراحية محافظة، تقدم فعالية سريرية مشابهة بأقل رض ممكن وتقبل أكبر من قبل المرضى (Alfawal et al., 2018; Alfawal et al., 2016)، ومن هذه الإجراءات:

القطع القشري اللاشريحي بالبيزو Piezocision (Gibreal et al., 2019; Al-Imam et al., 2019)، الشق القشري Corticision (Sirri et al., 2021)، القطع القشري بالقرص Discision (Yavuz et al., 2018)، والتثقيب العظمي الأصغري Micro-osteoperforation (MOPs) (Alikhani et al., 2013).

يعتبر التثقيب العظمي الأصغري والذي يُدعى أيضاً بالتثقيب السنخي القشري Cortico-Alveolar Perforations (CAPs) (Alfailany et al., 2023) إجراء جراحي قليل الاجتياحية، يهدف لتسريع الحركة السنية التقويمية من خلال إجراء ثقوب صغيرة ضمن العظم القشري الدهليزي و/ أو اللساني عبر اللثة الملتصقة أو المخاطية الفموية، دون رفع شرائح كاملة الثخانة (Teixeira et al., 2010)، باستخدام عدة وسائل كجهاز بروبل Propel device (Alikhani et al., 2013)، زريعات تقويمية Orthodontic mini-implants (Al-Attar et al., 2022)، سنابل جراحية Surgical burs (Sugimori et al., 2018)، وسنابل إرشاد مكان الزرعة السنية Lance drills (Alfailany et al., 2023; Raj and Rajasekaran, 2021; Raghav et al., 2021).

يعتمد هذا الإجراء الجراحي في تسريع الحركة السنية التقويمية على الوسائط الالتهابية الناتجة عن تحفيز ظاهرة التسريع الناحي Regional Acceleratory Phenomenon (RAP) الحاصلة بعد الرض الجراحي، وإلى تخفيف المقاومة الميكانيكية التي يبديها العظم القشري لحركة الأسنان نتيجة إضعافه بالتثقيب القشري (Frost, 1983; Wilcko et al., 2001; Alikhani et al., 2013; Baloul et al., 2011; Alikhani et al., 2015; Teixeira et al., 2010).

وهو يتميز بكونه إجراء جراحي بسيط، يمكن إنجازه على الكرسي السني من قبل أخصائي تقويم الأسنان خلال دقائق، فليس بحاجة لخبرة أو تدريب متقدم لإجرائه، ويترافق مع ألم وانزعاج أصغري، بحيث يمكن للمريض متابعة نشاطه اليومي مباشرةً بعد الانتهاء من تطبيقه (Alansari et al., 2017).

بعد مراجعة الأدبيات الطبية المنشورة، تبين أنه هناك قلة في الدراسات التي تحرت فعالية التثقيب العظمي الأصغري في إنقاص زمن المعالجة التقويمية بالراصفات الشفافة، حيث كانت أغلب الدراسات المنشورة تتحرى فعالية التثقيب العظمي الأصغري في إنقاص زمن المعالجة التقويمية بالجهاز الثابت (Larenas et al., 2023; Eini et al., 2022; Al-Khalifa and Baeshen, 2021; Shahabee et al., 2020)، ومن هنا جاءت فكرة هذا البحث في تقييم فعالية التثقيب العظمي الأصغري في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) المعالجة بالراصفات الشفافة.

هدف الدراسة Aim of the Study

تقييم فعالية التثقيب العظمي الأصغري في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) المعالجة بالراصفات الشفافة.

المواد والطرائق Materials and Methods

تصميم الدراسة Study Design

تجربة سريرية مضبوطة معشاة، أحادية المركز، ثنائية الأذرع، من نظام المجموعتين المتوازيتين، لمرضى لديهم ازدحام متوسط الشدة (4-6) ملم بمنطقة القواطع السفلية يستوجب المعالجة دون قلع، تم توزيعهم عشوائياً بنسبة تخصيص (1:1) إلى مجموعتين: مجموعة شاهدة: خضع المشاركون فيها للمعالجة التقويمية بتقنية الراصفات الشفافة لعلاج ازدحام القواطع السفلية دون أي تداخل جراحي، ومجموعة الدراسة: خضع المشاركون فيها للمعالجة التقويمية بتقنية الراصفات الشفافة بالمشاركة مع تطبيق التثقيب العظمي الأصغري الذي يهدف إلى تسريع علاج ازدحام القواطع السفلية.

مكان إجراء الدراسة Study Location

أجريت كافة مراحل الدراسة في قسم تقويم الأسنان والفكين – كلية طب الأسنان – جامعة حماه.

عينة الدراسة Study Sample

حساب حجم العينة Sample Size Calculation

تم حساب حجم العينة باستخدام برنامج G*power 3.1.9.4 وفقاً للمعطيات التالية: الاختبار الإحصائي المستخدم هو اختبار ستيودينت للعينات المستقلة Independent samples T-Test، مستوى الدلالة 0.05، قوة الدراسة 0.80، نسبة التخصيص (1:1)، واعتبر الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) مشعراً لحساب حجم العينة. ووفقاً لدراسة2007) (Pandis et al., يتطلب علاج ازدحام القواطع السفلية مع عدم انتظام متوسط حسب مشعر ليتل للازدحام (Little, 1975) دون إجراء قلع 114.51 يوماً، وعلى فرض أن الإجراء الجراحي المُسرّع المُطبق (التثقيب العظمي الأصغري) يجب أن ينقص زمن المعالجة بمعدل 35% مقارنةً مع الزمن اللازم لإنجاز ذلك دون تطبيق أي إجراء جراحي مُسرّع للحصول على فرق دال سريرياً، فيكون أقل فرق سريري 40.078 يوماً، وبأخذ الانحراف المعياري لهذا المتغير 46.44 يوماً بنفس الدراسة السابقة، يكون حجم التأثير Effect size هو d=0.863. بإدخال البيانات السابقة للبرنامج نجد أن عدد المرضى بكل مجموعة 18 مريضاً، وبالتالي العدد الكلي لأفراد العينة 36 مريضاً. وبفرض حدوث نسبة انسحاب 10% خلال متابعة المرضى سيصبح العدد الكلي المطلوب 40 مريضاً، 20 مريضاً لكل مجموعة من مجموعتي الدراسة.

معايير الإدخال Inclusion Criteria

1. مرضى بالغون تراوحت أعمارهم بين (18 – 26) سنة
2. لديهم سوء إطباق يستوجب علاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع)، يحقق الشروط التالية: ازدحام سني في منطقة القواطع السفلية متوسط الشدة (4-6) ملم حسب مشعر ليتل (Little, 1975)، علاقات رحوية ونابية صنف أول حسب تصنيف Angle في كلا الجانبين، بروز Overjet طبيعي أو زائد قليلاً (لا يتجاوز ال 4 ملم)، وتغطية Overbite طبيعية أو زائدة قليلاً (أقل من 50%)، العلاقة الهيكلية بين الفكين العلوي والسفلي في المستوى السهمي: صنف أول هيكلي والمقيم شعاعياً من خلال الزاوية ANB (2-4°)، نموذج نمو طبيعي والمقيم شعاعياً من خلال الزاوية SN-MP (35±5°).
3. لديهم إطباق دائم بالإضافة لعدم وجود فقد في الأسنان الدائمة (عدا الأرحاء الثالثة)
4. لديهم تزوي Angulation طبيعي لجذور القواطع السفلية والمقيم شعاعياً عبر الصورة البانورامية (Casko et al., 1998)
5. لديهم صحة فموية جيدة (مشعر اللويحة ≤1) (Löe, 1967).

معايير الإخراج Exclusion Criteria

1. وجود أي مرض جهازي يؤثر على الحركة السنية التقويمية
2. مريض خاضع لمعالجة تقويمية سابقة
3. مريض خاضع لأي معالجة دوائية قد تتداخل مع الحركة السنية التقويمية (الكورتيزون، مضادات الالتهاب اللاستيروئيدية).

جمع أفراد العينة Collecting Sample

فحص 215 مريضاً من المرضى المراجعين لقسم تقويم الأسنان والفكين بجامعة حماه، استبعد منهم 170 مريضاً لعدم مطابقة معايير إدخال الدراسة، وبلغ عدد المرضى المطابقين لمعايير الإدخال 45 مريضاً، رفض 3 مرضى منهم المشاركة في البحث، ليبقى 42 مريضاً مطابقين لمعايير الإدخال وراغبين في المشاركة بالبحث، انتقي منهم 40 مريضاً عشوائياً (الطريقة العشوائية البسيطة باستخدام برنامج Microsoft Excel) وضموا للدراسة. وهكذا بلغ عدد أفراد العينة 40 مريضاً،

وخلال مرحلة المتابعة، لم ينسحب أحد من المرضى في كلتا المجموعتين، فكان العدد النهائي لأفراد العينة 40 مريضاً، 20 مريضاً لكل مجموعة من مجموعتي الدراسة.

التوزيع العشوائي والتخصيص والتعمية Randomization, Allocation and Blinding

اتبعت الطريقة العشوائية البسيطة عن طريق إنشاء قائمة بأسماء المرضى موزعة عشوائياً باستخدام برنامج Microsoft Excelمع نسبة توزيع (1:1)، وأخفي تسلسل التوزيع (التخصيص) عن الباحثة لتجنب الانحياز في الاختيار عن طريق استخدام مغلفات مختومة غير شفافة مرقمة تسلسلياً فتحت فقط قبل البدء بالمعالجة. ولم يكن من الممكن تعمية كل من الباحثة والمرضى في أثناء البحث لتجنب الانحياز في الأداء، لأن ذلك غير قابل للتطبيق، ولكن تمت تعمية الباحثة في مرحلة استخلاص النتائج والتحليل الإحصائي لتجنب الانحياز في الكشف عن طريق إعطاء المرضى أرقاماً تعريفية خاصة، واستعين بطلاب في قسم تقويم الأسنان والفكين غير مشاركين في البحث للقيام بالتوزيع العشوائي وإخفاء تسلسل التخصيص عن الباحثة وإعطاء الأرقام التعريفية للمرضى.

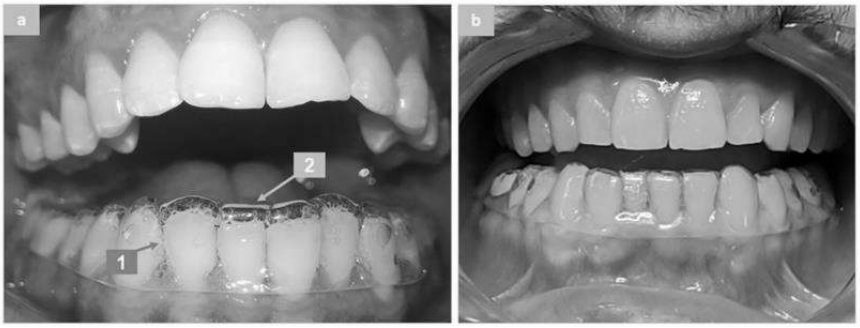
طرائق الدراسة Study Methods

الإجراءات المتبعة لتطبيق تقنية الراصفات الشفافة لكل مريض من مرضى المجموعتين الشاهدة والمدروسة

أرسلت لمقر نظام 3DA® (3D Aligners System) المحلي (3D Aligners System, Hama, Syria) السجلات الخاصة بحالة المريض الآتية: الطبعات المطاطية للقوسين السنيتين العلوية والسفلية، العضة الشمعية، الصور الضوئية داخل وخارج فموية، الصورة الشعاعية السيفالومترية الجانبية، والوصفة الطبية (المصممة من قبل نظام 3DA®)، بعد ملئها بالمعلومات المطلوبة، حيث تم التوضيح من خلالها تشخيص الحالة وخطة المعالجة المقترحة والتي هي رصف القواطع السفلية المزدحمة دون قلع. وبعد الموافقة على خطة المعالجة التقويمية المفترضة من قبل نظام 3DA® والتي تراعي خطة المعالجة المقترحة من قبل الباحثة، تم الحصول على حزمة المعالجة الخاصة بالمريض بما تتضمنه من راصفات شفافة، وملحقات خاصة بالمعالجة، الشكل رقم (1)، وأُجريّ السحل الميناائي الملاصق المطلوب بالمقدار والأماكن المحددة من قبل نظام 3DA® بما يتوافق مع خطة المعالجة المفترضة باستخدام شرائط سحل ماسية أحادية الجانب من شركة (Horico Dental Hopf, Ringleb & Co. GmbH & Cie)، وضبط مقدار السحل المجرى باستعمال المقياس المخصص للسحل IPR Gauge المرسل من قبل نظام 3DA®. بعد ذلك تم تطبيق أول راصفة شفافة لمرضى المجموعة الشاهدة، الشكل رقم (2)، أما مرضى مجموعة الدراسة فقد تم إجراء التثقيب العظمي الأصغري لهم قبل تطبيق أول راصفة شفافة مباشرةً. وأعطي كل مريض من مرضى المجموعتين الشاهدة والمدروسة التعليمات التالية: ارتداء الراصفة الشفافة 22 ساعة في اليوم، نزع الراصفة الشفافة عند تناول الطعام أو الشراب، عدم تعريض الراصفة الشفافة للحرارة، والحفاظ على نظافة الراصفة الشفافة من خلال تنظيفها بواسطة فرشاة ومعجون أسنان. كما تم توعية مرضى كلتا المجموعتين حول معيار الانتقال للراصفة الشفافة التالية، وذلك عند حيادية الراصفة الشفافة المطبقة، حيث يتم الحكم على ذلك من خلال: غياب مظهر الفقاعات الهوائية (Air bubbles) بين الأسنان والراصفة الشفافة، وغياب مظهر الفراغات القاطعية (Incisal gaps) بين الحدود القاطعة للأسنان والراصفة الشفافة، الشكل رقم (3)، وعدم تطبيق الراصفة الشفافة أي ضغط على منطقة القواطع السفلية (الأسنان المراد تحريكها عبر الراصفة الشفافة وذلك حسب خطة المعالجة المفترضة) (Shipley et al., 2019; Kaur and El-Bialy, 2020; Dickerson, 2017). وتم تزويد كل مريض من مرضى كلتا المجموعتين بفاتح فم مزدوج، وتوعيتهم حول طريقة استخدامه، والطلب منهم إرسال صورة أمامية للأسنان (بوضعية نصف فتح الفم، والراصفة الشفافة – قيد الاستخدام – مطبقة على الأسنان) يومياً للباحثة عبر تطبيق WhatsApp (Meta Platforms, Inc., Cambridge, MA, USA) (Torsello et al., 2022; Li et al., 2016; Vande Vannet and Gushchin, 2015).

الشكل رقم (1): حزمة المعالجة الخاصة بالمريض المرسلة من نظام 3DA® (الصورة للباحثة)

الشكل رقم (2): تطبيق أول راصفة شفافة لمرضى المجموعة الشاهدة (الصورة للباحثة)

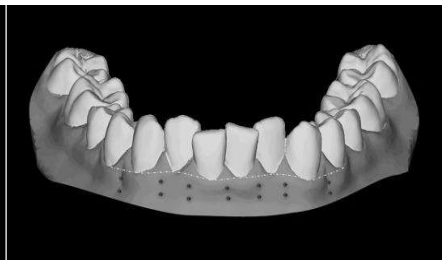


الشكل رقم (3): معيار الانتقال للراصفة الشفافة التالية، a: عدم حيادية الراصفة الشفافة، 1: مظهر الفقاعات الهوائية بين الأسنان والراصفة الشفافة، 2: مظهر الفراغات القاطعية بين الحدود القاطعة للأسنان والراصفة الشفافة، b: حيادية الراصفة الشفافة (الصورة للباحثة)

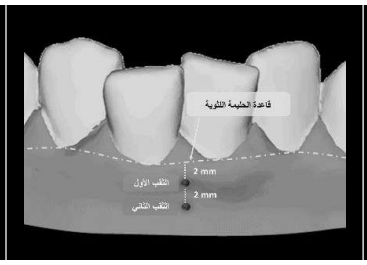
الإجراءات المتبعة لتطبيق التثقيب العظمي الأصغري لكل مريض من مرضى المجموعة المدروسة

تم إجراء التثقيب العظمي الأصغري بكامله من قبل الباحثة، وذلك قبل تطبيق أول راصفة شفافة مباشرةً، وفقاً للخطوات التالية: تمت الاستفادة من الصورة الشعاعية البانورامية للتأكد من صحة تزوي Angulation جذور القواطع السفلية (Sangsuwon et al., 2017)، ثم طلب من المريض المضمضة بغسول فموي كلورالهيكسيدين 0.12% لمدة دقيقة قبل إجراء الجراحة، بعد ذلك تم القيام بتخدير ناحي لمنطقة القواطع السفلية من خلال إجراء حقنة العصب الذقني في كلتا الجهتين اليمنى واليسرى بمقدار نصف أمبولة لكل جهة منهما باستخدام أمبولات تخدير بتركيب (Lidocaine HCL 2% Epinephrine 1:80.000 –) من شركة (Adrecain dental, Avenzor, Syria)، وتم إجراء 14 ثقباً بقطر 1.2 ملم ضمن العظم القشري الدهليزي عبر اللثة الملتصقة دون رفع شريحة، ثقبين بكل مسافة بين سنية للقواطع السفلية، الشكل رقم (4)، حيث توضع الثقب الأول أسفل قاعدة الحليمة اللثوية ب 2 ملم تجنباً لحدوث انحسار لثوي لاحق، كما توضع الثقب الثاني أسفل الثقب الأول ب 2 ملم بالاتجاه الذروي، الشكل رقم (5)، بلغ العمق الكلي لكل ثقب من الثقوب المنجزة 2 أو 3 ملم، وهو ناتج عن حاصل جمع ثخانة اللثة الملتصقة مكان الثقب (المقاسة بعد إجراء التخدير وقبل إجراء

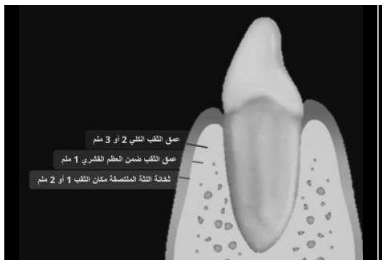
الثقب القشري) والتي تكون عادة قيمتها 1 أو 2 ملم مضافاً إليها عمق الثقب ضمن العظم القشري الدهليزي 1 ملم، الشكل رقم (6).



الشكل رقم (4): شكل ترسيمي يوضح عدد وأماكن الثقوب القشرية المنجزة (الصورة للباحثة)

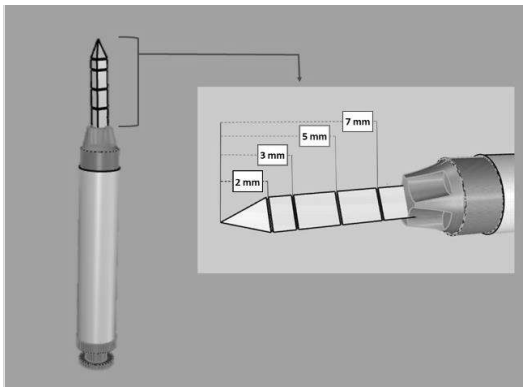


الشكل رقم (5): شكل ترسيمي يوضح توضع الثقب الأول والثاني بكل مسافة بين سنية للقواطع السفلية (الصورة للباحثة)

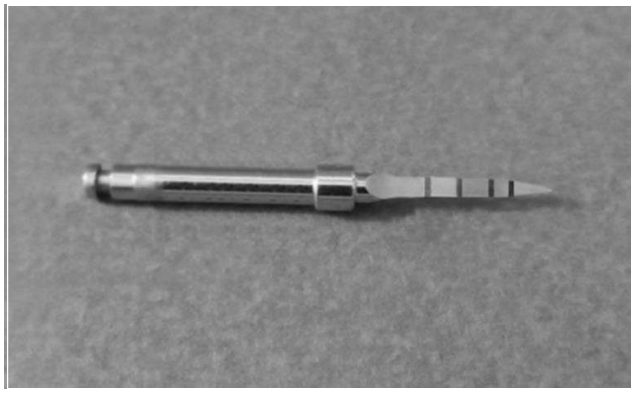


الشكل رقم (6): شكل ترسيمي يوضح العمق الكلي لكل ثقب من الثقوب القشرية المنجزة (الصورة للباحثة)

تم استخدام سنبلة إرشاد مكان الزرعة السنية Lance Drill بقطر 1.2 ملم من شركة (Lance Drill, SGS Dental, Swiss) لإنجاز الثقوب القشرية، وذلك بعد إجراء التعديلات التالية عليها من قبل الأستاذة المشرفة والباحثة، حيث تم وضع تدرجات على الرأس العامل للسنبلة كالتالي: التدريجة الأولى بلون أسود وتبعد عن رأس السنبلة 2 ملم، التدريجة الثانية بلون أزرق وتبعد عن رأس السنبلة 3 ملم، التدريجة الثالثة بلون أخضر وتبعد عن رأس السنبلة 5 ملم، والتدريجة الرابعة بلون أحمر وتبعد عن رأس السنبلة 7 ملم، الشكل رقم (7). حيث تساعد هذه التدرجات على ضبط مكان وعمق كل ثقب من الثقوب القشرية المنجزة دون الحاجة لاستخدام وسائل إضافية (مسبر وليام (Bansal et al., 2019)، محددة مطاطية (Al-Attar et al., 2022)) لإنجاز ذلك، وهذا يسهل ويختصر من الوقت اللازم لإنجاز الإجراء الجراحي. عند إجراء التثقيب العظمي الأصغري بواسطة السنبلة المعدلة، الشكل رقم (8)، قامت الباحثة بتركيب السنبلة على قبضة معوجة متصلة مع موتور جراحي (TRAUS SIP10 Implant Motor, Saeshin, USA) بعد ضبط الإعدادات التالية عليه (سرعة الدوران 800 دورة بالدقيقة وعزم دوران 50 نيوتن)، وإنجاز الثقوب بالمكان المخصص بحيث يكون الرأس العامل للسنبلة يوازي مستوى الإطباق عند التطبيق مع المحافظة على التبريد أثناء العمل من خلال الإرواء المستمر بالسيروم الملحي، وتم ضبط مكان وعمق كل ثقب من الثقوب القشرية المنجزة بواسطة التدرجات الموجودة على الرأس العامل للسنبلة، الشكل رقم (9). تمت السيطرة على النزف بعد الإجراء الجراحي من خلال استخدام لفافة قطنية والضغط على مكان العمل لمدة دقيقة، وتم تطبيق الرَّاصفة الشَّفافة الأولى مباشرةً بعد الانتهاء من الإجراء الجراحي، الشكل رقم (10). طلب من كل مريض المضمضة بغسول فموي كلورالهيكسيدين 0.12% لمدة دقيقة مرتين يومياً لمدة 3 أيام، وتم وصف مسكن باراسيتامول 500 ملغ (Paracetamol 500 mg tab) للمريض لتسكين الألم المتوسط أو الشديد في حال وجوده مع التأكيد على إتمام الاستبيانات في الوقت المطلوب أولاً قبل تناول المسكن، ولم يتم وصف أي دواء مضاد للالتهاب لاستيروئيدي مع تنبيه المريض على عدم تناول هذا النوع من الأدوية، لتجنب تداخلها مع ظاهرة التسريع الناحي الناجمة عن التداخل الجراحي.

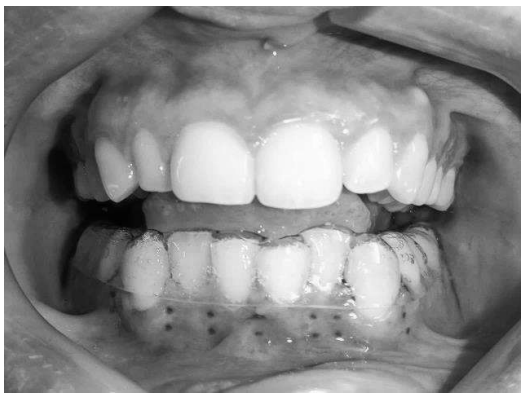


الشكل رقم (7): شكل ترسيمي يوضح التعديلات المجراة على الرأس العامل للسنبلة (الصورة للباحثة)



الشكل رقم (8): السنبلة بعد إجراء التعديلات عليها (الصورة للباحثة)

الشكل رقم (9): إجراء التثقيب العظمي الأصغري (الصورة للباحثة)



الشكل رقم (10): تطبيق الراصفة الشفافة الأولى مباشرةً بعد الانتهاء من الإجراء الجراحي (الصورة للباحثة)

الإجراءات المتبعة للمتابعة لكل مريض من مرضى المجموعتين الشاهدة والمدروسة

تمت متابعة مرضى كلتا المجموعتين يومياً ابتداءً من جلسة تطبيق أول راصفة شفافة عبر تطبيق WhatsApp (Meta Platforms, Inc., Cambridge, MA, USA) (Torsello et al., 2022; Li et al., 2016; Vande Vannet and Gushchin, 2015). للأهداف التالية: تذكيرهم بضرورة الالتزام بارتداء الراصفة الشفافة 22 ساعة باليوم، وتذكيرهم بإرسال الصورة الأمامية للأسنان باستخدام فاتح الفم المزدوج، حيث يتم التأكد من غياب مظهر الفقاعات الهوائية (Air bubbles) بين الأسنان والراصفة الشفافة، وغياب مظهر الفراغات القاطعية (Incisal gaps) بين الحدود القاطعة للأسنان والراصفة الشفافة، ففي حال غياب هذين المظهرين يطلب من المريض أن يأتي لقسم تقويم الأسنان والفكين في اليوم التالي لتقوم الباحثة بالتأكد من حيادية الراصفة المطبقة من خلال التأكد من غياب مظهر الفقاعات الهوائية (Air bubbles)، ومن غياب مظهر الفراغات القاطعية (Incisal gaps) عبر الفحص السريري للمريض، والتأكد من أن الراصفة لا تطبق ضغط على منطقة القواطع السفلية من خلال سؤال المريض حول ذلك (Shipley et al., 2019;

(Kaur and El-Bialy, 2020; Dickerson, 2017) وتطبيق الراصفة التالية في حال حياديتها. استمرت المُتابعة حتى انتهاء خطة المعالجة المفترضة، وذلك عند حيادية الراصفة الشفافة الأخيرة.

تقييم الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية المعالجة بالراصفات الشفافة:

تم تقييم الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية المعالجة بالراصفات الشفافة من خلال حساب عدد الأيام بين الزمنين T0 و T1 لمرضى كلتا المجموعتين. حيث أن: T0: هو زمن تطبيق أول راصفة شفافة (بدء خطة المعالجة المفترضة والتي هي رصف القواطع السفلية المزدحمة دون قلع)، و T1: هو زمن إزالة آخر راصفة شفافة (نهاية خطة المعالجة المفترضة وذلك عند حيادية الراصفة الشفافة الأخيرة).

الدراسة الإحصائية Statistical Study

استخدم برنامج SPSS (Statistical Package of Social Science) النسخة 22 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) لتحليل النتائج إحصائياً، وقيمت النتائج بمجال ثقة 95%، وعينت الدلالة الإحصائية عند مستوى دلالة أقل أو يساوي 0.05 ($P\leq0.05$)، وذلك لتحديد وجود اختلافات دالة إحصائياً، فإذا كانت القيمة المحسوبة أقل أو تساوي مستوى الدلالة نقرر وجود فروق جوهرية، أما إذا كانت القيمة أكبر من مستوى الدلالة فليس هناك فروق جوهرية. في البداية حسب الإحصاء الوصفي لكل متغير من متغيرات الدراسة وتضمن وصفاً للمتغيرات الإحصائية المحسوبة، ثم درس توزع بيانات الدراسة لمعرفة ما إذا كان توزعها طبيعياً أو غير طبيعي باستخدام اختبار تحليل الطبيعية Anderson-Darling، حيث يرفض هذا الاختبار فرضية الطبيعية عندما تكون قيمة P-value أقل أو تساوي 0.05، ويقبل فرضية الطبيعية عندما تكون قيمة P-value أكبر من 0.05. وطبقت الاختبارات المعلمية Parametric Tests حيث كان توزع البيانات توزعاً طبيعياً، فاستخدم اختبار ستيودينت للعينات المستقلة Independent sample T-Test للكشف عن جوهرية الفروق بين المجموعتين.

النتائج Results

بلغ المتوسط العمري للمرضى في المجموعة الشاهدة (22.3±1.3 سنة)، مقارنة مع (22.2±1.4 سنة) في المجموعة المدروسة مع كون الفرق في متوسط العمر غير دال إحصائياً، إذ كانت قيمة الاحتمالية الناتجة (P-value > 0.05)، الجدول رقم (1)

الجدول رقم (1): الإحصاء الوصفي لأعمار المرضى (بالسنوات) في عينة الدراسة وفقاً للمجموعة المدروسة، ونتائج اختبارات الجوهرية الإحصائية للفرق في متوسط العمر بين مجموعتي الدراسة

المتغير المدروس	العينة كاملة (N=40)		المجموعة الشاهدة (N=20)		المجموعة المدروسة (N=20)		اختبار الجوهرية الإحصائية للفرق بين المتوسطين			
	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة الاحتمالية P-value	الجوهرية الإحصائية
العمر (بالسنوات)	22.26	1.337	22.33	1.29	22.2	1.42	0.133	0.269	0.790	NS

الاختبار المستخدم: ستيودينت للعينات المستقلة Independent sample T-Test، NS: لا توجد فروق جوهرية إحصائياً

كان متوسط قيمة مشعر ليتل لعدم انتظامية القواطع السفلية قبل البدء بالمعالجة التقويمية لكامل العينة (5.24 ± 0.26 ملم)، حيث بلغت قيمته في المجموعة الشاهدة (5.23 ± 0.27 ملم)، وفي المجموعة المدروسة (5.26 ± 0.27 ملم)، الجدول رقم (2).

الجدول رقم (2): الإحصاء الوصفي لقيمة مشعر ليتل لعدم انتظامية القواطع السفلية قبل البدء بالمعالجة التقويمية (بالملم) في عينة الدراسة وفقاً للمجموعة المدروسة

المتغير المدروس	المجموعة الشاهدة (N=20)				المجموعة المدروسة (N=20)				العينة كاملة (N=40)			
	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
LII0 (بالملم)	5.226	0.265	4.8	5.7	5.260	0.266	4.7	5.5	5.243	0.262	4.7	5.7

LII0: قيمة مشعر ليتل لعدم انتظامية القواطع السفلية قبل البدء بالمعالجة التقويمية

بلغ متوسط عدد الراصفات الشفافة اللازمة لإنهاء خطة المعالجة المفترضة (رصف القواطع السفلية المزدحمة دون قلع) لكامل العينة 9 راصفات (تراوح بين 8 راصفات كحد أدنى إلى 10 راصفات كحد أعلى)، وبشكل مشابه في المجموعة الشاهدة والمدروسة. وبلغ متوسط السحل الميناني الملاصق المطلوب لكامل العينة (2.99 ± 0.13 ملم)، حيث كان متوسط قيمته في المجموعة الشاهدة (2.96 ± 0.14 ملم)، وفي المجموعة المدروسة (3.03 ± 0.12 ملم). يوضح الجدول رقم (3) الإحصاء الوصفي للخصائص العلاجية (عدد الراصفات الشفافة، ومقدار السحل الميناني الملاصق) في عينة الدراسة وفقاً للمجموعة المدروسة.

الجدول رقم (3): الإحصاء الوصفي للخصائص العلاجية (عدد الراصفات الشفافة، ومقدار السحل الميناني الملاصق) في عينة الدراسة وفقاً للمجموعة المدروسة

المتغير المدروس	المجموعة الشاهدة (N=20)					المجموعة المدروسة (N=20)					العينة كاملة (N=40)				
	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسيط	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسيط	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الوسيط	الحد الأدنى	الحد الأعلى
عدد الراصفات الشفافة	9	0.53	9	8	10	9	0.37	9	8	10	9	0.45	9	8	10
مقدار السحل الميناني الملاصق (بالملم)	2.96	0.14	3	2.50	3.10	3.03	0.12	3	2.8	3.4	2.99	0.13	3	2.5	3.4

أظهرت نتائج اختبارات ستيودينت للعينات المستقلة عدم وجود فروق جوهرية إحصائياً بين المجموعتين بالنسبة لكل من العمر، قيمة مشعر ليتل لعدم انتظامية القواطع السفلية قبل البدء بالمعالجة التقويمية، والخصائص العلاجية (عدد الراصفات الشفافة، ومقدار السحل الميناني الملاصق) حيث كانت قيمة الاحتمالية الناتجة عنها (P-value > 0.05) لجميع المتغيرات المدروسة، وبالتالي كانت كلتا المجموعتين متجانستين وقابلتين للمقارنة، الجدول رقم (4).

الجدول رقم (4): نتائج اختبارات الجوهرية الإحصائية للفروق في متوسطات كل من العمر، قيمة مشعر ليتل قبل البدء بالمعالجة التقويمية، والخصائص العلاجية (عدد الراصفات الشفافة، ومقدار السحل الميناني الملاصق) بين مجموعتي الدراسة						
المتغير المدروس	المجموعة الشاهدة (N=20)	المجموعة المدروسة (N=20)	اختبار الجوهرية الإحصائية للفرق بين المتوسطين			
	المتوسط الحسابي	المتوسط الحسابي	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة الاحتمالية P-value	الجوهرية الإحصائية
العمر (بالسنوات)	22.33	22.2	0.133	0.269	0.790	NS
LII0 (بالملم)	5.226	5.260	0.033-	0.343-	0.734	NS
عدد الراصفات الشفافة	9	9	0.000	0.000	1.000	NS
مقدار السحل الميناني الملاصق (بالملم)	2.960	3.033	0.073-	1.489-	0.148	NS
الاختبار المستخدم: ستيودينت للعينات المستقلة Independent sample T-Test، LII0: قيمة مشعر ليتل لعدم انتظامية القواطع السفلية قبل البدء بالمعالجة التقويمية، NS: لا توجد فروق جوهرية إحصائياً						

يوضح الجدول رقم (5) الإحصاء الوصفي للزمن اللازم لإنهاء خطة المعالجة المفترضة (رصف القواطع السفلية المزدحمة دون قلع) (بالأيام) في عينة الدراسة وفقاً للمجموعة المدروسة.

الجدول رقم (5): الإحصاء الوصفي للزمن اللازم لإنهاء خطة المعالجة المفترضة (رصف القواطع السفلية المزدحمة دون قلع) (بالأيام) في عينة الدراسة وفقاً للمجموعة المدروسة							
المتغير المدروس	المجموعة الشاهدة (N=20)				المجموعة المدروسة (N=20)			
	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الحد الأدنى	الحد الأعلى
الزمن (بالأيام)	130	8.295	120	134	67.93	5.486	66	72

أظهرت نتائج اختبار ستيودينت للعينات المستقلة وجود فرق جوهري إحصائياً بين المجموعتين بالنسبة للزمن اللازم لإنهاء خطة المعالجة المفترضة (رصف القواطع السفلية المزدحمة دون قلع)، إذ كانت قيمة الاحتمالية الناتجة عنه (P-value < 0.05)، كما كان المتوسط الحسابي للزمن اللازم للمعالجة في المجموعة المدروسة أقل ب 62 يوماً عن مثيله في المجموعة الشاهدة، الجدول رقم (6).

الجدول رقم (6): نتائج اختبار الجوهرية الإحصائية للفرق في متوسط الزمن اللازم لإنهاء خطة المعالجة المفترضة (رصف القواطع السفلية المزدحمة دون قلع) (بالأيام) بين مجموعتي الدراسة

المتغير المدروس	المجموعة الشاهدة (N=20)		المجموعة المدروسة (N=20)		اختبار الجوهرية الإحصائية للفرق بين المتوسطين			
	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الفرق بين المتوسطين	قيمة t المحسوبة	قيمة الاحتمالية P-value	الجوهرية الإحصائية
الزمن (بالأيام)	130	8.295	67.93	5.486	62.066	66.50	0.0001	*

الاختبار المستخدم: ستيودينت للعينات المُستقلة Independent sample T-Test

*: توجد فروق جوهرية إحصائياً

المناقشة Discussion

يعتبر هذا البحث أول بحث قيم فعالية تطبيق التثقيب العظمي الأصغري في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) المعالجة بالراصفات الشفافة، وقد تبين من خلال النتائج أن هذا الإجراء الجراحي اختصر من المدة الزمنية اللازمة لإنجاز ذلك بمقدار 47.74% مقارنةً مع المجموعة الشاهدة (المعالجة بالراصفات الشفافة فقط). اختيرت في الدراسة الحالية حالات ازدحام القواطع السفلية متوسطة الشدة (4 – 6 ملم) والتي تتطلب معالجة دون قلع، إذ يعد الازدحام السني أحد أكثر أشكال سوء الإطباق شيوعاً عند المرضى البالغين، والتي تدفعهم لطلب المعالجة التقويمية (Proffit et al., 2012; Thilander et al., 2001). كما تم الالتزام بمعايير الإدخال بدقة عند اختيار أفراد العينة مع التأكيد على ضرورة الالتزام بتعليمات الصحة الفموية والتعليمات المعطاة خلال المعالجة. بلغ متوسط عمر أفراد العينة (22.3 ± 1.3 سنة)، إذ ضُمّن المرضى البالغون فقط في هذه الدراسة بحد أدنى من العمر (18 سنة)، وذلك لاستبعاد عامل النمو والتغيرات الاستقلابية الحاصلة على مستوى العظم السنخي عند المرضى اليافعين قبل سن البلوغ (Mavreas and Athanasiou, 2008)، والذي يعد عاملاً مشوشاً عند دراسة معدل الحركة السنية، كما تم تجنب الأعمار الكبيرة جداً حيث بلغ الحد الأعلى لأعمار المرضى (26 سنة) لتجنب اختلاف الاستقلاب بين الأعمار الصغيرة والأعمار الكبيرة، وبذلك يكون النضج العظمي متقارباً بين مرضى عينة الدراسة2013 ,.Alikhani et al ,2018; (Alikhani et al.,). لم يكن هناك فرق جوهري إحصائياً بين المجموعتين بالنسبة لكل من العمر، قيمة مشعر ليتل لعدم انتظامية القواطع السفلية قبل البدء بالمعالجة التقويمية، والخصائص العلاجية (عدد الراصفات الشفافة، ومقدار السحل الميناني الملاصق)، وبالتالي كانت كلتا المجموعتين متجانستين وقابلتين للمقارنة. تم الاعتماد على حيادية الراصفة الشفافة المطبقة – حيث تم الحكم على ذلك من خلال: غياب مظهر الفقاعات الهوائية (Air bubbles) بين الأسنان والراصفة الشفافة، غياب مظهر الفراغات القاطعية (Incisal gaps) بين الحدود القاطعة للأسنان والراصفة الشفافة، وعدم تطبيق الراصفة الشفافة أي ضغط على منطقة القواطع السفلية – كمعيار للانتقال للراصفة الشفافة التالية (Shipley et al., 2019; Kaur and El-Bialy, 2020; Dickerson, 2017) لمرضى كلتا المجموعتين الشاهدة والمدروسة بناءً على المعلومات التالية: أوضح Dickerson عام 2017 أنه طالما يوجد اختلاف في معدل الحركة السنية التقويمية بين الأفراد، فإن معدل تبديل الراصفة الشفافة يختلف بينهم أيضاً، نتيجةً لذلك أوجد خوارزمية التقييم الذاتي Self-assessment algorithm لتحديد معدل تبديل الراصفة الشفافة الأمثل لكل مريض. تقوم هذه الخوارزمية على استخدام استبيان يومي، يهدف إلى تقييم مقدار ضغط الراصفة الشفافة على الأسنان عبر مقياس من ثلاث نقاط، وعند وصول النتيجة إلى 1 (أدنى ضغط)، يطلب من

المريض الانتقال إلى الراصفة الشفافة التالية. فسر Dickerson اعتماده على مقدار ضغط الراصفة الشفافة على الأسنان الذي يتم تقييمه من قبل المريض لتحديد معدل تبديل الراصفة الشفافة الأمثل له، بأن عندما تتحرك الأسنان إلى مواضعها المبرمجة ضمن الراصفة، لن تطبق الراصفة الشفافة قوة (ضغط) بعد ذلك، وسوف يشعر المريض بضغط منخفض (Simon et al., 2014; Vardimon et al., 2010; Tanne et al., 1987)؛ وأضاف Dickerson أنه يجب على أخصائي التقويم مراقبة تتبع الراصفة Monitored aligner tracking بشكل مستمر لمنع التبديل المبكر Premature switching لها (Dickerson, 2017). لذلك تم الاعتماد على عدم تطبيق الراصفة الشفافة أي ضغط على منطقة القواطع السفلية كأحد شروط حيادية الراصفة الشفافة في هذه الدراسة. وكما نعلم أن الحركة السنية التقويمية باستخدام الراصفات الشفافة تعتمد على التقسيم المتدرج للحركة السنية عبر استخدام سلسلة متتالية من الراصفات الشفافة، كل واحدة من هذه الراصفات تحرك الأسنان بمقادير بسيطة (Weir, 2017). إن إحدى الآليات المسؤولة عن تحقيق هذه الحركة المتدرجة هي تأثير القولبة The shape molding effect: وهي الآلية الأساسية التي قامت عليها تقنية الراصفات الشفافة منذ نشأتها (Guan et al., 2017)، تعتمد هذه الآلية على تحريك الأسنان عبر قولبتها إلى شكل جديد موافق لشكل الراصفة الشفافة المطبقة. فعند التطبيق الأولي للراصفة على الأسنان فإن مجموعة من القوى ثلاثية الأبعاد تطبق على سطوح الأسنان المماسة للراصفة ناتجة عن اختلاف توضع الأسنان ضمن الفم عن توضعها ضمن الراصفة الشفافة (Barone et al., 2017)، بينما لا تطبق الراصفة أي قوة على السطوح السنية غير المتماسة معها، حتى يتم التعبير الكامل عن الحركة المبرمجة ضمن الراصفة لتنطبق وتتماس مع سطوح السن كاملة (Wheeler, 2017). لذلك تم الاعتماد على غياب مظهر الفقاعات الهوائية (Air bubbles) بين الأسنان والراصفة الشفافة (غياب هذا المظهر يدل على ملائمة الراصفة الشفافة على الأسنان، والراصفة تنطبق وتتماس مع سطوح السن كاملة)، وغياب مظهر الفراغات القاطعية (Incisal gaps) بين الحدود القاطعة للأسنان والراصفة الشفافة (غياب هذا المظهر يدل على ملائمة الراصفة الشفافة على الأسنان، والأسنان أنجزت الحركة المخطط لها عبر هذه الراصفة) كإحدى شروط حيادية الراصفة الشفافة في هذه الدراسة. تمت متابعة مرضى كلتا المجموعتين يومياً ابتداءً من جلسة تطبيق أول راصفة شفافة عبر تطبيق WhatsApp (Meta Platforms, Inc., Cambridge, MA, USA) (Torsello et al., 2022; Li et al., 2016; Vande Vannet and Gushchin, 2015) للأهداف التالية: تذكيرهم بضرورة الالتزام بارتداء الراصفة الشفافة 22 ساعة باليوم، وذلك لكيلا يكون تعاون المريض عاملاً مشوشاً يؤثر على نتائج الدراسة؛ ولتقييم غياب مظهر الفقاعات الهوائية والفراغات القاطعية بشكل يومي، بهدف ضبط وقت الانتقال للراصفة التالية، حيث لم يعط المرضى الراصفات ليقوموا بتبديلها بل توبعوا بشكل دوري ومكثف لتبديل الراصفات من قبل الباحثة بنفسها وذلك بعد التأكد من حيادية الراصفة الشفافة المطبقة قبل الانتقال للراصفة التالية، حيث تم الاعتماد على ذلك بناءً على المعلومات التالية: كما نعلم أن السيئة الأكبر المُترافقة مع المعالجة بالراصفات الشفافة هي الحاجة إلى التزام وتعاون المريض خلال المعالجة، فكون الراصفات قابلة للنزع، هذا يجعل نجاح المعالجة معتمداً بشكل كبير على الحافز الذاتي للمريض للالتزام بالأجهزة (Kim, 2013). يتأثر التزام المريض بوقت تطبيق الأجهزة القابلة للإزالة بعدة عوامل: عوامل متعلقة بالمريض (العمر، السمات الشخصية، أهمية المظهر الشخصي، والتصور الذاتي لسوء الإطباق)؛ عوامل مرتبطة بالجهاز (مرئي/ غير مرئي، الألم، والانزعاج)؛ وعوامل متعلقة بالطبيب (الثقة، التواصل الواضح والكامل، والتحفيز) (Torsello et al., 2022). ووُجد أنه يمكن لطب الأسنان عن بُعد Teledentistry (الاتصال عبر تطبيقات المراسلة مثل WhatsApp (Meta Platforms, Inc., Cambridge, MA, USA) أن يُحسن التزام المرضى بتطبيق الأجهزة، من خلال إرسال رسائل تذكيرية تحفزهم على ذلك (Torsello et al., 2022). أظهرت نتائج الدراسة الحالية فعالية التثقيب العظمي الأصغري في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) المعالجة بالراصفات الشفافة، حيث استغرقت المعالجة (67.93±5.486) يوماً

في المجموعة المدروسة مقارنةً مع (130±8.295) يوماً في المجموعة الشاهدة، مما يعني اختصار من المدة الزمنية اللازمة للمعالجة بمقدار 47.74%. يمكن أن تعزى هذه الفعالية إلى تحفيز ظاهرة التسريع الناحي Regional Acceleratory Phenomenon (RAP) الحاصلة بعد الرض الجراحي، وإلى تخفيف المقاومة الميكانيكية التي يبديها العظم القشري لحركة الأسنان نتيجة إضعافه بالتثقيب القشري، كما أن إجراء ثقوب في العظم السنخي يحفز التعبير عن الواسمات الالتهابية Inflammatory markers، وزيادة السيتوكينات التي تؤدي لزيادة نشاط الخلايا الكاسرة للعظم، وبالتالي تسريع امتصاص العظم وتسريع معدل الحركة السنية، والذي يقود بدوره إلى إنقاص المدة الزمنية اللازمة للمعالجة (Frost, 1983; Wilcko et al., 2001; Alikhani et al., 2013; Baloul et al., 2011; Alikhani et al., 2015; Teixeira et al., 2010). نظراً لعدم وجود دراسات مماثلة قيمت فعالية تطبيق التثقيب العظمي الأصغري في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) المعالجة بالراصفات الشفافة، فستتم مقارنة نتائج هذا البحث مع أبحاث قيمت فعالية تطبيق التثقيب العظمي الأصغري أو طرق تسريع جراحية قليلة الاجتياحية أخرى خلال علاج ازدحام القواطع السفلية (مع قلع، وبدون قلع)، وخلال علاج أنماط أخرى من سوء الإطباق في سياق المعالجة التقويمية بالجهاز الثابت. بعد مراجعة الأدبيات تبين أنه توجد مقالتان منشورتان (RCTs) اختبرتا فعالية التثقيب العظمي الأصغري في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) في سياق المعالجة التقويمية بالجهاز الثابت (Bansal et al., 2019; Al-Attar et al., 2022)، ومقالتان منشورتان (RCTs) اختبرتا فعالية الشق القشري Corticision في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) في سياق المعالجة التقويمية بالجهاز الثابت (Sirri et al., 2020; Fahim et al., 2020)، ومقالة منشورة (RCTs) اختبرت فعالية القطع القشري اللاشريحي بالبيزو Piezocision في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) في سياق المعالجة التقويمية بالجهاز الثابت (Mehr,2013)، ومقالة منشورة (RCTs) اختبرت فعالية القطع القشري اللاشريحي بالبيزو في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (مع قلع) في سياق المعالجة التقويمية بالجهاز الثابت (Gibreal et al., 2019)، ومقالة منشورة (RCTs) اختبرت فعالية القطع القشري اللاشريحي بالبيزو في إنقاص الزمن اللازم لإرجاع الأنياب العلوية في سياق المعالجة التقويمية بالجهاز الثابت (Alfawal et al., 2018)، ومقالة منشورة (RCTs) اختبرت فعالية القطع القشري اللاشريحي بالبيزو في إنقاص الزمن اللازم لإرجاع القواطع الأربعة العلوية في سياق المعالجة التقويمية بالجهاز الثابت (Al-Imam et al., 2019)، ومقالة منشورة (RCTs) اختبرت فعالية القطع القشري اللاشريحي بالليزر في إنقاص الزمن اللازم لإرجاع الأنياب العلوية في سياق المعالجة التقويمية بالجهاز الثابت (Alfawal et al., 2018).

اتفقنا مع كل من (Bansal et al., 2019; Al-Attar et al., 2022) من حيث أن التثقيب العظمي الأصغري اختصر جوهرياً المدة الزمنية اللازمة لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) مقارنةً مع المجموعة الشاهدة (المعالجة بالجهاز الثابت فقط)، لكن كانت هناك فروق في مقدار التسريع الحاصل بين الدراسة الحالية والدراستين السابقتين. حيث وجد Al-Attar وزملائه أن التثقيب العظمي الأصغري اختصر زمن المعالجة التقويمية بمقدار 37.7% مقابل 47.74% في الدراسة الحالية. بينما وجدت Bansal وزملائها أن التثقيب العظمي الأصغري اختصر زمن المعالجة التقويمية بمقدار 44% مقابل 47.74% في الدراسة الحالية. يمكن تفسير هذا التباين باختلاف المعالجة التقويمية المستخدمة لعلاج ازدحام القواطع السفلية (جهاز ثابت في دراسة Al-Attar وزملائه، جهاز ثابت في دراسة Bansal وزملائها، راصفات شفافة في الدراسة الحالية)، اختلاف أعمار مرضى العينة المدروسة (18.97 سنة في دراسة Al- Attar وزملائه، 15.6 سنة في دراسة Bansal وزملائها، 22.3 سنة في الدراسة الحالية)، اختلاف الأداة المستخدمة لإنجاز التثقيب وقطر الثقوب المنجزة (زريعة تقويمية بقطر 1.6 ملم في دراسة Al-Attar وزملائه، زريعة تقويمية بقطر 1.6 ملم في دراسة Bansal وزملائها، سنبلة إرشاد مكان الزرعة السنية بقطر 1.2 ملم في الدراسة الحالية)، اختلاف عدد الثقوب المنجزة (6 ثقوب في دراسة

Al-Attar وزملائه، 6 ثقوب في دراسة Bansal وزملائها، 14 ثقب في الدراسة الحالية)، واختلاف عمق الثقوب المنجزة (3 ملم في دراسة Al-Attar وزملائه، 1 ملم ضمن العظم القشري في الدراسة الحالية). واتفقنا مع كل من (Sirri et al., 2020; Fahim et al., 2020) من حيث أن الشق القشري اختصر جوهرياً المدة الزمنية اللازمة لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) مقارنةً مع المجموعة الشاهدة (المعالجة بالجهاز الثابت فقط)، لكن كانت هناك فروق في مقدار التسريع الحاصل بين الدراسة الحالية والدراستين السابقتين. حيث وجد Sirri وزملائه أن الشق القشري اختصر زمن المعالجة التقويمية بمقدار 27% مقابل 47.74% في الدراسة الحالية. بينما وجد Fahim وزملائه أن الشق القشري اختصر زمن المعالجة التقويمية بمقدار 50% مقابل 47.74% في الدراسة الحالية. يمكن تفسير هذا التباين باختلاف الإجراء الجراحي المطبق (شق قشري في دراسة Sirri وزملائه، شق قشري في دراسة Fahim وزملائه، تثقيب عظمي أصغري في الدراسة الحالية)، واختلاف المعالجة التقويمية المستخدمة لعلاج ازدحام القواطع السفلية (جهاز ثابت في دراسة Sirri وزملائه، جهاز ثابت في دراسة Fahim وزملائه، راصفات شفافة في الدراسة الحالية). واتفقنا مع (Gibreal et al., 2019) من حيث أن القطع القشري اللاشريحي بالبيزو اختصر جوهرياً المدة الزمنية اللازمة لعلاج ازدحام القواطع السفلية (مع قلع) مقارنةً مع المجموعة الشاهدة (المعالجة بالجهاز الثابت فقط)، لكن كان هناك فرق في مقدار التسريع الحاصل بين الدراسة الحالية والدراسة السابقة. حيث وجد Gibreal وزملائه أن القطع القشري بالبيزو اختصر زمن المعالجة التقويمية بمقدار 59% مقابل 47.74% في الدراسة الحالية. يمكن تفسير هذا التباين باختلاف الإجراء الجراحي المطبق (قطع قشري لاشريحي بالبيزو في دراسة Gibreal وزملائه، تثقيب عظمي أصغري في الدراسة الحالية)، اختلاف المعالجة التقويمية المستخدمة لعلاج ازدحام القواطع السفلية (جهاز ثابت في دراسة Gibreal وزملائه، راصفات شفافة في الدراسة الحالية)، واختلاف نوع المعالجة (مع قلع، أو بدون قلع) (مع قلع في دراسة Gibreal وزملائه، بدون قلع في الدراسة الحالية). واتفقنا مع (Alfawal et al., 2018) من حيث أن القطع القشري اللاشريحي بالبيزو اختصر جوهرياً المدة الزمنية اللازمة لإرجاع الأنياب العلوية مقارنةً مع المجموعة الشاهدة (المعالجة بالجهاز الثابت فقط)، لكن كان هناك فرق في مقدار التسريع الحاصل بين الدراسة الحالية والدراسة السابقة. حيث وجدت Alfawal وزملائها أن القطع القشري اللاشريحي بالبيزو اختصر زمن المعالجة التقويمية بمقدار 25% مقابل 47.74% في الدراسة الحالية. لا يمكننا مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع الدراسة السابقة نتيجةً لاختلاف نمط سوء الإطباق المعالج (إرجاع أنياب علوية في دراسة Alfawal وزملائها، علاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) في الدراسة الحالية)، اختلاف الإجراء الجراحي المطبق (قطع قشري لاشريحي بالبيزو في دراسة Alfawal وزملائها، تثقيب عظمي أصغري في الدراسة الحالية)، واختلاف المعالجة التقويمية المستخدمة (جهاز ثابت في دراسة Alfawal وزملائها، راصفات شفافة في الدراسة الحالية). واتفقنا مع (Al-Imam et al., 2019) من حيث أن القطع القشري اللاشريحي بالبيزو اختصر جوهرياً المدة الزمنية اللازمة لإرجاع القواطع الأربعة العلوية مقارنةً مع المجموعة الشاهدة (المعالجة بالجهاز الثابت فقط)، لكن كان هناك فرق في مقدار التسريع الحاصل بين الدراسة الحالية والدراسة السابقة. حيث وجد Al-Imam وزملائه أن القطع القشري اللاشريحي بالبيزو اختصر زمن المعالجة التقويمية بمقدار 27% مقابل 47.74% في الدراسة الحالية. لا يمكننا مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع الدراسة السابقة نتيجةً لاختلاف نمط سوء الإطباق المعالج (إرجاع القواطع الأربعة العلوية في دراسة Al-Imam وزملائه، علاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) في الدراسة الحالية)، اختلاف الإجراء الجراحي المطبق (قطع قشري لاشريحي بالبيزو في دراسة Al-Imam وزملائه، تثقيب عظمي أصغري في الدراسة الحالية)، واختلاف المعالجة التقويمية المستخدمة (جهاز ثابت في دراسة Al-Imam وزملائه، راصفات شفافة في الدراسة الحالية). واتفقنا مع (Alfawal et al., 2018) من حيث أن القطع القشري اللاشريحي بالليزر اختصر جوهرياً المدة الزمنية اللازمة لإرجاع الأنياب العلوية مقارنةً مع المجموعة الشاهدة (المعالجة بالجهاز الثابت فقط)، لكن كان هناك فرق في مقدار التسريع الحاصل بين الدراسة الحالية والدراسة

السابقة. حيث وجدت Alfawal وزملائها أن القطع القشري اللاشريحي بالليزر اختصر زمن المعالجة التقويمية بمقدار 25% مقابل 47.74% في الدراسة الحالية. لا يمكننا مقارنة نتائج الدراسة الحالية مع الدراسة السابقة نتيجةً لاختلاف نمط سوء الإطباق المعالج (إرجاع أنياب علوية في دراسة Alfawal وزملائها، علاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) في الدراسة الحالية)، اختلاف الإجراء الجراحي المطبق (قطع قشري لاشريحي بالليزر في دراسة Alfawal وزملائها، تثقيب عظمي أصغري في الدراسة الحالية)، واختلاف المعالجة التقويمية المستخدمة (جهاز ثابت في دراسة Alfawal وزملائها، راصفات شفافة في الدراسة الحالية).

واختلفنا مع (Mehr, 2013) من حيث أنه لم يكن هناك فرق جوهري بين مجموعة القطع القشري اللاشريحي بالبيزو والمجموعة الشاهدة (المعالجة بالجهاز الثابت فقط) في اختصار المدة الزمنية اللازمة لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع)، فسرت Mehr ذلك بأن الرض الجراحي الناتج عن القطع القشري اللاشريحي بالبيزو كان غير كافي لتحفيز ظاهرة التسريع الناحي. يمكن أن يعزى الاختلاف بين نتيجة دراسة Mehr ونتيجة الدراسة الحالية إلى اختلاف الإجراء الجراحي المطبق (قطع قشري لاشريحي بالبيزو في دراسة Mehr، تثقيب عظمي أصغري في الدراسة الحالية)، واختلاف المعالجة التقويمية المستخدمة لعلاج ازدحام القواطع السفلية (جهاز ثابت في دراسة Mehr، راصفات شفافة في الدراسة الحالية). تتمثل أهم محدوديات هذه الدراسة بعدم إمكانية تعمية كل من الباحثة والمريض حول الإجراء العلاجي المطبق. على أي حال فإن التوزيع العشوائي للمرضى مع إخفاء التخصيص عن الباحثة يخففان بشكل كبير جداً من أي تحيز محتمل للباحثة أثناء تطبيق الإجراء العلاجي (Altman and Schulz, 2001).

الاستنتاجات Conclusions

يعتبر التثقيب العظمي الأصغري إجراء جراحي فعال في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) المعالجة بالراصفات الشفافة، حيث اختصر من المدة الزمنية اللازمة لإنجاز ذلك بمقدار 47.74% مقارنةً مع المجموعة الشاهدة (المعالجة بالراصفات الشفافة فقط).

التوصيات والمقترحات Recommendations & Suggestions

1) نوصي بتطبيق التثقيب العظمي الأصغري كإجراء جراحي فعال في إنقاص الزمن اللازم لعلاج ازدحام القواطع السفلية (دون قلع) المعالجة بالراصفات الشفافة عند البالغين الذين يرغبون بإنهاء معالجتهم بأسرع وقت ممكن.
2) نقترح إجراء دراسة سريرية مشابهة للدراسة الحالية لتحري تأثير الجنس (ذكور، إناث)، ومكان التطبيق (الفك العلوي، الفك السفلي) على مقدار التسريع الحاصل بالتثقيب العظمي الأصغري في سياق المعالجة التقويمية بالراصفات الشفافة.
3) نقترح إجراء دراسة سريرية وشعاعية مشابهة للدراسة الحالية لتحري الاختلاطات (الانحسار اللثوي، امتصاص العظم السنخي، امتصاص جذور الأسنان، وحيوية الأسنان) المرافقة لتطبيق التثقيب العظمي الأصغري في سياق المعالجة التقويمية بالراصفات الشفافة.

المراجع References

1) **AL-ATTAR, A., NISSAN, L., ALMUZIAN, M. & ABID, M. 2022. Effect of mini-implant facilitated micro-osteoperforations on the alignment of mandibular anterior crowding: A randomised controlled clinical trial. J Orthod, 49, 379-387.**
2) **AL-IMAM, G. M. F., AJAJ, M. A., HAJEER, M. Y., AL-MDALAL, Y. & ALMASHAAL, E. 2019. Evaluation of the effectiveness of piezocision-assisted**

flapless corticotomy in the retraction of four upper incisors: A randomized controlled clinical trial. Dent Med Probl, 56, 385-394.

3) AL-KHALIFA, K. S. & BAESHEN, H. A. 2021. Micro-osteoperforations and Its Effect on the Rate of Tooth Movement: A Systematic Review. Eur J Dent, 15, 158-167.

4) AL-NAOUM, F., HAJEER, M. Y. & AL-JUNDI, A. 2014. Does alveolar corticotomy accelerate orthodontic tooth movement when retracting upper canines? A split-mouth design randomized controlled trial. J Oral Maxillofac Surg, 72, 1880-9.

5) ALANSARI, S., TEIXEIRA, C. C., SANGSUWON, C. & ALIKHANI, M. 2017. Introduction to Micro-osteoperforations. In: ALIKHANI, M. (ed.) Clinical Guide to Accelerated Orthodontics: With a Focus on Micro-Osteoperforations. Cham: Springer International Publishing.

6) ALFAILANY, D. T., HAJEER, M. Y., AL-BITAR, M. I., ALSINO, H. I., JABER, S. T., BRAD, B. & DARWICH, K. 2023. Effectiveness of Flapless Cortico-Alveolar Perforations Using Mechanical Drills Versus Traditional Corticotomy on the Retraction of Maxillary Canines in Class II Division 1 Malocclusion: A Three-Arm Randomized Controlled Clinical Trial. Cureus, 15, e44190.

7) ALFAWAL, A. M., HAJEER, M. Y., AJAJ, M. A., HAMADAH, O. & BRAD, B. 2016. Effectiveness of minimally invasive surgical procedures in the acceleration of tooth movement: a systematic review and meta-analysis. Prog Orthod, 17, 33.

8) ALFAWAL, A. M. H., BURHAN, A. S., MAHMOUD, G., AJAJ, M. A., NAWAYA, F. R. & HANAFI, I. 2022. The impact of non-extraction orthodontic treatment on oral health-related quality of life: clear aligners versus fixed appliances-a randomized controlled trial. Eur J Orthod, 44, 595-602.

9) ALFAWAL, A. M. H., HAJEER, M. Y., AJAJ, M. A., HAMADAH, O. & BRAD, B. 2018. Evaluation of piezocision and laser-assisted flapless corticotomy in the acceleration of canine retraction: a randomized controlled trial. Head Face Med, 14, 4.

10) ALIKHANI, M., ALYAMI, B. A., LEE, I. S., ALMOAMMAR, S., VONGTHONGLEUR, T., ALIKHANI, M., ALANSARI, S., SANGSUWON, C., CHOU, M. Y., KHOO, E., BOSKEY, A. L. & TEIXEIRA, C. C. 2015. Saturation of the biological response to orthodontic forces and its effect on the rate of tooth movement. Orthodontics & craniofacial research, 18 Suppl 1, 8-17.

11) ALIKHANI, M., CHOU, M. Y., KHOO, E., ALANSARI, S., KWAL, R., ELFERSI, T., ALMANSOUR, A., SANGSUWON, C., AL JEARAH, M. & NERVINA, J. M. 2018.

Age-dependent biologic response to orthodontic forces. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 153, 632-644.

12) ALIKHANI, M., RAPTIS, M., ZOLDAN, B., SANGSUWON, C., LEE, Y. B., ALYAMI, B., CORPODIAN, C., BARRERA, L. M., ALANSARI, S., KHOO, E. & TEIXEIRA, C. 2013. Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 144, 639-48.

13) ALMOGBEL, A. 2023. Clear Aligner Therapy: Up to date review article. J Orthod Sci, 12, 37.

14) ALTMAN, D. G. & SCHULZ, K. F. 2001. Statistics notes: Concealing treatment allocation in randomised trials. Bmj, 323, 446-7.

15) BALOUL, S. S., GERSTENFELD, L. C., MORGAN, E. F., CARVALHO, R. S., VAN DYKE, T. E. & KANTARCI, A. 2011. Mechanism of action and morphologic changes in the alveolar bone in response to selective alveolar decortication-facilitated tooth movement. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 139, S83-101.

16) BANSAL, M., SHARMA, R., KUMAR, D. & GUPTA, A. 2019. Effects of mini-implant facilitated micro-osteoperforations in alleviating mandibular anterior crowding: A randomized controlled clinical trial. J Orthod Sci, 8, 19.

17) BARONE, S., PAOLI, A., RAZIONALE, A. V. & SAVIGNANO, R. 2017. Computational design and engineering of polymeric orthodontic aligners. International journal for numerical methods in biomedical engineering, 33, e2839.

18) CASKO, J. S., VADEN, J. L., KOKICH, V. G., DAMONE, J., JAMES, R. D., CANGIALOSI, T. J., RIOLO, M. L., OWENS, S. E., JR. & BILLS, E. D. 1998. Objective grading system for dental casts and panoramic radiographs. American Board of Orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 114, 589-99.

19) DICKERSON, T. E. 2017. Invisalign with Photobiomodulation: Optimizing Tooth Movement and Treatment Efficacy with a Novel Self-Assessment Algorithm. J Clin Orthod, 51, 157-165.

20) EINI, E., MORADINEJHAD, M., CHAHARMAHALI, R. & RAHIM, F. 2022. The effect of micro-osteoperforations on the rate of orthodontic tooth movement in animal model: A systematic review and meta-analysis. J Oral Biol Craniofac Res, 12, 873-878.

21) FAHIM, F., EL SHARABY, F. & KANDIL, R. 2020. effects of corticision on orthodontic tooth movement a randomized controlled clinical trial. Egyptian dental journal, 64.

22) FROST, H. M. 1983. The regional acceleratory phenomenon: a review. Henry Ford Hosp Med J, 31, 3-9.

23) GANDEDKAR, N. H., DALCI, O. & DARENDELILER, M. A. 2024. Accelerated orthodontics (AO): The past, present and the future. Seminars in Orthodontics.

24) GIBREAL, O., HAJEER, M. Y. & BRAD, B. 2019. Efficacy of piezocision-based flapless corticotomy in the orthodontic correction of severely crowded lower anterior teeth: a randomized controlled trial. Eur J Orthod, 41, 188-195.

25) GIERIE, W. V. 2018. Clear aligner therapy: An overview. J Clin Orthod, 52, 665-674.

26) GRAF, I., PUPPE, C., SCHWARZE, J., HÖFER, K., CHRIST, H. & BRAUMANN, B. 2021. Evaluation of effectiveness and stability of aligner treatments using the Peer Assessment Rating Index. J Orofac Orthop, 82, 23-31.

27) GU, J., TANG, J. S., SKULSKI, B., FIELDS, H. W., JR., BECK, F. M., FIRESTONE, A. R., KIM, D. G. & DEGUCHI, T. 2017. Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 151, 259-66.

28) GUAN, X., CHANG, D. T., YAN, Y., ZHANG, Y. W., ZHOU, Y. H. & SONG, Y. 2017. [Clinical efficacy of clear aligners in treating bimaxillary protrusion]. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi, 52, 549-553.

29) JABER, S. T., HAJEER, M. Y. & BURHAN, A. S. 2022a. The Effectiveness of In-house Clear Aligners and Traditional Fixed Appliances in Achieving Good Occlusion in Complex Orthodontic Cases: A Randomized Control Clinical Trial. Cureus, 14, e30147.

30) JABER, S. T., HAJEER, M. Y., BURHAN, A. S., ALAM, M. K. & AL-IBRAHIM, H. M. 2023a. Treatment effectiveness of young adults using clear aligners versus buccal fixed appliances in class I malocclusion with first premolar extraction using the ABO-Objective Grading System: A randomized controlled clinical trial. Int Orthod, 21, 100817.

31) JABER, S. T., HAJEER, M. Y., BURHAN, A. S. & LATIFEH, Y. 2022b. The Effect of Treatment With Clear Aligners Versus Fixed Appliances on Oral Health-Related Quality of Life in Patients With Severe Crowding: A One-Year Follow-Up Randomized Controlled Clinical Trial. Cureus, 14, e25472.

32) JABER, S. T., HAJEER, M. Y. & SULTAN, K. 2023b. Treatment Effectiveness of Clear Aligners in Correcting Complicated and Severe Malocclusion Cases

Compared to Fixed Orthodontic Appliances: A Systematic Review. Cureus, 15, e38311.

33) JOHAL, A., ALYAQOOBI, I., PATEL, R. & COX, S. 2015. The impact of orthodontic treatment on quality of life and self-esteem in adult patients. Eur J Orthod, 37, 233-7.

34) KAUR, H. & EL-BIALY, T. 2020. Shortening of Overall Orthodontic Treatment Duration with Low-Intensity Pulsed Ultrasound (LIPUS). Journal of Clinical Medicine, 9, 1303.

35) KIM, S. J., PARK, Y. G. & KANG, S. G. 2009. Effects of Corticision on paradental remodeling in orthodontic tooth movement. Angle Orthod, 79, 284-91.

36) LANTERI, V., FARRONATO, G., LANTERI, C., CARAVITA, R. & COSSELLU, G. 2018. The efficacy of orthodontic treatments for anterior crowding with Invisalign compared with fixed appliances using the Peer Assessment Rating Index. Quintessence Int, 49, 581-7.

37) LARENAS, J., FLORES, E., AGÜERO, I., VILLANUEVA, J. & DALLASERRA, M. 2023. Intervenciones quirúrgicas mínimamente invasivas complementarias a la ortodoncia quirúrgicamente asistida: Resumen estructurado de evidencia. International journal of interdisciplinary dentistry, 16, 89-96.

38) LI, X., XU, Z.-R., TANG, N., YE, C., ZHU, X.-L., ZHOU, T. & ZHAO, Z.-H. 2016. Effect of intervention using a messaging app on compliance and duration of treatment in orthodontic patients. Clinical oral investigations, 20, 1849-1859.

39) LITTLE, R. M. 1975. The irregularity index: a quantitative score of mandibular anterior alignment. Am J Orthod, 68, 554-63.

40) LÖE, H. 1967. The Gingival Index, the Plaque Index and the Retention Index Systems. J Periodontol, 38, Suppl:610-6.

41) MAVREAS, D. & ATHANASIOU, A. E. 2008. Factors affecting the duration of orthodontic treatment: a systematic review. Eur J Orthod, 30, 386-95.

42) MEHR, R. 2013. Efficiency of piezotome-corticision assisted orthodontics in alleviating mandibular anterior crowding-a randomized controlled clinical trial.

43) MOYA, S. P. & ZAFRA, J. L. 2021. Aligner Techniques in Orthodontics, Wiley.

44) NIMERI, G., KAU, C. H., ABOU-KHEIR, N. S. & CORONA, R. 2013. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment--a frontier in orthodontics. Prog Orthod, 14, 42.

45) PANDIS, N., POLYCHRONOPOULOU, A. & ELIADES, T. 2007. Self-ligating vs conventional brackets in the treatment of mandibular crowding: a prospective

clinical trial of treatment duration and dental effects. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 132, 208-15.

46) PROFFIT, W. R., FIELDS JR, H. W. & SARVER, D. M. 2012. Contemporary Orthodontics, 5e, Elsevier India.

47) RAGHAV, P., KHERA, A. K. & BHASIN, P. 2021. Effect of micro-osteoperforations on rate of space closure by mini-implant supported maxillary anterior en-masse retraction: A randomized clinical trial. J Oral Biol Craniofac Res, 11, 185-191.

48) RAJ, S. & RAJASEKARAN, A. 2021. Evaluation of physiodispenser assisted micro-osteoperforation on the rate of tooth movement and associated periodontal tissue status during individual canine retraction in first premolar extraction cases: A split-mouth randomized controlled clinical trial. Journal of the World Federation of Orthodontists, 10.

49) SACCOMANNO, S., SARAN, S., LAGANÀ, D., MASTRAPASQUA, R. F. & GRIPPAUDO, C. 2022. Motivation, Perception, and Behavior of the Adult Orthodontic Patient: A Survey Analysis. BioMed Research International, 2022, 2754051.

50) SALIM, N. A., ALAMOUSH, R. A., AL-ABDALLAH, M. M., AL-ASMAR, A. A. & SATTERTHWAITE, J. D. 2021. Relationship between dental caries, oral hygiene and malocclusion among Syrian refugee children and adolescents: a cross-sectional study. BMC Oral Health, 21, 629.

51) SANGSUWON, C., ALANSARI, S., LEE, Y. B., NERVINA, J. & ALIKHANI, M. 2017. Step-by-Step Guide for Performing Micro-osteoperforations. In: ALIKHANI, M. (ed.) Clinical Guide to Accelerated Orthodontics: With a Focus on Micro-Osteoperforations. Cham: Springer International Publishing.

52) SHAHABEE, M., SHAFAEE, H., ABTAHI, M., RANGRAZI, A. & BARDIDEH, E. 2020. Effect of micro-osteoperforation on the rate of orthodontic tooth movement-a systematic review and a meta-analysis. Eur J Orthod, 42, 211-221.

53) SHIPLEY, T., FAROUK, K. & EL-BIALY, T. 2019. Effect of high-frequency vibration on orthodontic tooth movement and bone density. J Orthod Sci, 8, 15.

54) SIMON, M., KEILIG, L., SCHWARZE, J., JUNG, B. A. & BOURAUEL, C. 2014. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 145, 728-36.

55) SIRRI, M. R., BURHAN, A. S., HAJEER, M. Y. & NAWAYA, F. R. 2021. Evaluation of corticision-based acceleration of lower anterior teeth alignment in terms of root resorption and dehiscence formation using cone-beam computed tomography in young adult patients: A randomized controlled trial. Int Orthod, 19, 580-590.

56) SIRRI, M. R., BURHAN, A. S., HAJEER, M. Y., NAWAYA, F. R. & ABDULHADI, A. 2020. Efficiency of Corticision in Accelerating Leveling and Alignment of Crowded Lower Anterior Teeth in Young Adult Patients: A Randomised Controlled Clinical Trial. JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH.

57) SUGIMORI, T., YAMAGUCHI, M., SHIMIZU, M., KIKUTA, J., HIKIDA, T., HIKIDA, M., MURAKAMI, Y., SUEMITSU, M., KUYAMA, K. & KASAI, K. 2018. Micro-osteoperforations accelerate orthodontic tooth movement by stimulating periodontal ligament cell cycles. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 154, 788-796.

58) TAI, S. 2018. Clear Aligner Technique, Quintessence Publishing Company, Incorporated.

59) TALIC, N. F. 2011. Adverse effects of orthodontic treatment: A clinical perspective. Saudi Dent J, 23, 55-9.

60) TAMER, İ., ÖZTAŞ, E. & MARŞAN, G. 2019. Orthodontic Treatment with Clear Aligners and The Scientific Reality Behind Their Marketing: A Literature Review. Turk J Orthod, 32, 241-246.

61) TANNE, K., SAKUDA, M. & BURSTONE, C. J. 1987. Three-dimensional finite element analysis for stress in the periodontal tissue by orthodontic forces. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 92, 499-505.

62) TEIXEIRA, C. C., KHOO, E., TRAN, J., CHARTRES, I., LIU, Y., THANT, L. M., KHABENSKY, I., GART, L. P., CISNEROS, G. & ALIKHANI, M. 2010. Cytokine expression and accelerated tooth movement. J Dent Res, 89, 1135-41.

63) THILANDER, B., PENA, L., INFANTE, C., PARADA, S. S. & DE MAYORGA, C. 2001. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment need in children and adolescents in Bogota, Colombia. An epidemiological study related to different stages of dental development. The European Journal of Orthodontics, 23, 153-168.

64) TIMM, L. H., FARRAG, G., BAXMANN, M. & SCHWENDICKE, F. 2021. Factors Influencing Patient Compliance during Clear Aligner Therapy: A Retrospective Cohort Study. J Clin Med, 10.

65) TORSELLO, F., D'AMICO, G., STADERINI, E., MARIGO, L., CORDARO, M. & CASTAGNOLA, R. 2022. Factors Influencing Appliance Wearing Time during Orthodontic Treatments: A Literature Review. Applied Sciences, 12, 7807.

66) URIBE, F., PADALA, S., ALLAREDDY, V. & NANDA, R. 2014. Patients', parents', and orthodontists' perceptions of the need for and costs of additional procedures to reduce treatment time. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 145, S65-S73.

67) VANDE VANNET, B. & GUSHCHIN, V. 2015. ORTHODONTIC TREATMENT MONITORING USING SMARTPHONE.

68) VARDIMON, A. D., ROBBINS, D. & BROSH, T. 2010. In-vivo von Mises strains during Invisalign treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 138, 399-409.

69) WEIR, T. 2017. Clear aligners in orthodontic treatment. Aust Dent J, 62 Suppl 1, 58-62.

70) WHEELER, T. T. Orthodontic clear aligner treatment. Seminars in Orthodontics, 2017. Elsevier, 83-89.

71) WILCKO, W. M., WILCKO, T., BOUQUOT, J. E. & FERGUSON, D. J. 2001. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. Int J Periodontics Restorative Dent, 21, 9-19.

72) YAVUZ, M. C., SUNAR, O., BUYUK, S. K. & KANTARCI, A. 2018. Comparison of piezocision and discision methods in orthodontic treatment. Prog Orthod, 19, 44.