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

Journal of Hama University
Series of Medical And Health Sciences
vol.1 –No.2-2026

التغير في عمق القوس السنية العلوية الأمامي بعد إرجاع الأرحاء باستخدام جهازي نانس المعدل والبندليوم التقليدي: تحليل ثانوي لتجربة سريرية عشوائية مضبوطة

دانية الملاح* حسان فرح**

(الإيداع: 16 آب 2026، القبول: 7 أيلول 2026)

الملخص

الهدف: هدفت الدراسة إلى مقارنة التغير في عمق الجزء الأمامي من القوس السنية العلوية بعد الإرجاع الوحشي للأرحاء الأولى العلوية باستخدام جهاز نانس المعدل وجهاز البندليوم التقليدي.

المواد والطرق: يمثل هذا التقرير تحليلًا لنتيجة ثانوية محددة مسبقًا من تجربة سريرية عشوائية مضبوطة، ثنائية الأذرع ومتوازية المجموعات، قارنت جهاز نانس المعدل بجهاز البندليوم التقليدي. شمل التحليل النهائي 31 فردًا تراوحت أعمارهم بين 12 و15 سنة؛ عولج 15 منهم بجهاز نانس المعدل و16 بجهاز البندليوم التقليدي. أُخذت نماذج رقمية للفك العلوي وصور سيفالومترية جانبية قبل الإرجاع وبعد انتهائه مباشرة. قيس عمق الجزء الأمامي من القوس على النماذج الرقمية بوصفه المسافة العمودية من نقطة تماس الثنيتين المركزيتين العلويتين إلى المستوى المار بنقطتي التماس الأنسية للضاحكين الأولين العلويين، وقيس إرجاع تاج الرحى الأولى سيفالومتريًا بالنسبة إلى المستوى الجناحي العمودي PTV. استُخدمت الاختبارات البارامترية المناسبة للمقارنات داخل المجموعات وبينها عند مستوى دلالة 0.05.

النتائج: انخفض عمق الجزء الأمامي من القوس في مجموعة نانس المعدل من 13.15 ± 1.02 مم إلى 12.40 ± 1.09 مم، بمتوسط تغير قدره −0.75 ± 0.47 مم(P<0.001) ، وانخفض في مجموعة البندليوم من 12.56 ± 1.50 مم إلى 11.71 ± 1.42 مم، بمتوسط تغير قدره −0.85 ± 0.56 مم .(P<0.001) بلغ فرق متوسط التغير بين المجموعتين، محسوبًا على أساس نانس المعدل ناقص البندليوم، 0.10 مم، مع فاصل ثقة 95% من −0.28 إلى 0.48 مم وحجم أثر صغير(Hedges’ g=0.19) ، دون فرق ذي دلالة إحصائية .(P=0.593) بلغ متوسط إرجاع تاج الرحى الأولى 4.30 ± 0.49 مم في مجموعة نانس المعدل، مقابل 5.50 ± 0.84 مم في مجموعة البندليوم، بفارق متوسط قدره −1.20 مم (فاصل الثقة 95%: من −1.71 إلى −0.69 مم؛ .(P<0.001 وبلغ متوسط مدة الإرجاع 8.15 ± 1.09 مقابل 7.29 ± 0.90 أشهر، على التوالي، بفارق متوسط قدره 0.86 شهر (فاصل الثقة 95%: 0.13–1.59 شهر؛(P=0.023)

الاستنتاج: ارتبط كلا الجهازين بانخفاض محدود في عمق الجزء الأمامي من القوس السنية العلوية، من دون وجود فرق قابل للكشف إحصائيًا بينهما. ويعكس هذا المتغير المحصلة النسبية للحركة المتزامنة للقواطع والضواحك، ولذلك لا ينبغي استخدامه منفردًا للحكم على كفاءة الارتكاز

الكلمات المفتاحية : سوء الإطباق من الصنف الثاني، الإرجاع الوحشي للأرحاء العلوية، جهاز نانس المعدّل، جهاز البندليوم، عمق القوس السنية، فقد الارتكاز، التصميم الرقمي، الطباعة المعدنية ثلاثية الأبعاد.

---

* طالبة دراسات عليا - مرحلة الماجستير في تقويم الأسنان والفكين - جامعة حماة.
** أستاذ مساعد في قسم تقويم الأسنان والفكين - جامعة حماة.

Journal of Hama University
Series of Medical And Health Sciences
vol.1 –No.2-2026

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

Changes in Anterior Maxillary Arch Depth Following Molar Distalization with the Modified Nance Appliances and Conventional Pendulum Appliances: A Secondary Analysis of a Randomized Controlled Clinical Trial

* Dania Al-Mallah* ** Hassan Farah**

(Received: 16 August 2026, Accepted: 7 September 2026)

Abstract

Objective: This study aimed to compare changes in anterior maxillary arch depth following distalization of the maxillary first molars using a modified Nance appliance and a conventional Pendulum appliance.

Materials and Methods: This report presents an analysis of a prespecified secondary outcome from a two-arm, parallel-group randomized controlled clinical trial comparing a modified Nance appliance with a conventional Pendulum appliance. The final analysis included 31 participants aged 12–15 years: 15 in the modified Nance group and 16 in the Pendulum group. Digital maxillary models and lateral cephalometric radiographs were obtained before distalization and immediately after its completion. Anterior arch depth was measured on the digital models as the perpendicular distance from the contact point between the maxillary central incisors and the plane passing through the mesial contact points of the maxillary first premolars. First-molar crown distalization was measured cephalometrically relative to the pterygoid vertical plane (PTV). Appropriate parametric tests were used for within-group and between-group comparisons, with the significance level set at 0.05.

Results: Anterior arch depth decreased in the modified Nance group from 13.15 ± 1.02 mm to 12.40 ± 1.09 mm, with a mean change of −0.75 ± 0.47 mm ($P<0.001$). In the Pendulum group, it decreased from 12.56 ± 1.50 mm to 11.71 ± 1.42 mm, with a mean change of −0.85 ± 0.56 mm ($P<0.001$). The mean between-group difference in change, calculated as modified Nance minus Pendulum, was 0.10 mm (95% CI: −0.28 to 0.48; Hedges' g=0.19; P=0.593). Mean maxillary first-molar crown distalization was 4.30 ± 0.49 mm in the modified Nance group and 5.50 ± 0.84 mm in the Pendulum group, with a mean difference of −1.20 mm (95% CI: −1.71 to −0.69; $P<0.001$). The corresponding distalization durations were 8.15 ± 1.09 and 7.29 ± 0.90 months, respectively, with a mean difference of 0.86 months (95% CI: 0.13 to 1.59; P=0.023).

Conclusion: Both appliances were associated with a limited reduction in anterior maxillary arch depth, with no statistically detectable difference between them. This variable reflects the relative net effect of the simultaneous movement of the incisors and premolars and therefore should not be used alone to assess anchorage efficiency.

Keywords: Class II malocclusion; maxillary molar distalization; modified Nance appliance; Pendulum appliance; dental arch depth; anchorage loss; digital design; three-dimensional metal printing.

* Master's Student in Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Hama University

** Assistant Professor, Department of Orthodontics Dentofacial Orthopedics, Hama University

1-المقدمة

يمثل الإرجاع الوحشي للأرحاء الأولى العلوية أحد الخيارات العلاجية المحافظة في حالات مختارة من سوء الإطباق من الصنف الثاني السني السنخي، ولا سيما عندما يكون الهدف تصحيح العلاقة الرحوية أو توفير المسافة ضمن القوس العلوية من دون اللجوء إلى قلع الأسنان (Hilgers, 1992) . وقد شجع السعي إلى تقليل اعتماد نجاح المعالجة على تعاون المريض على تطوير مجموعة من الأجهزة داخل الفموية القادرة على تطبيق قوى مستمرة (Antonarakis & Kiliaridis, 2008). وتختلف هذه الأجهزة من حيث موقع تطبيق القوة وطبيعة وحدة الارتكاز ونمط الحركة السنية الناتجة (Kinzinger et al., 2008)

على الرغم من فعالية هذه الأجهزة في تحقيق الحركة الوحشية للأرحاء، فإن تأثيرها الميكانيكي لا يقتصر على الأسنان المستهدفة؛ إذ تقابل قوة الإرجاع قوى رد فعل تنتقل إلى الأسنان المتضمنة في وحدة الدعم (Kinzinger et al., 2008) وقد يتظاهر فقدان الارتكاز بحركة أنسية للضواحك أو تقدم القواطع العلوية وميلانها الدهليزي (Antonarakis & Kiliaridis, 2008; Al-Thomali et al., 2017)ويمكن لهذه التأثيرات أن تستهلك جزءًا من المسافة التي يحققها إرجاع الأرحاء، مما يقلل المسافة المكتسبة المتاحة لحل الازدحام أو إرجاع الأسنان الأمامية. وقد أظهرت الدراسات السريرية على جهاز البندليوم حدوث فقد متفاوت في الارتكاز الأمامي بالتزامن مع الحركة الوحشية للأرحاء (Ghosh & Nanda, 1996; Bussick & McNamara, 2000)

يعد جهاز البندليوم من أكثر أجهزة إرجاع الأرحاء غير المعتمدة على تعاون المريض استخدامًا ودراسةً. ويعتمد تصميمه التقليدي على زر نانس أكريلي تدعمه الضواحك، مع نابضين من التيتانيوم–الموليبدينوم يطبقان القوة على الأرحاء الأولى العلوية (Hilgers, 1992). أظهرت الدراسات السريرية قدرة الجهاز على تحقيق إرجاع فعال للأرحاء، إلا أن هذه الحركة ترافقها بدرجات متفاوتة إمالة وحشية للرحى وفقدان في الارتكاز الأمامي. وقد سجل Ghosh and Nanda إرجاعًا للرحى الأولى بلغ نحو 3.37 مم، ترافق مع حركة أنسية للضاحك الأول بمقدار 2.55 مم، مما يوضح أن المسافة المتشكلة خلف الضواحك لا تمثل بصورة كاملة الكسب الحقيقي في طول القوس (Ghosh & Nanda, 1996). كما أظهرت دراسات أخرى أن مقدار الحركة الرحوية والآثار غير المرغوبة المصاحبة لها يتأثران بتصميم نابض البندليوم وتعديلاته (Byloff & Darendeliler, 1997; Fuziy et al., 2006)، وبمرحلة بزوغ الأرحاء الثانية وعدد الأسنان المشاركة في وحدة الدعم (Bussick & McNamara, 2000; Kinzinger et al., 2008)

في المقابل، طُرح جهاز نانس المعدل بوصفه تصميمًا يفصل وحدة الدعم الحنكية عن آلية التنشيط الدهليزية. وتُطبق القوة في هذا التصميم بواسطة نوابض فتح محمولة على اسلاك من ستانلس ستيل متوضعة دهليزياً، في حين تتولى وحدة حنكية مرتبطة بالضواحك مقاومة قوى رد الفعل. وقد افترض Li and Chung (2022) أن هذا الفصل قد يقلل دوران زر نانس وفقدان تماسّه مع النسج الحنكية، بما قد يحسن ثبات وحدة الدعم. ومع ذلك، اقتصر الدليل المنشور عن هذا التصميم أساسًا على تقارير حالات، ولم تُدرس تأثيراته في أبعاد القوس السنية الأمامية ضمن مقارنة عشوائية مباشرة مع جهاز البندليوم. وفي الدراسة الحالية طُبّق هذا المبدأ ضمن وحدة دعم حنكية صُممت رقميًا وصُنعت بالطباعة المعدنية ثلاثية الأبعاد، مع إبقاء آلية تطبيق القوة الدهليزية منفصلة عنها؛ وترد تفاصيل التصميم والتصنيع في قسم المواد والطرق.

ركزت معظم الدراسات السابقة على قياس حركة القواطع أو الضواحك كلٌّ على حدة بالنسبة إلى مستويات مرجعية ثابتة. غير أن دراسة الأسنان المفردة لا تقدم دائمًا وصفًا كاملًا للتغير الهندسي الصافي في القطاع الأمامي من القوس، لأن القواطع والضواحك قد تتحرك في الاتجاه الأنسي نفسه، ولكن بمقادير مختلفة. يمثل عمق القوس الأمامي قياسًا نسبيًا للمسافة السهمية بين القواطع المركزية والضواحك الأولى، ولذلك يتأثر بالمحصلة المشتركة لحركة طرفي القياس، وليس بحركة مجموعة سنية واحدة فقط. كما تدعم الدراسات المنهجية استخدام النماذج الرقمية في قياس أبعاد الأقواس السنية بدرجة موثوقية ودقة مقبولة سريريًا (Fleming et al., 2011; Rossini et al., 2016; Warnecki et al., 2022).

2-الهدف

هدفت الدراسة الحالية إلى مقارنة التغير في عمق الجزء الأمامي من القوس السنية العلوية بعد الإرجاع الوحشي للأرحاء الأولى باستخدام جهاز نانس المعدل وجهاز البندليوم التقليدي.

3-المواد والطرق

تصميم الدراسة والعينة

يمثل هذا التقرير تحليلًا لنتيجة ثانوية من تجربة سريرية عشوائية مضبوطة، ثنائية الأذرع ومتوازية المجموعات، أُجريت لمقارنة جهاز نانس المعدل بجهاز البندليوم التقليدي في إرجاع الأرحاء الأولى العلوية. وكان عمق الجزء الأمامي من القوس السنية العلوية محددًا مسبقًا في بروتوكول الدراسة بوصفه نتيجة ثانوية، ولم يطرأ أي تغيير على هذا المتغير بعد بدء التجربة. ولم تُجرَ أي تغييرات جوهرية على طرائق الدراسة بعد بدء التجربة.لم يُستخدم متغير عمق الجزء الأمامي من القوس السنية في حساب حجم العينة الأصلي، وإنما جرى تحليله بوصفه أحد النتائج الثانوية المقاسة على النماذج الرقمية. وهذه هي المقالة الأولى المستمدة من التجربة الأم، ولم يسبق نشر نتائج من العينة نفسها في مقالة أخرى. وقد جرى التصريح بوضوح بطبيعة

هذا التقرير بوصفه تحليلاً لنتيجة ثانوية وعلاقته بالتجربة الأم، اتساقًا مع توصيات اللجنة الدولية لمحرري المجلات الطبية بشأن الشفافية في التقارير المستندة إلى مجموعة البيانات نفسها (International Committee of Medical Journal Editors, 2026). أُجريت الدراسة في عيادات قسم تقويم الأسنان والفكين بكلية طب الأسنان، جامعة حماة. وحصل بروتوكول الدراسة على موافقة لجنة أخلاقيات البحث العلمي في جامعة حماة، بموجب الموافقة رقم (15-654) بتاريخ 3 أيار 2023. كما جرى الحصول على موافقة مستنيرة خطية من أولياء أمور جميع المشاركين قبل إدراجهم في الدراسة، وشُرحت إجراءات الدراسة للمشاركين القاصرين بلغة مناسبة لأعمارهم، وتم الحصول على موافقتهم الشفهية على المشاركة. وأُجريت الدراسة وفق المبادئ الأخلاقية الواردة في إعلان هلسنكي. لم تُسجّل التجربة استباقيًا في سجل عام للتجارب السريرية، إذ لم يكن متطلب التسجيل الاستباقي قد أُخذ بالحسبان عند بدء الدراسة. حُدد حجم العينة قبل بدء الدراسة باستخدام برنامج G*Power version 3.1.9.2 لاختبار Two-sample t-test ، باعتماد قوة إحصائية مقدارها 95% ومستوى دلالة $\alpha=0.05$ وحجم تأثير 1.352 مستمد من دراسة سابقة (Caprioglio et al., 2014) ، مع اعتبار مقدار إمالة الرحى الأولى العلوية المتغير الأساسي للتجربة الأم. بلغ الحجم المطلوب 32 فردًا، بواقع 16 فردًا في كل مجموعة. لذلك لم تُجر إعادة حساب لحجم العينة خاصة بمتغير عمق الجزء الأمامي من القوس. لم يُخطط لإجراء تحليلات مرحلية، ولم توضع قواعد لإيقاف الدراسة مبكرًا. شملت معايير الأهلية أفرادًا بعمر 12–15 سنة في مرحلة الإطباق الدائم ولديهم أرحاء ثانية بازغة حتى مستوى الإطباق، مع علاقة هيكلية من الصنف الأول أو الصنف الثاني البسيط، وعلاقة سنية من الصنف الثاني تستدعي إرجاع الأرحاء، ومسافة خلف رحوية كافية، ونمط نمو طبيعي أو أفقي. استُبعدت حالات العضة المفتوحة أو المعكوسة، والتشوهات القحفية الوجهية، والأمراض الجهازية المؤثرة في المعالجة، وإصابات النسج الداعمة، والمعالجة التقويمية السابقة.

انتقاء العينة والتوزيع العشوائي والتعمية

رُوجعت سجلات 53 مريضًا لديهم سوء إطباق من الصنف الثاني. استُبعد 11 مريضًا بعد الفحص السريري، ثم استُبعد مريضان إضافيان بعد تقييم النماذج والصور الشعاعية، فاستوفى 40 مريضًا معايير الأهلية؛ رفض ثلاثة منهم المشاركة، وبقي 37 مريضًا موافقًا على المشاركة. نظرًا إلى أن الحجم المحدد مسبقًا للعينة كان 32 مريضًا، اختير 32 من بين الموافقين بطريقة عشوائية (الشكل 1). قامت الباحثة المعالجة بإدراج المشاركين في الدراسة بعد التحقق من استيفائهم معايير الأهلية والحصول على الموافقة على المشاركة. قام طبيب مساعد، غير مشارك في القياسات، بتوليد تسلسل التخصيص باستخدام برنامج Minitab 19 أُجري التوزيع العشوائي بتخصيص ثابت متوازن بنسبة 1:1، إذ وُزّع المشاركون عشوائيًا إلى مجموعتين تضمان 16 مشاركًا لكل منهما، ولم تُستخدم العشوائية بالكتل. احتفظ الطبيب المساعد وحده بقائمة التخصيص، ولم تكن القائمة متاحة للباحثة المعالجة خلال إدراج المشاركين أو استكمال تسجيلات خط الأساس. وبعد إدراج كل مشارك واستكمال تقييماته الأساسية، أبلغ الطبيب المساعد الباحثة بنوع الجهاز المخصص له عند بدء التدخل العلاجي. وبسبب الاختلاف الواضح بين الجهازين لم يكن من الممكن تعمية المريض أو المعالج أثناء التدخل؛ إلا أن تقييم النتائج أُجري مع إخفاء هوية المريض والزمن والمجموعة العلاجية عن المقيم، كما أُخذت النماذج الرقمية بعد إزالة الأجهزة، بما حال دون التعرف إلى نوع الجهاز أثناء القياسات.

التدخلات العلاجية

في الدراسة الحالية، طُبّق مبدأ فصل وحدة الدعم عن آلية التنشيط من خلال تصميم وحدة دعم حنكية رقمية مستقلة، ربطت الضواحك الأولى والثانية العلوية على الجانبين ضمن هيكل معدني متكامل. صُممت الوحدة باستخدام برنامج Blender with Blender for Dental® add-ons، ثم حُضّرت ملفاتها للطباعة المعدنية ثلاثية الأبعاد باستخدام Materialise Magics®، وصُنعت من سبيكة الكروم–كوبالت بواسطة طابعة معدنية ثلاثية الأبعاد. تألف الهيكل من عارضتين معدنيتين بقطر 1.3 مم، وتضمنت منطقة التقاء الجزء العمودي بالجزء الأفقي من قبة الحنك عروة معدنية على شكل حرف .U وحوفظ على مسافة تقارب 1 مم بين الهيكل والنسج الحنكية. وبعد الطباعة، رُمّلت السطوح المعدنية الداخلية المقابلة للضواحك لزيادة خشونتها وتحسين الارتباط، ثم دُعمت الوحدة بزر نانس أكريلي.

أما وحدة التنشيط الدهليزية فاشتملت على حاصرات مثبتة على الضواحك وفق وصفة MBT® وبأبعاد شق 0.022 × 0.028 إنش وتيوبات على الأرحاء الأولى وفق الوصفة ذاتها وبأبعاد شق 0.025 × 0.018 إنش وسلك مصنوع من الفولاذ غير القابل للصدأ بقطر0.018 إنش يحمل نوابض فتح من النيكل–تيتانيوم. استُبدل النابض بنابض جديد في كل جلسة تنشيط. وضُبط مقدار انضغاط النابض وقيست القوة سريريًا باستخدام الربيعة حتى الوصول إلى قوة تقارب 200 غرام في كل جانب (الشكل 2). واستمر التنشيط حتى الوصول إلى علاقة رحوية من الصنف الأول مع تصحيح زائد مقداره 1مم.

تألف جهاز البندليوم من زر نانس أكريلي مدعوم بالضواحك، ونابضين من التيتانيوم–الموليبدينوم يندخلان في الأنابيب الحنكية لأطواق الأرحاء الأولى. عُيرت القوة عند نحو 200 غرام لكل جانب، وأضيف تعديل Tip-forward بمقدار 15 درجة وتعديل Toe-in بمقدار 10 درجات للحد من الإمالة الوحشية والانفتال غير المرغوبين خلال الإرجاع، وفق المبادئ البيوميكانيكية الموصوفة للبندليوم وتعديلاته (Byloff & Darendeliler, 1997; Hilgers, 1992). (الشكل 3).



الشكل1: مخطط تدفق العينة وفق CONSORT 2010 (Schulz et al., 2010)



الشكل 2: جهاز نانس المعدل



الشكل 3: جهاز البندليوم

القياس السيفالومتري لإرجاع الرحى الأولى

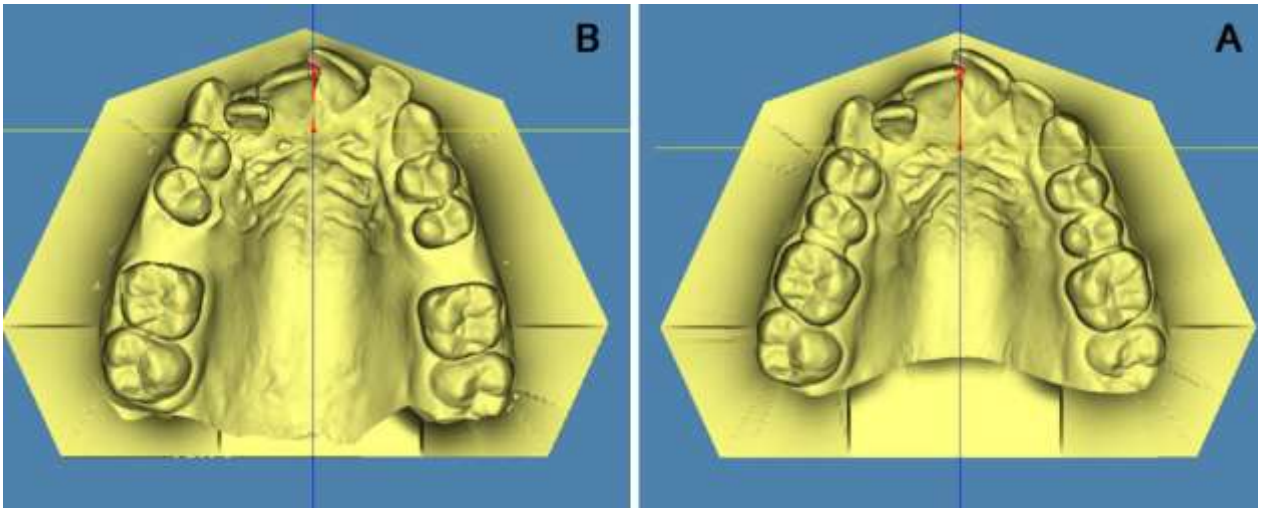
أُخذت صورة سيفالومترية جانبية قبل تطبيق الجهاز عند الزمنT0 ، وصورة أخرى مباشرة بعد الوصول إلى نقطة نهاية الإرجاع عند الزمن .T1 عُرّفت النقطة U6C بأنها ذروة الحدبة الدهليزية للرحى الأولى العلوية، واعتمد المستوى الجناحي العمودي PTV مستوىً مرجعيًا، وهو مستوى عمودي على مستوى فرانكفورت الأفقي FH ويمر بالنقطة الجناحية .Pt قيس موضع تاج الرحى بالمسافة العمودية بين النقطة U6C والمستوىPTV ، وحُسب مقدار الإرجاع من الفرق بين قياسي T0 وT1، بحيث عُرضت الحركة الوحشية بقيمة موجبة. أُجريت القياسات بعد معايرة الصور وباستخدام صور مرمّزة لا تكشف هوية المشارك أو زمن التسجيل أو المجموعة العلاجية.

النماذج الرقمية وقياس عمق القوس الأمامي

أُخذ مسح داخل فموي للفك العلوي قبل تطبيق الجهاز، عند الزمنT0، وبعد انتهاء مرحلة إرجاع الأرحاء مباشرة، عند الزمن T1. صُدرت النماذج الرقمية بصيغة STL وأدخلت الى برنامج ®Dolphin Imaging استُخدمت النافذة المخصصة لضبط الوضعية الأولية للنموذجين من خلال تحديد مستوى الإطباق والخط المتوسط لاحقًا، تم ضبط أبعاد القواعد الرقمية و من خيارMake Base تم إنشاء القواعد وإضافتها إلى النماذج الرقمية الأصلية. وبعد اكتمال هذه الخطوة، صُدّرت النماذج المعدّلة بصيغةSTL ، بحيث أصبحت الملفات الجديدة مكوّنة من النموذج السني الأصلي مع القاعدة الرقمية المضافة إليه، أُعيد توجيهها وفق المستوى السهمي الناصف، ومستوى جبهي عمودي عليه يمر في منطقة التجعيدة الحنكية الثانية.

تشير المراجعات المنهجية إلى أن النماذج الرقمية توفر دقة وموثوقية ملائمتين لإجراء القياسات الخطية وتقييم أبعاد الأقواس السنية، مع فروق محدودة مقارنة بالنماذج الجبسية التقليدية (Fleming et al., 2011; Rossini et al., 2016; Warnecki et al., 2022).

استُخدم مصطلح «عمق الجزء الأمامي من القوس السنية» في هذه الدراسة بوصفه تسمية تشغيلية لقياس يختلف عن عمق القوس الكلي المستخدم في دراسات أخرى، والذي يُقاس عادة من منطقة القواطع إلى خط مرجعي خلفي عند الأرحاء الأولى (Grassia et al., 2015). بعد توجيه النموذج الرقمي، عُرّف المتغير في الدراسة الحالية بأنه البعد العمودي من نقطة تماس الثنيتين المركزيتين العلويتين إلى المستوى الجبهي المار بأكثر نقطتي تماس أنسية للضاحكين الأولين العلويين (الشكل 4). واختير هذا القياس لتمثيل التغير النسبي في البعد السهمي بين المنطقة القاطعية ومنطقة الضواحك الأولى خلال مرحلة إرجاع الأرحاء، وليس بوصفه قياسًا لعمق القوس الكلي.



الشكل4: قياس عمق القوس السنية. A: قبل الإرجاع. B: بعد الارجاع

خطأ الطريقة

أُعيد قياس 14 نموذجًا رقميًا و14 صورة سيفالومترية اختيرت عشوائيًا. بلغ معامل الارتباط داخل الفئة لمتغير عمق القوس الأمامي 0.996، وبلغ خطأ دالبرغ 0.117 مم، في حين بلغ متوسط الفرق بين القياسين −0.05 مم. ولم يُسجل فرق منهجي ذو دلالة إحصائية بين القياسين المتكررين .(P=0.351) وبالنسبة إلى القياس السيفالومتريU6C–PTV ، بلغ معامل الارتباط داخل الفئة 0.991، وبلغ خطأ دالبرغ 0.115 مم، وكان متوسط الفرق بين القياسين −0.03 مم. ولم يظهر اختبار tللعينات المزدوجة فرقًا منهجيًا ذا دلالة إحصائية بين القياسين المتكررين(P=0.616)

التحليل الإحصائي

أُجري التحليل الإحصائي باستخدام .Minitab 19 فُحص التوزع الطبيعي للمتغيرات باختبارAnderson–Darling ، واستوفى متغير عمق الجزء الأمامي من القوس معيار التوزع الطبيعي المعتمد للتحليل البارامتري؛ لذلك استُخدم اختبار t للعينات المزدوجة لمقارنة T0 و T1داخل كل مجموعة، واختبار t لعينتين مستقلتين لمقارنة مقدار التغير بين المجموعتين. عُرض فرق متوسط التغير بين المجموعتين مع فاصل الثقة 95%، وحُسب حجم الأثر المعياري باستخدام Hedges’ g لمراعاة الحجم الصغير نسبيًا للعينة. أُجري التحليل النهائي وفق مبدأ **per-protocol**، واقتصر على المشاركين الذين أتموا البروتوكول وتوفرت لهم قياساتT0 وT1. لم يُحدد مسبقًا حد أدنى للأهمية السريرية (MCID) لهذا المتغير. كما استُخدم اختبار t لعينتين مستقلتين لمقارنة متوسط مقدار إرجاع تاج الرحى الأولى العلوية ومتوسط مدة مرحلة الإرجاع بين المجموعتين. وعُرض فرق المتوسط لكل متغير، محسوبًا على أساس مجموعة نانس المعدل ناقص مجموعة البندليوم التقليدي، مع فاصل الثقة 95.% حُدد مستوى الدلالة الإحصائية عند$\alpha=0.05$.

4-النتائج

امتدت فترة تجنيد المشاركين من تموز 2023 حتى حزيران 2024، واستمرت المتابعة حتى استكمال مرحلة إرجاع الأرحاء والحصول على تسجيل T1 لدى آخر مشارك. وُزع 32 مريضًا عشوائيا وبالتساوي على المجموعتين. تعذر الحصول على تسجيل T1 لمريض واحد في مجموعة نانس المعدل بعد انفكاك وحدة الدعم قبل استكمال البروتوكول، ولذلك شمل التحليل النهائي 31 مريضًا؛ 15 في مجموعة نانس المعدل و16 في مجموعة البندليوم التقليدي. لم تُسجل أذية مخاطية أو سنية أو حول سنية أو أحداث ضارة مرتبطة بالمعالجة في أي من المجموعتين، وكانت حالة انفكاك وحدة الدعم هي الفشل الوحيد المرتبط بالجهاز الذي أدى إلى فقد بيانات المتابعة. انتهت التجربة بعد استكمال التجنيد والمتابعة المخططين، ولم يحدث أي إيقاف مبكر للدراسة (الجدول 1).

الجدول 1: الخصائص الأساسية للمشاركين المدرجين في التحليل النهائي

الخاصية	البندليوم التقليدي (n=16)	نانس المعدل (n=15)
العمر (سنة)، المتوسط ± SD	13.71 ± 0.79	13.63 ± 0.84
الجنس (إناث / ذكور)	10 / 6	9 / 6
عمق الجزء الأمامي من القوس عند T0 (مم)، المتوسط ± SD	12.56 ± 1.50	13.15 ± 1.02
التغطية الأمامية (طبيعية / زائدة)	8 / 8	8 / 7
الازدحام العلوي (لا يوجد / خفيف)	10 / 6	10 / 5
نمط دوران الفك السفلي (طبيعي / أمامي)	11 / 5	10 / 5

انخفض عمق الجزء الأمامي من القوس بصورة ذات دلالة إحصائية داخل كلتا المجموعتين؛ إذ بلغ متوسط التغير −0.75 ± 0.47 مم في مجموعة نانس المعدل و−0.85 ± 0.56 مم في مجموعة البندليوم التقليدي (الجدول 2). وبلغ فرق متوسط التغير بين المجموعتين، محسوبًا على أساس نانس المعدل ناقص البندليوم التقليدي، 0.10 مم، مع فاصل ثقة 95% من −0.28 إلى 0.48 مم وحجم أثر صغير (Hedges’ g=0.19)، دون وجود فرق ذي دلالة إحصائية بين المجموعتين (P=0.593) (الجدول 3). ولإظهار مقدار الحركة الرحوية الذي تحقق بالتزامن مع هذا التغير، بلغ متوسط إرجاع تاج الرحى الأولى العلوية المقاس سيفالومتريًا 4.30 ± 0.49 مم في مجموعة نانس المعدل، مقابل 5.50 ± 0.84 مم في مجموعة البندليوم التقليدي. وبلغ فرق المتوسط بين المجموعتين، محسوبًا على أساس نانس المعدل ناقص البندليوم، −1.20 مم، مع فاصل ثقة 95% من −1.71 إلى −0.69 مم، وكان الفرق ذا دلالة إحصائية (P<0.001). أما متوسط مدة مرحلة الإرجاع فبلغ 8.15 ± 1.09 أشهر في مجموعة نانس المعدل، مقابل 7.29 ± 0.90 أشهر في مجموعة البندليوم التقليدي. وبلغ فرق المتوسط 0.86 شهر، مع فاصل ثقة 95% من 0.13 إلى 1.59 شهر، وكان الفرق ذا دلالة إحصائية(P=0.023) .

الجدول 2: التغير في عمق الجزء الأمامي من القوس السنية العلوية ضمن المجموعة الواحدة

المجموعة	Mean T1−T0 (mm)	SD	Median	Paired test	P-value
نانس المعدل	−0.75	0.47	−0.69	T = 6.23	<0.001
البندليوم التقليدي	−0.85	0.56	−0.79	T = 6.06	<0.001

الجدول 3: المقارنة بين المجموعتين في مقدار التغير في عمق الجزء الأمامي من القوس السنية

نانس المعدل (Mean ± SD)	البندليوم التقليدي (Mean ± SD)	فرق المتوسط (نانس − البندليوم)	95% CI	Hedges’ g	P-value
−0.75 ± 0.47	−0.85 ± 0.56	0.10 mm	−0.28 to 0.48	0.19	0.593

5-المناقشة

أظهرت الدراسة انخفاضًا ذا دلالة إحصائية في عمق الجزء الأمامي من القوس السنية العلوية بعد إرجاع الأرحاء باستخدام كلا الجهازين، في حين لم يظهر فرق ذو دلالة إحصائية بينهما. بلغ فرق متوسط التغير 0.10 مم فقط، مع فاصل ثقة 95% من −0.28 إلى 0.48 مم وحجم أثر معياري صغير .(Hedges’ g=0.19) لذلك لا تدعم النتائج وجود أفضلية واضحة لأحد الجهازين في هذا المتغير، مع التأكيد أن غياب الدلالة الإحصائية لا يمثل إثباتًا لتكافؤ الجهازين.

تتطلب هذه النتيجة تفسيرًا يستند إلى الطبيعة الهندسية لعمق القوس الأمامي. فهذا المتغير لا يقيس موضع القواطع أو الضواحك بالنسبة إلى مرجع تشريحي ثابت، وإنما يقيس المسافة النسبية بين المنطقتين. لذلك يتحدد التغير فيه بالمحصلة المشتركة لحركة طرفي القياس؛ إذ يؤدي تقدم الضواحك أنسيًا بمقدار يفوق تقدم القواطع إلى تناقص عمق القوس، في حين يحد تقدم القواطع من مقدار هذا التناقص لأنه يحرك النهاية الأمامية للقياس في الاتجاه نفسه. ومن ثم، قد يتشابه مقدار التغير في عمق القوس بين جهازين على الرغم من اختلاف حركة الأسنان المفردة أو مقدار فقدان الارتكاز في كل منهما. وتدعم موثوقية

النماذج الرقمية إمكانية استخدام هذه العلاقة الخطية في تقييم أبعاد القوس، شريطة تفسيرها ضمن سياق بقية الحركات السنية (Fleming et al., 2011; Rossini et al., 2016; Warnecki et al., 2022).

ينسجم الانخفاض المسجل في عمق القوس الأمامي مع النمط البيوميكانيكي المتوقع للأجهزة ذات الارتكاز السني والحنكي التقليدي. فقد أظهرت الدراسات لجهاز البندليوم أن الحركة الوحشية للأرحاء تترافق بحركة أنسية للضواحك وتقدم أو ميلان دهليزي للقواطع. وسجل Ghosh and Nanda (1996) حركة أنسية للضاحك الأول بلغت 2.55 مم بالتزامن مع إرجاع الرحى الأولى، في حين بينت دراسات لاحقة أن جزءًا معتبرًا من المسافة المتشكلة بين الرحى والضاحك ينتج عن فقدان الارتكاز الأمامي، وليس عن الحركة الوحشية للرحى وحدها.(Bussick & McNamara, 2000; Fuziy et al., 2006) كما أكدت المراجعات أن فقدان الارتكاز الأمامي يمثل أثرًا متكررًا في أجهزة إرجاع الأرحاء داخل الفموية ذات الارتكاز التقليدي (Al-Thomali et al., 2017; Antonarakis & Kiliaridis, 2008; Kinzinger et al., 2008).

أظهرت مجموعة البندليوم انخفاضًا متوسطه 0.85 مم في عمق القوس الأمامي، وهو مقدار أكبر عدديًا بقليل من الانخفاض المسجل مع جهاز نانس المعدل. ويمكن تفسير هذه النتيجة بحدوث حركة أنسية للضواحك بالتزامن مع تقدم القواطع. فعندما تتحرك المجموعتان في الاتجاه نفسه، لا يعكس قياس المسافة بينهما الحجم الكامل لحركة أي منهما، وإنما يعكس الفرق بين مقداري الحركتين. ولذلك قد يؤدي تقدم أكبر للضواحك والقواطع معًا إلى تغير صافٍ محدود في عمق القوس. يتوافق هذا التفسير مع الدراسات التي أظهرت أن البندليوم التقليدي يترافق عادةً بفقدان ارتكاز ضاحكي وقاطعي أكبر من الأجهزة المدعومة هيكليًا أو التصاميم المعدلة (Al-Thomali et al., 2017; Bozkaya et al., 2020; Soheilifar et al., 2019).

وتنسجم هذه الفكرة مع مراجعة منهجية وتحليل تلوي حديثة نشرها(Huang et al., 2025) ، والتي أظهرت أن أجهزة الإرجاع التقليدية ارتبطت بفقد ارتكاز أمامي أكبر من الأجهزة المدعومة هيكليًا، مع بقاء تفاوت في جودة الأدلة والدراسات المشمولة. ولا يعني ذلك أن عمق القوس الأمامي يقيس فقد الارتكاز مباشرة، بل يوضح سبب ضرورة تفسيره إلى جانب حركة الأسنان المفردة.

ينبغي كذلك تفسير التغير في عمق القوس الأمامي في ضوء اختلاف مقدار الإرجاع الرحوي المتحقق ومدة مرحلته بين المجموعتين. فقد ترافق الانخفاض الخام في عمق القوس، البالغ 0.75 مم في مجموعة نانس المعدل و0.85 مم في مجموعة البندليوم، مع إرجاع رحوي بلغ 4.30 و5.50 مم على التوالي. وعند وصف التغير في عمق القوس نسبةً إلى مقدار إرجاع الرحى، بلغ الانخفاض نحو 0.174 مم لكل 1 مم من الإرجاع في مجموعة نانس المعدل، مقابل 0.155 مم لكل 1 مم في مجموعة البندليوم. وبذلك فإن التقارب في التغير الخام لا يعني تطابق استجابة القطاع الأمامي عند أخذ مقدار الحركة الرحوية بالحسبان، بل يشير إلى أن كل جهاز حقق مقدارًا مختلفًا من الإرجاع خلال فترة علاجية مختلفة. ومع ذلك، تمثل هذه النسب وصفًا استكشافيًا مشتقًا من متوسطات المجموعتين، ولم تكن نتيجة محددة مسبقًا أو خاضعة لاختبار إحصائي مستقل؛ لذلك لا ينبغي تفسيرها بوصفها دليلًا على تفوق أحد الجهازين في كفاءة الارتكاز. كما وقع مقدار الإرجاع المتحقق في المجموعتين ضمن المجال السريري المنشور لأجهزة الإرجاع، وكان أعلى من المتوسط المجمّع البالغ 3.29 مم الذي أوردته المراجعة المنهجية والتحليل التلوي لـ(Huang et al., 2025).

في جهاز نانس المعدل، كان انخفاض عمق القوس الأمامي 0.75 مم. وقد صُمم هذا الجهاز لفصل وحدة الارتكاز الحنكية عن آلية تطبيق القوة الدهليزية، بما قد يحد من انتقال عزوم الدوران إلى زر نانس ويحافظ بصورة أفضل على تماسّه مع النسج الحنكية وفق المبدأ الذي اقترحه (Li & Chung, 2022). كما قد يسهم الهيكل المعدني المتكامل الذي يربط الضواحك الأربعة في توزيع قوى رد الفعل على وحدة دعم أوسع. ومع ذلك، لم تُقَس صلابة الهيكل أو دوران زر نانس مباشرة في الدراسة الحالية، ولذلك تبقى هذه الآليات تفسيرات ميكانيكية محتملة وليست علاقات سببية مثبتة. كما أن هذا المبدأ التصميمي لم يترجم إلى فرق إحصائي في عمق القوس الأمامي مقارنة بالبندليوم، وهو ما قد يرتبط بالطبيعة النسبية المركبة لهذا القياس.

تؤكد المقارنات بين الارتكاز التقليدي والارتكاز الهيكلي أهمية عدم استخدام عمق القوس الأمامي منفردًا للحكم على حفظ الارتكاز. وقد استُخدمت أجهزة الإرجاع المدعومة بوسائل ارتكاز هيكلية مؤقتة للحد من التأثيرات غير المرغوبة المرتبطة بفقد الارتكاز في أجهزة الإرجاع التقليدية، مع اختلاف تأثيراتها الرحوية باختلاف موقع وتصميم وحدة الارتكاز (Bayome et al., 2021). فقد أظهرت المراجعات والتحليلات أن دعم أجهزة الإرجاع بزريعات مؤقتة يقلل الحركة الأنسية للضواحك وتقدم القواطع مقارنة بالارتكاز السني التقليدي، حتى عندما يكون مقدار إرجاع الرحى متقاربًا (Soheilifar et al., 2019). كما بينت دراسة استعادية أجراها (Bozkaya et al., 2020) قارنت البندليوم التقليدي بالبندليوم الهجين أن تغير نمط الارتكاز المستخدم يغير اتجاه حركة الأسنان الواقعة أمام الأرحاء. وأظهرت دراسة استعادية أحدث أجراها (Campos et al., 2025) قارنت البندليوم بجهاز مدعوم بالزريعات اختلافًا واضحًا في الاستجابة السهمية للقواطع والضواحك، مما يدعم ضرورة تحليل حركة الأسنان المفردة إلى جانب أبعاد القوس المركبة. ونظرًا للطبيعة الاستعادية لهاتين الدراستين، تُستخدم نتائجهما هنا كسياق داعم للتفسير، لا بوصفها دليلًا مكافئًا للتجربة العشوائية الحالية.

من الناحية السريرية، بقي متوسط الانخفاض أقل من 1 مم في كلتا المجموعتين. ولا توجد عتبة محددة مسبقًا تمثل الحد الأدنى للأهمية السريرية في هذا المتغير، ولذلك لا يمكن اعتبار الدلالة الإحصائية دليلًا تلقائيًا على وجود تأثير سريري مهم. كما أن فاصل الثقة للفرق بين المجموعتين شمل الصفر، وهو ما يعكس عدم اليقين حول اتجاه وحجم الفرق الحقيقي.

تتمثل إحدى الدلالات التطبيقية لهذه النتائج في أن عمق القوس الأمامي ينبغي أن يُعد متغيرًا مكمّلًا لا بديلًا عن قياسات حركة القواطع والضواحك. فقد ينتج المقدار نفسه من التغير في عمق القوس عن أنماط حركية مختلفة؛ مثل حركة أنسية كبيرة للضواحك مترافقة مع تقدم كبير للقواطع، أو حركة محدودة في كلتا المنطقتين. وفي الحالتين قد تكون القيمة الصافية متقاربة، على الرغم من اختلاف كفاءة الارتكاز والآثار الجانبية الميكانيكية بصورة واضحة. ويتفق هذا المفهوم مع الأدلة المقارنة بين الدعم التقليدي والهيكلي أن نوع الارتكاز قد يغير حركة الأسنان الأمامية بصورة ملحوظة من دون أن يؤدي بالضرورة إلى فرق مماثل في جميع القياسات المركبة للقوس.(Huang et al., 2025 ;Soheilifar et al., 2019)

تشمل نقاط قوة الدراسة التوزيع العشوائي للمشاركين، وتطبيق مقدار قوة متقارب، وتوحيد نقطة نهاية إرجاع الأرحاء، واستخدام نماذج رقمية موجهة وفق معالم حنكية ثابتة. كما أظهر متغير عمق القوس الأمامي موثوقية مرتفعة، مع معامل ارتباط داخل الفئة بلغ 0.996 وخطأ قياس محدود بلغ 0.117 مم، مما يشير إلى أن التغير المسجل تجاوز بوضوح مقدار الخطأ العشوائي. وتتفق هذه النتائج مع الأدلة التي تدعم دقة القياسات الخطية المأخوذة من النماذج التقويمية الرقمية (Fleming et al., 2011; Rossini et al., 2016; Warnecki et al., 2022).

مع ذلك، ينبغي تفسير النتائج في ضوء عدد من المحددات. فقد كان عمق القوس الأمامي نتيجة ثانوية، بينما استند حساب حجم العينة الأصلي إلى مقدار إمالة الرحى الأولى؛ ولذلك لم تُحسب قوة الدراسة بصورة مستقلة لاكتشاف فروق صغيرة خاصة بهذا المتغير. كما اعتمد التحليل على المشاركين ذوي بيانات T0 و T1المكتملة، بعد فقد حالة واحدة من مجموعة نانس المعدل بسبب انفكاك وحدة الدعم، ولم يُجر تحليل وفق مبدأ intention-to-treat . كذلك لم تكن التجربة مسجلة استباقيًا في سجل عام للتجارب السريرية. واقتصرت المتابعة على نهاية مرحلة إرجاع الأرحاء مباشرة، ولم تُدرس استمرارية التغير خلال المراحل اللاحقة من المعالجة أو بعد إرجاع الضواحك والقواطع. وتجدر الإشارة أن القياس المركب لا يسمح بتحديد مساهمة كل سن أو كل جهة بصورة مستقلة. وبالنظر إلى المجال العمري ومعايير الأهلية المحددة، ينبغي تعميم هذه النتائج بصورة أساسية على المراهقين ذوي الخصائص السريرية المشابهة للمشاركين في الدراسة الحالية.

ضمن هذه الحدود، تشير النتائج إلى أن جهاز نانس المعدل وجهاز البندليوم التقليدي يؤديان إلى انخفاض محدود ومتقارب في عمق الجزء الأمامي من القوس السنية العلوية. ويبدو أن هذا الانخفاض يمثل المحصلة الصافية للحركة الأنسية للضواحك والتقدم المتزامن للقواطع، وليس تغيرًا مستقلًا يمكن نسبته إلى مجموعة سنية واحدة. لذلك ينبغي دمج هذا المتغير مع قياسات حركة الأسنان المفردة عند تقييم آثار أجهزة الإرجاع والمحافظة على الارتكاز، وهو ما تدعمه الأدلة المقارنة الحديثة بين أنماط الارتكاز المختلفة(Soheilifar et al., 2019; Huang et al., 2025)

6-الاستنتاج

أدى استخدام جهاز نانس المعدل وجهاز البندليوم التقليدي إلى انخفاض ذي دلالة إحصائية في عمق الجزء الأمامي من القوس السنية العلوية، وكان متوسط الانخفاض أقل من 1 مم في كلتا المجموعتين. لم يظهر فرق ذو دلالة إحصائية بين الجهازين في مقدار التغير.لا يدل تشابه عمق القوس الأمامي بالضرورة على تماثل الجهازين في حفظ الارتكاز، لأن هذا المتغير يعكس الحركة النسبية المتزامنة للقواطع والضواحك. ولذلك ينبغي تفسيره بالاشتراك مع القياسات السهمية للأسنان المفردة، وليس بوصفه مؤشرًا مستقلًا لكفاءة الإرجاع.

إتاحة البروتوكول

يتوفر البروتوكول الكامل وخطة الدراسة الأصلية، ويمكن توفيرهما عند الطلب المعقول.

7-المراجع

1. Al-Thomali Y, Basha S, Mohamed RN. (2017). Pendulum and modified pendulum appliances for maxillary molar distalization in Class II malocclusion: a systematic review. Acta Odontol Scand. 75(6):394–401. doi:10.1080/00016357.2017.1324636.
2. Antonarakis GS, Kiliaridis S. (2008). Maxillary molar distalization with noncompliance intramaxillary appliances in Class II malocclusion: a systematic review. Angle Orthod. 78(6):1133–1140. doi:10.2319/101507-406.1.
3. Bayome M, Park JH, Bay C, Kook YA. (2021). Distalization of maxillary molars using temporary skeletal anchorage devices: a systematic review and meta-analysis. Orthod Craniofac Res. 24(Suppl 1):103–112. doi:10.1111/ocr.12470.

4. Bozkaya E, Tortop T, Yüksel S, Kaygısız E. (2020). Evaluation of the effects of the hybrid Pendulum in comparison with the conventional Pendulum appliance. Angle Orthod. 90(2):194–201. doi:10.2319/051719-340.1.
5. Bussick TJ, McNamara JA Jr. (2000). Dentoalveolar and skeletal changes associated with the pendulum appliance. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 117(3):333–343. doi:10.1016/S0889-5406(00)70238-1.
6. Byloff FK, Darendeliler MA. (1997). Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 1: Clinical and radiological evaluation. Angle Orthod. 67(4):249–260. doi:10.1043/0003-3219(1997)067<0249:DMMUTP>2.3.CO;2.
7. Campos CBA, Vilanova L, Alessio Junior LE, Miranda F, Garib D, Henriques JFC. (2025). Dentoskeletal effects of molar distalization with miniscrew-anchored cantilever and pendulum appliance for Class II correction. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 167(5):526–538. doi:10.1016/j.ajodo.2024.11.011.
8. Caprioglio A, Cozzani M, Fontana M. (2014). Comparative evaluation of molar distalization therapy with erupted second molar: Segmented versus Quad Pendulum appliance. *Progress in Orthodontics*. 15:49. doi:10.1186/s40510-014-0049-6.
9. Fleming PS, Marinho V, Johal A. (2011). Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. Orthod Craniofac Res. 14(1):1–16. doi:10.1111/j.1601-6343.2010.01503.x.
10. Fuziy A, Rodrigues de Almeida R, Janson G, Angelieri F, Pinzan A. (2006). Sagittal, vertical, and transverse changes consequent to maxillary molar distalization with the pendulum appliance. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 130(4):502–510. doi:10.1016/j.ajodo.2004.12.031.
11. Ghosh J, Nanda RS. (1996). Evaluation of an intraoral maxillary molar distalization technique. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 110(6):639–646. doi:10.1016/S0889-5406(96)80041-2.
12. Grassia V, d'Apuzzo F, Jamilian A, Femiano F, Favero L, Perillo L. (2015). Comparison between rapid and mixed maxillary expansion through an assessment of arch changes on dental casts. Progress in Orthodontics. 16:20. doi:10.1186/s40510-015-0089-6.
13. Hilgers JJ. (1992). The pendulum appliance for Class II non-compliance therapy. J Clin Orthod. 26(11):706–714.
14. Huang Y, Wang Y, Lu Y, Su X, Lei Y. (2025). Analysis of the efficacy of conventional, skeletal and invisible orthodontic appliance for upper molar distalization in Class II Malocclusion patients: a systematic review and meta-analysis. BMC Oral Health. 25:1396. doi:10.1186/s12903-025-06378-4.
15. International Committee of Medical Journal Editors. (2026). Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals. Updated January 2026. Available at: https://www.icmje.org/recommendations/
16. Kinzinger GSM, Eren M, Diedrich PR. (2008). Treatment effects of intraoral appliances with conventional anchorage designs for non-compliance maxillary molar distalization: a literature review. Eur J Orthod. 30(6):558–571. doi:10.1093/ejo/cjn047.

17. Li C, Chung CH. (2022). A simple technique using a modified Nance appliance as anchorage for maxillary molar distalization—two case reports. Appl Sci. 12(2):768. doi:10.3390/app12020768.
18. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. (2016). Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: a systematic review. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 149(2):161–170. doi:10.1016/j.ajodo.2015.06.029.
19. Schulz KF, Altman DG, Moher D; CONSORT Group. (2010). CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. BMJ. 340:c332. doi:10.1136/bmj.c332.
20. Soheilifar S, Mohebi S, Ameli N. (2019). Maxillary molar distalization using conventional versus skeletal anchorage devices: a systematic review and meta-analysis. Int Orthod. 17(3):415–424. doi:10.1016/j.ortho.2019.06.002.
21. Warnecki M, Nahajowski M, Papadopoulos MA, Kawala B, Lis J, Sarul M. (2022). Assessment of the reliability of measurements taken on digital orthodontic models obtained from scans of plaster models in laboratory scanners: a systematic review and meta-analysis. Eur J Orthod. 44(5):522–529. doi:10.1093/ejo/cjac005.