Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Mosul
College of Dentistry

Evaluation of Frictional Resistance and Surface Topography of NiTi I Archwire at Different Media In Vitro (Comparative Study)

A thesis submitted.
to the Council of College of Dentistry / University of Mosul in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Orthodontics
By

Hussein Saeed Yaqoob

Supervised by

Assist. Prof.
Sarmad Sobhi Salih Al Qassar
M.Sc. Ph.D. (Orthodontics)
Assist. Prof.
Mahmood Ahmad Hamood Aljoubory
M.Sc. Ph.D. (Material Science)

A.D.2023 **A.H.1445**

Abstract

Background: Static and kinetic (force and coefficient friction) between the orthodontic brackets and wire impacts to the sliding mechanics that affecting teeth movements and treatment duration. This sliding media is released metal ions from the fixed appliances in ionized condition.

Aim of study: This study aimed to assess effect the static and kinetic (force and coefficient friction) and surface topography of stainless steel and I archwires (test wire) in dry conditions and in full media with metal ions that released from fixed appliances.

Material and Methods: This experimental study employed 120 brackets Roth stainless steel 0.018-inch (Dentaurum Company), 120 arch wires (60 no. stainless steel Dentaurum Company and 60 no. SIA Orthodontic Manufacturer company), and 60 ligatures (Dentaurum Company). The study adopted scientific methods to simulate the forces acting on a tooth root, brackets were bonded to the metal baseplate, and archwire samples inserted into the slots. Experiments were conducted in dry conditions as well as under ionized and deionized water to assess the impact of these variables on friction. A movable stainless steel bracket with a power arm (10 mm) simulated the equivalent force at a tooth's center of resistance, holding weights of 100 grams. The bracket was moved across the baseplate, with a load cell recording forces applied to it. The static and kinetic frictional forces were measured and represented graphically using Universal Tensile Machine software. All tests were conducted at room temperature and repeated 10 times for each archwire-bracket-ligature combination.

The study also employed an Atomic Force Microscope for surface topography and roughness analysis of the archwires at the nanoscale level. Furthermore, the impact of immersion in deionized water on orthodontic assemblies was investigated, with the pH and ion content of the water measured pre- and post-immersion.

Results: The static frictional forces displayed significant variations across conditions, with dry SS wire exhibiting the highest mean value and ionized SS wire the lowest. The kinetic frictional forces of both wire types were also significantly affected by these conditions, with ionized demonstrating the least frictional force, indicating superior

performance. These significant differences were statistically confirmed through Shapiro-Wilk, ANOVA, and Tukey's tests.

Frictional characteristics of test wire with SS brackets were also investigated. Significant differences were observed across all conditions in both static and kinetic friction, with SS wire consistently exerting higher frictional force, suggesting the varied performance of Superelastic I archwire compared to traditional SS wires.

The study further analyzed the surface roughness of these orthodontic appliances under the influence of ionization. Post-immersion, the deionized water, with notable ion release, and Ni registering the highest release. Surface roughness decreased from dry to ionized states, with dry conditions displaying the highest and ionized the lowest roughness values, suggesting ionized environments promote less friction with reduce the surface roughness of orthodontic appliances and wires, potentially affecting their clinical performance.

In conclusion, this study demonstrates that the highest average static and kinetic (force and coefficient friction) occurs in dry conditions with a stainless steel bracket and test wire. Comparing the dry state to deionized and ionized states, the latter two exhibit enhanced Static and kinetic (force and coefficient friction) for both I archwire and stainless steel wire. The ion state showcases the lowest Static and kinetic (force and coefficient friction) for stainless steel and the new I archwire, with the new test wire outperforming others in this state. The innovative NiTi (I archwire) wire has consistently lower NiTi than traditional stainless steel wire, Finally, Atomic Force Microscope imaging indicates reduced roughness parameters for the new wire in both ion and deionized states compared to conventional stainless steel wire, with the highest roughness observed in the dry state.

جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل
كلية طب الاسنان

تقييم

مقاومة الاحتكاك والتضاريس السطحية لسلك النيكل تيتانيوم نوع (I) في وسائط مختلفة (دراسة مقارنة مختبرية)

رسالة قدمها

حسين سعيد يعقوب خضر

الى مجلس كلية طب الاسنان / جامعة الموصل

كجزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في تقويم الاسنان

بإشراف

الاستاذ المساعد الدكتور
سرمد صبحي صالح
دكتوراه تقويم الاسنان

الاستاذ المساعد الدكتور
محمود احمد حمود
دكتوراه علم المواد

202

1445 هـ

الخلاصة

الخلفية: الاحتكاك الساكن والديناميكي (قوة ومعامل الاحتكاك) بين حاصره التقويم والأسلاك يؤثران في ميكانيكا الانزلاق التي تؤثر على حركات الأسنان ومدة العلاج. وسط الانزلاق هذا يحتوي على إطلاق أيونات المعدن من الأجهزة الثابتة في حالة الأيونات .

هدف الدراسة: تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الاحتكاك الساكن والديناميكي (قوة ومعامل الاحتكاك) وطوبوغرافية السطح لأسلاك التقويم المصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ وأسلاك الجديدة نوع (I) في الظروف الجافة وفي وسط مشبع بأيونات المعادن التي تتم إطلاقها من الأجهزة الثابتة.

المواد والطرق: استخدمت هذه الدراسة التجريبية 120 حاصرة من الفولاذ المقاوم للصدأ Roth مقاس 0.018)من شركة(Dentaurum) 60 أسلاك تقويم (Orthodontic Manufacturer من شركةSIA)، و120 ربطات (شركة Dentaurum) اعتمدت الدراسة أساليب علمية لمحاكاة القوى المؤثرة على جذر السن، وتم ربط الحاصرات بالصفيحة المعدنية، وإدخال عينات من الأسلاك في الفتحات. أجريت التجارب في الظروف الجافة وكذلك تحت الماء المتأين ومنزوع الأيونات لتقييم تأثير هذه المتغيرات على الاحتكاك. دعامة متحركة من الفولاذ المقاوم للصدأ مع ذراع طاقة (10 مم) تحاكي القوة المكافئة في مركز مقاومة السن، وتحمل أوزان 100 جرام. تم تحريك الدعامة عبر اللوح الأساسي، مع تطبيق قوى تسجيل خلية الحمل عليها. تم قياس وتمثيل قوى الاحتكاك الساكنة والحركية بيانياً باستخدام برنامج .UTM تم إجراء جميع الاختبارات في درجة حرارة الغرفة وتكررت 10 مرات لكل مجموعة من الأربطة والحاصرات والاسلاك.
استخدمت الدراسة أيضًا مجهر القوة الذرية لتضاريس السطح وتحليل خشونة الأسلاك المقوسة على المستوى النانوي. علاوة على ذلك، تم دراسة تأثير الغمر في الماء منزوع الأيونات على مجموعات تقويم الأسنان، مع قياس الرقم الهيدروجيني والمحتوى الأيوني للمياه قبل وبعد الغمر.

النتائج: أجرت هذه الدراسة الشاملة فحصاً شاملاً للخصائص الاحتكاكية لأسلاك التقويم من الفولاذ المقاوم للصدأ (SS)والأسلاك NiTi المرنة من نوع (I) في الظروف الجافة وتحت تأثير الماء المقطر والماء المتأين. أظهرت القوى الاحتكاكية الساكنة تباينات كبيرة عبر الظروف، حيث أظهرت سلك SS الجاف القيمة المتوسطة الأعلى وأظهر سلك SS المتأين الأدنى. كما تأثرت القوى الديناميكية للفولاذين بأنواعهما بشكل كبير أيضا بتلك الظروف، حيث أظهر الفولاذ المتأين أقل قوة احتكاكية، مما يشير إلى أداء متفوق. وتم تأكيد هذه الاختلافات الكبيرة إحصائياً من خلال اختبارات شابيرو-ويلك والتحليل الكمي واختبارات توكي.
تم أيضاً دراسة خصائص الاحتكاك للأسلاك الاختبارية مع حواجب .SS ولوحظ وجود اختلافات كبيرة عبر جميع الظروف في الاحتكاك الساكن والديناميكي، حيث كان سلك SS يمارس دائماً قوة احتكاك أعلى، مما يشير إلى أداء الأسلاك NiTi المرنة من نوع (I) المتفاوت بالمقارنة مع الأسلاك الفولاذية التقليدية.

قامت الدراسة أيضاً بتحليل خشونة سطح هذه الأجهزة التقويمية تحت تأثير التأين. بعد الغمر، أظهر الماء المقطر العديد من إفرازات الأيونات الملحوظة، وكان النيكل هو الأعلى في الإفراز. انخفضت خشونة السطح من الحالة الجافة إلى الحالة المتأينة، حيث أظهرت الحالات الجافة أعلى قيم للخشونة وأظهرت الحالات المتأينة القيم الأدنى، مما يشير إلى أن البيئات المتأينة تشجع على الاحتكاك الأقل وتقليل الخشونة السطحية للأجهزة التقويمية والأسلاك، مما قد يؤثر على أدائها السريري.

الاستنتاج: توضح هذه الدراسة أن أعلى متوسط للقوى الساكنة والديناميكية (القوة ومعامل الاحتكاك) يحدث في الظروف الجافة باستخدام حاصره من الفولاذ المقاوم للصدأ وسلك اختبار. بمقارنة الحالة الجافة بالحالات منزوعة الأيونات والمتأينة، فإن الحالتين الأخيرتين تعرضان قوة ومعامل احتكاك ثابت وحركي معزز لكل من الأسلاك القوسية والأسلاك المصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ. تعرض الحالة الأيونية أدنى مستوى من القوة الساكنة والحركية (القوة ومعامل الاحتكاك) للفولاذ المقاوم للصدأ والسلك القوسي الجديد، مع تفوق سلك الاختبار الجديد على الأسلاك الأخرى في هذه الحالة. يحتوي سلك NiTi (I Archwire) المبتكر على نسبة NiTi أقل باستمرار من أسلاك الفولاذ المقاوم للصدأ التقليدية، وأخيرًا، يشير تصوير AFM إلى انخفاض معلمات الخشونة للسلك الجديد في كل من الحالات الأيونية ومنزوعة الأيونات مقارنة بأسلاك الفولاذ المقاوم للصدأ التقليدية، مع أعلى خشونة ملحوظة في حالة جافة.