

## دراسة مقارنة لقوى الاحتكاك السكوني الناتجة عن أربعة أنواع مختلفة من طرق الربط خلال مرحلة الرصف والتسوية

الدكتور محمد قصي المنجد\*

الدكتور فادي خليل\*\*

فاطمة علي قبلان\*\*\*

تاريخ الإيداع 11 / 9 / 2012. قُبل للنشر في 23 / 12 / 2012

### □ ملخص □

تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة قيم الاحتكاك السكوني الناتجة عن أربع طرقٍ مختلفة لربط السلك التقويمي إلى الحاصرة التقويمية.

تكوّنت عيّنة البحث من (20) حاصرة معدنية تقليدية الربط ( Mini Master, American ) (Orthodontics)، (10) حاصرات ذاتية الربط من النوع النشط (Active SL) (Active Empower, American ) (Orthodontics)، (10) حاصرات ذاتية الربط من النوع الحيادي (Passive SL) (Passive Orthodontics, ) (American Orthodontics)، (10) حلقات ربط مطاطية تقليدية (CEL) غير ملونة ( Unistick-Ligatures, ) (American Orthodontics)، (10) حلقات ربط مطاطية غير تقليدية (UCEL) غير ملونة (Slide® , Leone)، و(40) سلك مستقيم من النيكل تيتانيوم قياس (0.018 inch) (American Orthodontics)، تمّ قياس قيم الاحتكاك السكوني باستخدام جهاز اختبار الشد (Zweigle F 427).

أظهرت النتائج أنّ قيم الاحتكاك السكوني للربط المطاطي التقليدي كانت أكبر بدلالة إحصائية هامة من الأشكال الأخرى للربط ( $P < 0.05$ )، بينما لم تكن الفروقات بين أنواع الربط الأخرى (Active SL, Passive SL, ) (UCEL ذات دلالة هامة من الناحية الإحصائية ( $P > 0.05$ ).

**الكلمات المفتاحية:** الاحتكاك السكوني- الحاصرات ذاتية الربط- الربط المطاطي غير التقليدي- أسلاك النيكل تيتانيوم.

\* أستاذ مساعد- قسم تقويم الأسنان والفكين- كلية طب الأسنان- جامعة تشرين- اللاذقية- سوريا.

\*\* مدرس- قسم تقويم الأسنان والفكين- كلية طب الأسنان- جامعة تشرين- اللاذقية- سوريا.

\*\*\* طالبة دراسات عليا (ماجستير)- قسم تقويم الأسنان والفكين- كلية طب الأسنان- جامعة تشرين- اللاذقية- سوريا.

## Comparative Study of Static Friction Forces of Four Different Ligation Types during the Leveling and Alignment Stage

Dr. Mohamad Kusai Al-Munajed\*  
Dr. Fadi Khalil\*\*  
Fatema Ali Kablan\*\*\*

(Received 11 / 9 / 2012. Accepted 23 / 12 / 2012)

### □ ABSTRACT □

This study aimed to compare the static friction forces of four different types of ligating the orthodontic wire to the bracket.

(20) Conventional metal brackets (Mini-Master, American Orthodontics), (10) active self-ligation brackets (Active SL) (Active Empower, American Orthodontics), (10) passive self-ligation brackets (Passive SL) (Passive Empower, American Orthodontics), (10) conventional elastomeric ligature (CEL) (Unistick-Ligatures, American Orthodontics), (10) unconventional elastomeric ligature (UCEL)(Slide<sup>®</sup>, Leone, Italy) and (40) nickel titanium wires (0.018-in)(American Orthodontics). The static friction forces were measured by the (Zweigle F 427) machine.

The results showed that conventional elastomeric ligature has produced a statistically significant larger static friction forces than the three other types ( $P < 0.05$ ), while the differences between the three other types (UCEL, Active SL, Passive SL) were not statistically significant ( $P > 0.05$ ).

**Keywords:** Static friction- Self ligation brackets- Unconventional elastomeric ligatures- Nickel titanium wires.

---

\* Associate Professor, Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\* Assistant Professor, Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*\* Postgraduate Student, Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## مقدمة:

تسعى تقنيات المعالجة التقويمية إلى تحقيق العديد من الأهداف للحصول على أفضل النتائج، وفي مقدمة هذه الأهداف: تأمين الحركة السنوية الأكثر كفاءة<sup>[1]</sup>، وغالباً ما يلجأ طبيب التقويم من أجل ذلك إلى استخدام الأجهزة التقويمية الثابتة<sup>[2]</sup> التي كانت حتى منتصف السبعينيات تتضمن حاصرات الإيدجوايز القياسية<sup>[3]</sup> مع تشكيل عرى الإغلاق<sup>[4]</sup>، إلا أن هذه العملية كانت متعبة، مملّة للطبيب، تستهلك وقتاً طويلاً، وتحتاج إلى مهارة ودقة عالية في تشكيل الطيات وتنشيطها<sup>[3]</sup>، فضلاً عن أنها كانت تقنية مزعجة بالنسبة للمريض<sup>[4]</sup>. تطوّر الجهاز الثابت ومرّ بمراحل متعدّدة حتى وصل بفضل /Andrews/ إلى تنقيّة السلك المستقيم (Straight Wire Technique)<sup>[5]</sup> التي قلّلت من الحاجة إلى إجراء العرى<sup>[6]</sup> واعتمدت على قابلية الأسلاك التقويمية للانزلاق عبر الحاصرات والأنابيب<sup>[7]</sup>، بشكل يشبه انزلاق اللآلي على الخيط<sup>[8]</sup> أو بسير القطار على سكة الحديد<sup>[9]</sup>. لكن استخدام هذه التقنية ترافق مع ظهور ما يُعرف باسم "مقاومة الانزلاق" (Resistance to Sliding-RS)، التي تؤثر على مقدار القوة التي تصل إلى الأسنان والنسج المحيطة بها<sup>[10]</sup>، ويمكن أن تؤخّر من حركة الأسنان وتزيد من متطلبات الدعم<sup>[11][12]</sup>، وقد قدرّت بعض الدراسات أن حوالي (50%) من القوة التقويمية المطبّقة تكون مطلوبة فقط للتغلب على المقاومة الانزلاقية في الجهاز التقويمية<sup>[13]</sup>. تتألّف مقاومة الانزلاق من ثلاث مركبات: الاحتكاك، الانحناء، والتلّم<sup>[13][14]</sup>، والاحتكاك (Friction) هو القوة التي تعوق<sup>[15][16]</sup> أو تقاوم الحركة بين جسمين صلبين بحالة التماس مع بعضهما البعض<sup>[17]</sup> تتحدّد قوة الاحتكاك بما يُعرف باسم (معامل احتكاك المادة  $\mu$ ) وهو ثابت يختلف من مادة إلى أخرى، وبالقوة النازمة (Normal Force)، وهي القوة التي تضغط السطحين المتحركين على بعضهما<sup>[9]</sup>. للاحتكاك نوعان: الاحتكاك السكوني (Static Friction): وهو أصغر قوة مطلوبة لبدء حركة السطوح المنزلقة على بعضها البعض<sup>[8][18]</sup>، والاحتكاك الحركي (Kinetic Friction): وهو القوة التي تحافظ على حركة انزلاق جسم صلب على جسم آخر بسرعة ثابتة<sup>[19]</sup>. وتكون قيمة الاحتكاك السكوني أكبر من قيمة الاحتكاك الحركي<sup>[20]</sup>. في تقويم الأسنان يملك الاحتكاك السكوني أهمية أكبر من الاحتكاك الحركي<sup>[21]</sup> وذلك لأنّ الحركة السنوية التقويمية لا تشبه النموذج التقليدي لانزلاق جسم على جسم آخر فهليست مستمرة وإنما تحدث ضمن سلسلة من الخطوات القصيرة جداً<sup>[22]</sup>، وبهذا فإننا نحتاج إلى التغلب على الاحتكاك السكوني في كلّ مرة يتحرك فيها السن بمقدار ضئيل<sup>[21]</sup>.

خلال مرحلة الرصف والتنسوية يكون الاحتكاك القليل مرغوباً، لكي تتمكّن الأسنان من الحركة وينزلق السلك التقويمية عبر الحاصرات والأنابيب، لكن في مرحلة إرجاع الكتلة السنوية الأمامية يكون الاحتكاك القليل مرغوباً في القطاعات السنوية الجانبية، بينما يكون الاحتكاك المرتفع مرغوباً في القطاع السنوي الأمامي<sup>[15]</sup>.

يتأثر الاحتكاك بالعديد من العوامل، كنوع مادة الحاصرة، ونوع مادة السلك، حيث تُعطي الحاصرات الخزفية احتكاكاً أعلى من الحاصرات المصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ (Stainless Steel)<sup>[32]</sup>، كما يكون احتكاك أسلاك (S.S) أقلّ من احتكاك أسلاك (TMA)<sup>[15]</sup>، لكن أهمّ عامل يؤثر في قيمة الاحتكاك بين الحاصرة والسلك بحسب بعض الدراسات هو طريقة ربط السلك التقويمية إلى الحاصرة التقويمية<sup>[15][23]</sup>، فقوة ربط السلك تؤثر بشكل كبير في القوة النازمة (N). يتم ربط السلك إلى شقّ الحاصرة باستخدام الربط المطاطي، أسلاك الربط المعدنية أو باستخدام الحاصرات ذاتية الربط<sup>[9]</sup>، التي ظهرت في محاولة للتقليل من القوة النازمة الناتجة عن الربط<sup>[24]</sup>، وهي عبارة عن أنظمة حاصرات تتضمن أربعة جدران أحدها متحرك يمكن فتحه ليدخل السلك ثم يتم إغلاقه ليتحوّل شقّ الحاصرة إلى أنبوب مما يلغي الحاجة إلى الربط المطاطي أو الربط بأسلاك الفولاذ غير القابل للصدأ. ادعى منتجو هذه الحاصرات

أنها تقلل من المقاومة الاحتكاكية في المراحل المختلفة من المعالجة<sup>[9]</sup>، ولها نوعان: الحاصرات ذاتية الربط النشطة والتي يضغط جدارها المتحرك على السلك، والحيادية التي لا يضغط فيها الجدار المتحرك على السلك<sup>[9]</sup> (الشكل 1). حديثاً، دخل إلى تقويم الأسنان نوعٌ جديدٌ من الربط المطاطي وهو الربط المطاطي غير التقليدي (Unconventional Elastomeric Ligature- UCEL)، الذي يُشبه الربط المطاطي التقليدي ولكنه يحتوي على جزء أمامي يُشبه الجدار الرابع الموجود في الحاصرات ذاتية الربط ولكنه أقل كلفةً من الحاصرات ذاتية الربط، وقد ادعى منتجو هذا النوع من المطاط بأنه يقلل من المقاومة الاحتكاكية حتى إنهم أطلقوا عليه اسم: الربط منخفض الاحتكاك (Low Friction Ligature)<sup>[1]</sup> (الشكل 1).



الشكل (1): من اليسار إلى اليمين: الحاصرة ذاتية الربط النشطة، الحاصرة ذاتية الربط الحيادية، والربط المطاطي غير التقليدي

### أهمية البحث وأهدافه:

كان الهدف من هذه الدراسة هو إجراء تقييم مخبري لقوى الاحتكاك السكوني لأنواع الربط الأربعة (الربط المطاطي التقليدي، الربط المطاطي غير التقليدي، الربط الذاتي النشط، والربط الذاتي الحيادي) خلال مرحلة الرصف والتسوية ومقارنتها مع بعضها لتحديد النوع الذي يُعطي الاحتكاك الأقل والنوع الذي يُعطي الاحتكاك الأعلى.

### طرائق البحث ومواده:

تألّفت مواد البحث من:

1- (40) حاصرة ناب علوي أيمن (السن 13) من نظام (Roth) قياس الشق (0.022x0.028 inch). تم اختيار حاصرة الناب أسوأ بمعظم الدراسات السابقة نظراً لأنّ الناب هو أكثر الأسنان عرضةً لتطبيق تقنية الانزلاق عليه وتحريكه وحشياً بعد إقرار خطة العلاج التي تتضمن قلع الضواحك الأولى<sup>[1]</sup>. توزعت الحاصرات كالتالي:

A- (20) حاصرة معدنية (Stainless Steel-S.S) تقليدية الربط (Mini-Master, American Orthodontics, ) (Wisconsin, USA).

B- (10) حاصرات معدنية ذاتية الربط، من النوع النشط (Active Empower, American Orthodontics, ) (Wisconsin, USA).

C- (10) حاصرات معدنية ذاتية الربط، من النوع الحيادي (Passive Empower, American Orthodontics, ) (Wisconsin, USA).

2- (10) حلقات ربط مطاطية تقليدية (CEL) غير ملونة (Unistick-Ligatures, American Orthodontics, ) (Wisconsin, USA).

3- (10) حلقات ربط مطاطية غير تقليدية (UCEL) وغير ملونة (Slide<sup>®</sup>, Leone, Firenze, Italy).

4- (40) سلك (Nickel Titanium) قياس (0.018 inch) كل سلك بطول (6 cm) American (Orthodontics, Wisconsin, USA).

أجريا للاختبار على كل حاصرة وكل سلك وربط مرة واحدة فقط من أجل إزالة أي تأثير للاهتراء. تم توزيع عينات الاختبار ضمن أربع مجموعات:

- المجموعة الأولى: (10) حاصرات معدنية تقليدية الربط + (10) حلقات مطاطية تقليدية + (10) أسلاك (Ni-Ti).  
- المجموعة الثانية: (10) حاصرات معدنية تقليدية الربط + (10) حلقات مطاطية غير تقليدية + (10) أسلاك (Ni-Ti).

- المجموعة الثالثة: (10) حاصرات ذاتية الربط نشطة + (10) أسلاك (Ni-Ti).

- المجموعة الرابعة: (10) حاصرات ذاتية الربط حيادية + (10) أسلاك (Ni-Ti).

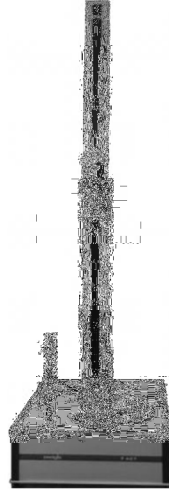
بالنسبة للمجموعة الأولى، تم تطبيق مطاط الربط التقليدي باستخدام مدفع المطاط (Ortho Technology Inc. Tampa, Florida USA) من أجل إزالة أي تأثير لتمطط الربط بمقادير مختلفة عند استخدام حامل المطاط العادي لتطبيقه (الشكل رقم 2)، وقد تم تطبيق المطاط قبل (5) دقائق من إجراء التجربة.



الشكل (2): مدفع تطبيق مطاط الربط التقليدي

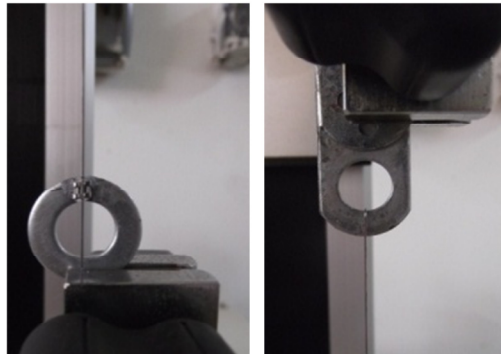
### طريقة التجربة:

أجريت الاختبارات في وسط جاف وبدرجة حرارة الغرفة، بواسطة جهاز قياس الشد (Zweigle F 427) (الشكل 3) الموجود في معمل نسيج اللانقية.



الشكل (3): جهاز اختبار الشد Zweigle F 427

ارتفاع هذا الجهاز (1585 mm)، ووزنه (60 kg)، وهو يحتوي على ذراعين، علوي متحرك وسفلي ثابت وهو موصول إلى جهاز حاسبٍ مع برنامجٍ خاصٍ بمعايرة الجهاز وقراءة النتائج. تم تثبيت كل حاصرة على حلقة معدنية قطرها الداخلي (15 mm) والخارجي (20 mm) باستخدام لاصق (Quick Epoxy Steel)، ومن أجل التأكد من الموقع الصحيح للحاصرة تم إدخال سلك ستانلس ستيل مضلع قياس (0.021X0.028 inch) في شق الحاصرة قبل تثبيتها بحيث يمر هذا السلك عبر قطر الحلقة المعدنية، وبعد تثبيت الحاصرة قمنا بإزالة السلك المضلع. جرى تثبيت هذه الحلقة المعدنية على الذراع السفلي المثبت لجهاز الاختبار (Zweigle F 427) وعلى الذراع العلوي المتحرك تم تثبيت قطعة معدنية سماكتها تعادل تماماً سماكة الحلقة المعدنية مع قاعدة الحاصرة المثبتة عليها وصولاً إلى قعر شق الحاصرة بحيث يكون السلك المُختَبَر شاقولياً تماماً. تم تثبيت الطرف العلوي من السلك ضمن القطعة المعدنية العلوية التي تحتوي على حلقة في نهايتها السفلية (الشكل 4).



الشكل (4): الذراع العلوي والسفلي لجهاز الاختبار بعد تثبيت العينة

تم ضبط سرعة جهاز الاختبار على (1mm per min) حتى لحظة حدوث حركة السلك ضمن الحاصرة، وقد قمنا باختيار هذه السرعة لأن دراسة سابقة أشارت إلى أنه لا توجد اختلافات هامة عند استخدام السرعات بين (0.05 إلى 50 ملم) في الدقيقة الواحدة<sup>[24]</sup>.

حصلنا على قيمة الاحتكاك السكوني لكل اختبار مقدرة بالـ (Centi-Newton cN) وتم تسجيلها على شاشة الحاسب الخاص الموصول إلى الجهاز. أُجري الاختبار (10) مرّات لكل مجموعة من مجموعات الاختبار باستخدام حاصرة وربط وسلك جديدين في كلّ مرّة.

بعد انتهاء الاختبار تمّ حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والحد الأعلى والأدنى لكل مجموعة مقدرة بالـ (cN) وتمّ تطبيق اختبار تحليل ANOVA وتمّ اختبار المقارنات المتعددة بين الثنائيات من أجل تحديد وجود أو عدم وجود فروق هامة إحصائياً بين نتائج مجموعات الاختبار عند ( $P < 0.05$ ) باستخدام برنامج الحاسوب (SPSS) النسخة (18.0).

### النتائج والمناقشة:

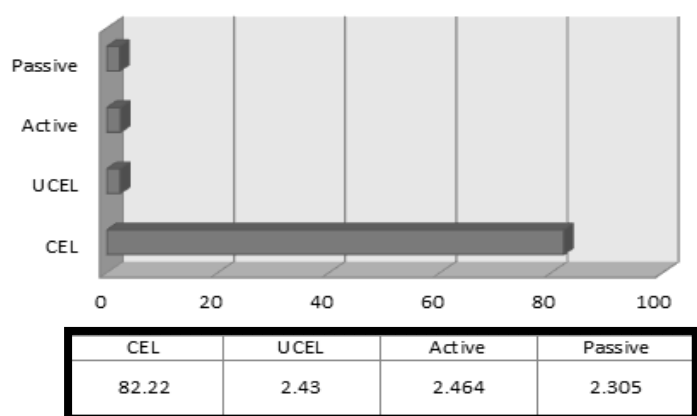
أشارت نتائج هذه الدراسة إلى أنّ قيم الاحتكاك السكوني للربط المطاطي التقليدي كانت أعلى من الأنواع الثلاثة الأخرى (الجدول رقم 1).

الجدول (1): المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والحدان الأدنى والأعلى لأنواع الربط الأربعة

نوع الربط	العينة	متوسط الاحتكاك السكوني (cN)	الانحراف المعياري	أدنى قيمة	أعلى قيمة
CEL	10	82.2200	1.90718	80.40	85.50
UCEL	10	2.4300	0.22286	2.21	3.00
Active	10	2.4640	0.40299	2.00	3.00
Passive	10	2.3050	0.30482	2.02	2.80

وكانت قيم الاحتكاك السكوني لأنواع الربط (المطاط غير التقليدي، الربط الذاتي النشط، والربط الذاتي الحيادي) متقاربة من بعضها (المخطّط البياني 1).

### متوسّطات الاحتكاك السكوني لأنواع الربط الأربعة بالـ cN



المخطّط البياني (1): متوسّطات الاحتكاك السكوني لأنواع الربط الأربعة مقدرة بالـ (cN) من أجل دراسة دلالة هذه الفروق بين المجموعات قمنا بإجراء تحليل التباين ANOVA (الجدول 2).

الجدول (2): تحليل ANOVA لأنواع الربط الأربعة

مستوى الدلالة (P-Value)	مؤشر اختبار (F)	متوسط المربعات (MS)	درجة الحرية (df)	مجموع مربعات التباين (SS)	
P=0.000<0.05	16161.302	15928.261	3	47784.782	بين المجموعات
		.986	36	35.481	ضمن المجموعات
			39	47820.263	المجموع

من الجدول السابق نلاحظ أن ( $P<0.05$ ) وهذا يشير إلى وجود فروق دالة إحصائية بين متوسط قيم الاحتكاك السكوني لأحد الأنواع الأربعة من الربط وبقية المتوسطات على الأقل. لمعرفة أي من هذه المتوسطات يختلف اختلافاً جوهرياً عن غيره، قمنا بإجراء اختبار المقارنات المتعددة بين الثنائيات (Multiple Comparisons) كما يلي:

الجدول (3): نتائج اختبار المقارنات المتعددة بين الثنائيات لمتوسط قيم الاحتكاك السكوني بين المجموعات الأربعة للربط المستخدم مع حاصرة معدنية وسلك (Ni-Ti 0.018-in)

مجال الثقة 95%		مستوى الدلالة (P-Value)	الخطأ المعياري	متوسط الاختلاف (I-J)	المجموعة (J)	المجموعة (I)
الحد الأعلى	الحد الأدنى					
80.6904	78.8896	.000	.44398	79.79000*	UCEL	CEL
80.6564	78.8556	.000	.44398	79.75600*	Active	
80.8154	79.0146	.000	.44398	79.91500*	Passive	
.8664	-.9344	.780	.44398	-0.3400	Active	UCEL
1.0254	-.7754	.722	.44398	.12500	Passive	
1.0594	-.7414	.722	.44398	.15900	Passive	Active

(\*): يوجد فرق هام عند  $P<0.05$

لدى مقارنة قيمة مستوى الدلالة مع القيمة (0.05) نجد أنه عند مستوى الثقة (95%):

- توجد فروق جوهريّة ذات دلالة إحصائية بين متوسط الاحتكاك السكوني للربط التقليدي (CEL) والربط غير التقليدي (UCEL)، وبالنظر إلى القيم الجبرية للفرق بين المتوسطات نجد أن متوسط الاحتكاك السكوني للربط التقليدي أكبر من متوسط الاحتكاك السكوني للربط غير التقليدي لحاصرة معدنية مع سلك (Ni-Ti 0.018 inch).
- توجد فروق جوهريّة ذات دلالة إحصائية بين متوسط الاحتكاك لسكوني للربط التقليدي (CEL) ونوع الربط الذاتي النشط (Active)، وبالنظر إلى القيم الجبرية للفرق بين المتوسطات نجد أن متوسط الاحتكاك السكوني للربط التقليدي أكبر منه للربط الذاتي النشط لحاصرة معدنية وسلك (Ni-Ti 0.018 inch).



- 3- توجد فروق جوهرية ذات دلالة إحصائية بين متوسط الاحتكاك السكوني للربط التقليدي (CEL) والربط الذاتي الحيادي (Passive)، وبالنظر إلى القيم الجبرية للفرق بين المتوسطات نجد أن متوسط الاحتكاك السكوني للربط التقليدي أكبر منه للربط الحيادي لحاصرة معدنية وسلك (Ni-Ti 0.018 inch).
- 4- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط الاحتكاك السكوني للربط غير التقليدي (UCEL) والربط الذاتي النشط (Active) لحاصرة معدنية وسلك (Ni-Ti 0.018 inch).
- 5- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط الاحتكاك السكوني للربط غير التقليدي (UCEL) والربط الذاتي الحيادي (Passive) لحاصرة معدنية وسلك (Ni-Ti 0.018 inch).
- 6- لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسط الاحتكاك السكوني للربط الذاتي النشط (Active) والربط الذاتي الحيادي (Passive) مع سلك (Ni-Ti 0.018 inch).

### المناقشة:

مرحلة رصف وتسوية الأسنان هي جزء هام من مراحل المعالجة التقويمية، وفيها يجب أن ينزلق السلك التقويمي بسهولة عبر شقوق الحاصرات من أجل رصف وتسوية الأسنان سيئة التوضع بشكل أكثر كفاءة وخلال فترة زمنية قصيرة نسبياً، لذلك يجب الأخذ بالحسبان قوة الاحتكاك المتولدة التي تقوم بالحد من كفاءة الأجهزة التقويمية<sup>[25]</sup>. تم إجراء هذه الدراسة المخبرية من أجل مقارنة قوى الاحتكاك السكوني الناتجة عن أربعة أنواع مختلفة من أشكال ربط السلك التقويمي إلى الحاصرة التقويمية، ومن المهم الإشارة إلى أن هذه الدراسة، كما في أي دراسة مخبرية، لا يمكنها أن تحاكي ما يحدث في الحالة السريرية أثناء الحركة التقويمية، وهي تقوم بتقييم قوة الاحتكاك أي جزء واحد من المقاومة الانزلاقية التي تتضمن أيضاً الانحناء والتثلم، لكن سجلت بعض الأبحاث، بعد مقارنات مخبرية وسريية، أن قوى احتكاك الحاصرات في الأبحاث المخبرية كانت مشابهة لتلك الناتجة عن الأجهزة السريية<sup>[26]</sup>، هذه النتيجة تؤكد أن النتائج المخبرية تسهم في فهم أفضل لسلوك المواد التقويمية المختلفة.

كانت قيمة الاحتكاك السكوني للربط المطاطي التقليدي (82.22cN) أكبر وبشكل هام إحصائياً منه في الربط المطاطي غير التقليدي (2.43cN) ( $P < 0.05$ )، هذا ما أشارت إليه أيضاً نتائج العديد من الدراسات السابقة<sup>[15][27]</sup>، ويمكن تفسير ذلك بتصميم الربط غير التقليدي، الذي يكون بمنزلة جدار يحول شق الحاصرة إلى أنبوب بحيث يكون هذا الجدار بعيداً عن السلك المدور الصغير ولا يطبق قوة ناظمة ضاغطة عليه، على عكس حلقات الربط المطاطية التقليدية التي تضغط السلك إلى الحاصرة<sup>[15]</sup>.

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن الفرق في قيم الاحتكاك السكوني بين الربط التقليدي (82.22cN) أكبر وبشكل هام إحصائياً من الاحتكاك السكوني للحاصرات ذاتية الربط النشطة (2.464cN) عند استخدامها مع سلك (Ni-Ti) مدور (0.018 inch) في المراحل الأولى من المعالجة التقويمية، هذا ما أكدته دراسة (Thomas) عام (1998) والتي أشارت إلى أن المقاومة الاحتكاكية الأعلى تحدث مع الربط المطاطي التقليدي عند المقارنة مع الحاصرات ذاتية الربط النشطة<sup>[23]</sup>، كذلك ذكرت بعض الدراسات مثل دراسة (Thorstenson) عام (2001) وغيرها أنه عند استخدام الأسلاك المدورة تعطي الحاصرات ذاتية الربط النشطة احتكاكاً أقل من الربط المطاطي التقليدي<sup>[16][28]</sup>.

يمكن تفسير هذه القيم المرتفعة للاحتكاك السكوني الناتج عن استخدام الربط المطاطي التقليدي بوجود قوة ناظمة (N) كبيرة تضغط السلك باتجاه شق الحاصرة<sup>[15]</sup>، أما بالنسبة للحاصرة النشطة، فهي لا تطبق قوة على السلك إلا عندما يتجاوز قياس السلك قيمة معينة في الاتجاه الخدي- اللساني<sup>[29]</sup>.

كان الفرق بين احتكاك الربط التقليدي (82.22cN) واحتكاك الحاصرات ذاتية الربط الحيادية (2.305cN) هاماً إحصائياً، وقد أشارت العديد من الدراسات إلى النتيجة نفسها، حيث أعطى الربط التقليدي احتكاكاً أعلى من الحاصرات ذاتية الربط الحيادية في دراسة (Cacciafesta) الذي فسّر ذلك بأن الربط المطاطي التقليدي يقوم بضغط السلك بقوة كبيرة ضمن شق الحاصرة، على عكس الحاصرات ذاتية الربط الحيادية، التي يكون فيها شق الحاصرة عبارة عن أنبوب لا يضغط السلك باتجاه قعر الشق<sup>[30]</sup>.

لم يكن الاختلاف بين احتكاك الربط المطاطي غير التقليدي (2.43cN) واحتكاك الحاصرة ذاتية الربط النشطة (2.464cN) ذا دلالة هامة إحصائياً، هذا ما وصلت إليه دراسة (Tecco) وزملائه عام (2007)، والتي أشارت إلى أن قيم احتكاك المجموعتين كانت متشابهة عند استخدام الأسلاك المدورة<sup>[15]</sup>، كذلك كان الفرق بين الربط غير التقليدي والحاصرة ذاتية الربط الحيادية مهملاً أيضاً، هذا ما يمكن أن يكون بسبب تصميم الربط المطاطي غير التقليدي والذي يشبه في تصميمه الجدار الرابع للحاصرات ذاتية الربط إلا أنه مرّن على عكس الحاصرات ذاتية الربط التي يكون فيها الجدار الرابع صلباً (من الستانلس ستيل أو النيكل تيتانيوم) لكن هذا التصميم المختلف لن يؤثر على قيمة الاحتكاك عند استخدام الأسلاك المدورة صغيرة القطر كما هو الحال في دراستنا<sup>[15]</sup>.

أعطت الحاصرات ذاتية الربط النشطة والحيادية قوى احتكاكية سكونية متشابهة عند اختبارها مع سلك (Ni-Ti) (0.018 in)، وكانت القيمة صغيرة جداً (2.464cN) و(2.305cN) على الترتيب، هذا ما أشارت إليه دراسات أخرى أيضاً مثل دراسة (Pacheo) وزملائه عام (2011)، والتي أعطت فيها الحاصرات ذاتية الربط النشطة والحيادية قيم احتكاك متشابهة عند الاختبار مع سلك (0.018 in) وكانت القيم قريبة أو تساوي الصفر<sup>[26]</sup>، كذلك قارنت بعض الدراسات الأخرى احتكاك أنظمة الحاصرات ذاتية الربط النشطة والحيادية مع أسلاك ذات أبعاد صغيرة ووجدت نتائج مشابهة لنتائج هذه الدراسة<sup>[31][32]</sup>.

اختلفت نتيجتنا هذه مع دراسة (Tecco) عام (2007) والتي أشارت إلى أنه مع سلك (NiTi) مدور صغير القطر، أعطت الحاصرة ذاتية الربط الحيادية احتكاكاً أقل وبشكل هام إحصائياً من الحاصرات ذاتية الربط النشطة<sup>[15]</sup>، وقد يعود هذا الاختلاف في النتائج إلى الاختلاف في تصميم الدراسة وطريقة إجراء البحث.

يمكن تفسير قيم قوة الاحتكاك المنخفضة لنوعي الحاصرات ذاتية الربط إلى أن قياس السلك كان أصغر من قياس شق الحاصرة، والاحتكاك القليل يعكس غياب القوة الناظمة<sup>[8]</sup>، فحيادية ربط الحاصرات تتحدّد بقياس الشق<sup>[26]</sup>.

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

- 1- يُعطي الربط المطاطي التقليدي احتكاكاً أكبر وبشكل هام إحصائياً من الربط المطاطي غير التقليدي والحاصرات ذاتية الربط، وذلك عند تطبيق سلك (Ni-Ti 0.018-in).
- 2- يمكن للربط المطاطي غير التقليدي أن يكون بديلاً جيداً للحاصرات ذاتية الربط وذلك عند الحاجة إلى التقليل من مقدار الاحتكاك.

## اعتماداً على نتائج البحث يمكن أن نوصي بما يلي:

- 1- يجب أن نأخذ بالحسبان قيم الاحتكاك السكوني لأنواع الربط هذه مع الأسلاك المضلعة ذات القياسات الكبيرة.
- 2- مع الأسلاك المدوّرة يكون من المفيد استخدام الحاصرات ذاتيّة الربط بنوعيتها أو استخدام مطّاط الربط غير التقليدي عندما يكون الاحتكاك الأقل مطلوباً بينما يمكن استخدام الربط المطّاطي التقليدي عندما يكون الاحتكاك الأكبر مطلوباً.
- 3- يمكن أن تُؤخذ الناحية الماديّة بالحسبان لتحديد استخدام الربط المطّاطي غير التقليدي مقابل استخدام الحاصرات ذاتيّة الربط.

## المراجع:

1. MANTEL, A. R. *Friction Testing of a New Ligature*. A Thesis Submitted to the Faculty of the Graduate School, Marquette University, in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science, 2011, 50-70.
2. WICHELHAUS, A; GESERICK, M; HIBST, R. *The Effect of Surface Treatment and Clinical Use on Friction in Ni-Ti Orthodontic Wires*. Dental Material, Vol. 21, No. 10, 2005, 938-945.
3. MCLAUGHLIN, R. P; BENNETT, J; TREVISI, H. J. *Systemized Orthodontic Treatment Mechanics*, Mosby Elsevier. 1<sup>st</sup> edition, 2000, 150-155.
4. BRAUCHLI, L. M; SENN, C; WICHELHAUS, A. *Active and Passive Self-Ligation—a Myth*. Angle Orthodontist, Vol. 81, 2011, 312-318.
5. SHROFF, B; LINDAUER, S. J. *Leveling and Aligning: Challenges and Solutions*. Seminars in Orthodontics, Vol. 7, No. 1, 2001, 16-25.
6. KHAMBAY. B; MILLETT. D; MCHUGH. S. *Evaluation of Methods of Arch-Wire Ligation on Frictional Resistance*. European Journal of Orthodontics, Vol. 26, No. 3, 2004, 327-332.
7. GRIFFITHS, H. S; SHERRIFF, M; IRELAND, A. J. *Resistance to Sliding with 3 Types of Elastomeric Modules*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics U.S.A, Vol. 127, 2005, 670-675.
8. PIZZONI, L; RAVNHOLT, G; MELSEN, B. *Frictional Forces Related to Self-Ligating Brackets*. European Journal of Orthodontics, Vol. 20, 1998, 283-291.
9. NANDA, R. S; TOSUN, Y. S. *Biomechanics in Orthodontics: Principles and Practice*, Quintessence Publishing Co, Inc, 2010, P. 71-81.
10. YEH, C. L; KUSNOTO, B; VIANA, G; EVANS, C. A; DRUMMOND, J. L. *In-vitro evaluation of frictional resistance between brackets with passive-ligation designs*. American Journal of Orthodontic and Dentofacial Orthopedics, Vol. 131, No. 6, 2007, 704.e11-704.e22.
11. MOORE, M. M; HARRINGTON. E; ROCK, W. P. *Factors Affecting Friction in the Pre-adjusted Brackets*, European Journal of Orthodontics, Vol. 26, No. 4, 2004, 579-583.
12. BRAGA, L. C; FILHO, M. V; VALDRIGHI, M. K; VEDOVELLO, A. S; CORRER, A. B. *Friction Force on Brackets Generated by Stainless Steel Wire and Superelastic Wires with and without IonGuard*. Dental Press Journal of Orthodontics, Vol.16, No. 4, 2011, 41-43.

13. BURROW, S. J. *Canine Retraction Rate with Self-Ligation Brackets vs. Conventional Edgewise Brackets*. Angle Orthodontist, Vol. 80, No. 3, 2010, 626-633.
14. NANDA, R. *Biomechanics in Clinical Orthodontics*, W. B. Saunders Company, 1997, 188-217.
15. TECCO, S; Di IORIO, D; CORDASCO, G; VERROCCHI, I; FESTA, F. *An in Vitro Investigation of the Influence of Self-Ligating Brackets, Low Friction Ligatures, and Arch-Wire on Frictional Resistance*. European Journal of Orthodontics, Vol. 29, No. 4, 2007, 390-397.
16. MAH, E. *Investigation of Frictional Resistance on Orthodontic Brackets when Subjected to Variable Moments*. Thesis submitted to the School Dentistry at West Virginia University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Orthodontics, 2002, 32.
17. HAMDAN, A; ROCK, P. *The Effect of Different Combinations of Tip and Torque on Arch-wire/Bracket Friction*. European Journal of Orthodontics, Vol. 30, 2008, 508-514.
18. CHIMENTI, C; FRANCHI, L; Di GIUSEPPE, M. G; LUCC, M. *Friction of Orthodontic Elastomeric Ligatures with Different Dimensions*. Angle Orthodontist, Vol. 75, No. 3, 2005, 421-425..
19. REDLICH, M; MAYER, Y; HARARIC, D; LEWINSTEIN, I, *In vitro Study of Frictional Forces during Sliding Mechanics of "Reduced-Friction" Brackets*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics U.S.A, Vol. 124, 2003, 69-73.
20. HAIN, M. DHOPATKAR, A; ROCK, P. *A Comparison of Different Ligation Methods on Friction*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Vol. 130, No. 5, 2006, 666-670.
21. KAPUR, R; SINHA, P. K; NANDA, R. S. *Comparison of Load Transmission and Bracket Deformation between Titanium and Stainless Steel Brackets*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Vol. 116, 1999, 275-278.
22. ROSSOUW, P. E; KAMELCHUK, L. S; KUSY, R. P. *A Fundamental Review of Variables Associated with Low Velocity Frictional Dynamics*. Seminars in Orthodontics, Vol. 9, No. 4, 2003, 223-235.
23. THOMAS, S; SHERRIFF, M; BIRINIE, D. *A Comparative in Vitro Study of the Frictional Characteristics of Two Types of Self-Ligation Brackets and Two Types of Pre-Adjusted Edgewise Brackets Tied with Elastomeric Ligatures*. European Journal of Orthodontics, Vol. 20, No. 5, 1998, 589-596.
24. IRELAND, A. J; SHERRIFF, M; MCDONALD, F. *Effect of Bracket and Wire Composition on Frictional Force*. European Journal of Orthodontics, Vol. 13, 1991, 322-328.
25. DAMON, D. H. *The Damon Low Friction Bracket: A Biologically Compatible Straight-Wire System*. Journal of Clinical Orthodontics, Vol. 32, 1998, 670-680.
26. PACHECO, M. R; OLIVERIRA, D. D; NETO, P. S; JANSEN, W. C. *Evaluation of Friction in Self-Ligation Brackets Subjected to Sliding Mechanics: An In Vitro Study*. Dental Press Journal of Orthodontics, Vol. 16, 2011, 107-115.
27. BACCETTU, T; FRANCHI, L. *Friction Produced by Types of Elastomeric Ligatures in Treatment Mechanics with the Pre-adjusted Appliance*. Angle Orthodontist, Vol. 76, No. 2, 2006, 211-216

28. THORSTENSON, G. A; KUSY, R. *Resistance to Sliding of Self-Ligation Brackets Versus Conventional Stainless Steel Twin Brackets with Second-Order Angulation in the Dry and Wet (Saliva) States*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Vol. 120, 2001, 361-370.
29. BUDD, S; DASKALOGIANNAKIS, J; TOPMPSON, B. D. *A Study of the Frictional Characteristics of Four Commercially Available Self-Ligation Bracket Systems*. European Journal of Orthodontics, Vol. 30, 2008, 645-653.
30. CACCIAFESTA, V; SFONDRINI, M. F; RICCIARDI, A; SCRIBANTE, A; CATHERINE, K; AURICCHIO, F. *Evaluation of Friction of Stainless Steel and Esthetic Self-Ligation Brackets in Various Bracket-Arch-Wire Combinations*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Vol. 124, 2003, 395-402.
31. HENAO. S; KUSY, R. *Evaluation of the Frictional Resistance of Conventional and Self-Ligation Bracket Designs Using Standardized Arch-Wires and Dental Typodonts*. Angle Orthodontist, Vol. 74, No. 2, 2004, 202-211.
32. THORSTENSON, G. KUSY, R. *Comparison of Resistance to Sliding between Different Self-Ligation Brackets with Second Order Angulation in the Dry and Saliva States*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Vol. 121, No. 5, 2002, 472-482.
33. المنجد، محمد قصي. دراسة وتقييم قوى الاحتكاك بين السلك التقويمي والحاصراتا لتجميلية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الصحية، المجلد الثلاثون، العدد الثاني، 2008، 51-60