



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
- MESTRADO



JAISSON CENCI

PROJEÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA NOVA LIGADURA ORTODÔNTICA –  
ANÁLISE DA FORÇA DE ATRITO

Cascavel

2019

JAISSON CENCI

Projeção e avaliação de uma nova ligadura ortodôntica – análise da força de atrito

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia

Área de concentração: Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Márcio José Mendonça

Co-orientador: Prof. Dr. Mauro Carlos A. Busato

Cascavel-PR  
2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Cenci, Jaisson

Projeção e avaliação de uma nova ligadura ortodôntica :  
Análise da força de atrito / Jaisson Cenci; orientador(a),  
Marcio José Mendonça; coorientador(a), Mauro Carlos Agner  
Busato, 2019.

29 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste  
do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências  
Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em  
Odontologia, 2019.

1. ortodontia. 2. atrito ortodôntico. 3. braquetes  
ortodônticos. 4. movimento dentário ortodôntico. I. Mendonça,  
Marcio José. II. Busato, Mauro Carlos Agner. III. Título.



**unioeste**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Cascavel CNPJ 78680337/0002-65  
Rua Universitária, 2069 - Jardim Universitário - Cx. P. 000711 - CEP 85819-110  
Fone:(45) 3220-3000 - Fax:(45) 3324-4566 - Cascavel - Paraná



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

## JAISSON CENCI

Projeção e avaliação de uma nova ligadura ortodôntica - análise da força de atrito

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Odontologia, linha de pesquisa Materiais Dentários Aplicados À Clínica Odontológica, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Marcio José Mendonça

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Veridiana Camilotti

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Ricardo Sampaio de Souza

Universidade Paranaense - UNIPAR (UNIPAR)

Cascavel, 21 de novembro de 2019

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo presente da vida.

A minha noiva Vanessa por ser uma inspiração, e pela incansável dedicação a nós.

Aos meus pais pelo apoio antes e durante o curso.

Ao meu fiel e melhor amigo, meu cão Dylan, pelos passeios diários que me ajudam a relaxar e refletir, além do companheirismo durante as longas horas de estudo.

Ao meu orientador Márcio, por todo conhecimento e amizade durante estes dois anos.

A Pontifícia Universidade Católica (PUC, Curitiba, Paraná, Brasil) onde foram executados os testes laboratoriais.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES; Brasília, Brasil) pelo suporte financeiro.

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar e comparar o atrito de diferentes modos de amarração utilizados na ortodontia, e propor um novo modelo de ligação para braquetes convencionais. **Materiais e Métodos:** Foram confeccionadas 105 amostras divididas aleatoriamente em 7 grupos experimentais (n = 15): H3D - Ligadura “H” em resina, projetada pelos autores do presente estudo e produzida em impressora 3D, com braquete convencional; HFM - Ligadura “H” em metal fundido, com braquete convencional; SLP - Braquete Autoligável Passivo; LT8 - Elástico não convencional de baixo atrito “8”, com braquete convencional; MLS - Ligadura metálica convencional frouxa, com braquete convencional; MLT - Ligadura metálica convencional apertada totalmente, com braquete convencional; CEL - Ligadura elástica convencional, com braquete convencional - grupo controle. Todas as amostras foram submetidas ao ensaio mecânico de atrito estático através da máquina universal de ensaios a fim de obter o valor de força máxima. Aplicou-se inicialmente o teste de *Shapiro Wilk* para avaliar o requisito de normalidade dos dados. Estes foram submetidos então, a Análise de Variância (ANOVA), *one way*, seguido do pós teste de *Tukey*,  $p < 0.05$ . **Resultados:** Os resultados obtidos mostraram menor valor de atrito para HFM (0.002 Kg/F), SLP (0.003 Kg/F), e LT8 (0.004 Kg/F) – estes não diferindo estatisticamente entre si. Seguidos pela H3D (0.020 Kg/F), MLS (0.049 Kg/F), CEL (0.12 Kg/F) e MLT (0.21 Kg/F). **Conclusões:** O menor valor de atrito foi encontrado para a ligadura H em metal, esta não diferindo estatisticamente com o braquete autoligável passivo.

**Palavras-chave:** Ortodontia, atrito ortodôntico, braquetes ortodônticos, movimento dentário ortodôntico.

## ***ABSTRACT***

**Aim:** To evaluate and compare the friction of different ligature modes used in orthodontics, and to propose a new ligature model for conventional brackets. **Materials and Methods:** Samples were randomly divided into 7 experimental groups: Resin H ligature (H3D), designed by the authors of this study and produced in a 3D printer, with conventional bracket; Metal H ligature (HFM), with conventional bracket; Passive self-ligating bracket (SLP); “8” low friction unconventional elastic (LT8), with conventional bracket; Loose conventional metal ligature (MLS), with conventional bracket; Conventional metal ligature fully tightened (MLT), with conventional bracket; Conventional elastic ligature (CEL), with conventional bracket – control. All samples were subjected to mechanical static friction testing using the EMIC DL 2000 universal testing machine to get the maximum force value. Shapiro Wilk test was used to assess the normality requirement. Then the data were submitted to Analysis of Variance (NOVA), one way, and Tukey’s post test. **Results:** The results obtained showed lower friction value for HFM (0.002 Kg/F), SLP (0.003 Kg/F), e LT8 (0.004 Kg/F) – these did not differ statistically from each other. Followed by H3D (0.020 Kg/F), MLS (0.049 Kg/F), CEL (0.12 Kg/F) e MLT (0.21 Kg/F). **Conclusions:** The lowest friction value was found for the H metal ligature, which did not differ statistically with the passive self-ligating bracket.

**Keywords:** Orthodontics, orthodontic friction, orthodontic brackets, orthodontic tooth movement.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Disposição e medidas da peça em formato “H” .....	11
Quadro 1 Distribuição dos grupos .....	12
Figura 2 Dispositivo de acrílico.....	13
Figura 3 Formato do fio utilizado no estudo .....	13
Figura 4 Dispositivo em "U" para padronização da colagem.....	14
Figura 5 Máquina Universal de Ensaio EMIC DL 2000 .....	16
Tabela 1 Valores médios e desvio-padrão dos grupos experimentais.....	17



Dissertação elaborada e formatada conforme  
as normas da publicação científica:

*The Korean Journal of Orthodontics*

Disponível em:

<https://e-kjo.org/index.php?body=instructions>

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	9
2. Metodologia.....	11
1 DESENHO DO ESTUDO.....	11
A CÁLCULO AMOSTRAL.....	11
B DESIGN DA LIGADURA PROPOSTA.....	11
C GRUPOS EXPERIMENTAIS.....	12
2 PREPARO DAS AMOSTRAS.....	12
A CONFECÇÃO DOS FIOS.....	13
B COLAGEM DOS BRAQUETES.....	14
C CONFECÇÃO DAS LIGADURAS METÁLICAS.....	14
D INSTALAÇÃO DAS LIGADURAS.....	15
3 ENSAIO DE TRAÇÃO.....	15
4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	16
3. Resultados.....	17
4. Discussão.....	18
5. Conclusão.....	21
6. Referências bibliográficas.....	22
7. Instruções para os autores do periódico <i>The Korean Journal of Orthodontics</i> .....	24

## 1. Introdução

O tratamento ortodôntico se baseia no movimento dentário e este é realizado pela aplicação de forças por meio de braquetes<sup>1</sup>. A ortodontia tradicional trabalha com a amarração de fios ortodônticos, os quais podem ser conectados ao slot dos braquetes convencionais através de diferentes métodos, resultando em diferentes forças liberadas para os dentes<sup>2</sup>. Para tanto, as formas mais tradicionais e comumente utilizadas para essas amarrações são: os amarrilhos metálicos e as ligaduras elastoméricas circulares<sup>1,2,3</sup>.

As ligaduras elastoméricas circulares têm se sobressaído entre grande parte dos ortodontistas por serem mais práticas e eficientes<sup>2</sup>. Esses modelos, também conhecidos como ligaduras convencionais, aplicam uma força que empurra o arco contra a base do *slot* do braquete, aumentando as forças de atrito<sup>4</sup>, dificultando a mecânica de deslize, reduzindo a velocidade de movimentação dentária no início do tratamento, além de dificultar o controle da ancoragem em mecânicas de tracionamento<sup>5,6</sup>. Ademais, do total das forças aplicadas para movimentação ortodôntica, 50% se dispersa apenas para superar o atrito no sistema<sup>7-9</sup>.

Nos últimos anos, por outro lado, a utilização de braquetes autoligáveis tem se popularizado<sup>10,11</sup>. Esse sistema foi desenvolvido em 1935, com o aparelho *Russel Lock*, e consiste em um braquete pré-ajustado que possui um dispositivo mecânico embutido, geralmente em sua face vestibular, que serve como uma tampa, ou trava de precisão para prender o fio ortodôntico ao slot, eliminando a necessidade do uso de ligaduras<sup>1,9,10</sup>. Este sistema acaba formando um túnel, e sem contato o fio pode deslizar livremente, diminuindo o atrito quando comparados aos modos tradicionais de amarração<sup>4,6,9,12-15</sup>.

Todavia, diversos trabalhos têm relatado que a diminuição do atrito, proporcionada pelos braquetes autoligáveis, é importante nos estágios iniciais, de nivelamento e alinhamento, bem como para o fechamento do espaço e em mecânicas de deslize<sup>4,15-19</sup>. Ao contrário, as etapas finais do tratamento exigem maior força de atrito, com o intuito de obter controle tridimensional da posição do dente<sup>5,14,16</sup>, uma vez que nesta etapa, os braquetes autoligáveis não apresentam um resultado satisfatório, os braquetes convencionais com amarração convencional parecem apresentar melhor controle tridimensional<sup>16</sup>. Outra desvantagem dos autoligáveis é o custo, visto que são sensivelmente mais caros que os convencionais<sup>6</sup>. Assim, o sistema ortodôntico ideal parece ser aquele em que se possa alternar os níveis de atrito, dependendo da fase do tratamento, sem a necessidade de troca dos braquetes ou aumento nos custos. Nesse sentido, foi desenvolvido pelos autores um novo *design* de ligadura a fim de cumprir simultaneamente os requisitos ideais de força de atrito nas diferentes fases do tratamento ortodôntico.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a força de atrito de um novo *design* de ligadura em comparação a diferentes modos de ligação disponíveis no mercado.

## 2. Metodologia

### 1. DESENHO DO ESTUDO

#### A. CALCULO AMOSTRAL

O cálculo amostral foi feito baseado em distribuições de probabilidades da família F, com delineamento de famílias repetidas, com interação dentro e entre os fatores. O tamanho do efeito utilizado foi de 0,15, erro tipo 1( $\alpha$ ) de 0,05, poder de análise de 0,95 garantiu um mínimo de unidades amostrais de 105 (corpos de prova), sendo 15 amostras por grupo experimental. O cálculo amostral foi realizado no programa *GPower* (versão 3.1.9.2- Universidade de *Düsseldorf, Düsseldorf* - Alemanha).

#### B. DESIGN DA LIGADURA PROPOSTA

As peças em formato “H”, desenvolvidas pelos autores, foram projetadas através de tentativa e erro, medindo-se um braquete convencional e confeccionadas do seguinte modo: A ligadura H3D foi fabricada em resina para impressão 3D (Resina DM-300; Markertech Labs, Tatuí, São Paulo, Brasil) através da impressora 3D B9Creator v1.2, B9Creations, *Rapid City, South Dakota, US*. E, para garantir a uniformidade do formato e das dimensões das ligaduras em H, a ligadura HFM foi fundida em metal (Liga de Ni-Cr para metalocerâmica *Fitcast-V*; Talmax, Curitiba, PR, Brasil), a partir de um molde de H3d, num laboratório de prótese. A disposição da peça, bem como as medidas do projeto estão ilustradas na figura 1.

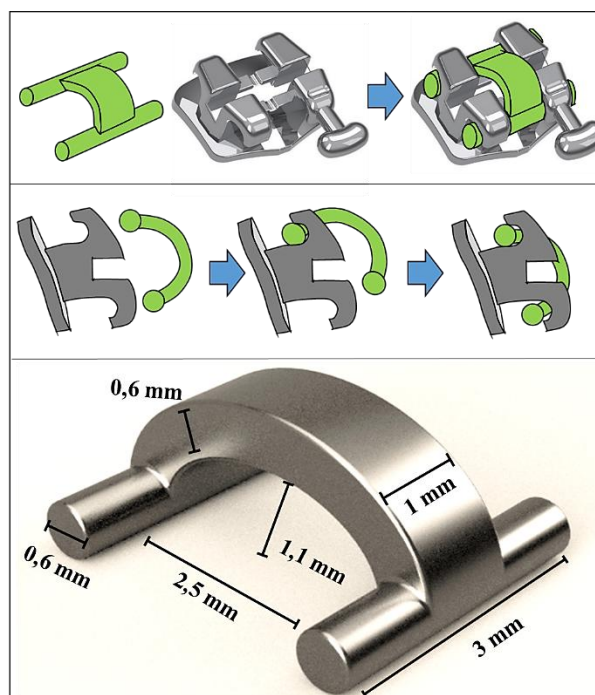


Figura 1 – Disposição e medidas da peça em formato “H”.

## C GRUPOS EXPERIMENTAIS

Foi avaliada força do atrito de sete tipos de ligaduras:

<b>Grupo</b>	<b>Descrição</b>
H3D	Ligadura em formato “H”, projetada pelos autores e produzida em impressora 3D, com braquete convencional metálico.
HFM	Ligadura em formato “H” em metal fundido, usinada em laboratório de prótese a partir da ligadura do grupo H3D, com braquete convencional metálico.
SLP	Modelo de braquete Autoligável Passivo (SLP - Autoligável Roth; Morelli <sup>®</sup> , São Paulo, Brasil).
LT8	Elástico de baixo atrito (Amarelo elástico em formato “8”; Tecnident <sup>®</sup> , São Carlos, São Paulo, Brasil), com braquete convencional metálico.
MLS	Ligadura metálica 0,010” (Fio para amarelo CrNi Redondo; Morelli <sup>®</sup> , São Paulo, SP, Brasil), amarração frouxa, com braquete convencional metálico.
MLT	Ligadura metálica 0,010” (Fio para amarelo CrNi Redondo; Morelli <sup>®</sup> , São Paulo, SP, Brasil), amarração total, com braquete convencional metálico.
CEL	Ligadura elástica circular (Elástico ligadura Bengalina; Morelli <sup>®</sup> , São Paulo, Brasil), com braquete convencional metálico: Grupo Controle.

Quadro 1 – Distribuição dos grupos.

## 2. PREPARO DAS AMOSTRAS

Para a realização dos testes utilizaram-se fios retangulares vareta de aço inoxidável do calibre 0,019” x 0,025” Dental Morelli<sup>®</sup>, São Paulo, SP, Brasil<sup>12-15,17,20</sup>, e braquetes metálicos do incisivo central superior esquerdo com canaleta 0,022” x 0,028”, prescrição Roth (angulação de 5° e torque de 12°) em todos os grupos, no modelo Light para os convencionais, e no modelo SLP (Autoligável Passivo Roth) para o autoligável passivo, ambos da empresa Dental Morelli<sup>®</sup>, São Paulo, SP, Brasil.

Para padronizar as amostras, todas foram preparadas pelo mesmo operador. Utilizou-se um dispositivo em acrílico retangular medindo 11 cm x 7 cm x 1 cm (AxLxP), no qual foram colados os braquetes exatamente no centro (Figura 2). Esse dispositivo foi preso na parte inferior da máquina universal de ensaios.

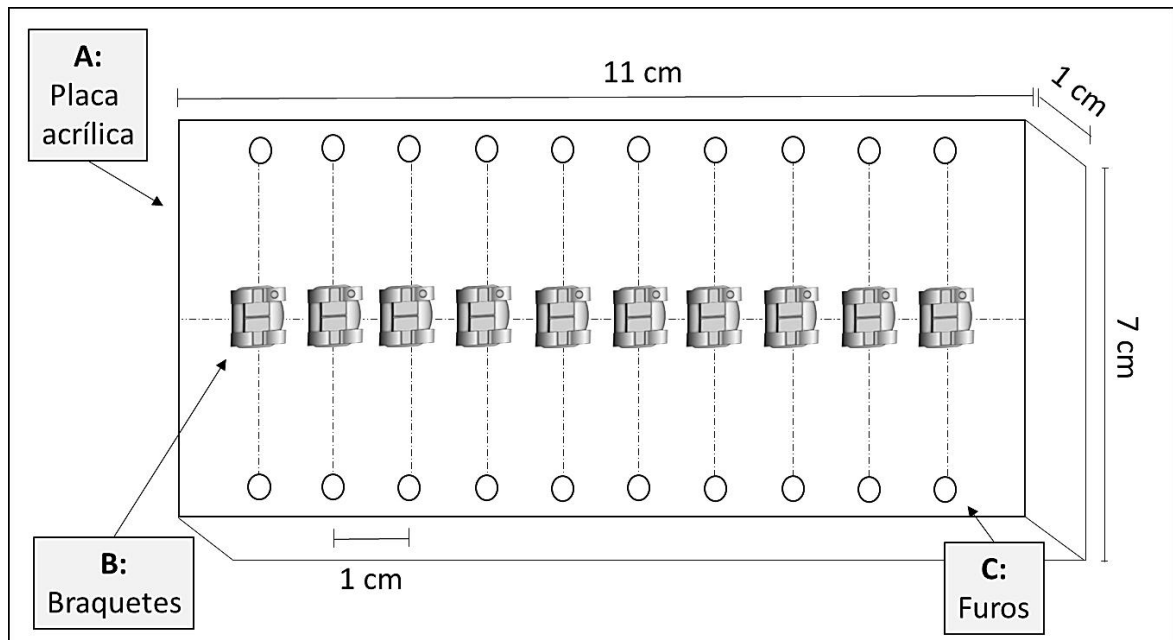


Figura 2 – A) Dispositivo de acrílico e suas respectivas medidas; B) Braquetes colados exatamente no centro; C) Perfurações na placa para calibração da colagem.

### A. CONFECÇÃO DOS FIOS

Os fios de aço foram confeccionados com um comprimento de 16 cm, e nos 3cm finais de um dos lados do fio, foram feitas duas dobras a fim de encaixá-lo firmemente na parte superior da máquina universal de ensaios (Figura 3).

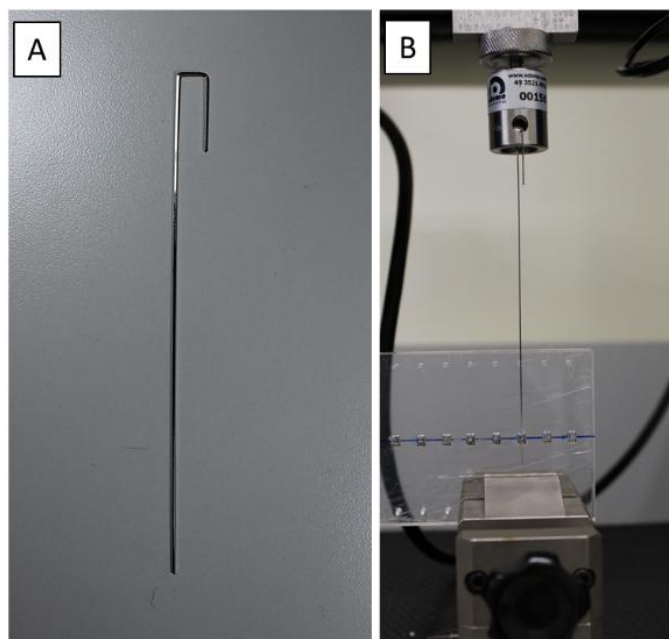


Figura 3 – A) Formato do fio utilizado no estudo; B) Fio preso na parte superior da máquina universal de ensaios.

## B. COLAGEM DOS BRAQUETES

Os braquetes e fios receberam limpeza com álcool etílico 70%<sup>5,12,14</sup> em movimento friccional por 10 segundos, com intuito de evitar a presença de qualquer material que pudesse interferir nos resultados.

A colagem dos braquetes foi realizada com cola instantânea à base de éster de cianoacrilato (Super Bonder, Loctite Henkel®, São Paulo, Brasi)<sup>2,5,12,13,21</sup>. Para padronização do posicionamento e da colagem, os braquetes foram posicionados paralelos a superfície da placa e colados exatamente no centro. Como guia para a colagem, confeccionou-se um dispositivo em fio de aço retangular 0,021” x 0,025” em formato de “U”, que foi colocado na canaleta do braquete e suas extremidades foram encaixadas nos furos da placa<sup>5</sup>, a fim de deixar o ângulo de entrada do fio igual a zero (Figura 4).

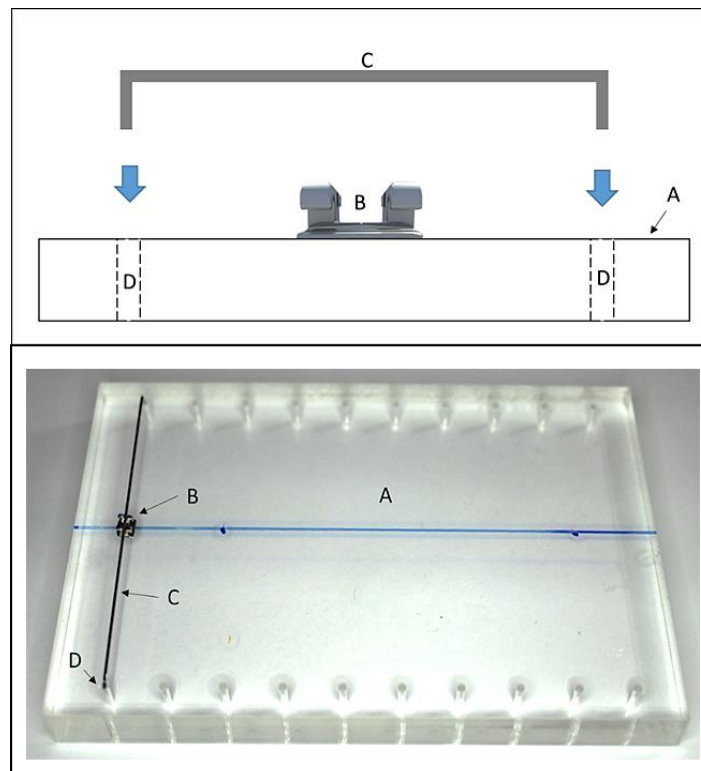


Figura 4 – A) Dispositivo de acrílico para colagem dos braquetes; B) Braquete colado no centro; C) Dispositivo em fio de aço 0,021” x 0,025” em formato de “U”; D) Furos para a inserção do dispositivo em “U” e calibração da colagem do braquete na placa.

## C. CONFECÇÃO DAS LIGADURAS METÁLICAS

Para a confecção das ligaduras metálicas, utilizou-se segmentos de fio de amarrilho de calibre 0,010” (Fio para amarrilho CrNi Redondo; Morelli®, São Paulo, SP, Brasil)<sup>13</sup>, de 4 cm de comprimento. Para padronizar o formato, os amarrilhos foram confeccionados utilizando-se um alicate formador de amarrilho número 158 (Alicate Ortodôntico 158 Formador de



Amarelo; Ice, Cajamar, SP, Brasil). Este mesmo padrão de amarelos foi utilizado para os grupos MLS e MLT.

#### **D. INSTALAÇÃO DAS LIGADURAS**

A fim de padronizar os ensaios, todas as ligaduras, de todos os grupos, foram trocadas após cada teste, com exceção do braquete autoligável, neste, o clipe do braquete foi aberto, com uma sonda clínica, e fechado, com uma pinça clínica, após cada teste<sup>21</sup>. Um intervalo de 3 minutos entre cada teste foi estabelecido a fim de liberar as tensões iniciais da ligadura<sup>14,22</sup>.

As ligaduras “H” foram instaladas manualmente e depois apertadas no sentido inciso-cervical do braquete com uma pinça Mathieu (Pinça Mathieu; Quinelato<sup>®</sup>, Rio Claro, SP, Brasil) para HFM, e com pressão digital para H3D. A mesma pinça Mathieu foi utilizada para instalar as ligaduras elásticas de baixo atrito (LT8). Já as ligaduras elásticas convencionais, foram instaladas com um instrumento aplicador de amarelo elástico da Dental Morelli<sup>®</sup>, São Paulo, SP, Brasil.

As ligaduras metálicas foram instaladas com a pinça Mathieu, girando-se a mesma no sentido horário, diferindo apenas o número de voltas (torções) realizadas. Primeiramente foi definido o número de voltas para o grupo MLT, que é o grupo em que o amarelo foi apertado completamente, e para isso foram necessárias 10 voltas completas. Para o grupo MLS convencionou-se 6 voltas completas para que o amarelo ficasse um pouco frouxo e permitisse que o fio tivesse mais liberdade de movimentação<sup>22,23</sup>.

### **3. ENSAIO DE TRAÇÃO**

Para simulação da mecânica de deslizamento, foi utilizado o teste de tração estática em linha reta, com o braquete permanecendo em repouso em relação à sua base e com o fio deslizando ao longo da canaleta<sup>5,9,12,13,15</sup>.

Com o intuito de avaliar a força de atrito nos sistemas estudados, utilizou-se a máquina universal de ensaios EMIC DL 2000 (EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda<sup>®</sup>, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) (Figura 5), afim de registrar a força máxima de cada conjunto<sup>13,14,24</sup>. Utilizou-se célula de carga de 5N<sup>5,7</sup> com velocidade de 3mm/min<sup>14,24</sup> por 2 minutos<sup>14</sup>. Cada braquete foi testado 5 vezes<sup>5,21</sup> afim de encontrar um valor médio para cada braquete e, a partir disso, uma média para cada grupo. Os resultados obtidos foram transmitidos para o computador ligado à máquina de ensaio e registrados no *software Tesc*<sup>®</sup> (*Tesc; Intermetric, Mogi das Cruzes, SP, Brasil*).



Figura 5 – Máquina de ensaios universal EMIC DL 2000 pertencente ao Laboratório da Pontifícia Universidade Católica (PUC, Curitiba, Paraná).

#### 4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados foi realizada através do *software Bioestat*<sup>®</sup> 5.3 (Instituto de Desenvolvimento Sustentável *Mamirauá*, Tefé, Amazonas, Brasil). Inicialmente os dados foram avaliados quanto ao requisito de distribuição normal, através do teste de *Shapiro Wilk*. A partir da análise deste pré-requisito, foram realizados testes estatísticos com objetivo de avaliar a existência de diferenças estatisticamente significante entre os grupos através do teste de Análise de Variância (ANOVA), *one way*, seguido do pós teste de *Tukey*,  $p < 0,05$ .

### 3. Resultados

Os valores médios seguidos dos respectivos desvios padrão de atrito dos diferentes modos de ligação, são apresentados na Tabela 1.

<b>Grupos</b>	<b>HFM</b>	<b>SLP</b>	<b>LT8</b>	<b>H3D</b>	<b>MLS</b>	<b>CEL</b>	<b>MLT</b>
Média e desvio padrão	0,002 (±0,00)	0,003 (±0,01)	0,004 (±0,01)	0,020 (±0,05)	0,049 (±0,11)	0,12 (±0,08)	0,21 (±0,12)
Inferência estatística	A	A	A	B	C	D	E

Letras diferentes significam diferenças estatisticamente significantes,  $p < 0,05$ .

Braquete convencional com ligadura elástica convencional (CEL), braquete convencional com ligadura elástica de baixo atrito (LT8), braquete convencional com ligaduras em formato H (HFM e H3D), braquete autoligável passivo (SLP), e braquete convencional com ligadura metálica (MLS e MLT).

Tabela 1 - Valores médios e desvio-padrão dos grupos experimentais (Kg/F)

Comparando-se os diferentes modos de ligação, três grupos (HFM, SLP e LT8) não apresentaram diferença estatística significativa entre si, obtendo o menor valor de atrito entre todos os grupos. De modo que, a ligadura HFM apresentou resultados similares ao SLP, e menor atrito quando comparada aos grupos H3D, MLS, CEL (controle) e MLT. O grupo MLT apresentou estatisticamente o maior valor de atrito dentre todos os grupos estudados.

#### 4. Discussão

Um dos princípios básicos da Ortodontia é a movimentação dentária, esta exige um cuidado especial e para isso são indicadas forças leves e contínuas. Os principais fatores que influenciam a força liberada para os dentes pelo complexo braquete/fio são o calibre do fio, a quantidade de deflexão, o método de ligadura e as forças de atrito<sup>9,17,20,25</sup>. A força de atrito em ortodontia é influenciada por fatores como o material utilizado, o tamanho do arco e os métodos de ligação<sup>3,6,19</sup>. O presente estudo avaliou a força de atrito de uma ligadura projetada pelos autores (ligadura H), com dois materiais distintos, em comparação a diferentes modos de ligação disponíveis.

Define-se atrito como uma força tangencial que resiste à movimentação de uma superfície contra outra, que age em direção oposta ao movimento ou tendência à movimentação desejada<sup>3,5,12,15,18,20,26,27</sup>. Embora o atrito não seja o único fator determinante para a eficiência do tratamento, ele é crucial quando utilizado corretamente e, ao mesmo tempo, associado às forças dissipadas pelos arcos<sup>17,22,28</sup>.

A metodologia de tracionamento vertical, em linha reta, de fios ortodônticos ligados a braquetes por diversos modelos de ligadura é comumente utilizada para comparar a força de atrito em diferentes sistemas ortodônticos<sup>5,9,12,13,15</sup>. O emprego da máquina universal de ensaios, também está fundamentada pela literatura, visto que são diversos os trabalhos que avaliam o atrito em ortodontia utilizando esse modelo de teste<sup>5,12-15,20,21,28</sup>.

Os fios de liga de níquel titânio (NiTi), termo ativados de baixo calibre, são os mais indicados para utilização juntamente ao braquete/ligadura de baixo atrito, nas etapas iniciais do tratamento ortodôntico, pois possuem memória de forma e permitem a liberação de forças contínuas sem necessidade de ativações freqüentes<sup>22,29</sup>. Porém, os fios de aço inoxidável ainda são amplamente utilizados e podem ser indicados, por exemplo, para mecânicas de tracionamento e deslize<sup>15,20,21,28</sup>. Por isso a utilização, nesta pesquisa, dos fios de aço inoxidável de calibre 0,019" x 0,025"<sup>12-15,17,20</sup>.

As ligaduras de primeira escolha, atualmente, são elásticas convencionais, ou ligaduras "bengalinha"<sup>2,15</sup>. Neste estudo, ao se comparar o atrito de HFM com CEL, encontrou-se significativa diferença estatística entre esses, sendo que HFM mostrou os menores valores. A desvantagem em relação a CEL é o tempo de trabalho maior para a ligadura H, para a inserção e remoção deste. Já a comparação estatística de HFM com os amarrilhos metálicos, revelou maiores valores para MLT seguido de MLS. Tais resultados, também, se devem às diferenças nos protocolos para instalação dos amarrilhos metálicos que não são padronizados<sup>2,12,15,22</sup>. Isto pode ser verificado numa pesquisa em que o amarrilho foi

apertado completamente no braquete, e em seguida desenrolado por 3 voltas completas, deixando a ligadura frouxa para o fio deslizar mais facilmente, resultando em baixos níveis de atrito<sup>23</sup>. Outro estudo mostrou que, assim como os nossos resultados, quando o amarrilho é apertado completamente ao braquete, o atrito tende a ser mais elevado até mesmo que das ligaduras elastoméricas convencionais<sup>17</sup>.

Já os braquetes autoligáveis possuem padronização na instalação do fio, são de fácil manuseio<sup>1,5,9,10</sup>, além de diminuir o atrito quando comparados às formas tradicionais de ligação<sup>5,12-15,25</sup>. Este fato pode ser confirmado no presente estudo, pois SLP apresentou estatisticamente menor atrito tanto em comparação as ligaduras elásticas convencionais, quanto aos amarrilhos metálicos. O SLP apresentou resultados similares à HFM, porém apresenta vantagens como promover atendimentos mais rápidos e práticos, uma vez que não necessita da troca de ligaduras<sup>13,14</sup>. Nesse sentido, o SLP possui facilidade de manuseio superior às ligaduras H. Entretanto, a vantagem mais evidente de HFM em relação ao SLP, está no fato de poder ser instalada em qualquer fase do tratamento, principalmente quando é exigido baixo atrito. A ligadura “H” também pode ser removida quando maior atrito é necessário, utilizando-se outro modo de ligação que promova este efeito, como por exemplo, as ligaduras elastoméricas tradicionais. Outra utilidade seria para mecânicas de tracionamento da bateria anterior, nas quais a ligadura poderia ser utilizada apenas na região posterior, a fim de diminuir o atrito, enquanto que, na região anterior, utilizar-se-ia as formas convencionais de amarração.

As ligaduras elastoméricas de baixo atrito são uma alternativa aos autoligáveis. Neste estudo, utilizou-se a ligadura elastomérica não convencional com desenho em “8” (Ligadura em 8; *Tecnident*<sup>®</sup> Equipamentos Ortodônticos Ltda, São Carlos, SP, Brasil), cujos estudos demonstram grande similaridade com os autoligáveis, ambos mostrando baixo atrito<sup>10,15</sup>. Os resultados encontrados neste trabalho demonstraram similaridade estatística da LT8, SLP e HFM. Apesar do tempo necessário para instalação e remoção da LT8 ser mais longo, em comparação aos cliques autoligáveis, sua remoção foi mais fácil e rápida que HFM.

A ligadura H em resina (H3D) apresentou valores intermediários de força de atrito, resultando estatisticamente menor atrito que os grupos de ligaduras convencionais (MLS, MLT e CEL), e maior atrito que a sua versão em metal (HFM), assim como dos grupos LT8 e SLP. Esses resultados mostram que a H3D não alcançou níveis de atrito suficientemente baixos para ter o mesmo efeito que os autoligáveis, como, por exemplo, para dissolver apinhamentos ou em mecânicas de deslize<sup>4,15-19</sup>; mas que, também, não prende o fio suficientemente no *slot* do braquete para obter um bom controle tridimensional, como é

conseguido com ligaduras convencionais<sup>16</sup>. Somando-se a isso, a fragilidade do material e a dificuldade de manuseio da mesma, constata-se que a ligadura H em resina se mostra inadequada para uso clínico.

O desenvolvimento da ligadura H proposta, buscou proporcionar forças de atrito próximas às encontradas com os braquetes autoligáveis, com objetivo de que, clinicamente, se obtenha benefícios similares. Nesse sentido, a ligadura H em metal mostrou eficácia, revelando-se um novo e promissor dispositivo que pode ser utilizado em situações que o profissional necessite diminuir drasticamente o atrito em aparelhos convencionais, proporcionando, ainda, a possibilidade da troca por outros tipos de ligadura, assim que se fizer necessário. Desta forma, o ortodontista terá a possibilidade de personalizar a força de atrito causada, para cada caso especificamente.

As limitações observadas neste estudo referem-se aos materiais utilizados para confecção das ligaduras propostas, já que a versão plástica (H3D) mostrou-se muito frágil, o que inviabiliza seu uso clínico; enquanto a versão metálica (HFM) é funcional e resistente, mas de difícil remoção. Em consequência disso, para ser utilizada ou mesmo avaliada *in vivo*, são necessários novos experimentos a fim de selecionar o material ideal, com adequada resiliência e elasticidade, de modo similar à encontrada em materiais elastoméricos e nas ligas de níquel titânio.

## **5. Conclusão**

1) O menor valor de atrito foi encontrado para a ligadura H em metal, de forma semelhante as SLP e LT8.

2) A ligadura H3D apresentou valores intermediários de força de atrito em relação aos demais grupos avaliados.

3) A maior força de atrito foi observada no grupo MLT.

## 6. Referências bibliográficas

1. Lee SM, Hwang CJ. A comparative study of frictional force in self-ligating brackets according to the bracket-archwire angulation, bracket material, and wire type. *Korean J Orthod.* 2015;45(1):13-19.
2. Henriques JFC, Higa RH, Semenara NT, Janson G, Fernandes TMF, Sathler R. Evaluation of deflection forces of orthodontic wires with diferente ligation types. *Brazilian Oral Research, São Paulo.* 2017;31(49):1-7.
3. Cordasco G, Farronato G, Festa F, Nucera R, Parazzoli E, Grossi GB. In vitro evaluation of the frictional forces between brackets and archwire with three passive self-ligating brackets. *European Journal of Orthodontics.* 2009;31(6):643–646.
4. Montasser MA, El-Bialy T, Keilig L, Reimann S, Jäger A, Bourauel C. Force loss in archwire-guided tooth movement of conventional and self-ligating brackets. *European Journal of Orthodontics.* 2014;36(1):31–38.
5. Pacheco MR, Oliveira DD, Neto PS, Jansen WC. Evaluation of friction in self-ligating brackets subjected to sliding mechanics: an in vitro study. *Dental Press Journal of Orthodontics, Maringá.* 2011;16(1):107-15.
6. O'Dwyer L, Littlewoodb SJ, Rahmanc S, Spencerd RJ, Barbere SK, Russellf JS. A multi-center randomized controlled trial to compare a self-ligating bracket with a conventional bracket in a UK population: Part 1: Treatment efficiency. *The Angle Orthodontist.* 2016;86(1):142-148.
7. Huang T, Luk HS, Hsu YC, Kao CT. An in vitro comparison of the frictional forces between archwires and self-ligating brackets of passive and active types. *European Journal of Orthodontics.* 2012;34(5):625–632.
8. Wahab RMA, Idris H, Yacob H, Ariffin SHZ. Comparison of self- and conventional-ligating brackets in the alignment stage. *European Journal of Orthodontics.* 2012;34(2):176–181.
9. Araújo RC, Bichara LM, Araújo AM, Normando D. Debris and friction of self-ligating and conventional orthodontic brackets after clinical use. *The Angle Orthodontist.* 2015;85(4):673-677.
10. Gandini P, Orsib L, Bertonicinic C, Massironid S, Lorenzo F. Frictional forces generated by three different ligation methods. *Angle Orthod.* 2008;78(5):917-21.
11. Lineberger MB, Franchi L, Cevidanes LHS, Ghislanzoni LTH, McNamara JA. Three-dimensional digital cast analysis of the effects produced by a passive self-ligating system. *European Journal of Orthodontics.* 2016;38(6):609–614.
12. Kumar S, Singh S, Hamsa R, Ahmed S, Pransanthma P, Bhatnagar A, Sidhu M, Shetty P. Evaluation of Friction in Orthodontics Using Various Brackets and Archwire Combinations-An in Vitro Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research, Delhi.* 2014;8(5):33-36.
13. Leite VV, Lopes MB, Gonini-Junior A, Almeida MR, Moura SK, Almeida RR. Comparison of frictional resistance between self-ligating and conventional brackets tied with elastomeric and metal ligature in orthodontic archwires. *Dental Press Journal of Orthodontics, Maringá.* 2014;3:114-9.
14. Monteiro MRG, Silva LE, Elias CN, Vilella OV. Frictional resistance of self-ligating versus conventional brackets in different bracketarchwire-angle combinations. *Journal of Applied Oral Science, Bauru.* 2014;22(3):228-34.
15. Geremia JR, Oliveira PS, Motta RHL. Comparison of friction among self-ligating brackets and conventional brackets with different ligatures. *OrthoScience, São José dos Pinhás.* 2015;8(29):30-37.



16. McLaughlin RP, Bennett JC. Evolution of treatment mechanics and contemporary appliance design in orthodontics: A 40-year perspective. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2015;147(6):654–662.
17. Natt AS, Sekhon AK, Munjal S, Duggal R, Holla A, Gupta P, Gandhi P, Sarin S. A Comparative Evaluation of Static Frictional Resistance Using Various Methods of Ligation at Different Time Intervals: An In Vitro Study. *International Journal of Dentistry, London*. 2015;2015:1-7.
18. Rudge P, Sherriff M, Bister D. A comparison of roughness parameters and friction coefficients of aesthetic archwires. *European Journal of Orthodontics*. 2015;37(1):49–55.
19. Kim D, Lim BS, Baek SH. Frictional property comparisons of conventional and self-ligating lingual brackets according to tooth displacement during initial leveling and alignment: an in vitro mechanical study. *Korean J Orthod*. 2016;46(2):87-95.
20. Pasha A, Vishwakarma S, Narayan A, Vinay K, Shetty SV, Roy PP. Comparison of Frictional Forces Generated by a New Ceramic Bracket with the Conventional Brackets using Unconventional and Conventional Ligation System and the Self-ligating Brackets: An In Vitro Study. *Journal of International Oral Health, Ahmedabad*. 2015;7(9):108-113.
21. Pereira GO, Gimenez CMM, Prieto L, Prieto MGL, Basting RT. Influence of ligation method on friction resistance of lingual brackets with different second-order angulations: an in vitro study. *Dental Press J Orthod, Maringá*. 2016;21(4):34-40.
22. Higa RH, Henriques JFC, Janson G, Matias M, Freitas KMS, Henriques FP, Francisconi MF. Force level of small diameter nickeltitanium orthodontic wires ligated with different methods. *Progress in Orthodontics, London*. 2017;18(21): 1-7.
23. Rajendran S, Paulraj J, Rengan P, Jeyasundari J, Manivannan M. Corrosion behaviour of metals in artificial saliva in presence of spirulina poder. *Journal of Dentistry and Oral Hygiene, Victoria Island, Nigeria*. 2009;1(1):1–8.
24. Bandeira AMB, Santos MPA, Pulitini G, Elias CN, Costa MF. Influence of thermal or chemical degradation on the frictional force of an experimental coated NiTi wire. *The Angle Orthodontist*. 2011;81(3):484-489.
25. Chen H, Han B, Xu T. Effect of different combinations of bracket, archwire and ligature on resistance to sliding and axial rotational control during the first stage of orthodontic treatment: An in-vitro study. *Korean J Orthod*. 2019;49(1):21-31.
26. Tageldin H, Llano-Pérula MC, Thevissen P, Celis JP, Willems G. Quantifying Resistance to Sliding in Orthodontics: A Systematic Review. *British Journal of Medicine & Medical Research, London*. 2016;17(2):1-30.
27. Savoldi F, Papoutsi A, Dianiskova S, Dalessandri D, Bonetti S, Tsoi JKH, Matinlinna JP, Paganelli C. Resistance to sliding in orthodontics: misconception or method error? A systematic review and a proposal of a test protocol. *Korean J Orthod*. 2018;48(4):268-280.
28. Zhang H, Guo S, Wang D, Zhou T, Wang L, Ma J. Effects of nanostructured, diamondlike, carbon coating and nitrocarburizing on the frictional properties and biocompatibility of orthodontic stainless steel wires. *The Angle Orthodontist* 2016;86(5):782-788.
29. Takada M, Nakajima A, Kuroda S, Horiuchi S, Shimizu N, Tanaka E. In vitro evaluation of frictional force of a novel elastic bendable orthodontic wire. *The Angle Orthodontist*. 2018;88(5):602-610.

## **7. Instruções para os autores do periódico**

### **The Korean Journal of Orthodontics - Informations to Authors**

#### **SUBMISSION OF MANUSCRIPTS**

Manuscripts for publication and correspondence relating to them should be submitted via Online Manuscript Submission System (Online Submission) in the KJO website (<http://www.e-kjo.org>). As for word-processing programs, MS Word file is the only accepted format of documents. MS Word default typeface and type size are recommended. For further procedures regarding web-based submission, follow the instruction given in the web page. Following is the contact information for your reference.

**Hyung-Seon Baik, DDS, MSD, PhD,**

**Editor-in-Chief**

The Korean Journal of Orthodontics

604 Trapalace II, 1327,

Seocho-Dong, Seocho-Gu, Seoul 137-070, Korea

Telephone: +82-2-464-9153

Fax: +82-2-464-9154

E-mail: [office@e-kjo.org](mailto:office@e-kjo.org)

<http://www.e-kjo.org>

#### **GENERAL INFORMATION**

The Korean Journal of Orthodontics consists of original research, clinical articles, reviews, case reports, and other materials on orthodontic and related subjects.

Submitted manuscripts must be original, and not published or under consideration elsewhere.

Manuscripts are subject to editorial revision. Authors should follow the guidelines below.

Comments and opinions stated in the articles and communications herein are those of the author(s) and not necessarily those of the editor(s) or publisher, and the editor(s) and publisher declines any responsibility or liability for such contents. Neither the editor(s) nor the publisher guarantees, warrants, or endorses any product or service advertised in this publication; neither do they guarantee any claim made by the manufacturer of such product or

service. For the policies on the research and publication ethics not stated in this instruction, 'Good Publication Practice Guidelines for Medical Journals ([http://kamje.or.kr/publishing\\_ethics.html](http://kamje.or.kr/publishing_ethics.html))' or 'Guidelines on good publication (<http://www.publicationethics.org.uk/guidelines>)' can be applied. Each reader must determine whether to act on the information contained in the publication, and neither the Journal nor its sponsoring organizations shall be liable for any injury due to the publication of erroneous information.

## **GUIDELINES FOR ORIGINAL ARTICLES**

***Organize your manuscript as follows:*** The body of the text, excluding the abstract, references, tables, and illustrations, should not exceed 3,500 words in length for research articles, and 3,000 words for clinical articles and 1500 words for brief reports. Remove all evidence of authorship in order to expedite the review process.

***Abstract.*** A structured abstract of 250 words or less is preferred. Briefly state the purpose of the study, methods, primary results, principal conclusions and any clinical implications. Select up to four keywords that best describe the content of the study from the Keywords List in the KJO online submission system. Provide them at the bottom of the abstract. For a smooth operation of Keyword Search function of the web page, random creation of keyword by author is not permitted.

***Introduction.*** State the objective and the background of the study. Author may refer to literature, but excessive review is strongly discouraged.

***Material and Methods.*** Describe the experimental design procedures and material/subjects used. Give the details only if the methods are original or essential for understanding; otherwise, give references. Also in this section, clearly state the information on IRB approval status including the identity of the board and its review number even for those exempted.

***Results.*** Present essential results with a minimum of discussion. Use tables, charts, and photographs to clarify the findings. State the statistical data properly. All measurements should be expressed in metric units, or metric equivalents may appear in parentheses after the original measurements.

***Discussion.*** Indicate the significance of the data and the limitations. Interpretation of the results should be clearly explained. Do not repeat the contents of introduction in this section. It should not exceed one half of the entire articles length. Speculate the findings in light of other reports, including opposing views in order to limit bias. Extensions of the study may be suggested in the last paragraph.

**Conclusion.** Briefly state a clear conclusion of the study. Do not repeat the Results in this section.

**References.** Cite references selectively up to 30 citations, and number them consecutively in the order in which they are cited in the text. Assess the completeness of references. Follow the format for references in "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals" (Ann Intern Med 1997;126:36-47); <http://www.icmje.org>. The titles of journals should be abbreviated according to the style used in Index Medicus. Ensure the references are presented in the proper style and format.

**Legends for Illustrations.** Legends should be written in English on a separate page. When symbols, arrows, numbers, or letters are used to identify parts of the illustrations, identify and explain each one clearly in the legend. If a figure has been previously published, the legend should fully acknowledge the original source. Ensure all the figures have been mentioned sequentially in the text.

**Tables.** Do not embed tables in the body of the text. Number tables consecutively in the order in which they are cited in the text and provide a brief title for each. Be sure that each table is cited in the text. Explain in footnotes all nonstandard abbreviations. If a table has been previously published, include a footnote giving full acknowledgement to the original source. Tables included should not exceed a total of number of 7.

**Illustrations.** Letters, numbers and symbols should be clear, even, and proportional to the figures throughout. Do not embed illustrations in the body of the text, but indicate the location of the illustrations within the text. Images are preferred to be in JPG or TIFF format. Ensure the figures will still be legible in case they are reduced for publication. Photographic images should be submitted as high resolution JPG or TIFF file. Disqualified images may affect the editorial decision upon acceptance, or may cause a delay of publication. It is author's responsibility to provide color figures when requested by KJO editors for reviews as well as for publication.

**Rights, permissions and patient consent.** Illustrations or tables that have previously appeared in copyrighted material must be accompanied by written permission for their use from the copyright holder and original author, and the legend must properly acknowledge the original source. Photographs of patients or human subjects should be accompanied by written informed consent for publication signed by the person (or parent or guardian of minors). Each statement must be on a separate page, including the manuscript title and all authors' names. Informed consent forms, available for download in the online submission system, should be signed by the patients (or parent or guardian of minors), scanned digitally, and then uploaded

at the time of manuscript submission. This step is strictly required for submission of all case reports.

**Copyright release.** All manuscripts must be accompanied by the Copyright Release Form signed by one of the authors acting on behalf of all of the authors: "The undersigned author agrees to transfer all copyright ownership of the manuscript [title of the article] to the Korean Association of Orthodontists in case of publication. The undersigned author warrants that the manuscript is original, has not been published or under consideration elsewhere, and does not infringe any copyright of any third party." Download the Copyright Release Form from the Online Submission System. Once the form is signed by one of the authors, it should be scanned digitally and uploaded in the designated copyright transfer section of the Checklist page during manuscript submission.

**Conflict of interest statement.** Authors should report all financial and personal relationships that could be viewed as presenting a potential conflict of interest. Such information will be confidential, and will not be available to reviewers. If the manuscript is accepted and published, the information will be disclosed with the article. Guest editorials, review articles, and communications should not imply any conflict of interest.

Once the Conflict of Interest Statement Form is downloaded from the website, fill out the document with the corresponding author's signature, then scan and upload the completed form on the Checklist page during manuscript submission.

## **OTHER ARTICLES AND SUBMISSIONS**

As a general rule, follow the guidelines above, with the following characteristics and/or modification.

Case Report should present a clinical case of general interest accompanied by high-quality records of case information. Inclusion of the following sections in the manuscript is preferred: introduction; diagnosis and etiology; treatment objectives; treatment alternatives; treatment progress; results; discussion; and conclusion.

Brief Report should present an original manuscript of scientific results characterized by an early stage, a small scale in design, or a new innovative orthodontic treatment technique. This format of report may include preliminary findings from pilot data. The submission in this category should include an abstract under 150 words, a main body of the report under 1,500 words, and references with the limitations of no more than 4 tables or figures combined.

Review Article should focus on a specific topic related to orthodontic and related subjects. Personal opinion should not be presented; conclusion should be drawn strictly from the review process.

Readers Forum welcomes questions and commentaries that stimulate healthy discussion on orthodontic and related subjects. Please submit a signed copyright release together.

### **PEER REVIEW PROCESS**

Manuscript will be pre-reviewed by KJO editors in order to examine its format and scope. Also, KJO biostatisticians will examine statistics used in the study, and may require modification, if necessary. Manuscript will then be peer-reviewed by three experts in the field. Editorial decision such as acceptance, rejection, or request for revision will be notified to the corresponding author.

### **OTHER INFORMATIONS**

**Subscription.** The subscription is free for the members of the Korean Association of the Orthodontists. The 1 year (6 issues) shipping and handling rates are 200 USD for international subscribers.

To subscribe the print versions of the Korean Journal of Orthodontics, please contact the editorial office by E-mail ([office@e-kjo.org](mailto:office@e-kjo.org)).

**Article-processing Charge.** We would like to inform you that no submission fees are charged to the authors. However, the publication fee will be charged to all corresponding authors regardless of the the manuscript being a study or a case report.

The fees are charged according to the number and the color of the pages to be published and the designated fees are Korean Won (KRW) 15,000 per non-colored page and KRW 65,000 per colored page.

**Author's Checklist.** The following checklist is intended to help you prepare a complete submission for the Korean Journal of Orthodontics. We strongly encourage you to use this form and confirm whether your submission is prepared and organized according to the KJO policy.

1. English text has been proofread. Microsoft Word program was used for the manuscript.
2. All evidence of authorship was removed from the text including abstract, methods, discussion and references.
3. For the "Case report", author must upload "informed patient consent form" to the "KJO e-submission system".

4. Abstract was structured and with 250 words or less.
5. The body of the text, excluding the abstract, references, tables, and illustrations, should not exceed 3,500 words in length for research articles, and 3,000 words for clinical articles.
6. Cite references selectively up to 30 citations. Superscripts of the references followed the format suggested by the KJO.
7. Overall, tables were presented in the proper format suggested by the KJO. (for more details, authors may refer to the most recent issue of the KJO)
8. Images were with high resolution of minimum 300 dpi, 3 mega pixels and were in JPG, GIF, or PPT format.

**Copyright.** All authors of manuscripts must sign a copyright releasing form and submit it to <http://submit.e-kjo.org/thesis>.