

A força de atrito em braquetes plásticos e de aço inoxidável com a utilização de quatro diferentes tipos de amarração*

Vanessa Nínia Correia Lima**, Maria Elisa Rodrigues Coimbra***, Carla D'Agostini Derech****, Antônio Carlos de Oliveira Ruellas*****

Resumo

Objetivo: a finalidade deste estudo *in vitro* foi avaliar e comparar a resistência friccional em braquetes de aço inoxidável e de policarbonato compósito amarrados com fio metálico e elastômeros. **Métodos:** foram utilizados quatro braquetes de aço inoxidável e quatro de policarbonato compósito (PC) para pré-molares levados à máquina universal de ensaio mecânico para a tração de um segmento de fio de aço inoxidável 0,019" x 0,025" na velocidade de 0,5mm/min, com 8mm de deslocamento total. A forma de amarração variou entre as seguintes possibilidades: amarração metálica com pinça de Steiner, metálica com pinça Mathieu, elastômero da marca Morelli e elastômero da marca TP Orthodontics. **Resultados e Conclusões:** os módulos elastoméricos geraram mais atrito do que os metálicos e a amarração com pinça Mathieu provocou menor atrito quando comparada a todas as situações avaliadas. Os braquetes de PC geraram menor atrito do que os metálicos, porém, na escolha do material a ser utilizado na clínica, outras variáveis – tais como a resistência ao cisalhamento e à fratura, a estabilidade de cor e a aderência por microrganismos – devem ser consideradas.

Palavras-chave: Atrito. Amarração ortodôntica. Braquete metálico. Braquete plástico.

INTRODUÇÃO

A Ortodontia baseia-se na movimentação dentária, dentro do leito ósseo alveolar, resultante de força aplicada. Esse processo pode ser otimizado ou prejudicado dependendo da resposta subsequente do tecido e da utilização apropriada e racional de mecanismos mecânicos disponíveis⁸. A força de atrito é um desses desafios clínicos, devendo ser reconhecida e controlada, uma vez que

seu aumento pode ser vantajoso quando aplicado como meio de ancoragem e prejudicial no caso das mecânicas de deslizamento¹².

A natureza da fricção em Ortodontia é multifatorial, derivada de fatores mecânicos e biológicos^{1,3,9}.

Fatores físico/mecânicos

- Propriedades do fio ortodôntico: material,

* Pesquisa elaborada como requisito do Programa de Iniciação Científica do Departamento de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade do Brasil, UFRJ.

** Cirurgiã-dentista - RJ.

*** Mestre em Ortodontia pela UFRJ. Doutora em Ciência dos Materiais pelo IME-RJ.

**** Doutora em Ortodontia pela UFRJ. Professora do curso de especialização em Ortodontia da UFSC-SC.

***** Professor doutor do departamento de Ortodontia da UFRJ-RJ.

secção transversa, espessura, textura da superfície e rigidez.

- Tipo de amarração entre fio e braquete: material e forma da amarração, e o tipo de instrumento utilizado.

- Propriedades do braquete: material, tratamento de superfície, processo de fabricação, dimensões do *slot*, quantidade de aletas.

- Aparelho ortodôntico: distância interbraquetes, diferença de altura entre os braquetes e força aplicada para a retração.

Fatores biológicos/ambientais

- Saliva, microfilme bacteriano, película adquirida.
- Corrosão.

Portanto, a força gerada depende primariamente dos materiais envolvidos no sistema, suas propriedades físicas, sua relação com o ambiente e sua utilização, incluindo a forma de amarração.

Sob o ponto de vista do material, os braquetes estéticos estão em foco na indústria de materiais ortodônticos. Muitos materiais têm sido testados – como a zircônia, a porcelana e o policarbonato –, sendo, atualmente, fabricados e pesquisados sempre com pequenas modificações de estrutura,

dependendo do fabricante. Embora braquetes transparentes sejam mais estéticos do que os metálicos, eles apresentam uma série de desvantagens, como: alta incidência de fratura e danos ao esmalte durante a descolagem (no caso da porcelana); e falta de estabilidade de cor, pouca resistência ao desgaste e falha na incorporação da força de torque (no caso dos braquetes plásticos).

Porém, os braquetes estéticos fazem parte da realidade atual e seu futuro na Ortodontia parece certo. Portanto, o presente trabalho propõe-se a avaliar as propriedades mecânicas – mais especificamente a força de atrito gerada, relacionada às seguintes variáveis: tipo de material do braquete (material metálico ou policarbonato compósito), tipo de amarração (metálica ou elastomérica) e o instrumento utilizado (pinça Mathieu ou pinça de Steiner).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados na pesquisa oito braquetes geminados para pré-molares, quatro de aço inoxidável (Fig. 1) e quatro de policarbonato compósito (PC, reforçados com 30% de fibra de vidro), (Fig. 2) cujos *slots* apresentavam a dimensão de 0,022" x 0,030". Os braquetes foram fixados com resina epóxi em suporte metálico e o conjunto levado à máquina universal de ensaio mecânico para



FIGURA 1 - Braquete metálico utilizado na pesquisa.



FIGURA 2 - Braquete de policarbonato compósito (plástico) utilizado na pesquisa.

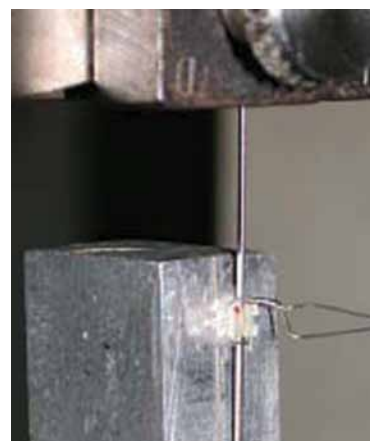


FIGURA 3 - Detalhe do conjunto fio metálico amarrado ao braquete – no caso plástico – colado em suporte metálico, sendo tracionado em máquina universal de ensaio mecânico.

a tração de um segmento de fio de aço inoxidável, com seção retangular de 0,019" x 0,025", na velocidade de 0,5mm/min, num total de 8,0mm de deslocamento, em meio seco (Fig. 3).

Segundo informações do fabricante, os braquetes de policarbonato compósito utilizados são peças injetadas com densidade de 1,4g/cm³ e dureza típica de 74 Shore. Os metálicos são convencionais ou não-sinterizados e apresentam densidade de 7,4 a 7,9g/cm³.

O instrumento utilizado para a amarração metálica variou entre a pinça de Steiner e a Mathieu, sendo realizada – para cada situação experimental – pelo mesmo operador, com fio de amarrilho de aço inoxidável com espessura de 0,010" (10 voltas). Já a amarração elástica foi simples, ao redor das aletas dos braquetes, feita com duas marcas diferentes de elastômeros: TP Orthodontics (EUA) e Morelli

(Sorocaba/SP). O elastômero foi colocado em posição com o adaptador para amarrilho elastomérico.

Ao todo, 15 repetições foram realizadas para cada uma das 8 situações ou grupos (Tab. 1).

Após a obtenção dos resultados – descritos na forma de médias, desvios-padrão, valores mínimos e máximos –, foi realizada a análise de variância ANOVA para avaliação da significância da diferença estatística entre os grupos, e o teste complementar de Tukey para comparação múltipla entre pares, com intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$). Os pares analisados foram: PL Steiner x PL Mathieu; PL Morelli x PL Steiner; Met Steiner x Met Mathieu; Met Morelli x Met TP; PL Steiner x Met Steiner; PL Mathieu x Met Mathieu; PL Morelli x Met Morelli; PL TP x Met TP.

RESULTADOS

A tabela 2 apresenta a média da força de atrito (gf) gerada durante o ensaio mecânico nas oito situações analisadas, assim como seu desvio-padrão, valores mínimo e máximo.

A análise de variância (ANOVA) mostrou diferença estatisticamente significativa entre as médias dos oito grupos ($p < 0,05$). Da mesma forma, quando a variável tipo de braquete foi mantida e modificada a forma de amarração, também houve significância estatística, tanto para o braquete metálico quanto para o plástico ($p < 0,05$).

Todos os pares analisados pelo teste complementar de Tukey mostraram diferenças estatisticamente

TABELA 1 - Caracterização dos oito grupos da amostra.

GRUPO	braquete	amarração
PL Steiner	plástico	metálica com pinça de Steiner
PL Mathieu	plástico	metálica com pinça Mathieu
PL Morelli	plástico	elastômero Morelli
PL TP	plástico	elastômero TP
Met Steiner	metálico	metálica com pinça de Steiner
Met Mathieu	metálico	metálica com pinça Mathieu
Met Morelli	metálico	elastômero Morelli
Met TP	metálico	elastômero TP

TABELA 2 - Estatística descritiva da média, desvio-padrão (d.p.), valores mínimo e máximo do atrito gerado, em grama força, nas várias situações apresentadas (n = 15).

GRUPOS	média	d.p.	valor mínimo	valor máximo
PL Steiner	93,93	10,94	75,00	107,15
PL Mathieu	41,43	4,28	33,93	46,43
PL Morelli	95,72	11,84	82,15	108,93
PL TP	72,56	7,68	60,18	80,05
Met Steiner	125,34	22,49	104,80	167,28
Met Mathieu	46,85	4,30	39,81	52,29
Met Morelli	177,52	17,18	149,77	199,98
Met TP	254,63	24,51	215,19	283,77

significativas ($p < 0,05$) nas forças de atrito geradas, com exceção do par PL Mathieu x Met Mathieu, o qual se mostrou estatisticamente semelhante.

DISCUSSÃO

Houve grande variação na geração da força de atrito (de 41,43gf a 254,63gf), onde a maior ocorreu quando o braquete metálico foi amarrado ao fio através do elastômero TP Orthodontics, e a menor quando o braquete plástico foi amarrado com fio metálico e pinça Mathieu.

De forma geral, a força de atrito gerada nos grupos com braquete metálico foi superior à do braquete plástico, e a amarração metálica com pinça Mathieu apresentou a menor geração de atrito, com braquete plástico ou metálico.

A sequência dos grupos em ordem crescente de atrito gerado foi: PL Mathieu, Met Mathieu, PL TP, PL Steiner, PL Morelli, Met Steiner, Met Morelli e Met TP.

O gráfico 1 ilustra que, no presente trabalho, os braquetes metálicos geraram mais atrito, se comparados aos plásticos. Testes anteriores mostraram que a rugosidade superficial dos braquetes à base de policarbonato – quando comparada com outros materiais estéticos, como a porcelana – é significativamente menor¹⁴. Porém, quando comparados aos

metálicos (aço inoxidável), a literatura demonstra que os plásticos geram mais atrito durante o deslizamento – devido, provavelmente, à sua deformação quando amarrados^{11,13}. Pode-se inferir que, no presente ensaio experimental, não houve deformação, dos braquetes plásticos utilizados, suficiente para aumentar o atrito entre os mesmos e o fio metálico.

Apesar dos braquetes plásticos terem gerado menor atrito do que os metálicos, a escolha do material a ser utilizado na clínica inclui a consideração de outras variáveis, tais como resistência ao cisalhamento, à fratura, à deformação, estabilidade de cor e aderência por microrganismos.

A força de amarração pode variar de 50 a 300gf e os módulos elastoméricos geram aproximadamente 225gf de força, com perda gradual devida ao relaxamento⁹. Neste trabalho, as amarrações elásticas tenderam a gerar mais atrito do que as metálicas, concordando com Berdnar, Gruendeman e Sandrik². Porém Omana, Moore e Bagby¹⁰, oportunamente, acrescentam que, apesar desse procedimento gerar menor resistência, é difícil padronizar a força empregada¹⁰. Sendo interessante lembrar que as ligaduras elastoméricas lubrificadas geram menor atrito do que as não-lubrificadas utilizadas nesse estudo^{4,7}.

A pinça de Mathieu como instrumento de amarração produziu menor atrito se comparada à pinça de Steiner – seja com braquetes metálicos, seja com plásticos –, o que já era esperado, uma vez que amarração metálica leve produz menor atrito do que se ajustada^{7,9}.

Classicamente, a superfície padrão da mecânica de deslizamento é o metal – particularmente o aço inoxidável. Contudo, outros materiais ortodônticos vêm apresentando resultados satisfatórios ou melhores do que em ensaios mais antigos, destacando-se os braquetes plásticos – que nesse ensaio, sob o ponto de vista de atrito, tiveram melhor comportamento do que os metálicos. Portanto, uma vez que os materiais são modificados e/ou modernizados, a constante atualização na investigação do atrito gerado sobre eles é de fundamental importância^{5,6}.

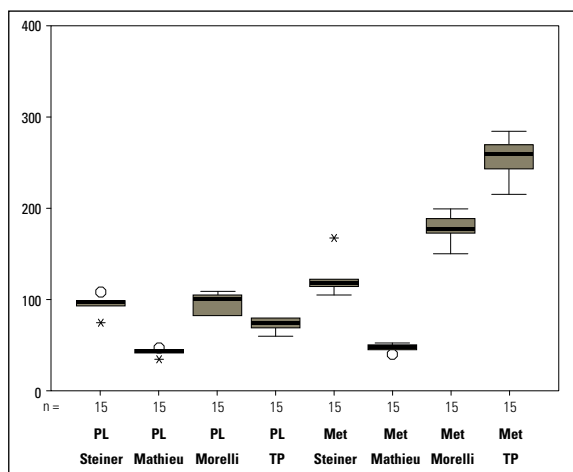


GRÁFICO 1 - Força do atrito (gf) representada por gráfico em caixa, nas oito situações analisadas.

CONCLUSÕES

1. A força de atrito variou consideravelmente dentre as oito situações apresentadas, o que é positivo quando fornece ao clínico opções no uso da mecânica ortodôntica, com mais ou menos atrito, conforme a necessidade de cada caso.

2. Os braquetes plásticos geraram menor atrito se comparados aos metálicos.

3. Os módulos elastoméricos geraram mais atrito do que os metálicos e a amarração com pinça de Mathieu provocou menor atrito se comparada a todas as situações avaliadas.

Frictional forces in stainless steel and plastic brackets using four types of wire ligation

Abstract

Objective: This in vitro study evaluated and compared the frictional resistance of stainless steel and polycarbonate (PC) composite brackets tied with metal wire and elastomeric ligation. **Methods:** Four stainless steel and four polycarbonate composite brackets for premolars were placed in a universal testing machine for the traction of a piece of 0.019 x 0.025-in wire at 0.5 mm/min and total displacement of 8 mm. Ligations were performed according to the following alternatives: metal ligation with Steiner tying pliers; metal ligation using Mathieu tying pliers; Morelli™ elastomeric ligation; and TP Orthodontics™ elastomeric ligation. **Results and Conclusions:** Elastomeric modules generated more friction than the metal ligations, and the ligation with the Mathieu tying pliers caused less friction than all the other conditions under study. PC brackets generated less friction than metal brackets, but the choice of material to be used in clinical conditions should take into consideration other variables, such as resistance to shearing and to fractures, as well as color stability and microorganism adherence.

Keywords: Friction. Orthodontic ligation. Metal bracket. Plastic bracket.

REFERÊNCIAS

1. Baggio PE, Telles CS, Domiciano JB. Avaliação do atrito produzido por braquetes cerâmicos e de aço inoxidável, quando combinados com fios de aço inoxidável. *Rev Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2007 jan-fev;12(1):67-77.
2. Bednar JR, Gruendeman GW, Sandrik JL. A comparative study of frictional forces between orthodontic brackets and arch wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1991 Dec;100(6):513-22.
3. Braga CP, Vanzin GD, Marchioro EM, Beck JC. Avaliação do coeficiente de atrito de braquetes metálicos e estéticos com fios de aço inoxidável e beta-titânio. *Rev Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2004 nov-dez;9(6):70-83.
4. Chimenti C, Franchi L, Di Giuseppe MG, Lucci M. Friction of orthodontic elastomeric ligatures with different dimensions. *Angle Orthod*. 2005;75(3): 377-81.
5. Eliades T. Orthodontic materials research and applications: Part 2. Current status and projected future developments in materials and biocompatibility. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007 Feb;131(2):253-62.
6. Faltermeier A, Rosentritt M, Reicheneder C. Experimental composite brackets: Influence of filler level on the mechanical properties. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006 Dec;130(6):699.e9-14.
7. Hain M, Dhopatkar A, Rock P. The effect of ligation method on friction in sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003 Apr;123(4):416-22.
8. Mostafa Y, Weaks-Dybvig M, Osdoby P. Orchestration of tooth movement. *Am J Orthod*. 1983 Mar;83(3):245-50.
9. Nanda R, Ghosh J. Biomechanical considerations in sliding mechanics. In: Nanda R. *Biomechanics in Clinical Orthodontics*. Philadelphia: WB Saunders; 1997. p. 188-217.
10. Omana HM, Moore RN, Bagby MD. Frictional properties of metal and ceramic brackets. *J Clin Orthod*. 1992 Jul;26(7):425-32.
11. Riley JL, Garrett SG, Moon PC. Frictional forces of ligated plastic and metal edgewise brackets [abstract]. *J Dent Res*. 1979;8:98.
12. Rossouw PE. Friction: an overview. *Semin Orthod*. 2003 Dec;9(4):218-22.
13. Tselepis M, Brockhurst P, West VC. The dynamic frictional resistance between orthodontic brackets and arch wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1994 Aug;106(2):131-8.
14. Zinelis S, Theodore E. Comparative assessment of the roughness, hardness, and wear resistance of aesthetic bracket materials. *Dental Mater*. 2005;21:890-4.

Enviado em: fevereiro de 2008
Revisado e aceito: outubro de 2009

Endereço para correspondência
Carla D'Agostini Derech
Av. Rio Branco, 333/306 – Centro
CEP: 88.015 201 – Florianópolis
E-mail: carladerech@hotmail.com