

Avaliação do atrito em braquetes autoligáveis submetidos à mecânica de deslizamento: um estudo *in vitro*

Mariana Ribeiro Pacheco*, Dauro Douglas Oliveira**, Perrin Smith Neto***, Wellington Correa Jansen****

Resumo

Introdução: o atrito gerado na interface braquete/fio durante a mecânica de deslizamento pode reduzir a eficiência da movimentação ortodôntica. O método de ligação do fio ao braquete exerce importante papel na determinação desse atrito. **Métodos:** o presente estudo comparou a força de atrito gerada por quatro tipos de braquetes autoligáveis (Time®, Damon 2®, In-Ovation R® e Smart Clip®) com um grupo de braquetes ortodônticos convencionais (Dynalock®) associados a ligaduras elásticas tradicionais (Dispens-A-Stix®), que serviu como grupo controle. A força de atrito estático foi mensurada através da máquina universal de ensaios EMIC® DL 500 com dois fios de aço inoxidável com seção transversal 0,018" e 0,017" x 0,025". **Resultados:** a análise de variância ANOVA e o teste de Tukey mostraram baixos níveis de atrito nos quatro braquetes autoligáveis associados ao fio 0,018" ($P < 0,05$). Entretanto, os resultados observados quando os braquetes autoligáveis foram testados com fios 0,017" x 0,025" mostraram alta resistência ao deslizamento nos grupos de braquetes autoligáveis ativos.

Palavras-chave: Atrito. Braquetes ortodônticos. Braquetes autoligáveis. Mecânica de deslizamento.

INTRODUÇÃO

O atrito existente na mecânica ortodôntica de deslizamento consiste em uma dificuldade clínica para o ortodontista, uma vez que altos níveis de atrito diminuem a efetividade da mecânica, reduzindo a velocidade de movimentação dentária e dificultando o controle da ancoragem. Nessas condições, o tratamento ortodôntico se tornaria mais complexo⁴.

Na busca por condições ideais para a condução da terapia ortodôntica, tem-se como um dos

objetivos a redução da força de atrito criada na interface braquete/fio/ligadura¹². Isso implicaria na utilização de forças mais leves, porém ainda suficientes para a promoção da movimentação dentária. Dessa forma, haveria maior compatibilidade biológica e menor desconforto do paciente.

Segundo Rossouw¹⁴, atrito é uma força que resiste ao movimento de uma superfície contra outra, e age em direção oposta à da movimentação desejada. Os tipos de força de atrito distinguem-se em atrito estático e cinético. O estático é a menor força

* Mestre em Ortodontia pela PUC Minas, Belo Horizonte/MG.

** Mestre em Ortodontia pela Marquette University, Milwaukee/EUA. Doutor em Ortodontia pela UFRJ, Rio de Janeiro/RJ. Coordenador do Mestrado em Ortodontia, PUC Minas, Belo Horizonte/MG.

*** Mestre em Engenharia Mecânica pela USP, São Paulo/SP. Doutor em Engenharia Mecânica pela USP, São Paulo/SP e Universität Stuttgart/ Alemanha. Pós-Doutor pela University of British Columbia, Vancouver, Canadá.

**** Mestre em Prótese Dentária, USP, Bauru/SP. Doutor em Materiais Dentários, USP, São Paulo/SP. Professor Adjunto da PUC Minas, Belo Horizonte/MG.

necessária para se iniciar um movimento entre objetos sólidos que se encontram em repouso. Por outro lado, a força de atrito cinético é aquela que resiste ao movimento de deslizamento de um objeto sólido contra outro, em uma velocidade constante¹¹. O atrito cinético é sempre menor que o atrito estático, já que é mais difícil tirar um corpo da situação de repouso do que, posteriormente, perpetuar o movimento¹¹. Na Ortodontia, um dente submetido ao movimento de deslizamento ao longo do arco sofre um movimento alternado de inclinação e verticalização, deslocando-se em pequenos incrementos¹⁰. Portanto, o fechamento de espaços depende mais do atrito estático do que o cinético.

Dentre as inúmeras tentativas para redução do atrito, quanto ao desenho do braquete, a ideia dos chamados braquetes autoligáveis, ou seja, que não necessitam de ligaduras para amarração do fio ortodôntico, surgiu em 1935 com o aparelho de Russel Lock. Desde então, outros acessórios com tal conceito vêm sendo desenvolvidos (Tab. 1).

Esses acessórios consistem em braquetes que não necessitam de ligaduras para prender o fio à canaleta, pois eles apresentam um dispositivo mecânico, construído em sua face vestibular, que é capaz de fechar a canaleta do braquete, impedindo que o fio se solte. Alguns sistemas de braquetes autoligáveis não pressionam o fio ortodôntico contra a parede interna de sua canaleta, sendo considerados braquetes autoligáveis passivos^{1,2}. Nesses acessórios, a tampa funciona apenas como uma barreira que mantém o arco dentro da canaleta. Com a introdução dos sistemas de braquetes autoligáveis ativos, a tampa da canaleta poderia ou não aplicar pressão sobre o fio dependendo do diâmetro do fio utilizado^{1,2}.

As proposições desse estudo foram: 1) avaliar a força de atrito estático em braquetes autoligáveis passivos e ativos associados a fios ortodônticos de aço inoxidável com diâmetro 0,018"; e 2) avaliar a força de atrito estático em braquetes autoligáveis passivos e ativos associados a fios

TABELA 1 - Desenvolvimento dos braquetes autoligáveis.

Nome comercial	Fabricante	Ano de introdução no mercado	Desenho do braquete
Speed	Strite Industries (Ontário, Canadá)	1975	Ativo
Activa	A Company (San Diego, CA, EUA)	1986	Ativo
Time	American Orthodontics (Sheboygan, WI, EUA)	1994	Ativo
Damon SL	Ormco Corporation (Glendora, CA, EUA)	1996	Passivo
Twin Lock	Ormco Corporation (Glendora, CA, EUA)	1998	Passivo
Damon 2	Ormco Corporation (Glendora, CA, EUA)	1999	Passivo
In-Ovation	GAC internacional (Bohemia, NY, EUA)	1999	Ativo
Damon 3	Ormco Corporation (Glendora, CA, EUA)	2004	Passivo
Smart Clip	3M/Unitek (Monrovia, CA, EUA)	2004	Passivo
Damon MX	Ormco Corporation (Glendora, CA, EUA)	2005	Passivo
In-Ovation C	GAC internacional (Bohemia, NY, EUA)	2007	Ativo

ortodônticos de aço inoxidável com diâmetro 0,017" x 0,025", durante simulação *in vitro* da mecânica de deslizamento.

METODOLOGIA

Material

Foram avaliados quatro tipos de braquetes autoligáveis, sendo dois ativos — Time 2[®] (American Orthodontics, Sheboygan, WI, EUA) e In-Ovation R[®] (GAC Internacional, Bohemia, NY, EUA) — e dois passivos — Damon 2[®] (Ormco Corporation,

Glendora, CA, EUA) e Smart Clip[®] (3M Unitek, Monrovia, CA, EUA) (Fig. 1).

No grupo controle foram utilizados braquetes ortodônticos convencionais de aço inoxidável (Dynalock[®], 3M/Unitek, Monrovia, CA, EUA), associados a ligaduras elásticas convencionais Dispens-A-Stix[®] (TP Orthodontics, La Porte, IN, EUA), de cor cinza.

Todos os braquetes eram de incisivo central superior direito, com canaleta 0,022" x 0,028" e prescrição Roth (angulação de 5° e torque de 12°). O fabricante do Smart Clip[®] não produz o braquete na prescrição Roth, por isso utilizou-se a prescrição mais semelhante disponível, que é a MBT (angulação de 4° e torque de 17°).

Para a realização dos testes foram usados fios de aço inoxidável com calibre de 0,018" e 0,017" x 0,025" (3M/Unitek, Monrovia, CA, EUA). Havia 20 unidades de cada tipo de braquete, sendo que 10 foram testadas com o fio redondo e as outras 10 com fio retangular. Cada corpo de prova, formado por braquete/fio, foi submetido a cinco testes consecutivos, a fim de se aumentar a confiabilidade dos resultados alcançados, totalizando 400 testes realizados.

Métodos

Para a avaliação da força de atrito nos sistemas estudados, utilizou-se uma máquina universal de ensaios EMIC DL 500 (EMIC Equipamentos e Sistemas de Ensaio Ltda, São José dos Pinhais, PR, Brasil), pertencente ao Laboratório de Análise Estrutural do Departamento de Engenharia Mecânica da PUC Minas. Utilizou-se célula de carga de 5N, com velocidade de 1mm/min (Fig. 2A). Os resultados obtidos, correspondentes à força de atrito estático, foram transmitidos para o computador ligado à máquina de ensaio.

Para simulação da mecânica de deslizamento, utilizou-se 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. Para isso, construiu-se um dispositivo

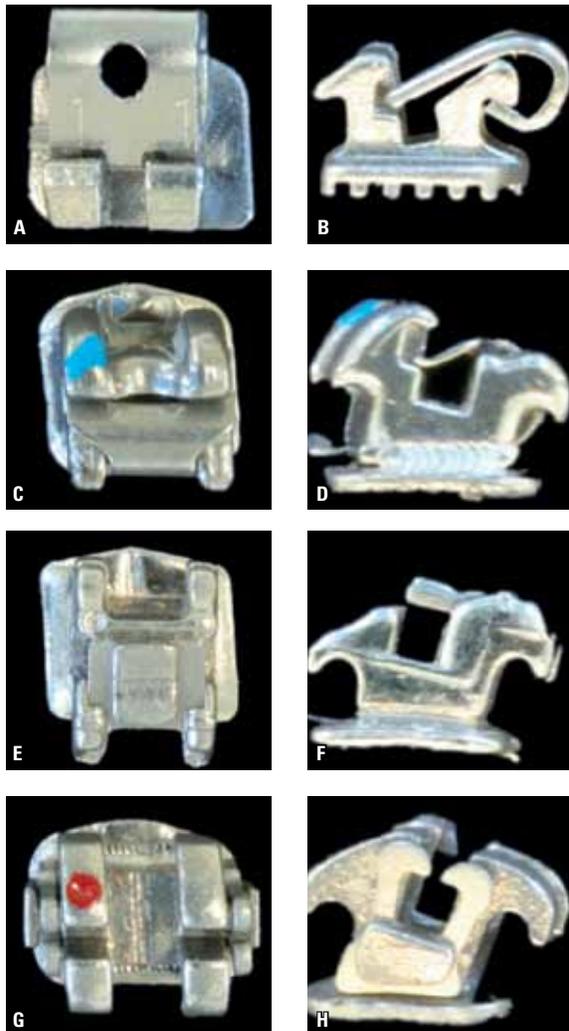


FIGURA 1 - Braquetes autoligáveis testados: Time 2[®] em (A) vista frontal e (B) vista lateral; In-Ovation R[®] (C) vista frontal e (D) vista lateral; Damon 2[®] (E) vista frontal e (F) vista lateral; Smart Clip[®] (G) vista frontal e (H) vista lateral.



FIGURA 2 - (A) Máquina universal de ensaios EMIC e (B) Dispositivo para teste.



FIGURA 3 - Dispositivo de fio de aço 0,021" x 0,025" em formato de "U" usado na colagem dos braquetes.

em alumínio, que era conectado à célula de carga através de garras. Esse dispositivo continha duas placas, uma inferior, na qual era feita a colagem dos braquetes e que permanecia imóvel, e outra superior, onde conectava-se o segmento de fio ortodôntico do corpo de prova que sofria deslocamento (Fig. 2B).

Todos os corpos de prova foram preparados pelo mesmo operador. Os braquetes e fios receberam limpeza com álcool etílico 70%, com intuito de evitar a presença de substâncias oleosas ou sujidades que pudessem interferir nos resultados encontrados. A colagem dos braquetes foi feita com cola instantânea à base de éster de cianoacrilato (Super Bonder, Loctite Henkel, SP, Brasil). Durante o processo de posicionamento dos braquetes, teve-se o cuidado de manter o paralelismo da base do braquete em relação à placa de alumínio.

A padronização do posicionamento do braquete foi feita com auxílio de um dispositivo em fio de aço 0,021" x 0,025" em formato de "U", que era colocado na canaleta do braquete e suas extremidades encaixadas em furos da placa, conforme pode ser observado na figura 3. Como a canaleta do braquete e o fio ortodôntico tornaram-se colineares, devido à forma de posicionamento para

colagem, o ângulo de entrada do fio foi igual a zero. Esses auxiliares conferiram precisão e reprodutibilidade no posicionamento dos braquetes de todos os corpos de prova. Além disto, era importante garantir que o fio estava passivo no braquete antes da amarração do mesmo. Sabe-se que a resistência ao atrito, durante a realização dos testes, seria o atrito produzido pelo método de amarração (seja o elástico ou o sistema de fechamento do braquete autoligável) somado a qualquer inclinação entre o fio e o braquete produzido como resultado do fio não-passivo na canaleta do braquete⁸. Portanto, para que fosse mensurado apenas o atrito existente na interface braquete/fio ou braquete/fio/ligadura, preconizou-se o alinhamento passivo do fio na canaleta, ou seja, sem qualquer angulação.

O segmento de fio ortodôntico utilizado nos corpos de prova tinha 3cm de comprimento. Em sua extremidade superior confeccionou-se um gancho, com formato padronizado, que era encaixado na placa superior do dispositivo. Cada segmento de fio foi avaliado através de um projetor de perfil (Micro VU, modelo H14, São Paulo, Brasil) (Fig. 4). O objetivo desse exame foi conferir a padronização das dobras e determinação precisa do longo eixo do segmento do fio, fatores que são

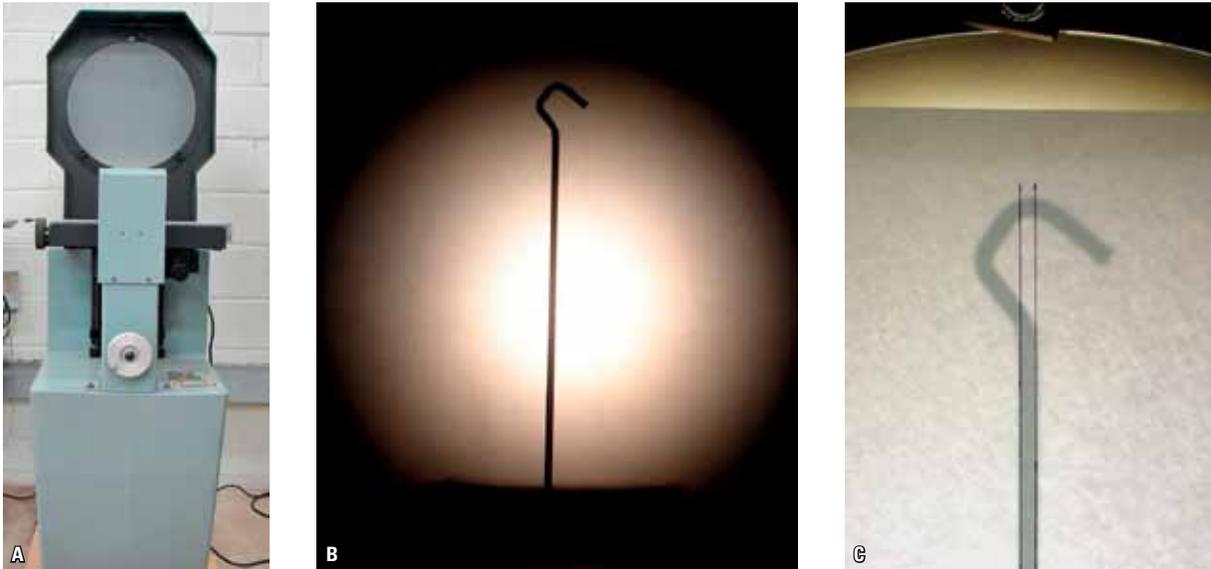


FIGURA 4 - **(A)** Projetor de perfil; **(B)** Projeção do segmento de fio com o gancho e **(C)** Conferência do longo eixo do gancho, utilizando uma folha de papel branco com um diagrama de conferência.

importantes no direcionamento vertical das forças aplicadas pela máquina universal de ensaios.

Durante a preparação dos corpos de prova do grupo controle, a inserção da ligadura elástica ocorreu de forma padronizada. Para isso, utilizou-se um dispositivo para inserção de ligaduras elásticas Straight-Shooter® (TP Orthodontics, La Porte, IN, EUA), o que permitiu a mesma extensão das ligaduras no momento de sua inserção.

RESULTADOS

Através do teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, verificou-se que a repetição dos testes do mesmo corpo de prova em até 5 vezes não resultou em alteração significativa na força de atrito estático ($p < 0,05$). Como o atrito não foi influenciado pelo número de repetições dos testes (isto é, se foi o 1°, 2°, 3°, 4° ou 5°), utilizou-se a média dos testes de cada corpo de prova para se avaliar as diferenças entre os materiais testados.

Na análise descritiva dos fios, os de secção transversal retangular 0,017" x 0,025" apresentaram maior média de força de atrito do que os de secção transversal redonda 0,018" ($p < 0,05$).

O braquete In-Ovation R® apresentou os maiores valores médios de atrito, apenas no fio retangular, como pode ser observado no gráfico 1.

Com a finalidade de localizar as diferenças significativas entre as combinações avaliadas, utilizou-se o método DMS (Diferença Mínima Significativa), a um nível de significância de $p < 0,05$. Comparando-se os braquetes autoligáveis testados com o fio de secção transversal redonda, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) quanto à força de atrito entre os quatro tipos de braquetes testados. Além disso, todos os braquetes autoligáveis exibiram força de atrito significativamente menor do que os do grupo controle (Gráf. 1). Os braquetes autoligáveis apresentaram força de atrito aproximadamente 95% menor que os convencionais.

Considerando-se os testes com fio retangular, os braquetes In-Ovation R® e Time® apresentaram níveis de força de atrito estatisticamente semelhantes aos do grupo controle ($p < 0,05$), enquanto os grupos compostos por braquetes Damon 2® e Smart Clip® exibiram níveis de atrito estático significativamente menores ($p < 0,05$) do que os do grupo controle.

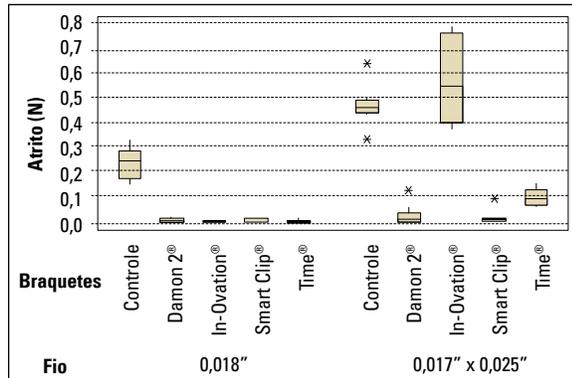


GRÁFICO 1 - Ilustração gráfica em Box Plot da força de atrito com os diferentes braquetes e fios testados.

DISCUSSÃO

Na Ortodontia, quando um dente é submetido à mecânica de deslizamento ao longo do arco, ocorrem movimentos cíclicos de inclinação e verticalização, e o deslocamento se desenvolve em pequenos incrementos¹⁰. Como o atrito cinético ocorre entre dois objetos sob um movimento uniforme com velocidade constante, foi considerado que a movimentação ortodôntica depende mais do atrito estático que do cinético, sendo o segundo aspecto de pouca relevância na prática clínica¹³. Portanto, este trabalho optou por registrar apenas a força de atrito estático.

Dentre os materiais testados no presente estudo, ficou constatado que não houve uma relação significativa entre a repetição dos testes do mesmo corpo de prova em até cinco vezes e o aumento da força de atrito estático. Entretanto, Kapur et al.⁷ observaram, através de microscopia eletrônica de varredura, a presença de alterações da superfície do braquete e/ou do fio, como a ocorrência de ranhuras e desgastes nas paredes da canaleta do braquete e na superfície do fio, quando utilizaram duas vezes segmentos de fios retangulares de aço inoxidável no braquete de titânio ou aço inoxidável. Esses pesquisadores justificaram o aumento da força de atrito devido a essas alterações superficiais observadas. Entretanto, sabe-se que a interação entre a resistên-

cia ao atrito e o desgaste é incerta, já que essa relação também sofre interferência da rigidez do material¹². No presente estudo, como foram testados sistemas de baixa fricção — nos quais ocorre menor interação do fio com a canaleta —, a influência de possíveis alterações superficiais dos braquetes poderia não ter valor significativo.

Os braquetes ortodônticos testados apresentavam angulação e torque incorporados em sua canaleta. Como todos os braquetes foram colados com o dispositivo em aço inoxidável 0,021" x 0,025", obteve-se o mesmo ângulo de entrada do fio na canaleta em todos os braquetes, eliminando-se, desta forma, a influência da prescrição da angulação. Sabe-se que quanto maior o torque, menor o contato do fio nas paredes da canaleta. Apesar do braquete autoligável Smart Clip® apresentar-se com 17° de torque e os demais braquetes testados 12°, essa diferença parece não ter exercido influência sobre os níveis de atrito encontrados nesse trabalho. Isto pode estar associado ao fato da secção transversal dos fios utilizados (0,018" e 0,017" x 0,025") não preencher totalmente as canaletas dos braquetes (0,022" x 0,028").

Os resultados mostraram que todos os braquetes autoligáveis testados exibiram níveis de força de atrito semelhantes, quando utilizados com fio de secção transversal redondo 0,018" de aço inoxidável, mostrando valores próximos ou iguais a zero. Esse achado pode estar relacionado à angulação de 0° existente entre o fio e as paredes da canaleta durante a realização dos testes. Como o diâmetro do fio era reduzido em relação à dimensão da canaleta, o baixo atrito reflete a ausência da força normal¹².

Quando testados com o fio de secção transversal retangular 0,017" x 0,025", os braquetes In-Ovation R® e Time® demonstraram maiores níveis de força de atrito, quando comparados aos braquetes Damon 2® e Smart Clip®. Essa diferença pode estar associada ao sistema de fechamento da canaleta, que é considerado ativo

nos dois primeiros e passivo nos dois últimos. Sabe-se que a passividade do sistema de fechamento dos braquetes autoligáveis é determinada pelo calibre do fio (Fig. 5).

Algumas pesquisas^{5,15,16}, ao comparar sistemas de braquetes autoligáveis passivos e ativos encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo. De acordo com esses traba-

lhos, com fios de diâmetro reduzido, não houve diferença significativa entre os valores de atrito. Entretanto, quando arcos retangulares foram testados, os acessórios ativos mostraram maior resistência ao deslizamento do que os braquetes passivos.

Na avaliação do braquete In-Ovation R[®], é preciso considerar a grande discrepância da força de atrito encontrada com o fio 0,018" e com o 0,017" x 0,025". Isto enfatiza o papel do sistema de fechamento deste braquete sobre o atrito, já que o efeito da tampa do sistema de fechamento depende da presença ou ausência de contato entre ela e o fio, da estrutura superficial do fio e da força Normal exercida pela tampa. Entretanto, é importante que se considere a angulação do fio em relação à canaleta, variável essa que não foi incluída neste estudo, mas que tem efeito extremamente importante sobre a resistência ao deslizamento^{3,17,18}. Apesar do braquete In-Ovation R[®] apresentar altos níveis de atrito com fios retangulares, em determinadas condições biomecânicas, isto pode ser uma vantagem desse tipo de acessório, como por exemplo quando há necessidade de se controlar o torque de dentes posteriores.

Os resultados encontrados neste estudo demonstraram que os braquetes autoligáveis possuem níveis mais baixos de atrito do que os acessórios convencionais. Como a eficiência da terapia com aparelhos ortodônticos fixos depende, dentre outras coisas, da fração da força liberada em relação à força aplicada, teoricamente, pode-se afirmar que baixos níveis de força de atrito poderiam tornar o tratamento mais eficiente. Entretanto, um dos poucos estudos clínicos que comparou braquetes autoligáveis com convencionais⁹, durante a fase de alinhamento e nivelamento, não esclareceu ainda as verdadeiras implicações desses dispositivos na prática ortodôntica. Outras questões importantes que envolvem os acessórios autoligáveis também devem ser consideradas, como

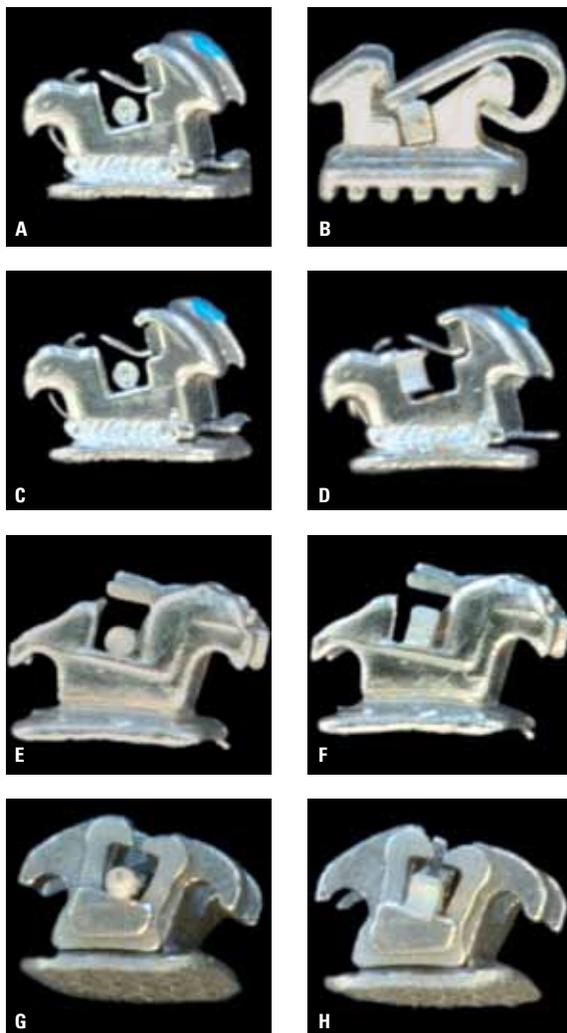


FIGURA 5 - Características dos sistemas de fechamento dos braquetes autoligáveis. Em **A, C, E e G**, os braquetes Time 2[®], In-Ovation R[®], Damon 2[®] e Smart Clip[®], respectivamente, associados ao fio redondo não demonstram contato da tampa do sistema de fechamento com o fio. Em **B e D** observa-se que a tampa do sistema de fechamento dos braquetes Time 2[®] e In-Ovation R[®] exerce pressão sobre o fio retangular, e em **F e H** há ausência de contato da tampa com o fio retangular nos braquetes Damon 2[®] e Smart Clip[®].

as possíveis dificuldades técnicas na manipulação desses braquetes e, principalmente, o custo mais elevado.

O clínico deve ser cauteloso ao interpretar os resultados de estudos laboratoriais sobre atrito. Estudos *in vitro* da resistência ao deslizamento utilizando-se tração estática em linha reta aplicada na interface braquete/fio não representam com total exatidão a complexidade da movimentação dentária. Todavia, ainda é um método de avaliação muito usado, podendo ser aplicado para validar questionamentos dos ortodontistas em relação à redução do atrito. Jost-Brinkmann e Miethke⁶, após compararem testes *in vivo* e *in vitro*, concluíram que forças de atrito em braquetes imóveis em dispositivos laboratoriais foram similares às forças exercidas no dispositivo clínico. Essa conclusão confirma que os resultados laboratoriais contribuem para uma me-

lhor compreensão do comportamento dos novos materiais ortodônticos, principalmente quando associados a estudos clínicos posteriores.

CONCLUSÃO

1. Todos os braquetes autoligáveis testados apresentaram significativa redução no atrito com o fio 0,018", podendo ser considerados uma alternativa clínica para minimizar os efeitos indesejáveis do atrito observados com os braquetes convencionais, quando a mecânica de deslizamento é empregada.

2. Quando testados com fios retangulares, os braquetes autoligáveis ativos apresentaram atrito significativamente maior do que aqueles considerados passivos, com resultados estatisticamente semelhantes aos dos braquetes convencionais com fios de mesmo calibre.

Evaluation of friction in self-ligating brackets subjected to sliding mechanics: an *in vitro* study

Abstract

Introduction: Friction generated at the bracket/archwire interface during sliding mechanics can reduce the efficiency of orthodontic movement. The ligation method employed to tie the archwire to the bracket plays an important role in determining this friction. **Methods:** This study compared the frictional force generated by four different types of self-ligating brackets (Time™, Damon 2™, In-Ovation R™ and Smart Clip™) with a group of conventional orthodontic brackets (DynaLock™) that require the use of traditional elastomeric ligatures (ExDispens-A-Stix™), which served as the control group. Static friction force was measured using an EMIC DL™ 500 universal testing machine using stainless steel round 0.018-in and rectangular 0.017x0.025-in archwires. **Results:** ANOVA and Tukey's test showed low levels of friction in the four self-ligating brackets in tests with the 0.018-in wire (P <0.05). However, the results noted when the self-ligating brackets were tested using 0.017x 0.025-in archwires showed high resistance to sliding in the self-ligating groups.

Keywords: Friction. Orthodontic brackets. Self-ligating brackets. Sliding mechanics.

REFERÊNCIAS

- Berger J. The Speed appliance: a 14-year update on this unique self-ligating orthodontic mechanism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994 Mar;105(3):217-23.
- Damon D. The Damon low-friction bracket: a biologically compatible straight-wire system. *J Clin Orthod.* 1998 Nov;32(4):670-80.
- Drescher D, Bourauel C, Schumacher HA. Frictional forces between brackets and arch wire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989 Nov;96(5):397-404.
- Frank C, Nikolai R. A comparative study of frictional resistances between orthodontic bracket and arch wire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1980 Dec;78(6):593-609.
- Henao S, Kusy R. Evaluation of the frictional resistance of conventional and self-ligating bracket designs using standardized archwires and dental typodonts. *Angle Orthod.* 2004 Apr;74(2):202-11.
- Jost-Brinkmann P, Miethke R. Einfluß der physiologischen zahnbeweglichkeit auf die friktion zwischen bracket und bogen. *Fortschr Kieferorthop.* 1991;52(2):102-9.
- Kapur R, Sinha P, Nanda R. Frictional resistance in orthodontic brackets with repeated use. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999 Oct;116(4):400-4.
- Khambay B, Millett D, McHugh J. Evaluation of methods of archwire ligation on frictional resistance. *Eur J Orthod.* 2004 Jun;26(3):327-2.
- Miles PG, Weyant RJ, Rustveld L. A clinical trial of Damon 2 vs conventional twin brackets during initial alignment. *Angle Orthod.* 2006;76(3):480-95.
- Nanda RS, Ghosh J. Biomechanical considerations in sliding mechanics. In: Nanda R. *Biomechanics in clinical Orthodontics.* 1st ed. Philadelphia: W. B. Saunders; 1997. cap. 10, p. 188-217.
- Omana HM, Moore RN, Bagby MD. Frictional properties of metal and ceramic brackets. *J Clin Orthod.* 1992 Jul;26(7):425-32.
- Pizzoni L, Ravnholt G, Melsen B. Frictional forces related to self-ligating brackets. *Eur J Orthod.* 1998;20:283-91.
- Redlich M, Mayer Y, Harari D, Lewinstein I. In vitro study of frictional forces during sliding mechanics of "reduced-friction" brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003 Jul;124(1):69-73.
- Rossouw E. Friction: an overview. *Seminars Orthod.* 2003 Dec;9(4):218-22.
- Thorstenson G, Kusy R. Comparison of resistance to sliding between different self-ligating brackets with second-order angulation in the dry and saline states. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002 May;121(5):472-82.
- Thorstenson G, Kusy R. Effect of archwire size and material on the resistance to sliding of self-ligating brackets with second-order angulation in the dry state. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002 Sep;122(3):295-305.
- Thorstenson G, Kusy R. Resistance to sliding of self-ligating brackets versus conventional stainless steel twin brackets with second-order angulation in the dry and wet (saliva) states. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001 Oct;120(4):361-70.
- Tidy DC. Frictional forces in fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989 set;96(3):249-54.

Enviado em: dezembro de 2007
Revisado e aceito: outubro de 2008

Endereço para correspondência

Mariana Ribeiro Pacheco
Avenida Pereira Teixeira, 100 /203 - Centro
CEP: 36.200-034 - Barbacena / MG
E-mail: marianarpacheco@yahoo.com