

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-graduação em Odontologia

**COMPARAÇÃO DO ATRITO ESTÁTICO ENTRE BRÁQUETES METÁLICOS COM
DIFERENTES GEOMETRIAS E ANGULAÇÕES**

RAQUEL MORAIS CASTRO

Belo Horizonte
2011

Raquel Moraes Castro

**COMPARAÇÃO DO ATRITO ESTÁTICO ENTRE BRÁQUETES METÁLICOS COM
DIFERENTES GEOMETRIAS E ANGULAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração: Ortodontia.

Orientador: Prof. Dr. Dauro Douglas Oliveira
Co-orientador: Prof. Dr. Perrin Smith Neto

Belo Horizonte
2011

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

C355c Castro, Raquel Moraes
Comparação do atrito estático entre bráquetes metálicos com diferentes geometrias e angulações Raquel Moraes Castro. Belo Horizonte, 2011.
23f.: il.

Orientador: Dauro Douglas Oliveira
Coorientador: Perrin Smith Neto
Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

1. Atrito. 2. Ortodontia corretiva. 3. Braquetes ortodonticos. I. Oliveira, Dauro Douglas. II. Smith Neto, Perrin. III. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. IV. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

À Deus por sempre ter se mostrado presente em minha vida, guiando-me nas minhas escolhas para o melhor caminho.

À meus pais, pessoas fundamentais em minha vida, pelo amor incondicional, conselhos e apoio em todas as minhas decisões.

Aos meus irmãos pela confiança, amizade, apoio e companheirismo.

Ao **Felipe Neiva Volpini** pelo apoio, carinho e compreensão nos momentos em que estive ausente.

Ao professor **Dr. Dauro Douglas Oliveira** pelo convite para desenvolver esta pesquisa, pela orientação e experiência compartilhada.

Ao Departamento de Engenharia Mecânica da PUC Minas, especialmente ao **Prof. Dr. Perrin Smith Neto**, pela atenção, empenho e disponibilidade na execução deste trabalho.

Ao aluno do curso de Engenharia Mecatrônica da PUC Minas, **Osvaldo Abadia de Carvalho Filho**, pela paciência, amizade e companheirismo durante a execução do trabalho laboratorial.

Ao **Prof. Dr. Martinho Campolina Rebello Horta** pela atenção e disponibilidade na execução da análise estatística.

Aos amigos **José Maurício de Barros Vieira** e **Luiza Barroso Moreira Vieira** pelo carinho, ensinamentos, estímulo e orientação nos meus primeiros passos na Ortodontia.

Aos Professores do Mestrado em Ortodontia, **Armando Antônio Lima**, **Dr. Bernardo Quiroga Souki**, **Dr. Enio Tonani Mazzeiro**, **Flávio Marcos de Almeida**, **Hélio Henrique de Araújo Brito**, **Heloísio de Rezende Leite**, **Dr. Ildeu Andrade Junior**, **José Eymard Bicalho**, **Júlio César de Oliveira Brant**, **Tarcísio Junqueira Pereira** por todo conhecimento e experiências transmitidos.

Aos meus colegas de turma M11, **Alessandra Marques Trindade**, **Daniel Santos Fonseca Figueiredo**, **Fernanda Aroeira de Almeida**, **Izabella Lucas de Abreu Lima** e **Petrus Bernardi Lopes** pelos grandes momentos de alegria, amizade, força e companheirismo compartilhados durante esses anos.

Aos amigos das turmas M12 e M13 por terem tornado nossos dias mais agradáveis.

À **Roberta Camargos Carneiro** pelo apoio e demonstração de amizade.

Ao **Juan Diego Torres** pela grande ajuda na realização das fotos.

Ao **Alcides Souza Santos** pela amizade e convivência.

À 3M Abzil pela doação de todos os bráquetes necessários para a realização da pesquisa.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação profissional.

RESUMO

Objetivo: comparar a força de atrito estático gerada na interface bráquete/fio entre bráquetes metálicos com diferentes geometrias e angulações, combinados a fios ortodônticos de diferentes calibres. **Materiais e métodos:** a força de atrito foi avaliada em três diferentes tipos de bráquetes autoligante (SmartClip™, Monrovia, USA), contendo geometria da canaleta alterada (Mini Uni Twin™, Monrovia, USA) e convencional (Kirium, São José do Rio Preto, Brasil) montados em três diferentes angulações e associado a fios ortodônticos de secção 0.014" e 0.018" (American Orthodontics, Sheboygan, USA). A força de atrito estático foi mensurada por meio da máquina universal de ensaios EMIC® DL 500 (São José dos Pinhais, Brasil) a uma velocidade de 1 mm/min. Os testes D'Agostino e Pearson e ANOVA dois critérios seguido pelo teste Post Hoc de Bonferroni foram utilizados para análise estatística com nível de significância de 5%. **Resultados:** comparando-se os três bráquetes testados com a mesma angulação e o mesmo calibre de fio, houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) quanto à força de atrito entre eles. Somente na angulação de 10°, o calibre do fio influenciou no atrito ($p < 0.05$). Apenas quando os bráquetes foram associados ao fio 0.018", a angulação influenciou a força de atrito ($p < 0.05$). **Conclusão:** os bráquetes contendo geometria da canaleta alterada apresentaram força de atrito estático intermediária entre os bráquetes convencionais e autoligantes testados.

Palavras-chave: Fricção. Ortodontia corretiva. Bráquetes ortodônticos.

ABSTRACT

Objective: compare the static frictional force generated at the bracket/wire interface between stainless steel brackets with different geometries and angles, combined with orthodontic wires of different gauges. **Materials and methods:** the frictional force was evaluated in three different types of brackets self-ligating (SmartClip[™], Monrovia, USA), with changed groove geometry (Mini Uni Twin[™], Monrovia, USA) and conventional (Kirium, São José do Rio Preto, Brasil) mounted with three different angles and associated with orthodontic wires of section 0.014" and 0.018" (American Orthodontics, Sheboygan, USA). The static frictional force was measured using an universal testing machine EMIC[®] DL 500 (São José dos Pinhais, Brasil) with a speed of 1mm/min. The D'Agostino and Pearson test and ANOVA two criteria followed by Post Hoc of Bonferroni test were used for statistical analysis with a significance level of 5%. **Results:** comparing the three brackets tested with the same angle and the same wire gauge, there was a statistically significant difference ($p < 0.05$) with regard to the frictional force between them. Only under the 10° angle, did the wire gauge influence the friction ($p < 0.05$). Only when the brackets were associated with the wire 0.018", did the angulation influence the frictional force ($p < 0.05$). **Conclusion:** the brackets with changed groove geometry showed intermediate static frictional force between the conventional and self-ligating brackets tested.

Key words: Friction. Orthodontic, corrective. Orthodontic brackets.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 OBJETIVOS.....	9
ARTIGO.....	10
REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

A crescente solicitação por uma estética facial e dentária mais agradável vem aumentando o interesse de boa parte da população por tratamentos ortodônticos. Entretanto, a duração prolongada do tratamento é um dos motivos pelos quais alguns indivíduos não se submetem a essa terapia. Algumas variações de técnicas e novos materiais ortodônticos são constantemente desenvolvidos com o objetivo de aumentar a eficiência da movimentação dentária (OLIVEIRA et al., 2007).

Dentre esses materiais, os bráquetes autoligantes (BAL) são apresentados por seus fabricantes como uma opção para a redução do tempo total de tratamento ortodôntico. Este tipo de bráquete não é novo na Ortodontia, tendo surgido em 1935 como o aparelho de Russel Lock. A partir de então, diversos tipos de BAL foram sendo desenvolvidos e lançados no mercado. Esses acessórios não necessitam de ligaduras para manter o fio amarrado ao bráquete. Os fabricantes preconizam que dessa forma, há menores níveis de atrito na interface bráquete/fio, o que contribuiria para que os fios fossem colocados e retirados com maior rapidez, diminuindo assim o tempo de cadeira (SHIVAPUJA E BERGER, 1994; CACCIAFESTA et al., 2003; FERNANDES et al., 2008).

Com mesmo propósito dos BAL, com relação ao coeficiente de atrito têm-se disponível no mercado bráquetes convencionais em associação a ligaduras elásticas de baixa fricção ou bráquetes contendo geometria da canaleta alterada. Seus fabricantes alegam que estes sistemas apresentam vantagens, tais como custo reduzido e menor nível de atrito gerado entre bráquete/fio, podendo ser uma alternativa aos BAL.

Desta forma faz-se necessário avaliar os diferentes sistemas que prometem menor força de atrito.

Baseado nessa premissa o presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento de dois sistemas de baixo atrito, durante a mecânica ortodôntica de deslize e comparar esses sistemas com bráquetes convencionais associados a ligaduras elásticas convencionais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar *in vitro* a força de atrito estático gerada na interface bráquete/fio entre três tipos de bráquetes metálicos durante a simulação da mecânica de deslize.

2.2 Objetivos Específicos

- a) comparar a força de atrito estático gerada entre os bráquetes autoligantes e convencionais, metálicos, utilizando-se fios ortodônticos de aço inoxidável com secção transversal de 0.014" e 0.018", em diferentes angulações;
- b) comparar a força de atrito estático gerada entre os bráquetes autoligantes e bráquetes contendo geometria da canaleta alterada, metálicos, utilizando-se fios ortodônticos de aço inoxidável com secção transversal de 0.014" e 0.018", em diferentes angulações;
- c) comparar a força de atrito estático gerada entre os bráquetes convencionais e bráquetes contendo geometria da canaleta alterada, metálicos, utilizando-se fios ortodônticos de aço inoxidável com secção transversal de 0.014" e 0.018", em diferentes angulações.

ARTIGO: ATRITO ESTÁTICO ENTRE BRÁQUETES METÁLICOS COM DIFERENTES GEOMETRIAS E ANGULAÇÕES

Artigo formatado segundo as normas de publicação da Revista Angle Orthodontist.

Raquel Moraes Castro^a

Perrin Smith Neto^b

Martinho Campolina Rebello Horta^c

Matheus Melo Pithon^d

Dauro Douglas Oliveira^e

- ^a. Mestre em Ortodontia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- ^b. Professor titular de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- ^c. Coordenador dos Programas de Pós-graduação em Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.
- ^d. Professor de Ortodontia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié, Brasil.
- ^e. Coordenador do Mestrado em Ortodontia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

Autor para correspondência:

Raquel Moraes Castro

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - Pós-Graduação em Odontologia

Av. Dom José Gaspar, 500 – Prédio 46, Sala 106. Belo Horizonte, MG, Brazil, 30535-610

Telefone: 55 - 31 - 3319-4414, Fax: 55 - 31 - 3319-4415

Email: raquelmcastro@hotmail.com

RESUMO

Objetivo: comparar a força de atrito estático gerada na interface bráquete/fio entre bráquetes metálicos com diferentes geometrias e angulações, combinados a fios ortodônticos de diferentes calibres.

Materiais e métodos: a força de atrito foi avaliada em três diferentes tipos de bráquetes autoligante (SmartClip™, Monrovia, USA), contendo geometria da canaleta alterada (Mini Uni Twin™, Monrovia, USA) e convencional (Kirium, São José do Rio Preto, Brasil) montados em três diferentes angulações e associado a fios ortodônticos de secção 0.014" e 0.018" (American Orthodontics, Sheboygan, USA). A força de atrito estático foi mensurada por meio da máquina universal de ensaios EMIC® DL 500 (São José dos Pinhais, Brasil) a uma velocidade de 1 mm/min. Os testes D'Agostino e Pearson e ANOVA dois critérios seguido pelo teste Post Hoc de Bonferroni foram utilizados para análise estatística com nível de significância de 5%.

Resultados: comparando-se os três bráquetes testados com a mesma angulação e o mesmo calibre de fio, houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) quanto à força de atrito entre eles. Somente na angulação de 10°, o calibre do fio influenciou no atrito ($p < 0.05$). Apenas quando os bráquetes foram associados ao fio 0.018", a angulação influenciou a força de atrito ($p < 0.05$).

Conclusão: os bráquetes contendo geometria da canaleta alterada apresentaram força de atrito estático intermediária entre os bráquetes convencionais e autoligantes testados.

3.1 INTRODUÇÃO

Atrito pode ser definido como uma força que se opõe à tendência de movimento de um corpo em contato com uma superfície. É uma componente que age na direção tangente às superfícies e surge apenas quando as superfícies em contato tendem a deslizar uma em relação à outra ou, quando de fato deslizam¹. O atrito pode ser subdividido em estático e cinético, de acordo com a existência ou não de movimento entre as superfícies de contato. A força de atrito estático é a menor força necessária para iniciar o movimento entre duas superfícies que se encontravam em repouso. A força de atrito cinético é aquela que se opõe ao movimento de deslize de um corpo sobre uma superfície. Na Ortodontia, o atrito cinético é irrelevante, pois o movimento do dente ao longo do fio não é contínuo; ocorre numa sequência de paradas, estando próximas ao equilíbrio².

A movimentação dentária associada à mecânica de deslize ocorre numa série alternada de inclinação coronária e verticalização radicular no sentido da força aplicada³. Quando a força para movimentação dentária é aplicada no bráquete, ocorre uma inclinação coronária em direção à força até que haja contato do fio com a aresta do bráquete, ocorrendo dobras entre o fio e o bráquete (*binding effect*), gerando assim um aumento do atrito. De acordo com Thorstenson e Kusy⁴, *binding effect* é definido como parte da resistência ao deslizamento que ocorre quando o fio é angulado no slot sem que haja deformação plástica. Não é apenas sensível a angulação, sendo também diretamente proporcional a rigidez do fio.

Várias pesquisas são realizadas na indústria de materiais ortodônticos a fim de reduzir o atrito gerado na Ortodontia. Baseado nisto, em 1935 surgiu a idéia dos bráquetes autoligantes, com a introdução do aparelho de Russel Lock. A partir de então, diversos tipos de bráquetes autoligantes foram sendo desenvolvidos e lançados no mercado. Esses acessórios não necessitam de ligaduras para manter o fio inserido no interior do bráquete. Os fabricantes preconizam que dessa forma, há menores níveis de atrito na interface bráquete/fio, o que contribuiria para que os fios fossem colocados e retirados com maior rapidez, diminuindo assim o tempo de cadeira^{5,6,7}. Alguns autores sugerem que o baixo atrito seria responsável pela redução do tempo total de tratamento. Além disso, outros pesquisadores sugerem que os bráquetes autoligantes são menos desconfortáveis para o paciente e mais

fáceis de serem higienizados^{5,8}. Entretanto, essas características não são unanimemente aceitas e, esses acessórios ainda possuem a desvantagem do custo muito mais elevado do que os bráquetes ditos convencionais.

Assim sendo, outros sistemas de baixo atrito foram desenvolvidos como, por exemplo, bráquetes convencionais em associação a ligaduras elásticas de baixa fricção ou bráquetes contendo geometria da canaleta alterada. Os fabricantes alegam que estes sistemas apresentam vantagens, tais como custo reduzido e menor nível de atrito gerado entre bráquete/fio, podendo ser uma alternativa aos bráquetes autoligantes.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi comparar a força de atrito estático gerada na interface bráquete/fio entre o bráquete autoligante e o bráquete contendo geometria da canaleta alterada, utilizando o bráquete convencional associado à ligadura elástica convencional como grupo controle, tendo como variáveis a angulação e as diferenças de calibres do fio, simulando as etapas de alinhamento e nivelamento.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram avaliados três tipos de bráquetes metálicos: autoligantes passivos de aço inoxidável (SmartClipTM, 3M/Unitek, Monrovia, Califórnia, USA); contendo geometria da canaleta alterada (Mini Uni TwinTM, 3M/Unitek, Monrovia, Califórnia, USA) e convencionais (Kirium, 3M/Abzil, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil). Todos os bráquetes utilizados foram de incisivo central superior direito, sendo que os SmartClipTM possuem canaleta 0.022 x 0.028" com prescrição MBT (angulação de 4° e torque de 17°) e os demais, canaleta 0.022 x 0.030", com prescrição Roth (angulação de 5° e torque de 12°) (Figura 1). Os bráquetes Mini Uni TwinTM e Kirium foram associados à ligadura elástica convencional Unistick LigaturesTM (American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, USA) de cor cinza, para amarração do fio. Foram utilizados fios ortodônticos de aço inoxidável com calibre de 0.014" e 0.018" (American Orthodontics, Sheboygan, Wisconsin, USA).

Para simulação da mecânica ortodôntica de deslize confeccionou-se um dispositivo onde os bráquetes permaneceram em repouso em relação à sua base e o fio deslizou ao longo da sua canaleta. Esse sistema era composto de duas placas

de alumínio, sendo que uma delas foi conectada diretamente à célula de carga acoplada à parte superior da máquina universal de ensaios e a outra presa à parte inferior por um dispositivo que permitia ajustes ântero-posteriores, possibilitando com isso o alinhamento passivo do fio na canaleta dos bráquetes impossibilitando qualquer angulação entre as placas (Figura 2A). O paralelismo entre as placas superior e inferior foi conferido por meio da aproximação das mesmas e utilização de um relógio comparador com resolução centesimal (Mitutoyo, Santo Amaro, São Paulo, Brasil).

A placa superior, pela vista frontal, possuía um parafuso com cabeça sextavada, onde foi colado o bráquete com cola instantânea a base de éster de cianoacrilato (Super Bonder[®], Loctite Henkel, São Paulo, Brasil) (Figura 2B). Este parafuso possuía uma canaleta, que auxiliava durante a colagem do braquete, para que este acessório ficasse colinear aos demais da placa inferior. Devido às diferentes alturas dos três tipos de bráquetes da pesquisa, este acessório era alterado de acordo com o grupo que estava sendo testado.

A placa inferior por sua vez apresentava três parafusos com cabeça sextavada com uma agulha que indicava o posicionamento em 0°, 5° e 10° (Figura 2C). Para realização da mudança dos ângulos, havia uma porca borboleta na parte posterior da placa, que permitia destravar e travar a agulha em determinada angulação. Foi instituído que apenas o bráquete do meio seria angulado (Figura 2D), simulando um dente inclinado em relação aos seus adjacentes bem posicionados e também para que o fio do corpo de prova permanecesse no longo eixo do sistema. Sobre cada parafuso com cabeça sextavada, foi colado um bráquete com cola instantânea a base de éster de cianoacrilato (Super Bonder[®], Loctite Henkel, São Paulo, Brasil). Para auxílio na colagem havia uma canaleta reta e três perpendiculares e a interseção destas três retas com a principal coincidia com o centro do bráquete. A distância entre o centro de um bráquete e outro era 8 mm, simulando a distância interbráquetes dos incisivos centrais superiores. Para conferir precisão e reprodutibilidade no posicionamento dos bráquetes de todos os corpos de prova, confeccionou-se um acessório com fio de aço retangular com espessura 0.021 x 0.025", conformado em forma de "U" e encaixado na canaleta dos bráquetes e nos furos localizados nas extremidades da placa de alumínio inferior simultaneamente (Figura 2C). Com esse procedimento, podia-se assegurar que os três bráquetes estavam alinhados e o ângulo de entrada do fio era igual à zero.

Cada combinação de bráquete/fio ou bráquete/fio/ligadura foi submetido a três testes consecutivos, utilizando o mesmo fio e a mesma angulação. Logo em seguida, removia-se o fio, alterava-se a angulação do bráquete do meio, inseria-se um novo fio com o mesmo diâmetro do fio do teste anterior e realizava-se mais três testes. Este procedimento foi realizado para as três angulações, ou seja, o mesmo conjunto de bráquetes foi submetido a nove testes, apenas variando as angulações e os fios do corpo de prova. Cada grupo de teste foi composto por 10 corpos de prova, com o total de 30 testes em cada grupo.

Todos os testes e a preparação dos corpos de prova foram realizados pelo mesmo operador. Com o intuito de evitar a presença de substâncias oleosas ou impurezas que pudessem interferir nos resultados encontrados, os bráquetes e fios foram limpos por meio de fricção com uma gaze embebida em álcool etílico a 70%.

Durante a preparação dos corpos de prova dos grupos Mini Uni Twin™ e Kirium, foi utilizado um dispositivo para inserção de ligaduras elásticas (Straight-Shooter®, TP Orthodontics, La Porte, Indiana, USA), a fim de padronizar a quantidade de extensão da ligadura elástica no momento de sua inserção (Figura 3).

Para mensuração da força de atrito nos sistemas estudados, utilizou-se a máquina universal de ensaios EMIC® DL 500 (São José dos Pinhais, Paraná, Brasil), calibrada seguindo as orientações do fabricante acoplada a célula de carga de 5000 N. Os ensaios foram realizados a uma velocidade de 1 mm/min.

Para análise estatística dos resultados obtidos, utilizou-se o software GraphPad Prism 5.00 (GraphPad Software, San Diego, Califórnia, USA). Foi realizada a mediana dos três testes consecutivos realizados em cada grupo de testes, para evitar que valores extremos interferissem no resultado. O teste *D'Agostino* e *Pearson* demonstrou que as medidas apresentavam distribuição normal. Foi utilizado o teste estatístico *ANOVA dois critérios*, seguido pelo teste *Post Hoc de Bonferroni* para avaliação entre pares. O nível de significância foi estabelecido em 5%.

3.3 RESULTADOS

Comparando-se os três bráquetes testados com a mesma angulação e o mesmo calibre de fio, houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) quanto

à força de atrito entre eles. O bráquete convencional apresentou valores médios de atrito mais altos do que os bráquetes contendo geometria da canaleta alterada ($p<0.05$). Por sua vez, os valores registrados para os bráquetes autoligantes foram significativamente menores do que os demais ($p<0.05$).

Os valores dos testes que associaram os bráquetes ao fio 0.014" mostraram que a força de atrito não foi influenciada pela angulação em nenhum desses grupos ($p>0.05$). Entretanto, quando as amostras foram testadas com o fio 0.018", a variação de angulação de 0° a 10° influenciou significativamente ($p<0.05$) o aumento das forças de atrito estático registradas (Tabela 1)

Analisando a força de atrito nas angulações de 0° e 5°, observou-se que esta foi influenciada pelo tipo de bráquete, mas não houve diferença estatisticamente significativa ($p>0.05$) quanto à força de atrito entre os fios 0.014" e 0.018" nestas angulações. Já na angulação de 10°, tanto o tipo de bráquete quanto o calibre do fio influenciaram ($p<0.05$) no atrito (Tabela 1).

3.4 DISCUSSÃO

A influência de certos materiais na força de atrito durante o tratamento ortodôntico é um assunto muito discutido na Ortodontia contemporânea. Nos últimos anos, os fabricantes de materiais ortodônticos têm sugerido que a utilização de bráquetes autoligantes proporciona melhores resultados clínicos do que aqueles obtidos com bráquetes convencionais³. A redução do tempo de cadeira e da duração do tratamento como um todo são bons exemplos das vantagens preconizadas pelos fabricantes quando esses acessórios são utilizados. Essas supostas vantagens devem ser bem investigadas de forma imparcial visto que o custo dos bráquetes autoligados é muito superior que o dos convencionais⁹.

Será que estas vantagens são mesmo verdadeiras a ponto de justificar um aumento tão significativo dos custos para os ortodontistas? Será que não existe outro tipo de bráquete que possa representar uma redução do atrito em determinada época do tratamento ortodôntico? Um tipo de bráquete aparentemente intermediário entre os BAL e os convencionais são os acessórios contendo geometria da canaleta alterada. Será que esses acessórios apresentam o baixo atrito dos autoligantes

mesmo tendo um custo menor? Esse estudo comparou a força de atrito estático desses três tipos de bráquetes.

Na Ortodontia, durante a mecânica de deslize, o movimento do dente ao longo do fio não é contínuo; ocorre numa sequência de paradas, estando próximas ao equilíbrio². Portanto, este trabalho registrou apenas a força de atrito estático gerada entre o bráquete e o fio ortodôntico. Algumas pesquisas^{3,10} compararam o atrito de bráquetes autoligantes passivos e interativos e concluíram que os bráquetes autoligantes passivos estão associados a uma força de atrito menor. Desta forma, este trabalho optou por testar apenas o bráquete autoligante passivo em relação aos demais.

Dentre os bráquetes testados no presente estudo, ficou constatado que o bráquete convencional apresentou atrito estático maior que o bráquete Mini Uni Twin. Este achado pode estar relacionado com o fato do bráquete Mini Uni Twin apresentar a geometria da canaleta alterada, com quinas internas arredondadas. Assim sendo, quando a força ortodôntica é aplicada no bráquete para movimentação dentária, o *binding effect* seria menor quando comparado ao do bráquete convencional.

O bráquete autoligante exibiu o menor nível de atrito estático quando comparado aos demais. Os fabricantes alegam que bráquetes autoligantes possuem maior eficiência e reduzem o tempo de tratamento devido ao atrito reduzido em relação aos bráquetes convencionais³. Krishnan, Kalathil e Abraham¹¹ comprovaram por meio de seu estudo que o atrito estático e cinético é menor tanto nos bráquetes autoligantes interativos quanto passivos em relação aos bráquetes convencionais corroborando com o presente trabalho.

A forma de amarração das ligaduras elásticas é um fator que interfere no atrito. De acordo com o estudo realizado por Hain, Dhopatkar e Rock¹², a configuração de amarração em 8 aumentou o nível de atrito em todos os sistemas de bráquetes testados. No presente estudo, a forma de amarração da ligadura elástica foi padronizada, a fim de eliminar esta variável.

Dentre os fatores biológicos, uma das variáveis relacionadas ao atrito inclui a saliva. Ela age como lubrificante, reduzindo o atrito estático independente do sistema de bráquete utilizado¹². Esta variável não foi avaliada neste estudo. Os testes foram realizados em ambiente livre de umidade; pesquisas futuras devem ser

realizadas na presença de umidade com o intuito de apontar resultados relacionados ao atrito correspondentes ao que ocorre no ambiente oral.

O aumento no nível de debris e rugosidade superficial dos fios está diretamente relacionado ao aumento do atrito entre bráquete e fio durante a mecânica de deslize¹³. Com o objetivo de evitar a presença de substâncias oleosas ou impurezas e assim eliminar esta variável, os bráquetes e fios testados foram limpos por meio de fricção com uma gaze embebida em álcool etílico a 70%.

O atrito na Ortodontia tem recebido muita atenção, pois as empresas de materiais ortodônticos decidiram que o baixo atrito é bom e estão usando este conceito para vender os bráquetes autoligantes². Porém, nem sempre o baixo atrito é desejado na mecânica ortodôntica. Nas fases iniciais de alinhamento e nivelamento ou de retração de um dente ao longo de um arco contínuo o baixo atrito pode ser importante. Entretanto, na fase de finalização em que necessita-se de maior controle do movimento dentário, a presença de atrito entre bráquete e fio é indispensável para se obter o correto posicionamento tridimensional dos dentes.

Apesar dos vários estudos realizados com bráquetes autoligantes, não há evidências suficientes que suportem o seu uso em relação ao bráquetes convencionais e que demonstrem que o tratamento ortodôntico seja mais ou menos eficiente com sua utilização¹⁴. De acordo com os resultados deste estudo, o bráquete Mini Uni Twin apresentou-se como uma alternativa viável ao uso dos bráquetes autoligantes. Além de exibir menor nível de atrito em relação ao bráquete convencional, oferece a vantagem do custo reduzido em relação ao autoligante.

Outros estudos devem ser desenvolvidos para avaliar o comportamento destes bráquetes contendo geometria alterada em outras situações clínicas relevantes como, por exemplo, a expressão de torque durante a fase de finalização dos tratamentos ortodônticos.

3.5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir com a realização desse trabalho que:

1. Dentre os bráquetes testados, o bráquete autoligante foi o que apresentou menor nível de atrito estático em todas as situações testadas;

2. O bráquete contendo geometria da canaleta alterada apresentou força de atrito estático significativamente menor que o bráquete convencional em todas as situações testadas, podendo ser considerado como uma alternativa viável ao uso dos bráquetes autoligantes.

REFERÊNCIAS

1. Rossouw PE. Friction: an overview. Semin in Orthod. 2003;9:218-222.
2. Burrow SJ. Friction and resistance to sliding in orthodontics: a critical review. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009;135:442-447.
3. Budd S, Dashalogiannakis J, Thompson BD. A study of the frictional characteristics of four commercially available self-ligating bracket systems. Eur J Orthod. 2008;30:645-653.
4. Thorstenson GA, Kusy RP. 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;120:361-370.
5. Shivapuja PK, Berger J. A comparative study of conventional ligation and self-ligation bracket systems. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1994;106:472-480.
6. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Ricciardi A, Scribante A, Klersy C, Auricchio F. Evaluation of friction of stainless steel and esthetic self-ligating brackets in various bracket-archwire combinations. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003;124:395-402.
7. Fernandes DJ, Almeida RCC, Quintão CCA, Elias CN, Miguel JAM. A estética no sistema de bráquetes autoligáveis. R Dental Press Ortodon Ortop Facial. 2008;13:97-103.
8. Franchi L, Baccetti T, Camporesi M, Barbato E. Forces released during sliding mechanics with passive self-ligating brackets or nonconventional elastomeric ligatures. Am J Orthod Orthop. 2008;133:87-90.
9. 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 J Orthod. 2011;16:107-115.

10. 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. Eur J Orthod. 2011.
11. Krishnan M, Kalathil S, Abraham KM. Comparative evaluation of frictional forces in active and passive self-ligating brackets with various archwire alloys. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009;136:675-682.
12. Hain M, Dhoptkar A, Rock P. The effect of ligation method on friction in sliding mechanics. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2003;123:416-422.
13. Marques ISV, Araújo AM, Gurgel JA, Normando D. Debris, roughness and friction of stainless steel archwires following clinical use. Angle Orthod. 2010;80:521-527.
14. Fleming PS, Johal A. Self-ligating brackets in orthodontics. Angle Orthod. 2010;80:575-584.

ANEXOS

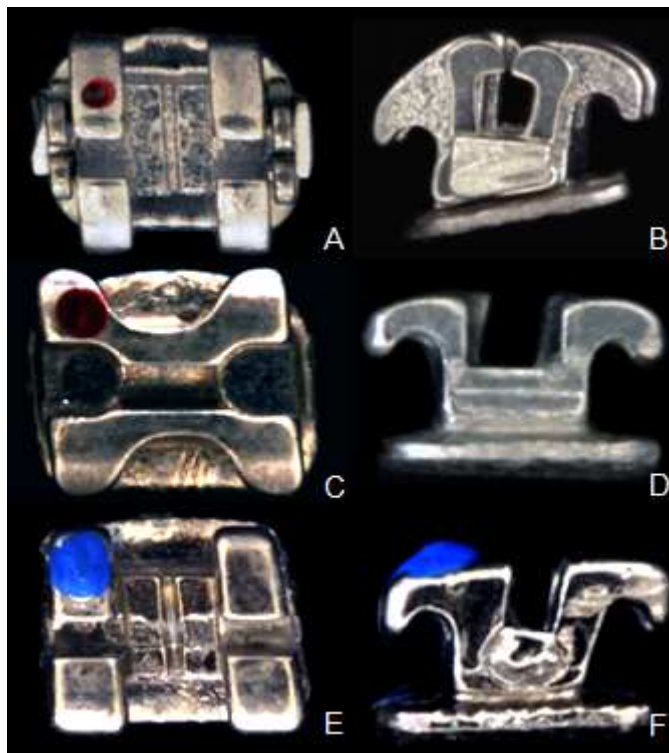


Figura 1. Bráquetes avaliados. (A-B) Bráquete autoligante (SmartClip™). (C-D) Bráquete contendo geometria da canaleta alterada (Mini Uni Twin™). (E-F) Bráquete convencional (Kirium).
Fonte: Arquivo pessoal.

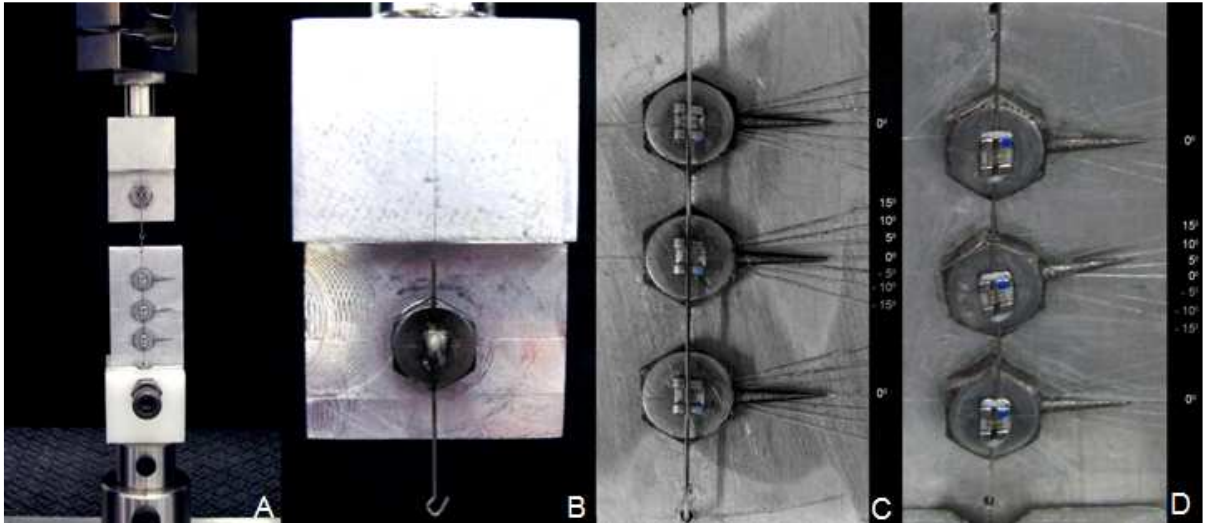


Figura 2. (A) Dispositivo utilizado nos ensaios. (B) Placa superior. (C) Placa inferior com dispositivo em forma de U utilizado para colagem dos bráquetes. (D) Bráquete do meio angulado.
Fonte: Arquivo pessoal.

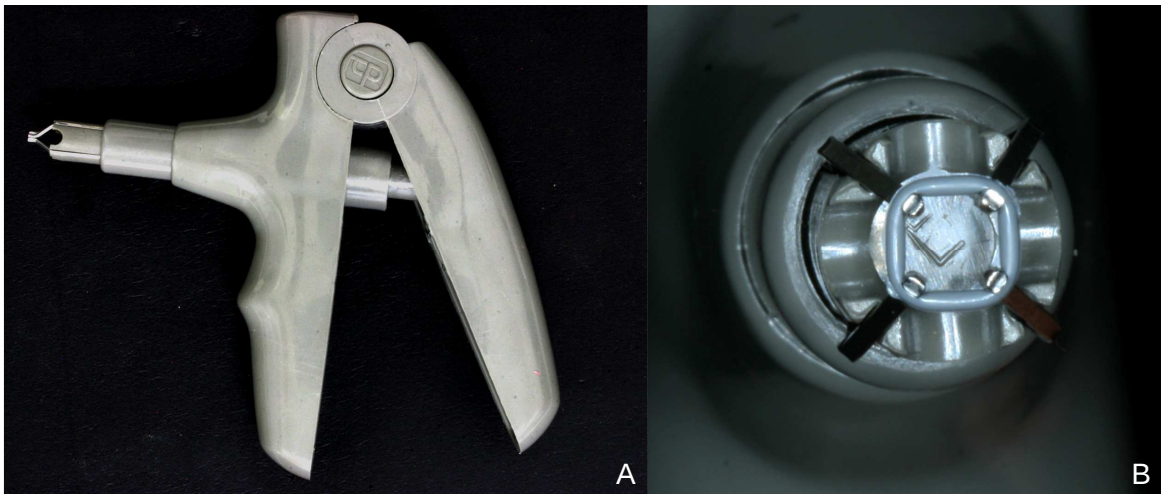


Figura 3. (A) Straight-Shooter®. (B) Extensão da ligadura elástica.
Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 1. Média e desvio padrão da força de atrito (N) entre diferentes tipos de bráquetes, angulações e calibres: comparação entre angulação e calibre do fio.

		0°	5°	10°	Valor de p*
Bráquete convencional	0.014"	2.93 ± 1.02	2.72 ± 0.86	3.21 ± 0.57	n.s. ^{a,b,c}
	0.018"	2.79 ± 0.86	3.14 ± 0.94	4.86 ± 0.93	n.s. ^a p<0.05 ^{b,c}
	Valor de p*	n.s. ^d	n.s. ^d	p<0.05 ^d	
Bráquete com geometria da canaleta alterada	0.014"	1.69 ± 0.13	1.67 ± 0.20	1.74 ± 0.20	n.s. ^{a,b,c}
	0.018"	1.91 ± 0.26	1.83 ± 0.24	3.24 ± 0.60	n.s. ^a p<0.05 ^{b,c}
	Valor de p*	n.s. ^d	n.s. ^d	p<0.05 ^d	
Bráquete autoligante	0.014"	0.17 ± 0	0.17 ± 0	0.37 ± 0.07	n.s. ^{a,b,c}
	0.018"	0.17 ± 0	0.37 ± 0.21	1.32 ± 0.50	n.s. ^a p<0.05 ^{b,c}
	Valor de p*	n.s. ^d	n.s. ^d	p<0.05 ^d	

*Valor de p obtido pelo teste ANOVA 2 critérios seguido pelo teste Post Hoc de Bonferroni

^a 0° versus 5°; ^b 0° versus 10°; ^c 5° versus 10°; ^d 0.014" versus 0.018"; n.s. = não significativa.

Fonte: Dados da pesquisa.

REFERÊNCIAS

CACCIAFESTA, Vittorio *et al.* Evaluation of friction of stainless steel and esthetic self-ligating brackets in various bracket-archwire combinations. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Saint Louis, v.124, n.4, p.395-402, oct. 2003.

FERNANDES, Daniel J. *et al.* A estética no sistema de bráquetes autoligáveis. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, Maringá, v.13, n.3, p.97-103, maio/jun. 2008.

OLIVEIRA, Dauro D. *et al.* Corticotomias seletivas no osso alveolar para auxiliar a movimentação ortodôntica. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, Maringá, v.6, n.3, p.66-72, jun/jul. 2007.

SHIVAPUJA, Prasanna Kumar; BERGER, Jeff. A comparative study of conventional ligation and self-ligation bracket systems. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Saint Louis, v.106, n.5, p.472-480, nov. 1994.