

Influência do método de ligação sobre a resistência ao atrito em braquetes linguais com diferentes angulações de segunda ordem: um estudo *in vitro*

Graziane Olímpio Pereira¹, Carla Maria Melleiro Gimenez², Lucas Prieto³,
Marcos Gabriel do Lago Prieto⁴, Roberta Tarkany Basting⁵

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2177-6709.21.4.034-040.oar>

Objetivo: avaliar o atrito estático de fios de aço inoxidável em braquetes linguais autoligáveis ativos e passivos, e braquetes linguais ligados convencionalmente, com angulações de segunda ordem.

Métodos: dois tipos de braquetes linguais convencionais para caninos (STb light, Ormco, e PSWb, Tecnident) e dois tipos de braquetes autoligáveis, um ativo (In-Ovation L, GAC) e outro passivo (3D, Forestadent), foram avaliados. Um fio de aço inoxidável com angulações de 0°, 3° e 5° foi utilizado. Ligaduras metálicas, elásticas convencionais e ligaduras elásticas de baixo atrito também foram testadas. Uma máquina de ensaio universal causou atrito entre os braquetes e os fios, simulando uma mecânica de deslizamento de 2mm, a uma velocidade de 3mm/minuto.

Resultados: a análise de variância de dois níveis demonstrou haver um efeito significativo resultante da interação entre braquetes e angulações ($p < 0,001$). O teste de Tukey indicou que os valores mais altos de resistência ao atrito foram observados com uma angulação de 5° no braquete In-Ovation L, e no braquete STb com ligadura metálica. Já os braquetes 3D e In-Ovation L, e os braquetes STb com ligadura não convencional apresentaram valores de resistência ao atrito significativamente baixos com uma angulação de 0°. Com angulação de 0°, os braquetes STb com ligaduras metálicas, braquetes In-Ovation L e braquetes 3D apresentaram os mais baixos valores de resistência ao atrito.

Conclusões: à medida que a angulação aumentou de 0° para 3°, a resistência ao atrito estático também aumentou. À medida que a angulação aumentou de 3° para 5°, a resistência ao atrito estático também aumentou ou continuou a mesma. Os braquetes autoligáveis 3D e In-Ovation L, assim como os braquetes convencionais STb, parecem ser as melhores opções quando a mecânica de deslizamento é usada no tratamento ortodôntico lingual.

Palavras-chave: Atrito. Ligação. Braquetes ortodônticos.

¹ Assistente de Pesquisa, São Leopoldo Mandic, Departamento de Materiais Dentários e Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia e Instituto de Pesquisa, Campinas, São Paulo, Brasil.

² Professor, Universidade de Araras (UNARARAS), Departamento de Ortodontia, Araras, São Paulo, Brasil. Universidade Estadual Paulista (FOA-UNESP), Faculdade de Odontologia, Departamento de Ortodontia, Araraquara, São Paulo, Brasil.

³ Mestre, Associação Brasileira de Odontologia do Mato Grosso do Sul (ABO-MS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

⁴ Graduado em Odontologia, Associação Brasileira de Odontologia do Mato Grosso do Sul (ABO-MS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

⁵ Professor, São Leopoldo Mandic, Departamento de Materiais Dentários e Odontologia Restauradora, Faculdade de Odontologia e Instituto de Pesquisa, Campinas, São Paulo, Brasil.

Como citar este artigo: 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. 2016 July-Aug;21(4):34-40.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2177-6709.21.4.034-040.oar>

Enviado em: 20 de fevereiro de 2015 - **Revisado e aceito:** 18 de janeiro de 2016

» Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

Endereço para correspondência: Graziane Olimpio Pereira
Avenida Senador Lemos 435 - Sala 403
CEP 66050-000 Belém - PA - Brazil
E-mail: graziane.orto@icloud.com

INTRODUÇÃO

Os braquetes linguais diferem dos braquetes vestibulares com relação à sua configuração e aspectos clínicos. Especificamente os braquetes linguais convencionais são menores, para proporcionar mais conforto ao paciente e favorecer a higiene bucal¹. Quase todos os braquetes linguais são de aletas únicas e mais estreitos na dimensão mesiodistal do que os braquetes vestibulares, em virtude de limitações anatômicas idealizadas para proporcionar uma maior distância interbraquetes, embora estejam mais suscetíveis à inclinação quando submetidos a forças de tração². A mecânica de deslizamento tem a vantagem de reduzir o tempo de cadeira, e também o número de ativações; porém, se os dentes não forem alinhados de maneira adequada, o aumento no atrito entre o arco e os braquetes pode gerar movimentações dentárias inesperadas e uma maior perda de ancoragem².

Alguns dos fatores que influenciam na resistência ao atrito estão relacionados a: o material com que braquetes e fios são confeccionados; as condições da superfície dos arcos e dos *slots* dos braquetes; a seção transversal do arco; o torque aplicado na interface fio-braquete; a resistência ao cisalhamento; o uso de braquetes autoligáveis; a distância interbraquetes; a presença de saliva e a influência das funções bucais³. Estudos *in vitro* avaliaram a resistência ao atrito, comparando-a em diferentes ligas e fios de calibres variados, usando diferentes métodos de ligação e com braquetes ortodônticos vestibulares confeccionados com diferentes materiais, com angulações também variadas, utilizando modelos com um, três, cinco e dez braquetes, além de *typodonts*, para simular diferentes situações⁴⁻¹⁰. Porém são poucos os estudos avaliando o atrito produzido por braquetes linguais^{2,11,12}.

Quando o ângulo entre o braquete e o arco (angulação de segunda ordem) aumenta, a resistência ao atrito (mais especificamente, o efeito “binding”) parece aumentar rapidamente e com uma velocidade ainda maior, além do ângulo crítico de contato². Se não houver angulações no arco (ou seja, se não houver deformação elástica), o ângulo não aumentará para além do ângulo crítico de contato, mas pode haver resistência ao deslizamento e perda na quantidade de força de retração^{2,11}. Dessa maneira, torna-se interessante avaliar a resistência ao atrito estático de diferentes tipos de braquetes linguais (convencionais e autoligáveis) com angulações diferentes.

MATERIAL E MÉTODOS

As unidades experimentais foram compostas de braquetes de aço inoxidável de diferentes marcas comerciais, avaliados com um fio retangular de um único calibre submetido ao atrito com diferentes angulações ($n = 5$)^{2,9}. O material utilizado nas unidades experimentais, suas características e fabricantes são apresentados na Tabela 1. Os braquetes utilizados são apresentados na Figura 1.

Para a realização dos testes de resistência ao atrito, foram desenvolvidos dispositivos cilíndricos confeccionados com resina acrílica para a colagem dos braquetes e a realização das angulações. Em uma das extremidades do dispositivo, foi confeccionada uma chave de aço em formato de “L”, a qual foi inserida em um torno mecânico para garantir que a chave não se deslocaria, dentro do dispositivo de resina acrílica, durante a realização da angulação de segunda ordem. Na outra extremidade, foi realizada a colagem do braquete, seguida da avaliação. Os dispositivos foram fixados a um instrumento metálico pré-fabricado parafusado à base da máquina de ensaio universal (Emic DL 2000, São

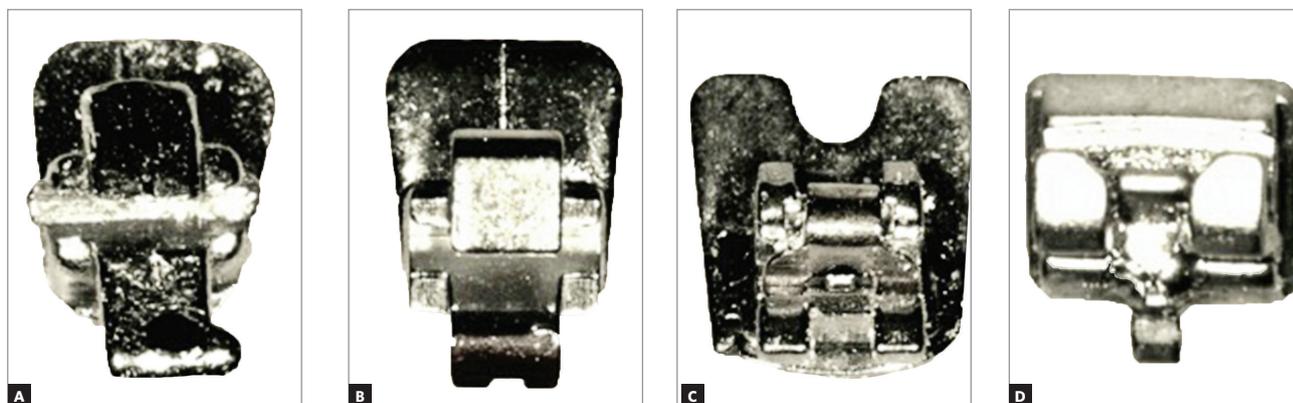


Figura 1 - Braquetes estudados: A) PSWb (Tecnident, São Carlos/SP); B) STb light (Ormco, EUA); C) In-Ovation L (GAC, EUA); D) 3D (Forestadent, Alemanha).

Tabela 1 - Características do material utilizado no estudo.

Material	Características	Fabricante (cidade, estado, país)
Prieto Straight Wire/ PSWb	Slot de 0,018" x 0,030"	Tecnident (São Carlos, São Paulo, Brasil)
	Caninos superiores D/E	
	Torque: 55°; angulação: 9°; diferença distal: 8°	
STb	Convencional	Ormco (Glendora, CA, EUA)
	Slot de 0,018" x 0,025"	
	Incisivos e caninos superiores D/E	
	ref. 369-2102	
In-Ovation L	Torque: 55°; angulação: 0°; rotação: 0°	GAC (Bohemia, NY, EUA)
	Convencional	
	Slot de 0,018" x 0,025"	
	Caninos superiores D/E – ref. 190-531-00	
3D	Torque: 60°; angulação: 0°; rotação: 0°	Forestadent (Pforzheim, Baden-Württemberg, Alemanha)
	Autoligável ativo	
	Slot de 0,018" x 0,025"	
	Incisivos e caninos superiores D/E	
	ref. 707-0033	
Ligadura Easy-To-Tie	Torque: 45°; angulação: 0°; rotação: 0°	3M Unitek, (Monrovia, CA, EUA)
	Autoligável passivo	
	Ligadura elastomérica convencional sem latex, com curvatura de 45° (ref. 406-870)	
Ligadura Super-Slick	Ligadura elastomérica não convencional de baixo atrito (ref. 382-921)	TP Orthodontics (La Porte, IN, EUA)
Fio de aço inoxidável	0,016" x 0,022" (ref. 100047)	Ortho Organizers (Carlsbad, CA, EUA)
Ligadura metálica	0,010" (LM) (ref. 55.01.210)	Morelli (Sorocaba, São Paulo, Brasil)

José dos Pinhais, Paraná, Brasil) para a realização dos ensaios de resistência ao atrito (Fig. 2). Para avaliar o posicionamento do braquete na angulação de segunda ordem, um transferidor (KJIN, plastic, 180 graus, Shenzhen, Guangdong, China) foi adaptado ao instrumento metálico, para a medição dos ângulos (Fig. 2).

O fio metálico (0,016" x 0,022") (Ortho Organizers, EUA) a ser submetido à força de tração foi seccionado com um comprimento de 10cm e utilizado como guia para padronizar o posicionamento do braquete colado no dispositivo de resina acrílica. Foi empregado o seguinte procedimento de colagem: os braquetes foram inseridos a uma distância de 10mm de uma das extremidades do fio, enquanto 10mm da outra extremidade do fio foram inseridos em uma célula de carga acoplada à

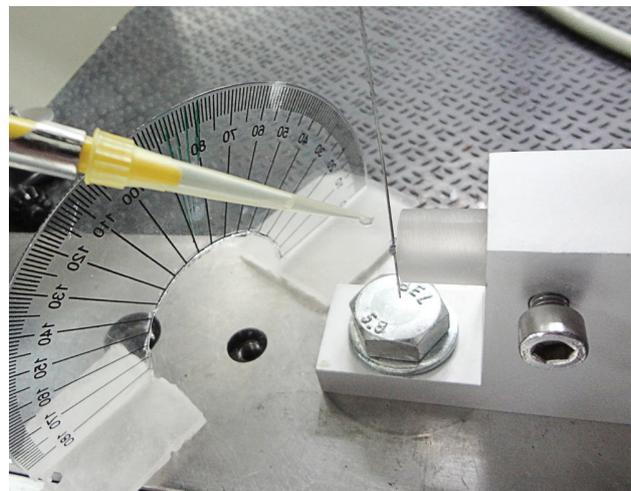


Figura 2 - Braquete posicionado no dispositivo, para o teste de atrito, e aplicação de saliva artificial, para lubrificação.

máquina de ensaio universal, para fins de padronização. Com isso, a superfície do braquete colado permaneceu paralela à margem do dispositivo de resina acrílica, a fim de prevenir qualquer interferência no torque e na angulação. Foi aplicada cola instantânea (Super Bonder GEL, Henkel, Itapevi, SP, Brasil) na base do braquete preso ao fio na célula de carga, de acordo com o método de ligação sendo estudado. O parafuso do instrumento metálico que prendia o corpo de prova foi afrouxado e inserido na base do braquete, com o cuidado de não causar quaisquer alterações e manter o conjunto braquete-fio em “configuração passiva”.

Após a colagem de cada braquete a ser testado, os braquetes foram presos ao arco por meio de diferentes tipos de ligaduras: braquetes convencionais (STb, PSWb) foram ligados por meio de ligaduras convencionais (Easy-To-Tie) e ligaduras metálicas de baixo atrito (Super Slick); os cliques dos braquetes linguais autoligáveis ativos (In-Ovation L) e passivos (3D) foram fechados.

Os testes de resistência ao atrito foram realizados em temperatura ambiente (24°C), com aplicação de uma gota de saliva artificial¹³ (3,5g de mucina porcina; 2g de xilitol; 100mg de metilparabeno; 50mg de EDTA, 2mg de cloreto de benzalcônio; 0,42mg de fluoreto de sódio; 100ml de solução aquosa) para simular a lubrificação do ambiente bucal. Antes do início de cada teste, foi aplicada saliva artificial com o auxílio de uma micropipeta ((HTL Labmate, Daniszewska, Warsaw, Polônia), pingando a solução dentro do *slot* de cada braquete (Fig. 2).

O teste de resistência ao atrito foi realizado cinco vezes para cada uma das angulações previamente estabelecidas (0°, 3° e 5°). A cada repetição, as ligaduras elásticas e metálicas dos braquetes convencionais foram substituídas. Durante os testes dos braquetes autoligáveis, a máquina foi reposicionada em sua posição inicial e o clipe do braquete foi aberto e fechado. Cada vez que o teste foi realizado, foi aplicada saliva artificial no *slot* do braquete a ser testado, e o conjunto braquete-fio foi limpo com algodão embebido em álcool 70%.

Inicialmente, os testes foram realizados com uma angulação de 0° para um determinado tipo de braquete. Em seguida, um novo conjunto braquete-fio foi posicionado no dispositivo de resina acrílica e na célula de carga, respectivamente, de acordo com os procedimentos descritos anteriormente. Para posicionar o braquete na angulação desejada, o parafuso do instrumento metálico que posiciona o dispositivo foi afrouxado com a chave

adequada. A chave de aço em formato de “L” do dispositivo de resina acrílica foi girada manualmente até se obter a angulação desejada do conjunto braquete-fio (3° ou 5°), utilizando um transferidor como referência. O conjunto braquete-fio foi reposicionado a uma angulação de 0° antes da realização de cada teste com angulações de 3° e 5°.

A máquina de ensaio universal foi programada para tracionar o fio a uma velocidade de 3mm por minuto, com um deslocamento de 2mm do fio no *slot* do braquete. A resistência ao atrito gerada durante a movimentação do fio foi determinada com uma célula de carga de 50 N acoplada à máquina de ensaio universal. A máquina de ensaio universal e um programa de automação de ensaios (Tesc versão 3.01, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) foram utilizados para os testes de resistência ao atrito e ao deslizamento entre o fio e o braquete. Foi simulada a resistência ao deslizamento na distalização de um canino direito, com um fio de 0,016” x 0,022”, em uma arcada previamente alinhada.

Antes das análises estatísticas, verificou-se a normalidade da distribuição dos dados e a homogeneidade da variância dos valores, por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Levene. Verificou-se a presença de dados discrepantes. Observou-se a distribuição normal dos dados e a análise de variância de dois níveis foi empregada. O teste de Tukey foi realizado para comparações múltiplas. O programa SPSS 20 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) foi utilizado para a realização dos cálculos estatísticos, com um nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A análise de variância a dois critérios demonstrou haver uma interação significativa entre os tipos de braquetes e os fatores de angulação ($p < 0,001$). O teste de Tukey demonstrou não haver diferença significativa no atrito estático gerado pelos braquetes e ligaduras avaliados, para a condição de teste sem angulação (0°).

Em todas as angulações (Tab. 2), o braquete convencional STb com ligadura convencional apresentou um valor de atrito estático significativamente menor do que todos os outros grupos representados pelos braquetes-ligaduras, com exceção dos grupos nos quais o braquete STb e a ligadura metálica foram utilizados. Esse conjunto, por sua vez, não produziu uma força de atrito diferente daquela observada com o braquete autoligável ativo In-Ovation L. A força de atrito medida com esse último braquete não foi significativamente diferente

Tabela 2 - Valores de média e desvio-padrão (gf) da força de atrito estático, de acordo com o tipo de braquete e a angulação.

Braquete – Ligadura	0°	3°	5°
3D	18 ± 4 ^{Aa}	408 ± 38 ^{CDb}	516 ± 25 ^{ABCb}
In-Ovation L	10 ± 7 ^{Aa}	292 ± 87 ^{BCb}	682 ± 110 ^{Dc}
PSWb – LC	56 ± 5 ^{Aa}	610 ± 139 ^{Eb}	488 ± 75 ^{ABCb}
PSWb – LM	120 ± 66 ^{Aa}	328 ± 131 ^{Cb}	376 ± 64 ^{Ab}
PSWb – LNC	46 ± 22 ^{Aa}	476 ± 35 ^{DEb}	684 ± 47 ^{Dc}
STb – LC	30 ± 7 ^{Aa}	132 ± 55 ^{Aa}	530 ± 45 ^{BCb}
STb – LM	0 ± 0 ^{Aa}	164 ± 48 ^{ABb}	632 ± 86 ^{CDc}
STb – LNC	90 ± 12 ^{Aa}	322 ± 41 ^{Cb}	412 ± 58 ^{ABb}

LC: Ligadura convencional; LM: Ligadura metálica; LNC: Ligadura não convencional de baixo atrito. Valores de média seguidos por letras maiúsculas sobrescritas diferentes indicam diferença significativa entre braquetes-ligaduras, considerando-se cada angulação individualmente (comparações dentro de cada coluna). Valores de média seguidos por letras minúsculas sobrescritas diferentes indicam diferença significativa entre ângulos, considerando-se cada braquete-ligadura individualmente (comparações dentro de cada linha).

daquela medida com o braquete STb associado a uma ligadura não convencional. Quando o sistema convencional PSWb foi utilizado com a ligadura metálica, observou-se, também, que não houve um atrito significativamente diferente daquele observado com o braquete autoligável ativo (In-Ovation L). O sistema autoligável passivo (3D) gerou valores de atrito sem diferença significativa com relação aos valores de atrito gerados com o sistema de braquetes autoligáveis ativos (In-Ovation L). O sistema convencional PSWb associado à ligadura convencional resultou em valores de atrito estatisticamente maiores, quando comparado ao braquete autoligável passivo (3D).

Com uma angulação de 5°, não houve diferença significativa entre os valores de força de atrito produzidos pelos braquetes PSWb com ligadura metálica ou convencional, braquetes STb com ligadura não convencional e braquetes autoligáveis passivos 3D. Os valores de atrito estático mais altos foram registrados para os braquetes In-Ovation L e a ligadura PSWb não convencional associada, os quais não foram significativamente diferentes do braquete STb com ligadura metálica.

O teste de Tukey indicou que o menor valor de força de atrito foi medido na ausência de angulação, ao passo que os valores mais altos foram observados com uma angulação de 5° para o braquete autoligável ativo (In-Ovation L), braquete convencional PSWb com ligadura não convencional e o braquete STb com ligadura metálica. A força de atrito estático para o sistema de braquetes autoligáveis passivos (3D), braquetes PSWb convencionais com ligaduras convencionais ou metálicas, e braquetes STb com ligadura não convencional foi significativamente menor com angulação igual a zero; porém, sem diferença

significativa entre os valores de atrito gerados com angulações iguais a 3° e 5°.

Apenas o braquete STb com ligadura metálica não apresentou diferença na força de atrito entre angulações de 0° e 3°. O maior valor de força de atrito para o braquete STb foi observado com uma angulação de 5°.

DISCUSSÃO

Com relação ao método de ligação, o presente estudo não identificou diferenças estatisticamente significativas com uma angulação de 0°. Porém, inúmeros estudos realizados com braquetes vestibulares e alguns estudos realizados com braquetes linguais demonstraram que o aumento na redução ou no atrito depende do método de ligação associado ao uso de braquetes autoligáveis passivos ou ativos, ligaduras elastoméricas convencionais ou não convencionais, tipos de ligadura metálica e às diferentes ligas e calibres dos fios^{5,8-12,14-18}.

As ligaduras Super Slick foram pensadas com o objetivo de reduzir o atrito, como resultado do revestimento Metafix, que reduz o atrito, a adesão de resíduos e o acúmulo de placa¹⁹. No entanto, na presente pesquisa, essas ligaduras não apresentaram valores de atrito menores, corroborando os achados de outros estudos^{14,20,21,22} que avaliaram diferentes tipos de ligaduras metálicas, incluindo as ligaduras Easy-to-Tie e Super Slick. A ligadura Super Slick apresentou a menor resistência ao atrito, enquanto a ligadura Easy-to-Tie apresentou os valores mais baixos; porém, as ligaduras metálicas e os métodos autoligáveis não foram comparados. Por outro lado, outros estudos^{4,20,23} demonstraram valores de atrito mais altos do que aqueles apresentados por braquetes autoligáveis e ligaduras metálicas.

Outros estudos demonstraram que a ligadura elástica Super Slick reduziu a resistência ao atrito, em comparação a outras ligaduras elásticas convencionais, incluindo a Easy-to-Tie^{4,24}, não corroborando os resultados do presente estudo. Hain et al.⁴ observaram um aumento de 80% no atrito com ligaduras Super Slick não imersas em saliva humana. Em razão disso, saliva artificial foi utilizada para lubrificação no presente estudo. Leanderand e Kumar¹⁹ relataram que o revestimento Metafix é hidrofóbico e torna-se escorregadio na presença de água ou saliva, assim reduzindo o atrito.

Thorstenson e Kusy²⁵ relataram a importância de se observar o ângulo crítico, ou seja, o ângulo no qual o fio toca os cantos opostos do braquete. A esse ponto, o atrito aumenta significativamente com qualquer tipo de braquete ou fio e, quando o arco não se deforma para além do ângulo crítico (também chamado de “binding”), a resistência ao deslizamento ocorre e há perda de força de retração. O presente estudo demonstrou que uma angulação maior levou a um aumento de resistência ao atrito, corroborando os achados de outros autores que estudaram braquetes vestibulares e linguais^{2,11,25}. A escolha das angulações de 0°, 3° e 5° para esse protocolo de pesquisa baseou-se em estudos anteriores disponíveis na literatura^{2,11,25}. Mais especificamente, os achados de Park et al.² relataram que o ângulo crítico variou entre 1° e 3° quando braquetes linguais foram utilizados com angulações de segunda ordem, *slots* de 0,018” x 0,025” e fios de aço inoxidável de 0,016” x 0,022”. Sendo assim, angulações maiores do que 5° não foram necessárias para avaliar a retração de caninos. Além disso, a movimentação dentária ortodôntica não é contínua e linear, mas dinâmica e descontínua. Por essa razão, angulações de segunda ordem devem ser avaliadas^{2,11,25}.

Ozturk Ortan et al.¹¹ relataram que o fio ideal para a retração parcial dos caninos seria o 0,016” x 0,016” de aço inoxidável. Já o fio ideal para a retração em massa seria o 0,016” x 0,022” de aço inoxidável. A retração parcial dos caninos torna-se inviável no tratamento ortodôntico lingual, pois comprometeria a estética do paciente que optou por tratamento visando bons resultados estéticos. Sendo assim, a retração em massa seria a melhor opção. Porém, até o momento, não há relatos de estudos *in vitro*, os quais poderiam reproduzir a pesquisa realizada por meio da retração dos seis dentes anteriores^{2,11}.

Para casos de ancoragem máxima, braquetes de baixo atrito parecem ser a alternativa mais eficaz nos segmentos

posteriores, quando a mecânica de deslizamento é empregada¹¹. Na Ortodontia Lingual, braquetes de baixo atrito podem aumentar o risco de rotação mesiovestibular dos molares, rotação distovestibular dos caninos e expansão da arcada, produzindo um efeito *bowing* transverso^{2,11}. Os braquetes com ligaduras elásticas e os braquetes PSWb com ligadura metálica apresentaram o valor de resistência ao atrito estático mais alto — provavelmente por apresentarem um *slot* mais profundo —, podendo ser clinicamente significativo. Porém, os estudos sobre o atrito em braquetes linguais ainda são poucos para que se possa fazer comparações^{2,12}. Apesar de Lalithapriya et al.¹² terem demonstrado que braquetes autoligáveis podem não trazer benefícios para a redução de atrito durante a retração em massa, em virtude de apresentarem cliques interativos.

Com uma angulação de 3°, braquetes STb com ligaduras convencionais apresentaram o menor valor de resistência ao atrito, sem diferença estatisticamente significativa entre angulações de 0° e 3°. A situação foi semelhante com braquetes STb com ligaduras metálicas. Isso pode ser explicado pela variação do ângulo crítico de contato entre 1° e 3° com fios de 0,016” x 0,022”². Apesar da redução na resistência do atrito estático desse grupo, em comparação aos outros grupos, esse fato não pode ser considerado positivo para braquetes linguais, uma vez que a mesma característica também age como um fator negativo, resultando na redução do controle de cada braquete individualmente^{2,11}. No geral, a resistência ao atrito estático aumentou significativamente quando a angulação cresceu de 3° para 5°, corroborando estudos anteriores^{2,11,25}.

No tratamento ortodôntico lingual, no qual uma menor resistência ao atrito se faz necessária, os braquetes autoligáveis (3D, In-Ovation L) e convencionais (STb) com ligaduras metálicas parecem ser as melhores opções de tratamento. Embora esse estudo *in vitro* apresente limitações, como variáveis supercontroladas, número de corpos de prova por grupo e diferenças nos desenhos dos *slots* dos braquetes, os resultados da presente pesquisa poderia influenciar e guiar os ortodontistas que preferem utilizar braquetes linguais em sua prática clínica. Os estudos de Ozturk Ortan et al.¹¹ encontraram valores mais baixos de força de atrito com braquetes In-Ovation L, comparados com os braquetes convencionais avaliados nessa pesquisa, corroborando os achados do presente estudo. Braquetes autoligáveis têm a vantagem de oferecer um tempo de cadeira reduzido, em comparação às ligaduras metálicas, pois são mais fáceis de manusear e minimizam o risco dos bra-

quetes escaparem durante a alimentação e a escovação, um evento que pode machucar a língua do paciente¹¹. Embora os braquetes PSWb tenham um *slot* de 0,018" x 0,030", esses braquetes não apresentaram uma redução da resistência ao atrito relacionada a *slots* mais profundos, em comparação a outros braquetes avaliados nessa pesquisa, provavelmente em virtude de algumas irregularidades no *slot*, o que pode influenciar no atrito. Porém, avaliações realizadas por meio de microscopia eletrônica de varredura devem ser conduzidas para confirmar essa hipótese. Ozturk Ortan et al.¹¹ avaliaram as dimensões dos *slots* de braquetes por meio de microscopia eletrônica de varredura e concluíram que os valores relatados pelos fabricantes não correspondiam aos resultados da pesquisa, e que todos os braquetes apresentavam dimensões maiores. A importância desses achados é a de que um atrito menor pode ser induzido por um *slot* maior, e isso pode causar problemas de segunda e terceira ordem, comprometendo o controle

de torque e rotação¹¹. Portanto, o uso de braquetes com *slots* de 0,022" também pode produzir uma menor resistência ao atrito quando uma angulação igual a zero é utilizada, em virtude do *slot* ser maior, o que pode produzir um *gap* entre o arco e o braquete; porém, um aumento na angulação aumenta o atrito.

CONCLUSÕES

Apesar das limitações desse estudo *in vitro*, pode-se chegar a algumas conclusões:

» Quando a angulação aumentou de 0° para 3°, a resistência ao atrito estático também aumentou. Quando a angulação aumentou de 3° para 5°, a resistência ao atrito estático também aumentou ou continuou a mesma.

» Os braquetes autoligáveis 3D e In-Ovation L, assim como os braquetes convencionais STb, parecem ser as melhores opções quando a mecânica de deslizamento é empregada na realização do tratamento ortodôntico lingual.

REFERÊNCIAS

- Geron S. Self-ligating brackets in lingual orthodontics. *Semin Orthod*. 2008;14(1):64-72.
- Park JH, Lee YK, Lim BS, Kim CW. Frictional forces between lingual brackets and archwires measured by a friction tester. *Angle Orthod*. 2004 Dec;74(6):816-24.
- Cacciabasta 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 Oct;124(4):395-402.
- Hain M, Dhopatkar A, Rock P. A comparison of different ligation methods on friction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006 Nov;130(5):666-70.
- Matarese G, Nucera R, Milti A, Mazza M, Portelli M, Festa F, et al. Evaluation of frictional forces during dental alignment: an experimental model with 3 nonleveled brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008 May;133(5):708-15.
- Gandini P, Orsi L, Bertoni C, Massironi S, Franchi L. In vitro frictional forces generated by three different ligation methods. *Angle Orthod*. 2008 Sept;78(5):917-21.
- Baccetti T, Franchi L, Camporesi M, Defraia E, Barbato E. Forces produced by different nonconventional bracket or ligature systems during alignment of apically displaced teeth. *Angle Orthod*. 2009 May;79(3):533-9.
- Tecco S, Tetè S, Festa F. Friction between archwires of different sizes, cross-section and alloy and brackets ligated with low-friction or conventional ligatures. *Angle Orthod*. 2009 Jan;79(1):111-6.
- Heo W, Baek SH. Friction properties according to vertical and horizontal tooth displacement and bracket type during initial leveling and alignment. *Angle Orthod*. 2011 July;81(4):653-61.
- Leite VV, Lopes MB, Gonini Júnior 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 J Orthod*. 2014 May-Jun;19(3):114-9.
- Ozturk Ortan Y, Yurdakuloglu Arslan T, Aydemir B. A comparative in vitro study of frictional resistance between lingual brackets and stainless steel archwires. *Eur J Orthod*. 2012 Feb;34(1):119-25.
- Lalithapriya S, Kumaran NK, Rajasigamani K. In vitro assessment of competency for different lingual brackets in sliding mechanics. *J Orthod Sci*. 2015 Jan-Mar;4(1):19-25.
- Christersson CE, Lindh L, Arnebrant T. Film-forming properties and viscosities of saliva substitutes and human whole saliva. *Eur J Oral Sci*. 2000 Oct;108(5):418-25.
- Tecco S, Di Iorio D, Cordasco G, Verrocchi I, Festa F. An in vitro investigation of the influence of self-ligating brackets, low friction ligatures, and archwire on frictional resistance. *Eur J Orthod*. 2007 Aug;29(4):390-7.
- Arun AV, Vaz AC. Frictional characteristics of the newer orthodontic elastomeric ligatures. *Indian J Dent Res*. 2011 Jan-Feb;22(1):95-9.
- Tecco S, Di Iorio D, Nucera R, Di Bisceglie B, Cordasco G, Festa F. Evaluation of the friction of self-ligating and conventional bracket systems. *Eur J Dent*. 2011 July;5(3):310-7.
- Huang TH, 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*. 2012 Oct;34(5):625-32.
- Montasser MA, El-Bialy T, Keilig L, Reimann S, Jäger A, Bourauel C. Force levels in complex tooth alignment with conventional and self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013 Apr;143(4):507-14.
- Leander D, Kumar JK. Comparative evaluation of frictional characteristics of coated low friction ligatures - Super Slick Ties with conventional uncoated ligatures. *Indian J Dent Res*. 2011 Jan-Feb;22(1):90-4.
- Griffiths HS, Sherriff M, Ireland AJ. Resistance to sliding with 3 types of elastomeric modules. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005 Jun;127(6):670-5; quiz 754.
- Crawford NL, McCarthy C, Murphy TC, Benson PE. Physical properties of conventional and Super Slick elastomeric ligatures after intraoral use. *Angle Orthod*. 2010 Jan;80(1):175-81.
- Cunha AC, Markezan M, Freitas AOA, Nojima LI. Frictional resistance of orthodontic wires tied with 3 types of elastomeric ligatures. *Braz Oral Res*. 2011;25(6):526-30.
- Khambay B, Millett D, McHugh S. Evaluation of methods of archwire ligation on frictional resistance. *Eur J Orthod*. 2004 Jun;26(3):327-32.
- 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.
- Thorstenson GA, Kusy RP. 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 Sept;122(3):295-305.