

Comparação *in vitro* da resistência ao cisalhamento na interface “PAD” de resina/esmalte dentário

Shear strength in vitro comparison in the “PAD” interface of dental resin/enamel

João Sarmiento Pereira Neto*

Leonardo Valdetaro Porto**

Maria Beatriz Borges de Araújo Magnani***

Vânia Célia Vieira de Siqueira***

Resumo

Objetivo: o presente estudo comparou a resistência ao cisalhamento na interface “pad” de resina/esmalte dentário em três materiais comumente utilizados para a colagem de bráquetes linguais. **Materiais e método:** foram elaborados 45 corpos de prova com incisivos bovinos inclusos em resina composta Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, USA) para simulação dos “pads”, os quais foram divididos em três grupos: Grupo I – a colagem com a resina Sondhi Rapid Set (3M Unitek, Monrovia, USA); Grupo II - a colagem com o selante Maximum Cure (Reliance Orthodontics Products, Itasca, USA); Grupo III – a colagem com a resina Natural Flow (Dfl, Ind e Com., Rio de Janeiro, Brasil). Após a colagem, os corpos de prova foram armazenados em água destilada em uma temperatura média de 37°C por 24 horas. Em seguida, foram submetidos a ensaio de resistência ao cisalhamento em máquina universal de ensaios a uma velocidade de 0,5mm/minuto. Os dados foram submetidos à Análise de Variância, e as médias ao teste de Tukey (5%). **Resultados:** os valores médios de resistência ao cisalhamento foram 17,28 Mpa para o Grupo I, 18,63 Mpa para o Grupo II e 24,33 Mpa para o grupo III. Os resultados encontrados para o Grupo III foram estatisticamente superiores aos grupos I e II, que não apresentaram diferenças estatísticas entre si. **Conclusões:** a resina Natural Flow apresentou a maior

resistência ao cisalhamento entre os três materiais testados, seguida pelo selante Maximum Cure e a resina Sondhi Rapid Set respectivamente; todos os materiais testados apresentaram resistência ao cisalhamento adequada para suprir as necessidades clínicas.

Palavras-chave: Bráquetes. Ortodontia. Colagem dentária.

Introdução

A falha na colagem de bráquetes é um problema que, rotineiramente, atrapalha o decorrer do tratamento ortodôntico, especialmente quando se usam aparelhos linguais. Uma eficiente adesão do bráquete ao dente é, portanto, fundamental para que a ortodontia lingual seja integrada com sucesso ao dia a dia do consultório dentário.

A adequada adesão dos bráquetes ao esmalte dentário, após a colagem, depende de fatores como o tipo e a eficácia dos sistemas adesivos utilizados, o tipo de base do acessório ortodôntico, o tempo adequado do condicionamento ácido, a lavagem, a secagem e o controle da umidade e da contaminação¹⁻².

<http://dx.doi.org/10.5335/rfo.v20i1.3899>

* Professor Associado da Área de Ortodontia da FOP/Unicamp, Departamento de Odontologia Infantil.

** Especialista em Ortodontia pela FOP/Unicamp.

*** Professor-Doutor da Área de Ortodontia da FOP/Unicamp.

Devido à grande variação anatômica entre as faces linguais dos dentes, a colagem dos bráquetes requer uma etapa laboratorial, na qual será realizada a padronização das faces por meio da confecção dos “pads” com resina composta^{3,4}. Segundo Kurz et al.⁵(1982), o desenvolvimento da ortodontia lingual foi proposto pelo autor em 1975, devido à sua insatisfação com a estética oferecida pelos bráquetes plásticos vestibulares. Então, juntamente com os engenheiros da Ormco, ele começou a trabalhar no projeto de um bráquete lingual que deveria seguir, inicialmente, três critérios básicos: oferecer o mesmo grau de controle obtido com os bráquetes vestibulares convencionais, ser pequeno e confortável e ter o maior grau de semelhança possível com os bráquetes *edgewise* vestibulares. “Estes bráquetes foram produzidos com aço inoxidável e a dimensão variava de acordo com cada dente, com “slots” 0,018”, paralelos ao plano oclusal, do tipo *edgewise*.

A colagem indireta na ortodontia lingual é absolutamente necessária, em razão da existência de grandes diferenças anatômicas entre as faces linguais dos dentes, havendo ainda a necessidade da padronização dessas faces por meio da confecção de uma base de resina durante a etapa laboratorial, denominada de “pad”. Também deve ser observado o correto posicionamento dos bráquetes linguais já que as dobras de compensação no arco lingual são muito mais difíceis de serem feitas⁶.

Dentro desse contexto, o presente estudo avaliou a resistência ao cisalhamento e a eficácia do selante Maximum Cure e das resinas Sondhi Rapid-Set e Natural Flow, na adesão dos “pads” de resina Transbond XT ao esmalte dentário.

Materiais e método

Foram utilizados 45 incisivos bovinos permanentes, recém-extraídos provenientes de abate e fornecidos pelo Frigorífico Angelelli Ltda, selecionados de acordo com os seguintes critérios: coroas intactas, ausência de desmineralização, trincas e fraturas cujo projeto foi submetido ao Ceua/Unicamp sob o número 3667-1.

Para simulação dos “pads” de resina, foram feitos 45 cilindros com Transbond XT (3M – Unitek, Monrovia, USA), 24 horas antes da colagem. As dimensões dos cilindros foram padronizadas por meio do uso de cânulas translúcidas com 4 mm de diâmetro.

Sistemas de adesão

Nesse experimento foram avaliados o selante Maximum Cure, e as resinas Sondhi Rapid-Set, e Natural Flow.

Os materiais utilizados estão detalhados no Quadro I.

Quadro 1 - Especificações do Material

Material		Fabricante	Polimerização	Apresentação
Sondhi Rapid-Set [®]		3M – Unitek, Monrovia, EUA	Química	Líquido
Maximum Cure [®]		Reliance Orthodontic Products, Itasca, EUA	Química	Líquido
Natural Flow [®]		Dfl Ind. E Com. Rio de Janeiro, Brasil.	Fotopolimerizável	Bisnaga (seringa)

Os métodos foram comparativos, *in vitro*, com todos os procedimentos referentes ao preparo da amostra seguindo o protocolo estabelecido pela International Organization for Standardization, na especificação TR 11405. A presente pesquisa seguiu as recomendações de Wiechmann⁷ (2000) e Romano⁸ (2003).

Após a extração, os dentes bovinos foram limpos com curetas periodontais (Duflex, Juiz de Fora, Brasil), armazenados em recipientes plásticos (Tupperware) contendo solução de soro fisiológico a 0,9% (Sanoclear, Pouso Alegre, Brasil) e estocados em geladeira à temperatura média de 4°C.

Os dentes foram lavados e secados. A seguir, as raízes foram incluídas em cilindros de resina acrílica incolor, quimicamente ativada (Vipi Flash, DentalVipi, Pirassununga, Brasil), da seguinte forma: em caixa de madeira, medindo 7 cm de largura, 30 cm de comprimento e 5 cm de altura. Foi vertida cera utilidade liquefeita (Wilson, São Paulo, Brasil) até o preenchimento total da caixa. Em seguida, a coroa e uma parte da raiz do dente foram introduzidas na cera plastificada, até atingir a profundidade desejada. Na colocação do dente na cera, teve-se o cuidado de posicionar a face vestibular perpendicular ao fundo da caixa de madeira. Nessa posição, o restante da raiz foi centralizado em tubo de P.V.C. (Akros, Brasil), com 20 mm de diâmetro interno por 20 mm de altura. Após esse procedimento, a mistura de monômero e polímero foi proporcionada, manipulada de acordo com as instruções do fabricante e vertida no interior do tubo de P.V.C. na fase arenosa, sob vibração (Vibrador VH, Araraquara, Brasil). Após a colocação de resina, os excessos foram removidos da base inferior do troquel com espátula Le Cron (Duflex, Juiz de Fora, Brasil). Em seguida, as coroas dos dentes foram removidas da cera e limpas. Para verificar o correto posicionamento da coroa, foi utilizado um esquadro de vidro em ângulo de 90°, apoiado na parte superior do troquel e na face vestibular do dente. Os dentes que não estavam bem posicionados foram excluídos do experimento. O conjunto dente-tubo de P.V.C., preenchido com resina, foi numerado para melhor identificação do corpo-de-prova e novo armazenamento em solução de soro fisiológico a 0,9%.

Após a inclusão na face vestibular de cada dente, foi realizada profilaxia com taça de borracha e pedra-pomes sem flúor (S.S. White, Petrópolis, RJ, Brasil) e água por 10 segundos, procedimento seguido de lavagem e secagem pelo mesmo tempo com seringa tríplice (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil). A cada cinco profilaxias, a taça de borracha foi substituída para garantir a qualidade e a padronização do procedimento. A colagem dos “pads” na face vestibular foi para facilitar a adaptação dos corpos-de-prova na máquina universal para leitura do cisalhamento, conforme se observa na Figura 1.



Figura 1 - Corpo-de-Prova disposto na máquina universal

Os 45 dentes bovinos foram divididos em 3 grupos:

Grupo I – O esmalte bovino foi jateado com óxido de alumínio 50µm (Bio-Art, São Carlos, São Paulo, Brasil), no centro da superfície vestibular numa área correspondente ao tamanho da base do cilindro de resina, a uma distância de 5mm, por 3 segundos, lavado e seco. Em seguida, foi realizado na mesma área o condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos, lavagem e secagem pelo mesmo tempo. Os cilindros foram colados com a resina Sondhi Rapid-Set de acordo com as instruções do fabricante.

Grupo II – O esmalte bovino foi jateado com óxido de alumínio 50µm (Bio-art, São Carlos, São Paulo, Brasil), no centro da superfície vestibular numa área correspondente ao tamanho da base do cilindro de resina, a uma distância de 5mm, por 3 segundos, lavado e secado. Em seguida, foi realizado, na mesma área, o condicionamento com ácido fosfórico a 37%, durante 30 segundos, procedendo-se a lavagem e a secagem pelo mesmo tempo. Os cilindros foram colados com o selante Maximum Cure de acordo com as instruções do fabricante.

Grupo III - O esmalte bovino foi jateado com óxido de alumínio 50µm (Bio-art, São Carlos, São Paulo, Brasil), no centro da superfície ves-

tibular numa área correspondente ao tamanho da base do cilindro de resina, a uma distância de 5mm, por 3 segundos, lavado e seco. Em seguida, foi realizado, na mesma área, o condicionamento com ácido fosfórico a 37%, durante 30 segundos, efetivando-se também a lavagem e a secagem pelo mesmo tempo. Os cilindros foram colados com a resina Natural Flow de acordo com as instruções do fabricante.

Colagem dos cilindros de resina

Para esse procedimento foram elaborados 45 cilindros de resina (Transbond XT, 3M Unitek, Monrovia, EUA) com diâmetro de 4 mm, 24 horas antes do momento da colagem. Os cilindros foram posicionados nas faces vestibulares dos dentes com auxílio de pinça (Duflex, Juiz de Fora, Brasil). Todas as colagens foram realizadas pelo mesmo operador.

Nos grupos nos quais foram utilizados os materiais Sondhi Rapid-Set, e Maximum Cure, após o correto posicionamento dos cilindros, esses foram mantidos em posição até que o tempo de polimerização fosse atingido. No grupo no qual foi utilizada a resina Natural Flow, os cilindros de resina foram posicionados e, em seguida, a colagem foi fotoativada por 40 segundos, com um aparelho XL 1500 (3M, Brasil).

Após a colagem, os corpos de prova foram armazenados em água destilada, em estufa a 37 °C, por vinte e quatro horas.

Ensaio de resistência ao cisalhamento

O ensaio de resistência ao cisalhamento dos cilindros de resina foi efetuado em uma máquina universal de ensaios mecânicos Instron 4411 (Instron Corp., Canton, MA, USA).

A ponta ativa em cinzel foi adaptada na interface esmalte/cilindro de resina, imprimindo esforço de cisalhamento nesta interface a uma velocidade de 0,5 mm por minuto.

Os valores de resistência ao cisalhamento foram obtidos em kgf e convertidos em MPa, de acordo com a fórmula:

$$RC = F/A$$

Em que:

RC = resistência ao cisalhamento

F = força necessária para remoção do cilindro de resina

A = área da base do cilindro (12,5 mm²)

Sendo:

1 kgf = 9,807 Newton (N)

MPa = N/mm² (base do cilindro)

Os dados de resistência ao cisalhamento foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e as médias ao teste de Tukey (5%).

Resultados

Para comparação dos valores de resistência ao cisalhamento da colagem foi aplicada a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey, com significância de 5%, tendo sido encontrada diferença estatística significativa entre os grupos (p=0,002), conforme visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de resistência ao cisalhamento entre os grupos avaliados e comparação estatística

Grupos	Resistência ao cisalhamento*	Estatística (Tukey 5%)
I	17,28 (7,17)	b
II	18,63 (5,28)	b
III	24,33 (5,87)	a

* Valores em MPa, desvio-padrão entre parênteses.

A Tabela 1 mostra que os valores de resistência ao cisalhamento do grupo III (Natural Flow) foi estatisticamente superior ao grupo I (Sondhi Rapid-Set) (p=0,002) e ao grupo II (Maximum Cure) (p=0,020). Entre os grupos I e II não foram encontradas diferenças estatísticas significantes (p=0,650).

Discussão

O tratamento ortodôntico mudou significativamente após a introdução do condicionamento ácido do esmalte⁹, tendo início, a partir disso a colagem de acessórios ortodônticos ao dente e, desde então, os materiais para esse fim têm evoluído bastante¹⁰.

No presente estudo, foram utilizados dentes bovinos com base no trabalho de Barreto et al.¹¹ (2002) em que concluíram por meio de uma análise qualitativa e quantitativa que a porcentagem dos minerais avaliados nos substratos foi similar em dentes humanos e bovinos, e que esses apresentaram similaridade de composição mineral. Também em razão de um melhor ajuste do corpo de prova ao aparelho de ensaio, foi utilizada a superfície vestibular de cada incisivo bovino como forma de padronização da leitura das medições.

Desse modo, esse método de colagem tem sido usado na maioria das diversas técnicas ortodônticas com sucesso. Porém, na técnica lingual foi relatada uma alta incidência de queda de bráquetes pelos profissionais nos Estados Unidos no início da década de 1990, conforme trabalho apresentado por Fillion, em 1999¹².

Com o surgimento de tratamentos ortodônticos estéticos, em que o aparelho pouco aparece ou é percebido, surgiram diversas técnicas para a correção das más oclusões, dentre as quais está a Técnica Lingual. Na opinião de Simon, em 2012¹³, com o advento dessa técnica a procura por tratamento ortodôntico pelos pacientes adultos tem aumentado consideravelmente, principalmente pela “invisibi-

lidade” do aparelho. Destacaram ainda que devem ser desenvolvidos recursos clínicos e técnicos para que esta parcela da população seja atendida pelos profissionais, como o desenvolvimento de adesivos que reduzam o número de quedas de bráquetes.

No entanto, a adesão entre a base do bráquete e o “pad” de resina tem melhorado claramente ao longo dos anos, devido ao aumento da qualidade da retenção macromecânica da base dos bráquetes, devido ao jateamento da superfície do bráquete com óxido de alumínio e ao uso de *primers*, segundo Romano em 2003⁷.

Conforme consta na Tabela 1, no Quadro 1 e na Figura 11, o Grupo III (resina Natural Flow) apresentou valores de resistência ao cisalhamento da união “pad” de resina/ esmalte dentário estatisticamente superiores, quando comparados com os Grupos I (Sondhi Rapid Set) e II (Maximum Cure), que, por sua vez, não apresentaram diferenças estatisticamente significantes nos valores obtidos.

Esses resultados contrariam os valores obtidos por Miles¹⁴ (2002), quando comparou *in vivo* o percentual de bráquetes perdidos em quarenta pacientes, em que cada hemiarco foi colado alternadamente com Maximum Cure e Sondhi Rapid Set. O autor encontrou sete vezes mais quedas de bráquetes nos hemiarcos nos quais a resina Sondhi foi adotada para a colagem. No entanto, declarou ainda que a grande diferença entre os resultados obtidos pelos materiais testados pode estar relacionada ao fato de sua experiência, usando o Maximum Cure, ser de seis anos contra apenas quatro meses de experiência com o Sondhi.

Neste estudo os Grupos I, II e III apresentaram, respectivamente, valores médios de resistência ao cisalhamento 17,28 MPa, 18,63 MPa, 24,33 MPa. Reynolds¹⁰ (1975), relatou que uma força de adesão mínima de 5,9 a 7,8 MPa é suficiente para os propósitos ortodônticos clínicos. Portanto, os valores médios encontrados para os três materiais estudados são suficientes para garantir a adesão dos bráquetes ao esmalte dentário durante o tratamento ortodôntico, embora, no presente estudo, tenha sido feita somente a avaliação do conjunto resina-esmalte.

O jateamento da superfície do esmalte, com óxido de alumínio 50 µm, durante 5 segundos, previamente ao condicionamento ácido, pode ter contribuído para a obtenção dos altos valores encontrados como resultados do ensaio de resistência ao cisalhamento^{7,15}, apesar de existirem controvérsias na literatura referentes ao efeito do jateamento com óxido de alumínio da superfície de esmalte no aumento da força de adesão^{12,16,17}.

Além da alta resistência ao cisalhamento, a utilização da resina Natural Flow para a colagem indireta é vantajosa, pois ao mesmo tempo em que esta é fluida o bastante para permitir uma fácil aplicação à base do bráquete ela se apresenta viscosa o bastante para não mudar de posição até o total assentamento da moldeira de transferência, além disso, a ponta metálica da seringa permite uma aplicação

precisa e controlada do material e reduz as lacunas entre o esmalte dentário e o “pad” de resina¹⁴. No entanto, por ser uma resina fotoativada, a moldeira de transferência deverá ser fabricada com um material que permita a passagem de luz.

O selante Maximum Cure e a resina Sondhi Rapid Set obtiveram resultados estatisticamente semelhantes no teste de resistência ao cisalhamento. Porém, o Maximum Cure apresenta um tempo de trabalho muito reduzido em relação ao Sondhi Rapid Set, já que nesse primeiro material os componentes A e B deverão ser misturados e em seguida aplicados ao dente e ao “pad” de resina, o que não ocorre no segundo material citado, em que o componente A deve ser aplicado ao dente, o B ao bráquete, e a polimerização só será iniciada quando a moldeira de transferência for adaptada e os dois componentes entrarem em contato¹⁸.

Conclusões

De acordo com a metodologia empregada e os resultados obtidos, pode-se concluir que: a resina Natural Flow apresentou a maior resistência ao cisalhamento entre os três materiais testados, seguida pelo selante Maximum Cure e a resina Sondhi Rapid Set respectivamente; todos os materiais testados apresentaram resistência ao cisalhamento adequada para suprir as necessidades clínicas, ou seja, resistência suficiente para suportar os esforços gerados pela mecânica ortodôntica e pela mastigação.

Abstract

Objective: The present study compared shear strength in the pad interface of resin/enamel with three materials usually used for bonding lingual brackets. Materials and method: Forty-five specimens were created with bovine incisors inserted in composite resin Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, USA) to simulate the pads, which were divided in three groups: Group I - bonding with resin Sondhi Rapid Set (3M Unitek, Monrovia, USA); Group II - bonding with sealant Maximum Cure (Reliance Orthodontic Products, Itasca, USA); Group III - bonding with resin Natural Flow (Dfl, Ind. e Com., Rio de Janeiro, Brazil). After bonding, the specimens were stored in distilled water at 37°C for 24 hours. Then, specimens were submitted to shear strength testing using an Instron Universal testing machine at 0.5 mm/minute speed. Data were submitted to Analysis of Variance and means to Tukey's test (5%). Results: Shear strength mean values were 17.28 Mpa for Group I, 18.63 Mpa for Group II, and 24.33 Mpa for Group III. The results found for Group III were statistically higher than groups I and II, which showed no statistical differences between each other. Conclusions: The Natural Flow resin showed higher shear strength among the three tested materials, followed by Maximum Cure sealant, and Sondhi Rapid Set resin respectively; all materials tested showed proper shear strength to meet clinical needs.

Keywords: Brackets. Orthodontics. Dental bonding.

Referências

1. Bishara S, Gordan V, VonWald L, Olson M. Effect of an acidic primer on shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 114(3):243-7.
2. Sfondrini M, Cacciafesta V, Scribante A, De Angelis M, Klerisy C. Effect of blood contamination on shear bond strength of brackets bonded with conventional and self-etching primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004; 125(3):357-60.
3. Alexander CM, Alexander RG, Gorman JC, Hilgers JJ, Kurz C, Scholz RP, et al. Lingual orthodontics. A status report. *J Clin Orthod.* 1982; 16(4):255-62.
4. Komori A, Fujisawa M, Iguchi S. KommonBase for precise direct bonding of lingual orthodontic brackets. *Intern. Orthod.* 2010; 8:14-27.
5. Kurz C, Swartz ML, Andreiko C. Lingual orthodontics: a status report. Part 2: Research and development. *J Clin Orthod.* 1982; 16(11):735-40.
6. Scholz RP, Swartz ML. Lingual orthodontics: a status report. Part 3. Indirect bonding - laboratory and clinical procedures. *J Clin Orthod.* 1982; 16(12):812-20.
7. Wiechmann D. Lingual orthodontics (Part 3): Intraoral sandblasting and indirect bonding. *J Orofac Orthop.* 2000; 61(4):280-91.
8. Romano FL. Análise *in vitro* da resistência ao cisalhamento de bráquetes colados em várias condições de esmalte [Dissertação de Mestrado]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Unicamp; 2003.
9. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955; 34(6):849-53.
10. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod.* 1975; 2(3):171-18.
11. Barreto L., Lamas A, Rosar JV, Carvalho RV, Demarco FF. Avaliação quantitativa e qualitativa da composição mineral de dentes humanos e bovinos [resumo Ic33]. *Pesq Odont Bras.* 2002; 16:106.
12. Fillion D. Up-to-date Lingual Indirect Bonding Procedure. *J Lingual Orthod.* 1999; 1:4-8.
13. Simon JS. Adult lingual orthodontic: a shift in our everyday routine. *Int. Orthod.* 2012; 10:56-65.
14. Miles PG. Indirect bonding with a flowable light-cured adhesive. *J Clin Orthod.* 2002; 36(11):646-7.
15. Canay S, Kocadereli I, Akca E. The effect of enamel air abrasion on the retention of bonded metallic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000; 117(1):15-9.
16. Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *American journal of orthodontics.* 1965; 51(12):901-12.
17. Reisner KR, Levitt HL, Mante F. Enamel preparation for orthodontic bonding: a comparison between the use of a sandblaster and current techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 111(4):366-73.
18. Sondhi A. Effective and Efficient Indirect Bonding: The Sondhi Method. *Semin Orthod.* 2007; 13(1):43-57.

Endereço para correspondência:

João Sarmento Pereira Neto
Avenida Limeira, 901
Areão – Piracicaba – São Paulo
13414-900
E-mail: sarmento@fop.unicamp.br

Recebido: 26/03/2014. Aceito: 23/03/2015.