

Estudo comparativo da retração de caninos com Braquete Roth com 13° de angulação e Barbosa Braquete Versátil com liberdade de angulação por análise fotoelástica

Adriano DOBRANSZKI¹, Carolina Steca Barbosa CARAM²

Resumo

O objetivo deste trabalho foi comparar, por meio de análise fotoelástica, a distribuição de tensões (1) ao longo da raiz do canino superior, após ativação de retração com dois braquetes, o de prescrição Roth (BPR) com 13° de angulação (GAC) e o Barbosa Braquete Versátil (BBV) com liberdade de angulação (GAC); e (2) nas raízes do segundo pré-molar, canino e incisivo lateral superiores, simulando a ação de um fio NiTi .014" em um modelo de má-oclusão com canino verticalizado. Para os testes foram montados três modelos fotoelásticos da arcada superior com dentes em resina. O primeiro para calibração, o segundo para retração - BPR no canino direito e BBV no canino esquerdo, ativados com elástico em cadeia e tensiômetro - e o terceiro para alinhamento e nivelamento com os caninos verticalizados. Após a interpretação das imagens concluiu-se que: (1) O BBV permitiu angulação distal de coroa do canino no início do movimento de retração, enquanto o BPR permitiu somente movimento de corpo para distal (translação); o BBV pode necessitar de força menor para atingir o mesmo nível de tensão cérvico-radicular no início do movimento de retração, o que pode implicar em necessidade de aplicação de força menor na unidade de ancoragem; (2) O BBV pode induzir a níveis menores de tensões radiculares nos dentes vizinhos, enquanto que o BPR pode provocar moderada extrusão e angulação distal da raiz do incisivo lateral, leve intrusão e angulação distal de raiz do segundo pré-molar e angulação distal da raiz do canino.

Palavras-chave: Análise do Estresse Dentário, Braquetes Ortodônticos, Fechamento de Espaço Ortodôntico, Movimentação Dentária, Procedimentos de Ancoragem Ortodôntica

¹Especialista em DTM e DOF, Mestre em Ortodontia, Doutorando em Ciências da Saúde - UnB, Coordenador da Especialização em Ortodontia ABO-DF. dobranszki@uol.com.br

²Mestre em Ortodontia.

Submetido: 17/06/2013 - **Aceito:** 25/06/2013

Como citar este artigo: Dobranszki A, Caram CSB. Estudo comparativo da retração de caninos com Braquete Roth com 13° de angulação e Barbosa Braquete Versátil com liberdade de angulação por análise fotoelástica. R Odontol Planal Cent. 2013 Jan-Jul; 3(1):11-9.

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

Autor para Correspondência: Adriano Dobranszki
SRTVS 701 Ed. Centro Empresarial Brasília, Bloco A, Sala 308.
Brasília – DF - Brasil. CEP 70340-907.
E-mail: dobranszki@uol.com.br

Categoria do trabalho: Pesquisa
Áreas associadas: Ortodontia, Materiais dentários

Introdução

Atualmente a comunidade ortodôntica tem grande interesse em respostas às perguntas relacionadas aos braquetes de baixo atrito. Trabalhos laboratoriais ressaltam enormes vantagens da diminuição ou eliminação do atrito (HAIN et al., 2003), embora ensaios randomizados controlados (FLEMING et al., 2010) e revisões sistemáticas (CHEN et al., 2010) concluam que ainda faltam evidências científicas para comprovar diferenças clínicas estatisticamente significantes.

Por definição, atrito é a resistência ao movimento de uma superfície em relação à outra e sua quantidade depende da lisura das superfícies de contato, assim como da força com a qual elas são pressionadas (SIQUEIRA, 2012). Na retração do canino por deslizamento, o atrito clássico gerado entre a interface braquete/fio tende a impedir o

movimento desejado e o método de ligação é um contribuinte para esta força friccional (HAIN et al., 2003). Além do atrito clássico, também são importantes o *binding*, que ocorre entre as arestas do braquete e o fio (que surge logo após o início do movimento dentário) e o *notching*, que pode parar completamente o movimento dentário (BURROW, 2009). Kusy e Whitley (1999) dividiram a resistência ao deslizamento em 3 componentes: (1) fricção, estática ou cinética, devido ao contato do fio com as superfícies do braquete; (2) *binding*, quando o dente inclina na direção da força ou o fio flexiona e ocorre contato entre o fio e os cantos do braquete; e (3) *notching*, quando a deformação elástica se transforma em plástica e ocorre uma deformação permanente na interface fio/canto do braquete (o movimento do dente cessa até que ocorra o destravamento, pela intermitência da mastigação e/ou remodelamento/deformação óssea). Com uma angulação do braquete de 7º, o *binding* produziu 80% da resistência ao deslizamento, enquanto que com uma angulação de 13º, produziu 99% da resistência ao deslizamento e o atrito clássico (fricção) não foi uma influência (ARTICULO; KUSY, 2012).

Independente do tipo do braquete, a velocidade da resposta clínica é determinada pela quantidade de membrana periodontal que deve ser regenerada antes que as mudanças ósseas ocorram. No movimento de inclinação, ocorre obstrução do suprimento sanguíneo no ápice do dente, de um lado, e na crista óssea, do outro. A necrose assim induzida é localizada, e o tecido necrosado é facilmente eliminado. No movimento de translação, há compressão em toda a lateral da raiz e, por haver uma grande área para regenerar, a resposta clínica ocorre mais lentamente Reitan (1947) e Moyers e Bauer (1950). A distribuição da força ortodôntica (tensões) no ligamento periodontal pode ser simulada em um modelo fotoelástico (DOBRANSZKI et al., 2009), onde visibilizamos a diferença de tensões (de compressão e de tração) por meio de formas coloridas, denominadas "franjas", representativas de prováveis locais de reabsorção e deposição ósseas.

Neste trabalho foram montados três modelos para análise fotoelástica da arcada superior. No primeiro, com propósito de

calibragem, os padrões de cores foram associados a forças conhecidas de inclinação e de translação. No segundo, o propósito foi comparar a distribuição de tensões ao longo da raiz do primeiro molar e do canino com dois braquetes no canino, o de prescrição Roth (BPR) com 13º de angulação (GAC) e o Barbosa Braquete Versátil (BBV) com liberdade de angulação (GAC). No terceiro modelo, o propósito foi de avaliar a distribuição de tensões na região radicular do segundo pré-molar, canino e incisivo lateral superiores, simulando a colocação do primeiro fio redondo de alinhamento e nivelamento nos casos em que o canino superior está verticalizado.

Métodos

O primeiro modelo consistiu de um pequeno recipiente de acrílico (FIGURA 01) no qual foram posicionados os dois primeiros pré-molares superiores não utilizados nos modelos 2 e 3, do mesmo conjunto de dentes artificiais em resina Kilgore/Nissin (Coldwater, MI, USA). Foram medidos 26 ml de água e colocados sobre 2 folhas recortadas de gelatina transparente OETKER (São Paulo, SP, Brasil) e levadas a um forno de microondas, onde permaneceram por 40 segundos na potência máxima (DOBRANSZKI, 2001). Neste ponto, toda a gelatina estava liquefeita, sem ferver o líquido, quando foram adicionados 6,4 ml de glicerina, e homogeneizados com a espátula por 30 segundos. A mistura líquida foi vazada sobre o recipiente de acrílico com os dentes suspensos, que foi levado ao refrigerador, onde permaneceu em repouso por quatro horas.

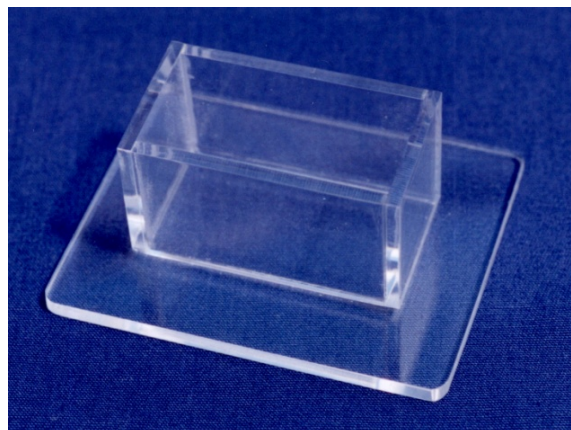


FIGURA 1 - Recipiente de acrílico para o primeiro modelo fotoelástico.

O segundo e o terceiro modelos simularam uma arcada superior, em um recipiente em acrílico, composto de dois arcos parabólicos transparentes e unidos, interno e externo, com 2,5cm de altura e uma base fosca de acrílico (FIGURA 02). Nele foi posicionado um conjunto de dentes superiores em resina Kilgore/Nissin, com ausência dos primeiros pré-molares, segundos e terceiros molares. Nos incisivos, segundos pré-molares e canino esquerdo foram colados braquetes Ovation Roth 022/5-5 – GAC™ (Bohemia, NY, USA) com Super-Bonder gel - Loctite™ (Itapevi, SP, Brasil); nos primeiros molares, foram coladas bandas pré-fabricadas – GAC™. No canino direito foi colado o Barbosa Braquete Versátil - GAC™ (BBV), no canino esquerdo foi colado o braquete com 13º de angulação, prescrição Roth – A-Company™ (San Diego, CA, USA) (BPR). No segundo modelo os dentes foram orientados de forma passiva, seguindo a prescrição do aparelho, presos no arco 0,021" x 0,025" de aço com amarrilhos metálicos de 0,010". No terceiro modelo, foram feitas dobras de segunda ordem no fio na região dos caninos, para que as raízes ficassem com angulação de 0º, simulando uma má-oclusão (FIGURA 03). Para o segundo e terceiro modelos, os procedimentos com a solução de gelatina foram idênticos ao primeiro modelo, porém em quantidade 3 vezes maior. As tomadas fotográficas foram feitas imediatamente após a remoção dos modelos do refrigerador.

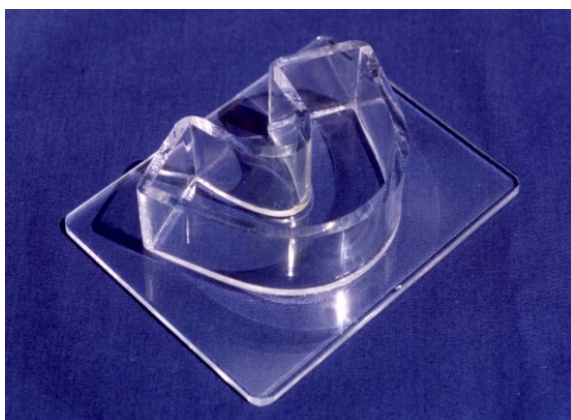


FIGURA 2 – Recipientes de acrílico para o segundo e terceiro modelos fotoelásticos.

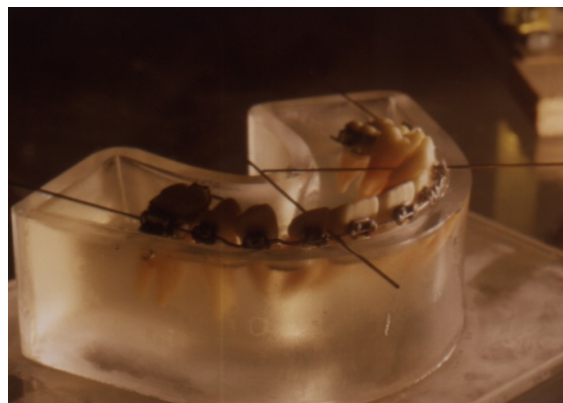


FIGURA 3 – Modelo 3 - Dentes posicionados com fio de aço 0,021" x 0,025" no modelo de gelatina, de acordo com a prescrição do aparelho, exceto os caninos, com dobras de segunda ordem no fio para que as raízes ficassem com angulação de 0º.

O arranjo montado

A FIGURA 4 demonstra esquematicamente como foram feitas as tomadas fotográficas, seguindo o padrão de montagem de um polariscópio plano de campo escuro (BRODSKY; CAPUTO, 1975). Os elementos constituintes são a fonte luminosa (LS) representada pelo transformador, adaptado ao soquete e à lâmpada halógena, o difusor de luz (D) pelo papel vegetal, o filtro polarizador flexível (P1), colocado na parte interna do aquário de acrílico, o padrão fotoelástico (S), e o filtro polarizador rígido (P2), adaptado à objetiva da máquina fotográfica.

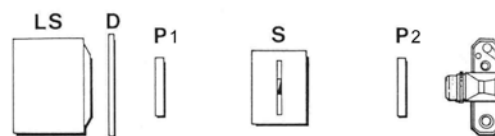


FIGURA 4 - Esquema utilizado com a gelatina
FONTE: BRODSKY et al., 1975. p.5.

Aplicação dos testes

No primeiro modelo fotoelástico, foram aplicadas duas cargas unilaterais no primeiro pré-molar, de forma progressiva. A primeira, de translação, com um gabarito na coroa e a segunda de inclinação, com uma força pontual no centro da face distal da coroa.

No segundo modelo fotoelástico foi

empregado um segmento de fio de amarrilho 0,010", amarrado no braquete do canino e com a outra extremidade presa em um tensiômetro (ETM) (Monrovia, CA, USA) para desenvolver uma força horizontal para distal simulando uma ativação de retração. As fotografias foram feitas após a aplicação progressiva de forças de 4 oz, 8 oz, 9 oz, 10 oz, 11 oz, 12 oz, 13 oz, 14 oz, 15 oz e 16 oz, na região dos caninos, bilateralmente. Após isto foram instalados elásticos correntes simétricos dos ganchos molares aos braquetes dos caninos (mesma distância bilateral), com força aproximada de 8 oz, quando foram feitas tomadas fotográficas das raízes dos caninos e dos molares.

No terceiro modelo fotoelástico, imediatamente após a remoção do arranjo fotoelástico da geladeira, foram removidos os fios de suporte e o fio de aço com as dobras para simular a má-oclusão foi substituído por um fio NiTi .014", preso com ligaduras elásticas (FIGURA 5), quando foram feitas tomadas fotográficas das raízes dos caninos e incisivos laterais.



FIGURA 5 - Fio NiTi .014" instalado no modelo simulando má-oclusão com canino superior verticalizado com braquete Roth

Resultados

Este trabalho comparou os resultados sob o ponto de vista qualitativo da interpretação dos dados, ou seja, forneceu meios para visibilizar a direção e distribuição do estresse no modelo fotoelástico sem mensurá-las. Isto foi feito pelo método visual, por um único examinador treinado e calibrado para este fim, por meio de comparação por semelhança dos resultados obtidos no primeiro modelo fotoelástico (de força

conhecida) com os do segundo e terceiro modelos.

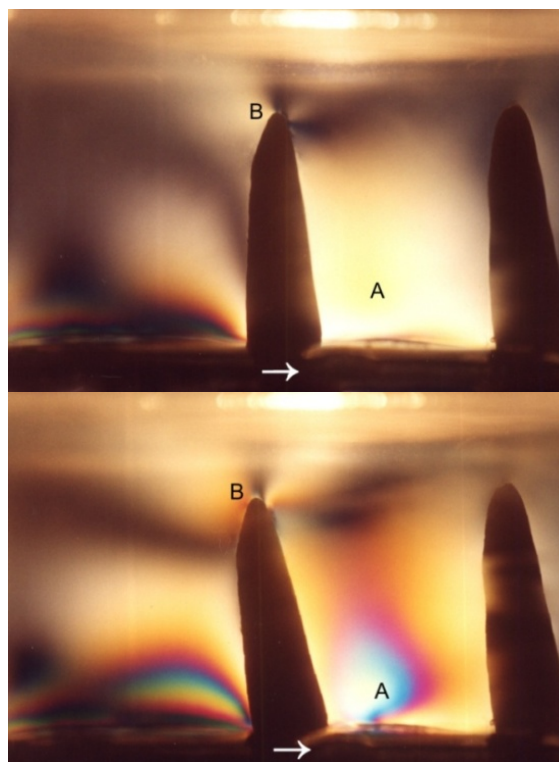
No primeiro modelo fotoelástico (FIGURAS 6 e 7) observa-se a resposta fotoelástica à aplicação progressiva de força conhecida de inclinação. Deve ser dada ênfase ao aparecimento do esbranquiçamento (soma de todas as cores) característico do início da primeira franja fotoelástica próxima aos terços cervical e médio do dente e o aparecimento da cor amarela, indicando a primeira cor da primeira franja, próximo ao terço cervical (FIGURA 6-A). Com o aumento da força é possível visibilizar o aparecimento das cores violeta e azul e novamente a cor branca, próximo ao terço cervical (FIGURA 7-A). Também é possível observar a formação de tensões no terço apical, mas do lado oposto (FIGURAS 6-B e 7-B), indicativo do movimento de inclinação quando, por exemplo, a coroa do dente se desloca para distal e o ápice radicular para mesial, e que também se intensifica com o aumento da força. Ao compararmos o modelo de força conhecida com o modelo do BBV, é nítida a semelhança, pois com o aumento da força é possível visibilizar o aparecimento das cores violeta, azul e novamente a cor branca, indicativa do término da primeira franja e início da segunda franja, bem próxima ao terço cervical (FIGURAS 8-A e 9-A), indicando local de maior tensão mecânica e a primeira franja, nas cores amarela e violeta no ápice radicular (FIGURAS 8-B e 9-B), sugerindo pressão na mesial e tração na distal, antes do braquete atingir 0° de angulação.

No primeiro modelo fotoelástico (FIGURAS 10 e 11) observa-se a resposta fotoelástica à aplicação progressiva de força conhecida de translação. O aparecimento da primeira franja ocorre ao longo de toda a raiz do dente (FIGURA 10-A) e, com o aumento da força, é possível visibilizar o aparecimento das cores violeta e azul (FIGURA 11-A). Não se observa formação de tensão de compressão no terço apical do lado oposto, embora o esbranquiçamento de toda a face oposta do dente indique tração (FIGURAS 10-B e 11-B), o que caracteriza o movimento de translação, quando ocorrem deslocamentos iguais da coroa e do ápice radicular na mesma direção. Ao compararmos o modelo de força conhecida com o modelo do BPR, é nítida a semelhança, pois com o aumento da força é possível

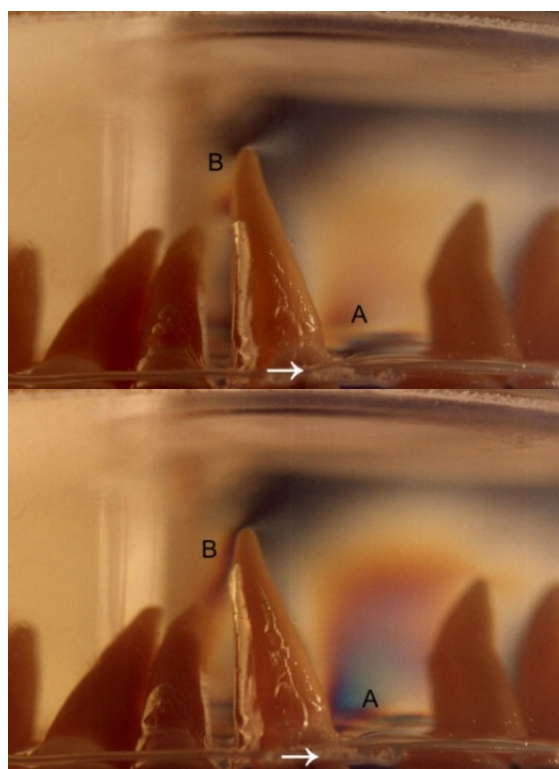
visibilizar o aparecimento das cores violeta, azul e novamente a cor branca, indicativa do término da primeira franja e início da segunda franja, ao longo da face distal da raiz do dente 13 (FIGURAS 12-A e 13-A) e sugestão de tensão de tração na face mesial da raiz (FIGURAS 12-B e 13-B).

Ainda no segundo modelo, o posicionamento bilateral do tubo do molar em relação ao braquete do canino foi o mais simétrico possível, assim como a ativação com alastik corrente. Como a força foi, em teoria, simétrica bilateralmente, a resposta nos molares foi semelhante (FIGURAS 14 e 15), o que não ocorreu nos caninos (FIGURAS 08 e 12). Do lado com BBR, a força de aproximadamente 8 oz. provocou o aparecimento da cor amarela, da primeira franja, ao longo da face distal da raiz (FIGURA 12), enquanto que do lado com BBV, a mesma força provocou o aparecimento das cores amarela e violeta no terço distocervical da raiz (FIGURA 08), indicativo que pode ser necessária uma força menor para gerar a mesma quantidade de tensão na região distocervical da raiz, conseqüentemente uma força menor para provocar o movimento distal do canino.

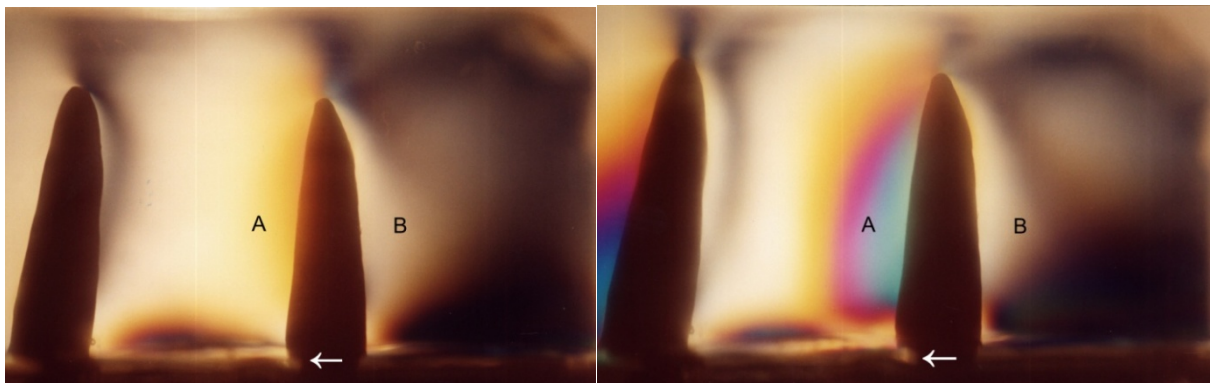
No terceiro modelo fotoelástico, a ativação com fio NiTi .014" provocou tensões na região radicular dos incisivos, canino e segundo pré-molar (FIGURAS 16 e 17). Do lado do BBV, o esbranquiçamento próximo aos ápices radiculares e ao longo das raízes sugerem compressões e trações compatíveis com as forças comumente liberadas no alinhamento e nivelamento, enquanto que do lado do BPR, houve o aparecimento da primeira franja, nas cores amarela, violeta e azul, sugerindo leve compressão mésoapical do incisivo central, grande compressão mésoapical do incisivo lateral e distoapical do canino. O padrão de esbranquiçamento no ápice do incisivo lateral sugeriu força extrusiva, assim como o esbranquiçamento ao longo da raiz do segundo pré-molar sugeriu força intrusiva e de angulação distal de raiz.



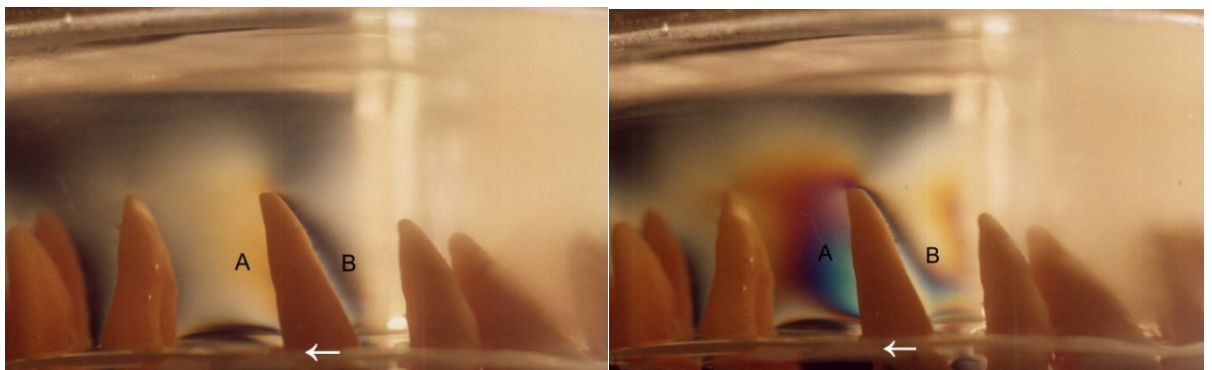
FIGURAS 6 e 7 – Primeiro modelo fotoelástico submetido à força de inclinação; A e B - Regiões de maior estresse mecânico, sugestivas de pressão, sendo A de maior intensidade. A seta branca indica a direção da aplicação da força na coroa.



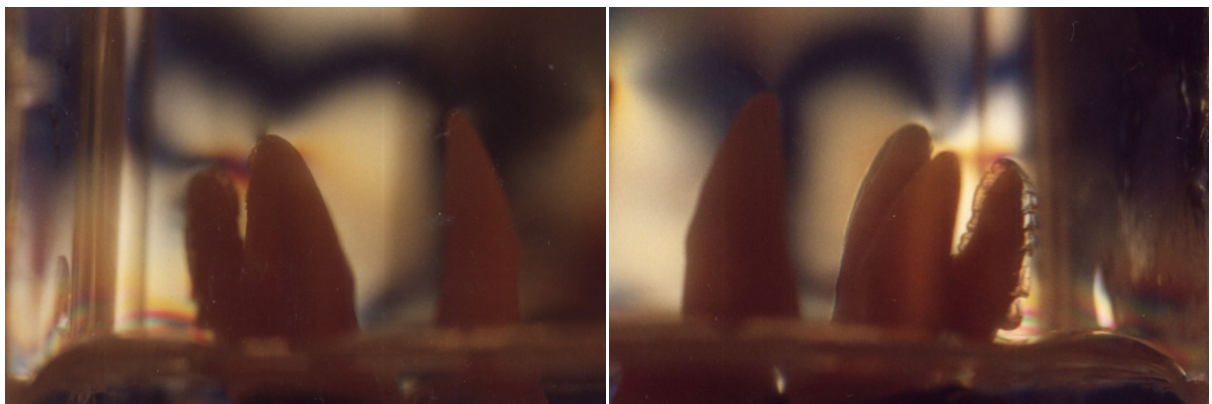
FIGURAS 8 e 9 – Segundo modelo fotoelástico submetido à força de retração no canino 23, com Barbosa Braquete Versátil; A e B - Regiões de maior estresse mecânico, sugestivas de pressão, sendo A (disto-cervical) de maior intensidade. (8) Ativação com alastik corrente no gancho do tubo do primeiro molar, (9) ativação com tensiômetro calibrado em 12 oz.



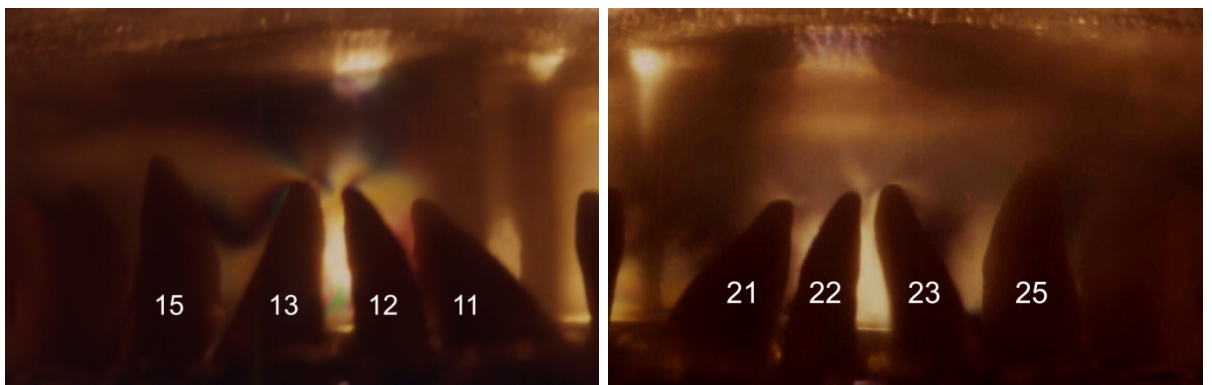
FIGURAS 10 e 11 – Primeiro modelo fotoelástico submetido à força de translação; A- Região sugestiva de pressão, B- Região sugestiva de tração. A seta branca indica a direção da aplicação da força na coroa.



FIGURAS 12 e 13 – Segundo modelo fotoelástico submetido à força de retração no canino 13, com braquete Roth 13°. A- Região sugestiva de pressão (distal), B- Região sugestiva de tração (mesial). (12) Ativação com alástik corrente no gancho do tubo do primeiro molar, (13) ativação com tensiômetro calibrado em 12 oz.



FIGURAS 14 e 15 – Molares direito (Roth) e esquerdo (Versátil) do segundo modelo fotoelástico e a semelhança na distribuição de tensões com alástik corrente simétrico bilateral.



FIGURAS 16 e 17 – Terceiro modelo fotoelástico, evidenciando a diferença entre a distribuição de tensões nas regiões radiculares dos incisivos, canino e segundo pré-molar superiores, à esquerda com o Braquete Roth 13° e à direita com o Barbosa Braquete Versátil, após ativação do modelo com fio NiTi .014".

Discussão

Várias pesquisas que avaliaram combinações entre os materiais do braquete, fio e método de ligação, convergiram para resultados evidenciando que o slot metálico ainda é o que oferece menor resistência friccional, especialmente quando combinado com fio de aço, e o aumento no calibre do fio geralmente resultou em aumento do atrito clássico braquete-fio (VAUGHAN, 1995; BARBOSA, 2010; DICIONÁRIO, 2013). Quanto ao método de ligação, ligaduras de aço amarradas relaxadamente produziram a menor fricção. Módulos elásticos "saliva-lubricated slick" podem reduzir o atrito estático na interface módulo/fio de aço .019"x.025" em até 60%, independente do sistema de braquetes. Já em relação aos braquetes, os autoligados produziram menor fricção que outros sistemas convencionais com ligaduras, o que pode não ocorrer com o uso de módulos "slick" (HAIN et al., 2003).

A facilidade da retração do canino também depende de sua inclinação axial em relação ao plano oclusal, ao tamanho do *slot* dos braquetes e à espessura do fio usado. Uma vez inclinado para distal, existirá uma posição onde a fricção do braquete formará dois pontos de contato suficientes para o travamento do movimento. Quanto maior o ângulo formado entre o braquete e o fio, mais forte será o travamento (BARBOSA, 2010; FARRANT, 1977). Estudos em indivíduos com oclusão normal natural (MADA, 2006; VUGHAN et al. 1995), encontraram uma variação na angulação dos caninos superiores entre -3° e 21° . A aplicação destes conceitos no BBV resultaram em liberdade desta angulação de 0° a 31° , maior folga do fio no *slot* tanto em largura como em profundidade (0,030") e em alternativas de amarração variadas, permitindo liberdade em escolha de maior ou menor fricção (BARBOSA, 2000).

Os resultados obtidos com o segundo e terceiro modelos fotoelásticos concordam com as afirmações de Kesling (1989) e Rodrigues et al. (1998), que em braquetes de caninos com liberdade de angulação, a retração ocorre com mínima deflexão no arco, iniciando com a inclinação da coroa do canino para distal, devido à folga existente no *slot* (FIGURA 09). Isto retarda o surgimento dos atrito *binding* e *notching* e também resulta em

ganho no controle vertical. Além disso, Barbosa (2011) afirmou que, pelo braquete não provocar inclinação distal das raízes dos caninos no início da retração, existe uma significativa diminuição da resistência ao movimento de corpo, resultando em menor solitação de ancoragem, pois a força sugerida para retração do canino é de 60g, insuficiente para mesialização molar. Isso foi confirmado no terceiro modelo fotoelástico quando, com a mesma força de ativação do elástico em cadeia, foi produzida tensão mais intensa na região cervical do canino com o BBV. A extrapolação clínica deste achado seria que a força para provocar o movimento de retroinclinação da coroa do canino, com o braquete com liberdade de angulação, pode ser menor, o que implicaria em menor sacrifício de ancoragem.

O efeito produzido pelo primeiro arco de alinhamento e nivelamento é conhecido como "efeito montanha russa" (MCLAUGHLIN et al., 2002), descrito como efeito colateral que o arco deflexionado pela posição verticalizada do canino provoca nos dentes vizinhos, como inclinações dentárias indesejadas, abertura lateral da mordida, aumento da curva de Spee e aprofundamento da sobremordida. Este efeito fica ainda mais acentuado com o uso de elásticos em cadeia para retração do canino verticalizado com fios muito flexíveis. As tensões no terceiro modelo fotoelástico evidenciaram exatamente estes efeitos colaterais, pois as imagens dos ápices radiculares do lado do BBV mostram um esbranquiçamento, correlacionado com uma escala baixa de tensões de compressão e tração, enquanto que do lado do BPR, a visualização da primeira franja fotoelástica sugere a presença de uma força com leve tendência a extruir o incisivo central e grande tendência a extruir o incisivo lateral, angular a raiz do incisivo lateral para distal, angular a raiz do canino para distal, intruir e angular a raiz do segundo pré-molar para distal.

Conclusão

Ao compararmos, por meio de análise fotoelástica, a distribuição de tensões do modelo com força conhecida e do modelo com má-oclusão, as imagens sugeriram que:

1. Após o alinhamento e nivelamento, no fio retangular de aço .019"x.025":

- O Barbosa Braquete Versátil permite angulação distal de coroa do canino no início do movimento de retração.
 - O braquete Roth 13° permite somente movimento de corpo para distal (translação).
 - O Barbosa Braquete Versátil pode necessitar de força menor para atingir o mesmo nível de tensão cervico-radicular no canino, para realizar o movimento de retração, o que pode implicar em necessidade de aplicação de força menor na unidade de ancoragem no início do movimento de retração.
2. Com o canino verticalizado no início do alinhamento e nivelamento, com fio NiTi

.014":

- O Barbosa Braquete Versátil pode induzir a níveis menores de tensões radiculares nos dentes vizinhos, pela liberdade de movimento do fio no slot.
- O braquete Roth 13° pode induzir a tensões que provoquem moderada extrusão e angulação distal da raiz do incisivo lateral, leve intrusão e angulação distal de raiz do segundo pré-molar e angulação distal da raiz do canino.

Title: Comparative study of canine retraction with Roth Bracket with 13° angulation and Barbosa Braquete Versátil with angulation freedom by means of photoelastic analysis

Title: Comparative study of canine retraction with 13° angulation Roth bracket and Barbosa Braquete Versátil with angulation freedom by photoelastic analysis.

Abstract

The objective of this article was to compare, by means of photoelastic analysis, the stress distribution (1) along the root of the upper canine, after retraction activation with two brackets, the one with Roth's prescription (BPR) with 13° angulation (GAC) and the Barbosa Braquete Versátil (BBV) with angulation freedom (GAC); and (2) on the roots of the upper second bicuspid, canine and lateral incisor, simulating the action of a NiTi .014" wire in a malocclusion model with an uprighted canine. Three photoelastic models of an upper arch with resin teeth were customized for the tests. The first one for calibration, the second one for retraction - BPR on the right canine and BBV on the left canine, activated with chain elastic and a tensiometer - and the third to align and level the upper teeth with uprighted canines. After the image interpretation the conclusions were: (1) The BBV allowed distal angulation of the crown or the canine in the beginning of the retraction movement, while the BPR allowed only distal body movement (translation); the BBV may need a lower force to reach the same cervico-radicular stress level in the beginning of the retraction movement, what may imply the need of a lower force in the anchorage unit; (2) The BBV may induce lower root stress levels in the surrounding teeth, while the BPR may cause moderate extrusion and distal angulation of the root of the lateral incisor, mild intrusion and distal angulation of the root of the second bicuspid and distal angulation of the root of the canine.

Key-words: Dental Stress Analysis, Orthodontic Brackets, Orthodontic Space Closure, Tooth Movement, Orthodontic Anchorage Procedures

Referências

1. ARTICOLI, L. C.; KUSY, R. P. Influence of angulation on the resistance to sliding in fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 115, n. 1, p. 39-51, 1999.
2. BARBOSA, J. A. **Avaliação do atrito produzido por braquetes autoligados e convencionais - Estudo comparativo**. 2010. 142 f. Tese (Doutorado) - Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, 2010.
3. BARBOSA, J. A. Barbosa Braquete Versátil - slot com liberdade e pouca fricção para os caninos. *Rev Clín Ortodon Dental Press*, v. 10, n. 1, p. 45-56, 2011.
4. BARBOSA, J. A. Desenvolvimento de um braquete versátil para os caninos, na técnica Straight Wire. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*, v. 5, n. 2, p. 42-46, 2000.
5. BRODSKY, J. F.; CAPUTO, A. A.; FURSTAM, L. L. Root tipping: a photoelastic-histopatologia correlation. *Am J Orthod*, v. 67, n. 1, p. 1-10, 1975.
6. BURROW, S. J. Friction and resistance to sliding in orthodontics: A critical review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 135, n. 4, p. 442-447, 2009.
7. CHEN, S. S.; GREENLEE, G. M.; KIM, J. E.; SMITH, C. L.; HUANG, C. L. Systematic review of self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 137, n. 6, p. 726.e1-726.e18, 2010.
8. DOBRANSZKI, A. **Estudo fotoelástico com o Arco de Dupla Chave na técnica Straight Wire**. 2001. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Camilo Castelo Branco, Faculdade São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, 2001.
9. DOBRANSZKI, A.; VUOLO, J. H.; LEVY NETO, F.; SUZUKI, H.; BARBOSA, J. A.; DOBRANSZKI, N. P. D. C. Estudo fotoelástico do controle vertical com o arco de dupla chave na técnica Straight wire. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*, v. 14, n. 4, p. 123-128, 2009.
10. FLEMING, P. S.; DIBIASE, A. T.; LEE, T. T. Randomized clinical trial of orthodontic treatment efficiency with self-ligating

- and conventional fixed orthodontic appliances. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 137, n. 6, p. 738-742, 2010.
11. FARRANT, S. D. An evaluation of different methods of canine retraction. **Br J Orthod**, v. 4, n. 1, p. 5-15, 1977.
 12. HAIN, M.; DHOPATKAR, A.; ROCK, P. The effect of ligation method on friction in sliding mechanics. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 123, n. 4, p. 416-22, 2003.
 13. KESLING, P. C. Dynamics of the tip-edge bracket. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, v. 96, n. 1, p. 16-25, 1989.
 14. KUSY, R. P.; WHITLEY, J. Q. Influence of archwire and bracket dimensions on sliding mechanics: derivations and determinations of the critical contact angles for binding. **Eur J Orthod**, v. 21, n. 2, p. 199-208, 1999.
 15. MADA, E. Y. **Avaliação das angulações dos caninos permanentes em tomadas radiográficas panorâmicas e modelos de gesso de escolares brasileiros com oclusão normal**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Faculdade São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, 2006.
 16. MCLAUGHLIN, R. P.; BENNETT, J. C.; TREVISI, H. J. **Mecânica sistematizada de tratamento ortodôntico**. 1.ed. São Paulo: Artes Médicas, 2002. 321p.
 17. MOYERS, R. E.; BAUER, J. L. The periodontal response to various tooth movements. **Am J Orthod**, v. 36, n. 8, p. 572-580, 1950.
 18. REITAN, K. Continuous bodily tooth movement and its histological significance. **Acta Odontol Scand**, v. 7, p. 115-144, 1947.
 19. RODRIGUES, M.; URSI, W.; ALMEIDA, G. Uso de braquetes Tip-Edge em caninos, para facilitar o controle vertical dos dentes anteriores na mecânica Straight-Wire. **R Dental Press Ortodon Ortop Facial**, v. 3, n. 5, p. 59-64, 1998.
 20. SIQUEIRA, A. L. EbaH [homepage na Internet]. Curso de Engenharia Mecânica da UFU [acesso em 02/11/2012]. **Dicionário-tribologia**. Disponível em: http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAs_oAD/dicionario-tribologia. Acesso em: 09 julho 2013. 11:07:32.
 21. VAUGHAN, J. L.; DUNCANSON, M. G.; NANDA, R. S.; CURRIER, G. S. Relative kinetic frictional forces between sintered stainless steel brackets and orthodontic wires. **Am J Orthod Dentofac Orthop**, v. 107, n. 1, p. 20-27, 1995.