

# Distribuição de tensões em modelo fotoelástico decorrente da intrusão dos incisivos inferiores por meio do arco base de Ricketts

Cristiane Aparecida de Assis Claro\*, Jorge Abrão\*\*, Sílvia Augusta Braga Reis\*\*\*, Dalva Cruz Laganá\*\*\*\*

## Resumo

**Objetivo:** o presente estudo analisou a distribuição de tensões, em modelo fotoelástico, gerada por arco base de intrusão de incisivos inferiores. Compararam-se as tensões entre os terços radiculares de cada incisivo e, ainda, verificou-se a existência de diferenças de concentrações de tensões entre incisivos. **Métodos:** foram confeccionados 15 arcos base de intrusão e a força de ativação foi mensurada em 50gf na região da linha média. O modelo fotoelástico foi observado em polariscópio circular, na configuração de campo escuro, e fotografado. As fotografias frontais foram analisadas e as ordens de franjas em cada região registradas. A análise de Kappa ponderado identificou a repetibilidade do método. A comparação entre as tensões foi realizada pelo teste de Kruskal-Wallis complementado com teste de Dunn com nível alfa de 5%. **Resultados e Conclusões:** os resultados identificaram que as maiores magnitudes de tensões foram observadas nas regiões cervicais. Ao se comparar as ordens de franjas entre os dentes, as maiores magnitudes de tensões foram observadas nos incisivos centrais. Portanto, a região cervical pode estar mais sujeita a reabsorções, assim como os incisivos centrais, por concentrarem maiores tensões.

**Palavras-chave:** Fotoelasticidade. Intrusão. Biomecânica. Reabsorção radicular.

## INTRODUÇÃO

O arco utilidade, ou arco base, tem sido descrito como recurso para promover intrusão dos incisivos na correção da sobremordida, principalmente na técnica Bioprogressiva<sup>17,21</sup>. A efetividade do referido arco na obtenção de intrusão real dos incisivos foi confirmada<sup>1,18</sup>, entretanto há relatos de que a intrusão é apenas um fator contribuinte,

dentre outros, como a vestibularização dos incisivos e a extrusão dos molares, durante a correção da sobremordida com arco base de Ricketts<sup>12</sup>.

O arco base, geralmente, é construído em liga de cromo-cobalto (Elgiloy®), na têmpera azul, a qual possui propriedades similares às do aço, apresentando, entretanto, maior formabilidade. Sua composição é de 40% de cobalto, 20% de cromo,

**Como citar este artigo:** Claro CAA, Abrão J, Reis SAB, Laganá DC. Distribuição de tensões em modelo fotoelástico decorrente da intrusão dos incisivos inferiores por meio do arco base de Ricketts. *Dental Press J Orthod*. 2011 Sept-Oct;16(5):89-97.

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

\* Doutora em Ortodontia pela Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. Professora Assistente Doutora da disciplina de Ortodontia do Departamento de Odontologia da Universidade de Taubaté.

\*\* Professor Livre Docente da Disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

\*\*\* Doutora em Ortodontia pela Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. Mestre em Ortodontia pela Universidade Metodista de São Paulo.

\*\*\*\* Professora Titular da Disciplina de Prótese Parcial Removível da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

15% de níquel, 15,8% de ferro, 7% de molibdênio, 2% de manganês, 0,16% de carbono e 0,04% de berílio<sup>13</sup>. Após a confecção do arco, não é recomendado o tratamento térmico, pois ele causaria o aumento da força gerada pelo arco<sup>16,17</sup>.

O arco utilidade é um arco de intrusão de duplo binário, composto por um momento maior nos molares, devido ao ângulo caudal; e outro momento na região anterior, causado pelo torque lingual nos incisivos. Como os momentos ocorrem na mesma direção, as forças de equilíbrio são somadas. Entretanto, se o torque anterior aplicado for vestibular, o momento criado será contrário ao do molar, portanto, como os momentos no molar e no incisivo serão em direções opostas, a força de intrusão nos dentes anteriores será diminuída. Se o momento do torque vestibular anterior for maior do que aquele promovido no molar, o movimento nos incisivos poderá ser de extrusão<sup>3</sup>.

A distribuição de tensões decorrente do arco base de intrusão foi verificada por outro estudo<sup>19</sup>, o qual identificou formação de franja fotoelástica ao redor das raízes dos incisivos inferiores e homogeneidade dos resultados entre os dentes. Considerando que o sistema utilizado no referido estudo foi o 4x2 e o arco construído com aço inoxidável, decidiu-se analisar as tensões decorrentes do arco base de intrusão, confeccionado em liga de cromo-cobalto, como recurso de unidade posterior de ancoragem, por meio de fio segmentado, de secção retangular.

No presente estudo, analisou-se a distribuição de tensões, em modelo fotoelástico, decorrente de arco base de intrusão, comparando as magnitudes de tensões das regiões dos terços radiculares e, ainda, verificando a uniformidade de tensões nos quatro incisivos inferiores.

## MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente, os braquetes (Ovation, Dentsply/GAC International, New York, EUA) foram fixados, por meio de cola Super Bonder (Loctite, Barueri, Brasil), em dentes artificiais (B2-306, Kilgore-Nissin, Kilgore International, EUA), e

bandas (prescrição Roth / A Company, San Diego, EUA) cimentadas nos molares.

Para simular a sobre-erupção dos incisivos inferiores, foi instalado e amarrado arco de secção retangular 0,021" x 0,025", em aço inoxidável, com curva de Spee acentuada com 4mm na região de pré-molares, relativamente similar ao método utilizado em estudo prévio<sup>7</sup>. A opção pela secção 0,021" x 0,025" objetivou a redução na folga entre fio e acessório.

Uma fita metálica foi adaptada, em formato de ferradura sobre uma placa de vidro calafetada, de modo que a cera 7 líquida foi vertida e manteve a mesma largura ao longo de toda a arcada. A execução desse procedimento se deu em função do conhecimento de que a espessura do modelo influencia na formação das franjas:

Ordem de franja =  $\delta/\lambda$ , onde:

- »  $\delta$  = atraso relativo;
- »  $\lambda$  = comprimento de onda.

E o atraso relativo  $\delta = Kt (\epsilon_1 - \epsilon_2) = (n_1 - n_2)t$ , onde:

- » K = constante de tensão óptica;
- »  $\epsilon_1 - \epsilon_2$  = diferença entre as deformações principais;
- »  $n_1 - n_2$  = diferença entre os índices de refração (birrefringência);
- » t = (*thickness*) = espessura do material.

O conjunto foi fixado com cola Super Bonder no interior de pote plástico. A borracha de silicone azul (ASB-10 Azul / Polipox, São Paulo, Brasil) (300ml) foi lentamente misturada ao catalisador (21ml), para não incluir bolhas de ar, e vertida até que o conjunto fosse completamente coberto.

Após 48 horas, a cera foi removida com água quente e detergente. Para completar o procedimento de remoção da cera, foi utilizado o produto Remox (Vipi, Pirassununga, Brasil) e, posteriormente, o molde foi lavado e seco com jato de ar.

O conjunto flexível GII (Polipox, São Paulo, Brasil), composto por resina e endurecedor, foi misturado na proporção preconizada pelo fabricante, de 100:40ml, em pote Becker, por meio de bastão de vidro, por 2 minutos. Com objetivo de eliminar as

bolhas de ar, a mistura permaneceu por 15 minutos no interior da câmara de vácuo, com -700mmHg. A resina foi vertida no molde, lentamente, com auxílio do bastão de vidro, e novamente colocada na câmara de vácuo por mais 30 minutos, permanecendo em repouso por 24 horas.

Depois de 72h, o modelo foi removido do molde. Para tanto, foi necessário cortar o molde na região cervical das coroas. Após a confecção do padrão fotoelástico, o arco foi removido e realizou-se moldagem em silicone das coroas com os braquetes, para servir como guia na recolagem, caso algum acessório descolasse durante o experimento.

Foram confeccionados 15 arcos base de Ricketts, conformados sobre diagrama (Tru arch form, A Company, San Diego, EUA) no maior tamanho da arcada inferior. Na mecânica de Ricketts, o arco é geralmente confeccionado em fio Elgiloy® azul 0,016" x 0,016" (Rocky Mountain, Denver, EUA), pois na técnica Bioprogressiva a canaleta de encaixe dos braquetes é 0,018" x 0,030".

No presente estudo, foram utilizados fios 0,016" x 0,022" em Elgiloy® azul (Rocky Mountain, Denver, EUA), visto que a canaleta de encaixe dos braquetes utilizados no estudo (Ovation/Dentsply GAC International, Bohemia, NY, EUA) era de 0,022" x 0,028". Poderia, também, ter sido utilizado o 0,019" x 0,019", entretanto, como em outro estudo<sup>19</sup> o autor utilizou o 0,016" x 0,022", optou-se por utilizar o mesmo diâmetro de fio para favorecer o possível confronto dos resultados.

A forma do arco apresenta inclinação distal de 45°, rotação distolingual de 15° e torque posterior lingual de 30°, desvio vertical na mesial do tubo do primeiro molar e na distal do incisivo lateral<sup>16</sup>, e torque lingual anterior<sup>3,17</sup>.

O arco de aço 0,021" x 0,025" utilizado para simular a má oclusão foi seccionado em dois setores posteriores (distal de segundos molares até mesial dos primeiros pré-molares) e um anterior (distal de incisivo lateral direito até distal do lateral esquerdo). Os setores posteriores foram mantidos como ancoragem posterior.

Utilizou-se o dinamômetro (250/Correx, Haag-Streit AG, Koeniz, Suíça) para mensurar as forças nos arcos de intrusão. A graduação inicia em 25gf e termina em 250gf. Inicialmente, todos os arcos de intrusão deveriam gerar 50gf. Aqueles que não apresentaram a referida força, tiveram seus ângulos caudais reajustados para que a força se igualasse a 50gf.

Após a inserção dos arcos, o modelo foi observado em polariscópio circular (Eikonol Instrumentos Ópticos, São Paulo, Brasil) (Fig. 1), montado com os seguintes constituintes: fonte luminosa, difusor de luz, polarizador, placa de ¼ de onda, padrão fotoelástico, placa de ¼ de onda e analisador. A máquina fotográfica (D70 / Nikon, Melville, NY, EUA) foi montada sobre tripé, e posicionada em frente ao analisador. O padrão fotoelástico foi inserido em recipiente de acrílico, livre de tensões e contendo em seu interior óleo mineral, e colocado sobre plataforma giratória contendo marcações para permitir adequado reposicionamento do modelo.

O recipiente cúbico, construído em acrílico virgem, foi observado previamente no polariscópio para confirmar a inexistência de tensão residual, que poderia interferir na observação das franjas no modelo. Depois de constatada ausência de tensões no recipiente, o mesmo foi preenchido com óleo mineral, pois esse líquido favorece a observação



FIGURA 1 - Polariscópio circular utilizado no experimento (Eikonol Instrumentos Ópticos, São Paulo, Brasil).

das franjas em modelos complexos. A cada troca de arco, a remoção do modelo do recipiente foi efetuada utilizando-se luvas para evitar a contaminação do óleo.

Após a instalação de cada arco, foram efetuadas fotografias em vista frontal. As fotos foram realizadas respeitando-se alguns critérios para que a comparação entre elas não sofresse interferência de outras variáveis.

Durante o experimento, foram mantidas: (a) a mesma distância entre todos os constituintes do polariscópio, pois esses permaneceram em posição até o final do experimento; (b) a angulação entre o modelo fotoelástico e a lente da máquina fotográfica; (c) a abertura do diafragma ( $f=8$ ), a velocidade ( $v=1/400s$ ) e o enquadramento (0,45) da máquina fotográfica.

Para que o modelo fosse reposicionado no mesmo local após a instalação de novo arco, utilizaram-se como referência marcações existentes na plataforma giratória, de tal modo que as faces mesiais dos primeiros molares coincidissem com a linha horizontal; e a linha média, com a linha central perpendicular à anteriormente mencionada.

As fotos foram realizadas sempre no mesmo local, mantendo as mesmas condições de iluminação do ambiente. As fotografias digitais foram transferidas para computador e analisadas utilizando-se o recurso de ampliação. Considerando-se o Quadro 1, as ordens de franjas foram verificadas nas imagens obtidas e anotadas em planilhas separadas por dente (42, 41, 31, 32); terços radiculares apical, médio e cervical; e faces mesial e distal.

A Figura 2 corresponde a uma das fotografias analisadas das tensões geradas pelo arco.

### Método estatístico

Com objetivo de verificar a concordância intraobservador (repetibilidade) no método adotado, cinco fotografias foram sorteadas e todas as áreas reanalisadas com intervalo de uma semana. Os valores das ordens de franjas decorrentes dessa observação foram utilizados, juntamente

Cor	Atraso relativo (Nm)	Ordem de franja ( $\delta/\lambda$ )
Preto	0	0
Cinza	160	0,28
Branco	260	0,45
Amarelo claro	350	0,6
Laranja	460	0,79
Vermelho intenso	520	0,9
Transição vermelho-azul	577	1
Azul intenso	620	1,06
Azul-verde	700	1,2
Verde-amarelo	800	1,38
Laranja	940	1,62
Vermelho rosado	1050	1,81
Transição vermelho-verde	1150	2
Verde	1350	2,33
Verde-amarelo	1450	2,5
Vermelho	1550	2,67
Transição vermelho-verde	1730	3
Verde	1800	3,1
Rosa	2100	3,6
Transição rosa-verde	2300	4
Verde	2400	4,13

QUADRO 1 - Sequência de cores produzidas em polariscópio com luz branca na configuração de campo escuro. Fontes: ASTM D4093-95 (re-aprovado 2001) e [www.vishay.com](http://www.vishay.com).

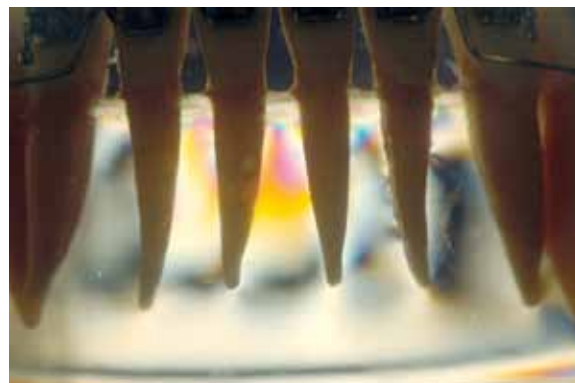


FIGURA 2 - Uma das quinze fotografias analisadas das tensões provocadas pelo arco base de Ricketts.

com os da primeira análise, para calcular a estatística de Kappa ponderado. O cálculo do coeficiente de Kappa ponderado foi realizado usando-se a planilha eletrônica Excel da Microsoft®.

Para comparar as ordens de franjas entre os terços radiculares, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis, sendo adotado nível de significância de 5%. As hipóteses em teste foram:

» Hipótese nula: as ordens de franjas nas áreas dos terços radiculares em comparação têm a mesma distribuição.

» Hipótese alternativa: entre as ordens de franjas nas áreas dos terços radiculares em comparação, ao menos duas apresentam distribuições distintas.

Para comparar as ordens de franjas entre os dentes, também foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis.

» Hipótese nula: as ordens de franjas nos dentes em comparação têm a mesma distribuição.

» Hipótese alternativa: entre as ordens de franjas nos dentes em comparação, ao menos dois apresentam distribuições distintas.

Os testes de Kruskal-Wallis e Dunn foram realizados no aplicativo estatístico SigmaStat, enquanto o aplicativo estatístico Minitab foi empregado na identificação dos *ranks* médios.

## RESULTADOS

Os valores de Kappa ponderado indicaram concordância entre a primeira e a segunda análise, em cada região, em cada dente, variando de substancial a quase perfeita (Cdi de 0,61 a 0,82; Cme de 0,73 a 0,86; Mdi de 0,61 a 1; Mme de 0,70 a 1; e a Apical de 0,61 a 1).

O Gráfico 1 identifica a estatística descritiva, composta por mediana, primeiro quartil e terceiro quartil, valor máximo e mínimo, das ordens de franjas decorrentes da utilização dos arcos bases de Ricketts, nas regiões cervical distal (Cdi), cervical mesial (Cme), médio distal (Mdi), médio mesial (Mme) e apical (A), dos incisivos inferiores lateral direito (42), central direito (41), central esquerdo (31) e lateral esquerdo (32).

A Tabela 1 apresenta os resultados dos testes de Kruskal-Wallis e Dunn para as ordens de franjas entre as regiões cervical, médio e apical; e entre os dentes, com uso do arco base de Ricketts.

O Gráfico 2 ilustra as porcentagens das maiores magnitudes de tensões relacionadas às diferenças estatisticamente significativas encontradas entre os terços radiculares, decorrentes do uso do arco base de Ricketts para intrusão.

Com uso do arco base de Ricketts, as maiores magnitudes de tensões foram observadas nas regiões cervicais, sendo 56,6% das diferenças identificadas nas faces mesiais e 34,8% nas faces distais; 4,3% no terço médio na face mesial e 4,3% no terço apical.

O Gráfico 3 ilustra as porcentagens das maiores magnitudes de tensões relacionadas às diferenças estatisticamente significativas encontradas entre os dentes, em cada arco de intrusão.

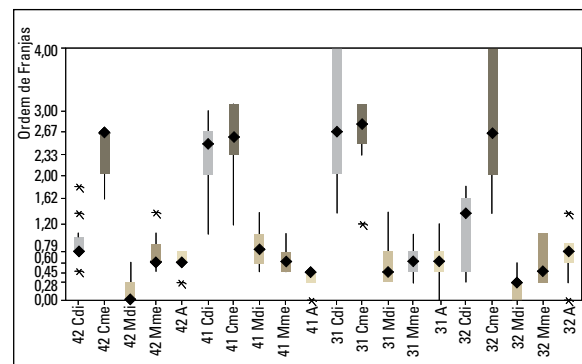


GRÁFICO 1 - Representação da estatística descritiva das ordens de franjas decorrentes da utilização dos arcos bases de Ricketts.

TABELA 1 - Resultados das análises de Kruskal-Wallis e Dunn para as ordens de franjas nas regiões cervical, média e apical, na mecânica de Ricketts.

Dentes	Cdi	Cme	Mdi	Mme	Apical
	mediana	mediana	mediana	mediana	mediana
42	<sup>A,B</sup> 0,79 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 2,67 <sup>a</sup>	<sup>C</sup> 0,0 <sup>b</sup>	<sup>B</sup> 0,6 <sup>a</sup>	<sup>B,C</sup> 0,6 <sup>a</sup>
41	<sup>A</sup> 2,5 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 2,67 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 0,79 <sup>a</sup>	<sup>B,C</sup> 0,6 <sup>a</sup>	<sup>C</sup> 0,45 <sup>b</sup>
31	<sup>A</sup> 2,67 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 2,67 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 0,45 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 0,6 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 0,6 <sup>a</sup>
32	<sup>B</sup> 1,2 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 2,67 <sup>a</sup>	<sup>C</sup> 0,28 <sup>b</sup>	<sup>B,C</sup> 0,45 <sup>a</sup>	<sup>B,C</sup> 0,79 <sup>a</sup>

Letras maiúsculas (A, B, C) diferem entre si na horizontal (diferença entre as regiões radiculares em cada dente); e minúsculas (a,b), na vertical (diferença entre os dentes em cada região radicular).

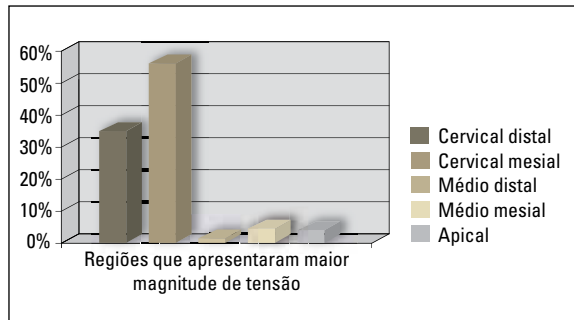


GRÁFICO 2 - Porcentagens das maiores magnitudes de tensões relacionadas às diferenças estatísticas encontradas entre as regiões apical, média e cervical; faces mesial e distal.

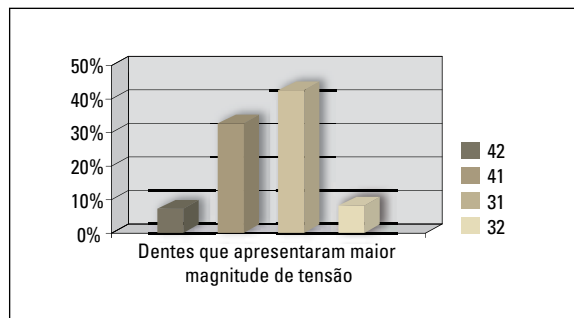


GRÁFICO 3 - Porcentagens das maiores magnitudes de tensões relacionadas às diferenças estatísticas encontradas entre os dentes.

Ao se comparar as ordens de franjas entre os dentes, em cada terço radicular, as maiores magnitudes de tensões foram observadas nos incisivos centrais, sendo 45,4% das diferenças identificadas no central esquerdo e 36,4% no central direito, e 9,1% em cada incisivo lateral.

## DISCUSSÃO

Embora na literatura exista relato<sup>19</sup> de uso do mesmo padrão em gelatina na análise de quinze arcos de intrusão, no presente trabalho rejeitou-se a utilização da composição gelatina/glicerina/água após realizado um estudo piloto, pois, ao se trocar os arcos, a integridade do material fotoelástico se tornou gradativamente comprometida. Decidiu-se, portanto, pela utilização de resina fotoelástica, porém, com módulo de elasticidade semelhante ao da gelatina, para que as

forças leves dos arcos de intrusão fossem capazes de promover tensões internas e serem visualizadas por meio da análise fotoelástica.

O uso da gelatina parece ser bastante interessante em pesquisas onde, além da distribuição da força, também se analisa a movimentação dos dentes, pois o material apresenta fluência (deformação de um material ao longo do tempo quando submetido à carga ou tensão constante) suficiente para permitir o movimento dentário<sup>2,7</sup>.

A confrontação entre os resultados do presente estudo com a literatura é bastante limitado, em virtude tanto da escassez de estudos que avaliem mecânicas intrusivas por meio da fotoelasticidade, como de particularidades inerentes à própria metodologia utilizada.

Há relato<sup>19</sup>, por exemplo, da análise da distribuição de tensões em arcos de intrusão de Ricketts na arcada inferior, com a mesma secção, 0,016" x 0,022", e quantidade de força (50gf) usadas no presente trabalho. Entretanto, os estudos são diferentes em diversos aspectos, dentre eles: o fato do referido estudo<sup>19</sup> ter usado aço inoxidável, e não liga de cromo-cobalto; não ter utilizado ancoragem posterior; os materiais fotoelásticos utilizados são diferentes (gelatina, no estudo referido; e resina, no presente estudo); assim como os polariscópios (polariscópio plano, no estudo referido<sup>19</sup>; e polariscópio circular, no presente estudo) e a forma de análise das franjas. Embora qualquer comparação entre os resultados possa ser considerada mera especulação, a homogeneidade de tensões entre os incisivos identificada no referido estudo<sup>19</sup> difere do presente estudo, que identificou nas faces cervical distal e médio distal tensões maiores nos centrais; já na região apical, os resultados indicaram tensões maiores nos laterais. Esses resultados provavelmente estão relacionados ao momento gerado pela força, dissipada de distal para a linha média.

No presente estudo, observa-se que a área radicular do incisivo lateral esquerdo utilizado no experimento parece ser menor do que a

do lateral direito, o que poderia influenciar na distribuição das tensões. Entretanto, não houve diferenças significativas entre as ordens de franjas desses dentes.

A anatomia das raízes influencia na distribuição de tensões, o principal fator de determinação da distribuição de forças é a área apical, e os dentes cônicos de cervical para apical apresentam compressão lateral que influencia na magnitude de força necessária para obtenção da mesma deformação em raízes cilíndricas e em raízes cônicas de apical para cervical<sup>6</sup>.

A configuração da estrutura radicular e a direção da aplicação das forças estão diretamente relacionadas à distribuição das tensões. As forças intrusivas direcionadas ao longo eixo induziriam à formação de franjas simétricas no ápice, e seriam mais intensas em dentes com áreas radiculares menores<sup>14</sup>.

O fato do uso do arco ter gerado tensões na região apical sugere que as forças resultantes desse tipo de arco apresentam direção axial. Esse resultado é coerente com estudo clínico<sup>18</sup> que, ao comparar várias mecânicas intrusivas, identificou maior efetividade na intrusão de incisivos com arco base de Ricketts e arco de intrusão de Burstone.

A extrapolação clínica dos resultados deve ser observada com ressalvas, pois o método fotoelástico não reproduz perfeitamente o papel do ligamento periodontal<sup>6</sup>. No periodonto natural, as fibras oblíquas impedem a compressão do ápice; portanto, a distribuição de forças axiais é uniforme ao longo das paredes das raízes<sup>6,10</sup>. A tração das fibras oblíquas induziria a formação de espículas ósseas inclinadas<sup>22</sup>. Entretanto, para outros autores<sup>6</sup>, a forma da raiz influencia no tipo de estímulo. Em raízes cônicas, há estímulo de pressão mesmo quando a força é axial; enquanto, em raízes cilíndricas, o movimento fisiológico de intrusão pode ser suportado pelas fibras do ligamento periodontal, transformando-se em forças de tração na parede alveolar.

Há afirmação de que a força intrusiva seria absorvida, na maior parte, pelas áreas cervicais e médias, quando aplicada em um dente com raiz cônica envolvida por material fotoelástico<sup>8</sup>.

Estudos<sup>20,23</sup> com elementos finitos identificaram na região cervical maior concentração de tensões quando se aplica força intrusiva, independentemente do formato radicular<sup>20</sup>. Tal situação foi observada também nas fotografias analisadas no presente trabalho, com fotoelasticidade. Embora outro estudo<sup>11</sup> com elementos finitos tenha encontrado níveis mais altos de pressão nas regiões subapical e apical.

A intrusão é apenas um fator na redução da sobremordida com uso do arco base de Ricketts<sup>12</sup>, pois se observou ausência de correlação entre a quantidade de intrusão e a redução da sobremordida (Kendall's tau = 0,14), correlação entre a mesma e o aumento da altura facial anterior inferior (Kendall's tau = 0,46) e em relação à extrusão do molar (Kendall's tau = 0,32). No referido estudo, não foi utilizado segmento estabilizador no setor posterior, portanto, provavelmente houve maior extrusão dos molares inferiores com consequente aumento da altura facial anterior inferior.

No presente trabalho, optou-se por manter um arco estabilizador 0,021" x 0,025" no setor posterior em todos os arcos. Dessa forma, os efeitos dos arcos ficariam mais restritos aos dentes anteriores.

As tensões geradas pelo arco base de Ricketts são resultantes não só da força de ativação de intrusão mensurada em 50gf, mas também do torque lingual anterior incorporado ao arco, pois a presença de torque anterior lingual também tende a aumentar a força de intrusão<sup>3,4,5</sup>. Além disso, as tensões maiores no terço médio mesial do que no distal, encontradas no presente estudo, provavelmente poderiam ser explicadas pela afirmação<sup>5</sup> de que a presença do fio no interior dos braquetes dos incisivos poderia promover o deslocamento mesial das raízes. Dake e Sinclair<sup>9</sup>, em estudo clínico, observaram movimento em "leque" dos incisivos inferiores no grupo que usou arco base de Ricketts.

Soma-se, ainda, o fato do arco ser construído em liga de cromo-cobalto (Elgiloy azul), que apresenta alto módulo de elasticidade, próximo ao do aço inoxidável<sup>15</sup>, com alta relação de carga/deflexão; portanto, tendendo a liberar cargas altas por períodos curtos. Além disso, o sistema de forças no arco base de Ricketts é estaticamente indeterminado; portanto, o cálculo das forças e momentos atuantes é complexo.

A definição da metodologia empregada nessa pesquisa permitiu a identificação das ordens de franjas nos terços radiculares, e possibilitou a análise estatística dos dados. Geralmente, a interpretação das franjas é realizada em um corpo de prova único, de forma qualitativa.

Os resultados do presente trabalho permitiram a visualização e compreensão dos efeitos do arco base de intrusão nos incisivos inferiores, identificando os dentes, assim como as áreas, de maiores concentrações de tensões, portanto mais sujeitos a reabsorções. Pois, em relação às reabsorções, mais importante do que a magni-

tude e o tipo de força, é a forma como essa se distribui ao redor da raiz<sup>8</sup>. Entretanto, devido à originalidade do estudo, os resultados devem ser observados com cautela, requerendo mais pesquisas que confirmem a sua reprodutibilidade. Futuros estudos poderão contribuir com a análise de outros fatores de variação relacionados à intrusão dos incisivos, tais como a influência do torque lingual, angulação da canaleta de encaixe, espessura do fio e comparação entre as diferentes mecânicas intrusivas.

## CONCLUSÕES

Considerando as condições em que o estudo foi realizado, conclui-se que:

- 1) As maiores magnitudes de tensões foram observadas nas regiões cervicais em todos os dentes.
- 2) Os dentes que apresentaram as maiores concentrações de tensões foram os incisivos centrais, nas faces distais, regiões cervicais e médias.

---

## Stress distribution in a photoelastic model resulting from intrusion of mandibular incisors using Ricketts utility arch

### Abstract

**Objective:** The present study is concerned with stress distribution in a photoelastic model, caused by lower incisor intrusion using utility arch. The stress levels on the radicular thirds of each lower incisors were compared and the stress concentration differences on each incisor were evaluated. **Methods:** Fifteen intrusion utility arches were made up. The activation force of 50 gf was measured in the midline. The photoelastic model was observed using a circular polariscope in a dark field configuration, and, then, photographed. Frontal photographs were analyzed, and the fringe order in each region was registered. The method replicability was assessed by the Kappa weighted analysis. The comparison between the stress levels was carried out using Kruskal-Wallis test followed by the Dunn test at  $p < 0.05$ . **Results and Conclusions:** The cervical regions were identified with the highest stress levels. By comparing the fringe order among the teeth it could be concluded that the highest stress levels are located in the central incisors. Therefore the cervical region can be more prone to resorptions as well as the central incisors, where higher stresses are concentrated.

**Keywords:** Photoelasticity. Intrusion. Biomechanics. Root resorption.

---



## REFERÊNCIAS

1. Amasyali M, Sagdiç D, Olmez H, Akin E, Karaçay S. Intrusive effects of the Connecticut intrusion arch and the utility intrusion arch. *Turkish J Medical Sci.* 2005;35(6):407-15.
2. Badran SA, Orr JF, Stevenson M, Burden DJ. Photo-elastic stress analysis of initial alignment archwires. *Eur J Orthod.* 2003;25(2):117-25.
3. Brito AD, Isaacson RJ. Como agem os aparelhos ortodônticos. In: Bishara SE. *Ortodontia.* 2ª ed. São Paulo: Ed. Santos; 2004. p. 208-31.
4. Burstone CJ. Deep overbite correction by intrusion. *Am J Orthod.* 1977;72(1):1-22.
5. Burstone CJ. Biomechanics of deep overbite correction. *Semin Orthod.* 2001;7(1):26-33.
6. Campos A Júnior, Passanezi E, Nahás D, Chiapinotto GA, Lopes ES. A fotoelasticidade em Odontologia: influência da base apical de sustentação. *Rev Odontol Univ São Paulo.* 1989;3(4):470-5.
7. Clifford PM, Orr JF, Burden DJ. The effects of increasing the reverse curve of Spee in a lower archwire examined using a dynamic photo-elastic gelatine model. *Eur J Orthod.* 1999;21(3):213-22.
8. Consolaro A. Reabsorções dentárias nas especialidades clínicas. 2ª ed. Maringá: Dental Press; 2005. p. 353-401.
9. Dake ML, Sinclair PM. A comparison of the Ricketts and tweed-type arch leveling techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;95(1):72-8.
10. Fantini SM. Características estáticas e dinâmicas da oclusão ideal. In: Interlandi S. *Ortodontia: bases para a Iniciação.* 4ª ed. São Paulo: Artes Médicas; 1999. p. 149-200.
11. Geramy A. Initial stress produced in the periodontal membrane by orthodontic loads in the presence of varying loss of alveolar bone: a three-dimensional finite element analysis. *Eur J Orthod.* 2002;24(1):21-33.
12. Greig DGM. Bioprogressive therapy: overbite reduction with the lower utility arch. *Br J Orthod.* 1983;10:214-6.
13. Gurgel JA, Ramos AL, Kerr SD. Fios ortodônticos. *Rev Dental Press Ortod Ortop Facial.* 2001;6(4):103-14.
14. Hayashi RK, Chaconas SJ, Caputo AA. Effects of force direction on supporting bone during tooth movement. *J Am Dent Assoc.* 1975;90(5):1012-7.
15. Kapila S, Sachdeva R. Mechanical properties and clinical applications of orthodontic wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;96(2):100-19.
16. Langlade M. *Terapêutica ortodôntica.* 1ª ed. São Paulo: Ed. Santos; 1993. p. 122-46.
17. McNamara JA, Brudon WL. *Orthodontics and dentofacial Orthopedics.* Ann Arbor: Needham; 2001.
18. Melsen B, Agerbaek N, Markenstam G. Intrusion of incisors in adult patients with marginal bone loss. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989;96(3):232-41.
19. Mota LM. *Estudo fotoelástico da intrusão de dentes anteriores na técnica do arco segmentado [dissertação].* Campinas (SP): Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic; 2005.
20. Oyama K, Motoyoshi M, Hirabayashi M, Hosoi K, Shimizu N. Effects of root morphology on stress distribution at the root apex. *Eur J Orthod.* 2007;29(2):113-7.
21. Ricketts R. Bioprogressive therapy as an answer to orthodontic needs. Part II. *Am J Orthod.* 1976;70(4):241-68.
22. Reitan K, Rygh P. Princípios e reações biomecânicas. In: Graber TM, Vanarsdall RL Jr. *Ortodontia: princípios e técnicas atuais.* 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1996. p. 88-174.
23. Wilson AN, Middleton J, Jones ML, McGuinness NJ. The finite element analysis of stress in the periodontal ligament when subject to vertical orthodontic forces. *Br J Orthod.* 1994;21(2):161-7.

Enviado em: 7 de maio de 2008  
Revisado e aceito: 22 de agosto de 2009

**Endereço para correspondência**  
Cristiane Aparecida de Assis Claro  
Av. Tiradentes, 477, apto 34, Centro  
CEP: 12.030-180 – Taubaté / SP  
E-mail: clarocri@usp.br