

Análise de elementos finitos em microparafusos ortodônticos de diferentes formas e diâmetros

Adriano DOBRANSZKI¹

Resumo

Análises de tensões fornecem informações que podem aumentar o índice de sucesso clínico no uso de microparafusos ortodônticos. Os objetivos deste estudo comparar a resposta mecânica dos microparafusos ortodônticos (1) cônico e cilíndrico de mesmo calibre e comprimento; e (2) cônicos de mesmo comprimento, com calibres de 1,4 mm e 1,8 mm, sob carga lateral de 5 N, por meio de análise de elementos finitos. Foram gerados 4 modelos de microparafusos no programa COSMOSXpress e foi aplicada carga de 5 N normal ao eixo axial na cabeça dos microparafusos. A AEF evidenciou maior concentração de tensão de tração na região do perfil transmucoso de ambos os tipos de microparafusos e, no cilíndrico de 1,4 mm de diâmetro, a tensão de tração foi quase duas vezes maior que no de 1,8 mm de diâmetro, quando submetidos à mesma carga.

Palavras-chave: Análise do estresse dentário. Análise de elemento finito. Procedimentos de ancoragem ortodôntica. Desenho de aparelho ortodôntico.

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

Submetido: 14/10/2013 - **Aceito:** 19/11/2013

Como citar este artigo: Dobranszki A. Análise de elementos finitos em microparafusos ortodônticos de diferentes formas e calibres. R Odontol Planal Cent. 2013 Ago-Dez; 3(2):2-6.

- O autor declara 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, Engenharia Mecânica, Biomateriais.

Introdução

Apesar das vantagens clínicas já amplamente exploradas no uso de microparafusos, como elemento de ancoragem ortodôntica, o índice de sucesso em sua aplicação ainda varia de 80% a 93,6%^{1, 2}. Com o propósito de minimizar a falha mecânica e melhorar a estabilidade dos microparafusos, fabricantes buscam melhoras constantes em sua forma, processo de fabricação e custo. Ao mesmo tempo, os cirurgiões-dentistas buscam respostas para aumentar ainda mais o índice de sucesso na técnica de instalação/remoção, ativação e no processo biológico envolvido.

A simulação computacional já é aceita

na indústria mundial como substituta de vários ensaios mecânicos em elementos inanimados e com vantagens, por fornecer valores muito precisos nos resultados e por não ser necessário fabricar nem destruir o elemento de estudo. Nas ciências biológicas, ainda há um longo caminho a percorrer, pois existe uma grande variabilidade estrutural entre os indivíduos e suas respostas biológicas, pela falta de padronização entre os modelos estudados por parte dos pesquisadores e por uma temporária limitação computacional. A vantagem mais nítida do emprego do método é a grande aproximação dos resultados computacionais com os reais, o que torna cada vez menos necessário o comprometimento de grande número amostral de estruturas biológicas³.

As análises de tensões são utilizadas na engenharia para avaliação e desenvolvimento de peças estruturais; na Odontologia, a Análise de Elementos Finitos (AEF) é computacional e fornece uma boa estimativa quantitativa para deformações, tensões de compressão e tração, exibindo uma escala de cores, como a que representa uma média das tensões, as tensões de von Mises⁴.

Este estudo teve como objetivos (1) comparar a resposta mecânica dos microparafusos ortodônticos cônico e

cilíndrico de mesmo calibre e comprimento; e (2) cônicos de mesmo comprimento, com calibres de 1,4 mm e 1,8 mm, sob carga lateral de 5 N, por meio de análise de elementos finitos.

Métodos

Para a análise quantitativa de como os microparafusos responderia às cargas ortodônticas, foram geradas 4 situações de carregamento lateral em microparafusos com 6 mm de comprimento, no programa COSMOSXpress (Solidworks), descritos como: (1) cônico com calibre de 1,6 mm, (2) cilíndrico com calibre de 1,6 mm, (3) cilíndrico com calibre de 1,4 mm, e (4) cilíndrico com calibre de 1,8 mm), a partir modelos virtuais de alta resolução fornecidos pelo fabricante SIN. O engastamento foi feito ao longo de todos os filetes e foi aplicada carga de 5 N normal ao eixo axial na cabeça dos microparafusos. Foi gerada malha tetraédrica e as propriedades para o material utilizado (Ti-6Al-4V) foram fornecidas pelo fabricante (SIN): módulo de elasticidade (elastic modulus) = $1.0687e+006$ kgf/cm², coeficiente de Poisson (Poisson's ratio) = 0.31 NA, módulo de cisalhamento (Shear modulus) = $4.1833e+005$ kgf/cm², densidade de massa (Mass density) = 0.0044288 kg/cm³, resistência à tração (Tensile strength) = 8436.8 kgf/cm², limite de escoamento (Yield strength) = 10707 kgf/cm².

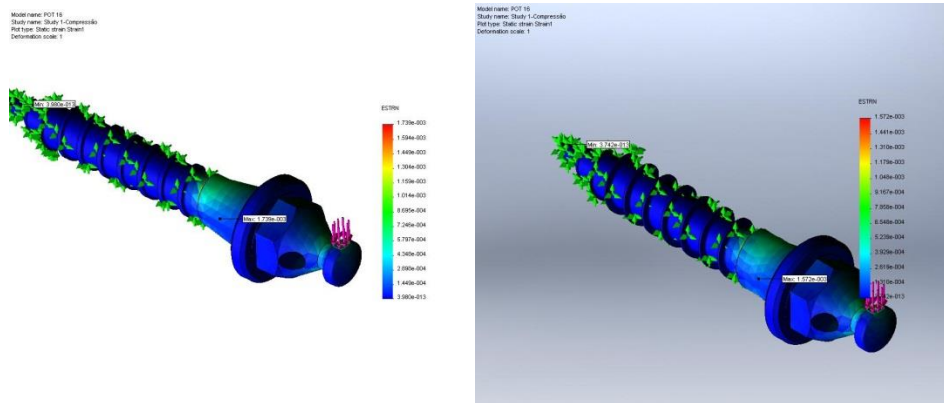
O pós-processamento evidenciou as tensões máximas e mínimas principais, representando respectivamente as regiões de maior tração e de maior compressão, de acordo com o eixo analisado (X, Y ou Z), ou pela combinação global do valor absoluto ao quadrado de todas as tensões, conhecida como tensão de von Mises, uma medida da

energia interna em um dado ponto da estrutura a partir das tensões normais e de cisalhamento, que não determina o estado de tração ou compressão, pois o resultado quadrático é sempre positivo. A tensão de von Mises (que é parte de um critério de falha) é indicada para materiais metálicos, ou com comportamento semelhante ao metal, pois indica o ponto em que haverá a falha, geralmente correspondendo a uma fissura, edentação ou trinca do material. O deslocamento (deformação) foi expresso em milímetros e sua representação, em uma escala de cores.

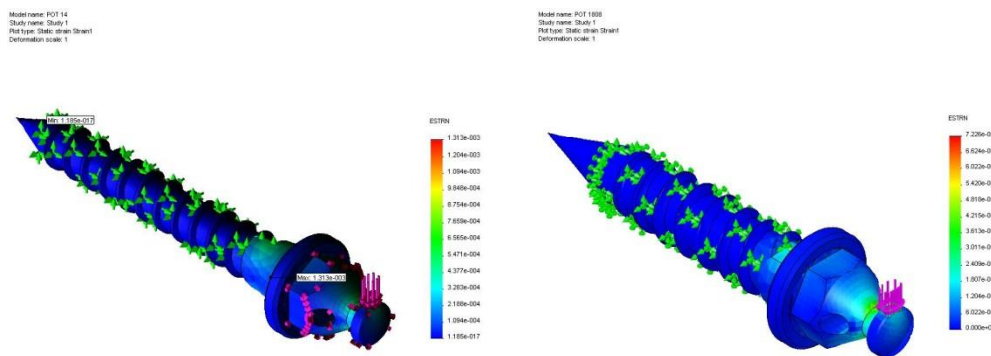
Resultados

No parafuso cilíndrico (FIGURA 1) e no parafuso cônico (FIGURA 2), observou-se que em ambos, quando submetidos a esforços com aplicação de carga lateral (inclinação), há grande concentração de tensão de tração (strain) na região do perfil transmucoso, próximo à interface do término das espiras – região comum de fratura durante remoção⁵, respectivamente $1.739e-003$ e $1.572e-003$.

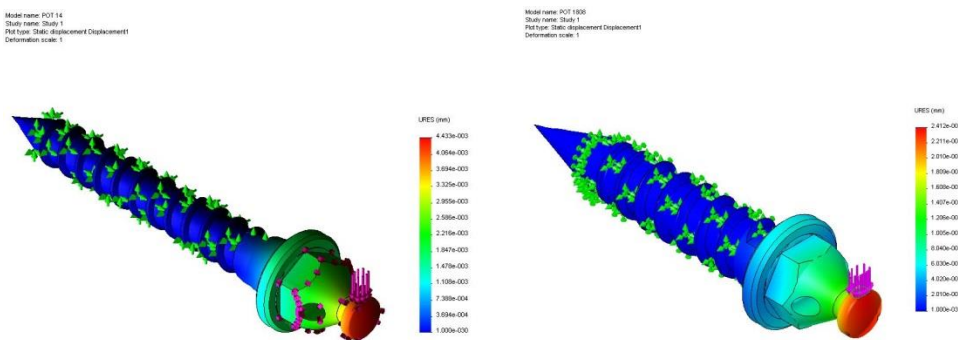
Na comparação entre parafusos cilíndricos com calibres de 1,4 e 1,8 mm de diâmetro, no parafuso de menor diâmetro percebeu-se maior concentração de tensões de tração e maior deslocamento (deformação) que nos demais. No parafuso de 1,4 mm de diâmetro (FIGURA 3), a tensão de tração foi quase 2 vezes maior que no parafuso de 1,8 mm de diâmetro (FIGURA 4) submetidos à mesma carga, respectivamente $1.313e-003$ e $7.226e-004$. O deslocamento também foi maior no parafuso de 1,4 mm ($4.433e-003$ mm) do que no de 1,8 mm ($2.412e-003$ mm) (FIGURAS 5 e 6).



FIGURAS 1 e 2 – Concentração de tensões nos ápices e ao longo do corpo dos microparafusos cilíndrico e cônico, após carga lateral – indicadores de tensão de tração máxima e mínima.



FIGURAS 3 e 4 – Concentração de tensões nos ápices e ao longo do corpo dos microparafusos de 1,4 e 1,8 mm de diâmetro, após carga lateral – indicadores de tensão máxima e mínima.



FIGURAS 5 e 6 – Deslocamento (deformação) dos microparafusos de 1,4 e 1,8 mm de diâmetro, após carga lateral.

Discussão

Considera-se "sucesso" quando o microparafuso permanece como ponto de apoio estável até o fim de seu propósito como ancoragem, ou "falha" quando é perdido durante o tratamento¹. A literatura atual mostra um índice médio de sucesso de 13,5%² e eventos que podem estar associados ao insucesso dos microparafusos têm sido amplamente estudados, classificados em

categorias de fatores relacionados inclusive às características físicas dos microparafusos.

Acredita-se que a instalação de microparafusos com diferentes ângulos em relação ao osso alveolar pode aumentar a superfície de contato microparafuso/osso⁶ e diminuir o risco de danificar as raízes¹, assim como o uso de microparafusos cônicos, pois, devido ao seu diâmetro apical reduzido, têm menor risco de danificar as raízes, mesmo utilizando-se microparafusos longos⁷. Em um

estudo retrospectivo comparando microparafusos de diferentes formas, comprimentos, tipos de cirurgia de instalação e tempos de aplicação de carga, não foram encontradas diferenças estatísticas significantes em relação ao insucesso^{1, 8}. Em outros estudos, fatores como diâmetro, inflamação do tecido peri-implantar⁹, preparo do local de implantação¹⁰, qualidade do osso adjacente, geometria do microparafuso^{5, 10} e proximidade das raízes de dentes adjacentes⁸ podem estar associados ao insucesso, além do que microparafusos autoperfurantes podem ter maior estabilidade primária do que autorrosqueantes, devido à maior área de contato entre o osso e a liga metálica¹¹ - um microparafuso cônico de mesmo calibre de um cilíndrico tem área de superfície aproximadamente 20% maior. O operador deve considerar que microparafusos mais compridos e calibrosos podem ter melhor estabilidade primária, embora possam provocar maior dano tecidual e maior risco de contato com as raízes. Por outro lado, microparafusos mais curtos e menos calibrosos podem trazer menores risco de contato radicular e penetração no seio maxilar, mas têm risco maior de fratura e de perda de estabilidade primária¹¹.

Na simulação computacional com elementos finitos e concordando com outros estudos¹², percebeu-se que após aplicação de carga lateral (inclinação), tanto no microparafuso cônico quanto no cilíndrico, houve grande concentração de tensões de

tração (strain) na região do perfil transmucoso, próximo à interface do término das espiras - região comum de fratura durante a instalação¹³ e remoção⁵. A modificação no desenho do perfil pelos fabricantes pode diminuir esta ocorrência. Comparando-se microparafusos cilíndricos com diâmetro de 1,4 mm e 1,8 mm, percebeu-se que, com a mesma carga, ocorreu concentração de tensões de tração quase 2 vezes maior no microparafuso de 1,4 mm comparado ao de 1,8 mm, além disso, houve quase o dobro de deslocamento (deformação) no de 1,4 mm. Isto justifica, do ponto de vista de resistência mecânica, a instalação de microparafusos de maior calibre possível em ossos de baixa qualidade, observando-se a limitação anatômica do sítio de instalação.

Conclusão

Com a análise de elementos finitos, após aplicação de carga lateral nos microparafusos cilíndricos e cônicos, foi possível concluir que:

- Em ambos os tipos, de mesmo calibre, ocorreu maior concentração de tensão de tração na região do perfil transmucoso, próximo à interface do término das espiras.
- A deformação e a tensão de tração foi quase duas vezes maior no microparafuso cilíndrico de 1,4 mm de diâmetro comparado ao microparafuso cilíndrico de 1,8 mm de diâmetro, quando submetidos à mesma carga.

Title: Finite element analysis in orthodontic microscrews with different shapes and diameters

Abstract

The stress analysis provide information that can increase the clinical success rate of orthodontic microscrews. The objective of this study was to quantify and to compare the stress distribution, using finite element analysis (FEA) in microscrews 6 mm long: (a) cylindrical and conical with 1.6 mm diameter, and (b) cylindrical with 1.4 and 1.8 mm diameter. To the finite element analysis, 4 microscREW models were generated in the COSMOSXpress program and a 5 N load was applied normal to the axial axis in the head of the microscrews. The FEA showed a higher concentration of strain near the transmucous profile of both microscrews and, in the 1.4 diameter cylindrical microscREW, the strain was almost twice the strain found in the 1.8 mm diameter microscREW, when submitted to the same load.

Key-words: Dental stress analysis. Finite element analysis. Orthodontic anchorage procedures. Orthodontic appliance design.

Referências

1. Park HS, Jeong S, Kwon O. Factors affecting the clinical success of screw implants used as an orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(1):18-25.
2. Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: A meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(5):577-595.e7.
3. Dobranszki A, Noritomi PY, Faber J, Barriviera M, Dobranszki NPDC, Toledo AO. Obtenção de medidas de uma maxila típica de um paciente com má-oclusão de Classe II esquelética por meio de mensurações em tomografias computadorizadas. *R Odontol Planal Cent.* 2013 Jan-Jul; 3(1):2-10.
4. Dobranszki A, Neto LF, Dobranszki NPDC, Vuolo JH, Laboissière MA. Distribuição de tensões em mini-implantes ortodônticos. *Rev Matéria.* 2010;15(3):405-12.
5. Dalstra M, Cattaneo PM, Melsen B. Load transfer of Miniscrews for Orthodontic Anchorage. *Orthodontics.* 2004;1:53-62.
6. Kyung HM, Park HS, Bae SM, Sung JH, Kim IB. Development of orthodontic micro-implants for intraoral anchorage. *J Clin Orthod.* 2003;37(6):321-8.
7. Poggio, PM. "Safe Zones" - A Guide for Miniscrew Positioning in the Maxillary and Mandibular Arch. *Angle Orthod.* 2006;76(2):191-197.
8. Jung YR, Kim SC, Kang KH, Cho JH, Lee EH, Chang NY, et al. Placement angle effects on the success rate of orthodontic microimplants and other factors with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013;143(2):173-81.
9. Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124(4):373-8.
10. Wilmes B. Parameters affecting primary stability of orthodontic mini-implants, *J Orofac Orthop.* 2006;67:162-74.
11. Kim JW. Comparison of stability between cylindrical and conical type mini-implants. *Angle Orthod.* 2008;78(4):692-98.
12. Lin TS, Tsai FD, Chen CY, Lin LW. Factorial analysis of variables affecting bone stress adjacent to the orthodontic anchorage mini-implant with finite element analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2013;143(2):182-89.
13. Pithon MM, Figueiredo DSF, Oliveira DD. Mechanical Evaluation of Orthodontic Mini-Implants of Different Lengths. *J Oral Maxillofac Surg.* 2013;71:479-86.