

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TORQUE DE INSERÇÃO NA RESISTÊNCIA AO ARRANCAMENTO DOS PARAFUSOS PEDICULARES

## THE INFLUENCE OF INSERTION TORQUE ON PEDICULAR SCREWS' PULLOUT RESISTANCE

VÂNIA CUSTÓDIO LEITE<sup>1</sup>, ANTÔNIO CARLOS SHIMANO<sup>2</sup>,  
GILSON ANTONIO PEREIRA GONÇALVES<sup>3</sup>, FRANK KANDZIORA<sup>4</sup>, HELTON LUIZ APARECIDO DEFINO<sup>5</sup>

### RESUMO

Foram realizados ensaios mecânicos para avaliação do torque de inserção na resistência ao arrancamento dos parafusos pediculares. Foram utilizadas no estudo 30 vértebras de suínos da raça Landrace, nas quais parafusos de 5mm foram inseridos nos pedículos vertebrais. O orifício piloto foi realizado com brocas de 2,5mm, 3,8mm e 4,5mm. Foram realizados ensaios mecânicos de arrancamento dos implantes em máquina universal de testes. Foi observado aumento do torque de inserção dos parafusos com a perfuração do orifício piloto com diâmetro menor que o diâmetro interno do parafuso, e redução com o orifício piloto maior que o diâmetro interno do parafuso. Foi observada diferença estatística entre os valores do torque de inserção. A resistência ao arrancamento dos implantes aumentou com a perfuração do orifício piloto com valores menores que o diâmetro interno do parafuso e diminuiu com a perfuração com diâmetro maior que o diâmetro interno do parafuso. Foi observada diferença estatística dos valores da resistência ao arrancamento dos implantes apenas com a perfuração do orifício piloto com diâmetro maior que o diâmetro interno do parafuso.

**Descritores:** Coluna vertebral. Parafusos ósseos. Biomecânica. Dispositivos de fixação ortopédica.

Leite VC, Shimano AC, Gonçalves GAP, Kandziora F, Defino HLA. Estudo da influência do torque de inserção na resistência ao arrancamento dos parafusos pediculares. *Acta Ortop Bras.* [periódico na Internet]. 2008; 16(4): 214-216. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

### INTRODUÇÃO

A ancoragem dos parafusos pediculares no interior da vértebra e a sua resistência ao arrancamento está relacionada com a integridade e densidade mineral do osso, ao desenho e tipo da rosca do parafuso, ao preparo do orifício piloto e ao torque de inserção. Todas essas variáveis influenciam na estabilidade do sistema de fixação e podem afetar o resultado final do tratamento quando ocorre a falha do sistema de fixação vertebral<sup>(1-5)</sup>.

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do torque de inserção na resistência ao arrancamento dos parafusos pediculares.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 30 vértebras de suínos da raça Landrace com média de idade de 90 dias e peso aproximado de 55Kg. As vértebras da região lombar (L1 a L6) e torácica distal (T13 a T14) foram selecionadas para o estudo.

Trabalho realizado com o apoio da FAPES e CAPES -PROBRAL

Endereço para correspondência: Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – Avenida Bandeirantes, 3900 – 11º and – Campus Universitário - Ribeirão Preto/São Paulo - Brasil - [hldefin@fmp.usp.br](mailto:hldefin@fmp.usp.br)

1. Aluna do Curso de Pós-Graduação do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.
2. Professor Doutor do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.
3. Aluno de Iniciação Científica do Curso de Graduação em Medicina da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.
4. Chefe do Departamento de Cirurgia da Coluna Vertebral do Setor de Doenças do Aparelho Locomotor – Hospital Charité - Berlin Head of Spine Center.
5. Professor Titular do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Artigo recebido em 22/08/2006 aprovado em 19/10/2006

### SUMMARY

Mechanical assays were performed in order to evaluate the effect of the insertion torque on the pullout resistance of pedicular screws. Thirty vertebrae of Landrace pigs were used in the study, with 5-mm screws being inserted into the vertebral pedicles. The pilot hole was drilled with 1.5, 3.8 and 4.5 mm burs. Mechanical assays of implant pullout resistance were performed with a universal testing machine. An increase in the insertion torque of the screws was observed when a pilot hole with a smaller diameter than the inner diameter of the screw was drilled, and a reduction was observed when the diameter of the pilot hole was larger than the inner diameter of the screw. A statistically significant difference in the insertion torque values was observed. The pullout resistance of the implants increased when the pilot hole had a smaller diameter than the inner diameter of the screw and decreased when the pilot hole had a larger diameter than the inner diameter of the screw. A statistically significant difference in implant pullout resistance was observed only when the diameter of the pilot hole was larger than the inner diameter of the screw.

**Keywords:** Spine. Bone screws. Biomechanics. Orthopedic fixation devices.

Leite VC, Shimano AC, Gonçalves GAP, Kandziora F, Defino HLA. The influence of insertion torque on pedicular screws' pullout resistance. *Acta Ortop Bras.* [serial on the Internet]. 2008; 16(4): 214-216. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

O implante utilizado no estudo foi o parafuso pedicular de aço de 30 mm de comprimento, 5mm de diâmetro externo (diâmetro da rosca) e 3,8mm de diâmetro interno (diâmetro da alma do parafuso) (Parafuso USS1-Synthes) (Figura 1). O orifício piloto foi realizado por meio de brocas cortantes.

O modelo experimental foi baseado na colocação dos implantes no pedículo vertebral, sob a visão direta e orientação das referências anatômicas clássicas. A perfuração do orifício foi realizada por meio de brocas, e o diâmetro da perfuração era menor (2,5mm), igual (3,8mm) ou maior (4,5mm) que o diâmetro interno do parafuso. Os parafusos foram manualmente introduzidos no interior dos pedículos vertebrais, tendo sido medido o torque da sua inserção por meio de torquímetro (Mackena). Com objetivo de manter a angulação da perfuração e fornecer suporte e estabilidade para o torquímetro foi construída um guia fixo para a inserção do parafuso (Figura 2).

Foram formados 3 grupos experimentais de acordo com o diâmetro da perfuração:

Grupo I - perfuração com broca de 2,5mm.

Grupo II - perfuração com broca de 3,8mm.

Grupo III - perfuração com broca de 4,8mm.

A resistência dos implantes ao arrancamento foi avaliada por meio de ensaios mecânicos, utilizando-se Máquina Universal de Ensaio. O conjunto formado pela vértebra e o parafuso inserido em seu interior foi fixado à morsa, e a força de arrancamento aplicada através da parte proximal do parafuso. Foi estabelecida a pré-carga de 40N com 30 segundos de tempo de acomodação, seguida da aplicação contínua e progressiva da carga a velocidade de 10mm por minuto..

Os valores de força máxima do arrancamento e do torque de inserção máximo resultantes dos ensaios mecânicos foram analisados estatisticamente inicialmente com um teste paramétrico, seguido do teste ANOVA, para comprovação da diferença significativa e, por fim, para a obtenção dos valores das diferenças significativas foi utilizado o método de Bonferroni. Foi adotado o nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ) nos testes estatísticos realizados.

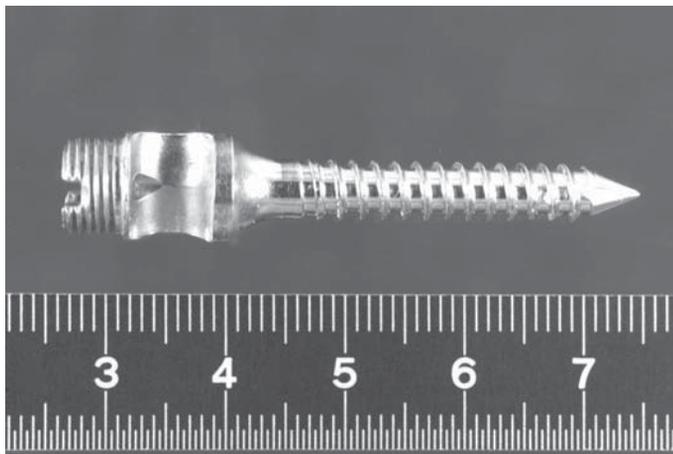


Figura 1 - Fotografia do parafuso USS (Synthes) de 5mm de diâmetro externo e 3,8mm de diâmetro interno utilizado nos ensaios mecânicos.

## RESULTADOS

O comportamento do torque de inserção dos parafusos pediculares foi inversamente proporcional ao diâmetro da perfuração em relação ao diâmetro interno do parafuso. Foi observado aumento do torque de inserção dos parafusos com a diminuição do diâmetro do orifício piloto em relação ao diâmetro interno do parafuso, e a redução do torque de inserção dos implantes com o aumento do diâmetro do orifício. A média do torque de inserção dos implantes para a perfuração de 2,5mm foi de  $138,90 \pm 21,44$  N.m; de  $100,60 \pm 21,05$  N.m para a perfuração de 3,8mm, e de  $77,80 \pm 18,46$  N.m para a perfuração de 4,5mm. Nesse grupo foi observado diferença estatística entre os valores do torque de inserção com os diferentes diâmetros da perfuração. ( $p < 0,05$ ). (Figura 2 e Tabela 1)

A resistência ao arrancamento dos parafusos pediculares também foi inversamente proporcional ao diâmetro do orifício piloto. A média da força máxima de arrancamento foi de  $1014,67 \pm 153,33$  N para a perfuração de 2,5mm;  $996,97 \pm 107,43$  N para a perfuração de 3,8mm, e de  $862,61 \pm 141,17$  N para a perfuração de 4,5mm (Figura 3 e Tabela 2). Não foi observada diferença estatística significativa entre os valores da perfuração de 2,5mm e 3,8mm. No entanto os valores da perfuração de 4,5mm apresentaram diferença estatística com os valores da perfuração de 3,8mm. (Figura 3 e Tabela 2)

O torque de inserção dos implantes apresentou relação com a resistência ao arrancamento dos implantes somente para os valores da perfuração menores que o diâmetro interno do parafuso.

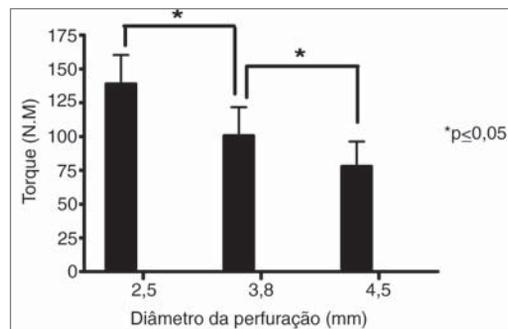


Figura 2 - Gráfico ilustrando o valor médio do torque de inserção dos parafusos nos diferentes diâmetros do orifício piloto. O asterisco (\*) indica diferença estatística significativa entre os grupos.

Torque(N.m)	2,5mm	3,8mm	4,5mm
120		107	95
118		85	42
118		106	87
140		146	72
131		113	67
126		92	82
160		91	77
184		72	112
153		82	72
139		112	72
<b>Média</b>	<b>138,9</b>	<b>100,6</b>	<b>77,8</b>
<b>Dp</b>	<b>21,44</b>	<b>21,05</b>	<b>18,46</b>

Tabela 1 - Valores do torque de inserção nos diferentes diâmetro da perfuração do orifício piloto (2,5mm; 3,8mm e 4,5mm). Estão apresentados os valores individuais de cada ensaio e a média e desvio padrão dos valores obtidos em todos os ensaios realizados.

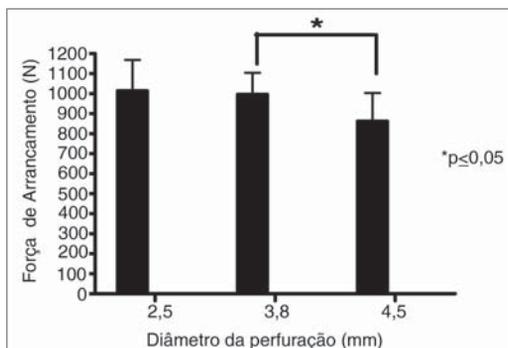


Figura 3 - Gráfico ilustrando a média da força máxima de arrancamento dos implantes nos diferentes diâmetros do orifício piloto. O asterisco (\*) indica diferença estatística entre os grupos.

Força (N)	2,5mm	3,8mm	4,5mm
952,51		1049,45	706,41
1173,51		987,08	662,35
1241,31		1170,12	955,9
1086,74		1187,07	927,42
804,04		917,25	789,12
1086,06		948,44	860,98
1109,79		911,15	986,4
1029,11		943,69	696,24
845,39		871,15	978,27
818,27		984,37	1063,01
<b>Média</b>	<b>1014,67</b>	<b>996,97</b>	<b>862,61</b>
<b>Dp</b>	<b>153,33</b>	<b>107,43</b>	<b>141,16</b>

Tabela 2 - Valores da força máxima de arrancamento dos parafusos nos diferentes diâmetro da perfuração do orifício piloto (2,5mm; 3,8mm e 4,5mm). Estão apresentados os valores individuais de cada ensaio e a média e desvio padrão dos valores obtidos em todos os ensaios realizados.

## DISCUSSÃO

A resistência ao arrancamento dos implantes está relacionado com inúmeros fatores e o torque de inserção faz parte desse conjunto de fatores<sup>(3,6-8)</sup>. O torque de inserção tem sido representado pela equação: torque de inserção = resistência ao arrancamento/1142 + 0,02 e seu valor expresso em Newtons.metro<sup>(2)</sup>.

A confecção do orifício piloto reduz o torque de inserção e os resultados observados nos ensaios mecânicos realizados estão de acordo com essa afirmação<sup>(2)</sup>. À medida que o diâmetro do orifício piloto aumentou houve redução do torque de inserção e foi observada diferença estatística entre os valores. Esse fenômeno estaria relacionado com a retirada do osso durante a perfuração do orifício piloto, que afetaria a ancoragem do implante. À medida que o diâmetro do orifício piloto aumenta, maior quantidade de osso é removida e menor quantidade de osso fica disponível para ser compactada ao redor do implante, reduzindo desse modo o torque de inserção.

A correlação entre o torque de inserção e a resistência ao arrancamento dos implantes tem sido apresentada de modo controverso na literatura que aborda esse tema, existindo relatos da correlação entre o torque de inserção e a resistência ao arrancamento<sup>(1,5,9-12)</sup> ao lado de outros que não observaram essa correlação<sup>(13,14)</sup>.

A resistência dos parafusos ao arrancamento é um fenômeno complexo e depende de muitos fatores<sup>(2,15)</sup>. Observamos em ensaios mecânicos dos parafusos inseridos nos corpos de madeira, poliuretano e osso bovino a correlação entre a redução do diâmetro do orifício piloto e o aumento da resistência dos parafusos ao arrancamento. No entanto, no presente estudo essa correlação não foi observada com a realização dos ensaios com os parafusos inseridos nos pedículos das vértebras de suínos, e provavelmente esse fato está relacionado com a participação de outras variáveis que atuam na resistência do implante ao arrancamento.

Em nosso estudo procuramos estabelecer a correlação entre o torque de inserção e a resistência ao arrancamento de um determinado parafuso, utilizando o diâmetro do orifício piloto em relação ao diâmetro interno do parafuso para o estabelecimento dessa correlação. Deve ser ressaltado que em outros estudos essa correlação foi estabelecida para a avaliação e comparação

de diferentes tipos de parafuso, que foram implantados sem considerar a variável relacionada com o orifício piloto, valorizando as características individuais de cada implante<sup>(9,12,14)</sup>.

Os resultados desses ensaios evidenciaram a importância do maior diâmetro do orifício piloto em relação ao diâmetro interno do parafuso na diminuição do torque de inserção e resistência dos parafusos ao arrancamento, mostrando diferença estatística dos resultados. Essa observação reforça a necessidade da escolha do diâmetro do orifício piloto, demonstrando que os valores acima do diâmetro interno do parafuso reduzem a resistência do parafuso ao arrancamento e comprometem as propriedades mecânicas do sistema de fixação.

Não foi possível estabelecer a correlação entre o aumento do torque de inserção e o aumento da resistência dos parafusos ao arrancamento com base na análise dos dados dos ensaios mecânicos desse estudo. O aumento do torque necessário para a compactação do osso esponjoso ao redor do parafuso pode explicar o aumento do torque. No entanto a quantidade de osso esponjoso compactado não foi suficiente para aumentar a resistência ao arrancamento, ou o limite da quantidade de osso compactado final depende até certo ponto do tamanho da rosca do parafuso e não pode ser infinitamente aumentado pela diminuição do diâmetro do orifício piloto. No entanto, o aumento do orifício piloto remove maior quantidade de tecido ósseo, reduzindo a quantidade de osso compactado e o torque de inserção do implante, acompanhado da redução da resistência do implante ao arrancamento.

## CONCLUSÃO

O torque de inserção dos parafusos pediculares apresentou aumento com a diminuição do diâmetro do orifício piloto em relação ao diâmetro interno do parafuso, e redução com o aumento do diâmetro do orifício piloto.

Foi observada redução da resistência ao arrancamento dos implantes com a perfuração do orifício piloto de diâmetro maior que o orifício interno do parafuso.

O torque de inserção dos implantes apresentou relação com a resistência ao arrancamento dos implantes somente para os valores da perfuração menores que o diâmetro interno do parafuso.

## REFERÊNCIAS

1. Abshire BB, McLain RF, Valdevit A, Kambic HE. Characteristics of pullout failure in conical and cylindrical pedicle screws after full insertion and back-out. *Spine J.* 2001; 1:408-14.
2. Benzel E. Component-component interfaces. In: Benzel E. editor. *Biomechanics of spine stabilization.* New York: Thieme; 2001.
3. Brantley A, Mayfield J, Koeneman J, Clark KR. The effects of pedicle screw fit: An in vitro study. *Spine.* 1994; 19:1752-8.
4. Halvorson TL, Kelley LA, Thomas KA, Whitecloud TS 3rd, Cook SD. Effects of bone mineral density on pedicle screw fixation. *Spine.* 1994; 19:2415-20.
5. Hsu CC, Chao CK, Wang JL, Hou SM, Tsai YT, Lin J. Increase of pullout strength of spinal pedicle screws with conical core: biomechanical tests and finite element analyses. *J Orthop Res.* 2005; 23:788-94.
6. Cohen J. Tissue reactions to metal: The influence of surface finish. *J Bone Joint Surg Am.* 1961; 43:687-99.
7. Lieberman IH, Khazim R, Woodside T. Anterior vertebral body screw pullout testing. A comparison of Zeilke, Kaneda, Universal Spine System, and Universal Spine System with pullout-resistant nut. *Spine.* 1998; 23:908-10.
8. Zindrick MR, Wiltse L. A biomechanical study of intrapeduncular screw fixation in the lumbosacral spine. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; (203):99-112.
9. Daftari TK, Horton WC, Hutton WC. Correlations between screw hole preparation, torque of insertion, and pullout strength for spinal screws. *J Spinal Disord.* 1994; 7:139-45.
10. Ryken TC, Goel VK, Clausen J, TV. Assessment of unicortical and bicortical fixation in a quasistatic cadaver model. Role of bone mineral density and screw torque. *Spine.* 1995; 20:1861-7.
11. Ryken T, Clausen J. Biomechanical analysis of bone mineral density, insertion technique, screw torque, and holding strength of anterior cervical plate screw. *J Neurosurg.* 1995; 83:324-9.
12. Zdeblick TA, Kunz DN. Pedicle screw pullout strength. *Spine.* 1993; 18:1673-6.
13. Inceoglu S, Ferrara L, McLain RF. Pedicle screw fixation strength: pullout versus insertional torque. *Spine J.* 2004; 4:513-8.
14. Kwok AW, Finkelstein JA, Woodside T, Hearn TC, Hu RW. Insertional torque and pull-out strengths of conical and cylindrical pedicle screws in cadaveric bone. *Spine.* 1996; 21:2429-34.
15. Buhler DW, Berlemann U, Oxland TR, Nolte LP. Moments and forces during pedicle screw insertion. In vitro and in vivo measurements. *Spine.* 1998; 23:1220-7.