

Estudo histomorfométrico da influência do diâmetro do orifício-piloto na interface entre o implante e o osso vertebral*

Histomorphometric study of the influence of the pilot hole diameter on the interface between implant and vertebral bone

GRAZIELA NASCIMENTO FERREIRA¹, ANTÔNIO CARLOS SHIMANO², JOÃO PAULO MATHEUS CHIREGATTO³, PAULO ESTEVES PINTO FARIA⁴, ANTONIO SALATA⁵, HELTON L.A. DEFINO⁶

RESUMO

Objetivo: Estudar as alterações agudas da interface entre os parafusos e o tecido ósseo vertebral, considerando o diâmetro do orifício-piloto em relação ao diâmetro interno do parafuso. **Métodos:** O

estudo foi realizado em carneiros e a segunda vértebra cervical selecionada para o estudo. Foram utilizados parafusos corticais de 3,5mm de diâmetro externo (2,4mm de diâmetro interno) e 14mm de comprimento. Foram formados quatro grupos experimentais: 1) orifício-piloto de 2,0mm e colocação do parafuso de 3,5mm; 2) orifício-piloto de 2,5mm e colocação do parafuso de 2,5mm; 3) orifício-piloto de 2mm sem colocação do parafuso; e 4) orifício-piloto de 2,5mm sem colocação do parafuso. **Resultados:** O grupo 1 (orifício-piloto menor do que o diâmetro interno do parafuso) apresentou maior densidade óssea no interior da rosca do implante e maior densidade óssea na área em espelho do que o grupo 2 (orifício-piloto maior que o diâmetro interno do parafuso). A superfície de contato entre o tecido ósseo e o implante foi maior no grupo 2 em relação ao grupo 1. A comparação da densidade óssea na área em espelho entre os grupos com e sem implante (1 e 3) e (2 e 4) mostrou que a densidade óssea era maior nos grupos com o implante. Não foi observada diferença estatística entre as comparações dos grupos experimentais. **Conclusão:** A utilização de orifício-piloto de menor diâmetro em relação ao diâmetro interno do parafuso apresentou tendência a provocar maior compactação do osso ao redor do implante.

* Trabalho realizado no Laboratório de Bioengenharia do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – USP – Ribeirão Preto (SP), Brasil. Auxílio CAPES.

1. Acadêmico do Curso de Pós-Graduação da Área Ortopedia, Traumatologia e Reabilitação do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – USP – Ribeirão Preto (SP), Brasil.
2. Doutor, Professor do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – USP – Ribeirão Preto (SP), Brasil.
3. Pós-graduando do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – USP – Ribeirão Preto (SP), Brasil.
4. Pós-graduando da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP – Araçatuba (SP), Brasil.
5. Professor Associado do Departamento de Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo Facial e Periodontia da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – USP – Ribeirão Preto (SP), Brasil.
6. Professor Titular do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo – USP – Ribeirão Preto (SP), Brasil.

Endereço para correspondência: Av. Bandeirantes, 3.900, 11º andar, Monte Alegre – 114048-900 – Ribeirão Preto (SP), Brasil. Tel./fax: (16) 3633-0336.

Recebido em 10/12/07. Aprovado para publicação em 1/8/08. Copyright RBO2008

Descritores – Coluna vertebral; Fixadores internos; Parafusos ósseos; Dispositivos de fixação ortopédica; Ovinos

ABSTRACT

Objective: To study acute changes in the interface between screws and vertebral bone tissue, considering the pilot hole diameter in relation to the inner diameter of the screw. **Methods:** The study was carried out in sheep, and the second cervical vertebra was selected for the study. Cortical screws were used, with 3.5 mm of external diameter (2.4 mm of inner diameter) and 14 mm in length. Four experimental groups were formed: 1 – 2.0 mm pilot hole and placement of 3.5 mm screw; 2 – 2.5 mm pilot whole and placement of 2.5 mm screw; 3 – 2 mm pilot hole with no screw placement; and 4 – 2.5 mm pilot whole with no screw placement. **Results:** Group 1 (pilot hole smaller than the inner diameter of the screw) presented more bone density inside the implant thread and more bone density in the mirror area than group 2 (pilot hole larger than the inner diameter of the screw). The contact surface between bone tissue and the implant was larger in group 2 when compared to group 1. The comparison of bone density in the mirror area among the groups with and without screw placement (1 and 3) and (2 and 4) showed that bone density was greater in the groups with screw placement. No statistical differences were seen among the comparisons of the experimental groups. **Conclusion:** The use of a pilot hole with a smaller diameter than the inner diameter of the screw tended to cause more bone compaction around the screw.

Keywords – Spine; Internal fixators; Bone screws; Orthopedic fixation devices; Sheep

INTRODUÇÃO

A estabilidade do sistema de fixação vertebral está relacionada com a qualidade da ancoragem dos seus elementos de fixação na vértebra. Essa ancoragem também é influenciada pela densidade mineral óssea, torque de inserção, diâmetro externo do implante e preparo do orifício-piloto⁽¹⁻³⁾.

No osso esponjoso, a utilização de orifício-piloto de menor diâmetro que o diâmetro interno do parafuso (alma do parafuso) provoca a compactação do osso das paredes do orifício-piloto. Essa compactação do

osso nas paredes do orifício-piloto poderia aumentar a resistência ao arrancamento dos implantes⁽³⁻⁶⁾.

O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações histomorfométricas imediatas da interface entre o tecido ósseo e os implantes utilizados na fixação da coluna cervical, após a realização de orifício-piloto de diâmetro menor ou maior que o diâmetro interno do parafuso.

MÉTODOS

Foram utilizadas no estudo quatro ovelhas da raça Santa Inês deslanadas, com peso corporal médio de 32 ± 4 kg, fornecidas pelo Biotério Central da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP. A pesquisa foi realizada com respeito aos preceitos éticos estabelecidos pela Declaração de Helsinque da Associação Médica Mundial e pela Lei Federal 6.638, de 1979.

A segunda vértebra cervical foi selecionada para o estudo e abordada por meio do acesso cervical anterior após a anestesia do animal. As perfurações foram feitas com broca cortante. No lado esquerdo da vértebra o orifício-piloto era de 2mm (menor que o diâmetro interno do parafuso) e de 2,5mm (maior que o diâmetro interno do parafuso) no lado direito. Após a confecção do orifício-piloto, parafusos corticais de 3,5mm de diâmetro externo (2,4mm de diâmetro interno) e 14mm de comprimento foram inseridos na vértebra. Desse modo, os parafusos eram inseridos no orifício-piloto de diâmetro menor e maior que o diâmetro interno do parafuso. Na parte inferior da vértebra eram realizados orifícios sem a colocação dos parafusos; esses orifícios foram utilizados como controle na comparação das alterações da estrutura do osso vertebral após a colocação dos parafusos (figuras 1 e 2).

Foram formados quatro grupos experimentais de acordo com o procedimento realizado: grupo 1 – orifício-piloto de 2,0mm e colocação do parafuso de 3,5mm; grupo 2 – orifício-piloto de 2,5mm e colocação do parafuso de 3,5mm; grupo 3 – orifício-piloto de 2mm sem colocação do parafuso; e grupo 4 – orifício-piloto de 2,5mm sem colocação do parafuso. Os grupos experimentais foram comparados entre si utilizando os parâmetros selecionados para o estudo histomorfométrico.



Figura 1 – Esquema do modelo experimental utilizado no estudo: 1) grupo 1 (broca de 2,0mm + parafuso de 3,5mm); 2) grupo 2 (broca de 2,5mm + parafuso de 3,5mm); 3) grupo 3 (broca de 2,0mm); e 4) grupo 4 (broca de 2,5mm).

A pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP.

Os animais foram pré-anestesiados com dose de 0,1mg/kg de acepromazina por via intramuscular e 3mg/kg de cloridrato de ketamina por via endovenosa. A manutenção da anestesia foi realizada com eterglicerilguaiacólico composto por 50mg de éter gliceril guaiacol, 1g de cloridrato de ketamina e 100mg de cloridrato de xilazina diluídos em 1.000ml de solução fisiológica a 0,9% com infusão contínua de 3ml/kg/hora. Após a realização do procedimento cirúrgico, os animais eram sacrificados com dose letal de anestésico e as vértebras retiradas para o preparo das lâminas.

Após a fixação em solução de formalina tamponada a 10%, o material era submetido ao processo de desi-

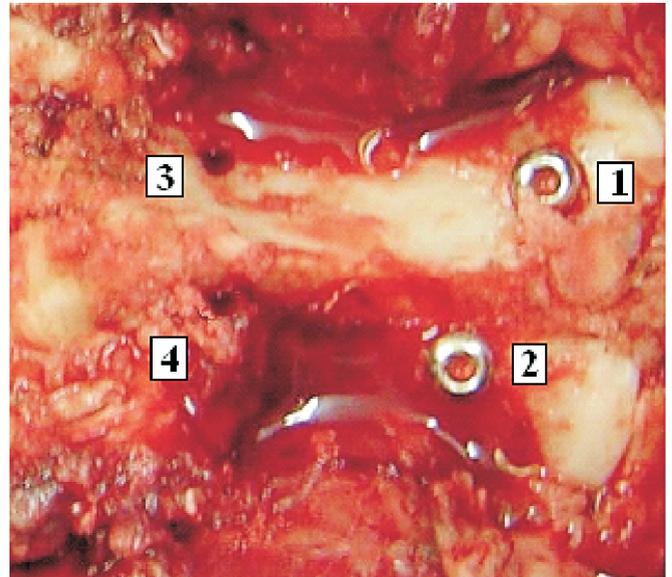


Figura 2 – Fotografia intra-operatória ilustrando a realização dos orifícios-pilotos e colocação dos parafusos: 1) grupo 1 (orifício-piloto de 2,0mm + parafuso de 3,5mm); 2) grupo 2 (orifício-piloto de 2,5mm + parafuso de 3,5mm); 3) grupo 3 (orifício-piloto de 2,0mm); e 4) grupo 4 (orifício-piloto de 2,5mm).

dratação, incluído em resina acrílica (*LR White*) e submetido a cortes histológicos de 10 a 20 μ m de espessura, que eram corados pelo tricrômico de Mallory.

As imagens das lâminas histológicas foram fotomicrografadas e captadas em equipamento da marca *Leica*[®] (Leica Microsystems GmbH Nussloch, Alemanha), composto de câmera digital especial para fotomicrografia acoplada ao microscópio, que estava interliga-

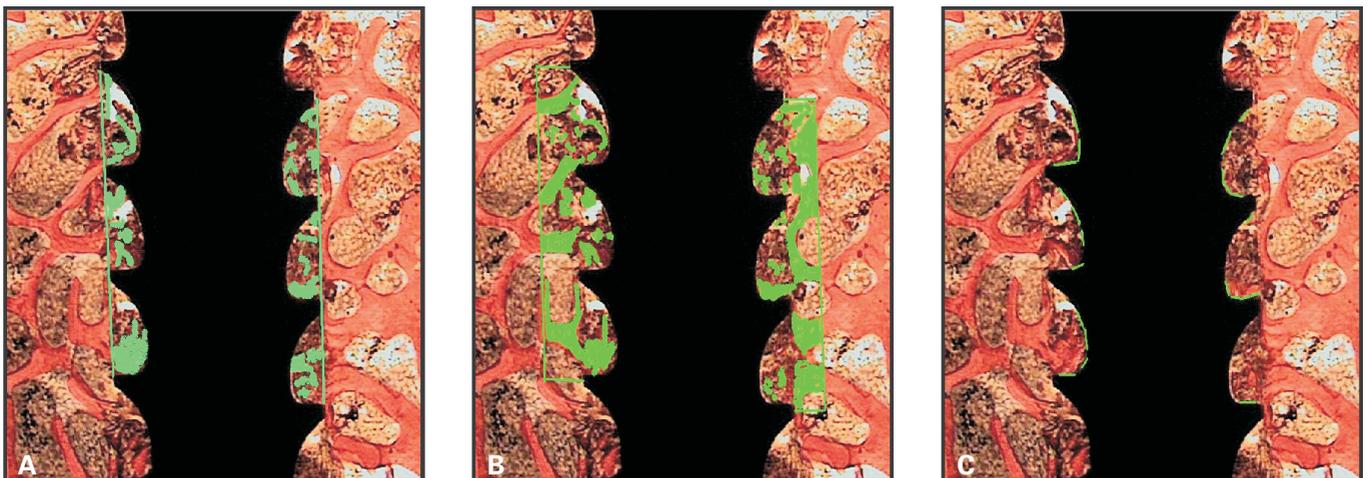


Figura 3 – Fotografia ilustrando: **A)** a área delimitada para a medida da densidade do tecido ósseo no interior do passo de rosca; **B)** a área delimitada para a medida da densidade do tecido ósseo na área espelho; **C)** a área delimitada para a medida de superfície de contato do tecido ósseo e implante. (tricrômico de Mallory – 7x)

do a microcomputador calibrado para as análises histomorfométricas.

Para a análise das imagens foram utilizados dois softwares específicos: o *UTHSCSA Image Tool*[®] (versão 3.0), para obtenção das medidas lineares de contato osso-implante, e o *Leica Quiuin*[®] (Leica Microsystems GmbH Nussloch, Alemanha), para determinar as medidas das áreas, transformadas em densidade óssea específica (DOE). O programa quantificava o tecido ósseo na lâmina, estabelecendo a quantidade óssea em relação à densidade óssea. Esses valores eram fornecidos em mm² e %.

Os parâmetros selecionados para o estudo histomorfométrico para a comparação dos diferentes grupos experimentais foram: a densidade do tecido ósseo no interior da rosca do implante, a densidade do tecido ósseo na área em espelho e a superfície de contato do tecido ósseo e o implante (área de contato do parafuso com o tecido ósseo no interior dos passos de rosca).

Todos os parâmetros foram avaliados em quatro passos de roscas localizados no centro das lâminas.

O estudo estatístico foi realizado por meio do teste não-paramétrico de Wilcoxon para as amostras pareadas e o teste não-paramétrico de Mann-Whitney para as amostras independentes, tendo sido adotado o nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS

A densidade óssea no interior da rosca dos parafusos do grupo 1 (orifício-piloto de 2mm) foi de $1,28 \pm 9,47\text{mm}^2$, e de $0,55 \pm 0,15\text{mm}^2$ no grupo 2 (orifício-piloto de 2,5mm) (figura 4). Não foi observada diferença estatística entre o grupo 1 e o grupo 2 ($p = 0,07$), embora a média dos valores do grupo 1 tenha sido maior que a do grupo 2.

A densidade do tecido ósseo na área em espelho foi de $1,96 \pm 0,49\text{mm}^2$ no grupo 1 (orifício-piloto de 2,0mm e parafuso) e de $1,55 \pm 0,50\text{mm}^2$ no grupo 2 (orifício-piloto de 2,5mm e parafuso) (figura 5). Não foi observada diferença estatística ($p = 0,07$) entre os dois grupos experimentais.

A medida dos valores da superfície de contato entre o implante e o tecido ósseo foi de $0,03 \pm 0,02\text{mm}$ no grupo 1 e de $0,60 \pm 0,03\text{mm}$ no grupo 2 (figura 6).

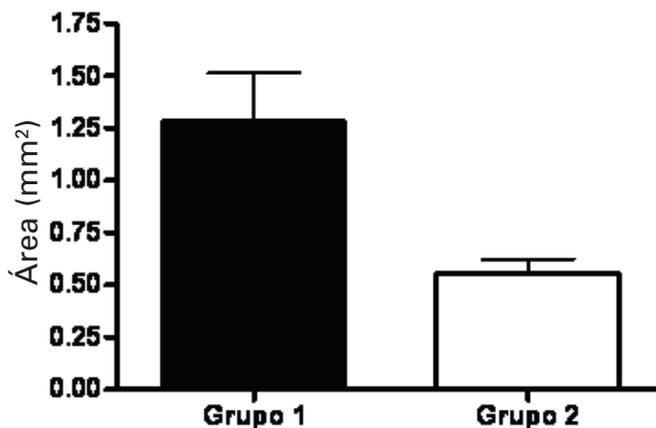


Figura 4 – Gráfico ilustrando a comparação dos valores da densidade óssea no interior das roscas do parafuso nos grupos 1 e 2
Fonte: Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor

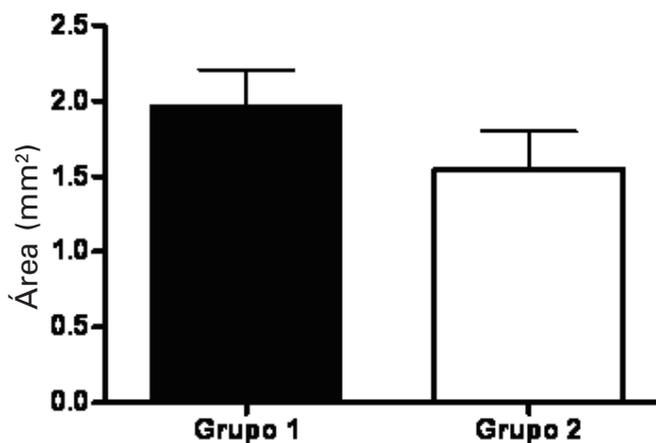


Figura 5 – Gráfico ilustrando a comparação da densidade de tecido ósseo na área em espelho dos grupos 1 e 2
Fonte: Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor

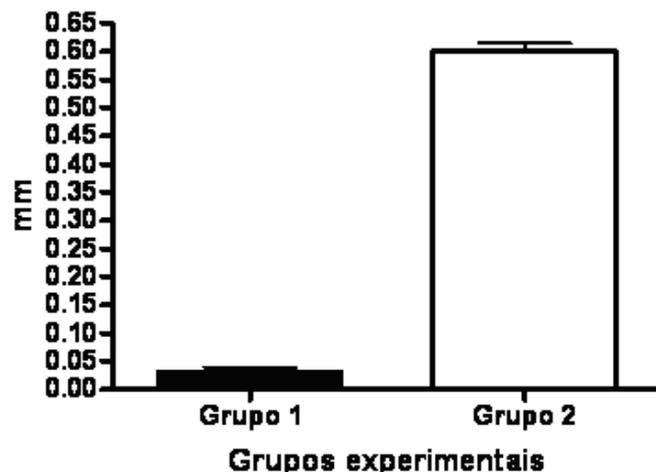


Figura 6 – Gráfico ilustrando a comparação do contato linear do osso e do implante nos grupos 1 e 2
Fonte: Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor

Não foi observada diferença estatística ($p = 0,11$) entre o grupo 1 e o grupo 2.

A comparação entre os grupos 2 e 4 (orifício-piloto de 2,5mm com e sem o implante) e os grupos 1 e 3 (orifício-piloto de 2mm com e sem o implante) e os grupos 3 e 4 (orifício-piloto de 2,0 e 2,5mm sem implante) foi realizada por meio da densidade de tecido ósseo na área em espelho. A densidade óssea na área em espelho do grupo 1 foi de $1,96 \pm 0,49\text{mm}^2$ e de $3,88 \pm 0,77\text{mm}^2$ no grupo 3. Não foi observada diferença estatística ($p = 0,06$) entre os grupos experimentais 1 e 3 (figura 7).

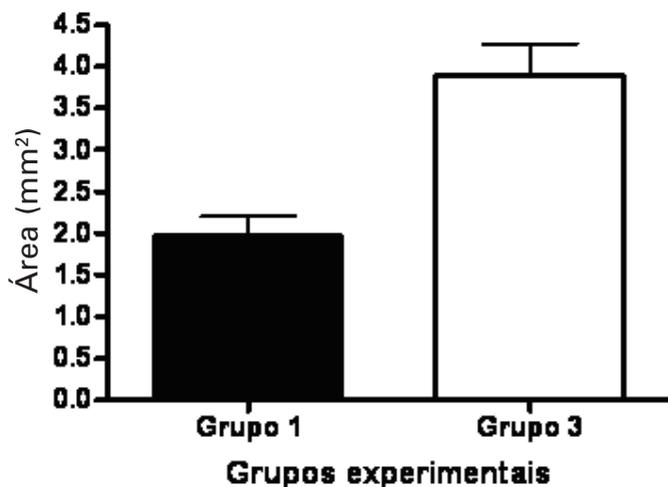


Figura 7 – Gráfico ilustrando a comparação da densidade do tecido ósseo na área em espelho dos grupos 1 e 3

Fonte: Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor

No grupo 2, a média da densidade óssea na área em espelho foi de $1,55 \pm 0,50\text{mm}^2$ e de $2,61 \pm 0,34\text{mm}^2$ no grupo 4 (figura 8). Não foi observada diferença estatística entre o grupo 2 e o grupo 4.

DISCUSSÃO

A estabilidade mecânica do sistema de fixação vertebral é multifatorial e a ancoragem dos implantes na vértebra destaca-se entre a constelação de fatores que participam da estabilidade mecânica desse sistema^(1,3,7-9). A falha de ancoragem dos implantes do sistema de fixação vertebral pode alterar as propriedades mecânicas do sistema de fixação, ainda que sua estabilidade intrínseca não seja modificada, resultando em falha do tratamento realizado.

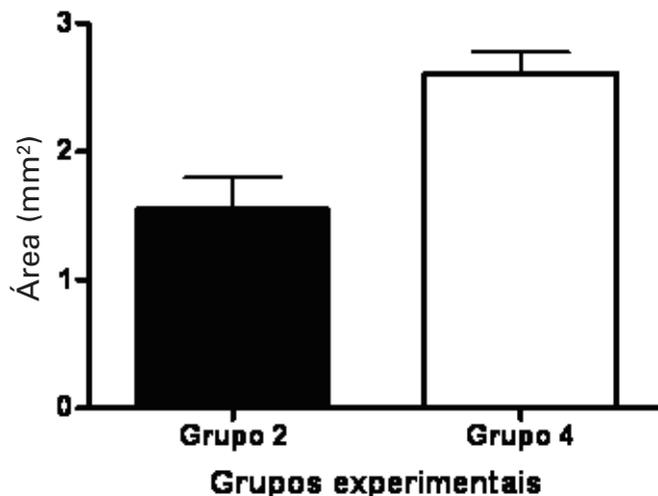


Figura 8 – Gráfico ilustrando a comparação da densidade do tecido ósseo na área em espelho dos grupos 2 e 4

Fonte: Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor

O diâmetro e o modo de preparo do orifício-piloto são variáveis que podem influenciar a ancoragem dos parafusos do sistema de fixação vertebral, alterando sua resistência ao arrancamento^(2,4,10-12).

Este estudo foi elaborado a partir da hipótese de que as alterações das propriedades mecânicas dos implantes, relacionadas com a confecção do orifício-piloto, estariam vinculadas às alterações microscópicas estruturais do tecido ósseo presente ao redor do implante. Um objetivo adicional do nosso estudo foi divulgar a metodologia utilizada para o estudo histomorfométrico da interface osso-implante, que é incomum nesta área de pesquisa. A avaliação histomorfométrica da interface osso-implante fornece informações acerca da microarquitetura dessa interface e sua observação na fase aguda ou crônica permite a avaliação da qualidade da ancoragem dos implantes na vértebra.

A utilização do orifício-piloto de diâmetro menor que a alma do parafuso (diâmetro interno) provocou maior compactação de osso no interior da rosca do parafuso e na área em espelho. Essa compactação está relacionada com a natureza do osso esponjoso vertebral, que, devido à menor resistência e presença de espaços vazios no seu interior, pode ser compactado^(11,13). Esse fato, ao contrário do que ocorreu com o osso cortical, cria situação favorável do ponto de vista mecânico, sobretudo quando o orifício-piloto perfura-

do é de menor diâmetro em relação à alma do parafuso.

A compactação do osso esponjoso pode também ser observada na comparação do orifício-piloto com e sem os implantes, tendo sido observada a tendência para a maior compactação de osso na área em espelho com a utilização de orifício-piloto de menor diâmetro.

A principal limitação de nosso estudo é o tamanho de sua amostra, que não permitiu a validação estatística das alterações, possibilitando apenas a observação de tendências. No entanto, essas observações iniciais despertam a atenção para as alterações microscópicas que ocorrem na interface entre o osso vertebral e os implantes, demonstrando que o diâmetro do orifício-piloto em relação ao diâmetro interno do implante utilizado promove alterações microestruturais na fase aguda, cuja evolução deverá ainda ser avaliada a longo prazo para elucidar a capacidade de remodelação do tecido ósseo compactado ao redor do implante.

O diâmetro do orifício-piloto em relação ao diâmetro interno do parafuso promove alteração na fase aguda da microestrutura do tecido ósseo da interface entre o parafuso e o tecido ósseo vertebral. Essas alterações são principalmente caracterizadas pela compressão do tecido ósseo ao redor do parafuso, que explicariam a maior resistência ao arrancamento dos implantes cujo orifício-piloto é menor que o seu diâmetro interno.

CONCLUSÕES

Foi observado, pelos parâmetros histomorfométricos utilizados no estudo, que o orifício-piloto de menor diâmetro em relação ao diâmetro interno do parafuso apresentou tendência a provocar maior compactação do osso ao redor do implante, embora diferença estatística entre os grupos não tenha sido observada.

REFERÊNCIAS

1. Ansell RH, Scales JT. A study of some factors which affect the strength of screws and their insertion and holding power in bone. *J Biomech.* 1968;1(4):279-302.
2. Defino HLA, Wichr CRG, Shimano AC, Kandziora F. Influência do diâmetro do orifício piloto na resistência ao arrancamento dos parafusos do corpo vertebral. *Acta Ortop Bras.* 2007; 15(2):76-9.
3. Halvorson TL, Kelley LA, Thomas KA, Whitecloud TS 3rd, Cook SD. Effects of bone mineral density on pedicle screw fixation. *Spine.* 1994;19(21):2415-20.
4. Carmouche JJ, Molinari RW, Gerlinger T, Devine J, Patience T. Effects of pilot hole preparation technique on pedicle screw fixation in different regions of the osteoporotic thoracic and lumbar spine. *J Neurosurg Spine.* 2005;3(5):364-70.
5. 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(2):139-45.
6. Phillips JH, Rahn BA. Comparison of compression and torque measurements of self-tapping and pretapped screws. *Plast Reconstr Surg.* 1989;83(3):447-58.
7. 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(6):408-14.
8. DeCoster TA, Heetderks DB, Downey DJ, Ferries JS, Jones W. Optimizing bone screw pullout force. *J Orthop Trauma.* 1990; 4(2):169-74.
9. Wittenberg RH, Lee KS, Shea M, White AA 3rd, Hayes WC. Effect of screw diameter, insertion technique, and bone cement augmentation of pedicular screw fixation strength. *Clin Orthop Relat Res.* 1993;(296):278-87.
10. Defino HL, Vendrame JR. Role of cortical and cancellous bone of the vertebral pedicle in implant fixation. *Eur Spine J.* 2001; 10(4):325-33.
11. George DC, Krag MH, Johnson CC, Van Hal ME, Haugh LD, Grobler LJ. Hole preparation techniques for transpedicle screws. Effect on pull-out strength from human cadaveric vertebrae. *Spine.* 1991;16(2):181-4.
12. Sarzier JS, Evans AJ, Cahill DW. Increased pedicle screw pullout strength with vertebroplasty augmentation in osteoporotic spines. *J Neurosurg.* 2002;96(3 Suppl):309-12.
13. Oktenoglu BT, Ferrara LA, Andalkar N, Ozer AF, Sarioglu AC, Benzel EC. Effects of hole preparation on screw pullout resistance and insertional torque: a biomechanical study. *J Neurosurg.* 2001;94(1 Suppl):91-6.