

# INFLUÊNCIA DO INSTRUMENTO DE PERFURAÇÃO DO ORIFÍCIO PILOTO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS PARAFUSOS VERTEBRAIS

EFFECT OF THE PILOT HOLE PERFORATION TOOL ON MECHANICAL PROPERTIES OF VERTEBRAL SCREWS

INFLUENCIA DE LA HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN DEL ORIFICIO PILOTO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS TORNILLOS VERTEBRALES

RODRIGO CÉSAR ROSA<sup>1</sup>, PATRÍCIA SILVA<sup>1</sup>, ANTÔNIO CARLOS SHIMANO<sup>2</sup>, HELTON LUIZ APARECIDO DEFINO<sup>3</sup>

## RESUMO

Objetivo: Determinar a influência do modo de preparo do orifício piloto utilizando sonda romba, sonda cortante e broca na resistência ao arrancamento dos implantes. Método: Foram utilizados parafusos do sistema de fixação vertebral (USS) com 5 mm, 6 mm e 7 mm de diâmetro externo. Os parafusos foram implantados nos corpos de prova de osso bovino após a realização do orifício piloto com três diferentes modos de preparo: sonda romba, sonda cortante e broca. O diâmetro de perfuração do orifício piloto era menor, igual e maior que o diâmetro interno dos parafusos. No mesmo corpo de prova, três orifícios do mesmo diâmetro foram confeccionados por meio dos três modos de preparo utilizados no estudo, os parafusos foram inseridos e, em seguida, foram realizados os ensaios mecânicos de arrancamento. Os ensaios mecânicos foram realizados em máquina universal de ensaio Emic<sup>®</sup>, Software Tesc 3.13, célula de carga de 2000N, velocidade de aplicação de força de 2 mm/min, pré-carga de 5N e tempo de acomodação de 10 segundos. A propriedade avaliada nos ensaios mecânicos foi a força máxima de arrancamento. Resultados: O modo de preparo do orifício piloto influencia na resistência ao arrancamento dos implantes de 5 e 6 mm utilizados no estudo. Foi observada maior resistência ao arrancamento os orifícios piloto que foram confeccionados com sonda. A resistência ao arrancamento dos parafusos de 7 mm não foi influenciada pelo modo de preparo do orifício piloto. Conclusão: O modo de preparo do orifício piloto influenciou a resistência ao arrancamento dos parafusos de 5 e 6 mm de diâmetro externo.

Descritores: Coluna vertebral; Parafusos ósseos; Biomecânica.

## ABSTRACT

*Objective: To evaluate the effect of the pilot hole preparation technique using a blunt probe, a sharp probe and a drill on pullout strength of vertebral screws. Methods: Screws of the USS vertebral fixation system measuring 5, 6 and 7 mm in outer diameter were used. The screws were implanted into bovine bone samples in which pilot holes were prepared with blunt probes, sharp probes and drills. The diameter of the pilot hole was smaller, equal to or wider than the inner diameter of the screw. Three holes of the same diameter were made in the same bone sample by the three preparation techniques. The screws were inserted and pullout mechanical tests were performed using an Emic<sup>®</sup> universal testing machine, Tesc 3.13 software, a 2000 N load cell, a 2 mm/min rate of force application, a 5 N preload and a 10 second time of accommodation. The property assessed in the mechanical tests was maximum pullout strength. Results: The pilot hole preparation technique and the hole diameter in relation to inner screw diameter affected the pullout strength of 5 and 6 mm screws, which was greater for screws inserted into pilot holes prepared with a probe. No significant difference between preparation techniques of pilot hole was observed for 7 mm screws. Conclusion: The technique of pilot hole preparation influenced the pullout strength of 5 and 6 mm screws. No difference was observed for 7 mm screws.*

Keywords: Spine; Bone screws; Biomechanics.

## RESUMEN

*Objetivo: Determinar la influencia del modo de preparar el orificio piloto por medio de punzón de punta roma, punzón de punta cortante y broca, en la resistencia al arrancamiento de los implantes. Método: Se utilizó el sistema de tornillos de fijación vertebral (USS), con 5 mm, 6 mm y 7 mm de diámetro exterior. Los tornillos se implantaron en las muestras de hueso bovino después de hacerse el orificio piloto con tres modos diferentes de preparación: punzón de punta roma, punzón cortante y broca. El diámetro de la perforación del orificio piloto fue menor, igual y mayor que el diámetro interior de los tornillos. En el mismo cuerpo de la prueba, tres orificios de igual diámetro fueron preparados mediante los tres modos de preparación utilizados en el estudio; los tornillos fueron insertados y, enseguida, fueron realizados los ensayos mecánicos de arrancamiento. Los ensayos mecánicos fueron realizados en una máquina universal de ensayo Emic<sup>®</sup>, Software Tesc 3.13, con una célula de carga de 2000 N, una velocidad de aplicación de fuerza de 2 mm/min, una precarga de 5 N y un tiempo de acomodación de 10 segundos. La propiedad evaluada en los ensayos mecánicos fue la fuerza máxima de arrancamiento. Resultados: El método de preparación del orificio piloto influye en la resistencia de arrancamiento de los tornillos de 5 y 6 mm utilizados en el estudio. Fue observada mayor resistencia al arrancamiento cuando los orificios piloto fueron hechos con sonda. Los medios de la preparación de los orificios piloto no influyen en la resistencia al arrancamiento de los tornillos de 7 mm. Conclusión: El método de preparación del orificio piloto influyó en la resistencia al arrancamiento de los tornillos 5 y 6 mm de diámetro exterior.*

Descriptores: Columna vertebral; Tornillos Óseos; Biomecánica.

1. Pós-graduando da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – Ribeirão Preto (SP), Brasil.

2. Docente do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – Ribeirão Preto (SP), Brasil.

3. Professor Titular do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo – USP – Ribeirão Preto (SP), Brasil.

Trabalho realizado no Laboratório de Bioengenharia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – Ribeirão Preto, SP, Brasil.

Correspondência: Laboratório de Bioengenharia FMRP/USP, Avenida Bandeirantes, 3900, Monte Alegre. 14049-900. Ribeirão Preto (SP), Brasil. E-mail: rodrigocesarosa@gmail.com

## INTRODUÇÃO

O desempenho mecânico do sistema de fixação vertebral é altamente dependente da integridade e características biomecânicas dos seus componentes e da interface entre o implante e a vértebra<sup>1-4</sup>. Os parafusos têm a capacidade de resistir às forças de cisalhamento, encurvamento e arrancamento, por isso têm sido muito utilizados como elementos de ancoragem dos sistemas de fixação vertebral. A perda da estabilidade do sistema de fixação vertebral pode ser afetada pela soltura ou quebra do parafuso de ancoragem do sistema. Desse modo à interface entre o parafuso e o osso da vértebra desempenha importante papel biomecânico na estabilidade do sistema de fixação vertebral e pode interferir no resultado final do tratamento<sup>5-8</sup>.

A falha na ancoragem dos parafusos é um problema clínico frequentemente encontradas nas cirurgias da coluna vertebral<sup>9</sup>. A ancoragem do parafuso na vértebra depende de um conjunto de fatores relacionados com o osso sobre o qual o material é implantado (densidade mineral óssea), implantes utilizados (desenho do parafuso, diâmetro externo, tamanho e profundidade da rosca) e técnica de preparo do orifício piloto (diâmetro, macheamento, tipo de perfuração)<sup>10-12</sup>.

A realização do orifício piloto é de fundamental importância para a colocação dos parafusos no interior do osso, pois estabelece as relações mecânicas entre o implante e o tecido ósseo<sup>13</sup>. A confecção do orifício piloto tem sido realizada por meio de diferentes métodos, destacando-se a utilização das brocas e sondas. Teoricamente a utilização de broca remove o tecido ósseo enquanto que a utilização de sonda promove a compactação do osso na parede do orifício piloto. Essa compactação do osso nas paredes do orifício piloto poderia melhorar a qualidade da fixação do implante. O diâmetro do orifício piloto em relação ao diâmetro interno do parafuso não tem sido valorizado nessa etapa do procedimento, embora a sua influência tenha sido observada em ensaios mecânicos<sup>14,15</sup>.

O objetivo do estudo foi analisar a influência do modo de preparo do orifício piloto utilizando sonda romba, sonda cortante e broca na resistência ao arrancamento do implante.

## MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados corpos de prova de osso bovino oriundo da região metafisária proximal da tíbia. O osso cortical foi removido e foram confeccionados segmentos circulares de osso esponjoso de 17mm de espessura e 90mm de diâmetro.

Os corpos de prova foram estocados sob congelamento à temperatura de -20°C e para a realização dos ensaios foram retirados por 12 horas à temperatura de 5°C, e, subsequente mantido por duas horas na temperatura ambiente. A amostra foi submetida à análise de densidade mineral óssea, sendo determinada pelo exame *dual-energy radiograph absorptiometry (DEXA)* e sistema *QDR* com *software* versão 11 – 2:5 (Hologic 4500 W, Waltham, MA, USA), apresentando valor médio de  $0,44 \pm 0,15 \text{ g/cm}^3$ .

Os parafusos de 5, 6 e 7mm de diâmetro externo do sistema USS de fixação vertebral foram utilizados no estudo. Os parafusos de 7mm possuíam maior passo e altura de rosca comparado com os parafusos de 5 e 6mm, que apresentam mesmas características de rosca.

Os implantes foram implantados nos corpos de prova após a realização do orifício piloto com os três diferentes modos de preparo: sonda romba, sonda cortante e broca. Foram utilizados diâmetros de perfurações menores, iguais e maior que o diâmetro interno dos parafusos. Para os parafusos de 5mm de diâmetro externo (3,8mm de diâmetro interno) foram realizadas perfurações de 3,0mm; 3,8mm e 4,5mm de diâmetro. Para os parafusos de 6,0mm de diâmetro externo (4,8mm de diâmetro interno) e 7,0mm (4,8mm de diâmetro interno) foram realizadas perfurações de 4,0mm; 4,8mm e 5,5mm de diâmetro.

O modelo experimental proposto para o estudo consistiu na confecção do orifício piloto e inserção do parafuso seguido da realização do ensaio mecânico de arrancamento. No mesmo corpo

de prova os três orifícios do mesmo diâmetro foram confeccionados por meio dos três modos de preparo utilizado no estudo (sonda romba, sonda cortante e broca) e em seguida foram realizados os ensaios mecânicos de arrancamento.

Os parafusos foram inseridos nos corpos de prova, transfixando-os e deixando 10mm da sua extremidade distal exposta. Desse modo o número de rosca dos parafusos contidos nos corpos de prova era constante e na extremidade distal exposta do parafuso era aplicada a força para realização dos ensaios mecânicos de arrancamento.

Os ensaios mecânicos de arrancamento foram realizados utilizando máquina universal de ensaio Emic®, *Software* Tesc 3.13 para análise dos resultados, célula de carga com capacidade de 2000N e com velocidade de aplicação de força de 2mm/min. Em todos os ensaios mecânicos foi utilizada pré-carga de 50N e um tempo de acomodação de 10 segundos para a estabilização do sistema. Foram realizados 10 ensaios mecânicos para cada conjunto de variáveis estudadas o que totalizou 270 ensaios mecânicos. A propriedade avaliada nos ensaios mecânicos foi a força máxima de arrancamento.

A análise estatística para a comparação dos resultados dos ensaios foi realizada por meio do teste *One Way Repeated Measures ANOVA*. Foi estabelecido o nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ) em todos os testes.

## RESULTADOS

Os resultados da força máxima de arrancamento dos parafusos de 5mm, inseridos nos corpos de prova com os três modos de perfuração e os diferentes diâmetros de orifícios piloto estão representados na Figura 1.

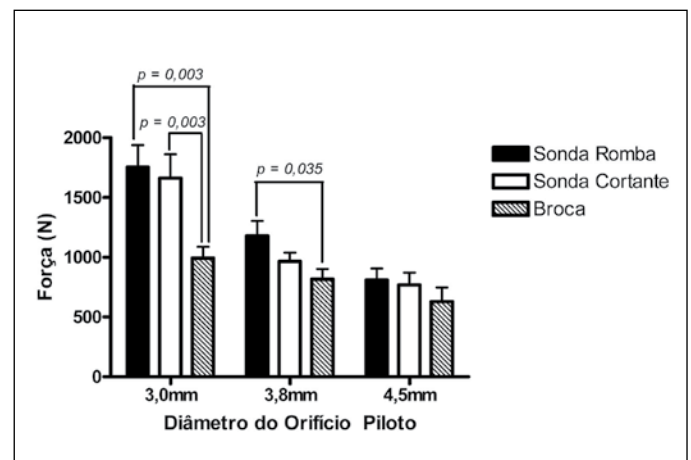


Figura 1. Os valores da força de arrancamento dos parafusos de 5mm, inseridos com diferentes diâmetros do orifício piloto.

A análise estatística dos resultados dos parafusos de 5mm mostrou que para o menor diâmetro (3,0mm) do orifício piloto não houve diferença estatística entre os valores da perfuração com a sonda romba e a sonda cortante, mas ambas apresentaram diferença estatística com os valores da perfuração com a broca ( $p = 0,003$ ). Para o diâmetro do orifício pilotos iguais (3,8mm) ao diâmetro interno do parafuso foram observados diferença estatística apenas na comparação dos valores de sonda romba com os valores de broca ( $p = 0,035$ ). Para o diâmetro do orifício piloto maior (4,5mm) que o diâmetro interno do parafuso não foi encontrado diferença estatística ( $p = 0,121$ ).

Os resultados da força máxima de arrancamento dos parafusos de 6mm, inseridos nos corpos de prova com os três modos de perfuração e os diferentes diâmetros dos orifícios piloto estão representados na Figura 2.

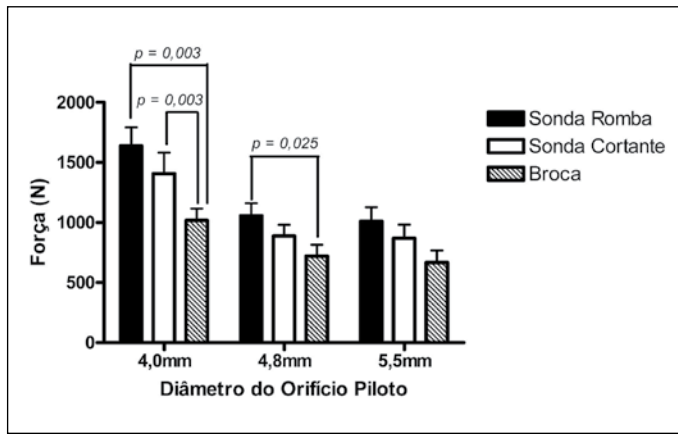


Figura 2. Os valores da força de arrancamento dos parafusos de 6mm, inseridos com diferentes diâmetros do orifício piloto.

A análise estatística dos resultados parafusos de 6mm mostrou que para o diâmetro menor do orifício piloto (4,0mm) não houve diferença estatística entre os valores da perfuração com a sonda romba e a sonda cortante, mas ambas apresentaram diferença estatística com os valores de perfuração com a broca ( $p = 0,003$ ). Para o diâmetro igual do orifício piloto (4,8mm) foi observado diferença significativa apenas na comparação dos valores da sonda romba com os valores da broca ( $p = 0,025$ ). Para o diâmetro maior do orifício piloto (5,5mm) não foi observado diferença estatística ( $p = 0,121$ ).

Os resultados da força máxima de arrancamento dos parafusos de 7mm inseridos nos corpos de prova com os três modos de perfuração e os diferentes diâmetros dos orifícios piloto estão representados na Figura 3.

No grupo dos parafusos de 7mm não foi observado diferença estatística entre os resultados correspondentes ao uso de sonda romba, sonda cortante e broca nos diferentes diâmetros de perfuração (menor:  $p=0,080$ ; igual:  $p=0,549$ ; e maior:  $p=0,391$ , respectivamente).

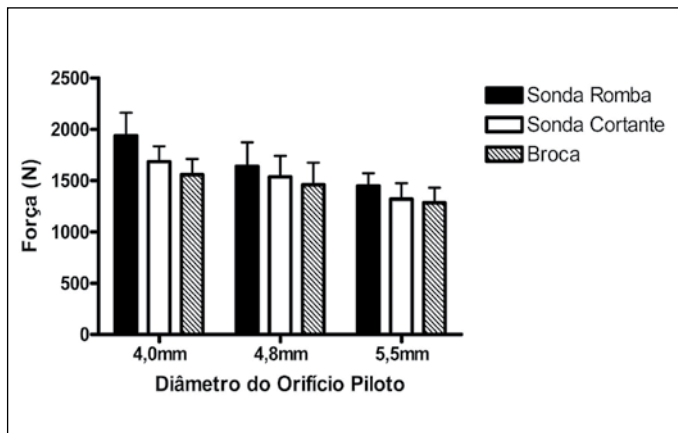


Figura 3. Os valores da força de arrancamento dos parafusos de 7mm inseridos com diferentes diâmetros do orifício piloto.

## DISCUSSÃO

O orifício piloto tem sido utilizado para a introdução do implante, e o seu preparo antes da inserção do parafuso facilita e orienta a colocação do implante, tornando o procedimento mais seguro<sup>6,8,16</sup>. A influência da técnica de preparo do orifício piloto na resistência ao arrancamento dos parafusos foi avaliada em alguns estudos<sup>17</sup>. Em estudos com cadáveres humanos, foi não foi observada diferença na força de arrancamento dos parafusos inseridos nos orifícios piloto confeccionados com sonda e

broca<sup>6,18</sup>. No entanto, Moran et al.<sup>19</sup> observaram aumento da força de arrancamento dos parafusos pediculares inseridos em orifícios piloto preparados com sonda quando comparados com orifícios confeccionados com broca.

Em nosso estudo, os orifícios piloto foram preparados utilizando diferentes métodos no mesmo corpo de prova, tornando o experimento mais homogêneo. Assim, as possíveis variabilidade relacionadas com a técnica de inserção dos parafusos forma reduzidas, comparado a outros estudos em que os parafusos foram introduzidos no pedículo vertebral<sup>6,12,18</sup>.

Outra variável estudada foi o diâmetro do orifício piloto em relação ao diâmetro interno do parafuso que normalmente não tem sido analisada nos estudos mecânicos. No entanto, nós encontramos na literatura estudos que observaram influência desta variável na resistência mecânica dos parafusos<sup>20</sup>, mostrando que o preparo de orifício piloto com diâmetro maior que o diâmetro interno do parafuso reduz a força de arrancamento dos implantes, independente da técnica de preparo do orifício piloto.

Em nosso estudo, observamos influência do preparo do orifício piloto na força de arrancamento dos parafusos nos orifícios piloto com diâmetro menor ou igual ao diâmetro interno do parafuso. O uso de sonda para preparo dos orifícios aumentou a força de arrancamento, possivelmente por compactar o osso ao redor do orifício piloto.

O fenômeno observado pode ser explicado por meio de uma analogia com o que ocorre durante o macheamento de osso esponjoso, que causa redução da força de arrancamento dos parafusos<sup>11,17,18</sup>. A preparação do orifício com broca, possivelmente, propiciou maior remoção de osso esponjoso, causando microfraturas, ao contrário com que ocorre com o uso de sonda, que compacta o osso esponjoso ao redor da parede do orifício piloto.

A compactação do osso esponjoso ao redor da parede do orifício piloto promove um aumento da resistência entre o parafusos e o tecido ósseo. O efeito do preparo do orifício piloto com sonda foi observado em estudos em implantes odontológicos fixados em mandíbulas<sup>13</sup>.

A força de arrancamento depende de inúmeros fatores, com observamos nos parafusos de 7mm de diâmetro. Embora o diâmetro interno destes parafusos seja igual aos parafusos de 6mm de diâmetro, as características de rosca e o diâmetro externo impediram que a técnica de preparo do orifício piloto interferisse na força de arrancamento dos parafusos.

A densidade mineral óssea tem sido apontada como responsável pela discordância de resultados comparando o preparo do orifício piloto. O uso de sonda em osso com alta densidade mineral óssea promoveu aumento da força de arrancamento, enquanto que este efeito, não observados em ossos com baixa densidade mineral óssea<sup>6,21,22</sup>. No entanto, esta variável não deve ter influenciado em nossos resultados, pois os corpos de prova possuíam apenas osso esponjoso e a densidade mineral óssea foi bem monitorada, permitindo uma boa homogeneização da amostra.

A força de arrancamento dos parafusos vertebrais é uma propriedade multifatorial<sup>17,23</sup> e os resultados obtidos demonstram que o preparo do orifício piloto com diâmetro menor e igual ao diâmetro interno dos parafusos de 5 e 6mm influenciou na força de arrancamento, sendo observado melhores resultados com uso de sonda do que de broca.

A ausência de influência do preparo do orifício piloto observado nos testes com os parafusos de 7mm, provavelmente esta relacionada com a geometria e o desenho de rosca desses parafusos. Os parafusos de 7mm têm um maior diâmetro que os parafusos de 5 e 6mm, o que pode explicar tais resultados.

Embora testes mecânicos *in vitro* não expressarem necessariamente as condições clínicas, o presente estudo mostrou que a técnica de preparo do orifício piloto e o diâmetro de perfuração em relação ao diâmetro interno do parafuso influenciam na resistência mecânica ao arrancamento dos parafusos do sistema de fixação vertebral.

## CONCLUSÃO

A técnica de preparo do orifício piloto influenciou na força de arrancamento dos parafusos de 5 e 6mm, e a utilização de sonda para a confecção do orifício piloto proporcionou maior resistência dos implantes ao arrancamento.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPESP pelo apoio na realização deste trabalho - Processo N° 2007/03712-0.

## REFERÊNCIAS

- Chen PQ, Lin SJ, Wu SS, So H. Mechanical performance of the new posterior spinal implant: effect of materials, connecting plate, and pedicle screw design. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(9):881-6.
- Chen SI, Lin RM, Chang CH. Biomechanical investigation of pedicle screw-vertebrae complex: a finite element approach using bonded and contact interface conditions. *Med Eng Phys*. 2003;25(4):275-82.
- Hackenberg L, Link T, Liljenqvist U. Axial and tangential fixation strength of pedicle screws versus hooks in the thoracic spine in relation to bone mineral density. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(9):937-42.
- Kostuik JP, Munting E, Valdevit A. Biomechanical analysis of screw load sharing in pedicle fixation of the lumbar spine. *J Spinal Disord*. 1994;7(5):394-401.
- Coe JD, Warden KE, Herzig MA, McAfee PC. Influence of bone mineral density on the fixation of thoracolumbar implants. A comparative study of transpedicular screws, laminar hooks, and spinous process wires. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1990;15(9):902-7.
- 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 (Phila Pa 1976)*. 1991;16(2):181-4.
- Hirano T, Hasegawa K, Takahashi HE, Uchiyama S, Hara T, Washio T, et al. Structural characteristics of the pedicle and its role in screw stability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(21):2504-9.
- Brantley AG, Mayfield JK, Koeneman JB, Clark KR. The effects of pedicle screw fit. An in vitro study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994;19(15):1752-8.
- Law M, Tencer AF, Anderson PA. Caudo-cephalad loading of pedicle screws: mechanisms of loosening and methods of augmentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18(16):2438-43.
- 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(4):788-94.
- Lill CA, Schneider E, Goldhahn J, Haslemann A, Zeifang F. Mechanical performance of cylindrical and dual core pedicle screws in calf and human vertebrae. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2006;126(10):686-94.
- Zdeblick TA, Kunz DN, Cooke ME, McCabe R. Pedicle screw pullout strength. Correlation with insertional torque. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18(12):1673-6.
- Silva VC, Barbosa SV, Campos BP, Campos BP. Análise histológica do osso. *Rev Bras Implant*. 2004;11(42):113-8.
- Oktenoğlu BT, Ferrara LA, Andalkar N, Ozer AF, Sarioğlu 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.
- Pfeiffer M, Gilbertson L, G., Goel V, K., Griss P, Keller J, C., Ryken T, C, et al. Effect of specimen fixation method on pullout tests of pedicle screws. *Spine*. 1996;21(9):1037-1044.
- Kuhn A, Mc Iff T, Cordey J, Baumgart, FW, and Rahn, B A. Bone deformation by thread-cutting and thread-forming cortex screws. *Injury*. 1995;26(Suppl.1):A12-20.
- 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.
- 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.
- Moran JM, Berg WS, Berry JL, Geiger JM, Steffee AD. Transpedicular screw fixation. *J Orthop Res*. 1989;7(1):107-14.
- Defino HLA, Wich CRH, 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.
- Ryken TC, Clausen JD, Traynelis VC, Goel VK. Biomechanical analysis of bone mineral density, insertion technique, screw torque, and holding strength of anterior cervical plate screws. *J Neurosurg*. 1995;83(2):325-9.
- Ryken TC, Goel VK, Clausen JD, Traynelis VC. Assessment of unicortical and bicortical fixation in a quasistatic cadaveric model. Role of bone mineral density and screw torque. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20(17):1861-7.
- 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;11(6):408-14.