



Estudo mecânico *in vitro* da resistência a forças axiais dos parafusos canulado e convencional de 3,5 mm de diâmetro em fraturas de cabeça e colo femoral

Mechanical Study *In Vitro* of the Resistance of Axial Forces of 3.5 mm Cannulated and Conventional Screws in Head and Femoral Neck Fractures

Cassio Ricardo Auada Ferrigno¹, Daniel Castelo Branco Baccarin²,
César Augusto Martins Pereira³ & Márcio Poletto Ferreira⁴

ABSTRACT

Background: Proximal femoral fractures account for 25% of all femoral fractures in dogs and are more common in young animals. Osteosynthesis of femoral head and neck fractures is a complex procedure that can be performed using conventional screws or wires. However, proper fracture reduction and fixation are difficult to achieve and, despite many advancements, such fractures remain challenging to solve. Cannulated screws have good compressive capacity and can be employed to simplify the surgical procedure while optimizing outcomes. This study was designed to compare the resistance of conventional and cannulated screws to axial loading following experimental femoral neck fracture in dogs.

Materials, Methods & Results: Fourteen cadaveric canine femurs were used in this study. Femurs were collected from dogs over 20 pounds in body weight with no gross or radiographic signs of orthopedic disease. Cadaveric femurs were submitted to experimental femoral neck fracture using a Gigli saw and allocated to osteosynthesis using either conventional or cannulated screws (seven bones each). All screws were inserted below the greater trochanter of the femur from the lateral aspect of the bone and screw topography confirmed radiographically. Test specimens were then potted in polymethylmethacrylate, coupled to a hinged device and submitted to axial loading. Data on maximum load, maximum displacement, load within the proportional limit, offset within the proportional limit and load required to produce a 3 mm displacement were collected. Mean values were calculated and compared using the Student's t test ($P < 0.05$). Mean values varied greatly within groups. Maximum load and displacement correspond to the critical point from which biomechanical testing becomes destructive. Data were missing from one test specimen (conventional screw group) due to abrupt diaphyseal fracture at the start of the axial loading trial.

Discussion: The canine femur was selected as an experimental model in this project due to the high incidence of femoral neck fractures in dogs. Also, studies on proximal femoral fracture osteosynthesis using cannulated screws are scarce. The effectiveness of the compression osteosynthesis technique employed in this trial has been confirmed in several canine proximal femoral fracture studies, with reported success rates between 2 and 21%. Success rate variability could be due to substantial individual differences, as suggested by the large intragroup variation in this trial. The biomechanical behaviour of conventional sliding hip screws (SHC) and cannulated screws following experimental femoral neck fracture osteosynthesis was compared. Increased stiffness was achieved with SHCs, possibly due to more efficient transmission of compressive forces to cortical bone under the plate. Compression screws act by transmitting compressive forces to cancellous bone under the fracture line. Replication of this scenario in this trial supports the recommendation that the lowest screw be inserted as close as possible to the medial cortex of the femur, which is stiffer than the cancellous bone in the femoral head. Under the conditions studied, mean maximum load values were higher when bone screws were inserted closer to the medial cortex of the femoral shaft and the proximal aspect of the femoral head, regardless of screw type. The opposite scenario was also observed (i.e. the farther from the medial cortex of the femoral shaft, the lower the mean maximum load). In this trial, conventional and cannulated screws were equally resistant to axial loading. However, femoral neck fracture osteosynthesis using cannulated screws was easier to perform.

Keywords: dog, orthopedic, osteosynthesis, femoral neck fractures, biomechanics.

Descritores: cão, ortopedia, osteossíntese, fratura colo femoral, estudo biomecânico.

Received: 10 October 2013

Accepted: 18 February 2014

Published: 11 April 2014

¹Departamento de Cirurgia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ-USP), São Paulo, SP, Brazil. ²MV Autônomo, Florianópolis, SC, Brazil. ³Tecnólogo em Saúde, Faculdade de Medicina, USP, São Paulo, SP. ⁴Doutorando, Departamento de Cirurgia da FMVZ-USP, São Paulo, SP. CORRESPONDENCE: C.R.A. Ferrigno [cferrigno@usp.br - Fone: +55 (11) 3091-1211]. Departamento de Cirurgia da FMVZ-USP, Avenida Prof. Dr. Orlando de Marques Paiva n. 87, Bairro Cidade Universitária. CEP 05508-270 São Paulo, SP, Brazil.

INTRODUÇÃO

As fraturas proximais de fêmur constituem 25% das fraturas deste osso em cães [6,22], sendo a osteossíntese com o uso de parafusos, uma das opções cirúrgicas [2,22]. Apesar de muitos avanços, a fratura de colo femoral ainda é de difícil resolução [1,18-20,24]. O objetivo do tratamento é a estabilização das epífises, prevenindo deslocamentos e não uniões [1-3,6,7,17,21,22,26]. A fixação desta fratura deve resistir ao encurvamento e a rotação externa. Com base em análises do momento estático, a fixação intramedular tem sido considerada superior a das placas laterais de haste rígida lateralmente colocada [13].

Foi demonstrado que os parafusos de compressão do quadril são 2,5 vezes mais rígidos que as hastes condilocefálicas de Harris [8]. Estabilidade, nestes casos, será alcançada quando houver capacidade do fêmur proximal em suportar cargas fisiológicas sem deslocamento da fratura [23]. A decisão de fixação de fraturas de colo femoral utilizando parafusos ósseos é baseada particularmente na estimativa da rigidez da fixação osso-implante [25]. Em Medicina Veterinária foi proposta a reparação de fraturas epifisárias de cabeça do fêmur utilizando parafusos de efeito compressivo inseridos pela superfície articular até o colo femoral, com bons resultados [15]. Quando o osso ou metal é submetido a carga, ocorre deformação antes do momento da fratura e, se esta carga for superior à carga primária, a deformação não é revertida. Quando o limite da resistência óssea é excedido, ocorre a fratura [9,10].

O objetivo do trabalho é comparar a resistência a forças axiais do parafuso 3.5 mm convencional ou canulado na estabilização de fratura de cabeça e colo femoral em cães.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados 14 fêmures de cães sem sinais macroscópicos ou radiográficos de moléstias ósseas e, após esqueletização, os ossos foram fraturados no colo femoral com serra de Gigle.

No grupo controle foram inseridos dois parafusos convencionais paralelos entre si, por meio de perfuração com broca de 2,6 mm, sendo esta dirigida da porção lateral do fêmur, abaixo do trocânter maior, em direção à cabeça do fêmur.

Após a remoção da broca, foram confeccionadas as roscas de 3,5 mm e inserção de parafusos de mesmo diâmetro. No grupo canulado foram inseridos dois parafusos canulados¹ de 3,5 mm paralelos entre si e a perfuração para a inserção do fio guia iniciou-se na superfície lateral do fêmur, abaixo do trocânter maior. A perfuração foi guiada em direção ao meio da cabeça femoral. Com broca canulada de 2,6 mm foi perfurado o orifício para inserção dos parafusos e em seguida confeccionadas as roscas de 3,5 mm e inserção de parafusos convencionais¹ de mesmo diâmetro e tamanho adequado. Após a realização da osteossíntese as peças foram submetidas ao controle radiográfico da topografia dos parafusos no colo e cabeça femoral (Figura 1A e B).

Depois de reduzidas as fraturas em ambos os grupos, as peças foram cimentadas com polimetilmetacrilato em dispositivo articulado que permitia o encaixe da cabeça femoral dentro do acetábulo, mimetizando condições reais *in vivo* no momento da compressão. Com os fêmures seccionados na altura dos côndilos, estes foram cimentados dentro de dispositivos de PVC (Figura 1C).

O modelo biomecânico deste trabalho realizava perfeito assentamento da cabeça femoral, com o posicionamento da cabeça femoral o mais anatomicamente perto do normal, sendo fixado com morsa e submetido à força axial no acetábulo de alumínio na velocidade de 1 mm por segundo, até ocorrer a deformação desejada. Este teste foi realizado em máquina apropriada para ensaios biomecânicos².

Os resultados foram expressos em forma de gráficos em tempo real com a variável de força (N) em função de deslocamento/deformação em milímetros. Como adjuvante da compreensão do estudo, todos os ensaios foram filmados, realizando paralelo da compressão com a visualização digital do gráfico de cada conjunto estudado.

Os dados obtidos no estudo compressivo foram analisados através da média e desvio padrão. Foi utilizado o teste *t* de Student, visto que as variáveis força máxima, deslocamento máximo, força no limite de proporcionalidade, deslocamento no limite de proporcionalidade, rigidez e força em 3 mm possuem distribuição normal ou aproximadamente normal. O valor de *t* para o nível de significância de 5% e com *n*-1 graus de liberdade foi determinado.

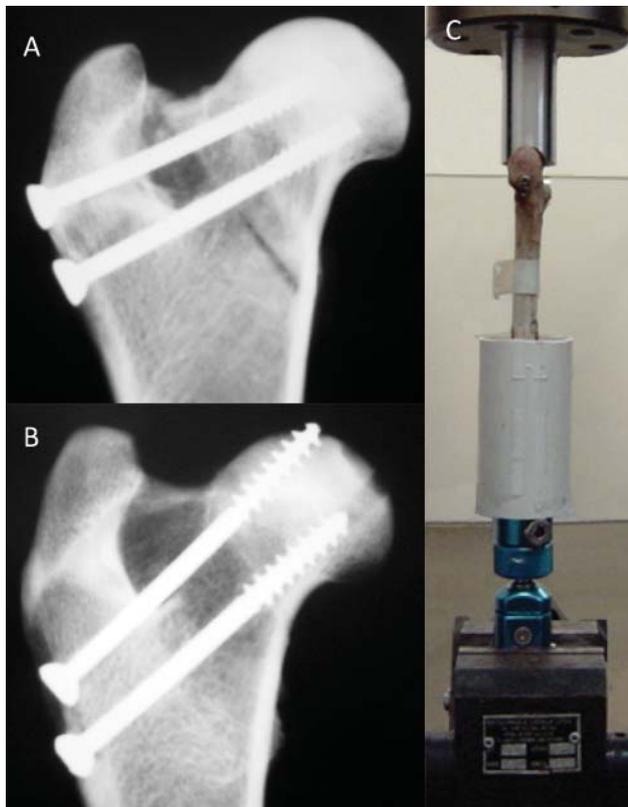


Figura 1. Exame radiográfico da região proximal do fêmur de cão evidenciando o posicionamento dos dois parafusos canulados na fixação da cabeça femoral (A). Exame radiográfico da região proximal do fêmur de cão evidenciando o posicionamento dos dois parafusos convencionais na fixação da cabeça femoral (B). Imagem fotográfica da região proximal do fêmur de cão após posicionamento do corpo de prova no sistema de da máquina de ensaios imediatamente antes do início da compressão (C).

RESULTADOS

Foi observado força máxima (F_{max}), deslocamento máximo (D_{max}), força dentro do limite de proporcionalidade (F_{lp}), deslocamento dentro do limite de proporcionalidade (D_{lp}) e F_3 , que corresponde a força aplicada no conjunto no momento em que esse sofreu deslocamento de 3 mm (Tabela 1). Foi observado variação grande de valores encontrados nos conjuntos osso/implante dentro do mesmo grupo.

A força e o deslocamento máximo correspondem ao ponto crítico da compressão, onde a partir desse ponto, o estudo é considerado destrutivo. A rigidez do conjunto implante osso é a razão entre a força e o deslocamento dentro dos limites de proporcionalidade.

No ensaio mecânico do fêmur 4 (parafuso normal), não foi possível mensurar os dados gráficos pela presença de fratura abrupta na diáfise quando o conjunto começou a sofrer compressão axial.

DISCUSSÃO

O principal fator no fracasso nas osteossínteses em colo femoral é a não união óssea, levando à necrose avascular e reabsorção do colo femoral, fato que pode ser explicado pela utilização de implantes que não proporcionem estabilidade absoluta. O emprego de parafusos ósseos compressivos proporciona osteossíntese rígida com estabilidade absoluta e consequente formação de calo ósseo primário [6,7,12,13,17]. Como há poucos trabalhos que avaliam a utilização de parafusos ósseos canulados, foi realizada esta pesquisa comparando dois tipos de parafusos com propriedades iguais, ou seja, rígida fixação óssea, porém, com diferentes métodos de implantação e projeto metalúrgico.

O fêmur de cão foi adotado como modelo experimental, pois este animal apresenta com frequência este tipo de fratura [21]. Na osteossíntese com parafusos compressivos, inúmeros trabalhos mostraram que a técnica e os implantes utilizados nesta pesquisa com fêmures de cães, são adequados na reparação de fraturas de cabeça e colo femoral [5,14,16,25].

O sucesso na utilização de parafusos compressivos na região proximal do fêmur varia de 2% a 21% [12] e, observando os resultados na presente pesquisa, pode ser aventado que a variação grande de valores encontrados nos conjuntos osso/implante dentro do mesmo grupo, seja a causa desta diferenças nas taxas de sucesso neste tipo de cirurgia. Isto ocorre, principalmente, devido ao posicionamento dos parafusos em relação às corticais superior e inferior da cabeça e colo femorais, aos diferentes assentamentos das cabeças femorais no modelo biomecânico de acetábulo e também pela acomodação proporcionada pelo modelo biomecânico.

No estudo em questão existem limitações que devem ser levadas em conta para discussão dos resultados. A primeira limitação do experimento foi considerar um único método de fixação com dois parafusos compressivos esponjosos. Apesar da utilização de um método de fixação, os resultados são confiáveis, pois desta forma ocorreu a diminuição do número de variáveis. Os parafusos compressivos são eficientes implantes utilizados contemporaneamente para tratar fraturas de colo e cabeça femorais em Medicina Veterinária [11]. A segunda limitação foi a carga aplicada aos conjuntos do estudo, embora mimetizando ao máximo a realidade, não houve a simulação dos músculos adutores e abdutores que atuam nesta região.

Tabela 1. Comparação estatística da média e desvio padrão da força máxima em newtons, deslocamento máximo em milímetros, força no limite de proporcionalidade em newtons, deslocamento no limite de proporcionalidade em milímetros, rigidez em newtons e força em 3 mm de deslocamento em newtons dos grupos parafuso canulado e parafuso normal.

Parafuso	Fmax (N)	Dmax (mm)	Flp (N)	Dlp (mm)	Rigidez*	Força [#]
Canulado	956,83 (±388,41)	4,50 (±0,88)	408,74 (±220,05)	1,54 (±1,22)	480,41 (±241,17)	745,15 (±373,07)
Normal	928,23 (±585,42)	5,88 (±2,89)	281,23 (±202,87)	1,03 (±0,71)	402,21 (±76,23)	483,12 (±215,41)
<i>P</i>	0,11	1,13	1,10	0,96	0,82	0,30

Estatisticamente significativa quando $P < 0,05$. Fmax = força máxima em newtons; Dmax = deslocamento máximo em milímetros; Flp = força no limite de proporcionalidade em newtons; Dlp = deslocamento no limite de proporcionalidade em milímetros; *Rigidez em N por milímetros; [#]Força em 3 mm = força em 3 mm de deslocamento em newtons.

A densidade óssea é amplamente discutida e estudada em trabalhos de Medicina, pois a aplicabilidade desses implantes estão diretamente relacionados ao grau de osteoporose. Excluindo os traumas em crianças obesas, esta moléstia acomete quase que na sua totalidade pacientes geriátricos, fato não tão amplamente estudado na Medicina Veterinária e no presente estudo, pois a osteoporose é incomum em cães [1,2,6,7,17,21,22,26].

Na presente pesquisa, quando os parafusos ósseos foram fixados mais próximo da cortical medial da diáfise dos fêmures e mais próximo da superfície superior da cabeça femoral, a força máxima foi maior, independente do tipo do parafuso e também foi observado o inverso, ou seja, os fêmures nos quais a osteossíntese foi realizada mais distante da cortical medial da diáfise dos fêmures, a força máxima foi menor, sendo estes resultados também observados em trabalho no qual foi descrito que quando havia falha no implante, o dispositivo não quebrava e era o osso que sofria colapso [8]. Isto corrobora com o estudo realizado neste trabalho, onde nenhum parafuso sofreu deformação, ao passo que todos os ossos sofreram colapso.

Os maiores fatores da diminuição da rigidez são a densidade óssea e a distância do braço de momento, ou seja, a distância da linha de fratura ao centro da cabeça femoral e a distância do parafuso para a cortical medial da diáfise femoral e para superfície superior da cabeça femoral [26], sendo isto relacionado com os piores resultados de rigidez deste experimento.

Foi comparado o uso de dois implantes para o tratamento de fraturas de colo femoral. Em um grupo de fêmures o autor utilizou o sliding hip screw (SHC) e os SHC apresentaram desempenho superior quando comparado aos parafusos canulados e esse aumento de rigidez foi atribuído ao fato da transferência da força de compressão para a cortical óssea em contato com a placa [4]. Os parafusos compressivos, apenas transferem o momento das forças compressivas ao osso esponjoso abaixo da linha de fratura, fato este repetido no presente trabalho que mostrou a necessidade de se posicionar o parafuso inferior, o mais perto possível da cortical medial do fêmur, com dureza superior a do osso esponjoso da cabeça femoral.

Com base nos resultados obtidos com este trabalho é possível concluir que não há diferença de rigidez entre parafuso convencional ou parafuso canulado quando utilizados em modelo experimental de fratura da cabeça do fêmur de cães. Foi considerado que os parafusos canulados são de aplicação mais fácil que parafusos convencionais neste tipo de fratura.

SOURCES AND MANUFACTURES

¹Baumer S.A., Mogi Mirim, SP, Brazil.

²Kratos® modelo 5002, Kratos equipamentos industriais, Cotia, SP, Brazil.

Declaration of interest. The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of the paper.

REFERENCES

- 1 Anderson R. & Mickibbin W.B. 1943. Intertrochanteric fracture. *Journal of Bone and Joint Surgery (American volume)*. 25(1): 153-168.
- 2 Anderson W.D., Schlotthauer C.F. & Janes J.M. 1953. Method for treatment of fractures of the femoral neck in the dog. *Journal of American Veterinary Medical Association*. 122(912): 158-160.
- 3 Bout C.A., Cannegieter D.M. & Juttman J.W. 1997. Percutaneous cannulated screw fixation of femoral neck fractures: the three point principle. *Injury*. 28(2): 135-139.
- 4 Devas M.B. 1965. Stress fractures of the femoral neck. *Journal of Bone and Joint Surgery (British volume)*. 47(4): 728-738.
- 5 Evans E.M. 1949. The treatment of trochanteric fractures of the femur. *Journal of Bone and Joint Surgery (British volume)*. 31(2): 190-203.
- 6 Gibson K.L., Vanne R.T. & Pechman R.D. 1991. Femoral capital physal fractures in dogs: 34 cases (1979-1989). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 198(5): 886-890.
- 7 Goodman W.W., Johnson J.T. & Robertson W.W. 1996. Single screw fixation for acute-on- chronic slipped capital femoral epiphysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 322(1): 86-90.
- 8 Gurtler R.A., Jacobs R.R. & Jacobs C.R. 1986. Biomechanic evaluation of Ender's pins, the Harris nail, and the dynamic hip screw for the unstable intertrochanteric fracture. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 206(1): 109-112.
- 9 Hulse D.H. & Hyman B. 1981. Revascularization of femoral capital physal fractures following surgical fixation. *Journal of Veterinary Orthopaedics*. 2(1): 50-64.
- 10 Hulse D.H. & Hyman B. 1991. Biomechanics of fracture fixation failure. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 21(2): 647-667.
- 11 Hulse D.H., Kerin S. & Mertens D. 2005. Fractures of the proximal femur. In: Johnson A.L., Houlton J.E.F. & Van-nini R. (Eds). *AO Principles of Fracture Management in the Dog and Cat*. New York: Thieme, pp.272-286.
- 12 James E.T. & Hunter G.A. 1983. The Treatment of trochanteric fracture - a review article. *Injury*. 14(5): 421-431.
- 13 Jarret P.J., Fleming L.L. & Whitesides T.E. 1984. The stable internal fixation in peritrochanteric hip fractures. *Instructional Course Lectures*. 33(2): 203-218.
- 14 Kaufer H. 1980. Mechanics of the treatment of hip injuries. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 146(1): 53-61.
- 15 Kuzma A., Sumner-Smith G., Miller C. & Mclaughlin R. 1989. A technique for repair of femoral capital epiphyseal fractures in the dog. *Journal of Small Animal Practice*. 30(8): 444-448.
- 16 MacEacherin A.G. & Heyse-Moore G.H. 1983. Stable intertrochanteric femoral fractures. A misnomer? *Journal of Bone and Joint Surgery (British volume)*. 65(5): 582-583.
- 17 Milton J.L. 1993. Femur Fracture. In: Slatter D. (Ed). *Textbook of Small Animal Surgery*. 2nd edn. Philadelphia: W.B. Saunders, pp.2135-2148.
- 18 Mizrahi J., Kantarovski A., Najenson T. & Susak K. 1985. *In vivo* biomechanic evaluation of nail plate fixation of femoral neck fracture of rehabilitated patients. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 12(Suppl 2): 112-116.
- 19 Moller B.N., Lucht U., Grymer F. & Bartholdy N.J. 1985. Instability of Trochanteric fracture. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 12(Suppl): 39-43.
- 20 Moore A.T. 1957. The self - locking metal hip prosthesis. *Journal of Bone and Joint Surgery (American volume)*. 39(4): 811-827.
- 21 Olmstead M.L. 1984. Fractures of the femur. In: Brinker W.O., Hohn R.B. & Prieur W.D. (Eds). *Manual of Internal Fixation in Small Animal*. New York: Springer-Verlag, pp.165-175.
- 22 Piermattei D.L. & Flo G.L. 1998. Fraturas do fêmur e patela. In: Brinker P.F. (Ed.). *Manual de Ortopedia e Tratamento das Fraturas dos Pequenos Animais*. 3.ed. São Paulo: Manole, pp.434-479.
- 23 Rae J.F., Banzon M.T., Weiss A.B. & Rayhack J. 1983. Treatment of unstable intertrochanteric fracture with anatomic reduction and compression hip screw fixation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 175(1): 65-71.
- 24 Smith-Petersen M.N., Cave E.F. & Van Gorder G.W. 1931. Intracapsular fractures of the neck of the femur. *Archives of Surgery*. 23(5): 716-759.
- 25 Stankewich C.J., Chapman J., Muthusamy R., Quaid G., Schemitsch E., Tencer A.F. & Ching R.P. 1996. Relationship of mechanical factors to the strength of proximal femur fractures fixed with cancellous screws. *Journal of Orthopaedic Trauma*. 10(4): 248-257.
- 26 Wellin D.E., Galloni L. & Gelb R.I. 1984. Ipsilateral, intertrochanteric and displaced femoral fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 183(1): 71-75.