

THALES BREGADIOLI

**Comparação biomecânica e da redução óssea do *Clamp and Rod Internal Fixation* e placa de reconstrução bloqueada em fraturas de acetáculo**

São Paulo  
2017

THALES BREGADIOLI

**Comparação biomecânica e da redução óssea do *Clamp and Rod Internal Fixation* e placa de reconstrução bloqueada em fraturas de acetáculo**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Clínica Cirúrgica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção de título de Mestre em Ciências

**Departamento:**  
Cirurgia

**Área de concentração:**  
Clínica Cirúrgica Veterinária

**Orientador:**  
Prof. Dr. Cássio Ricardo Auada Ferrigno

São Paulo  
2017

## RESUMO

BREGADIOLI, T. **Comparação biomecânica e da redução óssea de Clamp and Rod Internal Fixation e placa de reconstrução bloqueada em fraturas de acetáculo** [Biomechanical and bone reduction comparison of clamp and rod internal fixation (Crif) and reconstruction locking plate in acetabular fractures]. 2017. 117 f. Dissertação(Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Este estudo objetivou comparar, biomecanicamente, por meio dos ensaios de flexão destrutível e ciclagem, bem como a qualidade da redução óssea, após avaliação do molde da superfície articular de osteotomias centrais do acetáculo de cão fixadas com *Clamp and Rod Internal Fixation* (CRIF) 2,7 mm ou placa de reconstrução bloqueada 2,7 mm. Os implantes foram divididos em dois grupos, denominados grupo CRIF (GC) e grupo Placa (GP). Foram utilizadas nove pelves de cadáveres de cão com peso corporal entre 15 e 35 kg, posteriormente as pelves foram subdivididas em 18 hemipelvés e distribuídas aleatoriamente para testar os dois implantes, um contralateral ao outro em uma mesma pélve. Para realização dos testes, foi simulado uma fratura central no acetáculo, por meio de osteotomia linear, realizada com auxílio de serra oscilatória e em seguida, fixadas segundo os padrões AO/SIF, sendo utilizados três parafusos craniais e dois caudais a osteotomia. Após comparação biomecânica de resistência máxima à flexão o GP ( $22,38 \pm 8,44$  N.m) demonstrou superioridade estatística em relação ao GC ( $15,60 \pm 5,76$  N.m), ( $p=0,02408$ ). Na comparação do molde da superfície articular após 30 ciclos o GP ( $0,27 \pm 0,24$ mm) demonstrou valores menores para lacuna da linha articular que o GC ( $0,49 \pm 0,29$ mm), sendo o GP estatisticamente superior, ( $p=0,04784$ ). Em conclusão, a aplicação da placa de reconstrução bloqueada é simples e deve ser considerada para redução de fraturas do acetáculo que necessitem de reconstrução anatômica.

Palavras-chave: Fixação interna de fraturas, Bioengenharia, Cartilagem articular, Consolidação da Fratura, Cães.

## ABSTRACT

BREGADIOLI, T. **Comparação biomecânica e da redução óssea de Clamp and Rod Internal Fixation (CRIF) e placa de reconstrução bloqueada em fraturas de acetábulo** [Biomechanical comparison and bone reduction assessment of acetabular fractures fixed with clamp and rod internal fixation (CRIF) or locking reconstruction plate]. 2017. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. The aim of this study was to compare the accuracy of reduction and biomechanical characteristics of acetabular osteotomies repaired with 2.7-mm Clamp and Rod Internal Fixation (CRIF) constructs or 2.7-mm locking reconstruction plates in cyclic and load to failure flexion tests. Nine dog cadavers with body weight between 15 and 35 kg were included in this study. All 18 hemipelves were randomly assigned into two groups named after the implants tested, group CRIF (GC) and group Plate (GP). All pelvises were used to test both groups with each hemipelvis belonging to a different implant group. Acetabular osteotomies were created with an oscillatory saw and then fixed according to the AO/ASIF standards, using either 5-hole, 2.7-mm locking reconstruction plates with three locked screws cranial and two caudal to the osteotomy line, or CRIF constructs with 5 clamps, three located cranial and two caudal to the osteotomy line. Load to failure at GP ( $22.38 \pm 8.44\text{N.m}$ ) was significantly higher than GC ( $15.60 \pm 5.76\text{N.m}$ ), ( $p = 0.02408$ ). Imprinted cast of acetabular reduction gap after 30 cycles was statistically smaller at GP ( $0.27 \pm 0.24\text{mm}$ ) than GC ( $0.49 \pm 0.29\text{mm}$ ) ( $p = 0.04784$ ). We concluded that the appliance of locking reconstruction plates is simple and should be considered for acetabular fractures, that require perfect anatomical reconstruction.

Key-words: Fracture Fixation Internal, Bioengineering, Cartilage Articular, Fracture Healing, Dogs.

## 1 INTRODUÇÃO

As fraturas do acetábulo são frequentes na rotina clínica de pequenos animais e representam 12 a 30% das fraturas da pelve em cães (DENNY, 1978; BRADEN; PRIEUR, 1986; MESSMER; MONTAVON, 2004; DeCAMP, 2005)e 7% em gatos (DeCAMP, 2005).

O tratamento cirúrgico, tido como padrão ouro no tratamento das fraturas desviadas do acetábulo (DIAS et al., 2010), baseia-se no emprego de redução anatômica e estabilização rígida por meio de implantes metálicos como pinos, placas de compressão, placas de reconstrução convencionais ou bloqueadas, parafusos, fios de cerclagem associados ou não a cimento ósseo e ainda placas acetabulares veterinárias(BRADEN; PRIEUR, 1986; SCHWARZ, 1996; STUBBS et al., 1998; BRINKER, 1999;ANDERSON; CROSS; LEWIS, 2002; CABASSU, 2005; DENNY; BUTTERWORTH, 2006; MATIS; KÖSTLIN; BRUNNBERG, 2007; TOMLINSON, 2007; AMATO et al., 2008; ROEHSIG et al., 2008; JOHNSON, 2013).

Diversos estudos clínicos e biomecânicos *in vitro* têm sido realizados para avaliar a estabilidade dos implantes citados (WHEATON; HOHN; HARRISON, 1973; HULSE; ROOT, 1980; BRADEN; PRIEUR, 1986; OST; KADERLY, 1986; ANDERSON; CROSS; LEWIS, 2002), no entanto, dificuldades e limitações inerentes a estas técnicas tem sido identificadas (WHEATON; HOHN; HARRISON, 1973; HULSE; ROOT, 1980; BRADEN; PRIEUR, 1986; OST; KADERLY, 1986; BUTTERWORTH et al., 1994; LEWIS; STUBBS; NEUWIRTH,1997; ROUSH; MANLEY, 1992; HAERDIE et al., 1999).

O principal desafio consiste em contornar a placa à superfície dorsal irregular do acetábulo e, em seguida, manter a redução da fratura durante a aplicação do implante.

Outros implantes têm sido desenvolvidos, dentre eles se destacam o CRIF e as placas de reconstrução bloqueada, implantes versáteis, com boa capacidade de moldagem, de fácil aplicação, mínima instrumentação e mínimo contato ósseo (JOHNSON; HOULTON; VANINI 2005). Além disso, as placas bloqueadas conferem estabilidade angular (STOFFEL et al., 2003; CRONIER et al., 2010).

Diante dos desafios inerentes à perfeita redução anatômica da fratura acetabular, bem como as dificuldades relatadas com os implantes convencionais, a aplicabilidade do CRIF e placa de reconstrução bloqueada foi investigada em condições cíclicas e

força máxima até a falha no teste de flexão em três pontos. Objetivou-se, portanto, comparar a precisão e manutenção da redução e as propriedades biomecânicas das osteotomias acetabulares caninas estabilizadas por meio de placa de reconstrução bloqueadas versus fixação com *Clamp and Rod Internal Fixation*.

## 10 CONCLUSÃO

Em conclusão, a placa de reconstrução bloqueada mostrou-se aproximadamente 30% mais resistente que o CRIF no teste de flexão destrutível, promovendo excelente redução e manutenção da osteotomia acetabular de cães ex vivo após trinta ciclos de carga. Sua aplicação é simples e deve ser considerada para fraturas do acetáculo que necessitem de reconstrução anatômica.

Clamp and rod internal fixation (CRIF) 2,7mm mostrou-se de fácil aplicação ao acetáculo de cães, sendo efetivo para redução óssea anatômica imediata da linha de osteotomia acetabular de cães ex vivo, no entanto, a manutenção da redução anatômica mostrou-se inferior à placa de reconstrução bloqueada após trinta ciclos de carga.

## 11 REFERÊNCIAS

ALI, E. Acetabular fractures - A review of their management. **Journal of Trauma & Treatment**, v.4, p. 278, 2015.

ALONSO, J.E.; VOLGAS, D.A.; GIORDANO, V.; STANNARD, J.P. A review of the treatment of hip dislocations associated with acetabular fractures. **Clinical Orthopaedics & Related Research**, v. 377, p. 32-43, 2000.

AMATO, N.S.; RICHARDS, A.; KNIGHT, T.A.; SPECTOR, D.; BOUDRIEAU, R.J.; BELKOFF, S. Ex vivo biomechanical comparison of the 2.4 mm uniLOCK reconstruction plate using 2.4 mm locking versus standard screws for fixation of acetabular osteotomy in dogs. **Veterinary Surgery**, v.37, n.8, p.741-748, 2008.

ANDERSON, G.M.; CROSS, A.R.; LEWIS, D.D. The effect of plate luting on reduction accuracy and biomechanics of acetabular osteotomies stabilized with 2.7-mm reconstruction plates. **Veterinary Surgery**,v.31, p. 3–9, 2002.

ANSON, L. W.; DEYOUNG, D. J.; RICHARDSON, D. C.; BETTS, C. W. Clinical evaluation of canine acetabular fractures stabilized with an acetabular plate. **Veterinary Surgery**,v.17, p. 220-225, 1988.

BEAULÉ, P.E.; DOREY, F.J; MATTA, J.M. Letournel classification for acetabular fractures. Assesment of inter observer and intra observer reliability. **Journal of bone and joint Surgery**, v. 85, n. 9, p. 1704-1709,2003.

BECK, A.L.; PEAD, M.J.; DRAPER, E. Regional load bearing of the feline acetabulum. **Journal of Biomechanics**, v. 38, p. 427–432, 2005.

BETTS, C.W. Pelvic fractures. In: SLATTER, D. (Ed.). **Textbook of small animal surgery.** 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia: Saunders, 1993. p. 1769-1786.

BONATH, K.H.; PRIEUR, W. D. **Kleintier Krankheiten: Orthopadische chirurgie und traumatology.** Stuttgart: Ulmer, 1998. p. 576-588.

BONIN, G. A.; BAKER, S. T.; DAVIS, C. A.; BERGERSON, C. M.; HILDEBRANDT, A. A.; HULSE, D. A.; KERWIN, S. C.; MORENO, M. R.; SAUNDERS, W. B. In vitro biomechanical comparison of 3.5 mm LC-DCP/intramedullary rod and 5 mm clamp-rod internal fixator (CRIF)/intramedullary rod fixation in a canine femoral gap model. **Veterinary Surgery**, v. 43, n. 7, p. 860–868, out. 2014.

BOSWELL, K.A.; BOONE, E.G.; BOUDRIEAU, R.J. Reduction and temporary stabilization of acetabular fractures using ASIF mandibular reduction forceps: technique and operative results using plate fixation in 25 dogs. **Veterinary Surgery**, v. 30, p. 1–10, 2001.

BOUDRIEAU, R.S.; KLEINE, L.J. Non surgically managed caudal acetabular fractures in dogs: 15 cases (1979–1984). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 193, p. 701–705, 1988.

BRADEN, T. D.; PRIEUR, W. D. New plate for acetabular fractures: Technique of application and long-term followup evaluation. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.188, p. 1183-1186, 1986.

BRAUND, K.G. Traumatic Neurophaty. In: Braund's Clinical Neurology in Small Animals: Localization, Diagnosis and Treatment, Vite, C. H., **International Veterinary Information Service**, Ithaca, NY, 2003.

BRINKER, W. O. Fractures. In: **Canine surgery.** 2<sup>nd</sup> ed. Santa Barbara: American Veterinary Publications, 1999. p. 949-1048.

BROWN, G.A.; WILLIS, M.C.; FIROOZBAKHS, K.; BARMADA, A.; TESSMAN, C.L.; MONTGOMERY, A. Computed tomography image-guided surgery in complex acetabular fractures. **Clin Orthop Relat Res**, v. 370, p. 219-226, 2000.

BUDSBERG, S.; CHAMBERS, J.; VAN LUE, S.; FOUTZ, T.; ANDREECE, L. Prospective evaluation of ground reaction forces in dogs undergoing unilateral total hip replacement. **American Journal of Veterinary Research**, v. 57, p. 1781-1785, 1996.

CABASSU, J.P. Pelvic Fractures – Sacroiliac – Fractures / Luxations. **Proceeding of the NAVC North American Veterinary Conference**. Florida: p. 758-759. 2005.

CARMICHAEL, S. Orthopaedic problems in cats. In: **Proceeding of the NAVC North American Veterinary Conference**. Florida:, p. 768-769. 2005.

CASTRO JR, A.F. Embriologia e histofisiologia do tecido ósseo: revisão de literatura e bases histofisiológicas das principais doenças ósseas metabólicas. **Boletim do Centro de Biologia da Reprodução**, v.27, n.1/2, p.27-32, 2008.

CAVALCANTI, R.A.O. **Estudo biomecânico comparativo entre novo sistema de bloqueio (PAX) e sistema convencional de bloqueio (Synthes) em ensaios de arrancamento e teste de quatro pontos**. 2014, f 114. Dissertação (Mestrado em ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CHALMAN, J. A.; LAYTON, C. E. Osteotomy of the ischial tuberosity to provide surgical access to the ischium and caudal acetabulum in the dog. **Journal of the American Animal Hospital Association**. v. 26, p. 505- 514, 1990.

CHAO, P.; LEWIS, D.D.; KOWALESKI, M.P. Biomechanical concepts applicable to minimally invasive fracture repair in small animals. **Vet Clin North Am, Small Anim Pract**, v. 42, p. 853–872, 2012.

CORDEY, J. Introduction: basic concepts and definitions in mechanics. **Injury, International Journal of the Care of the Injured**, v.31, n.2, p.1-13, 2000.

CRAWFORD, J.T.; MANLEY, P.A.; ADAMS, W.M. Comparison of computed tomography, tangential view radiography, and conventional radiography in evaluation of canine pelvic trauma. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 44, p. 619-628, 2003.

CRONIER, P.; PIETU, G.; DUJARDIN, C.; BIGORRE, N.; DUCELLIER, F.; GERARD, R. The concept of locking plates. **Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research**, v.96S, p.S17-S36, 2010.

DALMOLIN, F.; PINTO-FILHO, S. T. L.; CORTES, A. M.; BRUN, M. V.; CAUDURO, C. R.; SCHLOSSER, J. E. W. Biomecânica óssea e ensaios biomecânicos - fundamentos teóricos. **Ciência Rural**, v. 43, n. 9, p. 1675–1682, 2013.

De BELLIS, U.G.; LEGNANI, C.; CALORI, G.M. Acute total hip replacement for acetabular fractures: a systematic review of the literature. **Injury**, v. 45, n. 2, p. 356-361, 2013.

DECAMP, C. E. Principles of pelvic fracture management. **Seminars in veterinary medicine and surgery**,v. 7, p. 63-70, 1992.

DECAMP, C.E. Fractures of the pelvis. In: JOHNSON, A.L.;HOULTON, J.E.F.; VANNINI, R. (Eds.).**AO Principles of fracture management in the dog and cat**. New York: Thieme, 2005. p. 161-199.

DENNY, H. R. Pelvic fractures in the dog: A review of123 cases. **Journal of Small Animal Practice**,v.19, p. 151-166, 1978.

DENNY, H.R.; BUTTERWORTH, S.J. Pelve. In: DENNY, H.R.; BUTTERWORTH **Cirurgia ortopédica em cães e gatos**. 4. ed. São Paulo: Roca, 2006.p. 341-351.

DEWEY, C.W. Doenças do sistema nervoso periférico: mononeuropatias e polineuropatias. In: DEWEY, C. W. **Neurologia de cães e gatos**. São Paulo: Roca, 2006. p.215-239.

DIAS, M.V.F.; GOLDSZTAGEN, F.; GUIMARÃES, J.M.; GRIZENDI, J.A.; CORREIA, M.; ROCHA, T.H. Epidemiologia das fraturas de acetáculo tratadas no instituto nacional de traumatologia e ortopedia (INTO). **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 45, n. 5, p. 474-477, 2010.

DINIZ, J.S. Propriedades mecânicas do tecido ósseo: uma revisão bibliográfica. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 5., 2009, São José dos Campos,SP. **Anais...** São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2009. 3p.

DRAFFAN, A.; CLEMENTS, D.; FARRELL, M.; HELLER, J.; BENNETT, D.; CARMICHAEL, S. The role of computed tomography in the classification and management of pelvic fractures. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 3, p. 190-197, 2009.

DYCE, J.; HOULTON, J.E.F: Use of reconstruction plates for repair of acetabular fractures in 16 dogs. **Journal of Small Animal Practice**, v. 34, n. 11, p.547-553, 1993.

EDDIE, Y. L.O.; SUSAN, S. T.; BLAINE, A. C.; MARK, A. L.; BRADY, J. Y. Locking versus non locking construct in an osteoporotic, segmental fibula defect model. **Orthopedics**, v.36, n.10, p. 1262-1268, 2013.

EGOL, K.A.; KUBIAK, E.N. FULKERSON, E. Biomechanics of locked plates and screws. **Journal of Orthopaedics Trauma**, v.18, p. 488-493, 2004.

ETHIER, C. R.; SIMMONS, C. A. Introduction. In: **Introductory biomechanics - from cells to organisms**. Cambridge: Cambridge University Press,2007. p. 1–17.

EVANS, H.E. **Anatomy of the dog**. 3<sup>rd</sup>ed. Philadelphia: Saunders, 1993. p.1113.

FEARNSIDE, S.M.; BLACK, A.P. Delayed onset of sciatic neuropathy following coxofemoral joint fracture. **Australian Veterinary Journal**, v.29, n.2, p.63-68, 1999.

FLORIN, M.; ARZDORF, M.; LINKE, B.; AUER, J. A. Assessment of stiffness and strength of 4 different implants long-bone fracture model using a bone substitute.

**Veterinary Surgery**, v. 34, n.3, p. 231–238, 2005.

FORTERRE, F.; TOMEK, A.; RYTZ, U.; BRUNNBERG, L.; JAGGY, A.; SPRENG, D. Iatrogenic sciatic nerve injury in eighteen dogs and nine cats (1997-2006). **Veterinary Surgery**, v.36, p. 464-471, 2007.

GAMPER, S.; STEINER, A.; NUSS, K.; OHLERTH, S.; FÜRST, A.; FERGUSON, J.G.; AUER, J.A.; LISCHER, C. Clinical evaluation of the CRIF 4.5/5.5 system for long-bone fracture repair in cattle. **Veterinary Surgery**, v. 35, p.361-368, 2006.

GAUTIER, E.; SOMMER, C. Guidelines for the clinical application of the LCP. **Injury**, v.34, p.S-B63–S-B76, 2003.

GIECK, K. **Manual de fórmulas técnicas**. São Paulo: Hemus. Vol. único 3 ex. | 51+53/54 | G454m, 2001.

GINJA, M.M.D; GONZALO-ORDEN,J.M.; JESUS, S. S ; SILVESTRE, A.M.; LLORENS-PENA, M.P; FERREIRA,A.J.A. Measurement of the femoral neck anteversion angle in the dog using computed tomography. **The Veterinary Journal**, v.174, p.378–383, 2007.

GIORDANO, V.; GIORDANO, M. Fraturas do acetáculo, **Manual de trauma ortopédico / SBOT - Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia** ; coordenadora, Isabel Pozzi- São Paulo : SBOT - Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, 2011.

GRISNEAUX, E.; DUPUI,S. J.; PIBAROT, P. Effects of post operative administration of ketoprofen or carprofen on short- and long-term results of femoral head and neck excision in dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.223, n. 7, p. 1006-1012, 2003.

GURGEL, J.L. **Respostas ósseas a cargas mecânicas.** 2002. 103f. Memória de licenciatura apresentada ao Instituto de Educação Física e Desportos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2002.

HAERDI, C.; DALLA COSTA, R.; AUER, J.A.; LINKE, B.; STEINER, A. Mechanical comparison of 3 different clamp and 2 different rod types of a new veterinary internal fixation system, 4.5/5.5-mm VetFix. **Veterinary Surgery**, v. 32, p.431-438, 2003.

HAERDI-LANDERER, C.; STEINER, A.; LINKE,B.; WAHL, D.; SCHNEIDER; HEHLI, M.;FREI, R.; AUER, J. A. Comparison of double dynamic compression plating versus two configurations of an internal veterinary fixation device: results of in vitro mechanical testing using a bone substitute. **Veterinary Surgery**, v. 31, n. 6, p. 582-588,2002.

HARASEN, G. Fractures involving the distal extremity of the femur: Part 2 — The mature patient. **Canadian Veterinary Journal**, v. 43,p. 131-132,2002.

HARASEN, G. Pelvic fractures. **Canadian Veterinary Journal**, v.48, n. 4, p.427–428, 2007.

HAUG, R.H.; STREET, C.C.; GOLTZ, M. Does plate adaptation affect stability? A biomechanical comparison of locking and non locking plate. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v.60, n.11, p.1319-1326, 2002.

HENRY, W.B. A method of bone plating for repairing iliac and acetabular fractures. **Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian**,v. 11, p. 924-939, 1985.

HUISKES, R.; VAN RIETBERGEN, B. Biomechanics of bone. In: MOW, V.C.; HUISKES, R. **Basic orthopaedic biomechanics and mechanobiology**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. Cap.4, p.123-180.

HULSE, D. A.; ROOT,C. R. Management of acetabular fractures: Long term evaluation. **Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian**,v. 3, p.189-199, 1980.

HULSE, D.A. Pelvis fractures: Conservative and surgical management. **Veterinary Medicine**,v. 2, p. 267-278, 1990.

JOHNSON, A.L. Tratamento de fraturas específicas. In: FOSSUM, T. W. **Cirurgia de pequenos animais**. 3. ed. Rio de Janeiro:2013. p.1015-1142.

JOHNSON, A.L.; HOULTON, J.E.F.; VANINI, R. **AO principles of fracture management in the dog and cat.**,v.1: 2005 p. 296-303.

JOHNSTON, S.A.; VON PFEIL, D.J.; DÉJARDIN, L.M.; WEH, M.; ROE, S. Internal fracture fixation. In: TOBIAS, K. M.; JOHNSTON,S. **Veterinary surgery: small animal**. St. Louis: Elsevier Saunders, 2012. p. 576-607.

JUCHEM, B. C. **Contraste Iodado em Tomografia Computadorizada: Reações adversas imediatas em pacientes hospitalizados**. 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem)- Escola de Enfermagem da Universidade Federal do Porto Alegre, Porto Alegre, 2005.

JUDET, R.; JUDET, J.; LETOURNEL, E. Fractures of the acetabulum: classification and surgical approaches for open reduction. Preliminary Report. **Journal of bone and joint surgery**,v.46, p.1615-1646,1964.

KEMPER, B. Fixação percutânea externa complementar na osteossíntese de fratura pélvica cominutiva bilateral – relato de caso em um cão. **Clínica Veterinária**,v. 13, n.74, p.40-44, 2008.

KREDER,H.J.; AGEL, J.; MCKEE, M.D.; SCHEMITSCH,E.H.; STEPHEN,D.D.; HANEL,D.P. A randomized, controlled trial of distal radius fractures with metaphyseal displacement but without joint incongruity: closed reduction and casting versus closed

reduction, spanning external fixation, and optional percutaneous K-wires. **Journal of Orthopaedic Trauma**, v. 20, n. 2, p. 115-121, 2006.

KUBIAK, E. N.; FULKERSON, E.; STRAUSS, E. The evolution of locked plates. **Journal of bone and joint surgery**, v. 88, p. 189-200, 2006.

KISHIMOTO, M.; YAMADA, K.; PAE, Sa-HUN; MUROYA, N.; WATARAI , H.; ANZAI, H.; SHIMIZU, J.; IWASAKI, T.; MIYAKE, YOH-ICHI.; WISNER, E. R. Quantitative evaluation of hip joint laxity in 22 border collies using computed tomography. **Journal of Veterinary Medicine Science**, v. 71, p. 247–250, 2009.

LANZ, O.; LEWIS, D.; MADISON, J. A biomechanical comparison of screw and wire fixation with and without polymethyl methacrylate re-enforcement for acetabular osteotomy stabilization in dogs. **Veterinary Surgery**, v. 28, p.161–170, 1999.

LETOUMEL, E. The treatment of acetabular fractures through the ilion inguinal approach. **Clinical Orthopaedics**,v. 292, p. 62-76, 1993

LETOUMEL, E.; JUDET, R. **Fractures of the acetabulum.**2<sup>nd</sup>ed. New York: Springer-Verlag, 1993.

LEVENSTON, M. E. Periosteal bone formation stimulated by externally induced bending strains. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 10, n. 4, p. 671, 1995.

LEWIS, D. D. Femoral head and neck excision and the controversy concern in gadjunctive soft tissue interposition. **Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian**, v. 14, n. 11, p. 1463-1470, 1992.

LEWIS, D.D.; STUBBS, W.P.; NEUWIRTH, L. Results of screw/ wire/polymethylmethacrylate composite fixation for acetabular fracture repair in 14 dogs. **Veterinary Surgery**,v. 26, p.223–234, 1997.

LEWIS, D.D.; VANEE, R.T.; OAKES, M.G. Use of reconstruction plates for stabilization of fractures and osteotomies involving the supracondylar region of the femur. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v. 29, p. 171–178, 1993.

LIDBETTER, D.A.; GLYDE, M.R. Supracondylar femoral fractures in adult animals. **Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian**, v. 22, p. 1041–1055, 2000.

LIEBICH, H.G.; KONIG, H. E. Membros posteriores ou pélvicos. In: KONIG, H. E.; LIEBICH, H.G. **Anatomia dos animais domésticos: texto e atlas colorido**. Porto Alegre: Artmed, 2002. p.203-263.

LIRANI, A. P. R. **Estudo comparativo dos efeitos do ultra-som e do laser de baixa intensidade**. 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos, 2004.

LISKA, W. D.; DOYLE, N. D.; SCHWARTZ, A. Successful revision of a femoral head ostectomy (complicated by post operative sciatic neurapraxia to a total hip replacement in a cat. **Veterinary Comparative Orthopaedics Traumatology**, v. 23, p.119-123, 2010.

LITTLE FM, HILL CM, KAGEYAMA T et al. Bending properties of stainless steel dynamic compression plates and limited contact dynamic compression plates.

**Veterinary Comparative Orthopaedics Traumatology**, v. 14, p. 64–68, 2001.

MANLEY, P.A. Articulação coxofemoral. In: SLATTER, D. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. 2.ed. São Paulo: Manole, 1998. p.2113-2133.

MARKEL, M.D.; SIELMAN, E.; RAPOFF, A. J.; KOHLES, S. S. Mechanical properties of long bones in dogs. **American Journal of Veterinary Research**, v.55, n.8, p.1178-1183, 1994.

MATTA, J.M.; MEHNE, D.K.; ROFFI, R. Fractures of the acetabulum. Early results of a prospective study. **Clinical Orthopaedics**, v.205, p. 241-250, 1986.

MATTA, J.M. Fractures of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury. **Journal of Bone Joint Surgery**, v. 78, p.1632-1645, 1996.

MATTA, J.M.; MERRITT, P.O. Displaced acetabular fracture. **Clinical Orthopaedics**, v. 230, p. 83-97, 1988.

MAYO, K.A. Open reduction and internal fixation of fractures of the acetabulum. Results in 163 fractures. **Clinical Orthopaedics and Related Research**,v. 305, p. 31-37, 1994.

MATIS, U.; KÖSTLIN, R. G.; BRUNNBERG, L. Fehler bei der Frakturbe handlung beim Kleintier und derem Folgen. **Berlinerund Münchener Tierärztliche Wochenschrift**,v. 98, p. 173–180, 2007.

McCARTNEY, W.T.; GARVAN, C.B. Repair of acetabular fractures in 20 dogs using a dorsal muscle separation approach. **The Veterinary Record**, v.160, p.842-844, 2007.

MCMASTER, J.; POWELL, J. Acetabular fractures. **Current Orthopaedics**,v.19, n.2, p. 140–154, 2005.

MELO FILHO, E.V.; COSTA, L. A. V. S.; FREITAS, P. M. C.; OLIVEIRA, D.C.; TEIXEIRA, M. W.; COSTA, F. S. Utilização da tomografia computadorizada quantitativa como teste de resistência para avaliação de placas ósseas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.3, p.766- 768, 2012.

MEHIN, R.; JONES, B.; ZHU, Q.; BROEKHUYSE, H.A biomechanical study of conventional acetabular internal fracture fixation versus locking plate fixation. **Canadian Journal Surgery**, v.52, n.3, p.221-228, 2009.

MESSMER, M.; MONTAVON, P. M. Pelvic fractures in the dog and cat: a classification system and review of 556 cases. **Veterinary Comparative Orthopaedics Traumatology**, v. 17, p. 167-181.2004.

MONTGOMERY, R.D.; MILTON, J.L.; HORNE, R.D.; COBLE, R. H.; WILLIAMS, J. C. A retrospective comparison of three techniques for femoral head and neck excision in dogs. **Veterinary Surgery**, v. 16,n. 6, p. 423-426, 1987.

MOORES, A. L.; MOORES, A. P.; BRODBELT, D. C.; OWEN, M. R.; DRAPER, E. R. Regional load bearing of the canine acetabulum. **Journal of Biomechanics**, v. 40, p. 3732-3737, 2007.

MILLER, D.L.; GOSWAMI, T. A review of locking compression plate biomechanics and their advantages as internal fixators in fracture healing. **Clinical Biomechanics**, v.22, n.10, p.1049-1062, 2007.

MITCHELL, N.; SHEPARD, N. Healing of articular cartilage in intra-articular fractures in rabbits. **Journal Bone Joint Surgery**,v.62, p. 628-634, 1980.

MURRAY, K. A.; CRIM, J.R. Radiographic imaging for treatment and follow-up of developmental dysplasia of the hip. **Seminars in Ultrasound, CT, and MRI**, v.22, p. 306-340, 2001.

NORDIN, M.; FRANKEL, V. H. **Biomecânica básica do sistema musculo esquelético**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. p. 1-85.

OLIVEIRA JUNIOR, H. F. Anatomia radiológica normal da pelve na espécie canina. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária de São Paulo**, v. 8, n. 1, p. 317-335, 1969.

OLMSTEAD, M.L.; HOHN, R.B.; TURNER, T.M.A five-year study of 221 total hip replacements in the dog. **Journal America Veterinary Medical Association**, v.183,p. 191-194,1983.

OLMSTEAD, M. L.; MATIS, U. Fractures of the pelvis. In: BRINKER, W. O.; OLMSTEAD, M. L.; SUMNER-SMITH, G.; PRIEUR, W. D. **Manual of internal fixation in small animal**. Berlim: Springer, 1998. p.148-154.

OLSON, S. A.; CONNOLLY, E.A.; SMITH, S. Development of an animal model of acetabular fractures. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v.423, p. 64–73, 2004.

OST, P. C.; KADERLY, R. E. Use of reconstruction plates for the repair of segmental ilia1 fractures involving acetabular comminution in four dogs. **Veterinary Surgery**,v. 15, p. 259-264, 1986.

ÖZKAYA, N.; LEGER, D. Introdução à biomecânica: terminologia básica e conceitos. In: NORDIN, M.; FRANKEL, V. H. **Biomecânica básica do sistema musculo esquelético**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. p. 1-85.

PAES, F. **Comparação biomecânica entre CRIF e placa de reconstrução utilizadas para estabilização de fraturas distais de fêmur de cães**. 2016. 95 f. Dissertação (Mestrado em ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

PAES, F.; FERRIGNO, C.R.A.; MARINHO, P.V.T.; DAL-BÓ, I.S.; SANTOS, J.F.; KOMORIZONO, D.T.; GALEAZZI, V.S.; BREGADIOLI, T. Uso do Clamp and Rod Internal Fixation pedicular na estabilização da coluna lombossacra em felino: relato de caso. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v. 68, p. 1557-1562, 2016.

PENHA, V. T. B. B. **Efeitos do congelamento e descongelamento sucessivos nas propriedades dos ossos corticais.** 2004. 127 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

PIERMATTEI, D. L.; FLO, G. L.; DECAMP,C. E. **Ortopedia e tratamento de fraturas de pequenos animais.** 4. ed. São Paulo: Manole, 2009. p. 622–631.

PIRAS, A. **Stress fractures in racing dogs: why they occur, how to treat and prevent them.** Disponível em: <http://www.ivis.org/proceedings/navc/2007/SAE/474.asp?LA=1>. Acesso em: 6 out. 2014.

PLANTE, J.; DUPUIS, J.; BEAUREGARD, G. Long-term results of conservative treatment, excision arthroplasty and triple pelvic osteotomy for the treatment of hip dysplasia in the immature dog. **Veterinary Comparative Orthopaedics Traumatology**, v. 54, p. 130-135, 1997.

PORTER, S.E; SCHROEDER, A.C.; DZUGAN, S.S; GRAVES, M.L; ZHANG, L.; RUSSELL,G.V. Acetabular fracture patterns and their associated injuries. **Journal of Orthopaedic Trauma**,v. 22, p. 165-170, 2008.

PRIEUR, W. D. Coxarthrosis in the dog. Part 1: Normal and abnormal biomechanics of the hip joint. **Veterinary Surgery**,v. 9, p. 145-149. 1980.

RADASCH, R.M. Biomechanics of bone and fractures. **Veterinary Clinics of North American Small Animal Practice**, v.29, n.5, p.1045-1082, 1999.

RENEGAR, W.R.; GRIFFITHS, R.C. The use of methylmethacrylate bone cement in the repair of acetabular fractures. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v. 13, p. 582-588, 1977.

RITCHIE, R.O.; KINNEY, J.H.; KRUZIC, J.J.; NALLA, R.K. Cortical bone fracture. **Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering**, v.1 p. 1-18, 2006.

ROBERTSON, C.; CELESTRE, P.; MAHAR, A.; SCHWARTZ, A. Reconstruction plates for stabilization of mid-shaft clavicle fractures: Differences between nonlocked and locked plates in two different positions. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, v.18, p.204-209, 2009.

ROBINS, G.M.; DINGWALL, J.S.; SUMNER-SMITH, G: The plating of pelvic fractures in the dog. **Veterinary Record**, v. 93, p. 550–554, 1973.

SANTOS, R.R.; RAHAL, S.C.; NETO, C.M.; RIBEIRO, C.R.; SOUSA, E.A.C.; FOSCHINI, C.R.; AGOSTINHO, F.S.; MESQUITA, L.R. Biomechanical analysis of locking reconstruction plate using mono or bicortical screws. **Materials Research**, v.19, p. 588-593, 2016.

ROEHSIG, C.; ROCHA, L. B.; BARAUNA JR, D.; CHIORATTO, R.; MELO E SILVA, S. R. A.; KEMPER, B.; ARAÚJO, F. P.; ALMEIDA, A. C. M.; TUDURI, E. A. Fixação de fraturas ilíacas em cães com parafusos, fios de aço e cimento ósseo de polimetilmetacrilato. **Ciência Rural**, v.38, n.6, p.1675-1681, 2008.

ROMMENS, P. M. Is there a role for percutaneous pelvic and acetabular reconstruction. **Injury**, v.38, n. 4, p. 463–477, 2007.

ROUSH, J.K.; MANLEY, P.A. Mini plate failure after repair of ilial and acetabular fractures in nine small dogs and one cat. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v. 28, p.112–118, 1992.

SADAN, M.A.; AMORT, K.; KRAMER, M. Imaging of acetabular fractures in 14 dogs: a comparison of plain radiography and CT scan. **Indian Journal Veterinary Surgery**, v.36, n.1, p. 37-40, 2015.

SCHWARZ,P. D. Biomecânica das fraturas do esqueleto apendicular: causas e avaliação. In: BOJRAB, M. J. **Mecanismos da moléstia da cirurgia nos pequenos animais**. 2. ed. São Paulo: Manole, 1996.p. 1161-1181.

SCHMAEDECKE, A. **Avaliação biomecânica de diferentes bloqueios transcorticais de *interlocking nail* em relação as forças de torção, encurvamento e axiais atuantes em fraturas diafisárias de fêmur de cães – estudo *in vitro*.** 2007. 144f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) –Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SCHULZ, K.S; DEJARDIN,L.M. Surgical treatment of canine hip dysplasia. In: SLATTER, D.H. (Ed.). **Textbook of small animal surgery**. 3<sup>rd</sup>ed. Philadelphia: Saunders Company, 2007.p. 2029- 2059.

SCHÜTZ, M.; SÜDKAMP, N.P. Revolution in plate osteosynthesis: new internal fixator systems. **Journal of Orthopaedic Science**, v. 8, p. 252-258, 2003.

SCHWANDT,C.S. **User manual for the 4.5/5.5 mm VetFix: Developement of a new veterinary internal fixation system, from the prototype to the final version.** 2001. f. Thesis - University of Bern, Switzerland, 2001.

SCOLARO, J.A.; AHN, J. Locked plating in practice: indications and current concepts. **University of Pennsylvania Orthopaedic Journal**, v.21, p.18-22, 2011.

STOFFEL, K.; DIETER, U.; STACHOWIAK, G.; GACHTER, A.; KUSTER, M.S. Biomechanical testing of the LCP – how can stability in locked internal fixators be controlled? **Injury**, v.34, suppl.2, p.B11-B19, 2003.

SOUZA, R.A. Propriedades mecânicas do tecido ósseo e risco de fraturas. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS- GRADUAÇÃO, 5., 2009, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2009. 3p.

STUBBS, W.P.; LEWIS, D.D.; GARY, J. M.; QUARTERMAN, C.; HOSGOOD, G. A biomechanical evaluation and assessment of the accuracy of reduction of two methods of acetabular osteotomy fixation in dogs. **Veterinary Surgery**, v. 27, p. 429–437, 1998.

SYNTHERS. Clamp and rod internal fixation (CRIF) system - **Surgical technique**. p. 01-21, 2013.

SZYPRYT, P.; FORWARD, D. The use and abuse of locking plates. **Journal of Orthopaedic Trauma**, v.23, n.4, p.281-290, 2009.

TADROS, A.M.; O'BRIEN, P.; GUY, P. Fixation of marginal posterior acetabular wall fractures using locking reconstruction plates and monocortical screws. **Journal of Trauma**, v.68. n.2, p.478-480, 2010.

TOMLINSON, J. L. Fraturas pélvicas. In: SLATTER, D. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2007.p. 1989-2001.

ZAHN, K.; FREI, R.; WUNDERLE, D.; LINKE, B.; SCHWIEGER, K.; GUERGUIEV, B.; POHLER, O.; MATIS,U. Mechanical properties of 18 different AO bone plates and the clamp-rod internal fixation system tested on a lacuna model construct. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 21, n. 3, p. 185–194, 2008.

ZAHN, K.; MATIS,U. Biomechanical comparison of the VetFix system and commonly used AO bone plates. 1stWorld Orthopedic Veterinary Congress, Munich **Anais...** Munich:ESVOT-VOS, 2002.

WAGNER, M. General principles for the clinical use of the LCP. **Injury**, n.34, p.S-B31-42, 2003.

WALKER, T.L.; PRIEUR, W.D. Intertrochanteric femoral osteotomy. **Seminars in veterinary medicine and surgery(SmallAnim)**,v. 2, p. 117-130, 1987.

WHEATON, L. G.; HOHN, R. B.; HARRISON, J. W. Surgical treatment of acetabular fractures in the dog. **Journal of the American Veterinary Medical Association**,v. 162, p. 385-392, 1973.

WHITTICK, W. G. The pelvis and pelvic limb. In: **Canine orthopaedics**. 2<sup>nd</sup>ed. London: Lea & Febiger, 1990. p. 395-399.

YANG, R.S.; YANG, H.T.; HANG, Y.S.; LIU, T.K. Traumatic dislocation of the hip. **Clinical Orthopaedics & Related Research**, v. 265, p. 218-227, 1991.

WANG, H.; WANG, F.; NEWMAN, S.; LIN, Y.; CHEN, X.; XU, L.; WANG, Q. Application of an innovative computerized virtual planning system in acetabular fractures surgery. A feasibility study. **Injury**, v. 47, p. 1698-1701, 2016.

WU, J.J.; SHYR, H.S.; CHAO, E.Y. Comparison of osteotomy healing under external fixation devices with different stiffness characteristics. **Journal of bone and joint surgery**, v.66, p.1258-1264, 1984.

ZAHN, K.; MATIS, U. The clamp rod internal fixator – application and results in 120 small animal fracture patients. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 17, n. 3, p. 110–120, 2004.

ZHANG, Y.; TANG, Y.; WANG, P.; ZHAO, X.; XU, S.; ZHANG, C. Biomechanical comparison of different stabilization constructs for unstable posterior wall fractures of acetabulum. A cadaveric study. **Plos One**, v.8, n.12, p.1-8, 2013.

ZENG, C.; XING, W.; WU, Z.; HUANG, H.; HUANG, W. A combination of three-dimensional printing and computer-assisted virtual surgical procedure for preoperative planning of acetabular fracture reduction. **Injury**, v. 47, p. 2223-2227, 2016.