

## Placas bloqueadas em pequenos animais: indicações e limitações

Locked Plate in small animals: indications and limitations

**José Arthur de Abreu Camassa** - Doutorando, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) camassa.vet@gmail.com

**Leonardo Augusto Lopes Muzzi** - Prof. Dr. Universidade Federal de Lavras (UFLA)

**Fernando Yoiti Kitamura Kawamoto** - Mestrando Universidade Federal de Lavras (UFLA)

**Ruthnéa Aparecida Lázaro Muzzi** - Profa. Dra. Universidade Federal de Lavras (UFLA)

**Camila Cardoso Diogo** - Doutoranda - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)

Camassa JAA, Muzzi LAL, Kawamoto FYK, Muzzi RAL, Diogo CC. Medvop - Revista Científica de Medicina Veterinária - Pequenos Animais e Animais de Estimação; 2015; 13(43); 116-122.

### Resumo

Os implantes metálicos, com o passar do tempo e aumento do conhecimento de uso, tornam-se mais difundidos para aplicação nas fraturas. Mesmo havendo um grande número de métodos de osteossíntese, as placas bloqueadas foram desenvolvidas com o propósito de sanar as contraindicações ou falhas das placas convencionais. O implante bloqueado, ou implante de ângulo fixo apresenta um rosqueamento entre a cabeça do parafuso e o orifício da placa, o que evita a desestabilização do sistema e dispensa a compressão da placa sobre o osso, melhorando a irrigação no foco da fratura. Embora seja um método de fixação inovador, o sistema apresenta indicações e contraindicações como qualquer outro, sendo o seu conhecimento um ponto fundamental para sua utilização, levando ao desenvolvimento de trabalhos científicos com a temática. O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão de literatura quanto aos princípios de uso, biomecânica, aplicações e complicações do sistema de placas bloqueadas.

**Palavras-chave:** Placa bloqueada, Fratura, Fixação óssea, Ortopedia veterinária.

### Abstract

The metallic implants, as time went on and increased knowledge of use, become distributed more widely in application to fractures. Even with a large number of fixation methods, locked plates were developed with the aim of improving the contraindications or failures of conventional plates. The locked implant or implant fixed angle has been a threading between the screw head and plate hole, which prevents relaxation system and dispensing of the compression the plate on the bone, improving irrigation in the fracture. However, the rigidity of the system can lead to non-union bone. Although a contemporary setting method, the method has been indications and contraindications as any other, and its knowledge fundamental for their use, leading to the development of scientific work with the theme. The aim of literature review locked plates, is to provide knowledge about the principles of use and biomechanical system, applications and complications.

**Keywords:** Locked plate, Fracture, Bone fixation, Veterinary Orthopedics

## Introdução

As fraturas ósseas apresentam diversos fatores causadores, destacando-se os acidentes com veículos motorizados (1). Buscando melhorias nos resultados funcionais dos fixadores externos, coaptação de fraturas e imobilização durante um período longo, o grupo Osteosynthesefragen fur Arbeitsgemeinschaft (AO), a partir do final de 1950, desenvolveu recomendações para o tratamento de fraturas por redução aberta e fixação interna (2).

Na década de 1960, as placas convencionais obtiveram bons resultados na estabilização de muitos tipos de fraturas e osteotomias, embora apresentassem limitações (3), como, lesão de tecidos moles, alteração do fornecimento sanguíneo e perturbação do hematoma local (4). Embora as placas convencionais apresentassem confiabilidade e versatilidade em diferentes aplicações, as placas bloqueadas foram desenvolvidas com intuito de minimizar essas limitações (5).

Este trabalho tem o objetivo de realizar uma revisão de literatura sobre placas bloqueadas destacando os princípios de uso, biomecânica, aplicações e complicações.

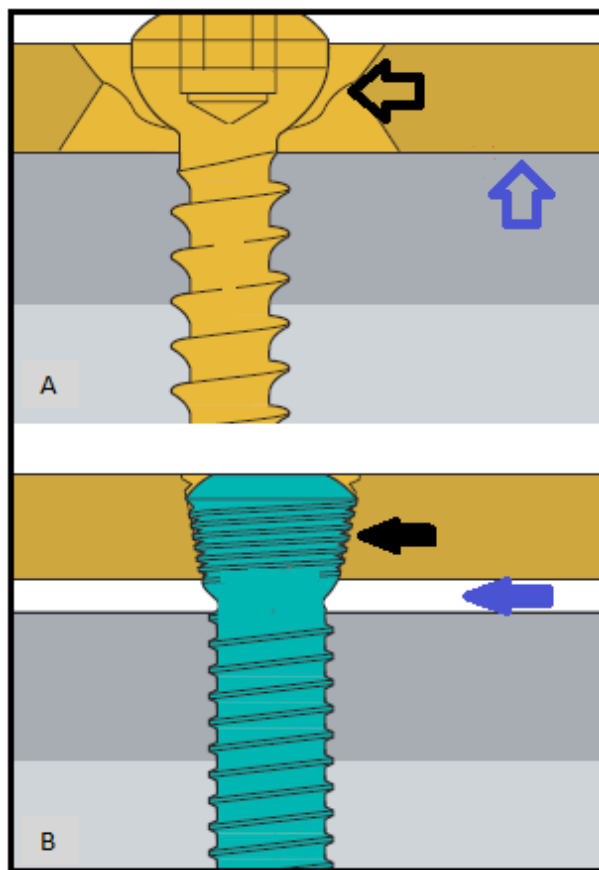
### - Princípios

Segundo os princípios orientados pela AO, a utilização de placas convencionais (Figura 1A) em cirurgias ortopédicas associadas à manipulação dos tecidos para redução anatômica, sistema de fixação rígido, ruptura dos tecidos moles e comprometimento do ambiente biológico em torno da fratura (5) são fatores que podem resultar em infecção, união atrasada, não união e falha do implante (6).

Buscando preservar os fatores biológicos durante a redução anatômica (6), foi desenvolvido o conceito de osteossíntese biológica, que enfatiza o alinhamento funcional, a estabilidade relativa da fratura e a promoção de um ambiente biológico ideal, estimulando a reparação da fratura e o equilíbrio entre a biologia e os fatores mecânicos do implante (7,8). Na qual a estrutura placa, parafuso e osso devem resistir às cargas fisiológicas para permitir uma movimentação precoce e consolidação da fratura antes que ocorra falha do implante (3).

Os implantes bloqueados, também chamados de implantes de ângulos fixos por manter a conformação angular inalterável entre placa e parafuso (9),

realizam o bloqueio do sistema entre a rosca da cabeça do parafuso e a rosca do orifício da placa (Figura 1b), o que torna o sistema rígido e estável (2). Embora novos sistemas realizem o bloqueio com o corpo do parafuso e a rosca do furo da placa (10). Os parafusos na placa bloqueada funcionam como pinos em um fixador externo, eliminando a necessidade de contorno anatômico perfeito (11), minimizando a perda de redução e aumentando a estabilidade na fratura (12).



**Figura 1** - (A) Placa de compressão convencional, ausência de bloqueio entre cabeça do parafuso e orifício da placa (seta vazada preta), contato entre a placa e periósteo (seta vazada azul). (B) Placa bloqueada, bloqueio entre a rosca da cabeça do parafuso e o orifício da placa (seta preta), ausência de contato entre placa e periósteo (seta azul)  
Fonte: adaptado de Koch (2005) (2)

Devido à ausência de contato entre placa e osso (Figura 1B), o implante bloqueado pode ser utilizado em fraturas com osteomielite, pois dificulta a formação do biofilme (13), limita danos ao periósteo e preserva

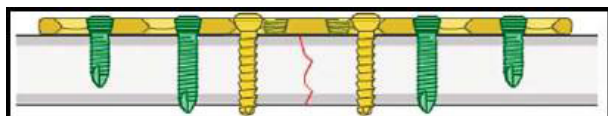
o suprimento de sangue extra ósseo (3,13,14), com a aplicação minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) leva a uma menor alteração da vasculatura periosteal, quando comparada ao modo aberto (15).

Há dois princípios para utilização da placa bloqueada: em ponte e combinação (16). O princípio em ponte é geralmente representado pela MIPO (Figura 2), é viável e seguro para diferentes tipos de fraturas



**Figura 2** - Placa bloqueada aplicada de forma minimamente invasiva para fixação de fratura em diáfise tibial de um cão  
Fonte: Hospital Veterinário da UFLA

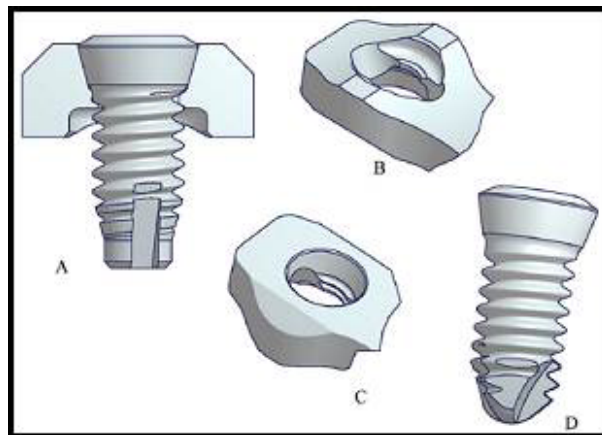
em cães e gatos, apresentando uma resolução rápida e com poucas complicações relatadas (8). O princípio da combinação é o conjunto entre biomecânica de compressão e ponte, em placas com orifícios bloqueados e convencionais (Figura 3). É indicada para padrões simples de fraturas como intra-articulares e cominutivas diafisárias e metafisárias (16).



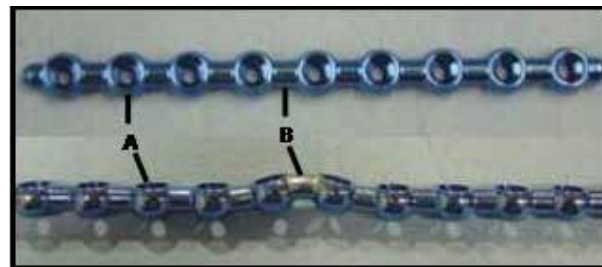
**Figura 3** - Placa bloqueada combinada, parafusos convencionais (amarelo) e parafusos bloqueados (verde)  
Fonte: Wagner (2003) (12)

Na atualidade novos sistemas bloqueados como o sistema de placa bloqueada avançada (ALPS) desenvolvida para uso exclusivamente veterinário, apresentam a cabeça do parafuso cônica e lisa, furo na placa com roscas parciais no qual é realizado o

bloqueio com a rosca do corpo (Figura 4), podendo ainda ser utilizados parafusos convencionais em diferentes tratamentos cirúrgicos (10). Outra placa versátil é a string of pearls (SOP) (Figura 5) que apresenta



**Figura 4** - (A) parafuso inserido à placa, visão da cabeça cônica do parafuso e o bloqueamento parcial entre a placa e o corpo do parafuso. (B) visão perspectiva da superfície inferior da placa (C) visão perspectiva superior da placa (D) parafuso com desenho aprimorado para reduzir o torque durante a inserção.  
Fonte: Guerrero et al (2014) (10)



**Figura 5** - Placa SOP, (A) pérolas, local de inserção dos parafusos, (B) entrenós, podendo ser retorcido para modelagem da placa.  
Fonte: adaptado de Rutherford, Ness (2012) (20)

facilidade de aplicação e resultados positivos em fraturas de escápula (17), assim como em fixação de osteotomias (18) e fraturas de fêmur após substituição total do quadril. Porém, sua utilização ainda não é ampla, com pouca investigação veterinária (19).

As principais indicações para estabilização com placa bloqueada são: fraturas com alto grau de cominuição; ossos osteopênicos, no qual há necessidade de manter a integridade do espaço interfragmentar (2,12,21); fratura bicondilar cominutiva; fraturas que não exigem alto grau de redução ou qualquer fratura instável, no qual apenas uma placa não suportaria a estabilidade; fraturas que não tiveram união óssea em estabilização anterior; fratura periarticular com

curto segmento ósseo (16); fraturas de difícil estabilização e resolução, como proximal e distal de úmero e distal de rádio (3); fraturas simples, onde a rigidez leva à reparação primária (22). Contudo, Smith et. al. sugerem que grande parte das fraturas tem boa resolução com outros métodos de menor custo (16).

As placas bloqueadas podem ser utilizadas como reforço a outros implantes para reduzir o risco de falhas, como em fraturas intertrocânticas de fêmur estabilizadas com haste intramedular (23), em cirúrgicas de TPLO (24) e em fraturas periprotéticas (6).

Trata-se de uma tecnologia recente, sendo importante o conhecimento sobre o material e suas possíveis contra-indicações (6).

### - Biomecânica

A mecânica básica dos implantes é constituída por força, deformação, estresse e tensão (7), na qual alterações como distância entre a placa e o osso, número de parafusos por segmento e ausência de parafusos próximos a fratura influenciam a estabilidade do conjunto (25).

Durante a análise de deformação elástica, as placas bloqueadas demonstraram maior resistência que as convencionais (26), isto é, a flexibilidade do sistema auxilia na movimentação interfragmentar na fase inicial de reparação óssea (27), compondo um sistema mais rígido que o convencional (27,28,29,30) devido ao bloqueio realizado entre a rosca da placa com a do parafuso (31).

A alta rigidez do sistema pode ocasionar a não união óssea (3), buscando melhorar a micromovimentação interfragmentar alguns métodos foram desenvolvidos; como o parafuso bloqueado dinâmico (32); o uso de sistema com parafuso de corpo liso, extremidade distal e cabeça com rosca (27,33); e o aumento da distância entre a placa e o osso (25).

A resistência é o estresse necessário para a falha (34), ou seja, é o limite de tensão que um material ou estrutura pode suportar sem deformação e ruptura (35), existindo variação de resistência e rigidez entre os diferentes tipos de materiais das placas (36).

O comprimento de trabalho é caracterizado pela distância entre os primeiros parafusos bloqueados a partir de cada lado da fratura (36). Entretanto, Chao et. al consideram que o comprimento de trabalho é o espaço interfragmentar ósseo (7). O comprimento de trabalho mostrou maior influência sobre a resistência axial e a rigidez de torção, exemplificado pela

retirada de um parafuso de cada lado mais próximo da fratura, o que leva a uma duplicação da flexibilidade sobre compressão e torção (25).

A versatilidade dos sistemas bloqueados pode predispor a um aumento de incertezas biomecânicas, criando diferentes ambientes biomecânicos nas fraturas (37,38,39). Utilizando uma placa híbrida, com dois orifícios convencionais e um orifício bloqueado por segmento, houve uma melhora na resistência sobre as forças de flexão e torção, em diáfise osteopênica (40). Durante a utilização de placas bloqueadas na forma biplanar, obteve-se maior resistência à força de torção em relação à placa uniplanar, em diáfise femoral sadia ou osteopênica (41).

A biomecânica das placas bloqueadas e dos parafusos é mais semelhante à de fixadores externos ou pino intramedular, quando utilizados em ponte (12,42). No entanto, a proximidade da placa com o osso, quando comparada à barra de ligação do fixador externo, proporciona maior vantagem mecânica à construção bloqueada, sendo referida como fixadores internos (5).

### - Aplicações

O tamanho do implante é escolhido seguindo os padrões das placas convencionais, havendo diferenças devido à utilização dos parafusos bloqueados (42). Gautier e Sommer indicam que o tamanho do implante deve ser o resultado da divisão do número de orifícios preenchidos por parafusos pelo número total de orifícios na placa, resultando entre 0,4 e 0,5 (43). O aumento da extensão da placa bloqueada resulta em discreta melhora na formação do calo (44).

O mínimo de dois parafusos monocorticais por segmento ósseo deve ser respeitado (2,43), sendo que mais de três parafusos por cada fragmento da fratura não alteram a rigidez do sistema (25).

O diâmetro do parafuso não deve exceder em 40% do diâmetro ósseo (2), sendo divididos entre autorrosqueante bicorticais e autoperfurante monocorticais (2). Os parafusos monocorticais são indicados para ossos saudáveis, e os bicorticais para ossos osteopênicos (43). Porém, Fitzpatrick et al. relataram que a utilização de parafusos monocorticais em placas bloqueadas tiveram desempenho inferior aos implantes não bloqueados e bicorticais (28).

Com a necessidade angular de 90 graus entre placa e parafuso, é utilizado um guia de perfuração rosqueado junto a cada orifício da placa (6,45), evitando a angulação dos parafusos bloqueados junto à placa

(2), embora a placa bloqueada poliaxial não tenha essa obrigatoriedade angular (46).

A sequência de inserção de parafusos a ser fixado inicia-se pelo lado de menor fragmento ósseo e mais distal a fratura. O segundo deve ser inserido no outro fragmento e mais distal a fratura. Já o terceiro parafuso pode ser em qualquer fragmento, sendo mais proximal a fratura. O quarto parafuso inserido mais proximal à fratura no fragmento oposto e o quinto parafuso, entre os outros dois, repetindo o mesmo procedimento com o sexto parafuso no outro fragmento (43). Nas placas de combinação é indicado iniciar com inserção de parafusos convencionais e posteriormente dos bloqueados (6,16).

A MIPO é um método em que a placa é inserida de forma percutânea, funcionando como uma tala interna para fraturas cominutivas (16). As fraturas em fêmur e tíbia devem ser fixadas com dois a três parafusos em cada segmento; úmero e rádio/ulna devem ser fixados com três a quatro parafusos por segmento devido à alta força rotacional; e, em fraturas cominutivas, é indicado inserir três parafusos por segmento, sendo dois o mais próximos possíveis da fratura (25).

Durante a aplicação da placa bloqueada em ponte é necessário pré-dinamizar o sistema, deixando ao menos dois furos da placa vazios próximos à fratura, levando ao aumento do comprimento de trabalho e diminuição da tensão interna da placa (3).

As placas bloqueadas permitem uma aplicação tanto lateral quanto medial, sem necessidade de duplo plaqueamento ou enxerto ósseo primário (12). Porém, Zimmerman et al. (47) relataram a utilização de duas placas bloqueadas para estabilizar uma fratura em fêmur de um urso polar, sendo dispostas cranial e lateralmente.

Em fraturas de ossos osteopênicos pode-se retorcer a placa, deixando os orifícios em diferentes ângulos, o que dificulta o arrancamento da placa (43), podendo ser utilizado o princípio de combinação, o que auxilia a estabilização da força de flexão, embora ocorra perturbação da irrigação periosteal devido ao uso dos parafusos convencionais. Apesar disso, os benefícios superaram as alterações de irrigação (33). Com a presença de ângulos fixos no implante bloqueado (9) ocorre inibição da força de flexão, distribuindo por igual a força entre os parafusos (5) e levando a uma menor probabilidade dos parafusos sofrerem afrouxamento (3).

A aplicação do sistema bloqueado na triple pelvic osteotomy (TPO) em comparação ao não bloqueado apresentou melhora considerável em relação à carga e ao tempo testado. Case et al (48) e

Rose et al (49,50) evidenciaram que a utilização de placas de sete furos, sendo três a cinco furos preenchidos com parafusos bloqueados, mostrou menor número de complicações pós-cirúrgicas em relação às placas convencionais de seis furos.

Durante a reabilitação, o apoio sobre o membro com implante deve ser gradual, até que ocorra visualização radiográfica de sinais de união óssea (6).

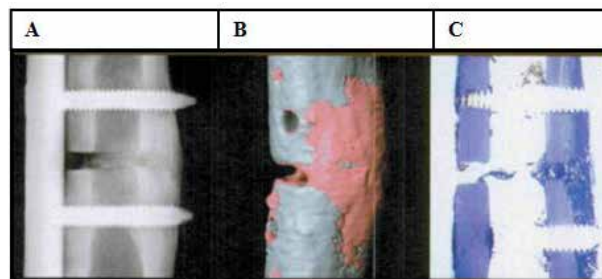
## - Complicações

A maioria das complicações e falhas pode ser evitada com planejamento cirúrgico adequado, aplicação correta dos princípios, conhecimento das indicações e limitação dos implantes (6).

O tipo de fratura, os espaços entre os fragmentos ósseos e a posição dos parafusos fixados à placa interferem diretamente no tempo de fadiga do implante (51). Embora seja importante ressaltar que alguns erros ocorrem devido à falta de conhecimento dos princípios e indicações do sistema (6), como na MIPO que visa uma menor lesão de tecidos moles (16), há casos de irritação ou lesão de tecidos moles por erro de técnicas (6).

Os princípios de aplicação das placas bloqueadas são similares aos dos fixadores externos, quanto maior o número de pinos ligados à barra de conexão e quanto mais próxima à barra do osso, maior a rigidez do sistema, podendo não ocorrer coaptação óssea (3). Assim em fraturas simples diáfisárias ou intra-articulares, na qual existe necessidade de compressão interfragmentar, a utilização da placa bloqueada predispõe a não união óssea (16), ou ao fechamento assimétrico da fratura (52).

A formação de calo assimétrico (Figura 6) é causada por menor contato interfragmentar entre as corticais mais próximas à placa (44,52), devido à rigidez do sistema, sendo a dinamização dificultada



**Figura 6.** (A) Imagem radiográfica, (B) de tomografia computadorizada e (C) histológica demonstrando a reparação óssea da tíbia de ovelha após nove semanas da intervenção cirúrgica.

Fonte: Bottlang et al. (2010) (27)

por se tratar de um implante interno (3).

Os implantes podem sofrer diferentes falhas devido ao acréscimo do estresse, tensionamento prévio pelo uso de parafuso convencional após a inserção de parafusos bloqueados (6), fadiga por repetição (34), afrouxamento do parafuso no osso devido ao aumento de ciclos de carregamento axial (16) e torque aplicado pela chave no parafuso (42).

Há ainda que se considerar o custo do sistema bloqueado, que é elevado em relação ao convencional, principalmente dos parafusos, dificultando a difusão do implante (53).

## Considerações finais

O sistema bloqueado é uma boa opção entre os diversos implantes de fixação óssea existente. Visto que este agrega aspectos positivos antes ignorados pelas placas convencionais, como menor lesão tecidual e preservação de irrigação periosteal.

A biomecânica do implante bloqueado é um dos principais temas de pesquisa, devido à sua peculiaridade de não se comportar como um implante convencional interno e se aproximar de um fixador esquelético externo, sendo um híbrido de fixador esquelético interno. Sendo assim é fundamental identificar qual será o comportamento do implante e qual a real necessidade da fratura, isto é, definir o implante mais adequado para fratura.

## Referências

- Piermattei DL, Flo GL, Decamp CE. Fraturas: classificação, diagnóstico e tratamento. Ortopedia e tratamento de fraturas de pequenos animais. 4 edição. ed. Barueri: Manole; 2009.p.28-180.
- Koch D. Implants: description and application Screws and plates. In: Johnson AL, Houlton JEF, Vannini R. AO principles of fracture management in the dog and cat. Switzerland: Georg Thieme Verlag; 2005. p.26-51.
- Kubiak EN, Fulkerson E, Strauss E, Egol KA. The evolution of locked plates. J Bone Joint Surg Am 2006; 88(4): 189-200.
- Déjardin LM, GuiotUIOT LP, Pfeil DJFV. Interlocking nails and minimally invasive osteosynthesis. Vet Clin North Am Small Anim Pract 2012; 42(5): 935-962.
- Johnston SA, von Pfeil DJF, Déjardin LM, Weh M, Roe S. Internal fracture fixation. In: Tobias KM, Johnston SA. Veterinary surgery small animal. 1th ed. St. Louis, Missouri; 2012.p.576-607.
- Tan SLE, Balogh ZJ. Indications and limitations of locked plating. Injury 2009; 40(7): 683-691.
- Chao P, Lewis DD, Kowaleski MP, Pozzi A. Biomechanical concepts applicable to minimally invasive fracture repair in small animals. Vet Clin North Am Small Anim Pract 2012; 42(5): 853-872.
- Guiot LP, Déjardin LM. Prospective evaluation of minimally invasive plate osteosynthesis in 36 nonarticular tibial fractures in dogs and cats. Vet Surg 2011; 40(2): 171-182.
- Mariani TC. Ensaio biomecânico de placas bloqueadas: comportamento dos parafusos bloqueados em diferentes angulações submetidos ao teste de arrastamento e influência do preenchimento dos orifícios médios na resistência ao teste de flexão. (Dissertação de Mestrado). São Paulo: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo; 2010.
- Guerrero TG, Kalchofner K, Nicole Scherrer N, Kircher P. The Advanced Locking Plate System (ALPS): A Retrospective Evaluation in 71 Small Animal Patients. Vet Surg 2014; 43(2): 127-135.
- Harasen G. Orthopedic hardware and equipment for the beginner. Part 2: Plates and screws. Can Vet J 2011; 52(12): 1359-1360.
- Wagner M. General principles for the clinical use of the LCP. Injury 2003; 34(2): 31-42.
- Ferrigno CRA, Cunha O, Caquias DFI, Ito KC, Nina MID, Mariani TC et al. Resultados clínicos e radiográficos de placas ósseas bloqueadas em 13 casos. Braz J Vet Res Anim Sci 2011; 48(6): 512-518.
- Ahmad M, Nanda R, Bajwa AS, Candal-Couto J, Green S, Hui AC. Biomechanical testing of the locking compression plate: When does the distance between bone and implant significantly reduce construct stability? Injury 2007; 38(3): 358-364.
- Garofolo S, Pozzi A. Effect of plating technique on periosteal vasculature of the radius in dogs: A cadaveric study. Vet Surg 2013; 42(3): 255-261.
- Smith WR, Ziran BH, Anglen JO, Stahel PF. Locking Plates: Tips and Tricks. J Bone Joint Surg Am 2007; 89(10): 2298-2307.
- Fitzpatrick N, Yeadon R, Smith TJ, Johnson J, Baltzer WI, Amils R et al. Shoulder Arthrodesis in 14 Dogs. Vet Surg 2012; 41(6): 745-754.
- Kim SE, Lewis DD. Corrective osteotomy for procurvatum deformity caused by distal
- Fitzpatrick N, Nikolaou C, Yeadon R, Hamilton M. String-of-pearls locking plate and cerclage wire stabilization of periprosthetic femoral fractures after total hip replacement in six dogs. Vet Surg 2012; 41(1): 180-188.
- Rutherford S, Ness MG. Effect of contouring on bending structural stiffness and bending strength of the 3.5 titanium SOP implant. Vet Surg 2012; 41(8): 983-987.
- Uhl JM, Seguin B, Kapatkin AS, Schulz KS, Garcia TC, Stover SM. Mechanical comparison of 3.5mm broad dynamic compression plate, broad limited-contact dynamic compression plate, and narrow locking compression plate systems using interfragmentary gap models. Vet Surg 2008; 37(7): 663-673.
- Oh JK, Sahu D, Ahn YH, Lee SJ, Tsutsumi S, Hwang JH et al. Effect of fracture gap on stability of compression plate fixation: A finite element study. J Orthop Res 2010; 28(4): 462-467.
- Eberle S, Gabel J, Hungerer S, Hoffmann S, Pätzold R, Augat P et al. Auxiliary locking plate improves fracture stability and healing in intertrochanteric fractures fixed by intramedullary nail. Clin Biomech 2012; 27(10): 1006-1010.
- Leitner M, Pearce SG, Windolf M, Schwieger K, Zeiter S, Schawalder P et al. Comparison of locking and conventional screws for maintenance of tibial plateau positioning and biomechanical stability after locking Tibial plateau leveling osteotomy plate fixation. Vet Surg 2008; 37(4): 357-365.
- Stoffel K, Dieter U, Stachowiak G, Gächter A, Kuster MS. Biomechanical testing of the LCP – how can stability in locked internal fixators be controlled?. Injury 2003; 34(2): 11-19.
- Sod GA, Riggs LM, Mitchell CF, Martin GS, Gill MS. An in vitro biomechanical comparison of a 5.5mm locking compression plate fixation with a 4.5mm locking compression plate fixation of osteotomized equine third metacarpal bones. Vet Surg 2010; 39(5): 581-587.
- Bottlang M, Doornink J, Lujan TJ, Fitzpatrick DC, Marsh JL, Augat P et al. Effects of construct stiffness on healing of fractures stabilized with locking plates. J Bone Joint Surg Am 2010; 92(2): 12-22.
- Fitzpatrick DC, Doornink J, Madey SM, Bottlang M. Relative stability of conventional and locked plating fixation in a model of the osteoporotic femoral diaphysis. Clin Biomech 2009; 24(2): 203-209.
- Snow M, Thompson G, Turner PGA. Mechanical comparison of the locking compression plate (LCP) and the low contact-dynamic com-

- pression plate (DCP) in an osteoporotic bone model. *J Orthop Trauma* 2008; 22(2): 121-125
30. Seo JP, Yamaga T, Tsuzuki N, Yamada K, Haneda S, Furuoka H et al. In vitro biomechanical comparison of a 5-hole 4.5mm locking compression plate and 5-hole 4.5mm dynamic compression plate for equine proximal interphalangeal joint arthrodesis. *Vet Surg* 2014; 43(5): 606-611.
  31. Sod GA, Mitchell CF, Hubert JD, Martin GS, Gill MS. In vitro biomechanical comparison of locking compression plate fixation and limited-contact dynamic compression plate fixation of osteotomized equine third metacarpal bones. *Vet Surg* 2008; 37(3): 283-288.
  32. Döbele S, Horn C, Eichhorn S, Buchholtz A, Lenich A, Burgkart R et al. The dynamic locking screw (DLS) can increase interfragmentary motion on the near cortex of locked plating constructs by reducing the axial stiffness. *Langenbecks Arch Surg* 2010; 395(4): 421-428.
  33. Bottlang M, Doornink J, Fitzpatrick DC, Madey SM. Far cortical locking can reduce stiffness of locked plating constructs while retaining construct strength. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91(8): 1985-1994.
  34. Taylor D. Fractures Mechanics: How does bone break?. *Nature* 2003; 2(3): 133-134.
  35. Perren SM, Mathys R, Pohler O. Appendix-Implants and materials in fracture fixation. In: Johnson AL, Houlton JEF, Vannini R. AO principles of fracture management in the dog and cat. Switzerland: Georg Thieme Verlag; 2005.p.476-489.
  36. Hoffmeier KL, Hofmann GO, Muckley T. Choosing a proper working length can improve the lifespan of locked plates. A biomechanical study. *Clin Biomech* 2011; 26(4): 405-409.
  37. Strom AM, Garcia TC, Jandrey K, Huber ML, Stover SM. In vitro mechanical comparison of 2.0 and 2.4 limited-contact dynamic compression plates and 2.0 dynamic compression plates of different thicknesses. *Vet Surg* 2010; 39(7): 824-828.
  38. Miller DL, Goswami T. A review of locking compression plate biomechanics and their advantages as internal fixators in fracture healing. *Clinical Biomechanics* 2007; 22(10): 1049-1062.
  39. Griffon DJ. Fracture healing. In: Johnson AL, Houlton JEF, Vannini R. AO principles of fracture management in the dog and cat. Switzerland: Georg Thieme Verlag; 2005.p.72-97.
  40. Doornink J, Fitzpatrick DC, Boldhaus S, Madey SM, Bottlang M. Effects of hybrid plating with locked and nonlocked screws on the strength of locked plating constructs in the osteoporotic diaphysis. *J Trauma* 2010; 69(2): 411-417.
  41. Denard PJ, Doornink J, Phelan D, Madey SM, Fitzpatrick DC, Bottlang M. Biplanar fixation of a locking plate in the diaphysis improves construct strength. *Clin Biomech* 2011; 26(5): 484-490.
  42. Boudreau B, Benamou J, von Pfeil DJ, Guillou RP, Beckett C, Déjardin LM. Effect of screw insertion torque on mechanical properties of four locking systems. *Vet Surg* 2013; 42(5): 535-543.
  43. Gautier E, Sommer C. Guidelines for the clinical application of the LCP. *Injury* 2003; 34(2): 63-76.
  44. Lujan TJ, Henderson CE, Madey SM, Fitzpatrick DC, Marsh JL, Bottlang M. Locked plating of distal femur fractures leads to inconsistent and asymmetric callus formation. *J Orthop Trauma* 2010; 24(3): 156-162.
  45. Benedetti DT, Raiser AG, Amstalden D, Hatschbach E. Placas bloqueadas – características e utilização na ortopedia de cães e gatos. *Clínica Veterinária* 2012; (96): 66-70.
  46. Barnhart MD, Rides CF, Kennedy SC, Aiken SW, Walls CM, Horstman CL et al. Fracture repair using a polyaxial locking plate system (PAX). *Vet Surg* 2012; 42(1): 60-66.
  47. Zimmerman DM, Dew T, Douglass M, Perez E. Femoral fracture repair using a locking plate technique in an adult captive polar bear (*Ursus maritimus*). *Vet Surg* 2010; 39(2): 234-238.
  48. Case JB, Dean C, Wilson DM, Knudsen JM, James SP, Palmer RH. Comparison of the mechanical behaviors of locked and nonlocked plate/screw fixation applied to experimentally induced rotational osteotomies in canine ilia. *Vet Surg* 2012; 41(1): 103-113.
  49. Rose SA, Bruecker KA, Petersen SW, Uddin N. Use of locking plate and screws for triple pelvic osteotomy. *Vet Surg* 2012; 41(1): 114-120.
  50. Rose SA, Peck JN, Tano CA, Uddin N, de Haan JJ. Effect of a locking triple pelvic osteotomy plate on screw loosening in 26 dogs. *Vet Surg* 2012; 41(1): 156-162.
  51. Kanchanomai C, Muanjan P, Phiphobmongkol V. Stiffness and endurance of a locking compression plate fixed on fractured femur. *J Appl Biomech* 2010; 26(1): 10-16.
  52. Bottlang M, Lesser M, Koerber J, Doornink J, von Rechenberg B, Augat P, Fitzpatrick DC, Madey SM, Marsh JL. Far cortical locking can improve healing of fractures stabilized with locking plates. *J Bone Joint Surg Am* 2010; 92(7): 1652-1660.
  53. Harasen G. What's new in orthopedics? Part 1. *Can Vet J* 2004; 45(10): 865-866.

**Recebido para publicação em: 02/02/2015.**

**Enviado para análise em: 10/02/2015.**

**Aceito para publicação em: 17/06/2015**