

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
tese será disponibilizado
somente a partir de 22/08/2027.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

**COMPARAÇÃO BIOMECÂNICA DE TRÊS
CONSTRUÇÕES COM PLACAS BLOQUEADAS PARA
ESTABILIZAÇÃO DE MODELO DE FRATURA FEMORAL
COMINUTIVA EM GATOS**

JENIFFER GABRIELA FIGUEROA CORIS

Botucatu – SP

2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

**COMPARAÇÃO BIOMECÂNICA DE TRÊS
CONSTRUÇÕES COM PLACAS BLOQUEADAS PARA
ESTABILIZAÇÃO DE MODELO DE FRATURA FEMORAL
COMINUTIVA EM GATOS**

JENIFFER GABRIELA FIGUEROA CORIS

Tese apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Animal para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Prof.^a Titular Sheila Canevese Rahal

Coorientador: Dr. Marcelo José Carbonari

C798. Coris, Jeniffer Gabriela Figueroa
. Comparação biomecânica de três construções com placas bloqueadas para estabilização de modelo de fratura femoral cominutiva em gatos / Jeniffer Gabriela Figueroa Coris. -- Botucatu, 2025
57 p. : tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu
Orientadora: Sheila Canevese Rahal
Coorientadora: Marcelo José Carbonari

1. Cirurgia ortopédica. 2. Felino. 3. Ensaio Biomecânicos. 4. Fratura de fêmur. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Os resultados obtidos neste estudo oferecem subsídios relevantes para o avanço da ortopedia veterinária em felinos, especialmente no manejo de fraturas cominutivas do fêmur, que representam uma parcela significativa das fraturas longas nesta espécie. A demonstração de que as construções que associam a placa bloqueada ao pino intramedular, ou utilizam placa dupla em orientação ortogonal, conferem maior estabilidade estrutural em comparação à placa isolada pode contribuir diretamente para a escolha clínica de técnicas cirúrgicas mais seguras e eficazes. Do ponto de vista prático, os achados têm potencial para reduzir complicações pós-operatórias, como falhas de implante e retardo de consolidação, favorecendo a recuperação funcional dos animais e melhorando sua qualidade de vida. Além disso, a adoção de métodos biomecanicamente mais adequados pode impactar positivamente nos custos e no tempo de reabilitação, ampliando as perspectivas de sucesso cirúrgico em diferentes contextos clínicos. Sob a perspectiva científica, este estudo acrescenta evidências relevantes ao comparar construções ortopédicas pouco exploradas em felinos, especialmente a utilização da placa dupla ortogonal. Isso abre caminho para novas investigações experimentais e clínicas que poderão refinar protocolos cirúrgicos e ampliar as opções terapêuticas disponíveis. Em um cenário mais amplo, os resultados dialogam com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS 3 – Saúde e Bem-Estar), ao promover práticas que elevem o bem-estar animal e fortaleçam a medicina veterinária baseada em evidências, com possíveis repercussões também na ortopedia comparada e em modelos translacionais para a medicina humana.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

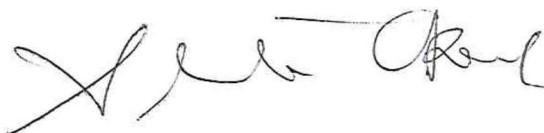
The results obtained in this study provide valuable insights for advancing veterinary orthopedics in felines, particularly in the management of comminuted femoral fractures, which represent a significant proportion of long-bone fractures in this species. The demonstration that constructs combining a locking plate with

an intramedullary pin, or a double plate in an orthogonal configuration, offer greater structural stability compared to a single plate may directly influence the clinical selection of safer and more effective surgical techniques. From a practical standpoint, these findings have the potential to reduce postoperative complications, such as implant failure and delayed union, thereby promoting functional recovery and improving the quality of life for affected animals. Moreover, the use of biomechanically superior methods may reduce rehabilitation time and associated costs, increasing the likelihood of surgical success across various clinical settings. From a scientific perspective, this study provides meaningful evidence by comparing orthopedic constructs that remain relatively underexplored in felines, particularly the use of orthogonal double plating. This opens avenues for further experimental and clinical research aimed at refining surgical protocols and expanding therapeutic options. In a broader context, these results align with the Sustainable Development Goals (SDG 3 – Good Health and Well-Being) by promoting practices that enhance animal welfare and support evidence-based veterinary medicine. Additionally, the findings may have relevance for comparative orthopedics and translational research models in human medicine.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE JENIFFER GABRIELA FIGUEROA CORIS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA ANIMAL, DA FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA - CÂMPUS DE BOTUCATU.

Aos 22 dias do mês de agosto do ano de 2025, às 14h, no(a) Anfiteatro do CEMPAS, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de JENIFFER GABRIELA FIGUEROA CORIS, intitulada **COMPARAÇÃO BIOMECÂNICA DE TRÊS CONSTRUÇÕES COM PLACAS BLOQUEADAS PARA ESTABILIZAÇÃO DE MODELO DE FRATURA FEMORAL COMINUTIVA EM GATOS**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Tit. SHEILA CANEVESE RAHAL (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) DCVRA / FMVZ - UNESP, Profa. Dra. LUCIANE DOS REIS MESQUITA (Participação Presencial) do(a) DCVRA / FMVZ - UNESP, Profa. Tit. MARIA JAQUELINE MAMPRIM DE ARRUDA MONTEIRO (Participação Presencial) do(a) DCVRA / FMVZ - UNESP, Dra FÁTIMA MARIA CAETANO CALDEIRA (Participação Virtual) do(a) DC / FMVZ - USP, Prof. Dr. VICTOR JOSÉ VIEIRA ROSSETTO (Participação Presencial) do(a) ICBS / PUC - MG. Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Tit. SHEILA CANEVESE RAHAL



Nome da autora: **Jeniffer Gabriela Figueroa Coris**

TÍTULO: COMPARAÇÃO BIOMECÂNICA DE TRÊS CONSTRUÇÕES COM PLACAS BLOQUEADAS PARA ESTABILIZAÇÃO DE MODELO DE FRATURA FEMORAL COMINUTIVA EM GATOS

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Titular Sheila Canevese Rahal

Presidente da banca e orientadora

Departamento de Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal

FMVZ – UNESP – Botucatu

Dra. Fátima Maria Caetano Caldeira

Membro externo

Departamento de Cirurgia

FMVZ - USP – São Paulo

Dr. Victor José Vieira Rossetto

Membro externo

Departamento de Medicina Veterinária, ICBS

PUC Minas – Poços de Caldas

Profa. Titular Maria Jaqueline Mamprim

Membro interno

Departamento de Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal

FMVZ – UNESP – Botucatu

Dra. Luciane dos Reis Mesquita

Membro interno

Departamento de Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal

FMVZ – UNESP – Botucatu

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), convênio número 01.12.0530.00.

Ao programa de Pós-graduação em Biotecnologia Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP (Botucatu), seus professores, técnicos e equipe administrativa pela oportunidade e por contribuírem com o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao tecnólogo Cesar Augusto Martins Pereira, do Laboratório de Biomecânica do Laboratório de Investigação Médica do Sistema Músculo-esquelético (LIM-41), vinculado ao Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP, por tão gentilmente realizar os ensaios mecânicos.

Ao Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP, por permitir a realização dos ensaios mecânicos, em especial ao Dr. Teng Hsiang Wei.

Ao Prof. Rafael Almeida Fighera do Laboratório de Patologia Veterinária, Departamento de Patologia, da Universidade Federal Santa Maria, o qual gentilmente cedeu os ossos para o estudo.

À empresa Aldrivet - ortopedia veterinária, localizada em Campinas, São Paulo, em nome da Diretora Aline Aparecida da Silva, pela parceria.

Agradecimentos especiais:

Agradeço à Deus, primeiramente pela vida, mas também pela força e paciência a mim conferidas, permitindo ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho, além de todas as bênçãos que adquiri no decorrer da vida.

Aos meus pais, aos quais me deram todo suporte financeiro e emocional, por me incentivarem nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Aos meus filhos de quatro patas Toby, Pierre, Oliver, Tunico e Steve e Ágata. Em especial ao Pierre, o qual faleceu a cerca de um ano, meu grande companheiro, tenho certeza que nos encontraremos em todas as vidas!

Gustavo, meu grande amigo, irmão, que me acolheu em um dos momentos mais difíceis da minha carreira.

Aos que colaboraram diretamente com o trabalho, Guilherme, Fátima, Jeana e muitos outros que diretamente ou indiretamente me ajudaram durante a execução do trabalho, obrigada pelo empenho e dedicação, sem vocês não teria sido possível concluí-lo.

Gratidão aos animais que participaram do estudo. Espero que este estudo seja benéfico à saúde dos animais e que os resultados possam contribuir para o bem-estar dos mesmos.

À profa. Dra. Sheila Canevese Rahal, quem me orienta desde o quarto ano de graduação, na qual me inspiro por ser uma excelente profissional e pessoa. Sempre muito paciente, disposta a compartilhar todo conhecimento que possui. Obrigada por me aceitar como orientada e por fazer parte do meu crescimento profissional.

Ao Dr. Marcelo José Carbonari pela contribuição na melhoria do estudo.

CORIS, J.G.F. Comparação biomecânica de três construções com placas bloqueadas para estabilização de modelo de fratura cominutiva em gatos. Botucatu, 2025. 57p. Tese (Doutorado em Biotecnologia Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

O estudo avaliou biomecanicamente três configurações de placas bloqueadas de titânio para estabilização de modelo de fratura cominutiva da diáfise femoral em gatos. Foram formados quatro grupos: G1 – placa bloqueada; G2 – placa com pino intramedular; G3 – placa dupla em orientação ortogonal; G4 – osso íntegro. No G1, utilizou-se placa de 16 furos com parafusos bicorticais nos orifícios bloqueados 1, 3, 7, 10, 14 e 16. No G2, foi adicionado um pino intramedular, com parafusos monocorticais nas mesmas posições de G1. No G3, foram utilizados parafusos nas mesmas posições de G1; porém, nos orifícios 7 e 10, esses foram monocorticais. Além disso, uma segunda placa com oito furos foi aplicada em orientação ortogonal, também com parafusos monocorticais (orifícios 1, 3, 6, 8). As construções foram submetidas ao ensaio cíclico de compressão axial excêntrica, seguido por ensaio destrutivo, sendo somente este último efetuado nos espécimes de G4. No ensaio cíclico, observou-se diferença significativa na rigidez (N/mm) entre G1 e G2, e entre G1 e G3, mas não entre G2 e G3, que apresentaram rigidez superior à de G1. A deformação avaliada com *Gage 1* (placa lateral) variou entre os grupos, com $G1 > G2 > G3$, bem como a com *Gage 2* (pino intramedular e placa ortogonal) $G2 > G3$. No ensaio destrutivo, a força máxima (N) foi estatisticamente maior entre G4 e G1, G4 e G2, e G3 e G1, mas não houve diferença entre G4 e G3, G3 e G2, ou G2 e G1. O deslocamento máximo (mm) do G2 foi superior aos de G4 e G3. Concluiu-se que as construções de G2 e G3 oferecem melhor estabilidade estrutural do que G1, porém G2 apresentou maior deformação total.

Palavras-chave: Felino; Tratamento; Fratura; Biomecânica.

CORIS, J.G.F. Biomechanical comparison of three locking plate constructs for stabilization of comminuted femoral shaft fracture model in cats. Botucatu, 2025. 57p. Tese (Doutorado em Biotecnologia Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

SUMMARY

The study biomechanically evaluated three configurations of titanium locking plates to stabilize of comminuted femoral shaft fracture model in cats. Four groups were formed: G1 – locked plate; G2 – plate with intramedullary pin; G3 – double plate in orthogonal orientation; G4 – intact bone. In G1, a 16-hole locking plate was used, with bicortical screws placed in holes 1, 3, 7, 10, 14, and 16. In G2, an intramedullary pin was added, with monocortical screws in the same positions as G1. In G3, screws were placed in the same positions as in G1; however, monocortical screws were used in holes 7 and 10. In addition, a second plate (8 holes) was applied in orthogonal orientation, with monocortical screws placed in holes 1, 3, 6, 8. All constructs were subjected to a cyclic eccentric axial compression test, followed by a destructive load test. G4 specimens were only evaluated with the destructive test. In the cyclic test, a significant difference in stiffness (N/mm) was observed between G1 and G2, and between G1 and G3, but not between G2 and G3, which presented higher stiffness than G1. The deformation evaluated with Gage 1 (lateral plate) varied between the groups, with $G1 > G2 > G3$, as well as Gage 2 (intramedullary pin and orthogonal plate), with $G2 > G3$. In the destructive test, the maximum force (N) was statistically higher between G4 and G1, G4 and G2, and G3 and G1, but there was no difference between G4 and G3, G3 and G2, or G2 and G1. The maximum displacement (mm) in G2 was greater than that of G4 and G3. In conclusion, the constructions of G2 and G3 provided superior structural stability to G1, but G2 exhibited a highest total deformation.

Key words: Feline; Treatment; Fracture; Biomechanical.

Lista de Figuras

Figura 1. (A) Mensuração do fêmur entre a cabeça femoral e a região distal do fêmur. (B) Determinação do ponto médio. (C, D) Mensuração e marcação do segmento ósseo a ser removido.....	37
Figura 2. Posicionamento da placa na superfície lateral do fêmur, seguido por estabilização com o auxílio de duas abraçadeiras de náilon. (C, D) Perfurações nos orifícios bloqueados 1 e 16 nas extremidades da placa, com o guia de perfuração posicionado em ângulo de 90°. (E) Placa com todos os parafusos inseridos após a indução do defeito segmentar (1, 3, 7, 10, 14, 16).....	37
Figura 3. (A, B) Aplicação do pino intramedular de titânio e perfuração do orifício com a placa estabilizada com o auxílio de duas abraçadeiras de náilon. (C) Inserção do parafuso após a indução do defeito segmentar.....	38
Figura 4. (A, B) Grupo 1 - placa bloqueada única de titânio. (C, D) Grupo 2 - placa bloqueada de titânio e pino intramedular de titânio. (E, F) Grupo 3: placa bloqueada dupla de titânio (orientação ortogonal).....	38
Figura 5. Imagens radiográficas craniocaudal e mediolateral de fêmures de gatos após imobilização de fratura. (A, B) Grupo 1 - placa bloqueada única. (C, D) Grupo 2 - placa bloqueada e pino intramedular. (E, F) Grupo 3 - placa bloqueada dupla.....	39
Figura 6. Esquema do ensaio de compressão excêntrica do fêmur em máquina de ensaios mecânicos. Evidenciam-se os seguintes elementos: célula de carga (A), atuador (B), fêmur (C), dispositivo articulado (D), peça côncava (E), copo interno do dispositivo (F) e copo externo do dispositivo (G).....	40
Figura 7. Esquema da construção (A) do Grupo 2 posicionado para o ensaio de compressão excêntrica, com os extensômetros (D e E) colados no pino intramedular (B) e na placa bloqueada (C).....	43
Figura 8. Imagens radiográficas craniocaudal e mediolateral de fêmures de gatos após ensaios biomecânicos. (A) Grupo 1 - placa bloqueada única. (B) Grupo 2 - placa bloqueada e pino intramedular. (C) Grupo 3 - placa bloqueada dupla. (D) Grupo 4 – controle.....	46

Lista de Tabelas

Tabela 1. Valores da mediana, primeiro quartil (25%) e terceiro quartil (75%) da rigidez das construções (G1 - placa bloqueada, G2 - placa bloqueada e pino intramedular, G3 - placa bloqueada dupla), empregadas na imobilização de fratura cominutiva do fêmur de gatos.....	47
Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) para deformação <i>Gage</i> 1.....	47
Tabela 3. Média, desvio padrão e erro da deformação (<i>Gage</i> 1) das construções (G1 - placa bloqueada, G2 - placa bloqueada e pino intramedular, G3 - placa bloqueada dupla), empregadas na imobilização de fratura cominutiva do fêmur de gatos.....	47
Tabela 4. Média, desvio padrão e erro padrão da média da deformação (<i>Gage</i> 2) das construções dos Grupos 2 (placa bloqueada e pino intramedular) e 3 (placa bloqueada dupla), empregadas na imobilização de fratura cominutiva do fêmur de gatos.....	48
Tabela 5. Média, desvio padrão e erro padrão da média da rigidez (N/mm) das construções (G1 - placa bloqueada, G2 - placa bloqueada e pino intramedular, G3 - placa bloqueada dupla) empregadas na imobilização de fratura cominutiva do fêmur de gatos, além do osso íntegro (G4).....	48
Tabela 6. Valores da mediana, primeiro quartil (25%) e terceiro quartil (75%) da força máxima (N) das construções utilizadas (G1 - placa bloqueada, G2 - placa bloqueada e pino intramedular, G3 - placa bloqueada dupla) para imobilização de fratura cominutiva do fêmur de gatos, assim como do osso íntegro (G4).....	49
Tabela 7. Média, desvio padrão e erro do Deslocamento máximo (mm) das construções (G1 - placa bloqueada, G2 - placa bloqueada e pino intramedular de titânio, G3 - placa bloqueada dupla de titânio) empregadas na imobilização de fratura cominutiva do fêmur de gatos, bem como do osso íntegro (G4).....	49

Sumário

CAPÍTULO 1.....	11
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1 Placa bloqueada e demais implantes.....	14
2.2 Placa-haste (Plate-rod).....	17
2.3 Placas ortogonais.....	20
2.4 Fixação interna de fraturas e consolidação óssea.....	23
3 REFERÊNCIAS.....	26
CAPÍTULO 2.....	32
Artigo científico.....	33
ANEXO.....	57

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

As causas das fraturas em gatos estão associadas ao ambiente e decorrem de vários tipos de traumatismo, incluindo acidentes com veículos automotores, quedas, mordidas de cães, armas de fogo, abusos por humanos, entre outros (Harari, 2002; Cardoso et al., 2016; Zurita e Craig, 2022). As fraturas do fêmur representam cerca de 33-38% de todas as fraturas nessa espécie (Roberts e Meeson, 2022). Em um estudo retrospectivo de seis anos sobre fraturas dos ossos longos em gatos, 53,81% das lesões ocorreram no fêmur, 28,38% na tíbia/fíbula, 9,74% no rádio/ulna e 8,05% no úmero (Cardoso et al., 2016). Devido à cobertura muscular, a maioria das fraturas femorais são fechadas, a menos que seja causada por uma lesão penetrante, como por arma de fogo (Beale, 2004).

A construção da fixação de uma fratura consiste na combinação do implante com o osso (McDonald e Graves, 2020). Vários tipos de implantes têm sido descritos para o reparo de fraturas diafisárias do fêmur em gatos, incluindo placas ósseas tradicionais (DCP), placas de compressão bloqueadas (LCP); placa-haste (“plate-rod”); placas veterinárias “cuttable” (VCP), com ou sem pino intramedular; hastes bloqueadas; fixadores externos; pino intramedular com fio de cerclagem ou com parafusos interfragmentários; pino intramedular rosqueado de titânio; além de combinações de diferentes implantes, cada qual com suas indicações e contraindicações (Harari, 2002; Beale, 2004; Altunatmaz et al., 2012; Könning et al., 2013; Vedrine e Gérard, 2018; Roberts e Meeson, 2022; Zurita e Craig, 2022).

Desta forma, o presente estudo visou a comparação biomecânica de três formas de aplicação da placa bloqueada, ou seja, como único implante, na composição placa bloqueada-pino, ou como placa ortogonal, tendo por base uma simulação de fratura cominutiva da diáfise femoral em gatos. Para tanto, foram estabelecidos dois capítulos: o primeiro referente à introdução e revisão de literatura e o segundo relativo ao artigo científico. O estudo se enquadra na ODS 3 (Saúde e Bem-estar), ou seja, promover o bem-estar para todos.

REVISÃO DA LITERATURA

REFERÊNCIAS

3 REFERÊNCIAS (Formato AMA)

Altunatmaz K, Ozsoy S, Mutlu Z, Devecioglu Y, Guzel O. Use of intramedullary fully-threaded pins in the fixation of feline and canine humeral, femoral and tibial fractures. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2012;25(4):321-325.

Atalar AC, Tunalı O, Erşen A, Kapıcıoğlu M, Sağlam Y, Demirhan MS. Biomechanical comparison of orthogonal versus parallel double plating systems in intraarticular distal humerus fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2017;51(1):23-28.

Beale B. Orthopedic clinical techniques femur fracture repair. *Clin Tech Small Anim Pract*. 2004;19(3):134-150.

Beaino ME, Morris RP, Lindsey RW, Gugala Z. Biomechanical evaluation of dual plate configurations for femoral shaft fracture fixation. *Biomed Res Int*. 2019;2019:5958631.

Bel JC. Pitfalls and limits of locking plates. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019;105(1S):S103-S109.

Boyce GN, Philpott AJ, Ackland DC, Ek ET. Single versus dual orthogonal plating for comminuted midshaft clavicle fractures: a biomechanics study. *J Orthop Surg Res*. 2020;15(1):248

Bruyn BW, Glyde M, Day R, Hosgood G. Effect of an orthogonal locking plate and primary plate working length on construct stiffness and plate strain in an in vitro fracture-gap model. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2024;37(4):173-180.

Cardoso CB, Rahal SC, Agostinho FS, Mamprim MJ, Santos RR, Filho ES, et al. Long bone fractures in cats: A retrospective study. *Vet e Zootec*. 2016;23(3):504-509.

Cheng T, Xia R, Yan X, Luo C. Double-plating fixation of comminuted femoral shaft fractures with concomitant thoracic trauma. *J Int Med Res*. 2018;46(1):440-447.

Cheng T, Xia RG, Dong SK, Yan XY, Luo CF. Interlocking intramedullary nailing versus locked dual-plating fixation for femoral shaft fractures in patients with multiple injuries: a retrospective comparative study. *J Invest Surg*. 2019;32(3):245-254.

Cheung ZB, Nasser P, Iatridis JC, Forsh DA. Orthogonal plating of distal femur fractures: A biomechanical comparison with plate-nail and parallel plating constructs. *J Orthop*. 2023;37:34-40.

Craig A, Witte PG, Moody T, Harris K, Scott HW. Management of feline tibial diaphyseal fractures using orthogonal plates performed via minimally invasive plate osteosynthesis. *J Feline Med Surg*. 2018;20(1):6-14.

Cronier P, Pietu G, Dujardin C, Bigorre N, Ducellier F, Gerard R. The concept of locking plates. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2010; 96(4):S17-S36.

Farzad-Mohajeri S, Mollaei Z, Sari MM, Rostami A. Surgical stabilization of a distal tibial fracture in a jungle cat (*Felis chaus*) using orthogonal double plating. *Vet Med Sci*. 2024;10(2):e1382.

Gibson TW, Moens NM, Runciman RJ, Holmberg DL, Monteith GM. The biomechanical properties of the feline femur. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2008;21(4):312-317.

Harari J. Treatments for feline long bone fractures. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2002;32(4):927-947.

Higuchi M, Katayama M. Clinical outcomes of orthogonal plating to treat radial and ulnar fractures in toy-breed dogs. *J Small Anim Pract.* 2021;62(11):1001-1006.

Hudson CC, Pozzi A, Lewis DD. Minimally invasive plate osteosynthesis: applications and techniques in dogs and cats. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2009;22(3):175-182.

Hulse D, Hyman B. Biomechanics of fracture fixation failure. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1991;21(4):647-667.

Könning T, Maarschalkerweerd RJ, Endenburg N, Theyse LF. A comparison between fixation methods of femoral diaphyseal fractures in cats - a retrospective study. *J Small Anim Pract.* 2013;54(5):248-252.

Kosmopoulos V, Nana AD. Dual plating of humeral shaft fractures: orthogonal plates biomechanically outperform side-by-side plates. *Clin Orthop Relat Res.* 2014;472(4):1310-1317.

Kubiak EN, Fulkerson E, Strauss E, Egol KA. The evolution of locked plates. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88 Suppl 4:189-200.

Marturello DM, von Pfeil DJF, Déjardin LM. Mechanical comparison of two small interlocking nails in torsion using a feline bone surrogate. *Vet Surg.* 2020;49(2):380-389.

McDonald TC, Graves ML. Principles of internal fixation. In: Browner BD, Jupiter JB, Krettek C, Anderson PA. *Skeletal trauma: basic science, management, and reconstruction.* Philadelphia: Elsevier, 2020. p.256-338.

Mori Y, Kamimura M, Ito K, Koguchi M, Tanaka H, Kurishima H, Koyama T, Mori N, Masahashi N, Aizawa T. A Review of the impacts of implant stiffness on fracture healing. *Appl Sci*. 2024;14(6):2259.

Moon J-G, Lee J-H. Orthogonal versus parallel plating for distal humeral fractures. *Clin Shoulder Elbow* 2015;18(2):105-112.

Miller DL, Goswami T. A review of locking compression plate biomechanics and their advantages as internal fixators in fracture healing. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2007;22(10):1049-1062.

Niederhäuser SK, Tepic S, Weber UT. Effect of screw position on single cycle to failure in bending and torsion of a locking plate-rod construct in a synthetic feline femoral gap model. *Am J Vet Res*. 2015;76(5):402-410.

Pearson T, Glyde M, Hosgood G, Day R. The effect of intramedullary pin size and monocortical screw configuration on locking compression plate-rod constructs in an in vitro fracture gap model. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2015;28(2):95-103.

Roberts VJ, Meeson RL. Feline femoral fracture fixation: what are the options? *J Feline Med Surg*. 2022;24(5):442-463.

Roe S. Biomechanics of fracture fixation. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 2020a;50(1):1-15.

Roe SC. Plate stress does not decrease when working length is increased. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2020b;33(6):457.

Roe SC. Reducing plate strain with orthogonal plating. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2024;37(4):v-vi.

Stiffler K. S. Internal fracture fixation. *Clin Tech Small Anim Pract.* 2004;19:105-113.

Vallefuoco R, Le Pommellet H, Savin A, Decambron A, Manassero M, Viateau V, Gauthier O, Fayolle P. Complications of appendicular fracture repair in cats and small dogs using locking compression plates. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2016;29(1):46-52.

Vedrine B, Gérard F. Veterinary cuttable plate in a plate-rod construct for repair of diaphyseal femoral fractures in the cat. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2018;31(6):479-487.

Wagner M. General principles for the clinical use of the LCP. *Injury.* 2003;34 Suppl 2:B31-B42.

Zurita M, Craig A. Feline Diaphyseal Fractures: Management and treatment options. *J Feline Med Surg.* 2022;24(7):662-674.

CAPÍTULO 2