

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES ANGULARES DA TÍBIA DE
CÃES SUBMETIDOS À OSTEOSSÍNTESE MINIMAMENTE
INVASIVA COM PLACA**

Jose Sergio Costa Junior
Médico Veterinário

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES ANGULARES DA TÍBIA DE
CÃES SUBMETIDOS À OSTEOSSÍNTESE MINIMAMENTE
INVASIVA COM PLACA**

Discente: Jose Sergio Costa Junior

Orientador: Prof. Associado Bruno Watanabe Minto

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Cirurgia Veterinária.

C837a Costa Junior, Jose Sergio
Avaliação de alterações angulares da tíbia de cães submetidos à osteossíntese minimamente invasiva com placa / Jose Sergio Costa Junior. -- Jaboticabal, 2020
29 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Bruno Watanabe Minto

1. Cirurgia veterinária. 2. Ortopedia Veterinária. 3. Traumatologia Veterinária. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

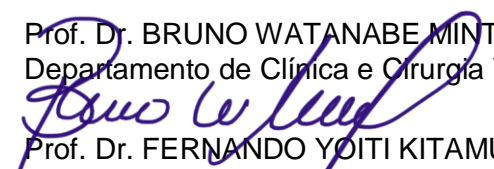
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES ANGULARES DE TÍBIA DE CÃES
SUBMETIDOS À OSTEOSÍNTese MINIMAMENTE INVASIVA COM
PLACA

AUTOR: JOSE SERGIO COSTA JUNIOR

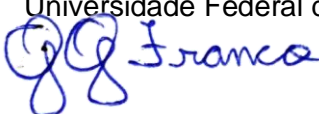
ORIENTADOR: BRUNO WATANABE MINTO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em
CIRURGIA VETERINÁRIA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. BRUNO WATANABE MINTO
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. FERNANDO YOITI KITAMURA KAWAMOTO
Departamento de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Lavras / Lavras/MG
Fernando Y. K. Kawamoto

Prof. Dr. GUILHERME GALHARDO FRANCO
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES / Vitória/ES



Jaboticabal, 31 de julho de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Jose Sergio Costa Junior, nascido em 15 de novembro de 1993, no município de Presidente Bernardes, estado de São Paulo, Brasil. Ingressou no curso de Medicina Veterinária da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), câmpus de Presidente Prudente no dia 01 de agosto de 2011. No dia 18 de junho de 2016 obteve o título de médico veterinário. Em fevereiro de 2017 iniciou o programa de aprimoramento profissional em anestesiologia veterinária na UNOESTE, finalizando-o em fevereiro de 2019. Ingressou no mestrado em cirurgia veterinária na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), câmpus de Jaboticabal, em março de 2019, sob orientação do Prof. Bruno Watanabe Minto.

Epígrafe

“Busquem primeiro o reino de Deus
e sua justiça, e todas essas coisas
ficarão garantidas para vocês”.

Mateus 6, 33.

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha esposa Natalia,
meus pais Jose e Maria, meus irmãos Thais e Rodolfo
e sobrinho Miguel.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus por tudo. Por cada passo dado, recomeços, risos, choros, alegrias, tristezas, angústias, certezas, desânimos e coragem, pois tudo isso me fez ser o que sou. Agradeço a ELE principalmente por me fazer enxergar além de tudo isso, e somente NELE, encontrar esperança. Eu te amo.

Agradeço meus pais Jose Sergio Costa e Maria Luiza Schadek Costa por me darem a vida e todo suporte para que esse sonho se tornasse realidade.

Agradeço a minha irmã Thais Schadek Costa Piffer e meu cunhado Rodolpho Piffer por serem espelho e porto seguro para mim.

Agradeço a minha esposa Natalia Dolcimasculo Costa por me dar todo suporte necessário para que isso tudo fosse possível. Muito obrigado por estar ao meu lado em meio a tanta dificuldade meu amor, eu te amo!

Ao meu sogro Marcos Quirino Dolcimasculo e minha sogra Célia do Carmo Dolcimasculo por todo amor e carinho.

Agradeço a todos os amigos que mesmo distante, ainda estão ao meu lado, em especial ao meu irmão Murillo Pereira.

Ao meu orientador Bruno Watanabe Minto por acreditar, proporcionar tantas oportunidades e ser uma inspiração para mim. Muito obrigado professor.

Ao professor Luís Gustavo Gosuen Gonçalves Dias por todo ensinamento e por ser inspiração para todos nós.

A todos do laboratório de Ortopedia e Neurocirurgia da Universidade Estadual Paulista campus de Jaboticabal, por todo ensinamento e amizade.

A todos os profissionais e funcionários do Hospital Veterinário Governador Laudo Bento Natel.

A todos os professores e amigos da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) por contribuírem tanto para minha formação.

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

SUMÁRIO

| | página |
|--|--------|
| COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA)..... | ii |
| RESUMO..... | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| LISTA DE ABREVIATURAS..... | v |
| LISTA DE TABELAS..... | vi |
| LISTA DE FIGURAS..... | vii |
| CAPÍTULO 1 – Considerações gerais..... | 1 |
| Introdução..... | 1 |
| Objetivo..... | 3 |
| Hipótese..... | 3 |
| Referências..... | 3 |
| CAPÍTULO 2 - Avaliação de alterações angulares da tíbia de cães submetidos à osteossíntese minimamente invasiva com placa..... | 5 |
| Resumo..... | 5 |
| Introdução..... | 6 |
| Materiais e métodos..... | 7 |
| Análise Estatística..... | 10 |
| Resultados..... | 11 |
| Discussão..... | 13 |
| Conclusão..... | 18 |
| Referências..... | 18 |
| Figuras..... | 22 |
| Tabelas..... | 23 |
| CAPÍTULO 3 – Considerações finais..... | 25 |
| APÊNDICES..... | 26 |
| Apêndice A - Figuras complementares à metodologia..... | 27 |



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal




CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 017930/12 do trabalho de pesquisa intitulado **"Plasma rico em plaquetas, medula óssea e quitosana nas osteossínteses minimamente invasivas da tibia de cães"**, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Bruno Watanabe Minto está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (COBEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 04 de setembro de 2012.

Jaboticabal, 04 de setembro de 2012.



Andriago Barboza De Nardi

Prof. Dr. Andriago Barboza De Nardi
Coordenador - CEUA

AValiação de Alterações Angulares da Tíbia de Cães Submetidos à Osteossíntese Minimamente Invasiva com Placa

RESUMO - O objetivo da presente pesquisa foi avaliar as alterações angulares da tíbia, nos planos frontal e sagital, em cães submetidos à osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO) sem auxílio de intensificadores de imagem. Foram avaliados os ângulos mecânico medial proximal da tíbia (mMPTA), mecânico medial distal da tíbia (mMDTA), mecânico caudal proximal da tíbia (mCaPTA) e o mecânico cranial distal da tíbia (mCrDTA) de 27 cães com raças variadas, peso médio de $14,38 \pm 8,81$ kg e idade média de $4,13 \pm 4,58$ anos, com fratura completa não articular de tíbia tratados com osteossíntese minimamente invasiva com placa. As alterações angulares foram confrontadas com os valores considerados normais e correlacionadas com a classificação da fratura, acometimento da fíbula ou não, densidade de parafusos da placa, intervalo da fratura, área de trabalho e relação placa em ponte. O mMPTA esteve fora do padrão de normalidade em 16 animais (59,25%) enquanto que 5 cães (18,52%) apresentaram alterações para mMDTA. Todos os pacientes tiveram alterações no mCaPTA, enquanto que 96,3% (26) apresentaram alteração no mCrDTA. A média e desvio padrão do ângulo do platô tibial (TPA) foi $22,48^\circ \pm 5,53^\circ$ ($10,93^\circ$ à $33,23^\circ$). A média e desvio padrão das alterações angulares foram $11,11^\circ \pm 2,31$ ($-1,1^\circ$ à $7,76^\circ$) para mMPTA, $0,03^\circ \pm 0,16$ ($-3,44^\circ$ à $0,79^\circ$) para mMDTA, $5,37^\circ \pm 4,29$ ($-6,23^\circ$ à $14,87^\circ$) para mCaPTA e $8,25^\circ \pm 5,53$ ($-0,2^\circ$ à $17,28^\circ$) para mCrDTA. Houve correlação negativa entre “densidade de parafusos” com a “área de trabalho”, “intervalo da fratura” com a “extensão da placa” e “mCaPTA” com “mCrDTA”. A MIPO da tíbia, sem o uso de intensificadores de imagem e sem associação de implantes pode, potencialmente, resultar em alterações angulares, as quais podem representar deformidades clinicamente relevantes.

Palavras-chave: canino, deformidade angular, fratura, osteossíntese biológica

TIBIAL ANGULAR CHANGES AFTER MINIMALLY INVASIVE PLATE OSTEOSYNTHESIS IN DOGS

ABSTRACT – The aim of this study was to evaluate angular changes of the tibia, in the frontal and sagittal planes, in dogs underwent to minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO). Mechanical medial proximal tibial angle (mMPTA), mechanical medial distal tibial angle (mMDTA), mechanical caudal proximal tibial angle (mCaPTA) and mechanical cranial distal tibial angle (mCrDTA) of 27 dogs of different breeds, weighting 14.38 ± 8.81 kg and with $4.13 \pm 4,58$ years old were measured. Angular changes were compared to normal conditions and correlated to fracture classification, combined fracture of the fibula, density of screws, fracture interval, working area and plate relationship on the bridge. The mMPTA angle was out of the normal range in 16 animals (59.25%), while 5 dogs (18.52%) showed changes in mMDTA. All patients showed changes on mCaPTA, and 96.3% (26) on mCrDTA. The mean and standard deviation of tibial plateau angle (TPA) was $22.48^\circ \pm 5.53^\circ$ (10.93° to 33.23°). The mean and standard deviation of angular changes for mMPTA were $11.11^\circ \pm 2.31$ (-1.1° to 7.76°); $0.03^\circ \pm 0.16$ (-3.44° to 0.79°) for mMDTA ; $5.37^\circ \pm 4.29$ (-6.23° to 14.87°) for mCaPTA; and $8.25^\circ \pm 5.53$ (-0.2° to 17.28°) for mCrDTA. There was a negative correlation between "screw density" and "working area", "fracture interval" and "plate extension", and "mCaPTA" and "mCrDTA". Tibial MIPO without using image intensifiers or the association of implants can potentially result in angular changes, which may represent clinically relevant deformities.

Keywords: canine, angular deformities, biological osteosynthesis, fracture

LISTA DE ABREVIATURAS

AT: área de trabalho

DPA: densidade de parafuso

DP: desvio padrão

EP: extensão da placa

IF: intervalo da fratura

mCaPTA: ângulo mecânico caudal proximal da tíbia

mCrDTA: ângulo mecânico cranial distal da tíbia

MIPO: osteossíntese minimamente invasiva com placa

mMDTA: ângulo mecânico medial distal da tíbia

mMPTA: ângulo mecânico medial proximal da tíbia

NA: não alterado

OC: oblíqua curta

OL: oblíqua longa

RPP: relação placa em ponte

TDD: terço distal da diáfise

TMD: terço médio da diáfise

TPA: ângulo do platô tibial

TPD: terço proximal da diáfise

UNESP: Universidade Estadual Paulista

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

página

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Dados resumidos de 27 cães que tiveram fraturas de tíbia reparadas com osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO)..... | 25 |
| Tabela 2 – Dados resumidos dos desvios angulares de 27 cães que tiveram fraturas de tíbia reparadas com osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO)..... | 27 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Página

Figura 1 – Imagens radiográficas mediolateral do cão numero 11 (A-B) e craniocaudal do cão numero 16 (C) para mensuração dos eixos mecânicos nos planos sagital e frontal, respectivamente. A) Estabelecendo-se as linhas de referências proximais da tíbia, foi mensurado o ângulo mCaPTA ($56,7^\circ$) e comparado com o limite de normalidade (63°), determinando assim o desvio de $-6,2^\circ$. B) Estabelecendo-se as linhas de referências distais da tíbia, foi mensurado o ângulo mCrDTA ($97,2^\circ$) e comparado com o limite de normalidade ($82,3^\circ$), determinando desta forma o desvio de $14,9^\circ$. C) Após o estabelecimentos das linhas de referências proximais da tíbia no plano frontal e comparando com o valor de normalidade, foi obtido o desvio de $8,7^\circ$

25

APÊNDICE A

Figura 1A. Imagens radiográficas identificando os pontos de referências proximal e distal da tíbia no plano frontal para determinação dos ângulos mMPTA e mMDTA. A) Radiografia do aspecto proximal da tíbia. a) Côndilo lateral tibial, b) côndilo medial tibial e c) centro do aspecto mais proximal da fossa intercondilar do fêmur. B) Radiografia do aspecto distal da tíbia. d) sulco arciforme lateral coclear tibial, e) sulco arciforme medial coclear tibial e f) crista intermediária distal da tíbia. C) Os ângulos de referência das articulações do joelho e tarso no plano frontal, mCaPTA e mCrDTA respectivamente.....

31

Figura 2A. Imagens radiográficas identificando os pontos de referências proximal e distal da tíbia no plano sagital para determinação dos ângulos mCaPTA e mCrDTA. A) Radiografia do aspecto medial proximal da tíbia. a) Extensão cranial do côndilo medial tibial, b) eminência intercondilar da tíbia e c) extensão caudal do côndilo medial tibial. B) Radiografia do aspecto distal medial da tíbia. d) Aspecto distal da crista intermediária tibial. e) Aspecto caudodistal da cóclea tibial. f) Centro do círculo marca o ponto distal para o eixo mecânico no plano sagital. C) Os ângulos de referência das articulações do joelho e tarso no plano sagital, mCaPTA e mCrDTA respectivamente.....

32

Figura 3A. Imagem ilustrativa da avaliação radiográfica no plano frontal das variáveis densidade de parafuso, relação placa em ponte (comprimento da placa [seta laranja] / comprimento da tíbia [seta azul]), extensão da placa (comprimento da placa [seta laranja] / distância entre os principais fragmentos ósseos [seta vermelha]), área de trabalho da placa (distância entre os dois parafusos mais próximos da fratura [seta verde] / comprimento da tíbia [seta azul]) e intervalo de fratura (distância entre os principais fragmentos ósseos [seta vermelha] / comprimento da tíbia [seta azul]).....

33

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

Introdução

O aprimoramento de técnicas de fixação de fraturas já descritas e descrição de novas técnicas vêm sendo constantemente observados na ortopedia veterinária nas últimas décadas (Glyde e Arnett, 2006; Alberio et al., 2018; Cabassu, 2019). De modo geral, o paradigma da necessidade de reconstrução anatômica e compressão interfragmentária das fraturas vêm sendo questionado, especialmente no tocante ao potencial para causar danos ao envelope de tecidos moles, decorrente da manipulação excessiva necessária para contemplar os objetivos de reconstrução óssea (Wagner, 2003; Hudson et al., 2009; Guiot et al., 2011; Xu et al., 2015; Alberio et al., 2018).

Neste contexto, a osteossíntese tida como biológica tem se destacado. Utilizando-se do princípio de preservação do hematoma primordial e da vascularização local da fratura, busca-se reduzir o tempo de consolidação óssea, permitindo ainda o uso de implantes menos rígidos e preservando tecidos moles adjacentes (Perren, 1991; Palmer, 1999; Hudson et al., 2009; Li et al., 2014; Xu et al., 2015; Alberio et al., 2018).

Com a evolução das placas ósseas, a osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO) tem sido amplamente utilizada para correção de fraturas nos últimos anos. A realização da técnica consiste na aplicação percutânea da placa através de um túnel sobreperiosteal previamente criado, tipicamente fixada de forma a criar uma ponte. É indicada principalmente para fraturas diafisárias não passíveis de reconstrução anatômica associada a trauma extenso aos tecidos moles, ou seja, quando não é possível reconstruir a coluna óssea, por exemplo, como são as fraturas cominutivas. Mesmo com a determinada indicação, há possibilidade de realização em fraturas simples transversas (Hudson et al., 2009). O implante utilizado na osteossíntese biológica deve permitir estabilidade relativa, permitindo consolidação óssea secundária, com formação de calo ósseo (Hudson et al., 2009; Baroncelli et al., 2012).

Para que não ocorra danos ao hematoma primordial e vascularização, a fratura deve ser reduzida indiretamente. Forças de distração são aplicadas sobre o osso visando relaxar a musculatura e restaurar o alinhamento ósseo. A avaliação deste alinhamento pode ser realizada clinicamente ou por imagem diagnóstica intraoperatória (Beale e McCally, 2012; Cabassu, 2019).

Além das complicações rotineiras de osteossíntese como infecção superficial e profunda, falha de implante e não união, o mau alinhamento após a realização de osteossínteses minimamente invasivas parece ser considerado uma complicação comum (Apivatthakakul e Chiewcharntanakit, 2009; Hudson et al., 2009; Buckley et al., 2011).

Trabalhos prévios avaliaram o alinhamento da tíbia de cães após a realização de osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO). Em um estudo, o alinhamento foi avaliado subjetivamente e apenas um paciente apresentou alteração angular (Schmokel et al., 2007). Baroncelli et al. (2012) compararam os resultados de pacientes submetidos à MIPO ou redução aberta e, em ambos os métodos, não houve alterações no alinhamento da tíbia dos cães. Já em outro estudo, com 36 cães, não houve diferença de alterações significativas no alinhamento da tíbia no período pós-operatório (Guiot et al., 2011). Vale ressaltar que nos dois últimos foi utilizada fluoroscopia intraoperatória para auxiliar o reestabelecimento do alinhamento ósseo. Sabe-se que o uso da fluoroscopia tem desvantagens e limitações, tanto para o paciente como para o cirurgião (Miller et al., 2010).

Apesar dos bons resultados, ainda há divergência entre os estudos. Zou et al. (2013) reportaram 9,6% de deformidades angulares após a realização da MIPO em humanos, mesmo com a utilização da fluoroscopia. Em um estudo realizado por Robinson et al. (2019), 171 cirurgiões foram questionados sobre as limitações da realização da MIPO; dentre elas, a mais citada foi a dificuldade de redução e avaliação do alinhamento, requerendo equipamentos sofisticados, e também que a técnica não apresentava benefícios comprovados. Poucos são os dados presentes na literatura que avaliem o alinhamento ósseo de cães que foram submetidos à MIPO sem o uso de imagem transoperatória.

Objetivo

Avaliar radiograficamente as alterações dos ângulos mecânicos da tíbia, nos planos frontal e sagital, de cães submetidos à osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO), sem auxílio de intensificadores de imagem.

Hipótese

Acredita-se que os pacientes caninos acometidos por fraturas não articulares na tíbia e submetidos à osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO) possam apresentar alterações angulares após a correção cirúrgica, visto que a redução das fraturas é comprometida pela abordagem limitada do local da lesão.

Supõe-se que os dados fornecidos por esta pesquisa possam auxiliar pesquisas futuras no que cerne encontrar métodos que evitem supostos desvios angulares.

REFERÊNCIAS

Alberio RL, Re MD, Grassi FA (2018) Minimally invasive plate osteosynthesis for proximal humerus fractures: a retrospective study describing principles and advantages of the technique. **Advances in Orthopedics** 2018:1-10.

Apivatthakakul T, Chiewcharntanakit V (2009) Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the treatment of the femoral shaft fracture where intramedullary nailing is not indicated. **International Orthopaedics** 33:1119–1126.

Baroncelli AB, Peirone B, Winter WD, Reese DJ, Pozzi A (2012) Retrospective comparison between minimally invasive plate osteosynthesis and open plating for tibial fractures in dogs. **Vet Comp Orthop Traumatol** 25:410-417.

Beale BS, McCally R (2012) Minimally Invasive Plate Osteosyntheses: tibia and fibla. **Vet Clin Small Anim** 42:1023-1044.

Buckley R, Mohanty K, Malish D (2011) Lower limb malrotation following MIPO technique of distal femoral and proximal tibial fractures. **INJURY, International Journal of the Care of the Injured** 42:194-199.

Cabassu J (2019) Minimally Invasive Plate Osteosynthesis Using Fracture Reduction Under the Plate without Intraoperative Fluoroscopy to Stabilize Diaphyseal Fractures of the Tibia and Femur in Dogs and Cats. **Vet Comp Orthop Traumatol** 32:475-482.

Glyde M, Arnett R (2006) Tibial fractures in the dog and cat: options for management. **Irish Veterinary Journal** 59:290-295.

- Guiot LP, Déjardin M (2011) Prospective evaluation of minimally invasive plate osteosynthesis in 36 nonarticular tibial fractures in dogs and cats. **Veterinary Surgery** 40:171-182.
- Hudson CC, Pozzi A, Lewis DD (2009) Minimally invasive plate osteosynthesis: Applications and techniques in dogs and cats. **Veterinary Comparative Orthopaedics and Traumatology** 22:175-182.
- Li Q, Zeng BF, Luo CF, Song S, Zhang CQ, Kong WQ (2014) Limited open reduction is better for simple- distal tibial shaft fractures than minimally invasive plate osteosynthesis. **Genetics and Molecular Research** 13:5361-5368.
- Miller DL, Balter S, Schueler BA, Wagner LK, Strauss KJ, Vañó E (2010) Clinical radiation management for fluoroscopically guided interventional procedures¹. **Radiology** 257:321-332.
- Palmer RH (1999) Biological osteosynthesis. **Fracture Management and Bone Healing** 29:1171-1185.
- Perren M (1991) The concept of biological plating using the limited contact - dynamic compression plate (LC-DCP). **INJURY, International Journal of the Care of the Injured** 22:1-41.
- Robinson WP, Knowles TG, Barthelemy NP, Parsons KJ (2019) Perceptions of minimally invasive osteosynthesis: A 2018 survey of orthopedic surgeons. **Veterinary Surgery** 48:1-8.
- Schmokel HG, Stein S, Radke H, Hunter K, Schawalder P (2007) Treatment of tibial fractures with plates using minimally invasive percutaneous osteosynthesis in dogs and cats. **Journal of Small Animal Practice** 48:157:160.
- Wagner M (2003) General principles for the clinical use of the LCP. **INJURY, International Journal of the Care of the Injured** 34: 31-42.
- Xu H, Xue Z, Ding H, Qin H, An Z (2015) Callus formation and mineralization after fracture with different fixation techniques: minimally invasive plate osteosynthesis versus open reduction internal fixation. **PLoS ONE** 10:1-13.
- Zou J, Zhang W, Zhang C (2013) Comparison of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis with open reduction and internal fixation for treatment of extra-articular distal tibia fractures. **INJURY, International Journal of the Care of the Injured** 44:1102-1106.

CAPÍTULO 2 - Avaliação de alterações angulares da tíbia de cães submetidos à osteossíntese minimamente invasiva com placa¹

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar radiograficamente as alterações no alinhamento da tíbia, nos planos frontal e sagital, em cães submetidos à osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO) sem a ajuda de intensificadores de imagem. Foram incluídas e avaliadas radiografias de cães com fraturas completas da tíbia não articulares tratadas por osteossíntese minimamente invasiva com placa. Foram mensurados os ângulos mecânico medial proximal da tíbia (mMPTA), mecânico medial distal da tíbia (mMDTA), mecânico caudal proximal da tíbia (mCaPTA) e mecânico cranial distal da tíbia (mCrDTA). A análise de correlação de Pearson foi usada para estudar a relação entre variáveis contínuas. Para determinar se as variáveis contínuas diferiram entre as categorias, foi utilizado o teste t não pareado. Para testar uma associação entre variáveis estratégicas, foi utilizado o teste exato de Fisher ou qui-quadrado. Todas as análises foram conduzidas considerando-se 5% de nível de significância. Vinte e sete animais foram incluídos no estudo. O desvio médio e padrão das alterações angulares para o mMPTA foi de $2,54^\circ \pm 3,10$ ($-1,1^\circ$ a $8,7^\circ$), mMDTA $0,03^\circ \pm 0,16$ ($-3,44^\circ$ a $0,79^\circ$), mCaPTA $5,37^\circ \pm 4,29$ ($-6,23^\circ$ a $14,87^\circ$) e mCrDTA $8,25^\circ \pm 5,53$ ($-0,2^\circ$ a $17,28^\circ$). Houve correlação negativa entre "mCaPTA" e "mCrDTA". A MIPO da tíbia sem o uso de intensificadores de imagem ou associação de implantes pode causar alterações angulares que podem representar deformidades clinicamente relevantes.

Palavras-chave: canino, deformidades angulares, eixo mecânico, fratura, MIPO

¹ Este capítulo corresponde ao artigo científico submetido ao periódico "*Pakistan Veterinary Journal*"

Introdução

O aprimoramento de técnicas de fixação de fraturas já descritas e descrição de novas técnicas vêm sendo constantemente observados na ortopedia veterinária nas últimas décadas, especialmente aquelas relacionadas à osteossíntese biológica. Utilizando-se do princípio de preservação do hematoma primordial e do envelope de tecidos moles adjacentes ao foco de fratura, tem-se notado redução do tempo de consolidação da fratura e dos índices de infecção (Hudson *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2014; Xu *et al.*, 2015; Alberio *et al.*, 2018).

As osteossínteses minimamente invasivas com placa (MIPO) representam grande parcela das osteossínteses biológicas realizadas em cães e gatos, e excelentes resultados vem sendo relatados (Schmokel *et al.*, 2007; Guiot *et al.*, 2011; Baroncelli *et al.*, 2012; Pozzi *et al.*, 2013). Entretanto, a despeito das indiscutíveis vantagens do método MIPO, algumas limitações vêm sendo discutidas na atualidade (Zou *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2017; Robinson *et al.*, 2019). Além das complicações rotineiras de osteossínteses convencionais como infecção superficial e profunda, falha de implante e não uniões, a MIPO vem sendo associada ao risco potencial de mau alinhamento (Apivatthakakul and Chiewcharntanakit, 2009; Hudson *et al.*, 2009; Buckley *et al.*, 2011). Apesar de Schmokel *et al.* (2007) terem encontrado apenas um paciente com alteração angular, em avaliações subjetivas, entre 7 casos de MIPO e, Baroncelli *et al.* (2012) não relataram essa complicação em estudo comparativo de MIPO e redução aberta em 16 tíbias de cães, acredita-se que as alterações de alinhamento devam ser melhor estudadas. Os estudos publicados por Apivatthakakul and Chiewcharntanakit (2009) e Zou *et al.* (2013) mostram índices relevantes de desvios, mesmo quando se utiliza a fluoroscopia, o que aumenta a necessidade de melhor entendimento dessa complicação pós-operatória em procedimentos ortopédicos minimamente invasivos.

O mau alinhamento ósseo pode levar a diferenças significativas de estresse, tensão ligamentar excessiva e distribuição errônea da carga sobre a articulação. Innocenti *et al.* (2016) mostraram que 6° de inclinação varo-valgo pode gerar efeitos negativos sobre a articulação. Já Kostuik *et al.* (1975) demonstraram que apenas 3° graus de inclinação varo-valgo da tíbia é o suficiente para transferir significativo suporte de peso para o côndilo femoral oposto. A sobrecarga articular em longo prazo produz efeitos negativos como desgaste da cartilagem, debris celulares e sinovite, gerando osteoartrose e dor ao paciente (Pagenstert *et al.*, 2007).

Tendo em vista a necessidade de avaliação objetiva e focada nas alterações no alinhamento ósseo dos pacientes tratados com MIPO, o presente estudo teve como objetivo avaliar radiograficamente alterações nos ângulos mecânicos da tíbia, nos planos frontal e sagital, de cães submetidos a osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO), sem o auxílio de intensificadores de imagem. Acredita-se, hipoteticamente, que os pacientes possam sofrer alterações no alinhamento com mais frequência do que o relatado, apesar das possíveis consequências clínicas que possam estar envolvidas.

Materiais e métodos

Foram incluídos cães, machos e fêmeas, sem limite de peso, atendidos no Hospital Veterinário da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal, entre março de 2015 a janeiro 2020, com fratura completa, não articular da tíbia e com acompanhamento radiográfico pré e pós-operatório. Cães que possuíam fraturas articulares, fraturas expostas ou necessitaram de associação de implantes para osteossíntese, não foram considerados.

Todos os pacientes foram tratados por meio da osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO) segundo as diretrizes previamente descritas para a técnica (Hudson *et al.*, 2009).

As fraturas foram reduzidas indiretamente, sem auxílio de dispositivos intensificadores de imagem. Foram utilizadas placas retas de aço inoxidável do tipo bloqueadas com orifícios combinados (Focus ortopedia, Indaiatuba, São Paulo, Brazil) disponíveis nos sistemas 2,0, 2,7, 3,5 e 4,5 mm, e parafusos corticais bloqueados de aço inoxidável dos sistemas 2,0, 2,7 e 3,5 mm. A quantidade de parafusos e tamanho da placa foram escolhidas com base no planejamento pré-operatório realizado pelo cirurgião responsável, respeitando o conceito de osteossíntese em ponte. Após a fixação final, com as articulações do joelho e do tarso flexionadas a 90°, foi avaliado visualmente o alinhamento da tíbia e do membro como um todo, em busca de possíveis desvios torcionais e nos planos frontal e sagital.

As radiografias pré-operatórias da tíbia afetada foram avaliadas nas projeções craniocaudal e mediolateral para determinar o tipo da fratura (transversa, oblíqua curta, oblíqua longa ou cominutiva) e sua localização (metáfise ou diáfise). Para que não ocorresse artefatos de rotação ou torção interna da tíbia, foi assumido a radiografia caudocranial adequada quando a superfície medial do calcâneo estivesse alinhada no centro da crista intermediária distal da tíbia (Dismukes *et al.*, 2007). As radiografias na projeção mediolateral incluíram a articulação do joelho e do tarso, ambas em flexão de 90° (Pozzi *et al.*, 2013).

O software Radiant Dicom Viewer (2020.1, Medixant, Polônia) foi utilizado para realizar as mensurações angulares radiográficas. As radiografias foram avaliadas por três observadores independentes, de maneira cega. No momento da aferição, o avaliador não teve acesso ao histórico prévio do animal ou qualquer informação clínica. Cada avaliador realizou três aferições do mesmo paciente com três dias de intervalo entre elas.

As variáveis densidade de parafuso, relação placa em ponte, extensão da placa, área de trabalho da placa e intervalo de fratura também foram mensuradas. A densidade de parafuso foi calculada entre a razão da quantidade de parafusos sobre a quantidade de orifícios da placa. A

relação placa em ponte foi calculada como o quociente do comprimento da placa sobre o comprimento da tíbia. A relação extensão da placa resultou do quociente entre comprimento da placa sobre a extensão total da fratura, a área de trabalho a partir do quociente da distância entre o parafuso mais proximal e distal do foco da fratura sobre o comprimento total da tíbia e o intervalo da fratura foi obtido do quociente entre a distância dos fragmentos principais sobre o comprimento da tíbia (Zou *et al.*, 2013).

Os ângulos mecânicos medial proximal e distal da tíbia (mMPTA e mMDTA) foram mensurados conforme descrito por Dismukes *et al.* (2007). No plano frontal, os pontos de referência estabelecidos para orientação da tíbia proximal e distal foram os pontos mais distais da concavidade do osso subcondral na região medial e lateral aos côndilos tibiais e os pontos mais proximais do osso subcondral dos dois sulcos arciformes da cóclea da tíbia, respectivamente. Os pontos de referência estabelecidos para o eixo mecânico da tíbia foram o aspecto mais proximal da fossa intercondilar do fêmur e o ponto mais distal do osso subcondral da crista intermediária distal tibial. Uma linha conectando o ponto de referência distal e o proximal foi feito para demonstrar o eixo da tíbia. O ângulo entre o eixo mecânico da tíbia e as linhas de mensurações nas articulações próximo-medial e distal-medial determinaram os aspectos do ângulo mecânico medial proximal da tíbia (mMPTA) e ângulo mecânico medial distal da tíbia (mMDTA), respectivamente. Após a mensuração dos ângulos, estes foram comparados com os valores de normalidade para a tíbia canina, sendo: mMPTA variando de 89,74° à 96,86° e mMDTA variando de 90,59° à 101,39° (Dismukes *et al.*, 2007).

Os ângulos, mecânico cranial distal (mCrDTA) e mecânico caudal proximal da tíbia (mCaPTA), também foram mensurados (Dismukes *et al.*, 2008). No plano sagital, os pontos de referência que formarão a linha de orientação da articulação proximal da tíbia serão os aspectos cranial e caudal do côndilo medial da tíbia e da articulação distal da tíbia a crista intermediária

distal e o aspecto caudodistal da cóclea da tibia. Entre os pontos de referência se criou uma linha ligando os aspectos craniais com os caudais. Os pontos de referência usados para determinar o eixo mecânico da tibia foram a eminência intercondilar e o centro do círculo criado intersectando os pontos de referência distal da tibia. Os ângulos entre o eixo mecânico e as linhas de orientação das articulações foram mensurados nos aspectos caudoproximal e craniodistal determinando o mCaPTA e mCrDTA, respectivamente. Os ângulos mCaPTA e mCrDTA foram comparados com valores normais da tibia canina, variando de 63° a 64,2° e 81 a 82,3°, respectivamente (Dismukes *et al.*, 2008).

Após a determinação dos ângulos mecânicos da tibia, foi determinado o ângulo do platô tibial ($TPA = 90^\circ - mCaTPA$) (Dismukes *et al.*, 2008; Guiot *et al.*, 2011). Os ângulos mecânicos também foram correlacionados com as variáveis densidade de parafusos, relação placa em ponte, extensão da placa, área de trabalho da placa e intervalo da fratura.

Análise Estatística

Recorreu-se a análise de correlação de Pearson para estudar a relação entre variáveis contínuas. Para inclusão na análise, foram calculados os valores médios obtidos entre os avaliadores e momentos para as variáveis mMPTA, mMDTA, mCaPTA e mCrDTA. Os coeficientes de correlação foram estimados por ponto e intervalo com 95% de confiança e testados para hipótese de que diferem estatisticamente de zero. Para determinar se as variáveis contínuas diferiram entre as categorias (placa fisária, gênero, localização da fratura, acometimento da fíbula e valores alterados de mMPTA, mMDTA, mCaPTA e mCrDTA, recorreu-se ao teste t não pareado. Para testar a associação entre as variáveis categóricas citadas

acima, utilizou-se o teste de qui-quadrado ou exato de Fisher. Todas as análises foram conduzidas no Programa R, considerando-se 5% de nível de significância.

Resultados

Vinte e sete cães foram incluídos no estudo, sendo 14 machos e 13 fêmeas. Dos vinte e sete animais, 17 eram Sem Raça Definida, 2 Rottweiler, 1 Bulldog inglês, 1 Bull terrier, 1 American Staffordshire Terrier, 1 Pinscher, 1 Boxer, 1 Shih-tzu, 1 Doberman pincher e 1 Chow-Chow. O média do peso foi $14,38 \pm 8,81$ kg (2,7 a 36 kg), e da idade, $4,13 \pm 4,58$ anos (6 meses à 15 anos). Dentre todos os cães avaliados, foram considerados juvenis 14 deles, pois possuíam placas fisárias abertas. Fraturas em região diafisária acometeram 24 animais e metafisárias 3, sendo que 77% do montante total apresentaram fratura de fíbula associada. Os tipos de fraturas foram classificados em espiral (22,22%), transversa (7,4%), oblíqua curta (11,11%), oblíqua longa (44,44%) e cominutiva (14,81%). Não foi evidenciado torção do membro e desvios nos planos frontal e sagital na avaliação visual durante o procedimento cirúrgico.

Na avaliação radiográfica no plano frontal, a variável mMPTA incluía 11 animais (40,75%) com ângulos considerados normais. Em contrapartida, 16 animais (59,25%) apresentaram ângulo fora do padrão de normalidade. Na variável mMDTA, 22 animais (81,48%) estavam normais e apenas 5 (18,52%) apresentavam-se fora da normalidade. No plano sagital, todos os animais (100%) apresentaram variação da normalidade do mCaPTA. No mCrDTA, apenas um animal (3,7%) foi classificado como normal e 26 alterados (96,3%). As variáveis encontram-se listadas nas Tabelas 1 e 2.

A média e desvio padrão do TPA foi $22,48^\circ \pm 5,53^\circ$ ($10,93^\circ$ à $33,23^\circ$). Após a comparação com os dados de normalidade para os ângulos da tíbia, foram obtidas as médias e desvios

padrões das alterações angulares, sendo que: mMPTA variou $11,11^\circ \pm 2,31$ ($-1,1^\circ$ à $7,76^\circ$); mMDTA, $0,03^\circ \pm 0,16$ ($-3,44^\circ$ à $0,79^\circ$); mCaPTA, $5,37^\circ \pm 4,29$ ($-6,23^\circ$ à $14,87^\circ$) e mCrDTA, $8,25^\circ \pm 5,53$ ($-0,2^\circ$ à $17,28^\circ$). As alterações do eixo sagital do cão 11 e a alteração do mMPTA do cão 16 estão exemplificados na Figura 1. Os achados de alterações dos ângulos mecânicos de cada paciente, bem como do TPA estão listados na Tabela 2.

A diferença das médias de mMPTA dos animais normais e alterados foram estatisticamente significantes para as variáveis “relação placa em ponte”, “área de trabalho” e “placa fisária” ($p < 0,05$). Animais com mMPTA alterado tiveram menor porcentagem de “relação placa em ponte” e “área de trabalho”; já animais com “placas fisárias” abertas, apresentaram maiores ângulos de mMPTA.

A associação entre as variáveis mMPTA, mMDTA, mCaPTA e mCrDTA com as variáveis “densidade de parafuso”, “intervalo da fratura”, “extensão da placa”, “localização da fratura”, “acometimento da fíbula” e “gênero” não apresentaram significância estatística ($p > 0,05$).

Foi correlacionada as variáveis “densidade de parafuso”, “intervalo de fratura”, “relação placa em ponte”, “área de trabalho”, “extensão da placa”, “mMPTA”, “mMDTA”, “mCaPTA” e “mCrDTA”. Houve correlação positiva entre “intervalo da fratura” com a “relação placa em ponte”, “relação placa em ponte” com a “área de trabalho” e correlação negativa entre “densidade de parafusos” com a “área de trabalho”, “intervalo da fratura” com a “extensão da placa” e “mCaPTA” com “mCrDTA”.

Discussão

A osteossíntese biológica vem sendo o centro das atenções no manejo de fraturas nos últimos anos e seus benefícios são indiscutíveis (Zou *et al.*, 2013; Xu *et al.*, 2015). Índices relevantes de sucesso são reportados, entretanto ainda se observam complicações potenciais. Nossos resultados permitem confirmar a hipótese de que o tratamento de fraturas não articulares de tíbia com a técnica de osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO) possa causar alteração angular e, provavelmente com maior frequência do que é reportado.

Visto que a MIPO tem como característica a manutenção do ambiente biológico por meio da redução indireta e aplicação da placa em modo ponte sem manipulação do foco da fratura (Baroncelli *et al.*, 2012), entende-se que haverá maiores riscos de falhas na fixação dos implantes e principalmente alterações do alinhamento do eixo ósseo. Entretanto índices relativamente baixos dessas complicações foram relatados (Schmokel *et al.*, 2007; Guiot *et al.*, 2011; Baroncelli *et al.*, 2012). Acredita-se que o uso da imagem transoperatória, treinamento especializado dos cirurgiões e sobre-cuidados com tais riscos, sejam responsáveis pelos resultados encontrados e reportados até o momento. Por outro lado, a técnica difundiu-se mundialmente e, mesmo em regiões mais desenvolvidas, a disponibilidade para treinamento e da fluoroscopia não são majoritárias, o que faz com que grande porcentagem de cirurgiões veterinários realize MIPO sem o devido preparo.

Nossos resultados mostram taxas mais altas de alterações angulares após a correção cirúrgica utilizando a técnica MIPO quando comparados a outros recentemente realizados (Guiot *et al.*, 2011; Baroncelli *et al.*, 2012), dos quais utilizaram do artifício da imagem transoperatória. Preocupantemente, nossos desvios não foram visibilizados durante a avaliação subjetiva no período transoperatório, o que nos leva a acreditar em duas possibilidades; os

desvios poderiam ser macroscopicamente imperceptíveis ou o cirurgião não esteve apto a identificá-los.

A MIPO é uma técnica desafiadora e necessita tempo e treinamento para executá-la com excelência. Cirurgiões no início da curva de aprendizado podem ter maiores complicações do que aqueles mais experientes, como maiores índices de infecções, relacionados ou não ao maior tempo operatório (Robinson *et al.*, 2019). De forma semelhante, acreditamos que a grande quantidade de desvios encontrados possa ser causada pela inexperiência dos cirurgiões. Todavia, desvios de menores graus são difíceis de mensurar de forma subjetiva e podem ser imperceptíveis até para cirurgiões experientes, mesmo com a utilização da fluoroscopia intraoperatória. Vale lembrar que o fluoroscópio libera grandes quantidades de radiação, risco em potencial para a equipe cirúrgica. O custo e o aumento do tempo cirúrgico também limitam o uso da fluoroscopia (Miller *et al.*, 2010).

No presente estudo, houve correlação negativa entre os mCaPTA e mCrDTA, ou seja, quanto menor o valor de mCaPTA, maior o de mCrDTA; porém não se sabe a causa exata dessa relação (Desmukes *et al.*, 2008). Sugere-se que ao ponto em que o fragmento proximal e distal se deslocam cranialmente (*recurvatum*) ou caudalmente (*procurvatum*), os ângulos alternam-se de formas opostas. Outro ponto importante foi a quantidade de animais com desvios dos mCaPTA e mCrDTA, totalizando quase 100% dos animais. O acesso cirúrgico medial pode facilitar o alinhamento dos ângulos no plano frontal, entretanto a referência sagital é perdida, principalmente por não se visibilizar o foco da fratura. Isso pode explicar a diferença de animais acometidos pelos desvios angulares entre os diferentes planos.

Nem todos os casos contaram com a moldagem da placa sobre a tíbia, o que pode ter desencadeado as taxas elevadas de desvios angulares no presente estudo. Isso se deve pelo fato da tíbia ter o aspecto triangular na porção proximal, dificultando o alinhamento e aposição da

placa sem a devida moldagem, o que foi destacado recentemente por Cabassu *et al.* (2019), os quais obtiveram bom alinhamento no plano frontal dos cães realizando a moldagem e redução da fratura através da placa óssea.

A forma indireta de redução associada à localização da fratura contribui potencialmente com a formação dos desvios e, a depender da sua intensidade, causar danos à articulação subjacente em longo prazo. Em humanos, dez graus de desvio varo e 5 graus de desvio valgo no terço proximal da diáfise da tíbia são suficientes para exercer pressões máximas sobre a cartilagem articular medial e lateral do joelho, respectivamente. Já no terço médio da diáfise tibial são necessários 15° de desvios varo ou valgo para exercer a mesma pressão sobre a articulação. Quanto mais distal o desvio for do joelho, menos impacto terá sobre a cartilagem articular (McKellop *et al.*, 1991). Em nosso estudo 7 cães apresentaram fratura no terço proximal da tíbia, porém nenhum deles tiveram alterações varo superiores a 10 graus e valgo, a 5 graus. Entretanto, os maiores desvios encontrados no plano frontal foram de animais acometidos por fraturas no terço proximal da tíbia; o cão número 10 e 16 com 7,76° e 8,7° de desvio valgo, respectivamente. Já cães com fraturas no terço distal da tíbia não tiveram alterações angulares no plano frontal.

Desvios nos ângulos tibiais foram descritos após a realização de osteossíntese minimamente invasiva (Apivotthakakul and Chiewcharntanakit, 2009; Buckley *et al.*, 2011), entretanto pouco se discute os efeitos a longo prazo, os quais podem ser potencialmente nocivos. A articulação proximal da tíbia parece ser sensível aos desvios angulares varo e valgo (Wu *et al.*, 1990). Kostuik *et al.* (1975) mostraram que 3° de desvio lateral da tíbia, independente do lado, pode causar alteração na distribuição e transferência de carga para o côndilo oposto. Em outro estudo, Innocenti *et al.* (2016) avaliaram as cargas varo e valgo sobre a articulação do joelho e concluíram que desvios varo maiores que 6° e desvios valgos maiores

que 3° já são responsáveis por efeitos prejudiciais à articulação. Ao comparar nossos resultados com os dados fornecidos pela literatura, acredita-se que mesmo com as elevadas taxas de desvios encontrados, a maioria não sofreria danos adicionais a longo prazo, tão pouco precisariam de correções cirúrgicas. Apenas dois animais (7,4%) poderiam ter problemas futuros devido ao alinhamento errôneo causado pela MIPO. Estudos futuros são necessários para avaliação a longo prazo os efeitos dos desvios secundários às osteossínteses tibiais por MIPO.

Ainda no plano frontal, porém na região distal da tibia, cinco animais (18,52%) apresentaram ângulos mecânicos alterados, baseando-se nos valores normais (Dismukes *et al.*, 2007). Entretanto, esses desvios não devem ser considerados clinicamente relevantes, baseados em estudos prévios (Jaeger, 2007; Petazonni *et al.*, 2012). Jaeger *et al.* (2007) consideraram até 13° de deformidade valgo distal clinicamente normais. Foi relatado a correção cirúrgica de cães que possuíam mais de 16° de desvio valgo na região distal de tibia. Já em outro estudo, foram corrigidas deformidades varo de tibia distal em animais que apresentavam mais de 20° de alteração angular (Petazzoni *et al.*, 2012).

Alterações angulares no plano sagital têm sido amplamente discutidas. Sabe-se que a mensuração de mCaPTA é importante para estimar o ângulo do platô tibial (Guiot *et al.*, 2011; Baroncelli *et al.*, 2012; Morris *et al.*, 2016; Cabassu, 2019) e seu aumento tem sido correlacionado com o desenvolvimento da insuficiência do ligamento cruzado (Morris and Lipowitz, 2001). Entretanto, nem todos os cães com TPA elevado desenvolvem insuficiência do ligamento cruzado cranial (Wilke *et al.*, 2002). Su *et al.* (2015) demonstraram que o TPA pode variar conforme a raça do cão, variando de 15,8° a 40,4° e, que cães de raças menores possuíam média maior (29,2°) do que cães de raças maiores (26,1°). Este mesmo estudo sugere que a variação do TPA não está relacionada com a insuficiência do ligamento cruzado cranial.

Todos os cães aqui estudados apresentaram valores de mCaPTA fora da normalidade, o que interfere diretamente nos valores de TPA. Porém, a média de TPA (22,48°) encontrada está de acordo com a normalidade relatada em alguns estudos (Morris *et al.*, 2001; Wilke *et al.*, 2002; Reif *et al.*, 2003) e nenhum cão apresentou TPA excessivo (Duerr *et al.*, 2007). Visto que o TPA pode variar consideravelmente conforme a raça e tamanho dos animais (Su *et al.*, 2015) não foi possível determinar se as alterações encontradas no presente trabalho estão relacionadas ao procedimento cirúrgico ou a individualidade do paciente.

A correlação entre a diminuição da relação placa em ponte e área de trabalho com o aumento de pacientes com desvios no eixo mMPTA, associada ao fato que 51% dos cães apresentavam placa fisária aberta (juvenis) mostram que a técnica realizada em animais com placas fisárias abertas pode estar correlacionada à maior probabilidade de alteração de mMPTA, a despeito da MIPO ser recomendada para pacientes imaturos (Beale and McCally, 2012). Acredita-se que a limitação em posicionar a placa mais próxima das articulações, o que consequentemente também favoreceu a redução da área de trabalho e a relação placa em ponte, justificam este fator de risco.

Uma vez que a comparação com o membro contralateral não foi realizada e os ângulos mecânicos das tíbias foram comparados com dados previamente publicados na literatura veterinária, identifica-se a principal limitação do presente estudo. Outra limitação importante foi a falta de padronização entre o período de acontecimento da fratura até o momento da cirurgia, o que pode influenciar potencialmente na capacidade e qualidade de redução indireta das fraturas.

Conclusão

A MIPO da tíbia, sem o uso de intensificadores de imagem e sem associação de implantes pode, potencialmente, resultar em alterações angulares, as quais podem representar deformidades clinicamente relevantes.

Referências

- Alberio RL, Re MD and Grassi FA, 2018. Minimally invasive plate osteosynthesis for proximal humerus fractures: a retrospective study describing principles and advantages of the technique. *Advances in Orthopedics* 2018:1-10.
- Apivatthakakul T and Chiewcharntanakit V 2009. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the treatment of the femoral shaft fracture where intramedullary nailing is not indicated. *International Orthopaedics* 33:1119–1126.
- Baroncelli AB, Peirone B, Winter WD, *et al.*, 2012. Retrospective comparison between minimally invasive plate osteosynthesis and open plating for tibial fractures in dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol* 25:410-417.
- Beale BS and McCally R, 2012. Minimally invasive plate osteosynthesis: tibial and fibula. *Vet Clin Small Anim* 42:1023-1044.
- Buckley R, Mohanty K and Malish D, 2011. Lower limb malrotation following MIPO technique of distal femoral and proximal tibial fractures. *INJURY, International Journal of the Care of the Injured* 42:194-199.

- Cabassu J, 2019. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis Using Fracture Reduction Under the Plate without Intraoperative Fluoroscopy to Stabilize Diaphyseal Fractures of the Tibia and Femur in Dogs and Cats. *Vet Comp Orthop Traumatol* 32:475-482.
- Dismukes DI, Tomlinson JL, Fox DB, *et al.*, 2008. Radiographic measurement of canine tibial angles in the sagittal plane. *Veterinary Surgery* 37:300-305.
- Dismukes DI, Tomlinson JL, Fox DB, *et al.*, 2007. Radiographic measurement of the proximal and distal mechanical joint angles in the canine tibia. *Veterinary Surgery* 36:699-704.
- Duerr FM, Duncan CG, Savicky RS, *et al.*, 2007. Risk factors for excessive tibial plateau angle in large-breed dogs with cranial cruciate ligament disease. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 231:1688-1691.
- Guiot LP and Déjardin M, 2011. Prospective evaluation of minimally invasive plate osteosynthesis in 36 nonarticular tibial fractures in dogs and cats. *Veterinary Surgery* 40:171-182.
- Hudson CC, Pozzi A and Lewis DD, 2009. Minimally invasive plate osteosynthesis: Applications and techniques in dogs and cats. *Vet Comp Orthop Traumatol* 22:175-182.
- Innocenti B, Pianigiani S, Ramundo G, *et al.*, 2016. Biomechanical Effects of Different Varus and Valgus Alignments in Medial Unicompartmental Knee Arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty* 31:1-17.
- Jaeger GH, Marcellin-Little DJ and Ferretti A, 2007. Morphology and correction of distal tibial valgus deformities. *Journal of Small Animal Practice* 48: 678-682.
- Kostuik JP, Schmidt O, Harris HR, *et al.*, 1975. A study of weight transmission through the knee joint with applied varus and valgus loads. *Clinical orthopaedics and related research* 108: 95-98.

- Li A, Wei Z, Ding H, *et al.*, 2017. Minimally invasive percutaneous plates versus conventional fixation techniques for distal tibial fractures: A meta-analysis. *International Journal of Surgery* 38:52-60.
- Li Q, Zeng BF, Luo CF, *et al.*, 2014. Limited open reduction is better for simple- distal tibial shaft fractures than minimally invasive plate osteosynthesis. *Genetics and Molecular Research* 13:5361-5368.
- McKellop HA, Sigholm G, Redfern FC, *et al.*, 1991. The effect of simulated fracture-angulations of the tibia on cartilage pressures in the knee joint. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 73:1382-1391.
- Miller DL, Balter S, Schueler BA, *et al.*, 2010. Clinical Radiation Management for fluoroscopically guided interventional procedures. *Radiology* 257: 321-332.
- Morris AP, Anderson AA, Barnes DM, *et al.*, 2016. Plate failure by bending following tibial fracture stabilization in 10 cats. *Journal of Small Animal Practice* 57: 472-478.
- Morris E and Lipowitz AJ, 2001. Comparison of tibial plateau angles in dogs with and without cranial cruciate ligament injuries. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 218:363-366.
- Pagenstert GI, Hintermann B, Barg A, *et al.*, 2007. Realignment Surgery as Alternative Treatment of Varus and Valgus Ankle Osteoarthritis. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 462:156-168.
- Petazzoni M, Nicetto T, Vezonni A, *et al.*, 2012. Treatment of pes varus using locking plate fixation in seven Dachshund dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol* 25:231-238.
- Pozzi A, Hudson CC, Gauthier CM, *et al.*, 2013. Retrospective Comparison of Minimally Invasive Plate Osteosynthesis and Open Reduction and Internal Fixation of Radius-Ulna Fractures in Dogs. *Veterinary Surgery* 42:19-27.

- Robinson WP, Knowles TG, Barthelemy NP, *et al.*, 2019. Perceptions of minimally invasive osteosynthesis: A 2018 survey of orthopedic surgeons. *Veterinary Surgery* 48:1-8.
- Schmokel HG, Stein S, Radke H, *et al.*, 2007. Treatment of tibial fractures with plates using minimally invasive percutaneous osteosynthesis in dogs and cats. *Journal of Small Animal Practice* 48:157:160.
- Su L, Townsend KL, Au J, *et al.*, 2015. Comparison of tibial plateau angles in small and large breed dogs. *Can Vet J* 56:610-614.
- Xu H, Xue Z, Ding H, *et al.*, 2015. Callus formation and mineralization after fracture with different fixation techniques: minimally invasive plate osteosynthesis versus open reduction internal fixation. *PLoS ONE* 10:1-13.
- Wilke VL, Conzemius MG, Besancon MF, *et al.*, 2002. Comparison of tibial plateau angle between clinically normal Greyhounds and Labrador Retrievers with and without rupture of the cranial cruciate ligament. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 221:1426-1429.
- Wu DD, Burr DB, Boyd RD, *et al.*, 1990. Bone and cartilage changes following experimental varus and valgus tibial angulation. *Journal of Orthopaedic Research* 8:572-585.
- Zou J, Zhang W and Zhang C, 2013. Comparison of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis with open reduction and internal fixation for treatment of extra-articular distal tibia fractures. *Injury, International Journal of the Care of the Injured* 44:1102-1106.

Figura 1 – Imagens radiográficas mediolateral do cão numero 11 (A-B) e craniocaudal do cão numero 16 (C) para mensuração dos eixos mecânicos nos planos sagital e frontal, respectivamente. A) Estabelecendo-se as linhas de referências proximais da tíbia, foi mensurado o ângulo mCaPTA ($56,7^\circ$) e comparado com o limite de normalidade (63°), determinando assim o desvio de $-6,2^\circ$. B) Estabelecendo-se as linhas de referências distais da tíbia, foi mensurado o ângulo mCrDTA ($97,2^\circ$) e comparado com o limite de normalidade ($82,3^\circ$), determinando desta forma o desvio de $14,9^\circ$. C) Após o estabelecimentos das linhas de referências proximais da tíbia no plano frontal e comparando com o valor de normalidade, foi obtido o desvio de $8,7^\circ$.

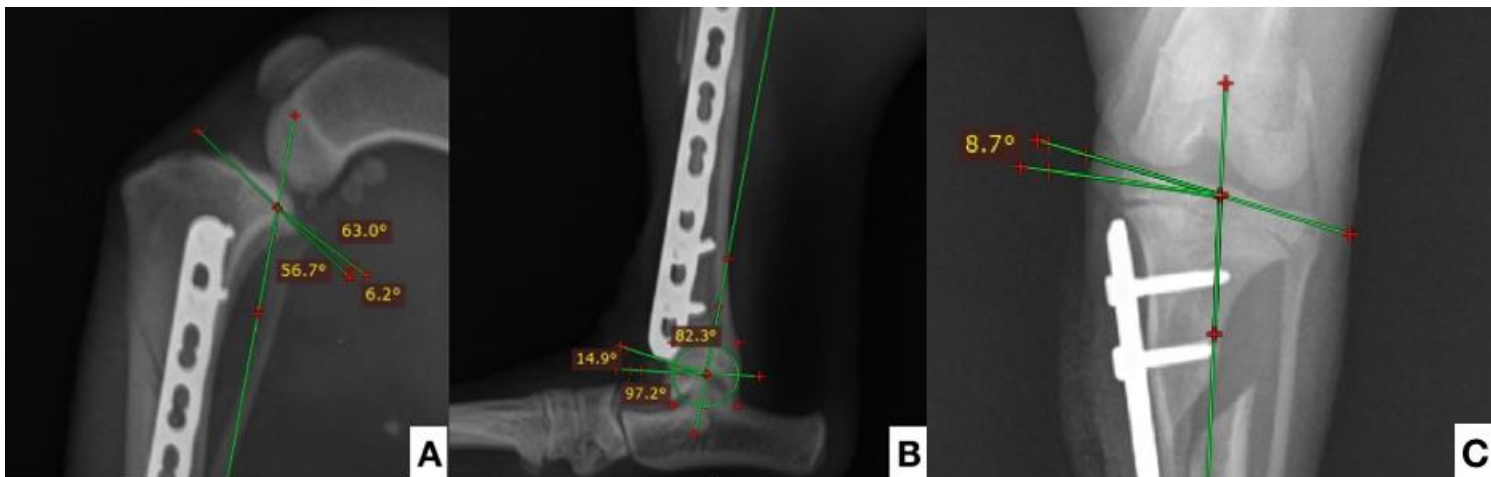


Tabela 1 – Média das avaliações dos 3 avaliadores das variáveis mensuradas a partir de radiografias pós-operatória de 27 cães que apresentaram fraturas de tíbia estabilizadas com osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO)

| Animais | DPA | IF % | RPP % | EP | AT % | mMPTA Média ± DP | mMDTA Média ± DP | mCaPTA Média ± DP | mCrDTA Média ± DP |
|----------------|------------|-------------|--------------|-----------|-------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 0,55 | 29,35 | 94,53 | 3,22 | 49,49 | 94,11±1,19 | 94,25±4,60 | 61,23±6,28 | 88,94±1,65 |
| 2 | 0,42 | 17,25 | 96,26 | 5,58 | 59,31 | 96,07±1,20 | 92,34±3,27 | 65,36±1,54 | 90,71±1,25 |
| 3 | 0,5 | 35,26 | 79,52 | 2,25 | 47,67 | 91,18±0,85 | 95,96±2,75 | 74,05±8,47 | 82,02±7,71 |
| 4 | 0,4 | 6,26 | 70,45 | 11,25 | 48,7 | 99,03±1,26 | 94,76±4,98 | 72,33±8,74 | 89,85±1,15 |
| 5 | 0,5 | 30,24 | 85,21 | 2,81 | 51,19 | 98,58±0,94 | 92,21±3,03 | 60,17±3,36 | 92,48±4,24 |
| 6 | 0,66 | 20,64 | 74,93 | 3,63 | 51,65 | 90,5±5,96 | 94,76±7,58 | 68,98±7,15 | 92,3±2,14 |
| 7 | 0,44 | 36,35 | 84,98 | 2,33 | 53,82 | 95,75±0,91 | 92,67±6,19 | 65,05±4,09 | 93,58±3,13 |
| 8 | 0,45 | 26,93 | 92,59 | 3,43 | 60,75 | 98,14±1,93 | 95,55±6,15 | 74,24±5,38 | 97,13±2,08 |
| 9 | 0,4 | 20,6 | 70,02 | 3,39 | 45,62 | 98,23±1,42 | 100,57±6,10 | 61,43±7,99 | 88,46±5,03 |
| 10 | 0,5 | 21,01 | 77,09 | 3,66 | 45,47 | 104,62±2,92 | 91,38±5,75 | 79,07±13,17 | 90,43±2,79 |
| 11 | 0,41 | 31,57 | 94,64 | 2,99 | 61,77 | 91,43±1,10 | 95,42±2,74 | 56,77±6,69 | 97,2±3,11 |
| 12 | 0,4 | 27,27 | 79,33 | 2,9 | 52 | 96,42±1,32 | 87,15±2,87 | 69,52±3,19 | 88,87±5,90 |
| 13 | 0,41 | 8,17 | 79,11 | 9,72 | 48,52 | 97,35±1,19 | 93,63±5,98 | 65,26±10,28 | 91,5±4,53 |
| 14 | 0,41 | 13,07 | 76,96 | 5,88 | 48,8 | 91,97±1,85 | 90,12±1,61 | 73,23±8,48 | 80,8±7,23 |
| 15 | 0,5 | 9,78 | 58,09 | 5,9 | 34,19 | 97,11±0,75 | 96,66±5,65 | 64,64±6,41 | 88,27±3,64 |
| 16 | 0,57 | 31,6 | 85,82 | 2,7 | 31,68 | 105,56±2,01 | 88,75±2,14 | 75,78±11,14 | 87,9±1,46 |
| 17 | 0,44 | 28,99 | 86,6 | 3,01 | 44,02 | 98,02±1,39 | 95,5±3,04 | 65,85±10,85 | 90,34±3,70 |
| 18 | 0,41 | 30,35 | 98,08 | 3,23 | 60,59 | 95,08±1,56 | 95,92±2,22 | 75,91±8,42 | 84,95±2,31 |
| 19 | 0,36 | 30,25 | 87,4 | 2,88 | 59,68 | 92,65±1,08 | 92,46±3,17 | 67,45±6,40 | 87,26±4,50 |
| 20 | 0,41 | 21,9 | 89,17 | 4,07 | 59,98 | 94,55±1,05 | 94,37±4,15 | 70,08±6,63 | 86,63±4,68 |
| 21 | 0,36 | 31,72 | 77,95 | 2,45 | 54,6 | 95,07±0,86 | 89,8±5,47 | 66,2±7,29 | 87,1±3,15 |
| 22 | 0,55 | 12,7 | 74,46 | 5,85 | 41,21 | 90,56±1,91 | 95,37±4,10 | 66,63±19,13 | 84,78±2,10 |
| 23 | 0,45 | 16,92 | 87,8 | 5,1 | 55,31 | 92,56±0,92 | 96,12±4,54 | 66,5±4,30 | 89,96±1,25 |
| 24 | 0,41 | 27,6 | 72,13 | 2,61 | 46,22 | 88,64±9,51 | 92,01±5,63 | 66,52±7,35 | 90,38±4,33 |
| 25 | 0,41 | 32,04 | 88,69 | 2,76 | 54,98 | 94,45±0,79 | 94,76±3,93 | 62,4±2,73 | 99,58±5,61 |
| 26 | 0,41 | 24,74 | 93,95 | 3,79 | 57,93 | 94,37±0,93 | 93,13±2,42 | 67,98±4,64 | 96,45±2,08 |
| 27 | 0,44 | 18,35 | 82,02 | 4,46 | 52,46 | 101,04±1,16 | 90,11±1,66 | 59,94±5,09 | 95,83±2,68 |

Abreviações: DPA – densidade de parafuso; DP – desvio padrão; IF – intervalo da fratura; RPP- relação placa em ponte; EP- extensão da placa; AT- área de trabalho; mMPTA - ângulo mecânico medial proximal da tíbia; mMDTA – ângulo mecânico medial distal da tíbia; mCaPTA - ângulo mecânico caudal proximal da tíbia; mCrDTA - ângulo mecânico cranial distal da tíbia.

Tabela 2 – Variáveis qualitativas e a magnitude dos desvios angulares da tíbia dos 27 cães que apresentaram fraturas de tíbia estabilizadas com osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO)

| Animais | Localização da fratura | Classificação da fratura | Placa fisária | mMPTA | mMDTA | mCaPTA | mCrDTA | TPA |
|---------|------------------------|--------------------------|---------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | TMD | OC | Fechada | NA | NA | -1,77° | 6,64° | 28,77° |
| 2 | Metáfise | Cominutiva | Fechada | NA | NA | 1,16° | 8,41° | 24,64° |
| 3 | TMD | OL | Aberta | NA | NA | 9,85° | NA | 15,5° |
| 4 | TMD | Transversa | Aberta | 2,17° | NA | 8,13° | 7,55° | 17,67° |
| 5 | TMD | OL | Fechada | 1,72° | NA | -2,83° | 10,18° | 29,83° |
| 6 | TMD | Cominutiva | Fechada | NA | NA | 4,78° | 10° | 21,02° |
| 7 | TPD | OL | Aberta | NA | NA | 1,3° | 11,28° | 24,95° |
| 8 | TMD | OL | Aberta | 1,28° | NA | 10,04° | 14,83° | 15,76° |
| 9 | TPD | OL | Aberta | 1,37° | NA | -1,57° | 7,46° | 28,57° |
| 10 | TPD | OC | Aberta | 7,76° | NA | 14,87° | 8,13° | 10,93° |
| 11 | TMD | OL | Fechada | NA | NA | -6,23° | 14,9° | 33,23° |
| 12 | TMD | OL | Aberta | NA | -3,44° | 5,32° | 6,57° | 20,48° |
| 13 | TMD | Transversa | Fechada | 0,49° | NA | 1,06° | 9,2° | 24,74° |
| 14 | Metáfise | Cominutiva | Fechada | NA | -0,47° | 9,03° | -0,2° | 16,77° |
| 15 | TPD | Transversa | Aberta | 0,25° | NA | 0,44° | 5,97° | 25,36° |
| 16 | TPD | OL | Aberta | 8,7° | -1,84° | 11,58° | 5,6° | 14,22° |
| 17 | TMD | OL | Aberta | 1,16° | NA | 1,65° | 8,04° | 24,15° |
| 18 | TDD | OC | Fechada | NA | NA | 11,71° | 2,65° | 14,09° |
| 19 | TDD | OL | Fechada | NA | NA | 3,25° | 4,96° | 22,55° |
| 20 | TPD | OL | Aberta | NA | NA | 5,88° | 4,33° | 19,92° |
| 21 | TMD | OL | Aberta | NA | 0,79° | 2° | 4,8° | 23,8° |
| 22 | TDD | OC | Fechada | NA | NA | 2,43° | 2,48° | 23,37° |
| 23 | TMD | Cominutiva | Fechada | NA | NA | 2,3° | 7,66° | 23,5° |
| 24 | TPD | OL | Aberta | -1,1° | NA | 2,32° | 8,08° | 23,48° |
| 25 | TDD | Cominutiva | Fechada | NA | NA | -0,6° | 17,28° | 27,6° |
| 26 | Metáfise | OL | Fechada | NA | NA | 3,78° | 14,15° | 22,02° |
| 27 | TMD | OL | aberta | 4,18° | -0,48° | -3,06° | 13,53° | 30,06° |

Abreviações: mMPTA - ângulo mecânico medial proximal da tíbia; mMDTA – ângulo mecânico medial distal da tíbia; mCaPTA - ângulo mecânico caudal proximal da tíbia; mCrDTA - ângulo mecânico cranial distal da tíbia; TPA – ângulo do platô tibial; NA – não alterado; TPD – terço proximal da diáfise; TDD – Terço distal da diáfise; TMD – terço médio da diáfise; OL - oblíqua longa; OC - oblíqua curta

CAPÍTULO 3 - Considerações finais

A MIPO é uma técnica adequada para fixação de fraturas, preservando o ambiente biológico e favorecendo a consolidação óssea. Entretanto apresenta como desvantagem o acesso limitado ao foco de fratura, dificultando a avaliação visual do alinhamento. A avaliação de forma subjetiva no momento da cirurgia parece não ser precisa em diagnosticar desvios angulares discretos de tibia após a realização da MIPO, podendo gerar complicações a longo prazo.

Estudos que avaliem alterações angulares após a MIPO são escassos na medicina veterinária, principalmente sem o uso de imagem intra-operatória. A utilização da fluoroscopia pode trazer riscos ao paciente e cirurgião, e muitas vezes não está disponível.

Os resultados do presente estudo podem auxiliar cirurgiões ao alertá-los desta alteração comum e posteriormente buscarem alternativas que minimizem esta complicação.

Limitações do estudo

A principal limitação do estudo foi a não obtenção de radiografias dos membros contralaterais, ocasionando a falta de padronização dos casos e suas individualidades, embora diversos estudos utilizem os dados da literatura para comparar seus resultados. Outra importante limitação do estudo foi a falta de dados referentes aos animais nos registros do hospital veterinário, como o tempo entre o acontecimento do trauma e fratura até a cirurgia.

APÉNDICE

Apêndice A: Figuras complementares à metodologia

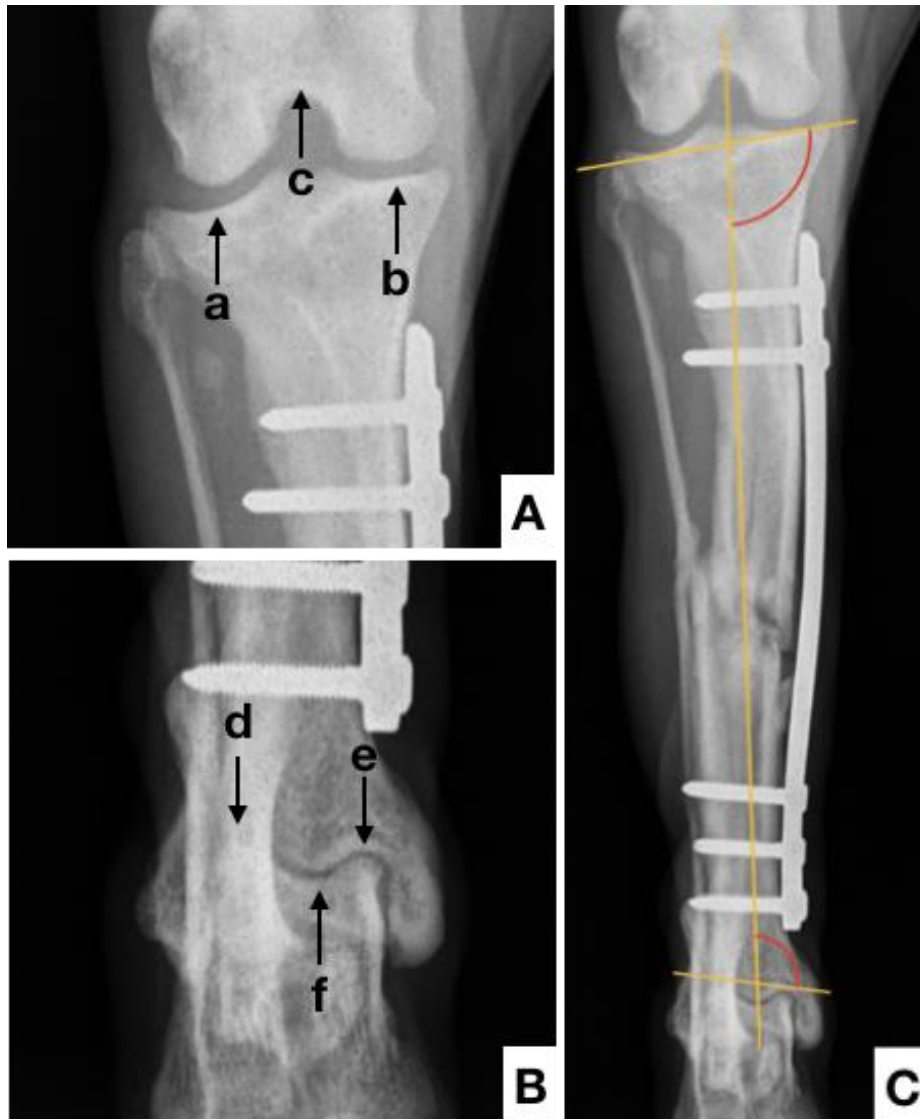


Figura 1A. Imagens radiográficas identificando os pontos de referências proximal e distal da tíbia no plano frontal para determinação dos ângulos mMPTA e mMDTA. A) Radiografia do aspecto proximal da tíbia. a) Côndilo lateral tibial, b) côndilo medial tibial e c) centro do aspecto mais proximal da fossa intercondilar do fêmur. B) Radiografia do aspecto distal da tíbia. d) sulco arciforme lateral coclear tibial, e) sulco arciforme medial coclear tibial e f) crista intermediária distal da tíbia. C) Os ângulos de referência das articulações do joelho e tarso no plano frontal, mCaPTA e mCrDTA respectivamente.

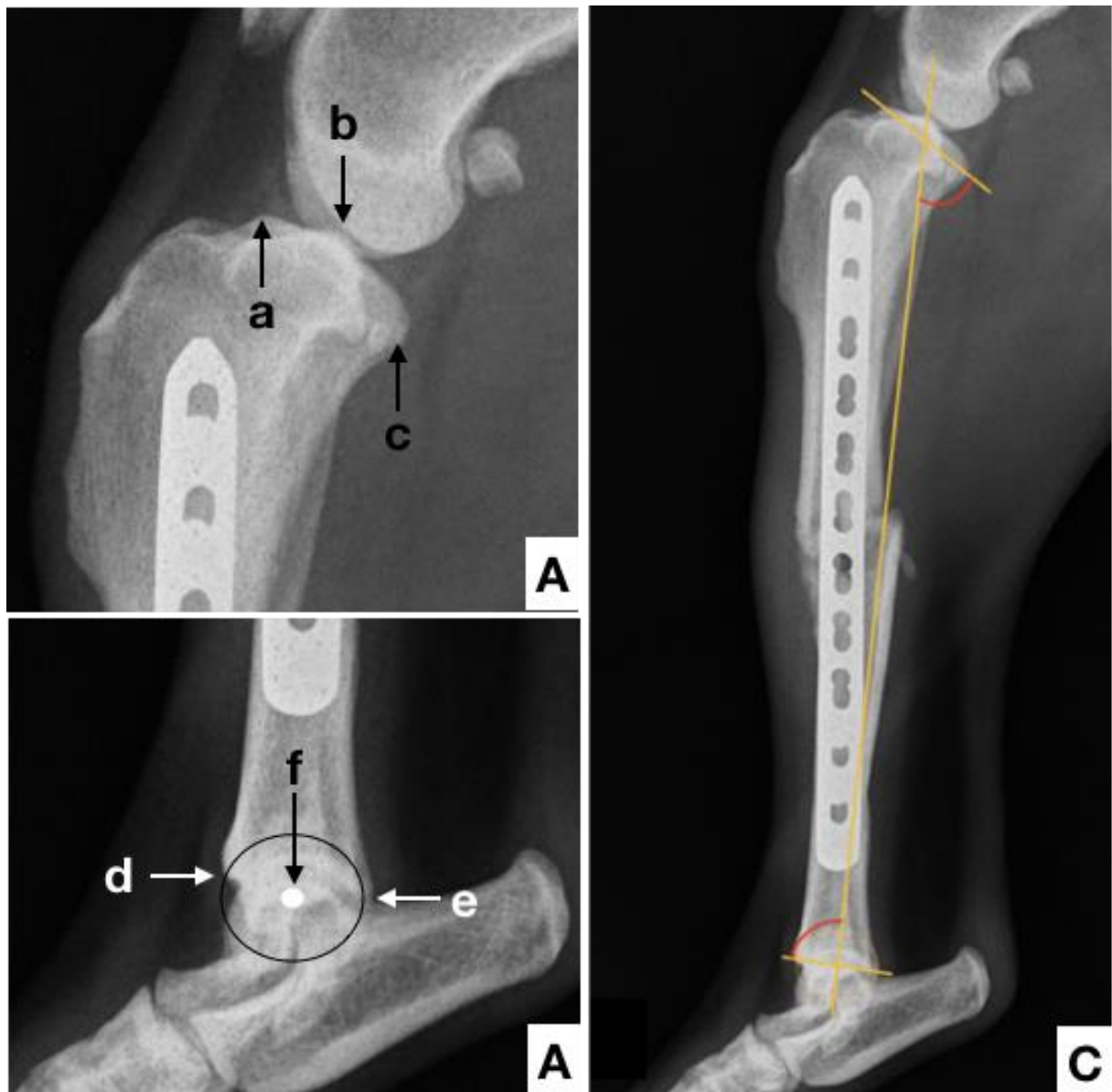


Figura 2A. Imagens radiográficas identificando os pontos de referências proximal e distal da tíbia no plano sagital para determinação dos ângulos mCaPTA e mCrDTA. A) Radiografia do aspecto medial proximal da tíbia. a) Extensão cranial do côndilo medial tibial, b) eminência intercondilar da tíbia e c) extensão caudal do côndilo medial tibial. B) Radiografia do aspecto distal medial da tíbia. d) Aspecto distal da crista intermediária tibial. e) Aspecto caudodistal da cóclea tibial. f) Centro do círculo marca o ponto distal para o eixo mecânico no plano sagital. C) Os ângulos de referência das articulações do joelho e tarso no plano sagital, mCaPTA e mCrDTA respectivamente.

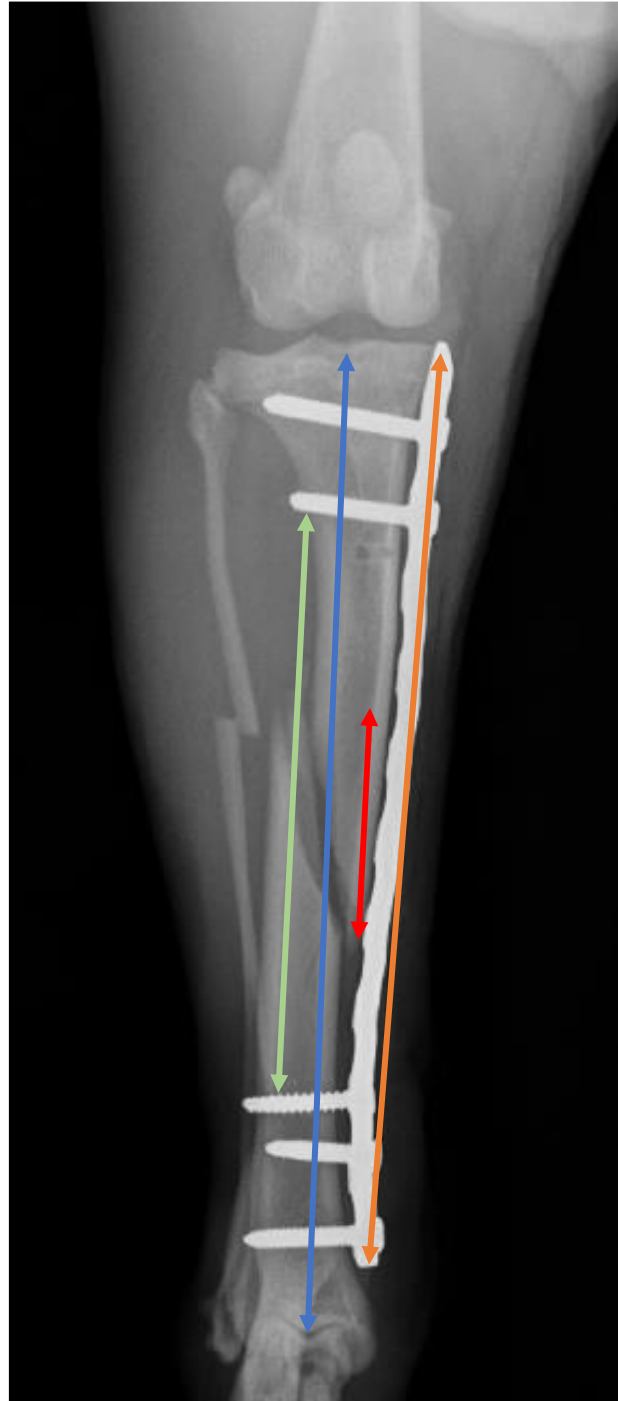


Figura 3A. Imagem ilustrativa da avaliação radiográfica no plano frontal das variáveis densidade de parafuso, relação placa em ponte (comprimento da placa [seta laranja] / comprimento da tíbia [seta azul]), extensão da placa (comprimento da placa [seta laranja] / distância entre os principais fragmentos ósseos [seta vermelha]), área de trabalho da placa (distância entre os dois parafusos mais próximos da fratura [seta verde] / comprimento da tíbia [seta azul]) e intervalo de fratura (distância entre os principais fragmentos ósseos [seta vermelha] / comprimento da tíbia [seta azul]).