

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ESTUDO DA RECONSTRUÇÃO EM PONTE DE FRATURAS
COM LINHAS DE ALTO “STRAIN” DE TÍBIA DE CÃES
UTILIZANDO A TÉCNICA MIPO**

Brenda Mendonça de Alcântara

Médica Veterinária

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ESTUDO DA RECONSTRUÇÃO EM PONTE DE FRATURAS
COM LINHAS DE ALTO “STRAIN” DE TÍBIA DE CÃES
UTILIZANDO A TÉCNICA MIPO**

Discente: Brenda Mendonça de Alcântara

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

2020

A347e

Alcântara, Brenda Mendonça de

Estudo da reconstrução em ponte de fraturas com linhas de alto "strain" de tibia de cães utilizando a técnica MIPO / Brenda Mendonça de Alcântara. -- Jaboticabal, 2020

50 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Bruno Watanabe Minto

1. Consolidação da fratura. 2. Fixação interna de fraturas. 3. Fraturas ósseas. 4. Fraturas em animais. 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).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTUDO DA RECONSTRUÇÃO EM PONTE DE FRATURAS COM LINHAS DE ALTO "STRAIN" DE TÍBIA DE CÃES UTILIZANDO A TÉCNICA MIPO

AUTORA: BRENDA MENDONÇA DE ALCÂNTARA

ORIENTADOR: BRUNO WATANABE MINTO

Aprovada 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. PAULO VINICIUS TERTULIANO MARINHO
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais-Câmpus Muzambinho / Muzambinho/MG

(VIDEOCONFERÊNCIA)

Prof. Dr. FERNANDO DE BIASI
Departamento de Clínicas Veterinárias-UEL / Londrina/PR

(VIDEOCONFERÊNCIA)

Jaboticabal, 23 de julho de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Brenda Mendonça de Alcântara, nascida no município de São José dos Campos, estado de São Paulo, em 19 de fevereiro de 1994. Ingressou no Curso de Medicina Veterinária na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ USP) no ano de 2012. Durante a graduação, realizou estágio em diversas áreas, dentre elas Clínica de Equinos, Clínica de Ruminantes, Bovinocultura de Leite, Reprodução Animal, Clínica Médica de Pequenos Animais e Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais, com enfoque em Ortopedia de Pequenos Animais a partir do terceiro ano. Foi aluna de Iniciação Científica FAPESP (2013/2014) e do Programa Unificado de Bolsas de Estudo USP (2015/2016), junto ao Setor de Anatomia dos Animais Domésticos. Foi presidente da Associação Atlética Acadêmica (2014/2015) e participou da Comissão Organizadora da XXVI SACAVET e do XIII Simpropira (2015/2016). Realizou parte do seu Estágio Curricular Obrigatório no VMSG (Veterinary Medical and Surgical Group), em Ventura na Califórnia – EUA (2016). Entre os anos de 2017 e 2019, participou do Programa de Aprimoramento em Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais no Hospital Veterinário “Luiz Quintiliano de Oliveira” da Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Araçatuba. Atualmente é aluna de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Veterinária da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, com ingresso em março de 2019, sob orientação do Prof. Dr. Bruno Watanabe Minto, e faz parte do Serviço de Ortopedia e Neurologia do Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel”.

EPÍGRAFE

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Deus e aos meus amados pais Cleide e Robson.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre me acompanhar e dar forças para nunca desistir.

Aos meus pais, Robson Alcântara e Cleide Alcântara, a quem devo a vida e todo amor. Por me proporcionarem excelente base para chegar até aqui, ensinando não só a importância da educação, mas também do caráter e disciplina. A eles que investiram em mim tudo o que tinham de olhos fechados e a quem tenho muito orgulho de chamar de família. Sem vocês eu não seria nada.

Ao meu orientador e mentor Prof. Bruno Watanabe Minto, que me concedeu a oportunidade de fazer parte de um grupo tão seletivo dentro da Ortopedia Veterinária. Com quem aprendo diariamente e é exemplo de líder.

Aos responsáveis pelas cirurgias do presente estudo, em especial Guilherme Galhardo Franco e Fabrícia Geovânia Fernandes Figueira, pois esta pesquisa não seria possível sem o trabalho prévio realizado por eles.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, na qual tive inicialmente oportunidade de me aprimorar como cirurgiã, no Câmpus de Araçatuba, e atualmente continuar meu crescimento profissional e pessoal na área da Ortopedia e Neurologia, no Câmpus de Jaboticabal.

Aos professores Luís Gustavo Gosuen Gonçalves Dias e Paola Castro Moraes por todo ensinamento e auxílio sempre que precisei.

Aos amigos com os quais o mestrado me presenteou e que tornam a jornada mais fácil e prazerosa, com quem também aprendo todos os dias.

Ao meu namorado e companheiro Angelo Donadon que tem compartilhado comigo cada conquista, alegria, angústia e desafio. Com quem tenho a sorte de dividir meu dia-a-dia e minha vida. Que possamos continuar crescendo lado a lado em busca de nossos sonhos. O que seria de mim sem seu apoio?

Às minhas filhas de quatro patas Meg, Tica, Vicky e Belinha que não me deixam esquecer o motivo por ter escolhido a Medicina Veterinária e que me impulsionam a querer ser cada dia melhor.

À CAPES por fornecer a bolsa de mestrado, sem a qual teria sido muito difícil a realização desta pesquisa. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos animais e tutores deste estudo, os quais contribuíram de forma essencial para esta produção científica.

SUMÁRIO

	Página
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Introdução e revisão de literatura.....	1
Objetivo.....	3
Hipótese.....	3
Referências.....	4
CAPÍTULO 2 – RECONSTRUÇÃO EM PONTE DE FRATURAS TIBIAIS DE ALTO “STRAIN” POR OSTEOSSÍNTESE MINIMAMENTE INVASIVA COM PLACA.....	6
Resumo.....	6
Introdução.....	7
Material e métodos.....	8
Delineamento experimental.....	8
Procedimento cirúrgico.....	9
Avaliação clínica.....	9
Avaliação radiográfica.....	10
Análise estatística.....	11
Resultados.....	11
Avaliação clínica.....	13
Alinhamento.....	13
Aposição.....	14
Aparato.....	15
Atividade óssea.....	16
Discussão.....	17
Conflito de interesses.....	21

Referências.....	22
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
APÊNDICES.....	26
Apêndice A – Tabelas e figuras suplementares à metodologia.....	27
Apêndice B – Tabelas e figuras suplementares aos resultados.....	30

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



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



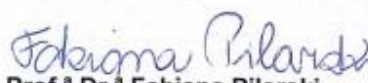
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **“Estudo da reconstrução em ponte de fraturas com linhas de alto strain na tíbia de cães utilizando a técnica MIPO”**, protocolo nº 06866/19, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Bruno Watanabe Minto, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 13 de junho de 2019.

Vigência do Projeto	17/06/2019 a 11/11/2020
Espécie / Linhagem	<i>Canis familiaris</i>
Nº de animais	15 animais
Peso / Idade	Não padronizado / entre 3 meses e 13 anos
Sexo	Não padronizado
Origem	Atendimento do Hospital Veterinário "Governador Laudo Natel" da Universidade Estadual Paulista UNESP Jaboticabal.

Jaboticabal, 13 de junho de 2019.


Prof.ª Dr.ª Fabiana Pilarski
 Coordenadora – CEUA

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



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



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

DECLARAÇÃO

Declaramos que o trabalho de pesquisa intitulado **“Estudo da reconstrução em ponte de fraturas com linhas de alto strain na tíbia de cães utilizando a técnica MIPO”**, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Bruno Watanabe Minto e Certificado CEUA protocolo nº 06866/19, aprovado em reunião ordinária em 13 de junho de 2019, teve o número de animais alterado de 15 para 29 cães e a idade de 03 meses e 13 anos para 02 meses e 15 anos, aprovado em reunião ordinária de 25 de agosto de 2020.

Jaboticabal, 25 de agosto de 2020.

Prof.ª Dr.ª Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

ESTUDO DA RECONSTRUÇÃO EM PONTE DE FRATURAS COM LINHAS DE ALTO “STRAIN” DE TÍBIA DE CÃES UTILIZANDO A TÉCNICA MIPO

RESUMO - O sucesso no tratamento das fraturas de ossos longos envolve a combinação de fatores mecânicos, biológicos e clínicos. Conceitualmente, fraturas de traço simples, consideradas de alto “strain”, são classicamente tratadas por meio de reconstrução anatômica e fixação rígida, a qual, invariavelmente, envolve a redução aberta. O presente estudo clínico teve como objetivo avaliar a fixação em ponte, por meio da abordagem minimamente invasiva com placa (MIPO), de fraturas tibiais simples. Vinte e nove cães de raças variadas, machos e fêmeas, com idade entre dois meses e 15 anos ($2,5 \pm 3,8$ anos) e massa corporal média de $14,3 \text{ kg} \pm 10,9$, apresentando fratura completa simples de tibia, foram incluídos. Todos os pacientes foram submetidos à fixação cirúrgica em ponte, por meio da MIPO, sem uso de intensificadores de imagem. O resultado clínico foi classificado a partir da deambulação de cada animal ao final do tratamento. Os exames radiográficos foram realizados nos períodos pré-operatório, pós-operatório imediato e aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias, ou até o momento de união clínica. Foram analisados alinhamento e aposição dos fragmentos ósseos, características do aparato de fixação óssea e atividade de consolidação óssea. Clinicamente, ao final do tratamento, apenas um paciente apresentava claudicação ao trote; nos demais a claudicação era visivelmente ausente, tanto ao passo quanto ao trote. O ângulo de platô tibial (TPA) ($19,74^\circ \pm 5,56^\circ$) e o ângulo mecânico caudal proximal da tibia (mCaPTA) ($70,26^\circ \pm 5,56^\circ$) apresentaram valores diferentes ($p < 0,05$) dos relatados na literatura. A mediana para o escore de aposição foi 1 (aceitável). A relação placa em ponte (comprimento da placa em relação ao comprimento do osso), comprimento de trabalho da placa e densidade de parafusos da placa foram respectivamente 0,8; 0,57 e 0,48. A mediana para união clínica foi 30 dias. Conclui-se que a abordagem cirúrgica em ponte, por meio da MIPO, proporciona resultados satisfatórios no reparo de fraturas simples não articulares, no entanto, é preciso ter cautela em relação ao alinhamento e à aposição de fragmentos.

Palavras-chave: consolidação da fratura, fixação interna de fraturas, fraturas em animais, fraturas ósseas

CLINICAL STUDY OF BRIDGE FIXATION OF HIGH-STRAIN TIBIAL FRACTURES BY MIPO IN DOGS

ABSTRACT - Success in fracture treatment involves the combination of mechanical, biological and clinical factors. Conceptually, simple fractures, considered high-strain fractures, are classically treated by anatomical reconstruction and rigid fixation, which invariably involves open reduction. The present clinical study aimed to evaluate the bridge plating, by minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO), of simple tibial fractures. Twenty-nine dogs of varied breeds, male and female, aged between two months and 15 years (2.5 ± 3.8 years) and mean body weight of $14.3 \text{ kg} \pm 10.9$, presenting simple fracture in tibia, were included. All patients were submitted to bridge fixation by MIPO, with no intraoperative imaging. The clinical outcome was classified considering the presence of lameness at the end of the treatment. Radiographic evaluations were performed preoperatively, immediately after surgery and after 15, 30, 60, 90 and 120 days, or until clinical union. Alignment and apposition of bone fragments, characteristics of bone fixation apparatus and bone consolidation activity were analyzed. Clinically, at the end of treatment, only one patient presented lameness at a trot; in the other animals, no lameness was observed at a walk or trot. Tibial plateau angle (TPA) ($19.74^\circ \pm 5.56^\circ$) and mechanical caudal proximal tibial angle (mCaPTA) ($70.26^\circ \pm 5.56^\circ$) differed ($p < 0.05$) from values reported in the literature. The median for apposition score was 1 (acceptable). The bridging plate ratio (relationship between plate length and tibia length), plate working length and plate screw density were respectively 0.8, 0.57 and 0.48. The median for clinical union was 30 days. In conclusion, bridge plating by MIPO provides satisfactory results in the repair of non-articular simple fractures, however, it is necessary to be careful about the alignment and apposition of fragments.

Keywords: bone fractures, fracture healing, fracture in animals, internal fracture fixation

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA: análise de variância

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEUA: Comissão de Ética no Uso de Animais

DAM: desvio absoluto médio

DCP: placa de compressão dinâmica

DP: desvio padrão

FCAV: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias

IV: intravenosa

kg: quilograma

LCP: placa de compressão bloqueada

mg/kg: miligrama por quilo

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

mRUST: escala modificada de união radiográfica para fraturas de tíbia

ORIF: redução aberta com fixação interna

RUST: escala de união radiográfica para fraturas de tíbia

TPA: ângulo do platô tibial

Unesp: Universidade Estadual Paulista

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2	Página
Tabela 1. Resumo dos dados clínicos dos 29 cães incluídos neste estudo com fraturas de linhas simples de tíbia tratados com fixação em ponte por osteossíntese minimamente invasiva com placa.....	12
Tabela 2. Média e desvio padrão dos ângulos articulares mecânicos da tíbia no pós-operatório e o valor de p relacionado à comparação com os valores descritos na literatura, a partir do teste t	14
APÊNDICE A	
Tabela 1A. Escala modificada de união radiográfica para fraturas de tíbia (mRUST) (Litrenta et al., 2015)	27
Tabela 2A. Escala de avaliação dos parâmetros radiográficos: reação periosteal, reestabelecimento de cortical, reestabelecimento do canal medular, volume do calo ósseo, presença de ponte óssea e remodelamento ósseo (Adaptado Filgueira et al., 2019)	27

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Página

Figura 1. Imagens radiográficas da tíbia direita de cão da raça Shih Tzu, com 8 meses de idade e 6,6kg de massa corporal. A: Imagem radiográfica pré-operatória de fratura em espiral do terço médio da diáfise tibial (projeção craniocaudal). B: Imagem radiográfica pré-operatória na projeção mediolateral. C: Mensuração dos ângulos mecânicos mediais proximal (1) e distal (2) da tíbia, no pós-operatório. D: Mensuração dos ângulos mecânicos caudal proximal (3) e cranial distal (4) da tíbia, no pós-operatório. Aposição inadequada dos fragmentos na projeção mediolateral (escore 2). E: Processo de remodelamento ósseo aos 90 dias de pós-operatório.....

13

Figura 2. Imagens radiográficas na projeção mediolateral de cinco casos de fraturas de tíbia em cães submetidas à fixação em ponte por osteossíntese minimamente invasiva com placa, demonstrando aposição de fragmentos inadequada no pós-operatório imediato (A-E) e posterior consolidação e remodelamento ósseo dos respectivos casos (F-J).....

15

Figura 3. Imagens radiográficas na projeção craniocaudal do processo de reparação óssea da tíbia direita de cão, da raça Bull Terrier, com 1 ano de idade e 14 kg de massa corpórea, apresentando fratura oblíqua em terço médio da diáfise, submetido à fixação em ponte por osteossíntese minimamente invasiva com placa. A: Pré-operatório. B: Pós-operatório imediato. C: 15 dias, presença de reação periosteal, com linha de fratura visível. D: 30 dias, formação de ponte óssea lateral. E: 60 dias, reestabelecimento de cortical com presença de remodelamento do calo ósseo.....

16

Figura 4. Gráfico demonstrando a evolução da consolidação óssea, ao longo dos dias, por meio da escala modificada de união radiográfica para fraturas de tíbia (mRUST), considerando a população amostral observada e as notas atribuídas pelos avaliadores, a partir da análise por Modelos Lineares Mistos. Letras diferentes remetem a medianas diferentes, enquanto letras iguais, a medianas iguais. Escores a partir de 11 são considerados união clínica.....

17

APÊNDICE A

Figura 1A. Imagens ilustrativas da avaliação pós-operatória de aposição entre os fragmentos e torção tibial. Pós-operatório imediato da fixação em ponte por osteossíntese minimamente invasiva com placa da tíbia direita de cão da raça Shih Tzu, com 8 meses de idade e 6,6 kg de massa corporal. A: Demonstração da aferição do diâmetro tibial (tracejado amarelo) e da dispersão entre os fragmentos na projeção craniocaudal

(seta amarela). A torção foi estimada pela relação da distância entre a borda medial do calcâneo e a crista intermediária da cóclea da tíbia (seta vermelha), que nesse caso estão sobrepostas, e a distância entre os sulcos medial e lateral da cóclea da tíbia (indicados pelas setas azuis). B: Projeção mediolateral, indicando dispersão indesejada dos fragmentos ósseos (seta amarela)..... 28

Figura 2A. Imagem ilustrativa da avaliação radiográfica da relação placa em ponte (comprimento da placa (seta vermelha) / comprimento tibial (seta amarela) e do comprimento de trabalho da placa (distância entre os parafusos mais próximos do foco de fratura (seta azul) / comprimento da placa (seta vermelha)..... 29

APÊNDICE B

Figura 1B. Imagens radiográficas da tíbia de cão da raça American Staffordshire Terrier, com 11 meses de idade e 27kg de massa corporal. Presença de fratura em terço proximal da diáfise tibial. A: Imagem do pós-operatório imediato, indicando a presença do parafuso proximal na articulação do joelho. B: 15 dias, soltura dos parafusos proximais. C: 30 dias, presença de ponte óssea lateral e medial e soltura dos parafusos proximais. D: 120 dias, retirada dos implantes, reestabelecimento das corticais com presença de remodelamento ósseo..... 30

Figura 2B. Gráficos demonstrando a mediana dos escores para os parâmetros reação periosteal, volume do calo ósseo, reestabelecimento de cortical, reestabelecimento do canal medular, presença de ponte óssea e remodelamento ósseo, nos dias 15, 30, 60, 90 e 120 de pós-operatório. Diferença estatística ($p < 0,05$) entre os dias indicada por letras diferentes..... 31

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

Introdução e Revisão de Literatura

Otimizar a consolidação de fraturas em pequenos animais, acelerando o retorno à função do membro acometido, é alvo de diversos estudos na ortopedia veterinária. A reparação óssea é processo complexo que exige a combinação de fatores mecânicos e biológicos, sendo o tempo de regeneração influenciado por fatores inerentes à fratura, como o osso acometido e a deformação relativa (“strain”), relacionados ao paciente, como idade e presença de comorbidades, e ainda, ao método de tratamento estabelecido (Giannoudis et al., 2007; Santos et al., 2016).

A opção de fixação óssea escolhida deve ser capaz de controlar as forças de compressão, tensão, flexão, cisalhamento e torção (Roush, 2005). O grau de estabilidade determinará se as células tronco se diferenciarão em condrócitos ou osteoblastos (Einhorn e Gerstenfeld, 2015). Estabilidade absoluta resulta em consolidação óssea primária, onde não ocorre a formação de calo ósseo ou este é mínimo, enquanto, em fixações mais flexíveis, a regeneração óssea acontece em etapas (consolidação óssea secundária), inicialmente com a fase inflamatória, seguida de formação de calo fibrocartilaginoso, calo ósseo e remodelamento, sucessivamente (Perren, 2002; Macedo et al., 2018).

Conceitualmente, em fraturas simples, as células ósseas são mais sensíveis às cargas e ao movimento, ou seja, apresentam movimentação interfragmentária com maior deformação relativa quando comparadas às fraturas com múltiplos fragmentos, sob a mesma quantidade de carga aplicada. Sendo assim, são consideradas, na ortopedia, fraturas de alto “strain” e classicamente abordadas pela reconstrução anatômica e fixação rígida a partir de redução aberta (ORIF), onde há compartilhamento de carga entre osso e implantes (Perren et al., 2015; Macedo et al., 2018).

No entanto, as abordagens abertas vêm sendo relacionadas à relevante risco de complicações, como uniões retardadas e infecção, especialmente pelo trauma aos

tecidos moles adjacentes, comprometimento da vascularização periosteal e interferência no coágulo primordial (Mizuno et al., 1990; Perren, 2002; Pozzi et al., 2012; Xu et al., 2015; Augat e Ruden, 2018). Além disso, as fixações rígidas podem gerar proteção contra o estresse, resultando em osteopenia, retardo na reparação óssea e possibilidade de refratura após retirada dos implantes estabilizadores (Glatt et al., 2017; Augat e Ruden, 2018; Macedo et al., 2018).

Fixações mais flexíveis são obtidas a partir do distanciamento dos pontos de fixação em relação à linha de fratura, ocorrendo maior distribuição das cargas ao longo do implante, reestabelecendo alinhamento e função do membro, o que pode ser alcançado por meio de haste intramedular bloqueada e placa e parafusos, por exemplo (Perren, 2002).

Existe linha tênue entre micromovimento apropriado e fixação instável (Stoffel et al., 2003; Vallefucio et al., 2016). Na fixação em ponte, a consolidação óssea secundária é possível pois, com a evolução do processo, há balanço entre “strain” tolerado e “strain” induzido. Durante o processo de reparação óssea, a resistência à micromovimentação diminui, visto que o tecido de granulação, presente na fase inicial da reparação óssea secundária, suporta “strain” de 100%, enquanto o tecido ósseo suporta até 2%. Ao mesmo tempo, a rigidez dos tecidos aumenta permitindo que o próximo passo ocorra (Perren et al., 2015).

A aplicação de placa e parafusos na função ponte ganhou destaque com as placas bloqueadas, as quais não necessitam de íntimo contato com osso, obtendo estabilidade mecânica a partir do travamento do parafuso na placa, reduzindo assim a lesão periosteal (Augat e Ruden, 2018). Geralmente a fixação em ponte é indicada em fraturas cominutivas, nas quais não é possível a reconstrução da coluna óssea, ou ainda em pacientes muito jovens, independente do tipo de fratura (Cabassu, 2001) e tem como vantagem a possibilidade de aplicação minimamente invasiva (Pozzi e Lewis, 2009).

A osteossíntese biológica faz uso da fixação em ponte após redução indireta, almejando menor lesão periosteal e preservação do hematoma primordial. A osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO) é uma das técnicas mais empregadas e a tíbia um dos ossos longos mais acessíveis à sua utilização, dado a

baixa cobertura muscular na face que a placa é implantada e facilidade de visualização do eixo mecânico (Beale e McCally, 2012; Rosa-Ballaben et al., 2016).

Sabe-se que o tratamento de fraturas não pode considerar apenas quesitos mecânicos ou apenas biológicos. Encontrar a combinação entre os dois aspectos que resulte em otimização do reparo ósseo com menores taxas de complicação é ainda hoje grande desafio (Elliott et al., 2016).

Alguns estudos demonstram a eficácia, os benefícios e as limitações da fixação em ponte por MIPO em ossos longos de cães e gatos (Guiot e Dejardin, 2011; Filgueira et al., 2018), inclusive em comparação à ORIF (Peirone et al., 2012; Pozzi et al., 2012; Pozzi et al., 2013; Xu et al., 2015), porém, em nenhum deles avalia-se exclusivamente a aplicabilidade e eficácia da técnica em fraturas de alto “strain” decorrentes de trauma, enquanto em humanos, já existem estudos sobre o tema (Kim et al., 2015; Wall et al., 2019). Dessa forma, propõe-se avaliar a estabilização relativa com placa e parafusos, de forma minimamente invasiva, de fraturas simples de tíbia de cães.

Objetivo

Avaliar o efeito da estabilidade relativa, por meio da osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO), em fraturas completas simples, consideradas de alto “strain”, de tíbia de cães.

Hipótese

Fraturas de traço simples estabilizadas por meio de fixação em ponte apresentariam resultados satisfatórios em relação à reparação óssea, com baixas taxas de complicação, desde que realizada de forma minimamente invasiva.

Referências

- Augat P, Ruden C (2018). Evolution of fracture treatment with bone plates. **Injury-International Journal of The Care of the Injured** 49:2-7.
- Beale BS, McCally R. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis: Tibia and Fibula (2012). **Veterinary Clinics: Small Animal Practice** 42:1023-1044.
- Cabassu JP (2001). Elastic plate osteosynthesis of femoral shaft fractures in young dogs. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 14:40-45.
- Einhorn TA, Gerstenfeld, LC (2015). Fracture healing: mechanisms and interventions. **Nature Reviews Rheumatology** 11: 45-54.
- Elliott DS, Newman KJH, Forward DP, Hahn DM, Ollivere B, Kojima K, Handley R, Rossiter ND, Wixted JJ, Smith RM, Moran CG (2016). A unified theory of bone healing and nonunion. **The bone and joint journal** 98:884-91.
- Filgueira FGF, Minto BW, Chung DG, Prada TC, Rosa-Ballaben NM, Campos MGN (2019). Platelet-rich plasma, bone marrow and chitosan in minimally invasive plate osteosynthesis of canine tibia fractures – a randomized study. **Veterinarni Medicina** 64:309-316.
- Giannoudis PV, Einhorn TA, Marsh D (2007). Fracture healing: the diamond concept. **Injury-International Journal of The Care of the Injured** 38:3-6.
- Glatt V, Evas CH, Tetsworth K (2017). A Concert between Biology and Biomechanics: The Influence of the Mechanical Environment on Bone Healing. **Frontiers in Physiology** 7:1-18.
- Guiot LP, De Jardin LM (2011). Prospective Evaluation of Minimally Invasive Plate Osteosynthesis in 36 Nonarticular Tibial Fractures in Dogs and Cats. **Veterinary Surgery** 40:171-182.
- Kim JW, Oh CW, Byun YS, Kim JJ, Park KC (2015). A Prospective Randomized Study of Operative Treatment for Noncomminuted Humeral Shaft Fractures: Conventional Open Plating Versus Minimal Invasive Plate Osteosynthesis. **Journal of Orthopaedic Trauma** (29):189-194.
- Macedo AS, Marinho PVT, Dal-Bó IS, Bregadioli T, Diamante G, Fiuza B, Zoppa ALV, Ferrigno CRA (2018). Physics behind the implants used for high strain fractures: literature review. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science** 55:1-8.
- Mizuno K, Mineo K, Tachibana T, Sumi M, Matsubara T, Hirohata K (1990). The osteogenetic potencial of fracture haematoma. **The Journal of Bone and Joint Surgery** 72-B:822-9.
- Peirone B, Rovesti GL, Baroncelli AB, Piras L (2012). Minimally Invasive Plate Osteosynthesis Fracture Reduction Techniques in Small Animals. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice** 42:873–895.

Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures (2002). **The Journal of Bone and Joint Surgery** 84-B:1093-1110.

Perren SM, Fernandez A, Regazzoni P (2015). Understanding Fracture Healing Biomechanics Based on the “Strain” Concept and its Clinical Applications. **Acta Chirurgia Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca** 82: 253-260.

Pozzi A, Lewis DD (2009). Surgical approaches for minimally invasive plate osteosynthesis in dogs. **Veterinary and Comparative Orthopedics and Traumatology** 22: 316-320.

Pozzi A, Risselada M, Winter, MD (2012). Assessment of fracture healing after minimally invasive plate osteosynthesis or open reduction and internal fixation of coexisting radius and ulna fractures in dogs via ultrasonography and radiography. **Journal of the American Veterinary Medical Association** 241:744-753.

Pozzi A, Hudson CC, Gauthier CM, Lewis DD (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.

Rosa-Ballaben NM, Filgueira FGF, Avante ML, Chung DG, Moraes PC, Minto BW. (2017). Minimally invasive osteosynthesis with locked plate with no intraoperative imaging for tibial fractures in dogs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 69:347-354.

Roush JK (2005). Management of Fractures in Small Animals. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice** 35:1137-1154.

Santos JF, Ferrigno CRA, Dal-Bó IS, Caquíás DFI (2016). Nonunion fractures in small animals - A literature review. **Semina: Ciências Agrárias** 37: 3223-3230.

Stoffel K, Dieter U, Stachowiak G, Gachter A, Kuster MS (2003). Biomechanical testing of the LCP – how can stability in locked internal fixators be controlled? **Injury-International Journal of The Care of the Injured** 34:11-19.

Vallefuoco R, Pommellet HL, Savin A, Decambron A, Manassero M, Viateau V, Gauthier O, Fayolle P (2016). Complications of appendicular fracture repair in cats and small dogs using locking compression plates. **Veterinary and Comparative Orthopedics and Traumatology** 29:46-52.

Wall BJM, Theus C, Link BC, Veelen N, Leeuwen RJH, Ganzert C, Babst R, BeeresFJP (2019). Absolute or relative stability in plate fixation for simple humeral shaft fractures. **Injury-International Journal of The Care of the Injured** 50:1986-1991.

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.

CAPÍTULO 2 – Reconstrução em ponte de fraturas tibiais de alto “strain” por osteossíntese minimamente invasiva com placa¹

Normas do periódico “Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology”

Resumo

Objetivo: Avaliar o efeito da estabilização em ponte de fraturas de alto “strain” de tíbia de cães, por meio da osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO).

Material e métodos: Vinte e nove cães, com idade entre dois meses e 15 anos ($2,5 \pm 3,8$ anos) e massa corporal média de $14,3 \text{ kg} \pm 10,9$, com fraturas simples e completas de tíbia foram submetidos à fixação em ponte por MIPO. Os pacientes foram clinicamente avaliados com base na deambulação ao final do tratamento e acompanhados radiograficamente nos momentos pré-operatório, pós-operatório imediato e após 15, 30, 60, 90 e 120 dias, ou até a união clínica. Avaliou-se o alinhamento ósseo por meio da aferição dos ângulos articulares mecânicos da tíbia e posterior comparação com os valores descritos na literatura, pelo teste t ($p < 0,05$). Adicionalmente, foram avaliadas a posição dos fragmentos, aplicação e disposição dos implantes. Baseada na escala modificada de união radiográfica para fraturas de tíbia (mRUST), determinou-se o momento de união clínica.

Resultados: Apenas um paciente apresentava claudicação ao trote ao final do tratamento. Não houve diferença significativa entre o alinhamento ósseo no plano frontal quando comparado com dados da literatura ($p > 0,05$), enquanto, no plano sagital, o ângulo do platô tibial foi significativamente menor ($p = 0,001$). A mediana para a posição dos fragmentos foi considerada aceitável. As médias para relação placa em ponte, comprimento de trabalho da placa e densidade de parafusos da placa foram respectivamente 0,8; 0,57 e 0,48. A mediana para união clínica foi 30 dias.

¹ Este capítulo corresponde ao artigo científico a ser submetido ao periódico “Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology”.

Conclusão: Fraturas simples de tíbia podem ser tratadas efetivamente por meio de fixação em ponte. Acredita-se que a aplicação dos conceitos de osteossíntese biológica tenham influenciado sobremaneira estes resultados.

Palavras-chave: consolidação óssea, deformidade angular, osteossíntese biológica, platô tibial.

INTRODUÇÃO

O tratamento de fraturas de ossos longos envolve planejamento multifatorial, no qual deve-se reconhecer e considerar fatores mecânicos, biológicos e clínicos para obtenção de bons resultados (Roush, 2005). Do ponto de vista mecânico, busca-se o equilíbrio e controle da micromovimentação interfragmentar, resultado da combinação entre a técnica de fixação e classificação da fratura, enquanto biologicamente, procura-se interferir o mínimo possível no ambiente da fratura (Elliott et al., 2016).

O excesso de movimentação interfragmentar é potencialmente deletério, especialmente em fraturas de linhas simples, as quais são consideradas de alto “strain”. Nesse caso, cargas de mesma magnitude geram deformidade relativa consideravelmente maior em fraturas cuja distância entre os fragmentos é pequena quando comparadas às fraturas com lacuna maior (Macedo et al., 2018). Conceitualmente, a reconstrução anatômica com compressão interfragmentar, a partir da técnica de redução aberta com fixação interna (ORIF), é preconizada para fraturas de alto “strain”, entretanto enfrenta-se desvantagens no âmbito biológico, devido à manipulação excessiva dos tecidos moles adjacentes e interferência na vascularização periosteal e hematoma primordial da fratura (Pozzi et al., 2012). Adicionalmente, lida-se frequentemente com o excesso de rigidez, o qual leva à proteção contra o estresse e, conseqüentemente, reabsorção óssea e retardo na reparação (Glatt et al., 2017; Augat e Ruden, 2018; Macedo et al., 2018).

A redução indireta com fixação em ponte, por sua vez, preconiza o reestabelecimento do eixo mecânico e comprimento ósseo e, a partir de estabilidade relativa, a promoção de consolidação óssea secundária. O microambiente mecanicamente criado por esta abordagem é favorável ao tratamento de fraturas

consideradas de baixo “strain”, ou seja, onde a movimentação interfragmentar não é demasiadamente nociva ao processo de reparação. A grande vantagem desse método é a possibilidade de aplicação minimamente invasiva (Perren, 2002; Augat et al. 2005; Perren et al., 2015), como na osteossíntese minimamente invasiva com placa (MIPO), almejando maximizar a preservação do ambiente da fratura e otimizar a consolidação óssea (Pozzi et al., 2012).

A despeito das diretrizes estabelecidas para o manejo cirúrgico de fraturas de ossos longos serem seguidas ou não, os resultados de publicações científicas ou de observações clínicas práticas não são claros no que se diz respeito à utilização de diferentes “guidelines”. A aplicabilidade e eficácia da fixação em ponte por MIPO em ossos longos de cães e gatos foi descrita (Pozzi e Lewis, 2009; Guiot e Déjardin, 2011; Boero et al., 2012), entretanto, não há estudos veterinários clínicos que avaliem de forma exclusiva e objetiva esse método de fixação em fraturas de linha simples, como alternativa à ORIF. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi investigar o tratamento de fraturas de alto “strain” de tíbia de cães a partir da fixação em ponte por meio da MIPO. Esta hipótese fundamenta-se no fato de que a estabilização relativa dessas fraturas resultaria em consolidação óssea precoce com baixas taxas de complicação, desde que realizada de forma minimamente invasiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado com anuência da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal (CEUA – FCAV/Unesp Jaboticabal), sob o protocolo nº 06866/19.

Delineamento experimental

Foram utilizados neste estudo 29 cães, atendidos no Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel” Unesp Jaboticabal, com fratura de tíbia simples (transversa, oblíqua ou espiral), completa, não articular, fechada, associada ou não à fratura de fíbula, sem histórico de enfermidades que pudessem comprometer a consolidação óssea. Todos os pacientes foram submetidos à fixação em ponte por osteossíntese minimamente invasiva com placa. O acompanhamento radiográfico foi

realizado de forma periódica, nos períodos pré-operatório, pós-operatório imediato e após 15, 30, 60, 90 e 120 dias, sendo alguns casos acompanhados apenas até a união clínica.

Os dados sobre idade, massa corporal e raça do paciente, tempo entre o trauma e o procedimento cirúrgico, complicações cirúrgicas, dimensão dos implantes utilizados e avaliação clínica do paciente ao final do tratamento foram registrados.

Procedimento cirúrgico

Como profilaxia antimicrobiana, foi administrada cefalotina (22mg/kg / IV), no momento da indução anestésica e a cada 90 minutos de cirurgia. Sob anestesia geral inalatória e após preparo para cirurgia asséptica, o animal foi posicionado em decúbito lateral para exposição da face medial da tíbia afetada. Foi realizada redução indireta da fratura, a partir de distração manual, verificando-se alinhamento ósseo por meio do posicionamento das articulações do joelho e do tarso, sem o uso de intensificadores de imagem.

Realizou-se o acesso cirúrgico da tíbia para MIPO conforme descrito anteriormente por Pozzi e Lewis (2009). A partir de portais, proximal e distal ao foco da fratura, representados por incisões cutâneas, subcutâneas e fasciais, criou-se túnel epiperiosteal, pelo qual inseriu-se a placa bloqueada (sistema LCP- placa de compressão bloqueada) de aço inoxidável (Focus Ortopedia®, Indaiatuba, SP, Brasil). Todas as placas foram fixadas em ponte, com dois ou três parafusos bloqueados por segmento ósseo. A moldagem da placa e as dimensões da placa e dos parafusos foram planejadas de acordo com cada paciente, incluindo sistemas 1,5 mm, 2 mm, 2,7 mm, 3,5 mm e 4,5 mm. Os planos fasciais (proximal e distal) e subcutâneo foram suturados em camadas com fio monofilamentar absorvível e a pele em padrão simples separado com fio monofilamentar inabsorvível.

Avaliação clínica

Ao final do tratamento, o resultado clínico foi definido a partir do grau de claudicação do membro afetado: grau 0, ausência de claudicação visível ao passo e ao trote, grau 1: claudicação ao trote, grau 2: claudicação ao passo e ao trote, grau 3: impotência funcional do membro (Adaptado de Scott e Witte, 2011).

Avaliação radiográfica

As radiografias pré-operatórias, pós-operatórias imediatas, e aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias foram analisadas, de forma cega, por três avaliadores, observando-se alinhamento pós-operatório, aposição entre os fragmentos, disposição dos implantes e consolidação óssea.

O alinhamento pós-operatório baseou-se na aferição dos ângulos articulares mecânicos da tíbia de cães, descritos por Dismukes et al. (2007) e Dismukes et al. (2008). Na projeção craniocaudal, aferiu-se o ângulo mecânico medial proximal da tíbia (mMPTA) e o medial distal (mMDTA), enquanto na projeção mediolateral, foram aferidos os ângulos mecânicos cranial distal da tíbia (mCrDTA), o caudal proximal (mCaPTA) e o ângulo do platô tibial (TPA). Os valores obtidos foram comparados aos descritos na literatura (Dismukes et al. 2007; Dismukes et al., 2008). O alinhamento em relação à torção foi considerado inaceitável quando a distância entre a face medial do calcâneo e a crista intermediária da cóclea da tíbia era maior que 50% da distância entre os sulcos medial e lateral da cóclea tibial (Dismukes et al., 2007), certificando-se que a região proximal da tíbia estava alinhada.

No período pós-operatório imediato, a aposição entre os fragmentos foi aferida a partir da relação entre a dispersão dos fragmentos (maior distância entre os fragmentos), tanto na projeção mediolateral, quanto craniocaudal, e o diâmetro do istmo tibial, na projeção craniocaudal. Quando essa relação remeteu a valores menores ou iguais à 50%, considerou-se boa aposição (escore 0), valores entre 50% e 100% foram considerados como aposição aceitável (escore 1) e valores maiores que 100%, aposição inadequada (escore 2) (Adaptado de Guiot e Déjardin, 2011).

Adicionalmente, foram registrados tamanho da placa e número de parafusos utilizados. Calculou-se a relação entre o comprimento da placa e o comprimento da tíbia (relação placa em ponte), a distância entre os parafusos próximos à linha de fratura e o tamanho da placa (comprimento de trabalho da placa), e o número de parafusos utilizados em relação ao número de orifícios da placa (densidade de parafusos da placa).

A consolidação óssea foi avaliada a partir da escala modificada de união radiográfica para fraturas de tíbia (mRUST) (Litrenta et al., 2015), sendo considerado o momento de união clínica quando havia ponte óssea em pelo menos três das quatro corticais ósseas, considerando duas projeções radiográficas ortogonais. Os parâmetros reação periosteal, reestabelecimento de cortical, reestabelecimento do canal medular, volume do calo ósseo, presença de ponte óssea e remodelamento também foram avaliados ao longo do tempo por meio de escores (Adaptado de Filgueira et al., 2019). Verificou-se ainda a existência de associação entre o tempo de união clínica e as variáveis maturidade óssea (regressão logística), relação placa em ponte e comprimento de trabalho da placa (análise de variância - ANOVA).

Análise Estatística

As análises descritivas foram realizadas considerando os valores de média e desvio-padrão (DP) para as variáveis quantitativas, e mediana e desvio absoluto médio (DAM) para as variáveis qualitativas. Os ângulos mecânicos da tíbia aferidos foram comparados aos valores descritos na literatura a partir do teste t, com nível de significância de 5%. Os resultados relativos aos escores de consolidação óssea foram analisados por meio de Modelos Lineares Mistos. As fontes de variação consideradas no modelo foram os momentos de análise radiográfica, sendo o animal e os avaliadores o efeito aleatório do modelo. Os resíduos dos modelos atenderam às pressuposições de normalidade, segundo teste de Cramer-von Mises e foi adotado um nível de significância igual a 5%. Todas as análises foram realizadas no Software R por meio do pacote "lme4" (R Core Team, 2020).

RESULTADOS

Vinte e nove cães foram incluídos no estudo (Tabela 1), sendo 55% fêmeas. A média \pm DP de idade no dia do trauma foi $2,5 \pm 3,8$ anos (intervalo de dois meses a 15 anos), sendo 66% dos animais considerados imaturos esqueleticamente, ou seja, com a linha epifisária aberta. A média \pm DP da massa corporal dos animais foi $14,3 \pm 10,9$ kg (intervalo de 2,7kg a 51 kg). Em relação às raças, 45% dos animais eram sem raça definida.

Em 72% dos casos, havia fratura de fíbula associada. A maioria das fraturas localizou-se no terço médio da diáfise tibial (83%), sendo 48,3% classificadas como espirais, 41,4% oblíquas e 10,3% transversas. O tempo entre o trauma e a cirurgia foi no mínimo de um dia e no máximo de 15 dias ($4,5 \pm 2,6$ dias).

Registrou-se uma complicação na qual a cirurgia precisou ser revisada pela presença de um parafuso invadindo a superfície articular do platô da tíbia, observado na radiografia pós-operatória imediata. Dois casos apresentaram soltura do parafuso proximal, porém, não houve necessidade de revisão cirúrgica durante o processo de consolidação, sendo os implantes removidos ao final da reparação óssea.

Tabela 1. Resumo dos dados clínicos dos 29 cães incluídos neste estudo com fraturas de linhas simples de tíbia tratados com fixação em ponte por osteossíntese minimamente invasiva com placa.

Cão	Raça	Idade	MC (kg)	Fratura	Implante
1	SRD	5a	7,1	D, médio, espiral	2 mm, 9F, 5P
2	SRD	2m	3,8	D, médio, espiral	2 mm, 9F, 4P
3	Pinscher	13a	2,7	D, proximal, oblíqua	1,5 mm, 10F, 5P
4	Shih Tzu	8m	6,6	D, médio, espiral	2 mm, 8F, 4P
5	SRD	9m	7,9	D, média, transversa	2 mm, 10F, 4P
6	SRD	2a	17	D, médio, espiral	2,7 mm, 8F, 4P
7	SRD	1a 6m	26	D, médio, espiral	4,5 mm, 12F, 5P
8	Cocker Spaniel	8m	10	D, médio, espiral	2,7 mm, 8F, 5P
9	SRD	5m	7	D, médio, oblíqua	2,7 mm, 7F, 4P
10	Bull Terrier	1a	14	D, médio, oblíqua	2 mm, 11F, 5P
11	SRD	7m	10	D, médio, espiral	2,7 mm, 7F, 4P
12	Labrador Retr.	7m	30	D, médio, oblíqua	3,5 mm, 11F, 6P
13	SRD	7m	6,3	D., médio, oblíqua	2 mm, 10F, 4P
14	Fila Brasileiro	5a	51	D, médio, oblíqua	4,5 mm, 14F, 6P
15	Dobermann	3m	5,6	D, média, transversa	2 mm, 8F, 4P
16	Border Collie	8m	25	D, médio, espiral	3,5 mm, 10F, 4P
17	SRD	7m	7,1	D, médio, oblíqua	2 mm, 9F, 4P
18	Poodle	4m	3	D, médio, oblíqua	2 mm, 10F, 5P
19	Lhasa Apso	1a	10	D, médio, espiral	2,7 mm, 6F, 4P
20	Labrador	8m	20	D, médio, espiral	3,5 mm, 11F, 5P
21	SRD	3a	24,2	D, distal, oblíqua	3,5 mm, 11F, 4P
22	Am. Staf. Terrier	11m	27	D, proximal, oblíqua	3,5 mm, 10F, 4P
23	SRD	9m	20,5	D, médio, espiral	3,5 mm, 11F, 4P
24	Pinscher	10a	5,5	D, distal, espiral	2 mm, 8F, 5P
25	Aust. Cattle Dog	4m	8	D, médio, oblíqua	2,7 mm, 9F, 4P
26	Rottweiler	1a	25,8	D, médio, oblíqua	2,7 mm, 12F, 5P
27	SRD	15a	13	M, distal, espiral	2,7 mm, 12F, 5P
28	SRD	5a	5,5	D, médio, transversa	2 mm, 9F, 6P
29	Bulldog Inglês	9m	16	D, médio, espiral	2,7 mm, 9F, 4P

Retr., Retriever; Am., American; Staf., Staffordshire; Aust., Australian; a., anos; m. meses; MC., massa corporal; D., diáfise; M., metáfise; F., furos; P., parafusos.

Avaliação clínica

Vinte oito animais não apresentaram nenhum grau visível de claudicação ao final do tratamento (grau 0) e apenas um paciente apresentava grau de claudicação ao trote (grau 1).

Alinhamento

Os valores dos ângulos articulares mecânicos da tíbia aferidos (Figura 1) foram comparados aos valores descritos na literatura (Dismukes et al., 2007; Dismukes et al., 2008), havendo diferença estatística ($p=0,001$) do TPA e do mCaPTA (Tabela 2). O valor médio do TPA foi menor que o apresentado na referência, enquanto o mCaPTA, maior. Nenhum caso apresentou torção tibial considerada significativa.

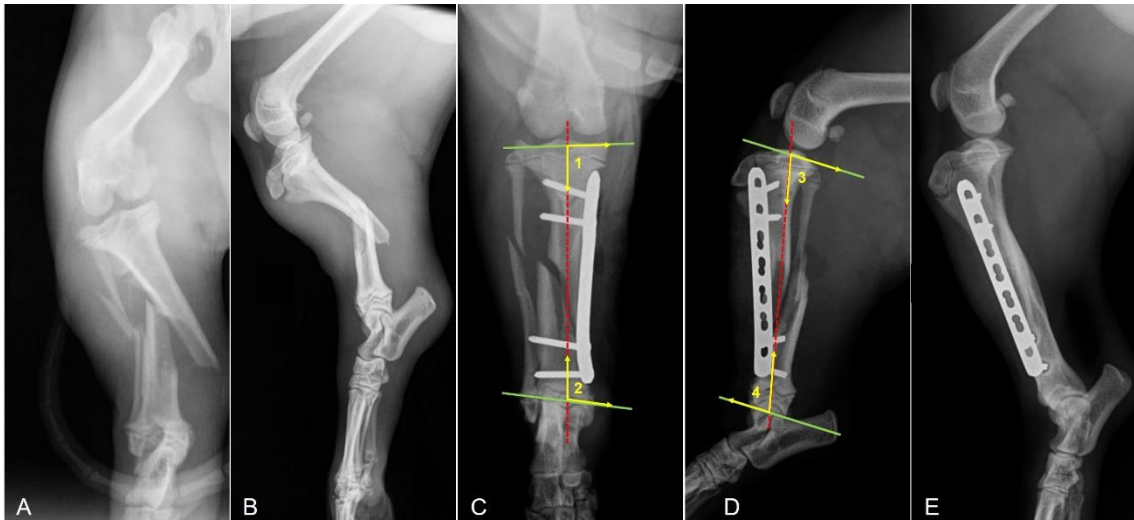


Figura 1. Imagens radiográficas da tíbia direita de cão da raça Shih Tzu, com 8 meses de idade e 6,6kg de massa corporal. A: Imagem radiográfica pré-operatória de fratura em espiral do terço médio da diáfise tibial (projeção craniocaudal). B: Imagem radiográfica pré-operatória na projeção mediolateral. C: Mensuração dos ângulos mecânicos mediais proximal (1) e distal (2) da tíbia, no pós-operatório. D: Mensuração dos ângulos mecânicos caudal proximal (3) e cranial distal (4) da tíbia, no pós-operatório. Aposição inadequada dos fragmentos na projeção mediolateral (escore 2). E: Processo de remodelamento ósseo aos 90 dias de pós-operatório.

Tabela 2. Média e desvio padrão dos ângulos articulares mecânicos da tíbia no pós-operatório e o valor de *p* relacionado à comparação com os valores descritos na literatura, a partir do teste t.

Variável	Média	DP	<i>p</i> -valor	Literatura*
mMPTA	94,08	5,12	0,201	93,8 ± 1,78
mMDTA	94,76	4,31	0,353	95,99 ± 2,7
mCrDTA	85,60	6,52	0,070	81,6 ± 4,2
mCaPTA	70,26	5,56	0,001	63,6 ± 3,7
TPA	19,74	5,56	0,001	26,4 ± 3,7

mMPTA: ângulo mecânico medial proximal da tíbia; mMDTA: ângulo mecânico medial distal da tíbia; mCrDTA: ângulo mecânico cranial distal da tíbia; mCaPTA: ângulo mecânico caudal proximal da tíbia; TPA: ângulo do platô tibial; DP: desvio padrão. *Dismukes et al., 2007; Dismukes et al. 2008.

Aposição

O escore de aposição entre os fragmentos teve sua mediana igual a 1 (aposição aceitável), com desvio médio absoluto (DAM) de 1,48. Aposição inadequada foi observada em cinco animais (cão 3, 4, 8, 16 e 19) (Figura 2), porém todos eles apresentaram consolidação óssea dentro do período de observação, seguida de remodelamento ósseo.

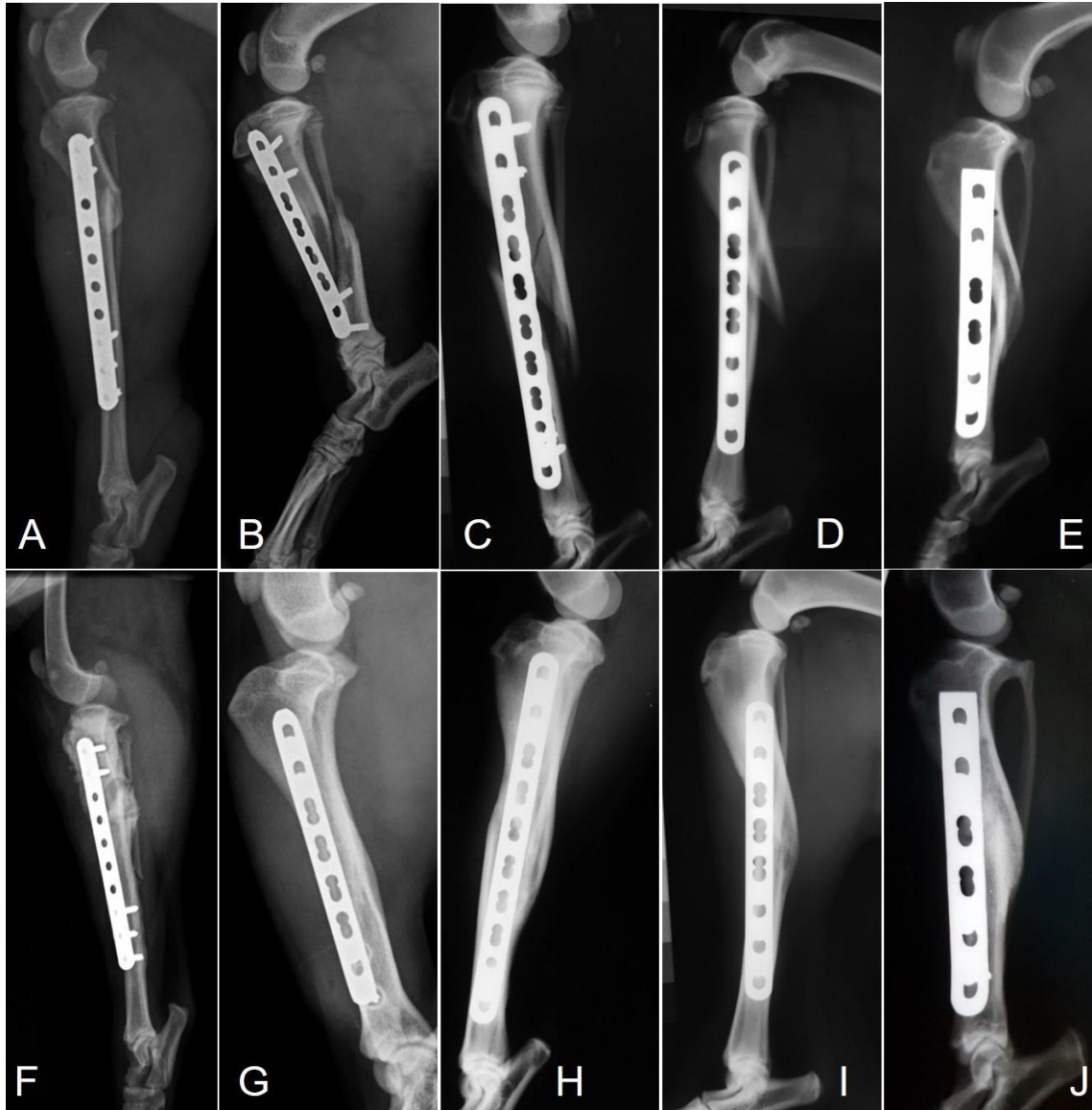


Figura 2. Imagens radiográficas na projeção mediolateral de cinco casos de fraturas de tíbia em cães submetidas à fixação em ponte por osteossíntese minimamente invasiva com placa, demonstrando aposição de fragmentos inadequada no pós-operatório imediato (A-E) e posterior consolidação e remodelamento ósseo dos respectivos casos (F-J).

Aparato

Todos os casos foram tratados com placa bloqueada (LCP) de aço inoxidável na função ponte. A média \pm DP da relação placa em ponte foi $0,8 \pm 0,09$, enquanto do comprimento de trabalho foi $0,57 \pm 0,08$ e a densidade de parafusos da placa foi em média $0,48 \pm 0,09$.

Atividade óssea

Em relação à consolidação óssea (Figura 3), o dia 30 foi a mediana para união clínica (mínimo 15 e máximo 90 dias, com DAM=22,24), obtida a partir da mRUST (Figura 4). Os parâmetros reação periosteal e volume do calo ósseo não apresentaram influência do tempo, sendo o escore 2 (discreto) a mediana em todos os momentos de avaliação. Presença de ponte óssea apresentou escore máximo como mediana a partir do dia 30, enquanto o reestabelecimento de cortical óssea e canal medular, a partir do dia 60, quando o remodelamento ósseo também foi mais notável.

A união clínica apresentou associação significativa com a maturidade óssea do paciente ($p=0,001$) e com o comprimento de trabalho da placa ($p=0,001$), sendo mais precoce nos pacientes mais jovens (com linha de crescimento aberta) e nos casos com maior comprimento de trabalho da placa. Enquanto não houve associação significativa entre união clínica e relação placa em ponte ($p=0,11$).

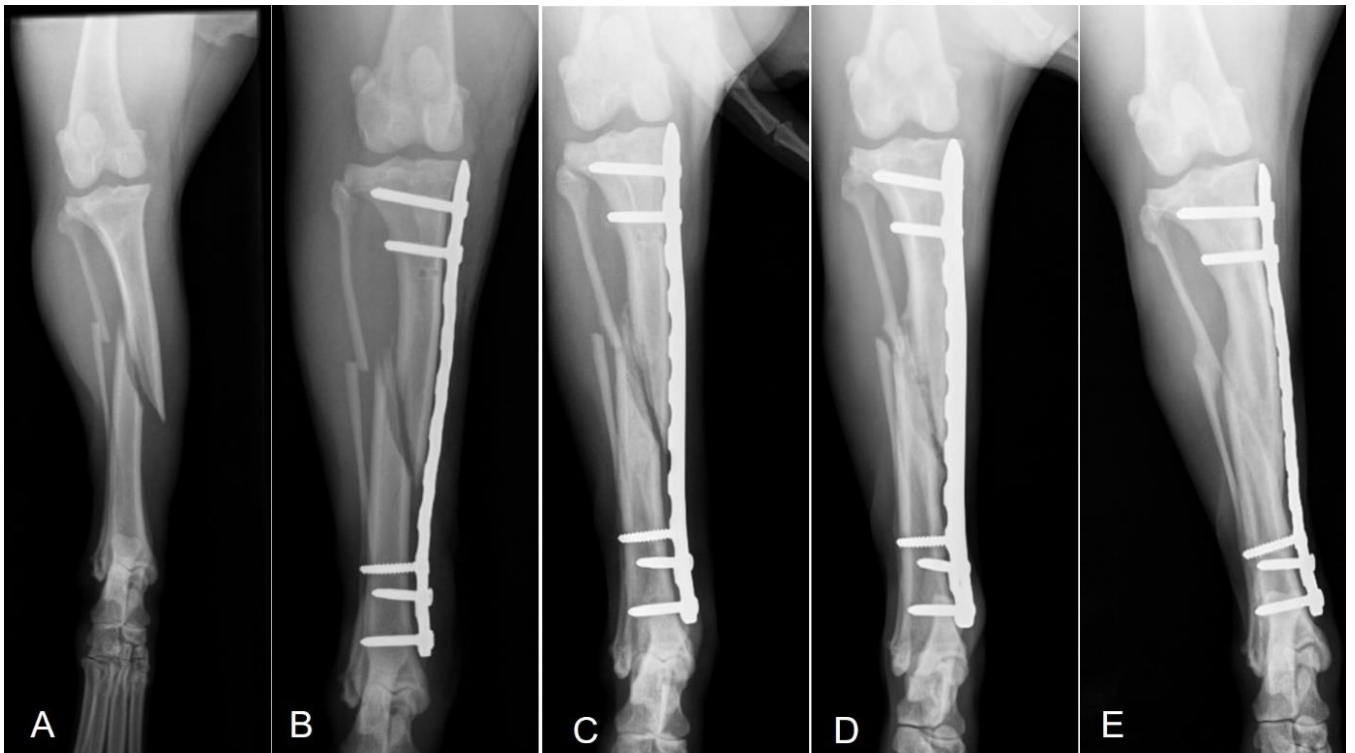


Figura 3. Imagens radiográficas na projeção craniocaudal do processo de reparação óssea da tíbia direita de cão, da raça Bull Terrier, com 1 ano de idade e 14 kg de massa corpórea, apresentando fratura oblíqua em terço médio da

diáfise, submetido à fixação em ponte por osteossíntese minimamente invasiva com placa. A: Pré-operatório. B: Pós-operatório imediato. C: 15 dias, presença de reação periosteal, com linha de fratura visível. D: 30 dias, formação de ponte óssea lateral. E: 60 dias, reestabelecimento de cortical com presença de remodelamento do calo ósseo.

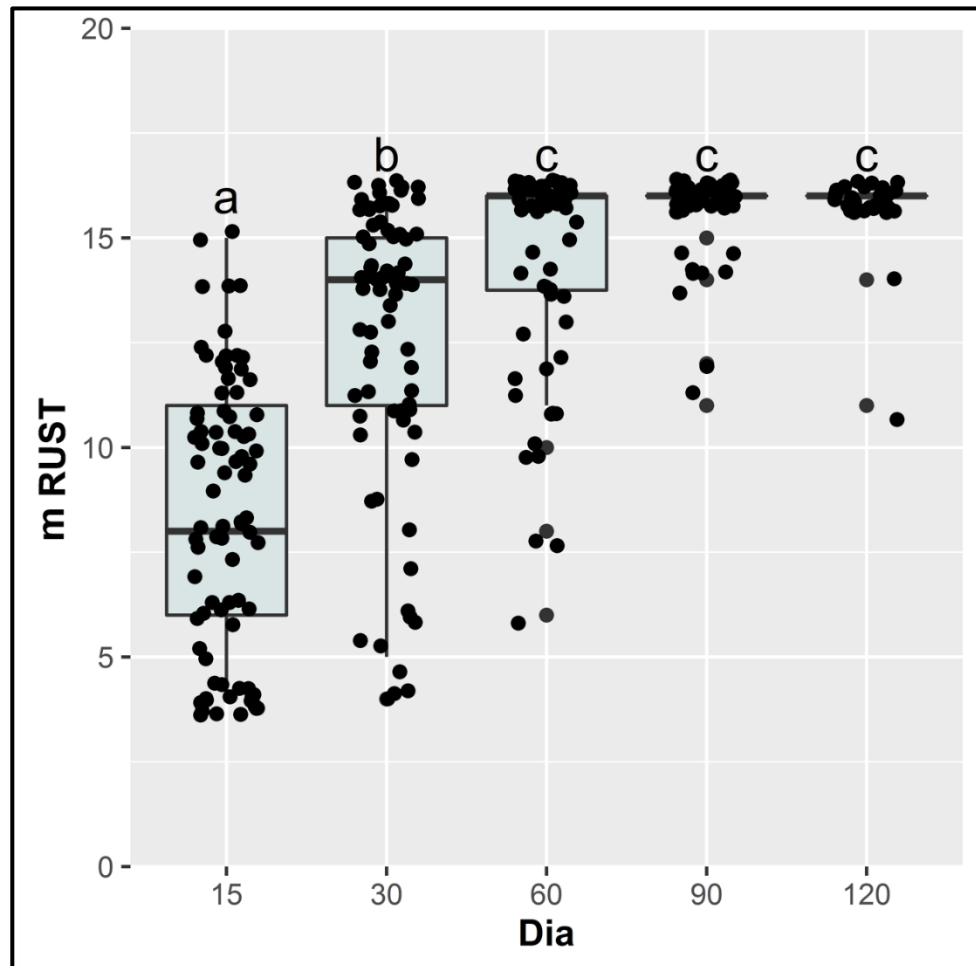


Figura 4. Gráfico demonstrando a evolução da consolidação óssea, ao longo dos dias, por meio da escala modificada de união radiográfica para fraturas de tíbia (mRUST), considerando a população amostral observada e as notas atribuídas pelos avaliadores, a partir da análise por Modelos Lineares Mistos. Letras diferentes remetem a medianas diferentes, enquanto letras iguais, a medianas iguais. Escores a partir de 11 são considerados união clínica.

DISCUSSÃO

Conceitualmente a estabilização relativa de fraturas consideradas de alto “strain” não é recomendada, visto que são mecanicamente mais sensíveis à movimentação relativa no foco de fratura (Perren et al., 2015; Macedo et al., 2018).

No entanto, com base nos resultados encontrados, a fixação em ponte, por meio da MIPO, de fraturas de linhas simples, não articulares, de tíbia de cães foi satisfatória, suportando a hipótese inicial do estudo.

De forma geral, nossos resultados clínicos e radiográficos favoráveis são claramente justificados pelo equilíbrio alcançado entre os ambientes mecânico e biológico, o qual permitiu a formação do calo fibroso / cartilaginoso em velocidade alta o suficiente para que a rigidez formada pelo conjunto implante-osso neutralizasse o excesso de movimento esperado para fraturas de alto “strain” (Perren, 2014; Elliott et al., 2016), o qual é potencialmente prejudicial à consolidação óssea (Macedo et al., 2018). Boero et al. (2012) avaliaram a fixação em ponte de fraturas tibiais em cães, incluindo fraturas cominutivas e de linha simples, e também descreveram união clínica precoce nos animais submetidos à abordagem minimamente invasiva.

O processo de reparação óssea secundária, observado na consolidação espontânea ou sob fixação flexível, progride devido ao aumento da rigidez dos tecidos ao longo das etapas, além do compartilhamento de carga entre implante e o tecido que começa a se formar. Inicialmente, o “strain” mecânico é mais elevado, porém, clinicamente, esse valor é reduzido devido à reabsorção óssea inicial e ao início da formação de tecido de granulação em algumas áreas da fratura (Perren, 2014; Perren et al., 2015; Elliott et al., 2016). Sendo assim, o “strain” clínico é favorecido tanto pela estabilidade inicial adequada no foco de fratura quanto pelo início precoce da formação tecidual, o qual é otimizado em ambientes biológicos preservados.

O trauma excessivo aos tecidos moles pode comprometer a formação do calo ósseo (Xu et al., 2015). Desta forma, a abordagem da fratura de forma biológica, sem interferência no foco de fratura, preservando o perióstio e sua vascularização, bem como o hematoma primordial, os quais são fontes de células osteoprogenitoras, citocinas e fatores de crescimento, pode ser considerado um dos principais responsáveis pelo sucesso obtido (Wang et al., 2016; Wang et al., 2017; Walters et al., 2018).

Em relação ao ambiente mecânico, dentre os fatores que contribuíram para a estabilidade suficiente no foco de fratura, destaca-se a adequada aposição dos fragmentos ósseos, considerada boa ou aceitável em 82% dos pacientes. O fato da

maioria das fraturas do estudo ser espirais ou oblíquas e o tempo entre o trauma e a cirurgia ter sido relativamente curto foi favorável à redução indireta. Kiyono et al. (2019) reforçam a importância da aposição dos fragmentos ósseos, enfatizando que a distância excessiva entre eles pode aumentar as taxas de não união óssea, inclusive com maior importância que a distância entre os parafusos próximos à fratura. Apesar da aposição entre os fragmentos ter sido majoritariamente satisfatória, a reconstrução anatômica não foi realizada, permanecendo uma lacuna, mesmo que mínima, entre os fragmentos ósseos. Esse ponto também deve ser considerado visto que caso o “gap” tivesse sido nulo, teríamos um cenário com maior “strain”, que provavelmente exigiria mais rigidez.

A correta aplicação da placa e dos parafusos é também fator mecânico primordial para obtenção de bons resultados (Niemeyer e Sudkamp, 2006). Um dos parâmetros mais importantes no controle da movimentação interfragmentar é o comprimento de trabalho da placa. Quando há um gap na fratura, o aumento do comprimento de trabalho resulta em maior estresse na placa, porém clinicamente, tal estresse reduz mais rápido devido à formação precoce de calo ósseo, onde o suporte de carga passa a ser compartilhado, justificando dessa forma porque no estudo, apesar de elevado comprimento de trabalho, com baixa densidade de parafusos, não ocorreu fadiga do implante (MacLeod e Pankaj, 2018). O aumento da elasticidade gerada foi balanceado, por sua vez, pela utilização de placas longas, aumentando a estabilidade da construção (Stoffel et al., 2003).

Além das questões relacionadas ao equilíbrio entre fatores mecânicos e biológicos discutidas anteriormente, resta ainda buscar melhor entendimento sobre o real papel da placa bloqueada no que diz respeito à capacidade de estabilização de fraturas. Sabe-se que por meio da estabilidade de ângulo fixo, a LCP proporciona menor risco de perda de redução e maior controle de micromovimentação quando comparada às placas de compressão dinâmica (DCP) (Wagner, 2003; Cronier et al., 2010). Considerando a premissa que fraturas de alto “strain” responderiam melhor em ambientes mais rígidos (Perren, 2002), acredita-se que a LCP tenha trazido, em certo grau, mais estabilidade do que seria esperado para uma construção em ponte, favorecendo potencialmente a consolidação óssea. Novos estudos devem ser realizados na tentativa de melhor esclarecer os mecanismos de controle da

micromovimentação de implantes bloqueados, especialmente em cenários clínicos (Gardner et al., 2005; Shen et al., 2013; Xue et al., 2016).

Identificou-se a existência de associação entre o comprimento de trabalho da placa e o tempo de união clínica, observando-se que nos animais que apresentaram união clínica precoce (15 dias), a média de comprimento de trabalho foi maior, ou seja, mesmo tratando-se de fraturas de alto “strain”, a movimentação relativa presente não comprometeu a reparação óssea secundária, indicando mais uma vez que o “strain” clínico estava dentro dos limites suportados pelo tecido de granulação na fase inicial, pois se houvesse instabilidade excessiva no foco de fratura, esta impediria a formação de calo ósseo, mesmo com suprimento sanguíneo adequado (Megias et al., 2005; Kiyono et al., 2019). O aumento da velocidade de consolidação em decorrência da maior flexibilidade da fixação pode ser relacionado ainda às evidências de relação entre movimentação cíclica controlada e aumento da expressão de proteínas morfogenéticas ósseas, as quais são indutoras de diferenciação osteogênica (Schreivogel et al., 2019).

A ocorrência de desvios angulares ou posicionamento inadequado dos implantes são limitações da redução indireta por MIPO, mesmo na tíbia, onde a técnica é favorecida pela baixa cobertura muscular (Peirone et al., 2012; Robinson et al., 2019). Nos casos analisados, a redução do platô tibial em relação aos valores descritos na literatura indicou uma tendência a desvios *recurvatum*, porém, sem repercussões clínicas no período de observação. O fato de serem fraturas de linhas simples pode ter aumentado as chances de desvio angular, visto que especialmente as transversas apresentam maior propensão à deformidade angular quando reduzidas de forma fechada e tratadas de forma conservativa (Sarmiento et al., 2000). A utilização de intensificadores de imagem no transoperatório ou ainda a moldagem da placa antes da cirurgia poderia ter facilitado o correto alinhamento ósseo (Guiot e Déjardin, 2011; Boero et al., 2012, Cabassu, 2019).

As limitações da pesquisa incluem o fato de ter sido um estudo clínico sem padronização de peso, raça e idade. Dois terços dos pacientes possuíam a linha epifisária aberta, o que pode ter superestimado os bons resultados obtidos, visto que animais jovens consolidam mais rapidamente e apresentam boas respostas à fixação

elástica (Cabassu, 2001; Sarrau et al., 2007; Guiot e Déjardin, 2011), dado confirmado a partir da existência de associação entre união clínica e maturidade óssea, demonstrada estatisticamente no estudo, onde os pacientes com linha epifisária aberta consolidaram mais precocemente. Além disso, a análise dos ângulos mecânicos da tibia teria sido mais fidedigna se comparada com o membro contralateral do próprio animal, pois em raças condrodistróficas, por exemplo, é comum a presença de desvios angulares, os quais não necessariamente teriam sido causados pela MIPO. Outra limitação reside no fato da avaliação da torção tibial a partir da radiografia, pois discute-se que o exame ideal para análise desse parâmetro é a tomografia, dado que a radiografia não distingue a torção tibial da rotação interna da tibia (Apelt et al., 2005).

A escolha de um método de fixação embasada apenas na linha de fratura pode repercutir negativamente na consolidação óssea. A conjugação entre “strain” mecânico e ambiente biológico nos remete ao conceito de “strain” clínico, sendo primordial o equilíbrio entre esses fatores primordial, principalmente quando as condições iniciais não são biologicamente favoráveis, como no caso de fraturas em regiões pouco vascularizadas e com pouca cobertura muscular. Dessa forma, a fixação em ponte como uma alternativa mecânica à ORIF agrega opções de tratamento dentro da ortopedia veterinária.

Em conclusão, diante da consolidação óssea precoce e das baixas taxas de complicação observadas, a fixação em ponte, pode ser aplicada em fraturas simples, consideradas de alto “strain”, respeitando os princípios de osteossíntese biológica, atentando-se ao alinhamento ósseo e à aposição dos fragmentos.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores desse estudo declaram que não houve conflitos de interesses.

REFERÊNCIAS

- Apelt D, Kowaleski MP, Dyce J. Comparison of Computed Tomographic and Standard Radiographic Determination of Tibial Torsion in the Dog. *Veterinary Surgery* 2005; 34:457-462.
- Augat P, Simon U, Liedert A, Claes L. Mechanics and mechano-biology of fracture healing in normal and osteoporotic bone. *Osteoporosis International* 2005; 16:36-43.
- Augat P, Ruden C. Evolution of fracture treatment with bone plates. *Injury-International Journal of The Care of the Injured* 2018; 49:2-7.
- Boero BA, Peirone B, Winter MD, Reese DJ, Pozzi A. Retrospective comparison between minimally invasive plate osteosynthesis and open plating for tibial fractures in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 2012; 5:410-417.
- Cabassu JP. Elastic plate osteosynthesis of femoral shaft fractures in young dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 2011; 14:40-5.
- Cabassu J. 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. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 2019; 1-8.
- Cronier P, Pietu G, Dujardin C, Bigorre N, Ducellier F, Gerard R. The concept of locking plates. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2010; 96:17-36.
- Dismukes DI, Tomlinson JL, Fox DB, Cook JL, Song KJE. Radiographic Measurement of the Proximal and Distal Mechanical Joint Angles in the Canine Tibia. *Veterinary Surgery* 2007; 36:699-704.
- Dismukes DI, Tomlinson JL, Fox DB, Cook JL, Witsberg TH. Radiographic Measurement of Canine Tibial Angles in the Sagittal Plane. *Veterinary Surgery* 2008; 37:300-305.
- Elliott DS, Newman KJH, Forward DP, et al. A unified theory of bone healing and nonunion. *The bone and joint journal* 2016; 98:884-91.
- Filgueira FGF, Minto BW, Chung DG, Prada TC, Rosa-Ballaben NM, Campos MGN. Platelet-rich plasma, bone marrow and chitosan in minimally invasive plate osteosynthesis of canine tibia fractures – a randomized study. *Veterinarni Medicina* 2019; 64:309-316.
- Gardner MJ, Brophy RH, Campbell D, et al. The Mechanical Behavior of Locking Compression Plates Compared With Dynamic Compression Plates in a Cadaver Radius Model. *Journal of Orthopaedic Trauma* 2005; 19:597-603.
- Glatt V, Evas CH, Tetsworth K. A Concert between Biology and Biomechanics: The Influence of the Mechanical Environment on Bone Healing. *Frontiers in Physiology* 2017; 7:1-18.
- Guiot LP, Déjardin LM. Prospective Evaluation of Minimally Invasive Plate Osteosynthesis in 36 Nonarticular Tibial Fractures in Dogs and Cats. *Veterinary Surgery* 2011; 40:171-182.

- Kiyono M, Noda T, Nagano H, et al. Clinical outcomes of treatment with locking compression plates for distal femoral fractures in a retrospective cohort. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2019; 14:1-9.
- Litrenta J, Tornetta P, Mehta S, et al. Determination of Radiographic Healing: An Assessment of Consistency Using RUST and Modified RUST in Metadiaphyseal Fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma* 2015; 29: 516-520.
- Macedo AS, Marinho PVT, Dal-Bó IS, et al. Physics behind the implants used for high strain fractures: literature review. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* 2018; 55:1-8.
- MacLeod AR, Pankaj P. Pre-operative planning for fracture fixation using locking plates: device configuration and other considerations. *Injury* 2018; 49:12-18.
- Megas P. Classification of non-union. *Injury* 2005; 36:30–7.
- Niemeyer P, Sudkamp NP. Principles and Clinical Application of the Locking Compression Plate (LCP). *Acta Chirurgiae Orthopaedicae* 2006; 73:221-228.
- Peirone B, Rovesti GL, Baroncelli AB, Piras L. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis Fracture Reduction Techniques in Small Animals. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice* 2012; 42:873–895.
- Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 2002; 84-B:1093-1110.
- Perren SM. Fracture Healing: Fracture Healing Understood as the Result of a Fascinating Cascade of Physical and Biological Interactions. Part I. An Attempt to Integrate Observations from 30 Years AO Research, Davos. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca* 2014; 81:355-364.
- Perren SM, Fernandez A, Regazzoni P. Understanding Fracture Healing Biomechanics Based on the “Strain” Concept and its Clinical Applications. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca* 2015; 82:253-260.
- Pozzi A, Lewis DD. Surgical approaches for minimally invasive plate osteosynthesis in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 2009; 22:316-320.
- Pozzi A, Risselada M, Winter, MD. Assessment of fracture healing after minimally invasive plate osteosynthesis or open reduction and internal fixation of coexisting radius and ulna fractures in dogs via ultrasonography and radiography. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 2012; 241:744-753.
- Robinson WP, Knowles TG, Barthelemy NP, Parsons KJ. Perceptions of minimally invasive osteosynthesis: A 2018 survey of orthopedic surgeons. *Veterinary Surgery* 2019; 49:163-170.
- Roush JK. Management of Fractures in Small Animals. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice* 2005; 35:1137-1154.
- Sarmiento A, Zagorski JB, Zych GA, Latta LL, Capps, CA. Functional Bracing for the Treatment of Fractures of the Humeral Diaphysis. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 2000; 82:478-486.

Sarrau S, Meige F, Autefage A. Treatment of femoral and tibial fractures in puppies by elastic plate osteosynthesis: A review of 17 cases. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 2007; 20:51-58.

Schreibvogel S, Kuchibhotla V, Knaus P, Duda GN, Petersen A. Load-induced osteogenic differentiation of mesenchymal stromal cells is caused by mechano-regulated autocrine signaling. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine* 2019; 13:1992-2008.

Scott H, Witte P. Investigation of lameness in dogs. Forelimb. *In Practice*, 2011; 33: 20-27.

Shen L, Qin H, An Z, Zeng B, Yang F. Internal fixation of humeral shaft fractures using minimally invasive plating: comparative study of two implants. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology* 2013; 23:527-534.

Stoffel K, Dieter U, Stachowiak G, Gächter A, Kuster MS. Biomechanical testing of the LCP – how can stability in locked internal fixators be controlled? *Injury-International Journal of The Care of the Injured* 2003; 34:11-19.

Wagner M. General principles for the clinical use of the LCP. *Injury-International Journal of The Care of the Injured* 2003; 34:31-42.

Walters G, Pountos I, Giannoudis PV. The cytokines and micro-environment of fracture haematoma: Current evidence. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine* 2018; 12:1662-1677.

Wang T, Zhang X, Bikle DD. Osteogenic Differentiation of Periosteal Cells During Fracture Healing. *Journal of Cellular Physiology* 2017; 232:913–921.

Wang X, Friis T, Glatt V, Crawford R, Xiao Y. Structural properties of fracture haematoma: current status and future clinical implications. *Journal of tissue engineering and regenerative medicine* 2016; 11:2864-2875.

Xu H, Xue Z, Ding H, Qin H, An Z. Callus Formation and Mineralization after Fracture with Different Fixation Techniques: Minimally Invasive Plate Osteosynthesis versus Open Reduction Internal Fixation. *PLoS ONE*, 2015; 10:1-13.

Xue Z, Xu H, Ding H, Qin H, An Z. Comparison of the effect on bone healing process of different implants used in minimally invasive plate osteosynthesis: limited contact dynamic compression plate versus locking compression plate. *Scientific Reports* 2016; 6:1-9.

CAPÍTULO 3 – Considerações Finais

O foco da pesquisa em questão foi analisar a aplicabilidade e efetividade de uma técnica cirúrgica que, do ponto de vista biomecânico estabelecido pela literatura, normalmente não é empregada em fraturas de linhas simples na rotina veterinária. A ortopedia evolui diariamente na busca por métodos que otimizem a recuperação completa da locomoção dos pacientes, sendo assim, é imprescindível, durante o planejamento cirúrgico ortopédico, considerar os fatores mecânicos, biológicos e clínicos envolvidos. Adicionalmente, definir mais de um plano cirúrgico, aumentando as opções de tratamento, torna-se essencial para redução de complicações e obtenção de melhores resultados. Portanto, demonstrar que a fixação em ponte é uma opção viável à reconstrução anatômica, no tratamento de fraturas de alto “strain”, contribui significativamente com a prática clínico cirúrgica.

Por se tratar de um estudo clínico, observa-se limitações como número restrito de pacientes e falta de padronização de idade, raça e sexo. Além disso, alguns pacientes precisaram ser excluídos da pesquisa por não terem comparecido ao acompanhamento radiográfico proposto. A ausência de radiografias do membro contralateral e o mau posicionamento radiográfico em alguns casos também foram limitações do estudo, principalmente para verificação de desvios angulares decorrentes da técnica cirúrgica utilizada.

Estudo padronizado em relação à classificação da fratura, sexo, idade e raça dos pacientes, comparando a osteossíntese em ponte por MIPO e a anatômica por ORIF de fraturas de alto “strain” em pequenos animais poderia oferecer maiores informações sobre o método de primeira escolha no tratamento dessas fraturas, assim como vem sendo estudado em humanos.

APÊNDICE

Apêndice A: Tabelas e figuras suplementares à metodologia

Tabela 1A. Escala modificada de união radiográfica para fraturas de tíbia (mRUST) (Litrenta et al., 2015).

Escore por cortical	Critério Radiográfico
1	Calo ósseo ausente
2	Calo ósseo presente
3	Calo ósseo em ponte
4	Remodelamento, linha de fratura ausente
RUST (4 a 16)	4 (não consolidada), 11 (união clínica), 16(remodelado)

Tabela 2A. Escala de avaliação dos parâmetros radiográficos: reação periosteal, reestabelecimento de cortical, reestabelecimento do canal medular, volume do calo ósseo, presença de ponte óssea e remodelamento ósseo (Adaptado Filgueira et al., 2019).

Aspecto Radiográfico	Escore atribuído
Reação Periosteal	1- Ausente 2- Discreta 3- Moderada 4- Intensa
Restabelecimento de cortical	1- Ausente 2- 1 de 4 (considerando 2 projeções radiográficas) 3- 2/4 4- 3/4 5- 4/4
Restabelecimento de canal medular	1- Ausente 2- Presente
Volume do calo ósseo	1- Ausente 2- Discreto 3- Moderado 4- Exuberante
Presença de ponte óssea	1- Ausente 2- 1 de 4 (considerando 2 projeções radiográficas) 3- 2/4

4- 3/4
5- 4/4

Remodelamento do calo ósseo

1-Ausente
2-Presente

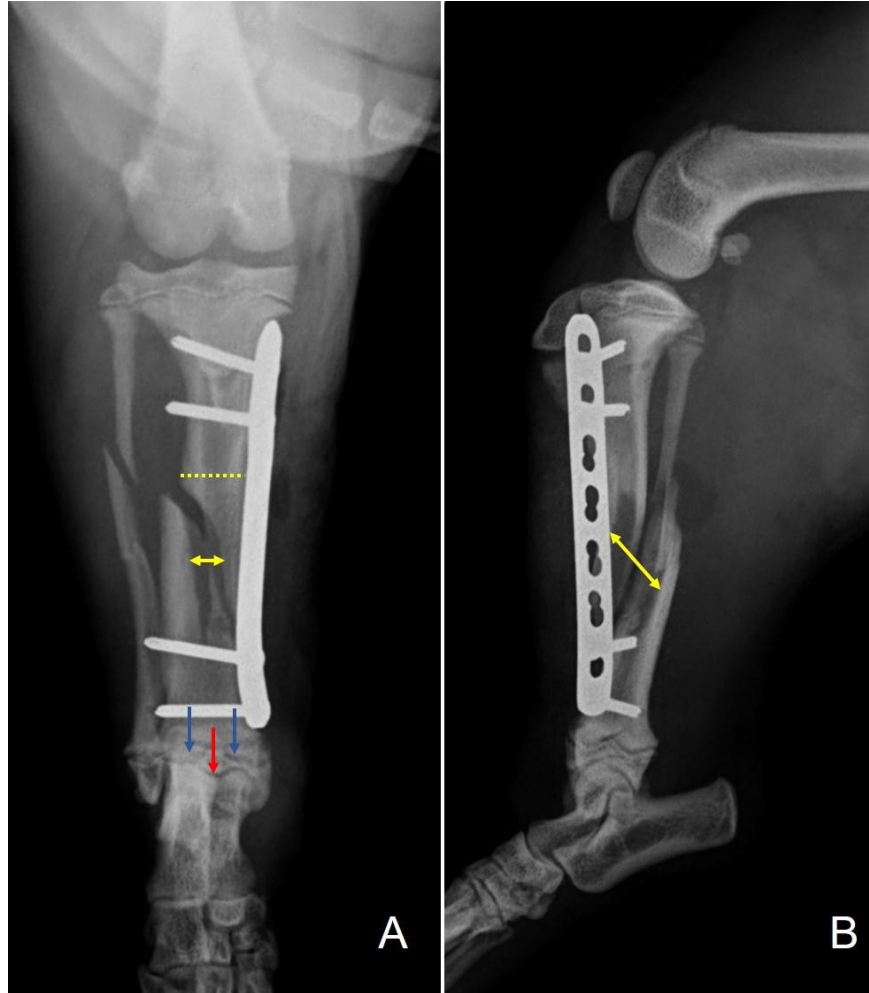


Figura 1A. Imagens ilustrativas da avaliação pós-operatória de aposição entre os fragmentos e torção tibial. Pós-operatório imediato da fixação em ponte por osteossíntese minimamente invasiva com placa da tíbia direita de cão da raça Shih Tzu, com 8 meses de idade e 6,6 kg de massa corporal. A: Demonstração da aferição do diâmetro tibial (tracejado amarelo) e da dispersão entre os fragmentos na projeção craniocaudal (seta amarela). A torção foi estimada pela relação da distância entre a borda medial do calcâneo e a crista intermediária da cóclea da tíbia (seta vermelha), que nesse caso estão sobrepostas, e a distância entre os sulcos medial e lateral da cóclea da tíbia (indicados pelas setas azuis). B: Projeção mediolateral, indicando dispersão indesejada dos fragmentos ósseos (seta amarela).



Figura 2A. Imagem ilustrativa da avaliação radiográfica da relação placa em ponte (comprimento da placa (seta vermelha) / comprimento tibial (seta amarela) e do comprimento de trabalho da placa (distância entre os parafusos mais próximos do foco de fratura (seta azul) / comprimento da placa (seta vermelha)).

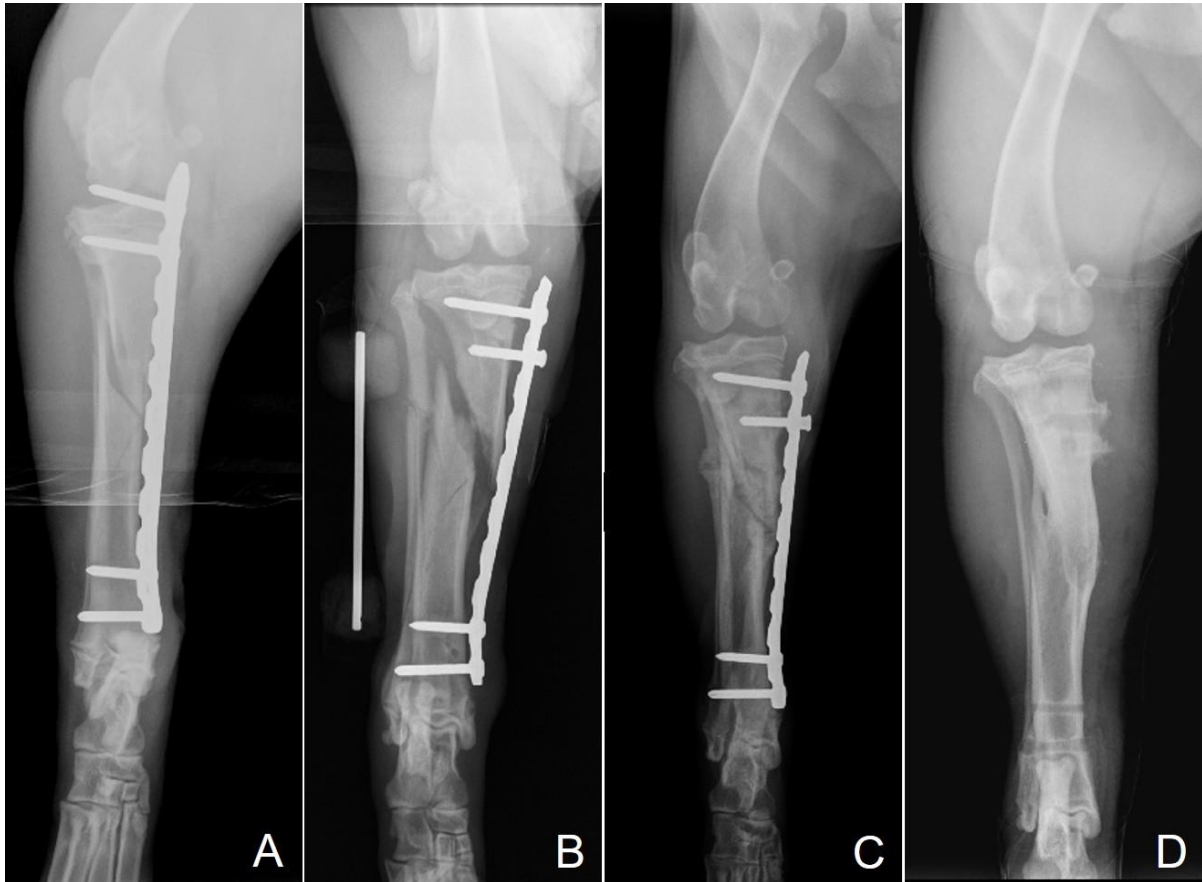
APÊNDICE B: Tabelas e figuras suplementares aos resultados

Figura 1B. Imagens radiográficas da tíbia de cão da raça American Staffordshire Terrier, com 11 meses de idade e 27kg de massa corporal. Presença de fratura em terço proximal da diáfise tibial. A: Imagem do pós-operatório imediato, indicando a presença do parafuso proximal na articulação do joelho. B: 15 dias, soltura dos parafusos proximais. C: 30 dias, presença de ponte óssea lateral e medial e soltura dos parafusos proximais. D: 120 dias, retirada dos implantes, reestabelecimento das corticais com presença de remodelamento ósseo.

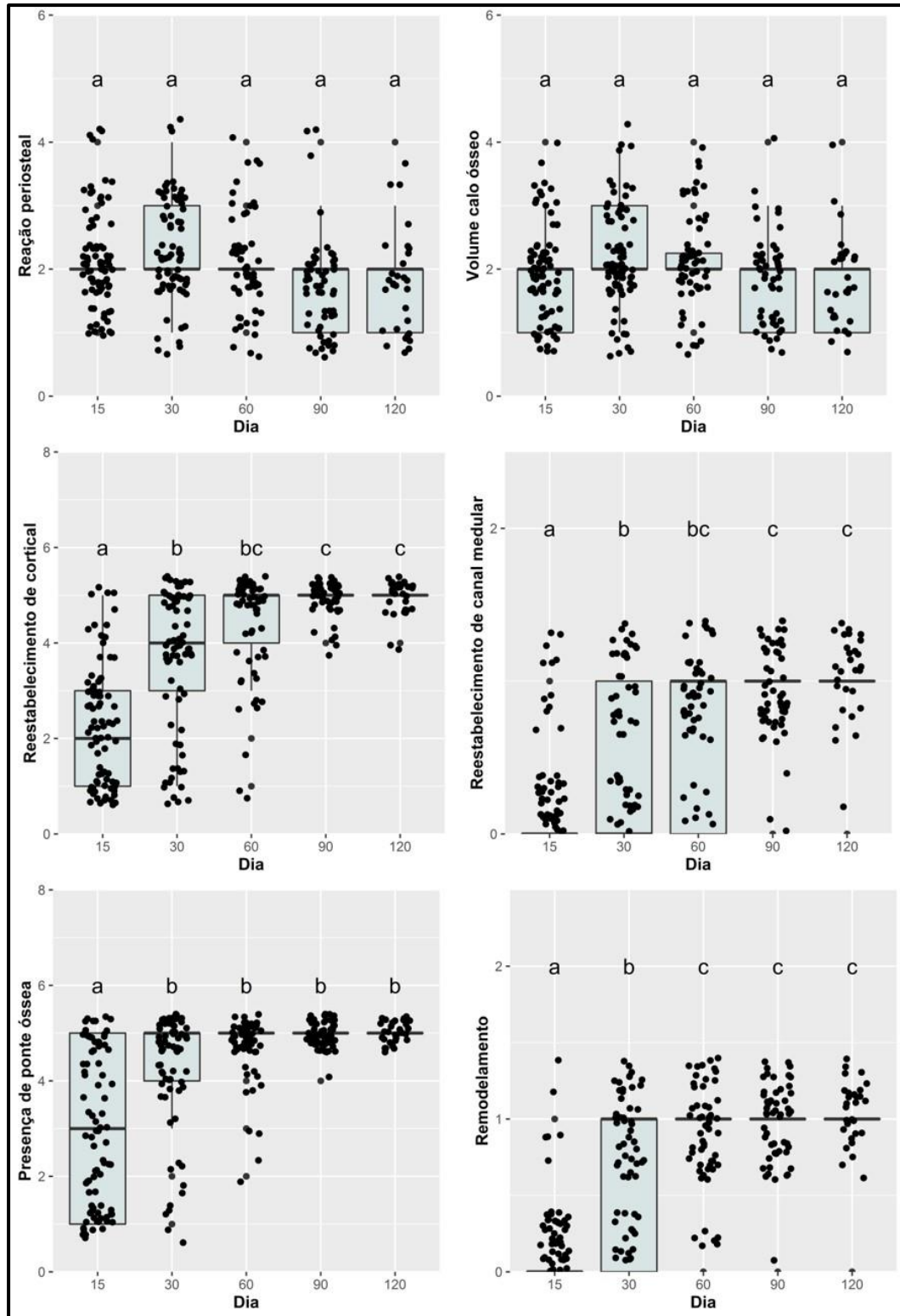


Figura 2B. Gráficos demonstrando a mediana dos escores para os parâmetros reação periosteal, volume do calo ósseo, reestabelecimento de cortical, reestabelecimento do canal medular, presença de ponte óssea e remodelamento ósseo, nos dias 15, 30, 60, 90 e 120 de pós-operatório. Diferença estatística ($p < 0,05$) entre os dias indicada por letras diferentes.