

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DE COMPRESSÃO
INTERFRAGMENTÁRIA EM TÍBIAS DE GATOS (EX-VIVO) COM O USO
DE HASTE INTRAMEDULAR DE ÂNGULO ESTÁVEL ASSOCIADA A
DISPOSITIVO DE COMPRESSÃO INTERFRAGMENTÁRIA (PATENTE BR
10 2018 016021 4) POR MEIO DE MINO**

Renato Barroco Neto
Médico Veterinário

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DE COMPRESSÃO
INTERFRAGMENTÁRIA EM TÍBIAS DE GATOS (EX-VIVO) COM O USO
DE HASTE INTRAMEDULAR DE ÂNGULO ESTÁVEL ASSOCIADA A
DISPOSITIVO DE COMPRESSÃO INTERFRAGMENTÁRIA (PATENTE BR
10 2018 016021 4) POR MEIO DE MINO**

Discente: Renato Barroco Neto
Orientador: Prof. Dr. Luís Gustavo Gosuen Gonçalves Dias

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

B277a	Barroco Neto, Renato Avaliação da efetividade de compressão interfragmentária em tíbias de gatos (ex-vivo) com o uso de haste intramedular de ângulo estável associada a dispositivo de compressão interfragmentária (patente br 10 2018 016021 4) por meio de MINO / Renato Barroco Neto. -- Jaboticabal, 2023 49 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientadora: Luis Gustavo Gosuen Gonçalves Dias 1. Compressão, MINO, Tíbia, Transversa. 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 - UNESP CÂMPUS DE JABOTICABAL

REGISTRO DO IMPACTO ESPERADO DA DISSERTAÇÃO

Como todo objetivo de um projeto de pesquisa inovador, o presente estudo visa a busca pelo desenvolvimento da medicina como um todo, que, através de seus resultados espera servir de base e espelho para novas pesquisas, assim como auxiliar e beneficiar a sociedade com seu avanço, resultando em melhores e mais rápidas recuperações dos pacientes, e consequentemente em melhor qualidade de vida. Espera-se também que com os frutos colhidos deste projeto, o árduo e sério trabalho do grupo pós graduandos da FCAV/Unesp Jaboticabal, com enfoque em Ortopedia e Traumatologia possa alcançar seu merecido reconhecimento em cenário nacional e internacional.

REGISTRATION OF THE EXPECTED DISSERTATION IMPACT

Like every objective of an innovative research project, the present study aims at the search for the development of medicine as a whole, which, through its results, hopes to serve as a base and mirror for new research, as well as to help and benefit society with its advancement. , resulting in better and faster recovery of patients, and consequently in better quality of life. It is also hoped that with the fruits harvested from this project, the hard and serious work of the FCAV/Unesp Jaboticabal postgraduate group, with a focus on Orthopedics and Traumatology, will be able to achieve its deserved recognition in the national and international scenario.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA DA EFETIVIDADE DE COMPRESSÃO INTERFRAGMENTÁRIA EM TÍBIAS DE GATO (EX-VIVO) COM O USO DE HASTE INTRAMEDULAR BLOQUEADA ASSOCIADA A DISPOSITIVO DE COMPRESSÃO INTERFRAGMENTÁRIA (PATENTE BR 10 2018 016021 4) POR MEIO DE MINO

AUTOR: RENATO BARROCO NETO

ORIENTADOR: LUÍS GUSTAVO GOSUEN GONÇALVES DIAS

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

Prof. Dr. LUÍS GUSTAVO GOSUEN GONÇALVES DIAS (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. SILVIO HENRIQUE DE FREITAS (Participação Virtual)
Departamento de Medicina Veterinária-FZEA/USP / Pirassununga/SP

Prof. Dr. BRUNO WATANABE MINTO (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 28 de fevereiro de 2023

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Renato Barroco Neto, nascida em 03 de julho de 1992, em Descalvado, no estado da São Paulo. Iniciou a vida acadêmica em Descalvado (SP) no curso de Medicina Veterinária na Universidade Brasil, Campus Descalvado, em 2013. Durante o curso participou de diversos projetos de pesquisa e extensão. Fez parte do GEPA (Grupo de Estudos de Pequenos Animais) e participou da comissão organizadora de cursos na graduação. Em 2019, iniciou o Programa de Aprimoramento em Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais pela Universidade de Franca (UNIFRAN), sob orientação do Profa. Dra. Fernanda Gosuen Gonçalves Dias, concluindo-o em 2021. Deu início no mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Veterinária no mesmo ano, sendo bolsista FAPESP, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Luís Gustavo Gosuen G. Dias, etapa esta que acabara de ser concluída.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, acima de tudo, agradecer à Deus, por trazer-me a força, direcionamento e discernimento necessário para superar dificuldades que a vida apresenta em nossa jornada terrena, e por me conceder o privilégio da realização deste grande sonho, ao lado de grandes profissionais que sempre foram um grande espelho para mim.

Agradecer imensamente aos meus pais, Sr. Sebastião e D. Neusa, que fizeram de meus sonhos seus próprios sonhos, e lutaram ao meu lado para que tudo isso fosse possível, assim como minhas irmãs Luciana e Juliana. Família é, e sempre será a base mais forte e importante de nossas vidas.

Agradeço a minha namorada e companheira de vida, Camila, que tem caminhado ao meu lado por toda esta longa jornada, partilhando dificuldades e realizando sonhos juntos.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Luis Gustavo Gosuen Gonçalves Dias, pela confiança e por toda sua contribuição para meu desenvolvimento, contribuições estas que ultrapassaram as barreiras acadêmicas e me fizeram crescer não só profissionalmente, mas sim como ser humano, sendo este o aprendizado mais valioso.

Agradeço ao Professor Dr. Bruno Watabane Minto, por contribuir diretamente para minha formação, sendo de grande importância para meu desenvolvimento dentro de nossa especialidade.

Agradecer ao professor Dr. Silvio Henrique de Freitas, pelo aceite para a participação da banca avaliadora deste projeto, e conseqüentemente por sua contribuição para demais melhorias neste desenvolvimento.

Agradeço também aos grandes mestres que tive o privilégio de estar ao lado durante essa jornada, que foram e ainda são extremamente importantes em minha formação profissional e pessoal, em especial, professor Artur Gouveia Rocha, Prof. Thiago Sá (nosso querido Aladim), professor Daniel Honsho e professor Jessé Ribeiro Rocha. Sempre estarão comigo por tudo que representam em minha vida.

Agradecer ao companheiro de casa, de pós graduação e de vida, Matheus Nobile, onde juntos nos complementamos para superar os grandes desafios que esse período nos reservou.

Agradecer aos amigos que fizeram parte de todo este processo até aqui, seja na graduação, residência ou na própria pós graduação. Cada um, com sua maneira, teve sua importância neste processo evolutivo profissional e pessoal.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP):
O desenvolvimento desta pesquisa não seria possível sem este tão importante auxílio.

Agradeço também aos amigos funcionários, que indiretamente e diariamente colaboram não só para com o meu, mas sim desenvolvimento de todos os demais colegas que pela instituição passam ou passaram. Cada um de vocês possuem importância igual em cada feito realizado por nós.

SUMÁRIO

i

Página

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA).....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTAS DE ABREVIATURAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
CAPÍTULO – 1.....	1
Introdução.....	1
Revisão de literatura.....	1
Objetivos.....	4
Justificativa.....	4
Referências.....	5
CAPÍTULO - 2.....	7
Resumo.....	7
Introdução	8
MATERIAIS É MÉTODOS.....	9
Descrição dos modelos experimentais.....	9
Divisão dos grupos.....	9
Delimitação dos pontos das osoteotomias.....	9
Mensuração dos ângulos tibiais.....	11
Mensuração dos ângulos mecânicos mediais, proximal e distal da tíbia em plano frontal....	11
Mensuração ângulos mecânicos caudais proximal e distal da tíbia em plano sagital.....	12
Avaliação torsional da tíbia.....	13
Avaliação radiográfica após a realização das osteotomias.....	14
Realização das osteotomias transversas.....	14
Implantação das hastes e avaliação da compressão interfragmentária.....	15
Descrição da haste intramedular bloqueada.....	17
Descrições dos componentes para aplicação da haste intramedular bloqueada.....	18
Descrição do mecanismo de ação do dispositivo (Patente BR 1020180160214).....	19
Avaliação radiográfica da efetividade da compressão interfragmentária.....	21
Avaliação dos ângulos tibiais.....	22
Análise estatística.....	23
RESULTADOS.....	24
Análise descritiva do Gap nos diferentes grupos avaliados.....	24
Análises Âgulares por Grupos.....	24
Análises dos Ângulos de Torção.....	26
Análises Geral Pré e Pós Implantação.....	26
DISCUSSÃO.....	27
CONCLUSÃO.....	29

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA)



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



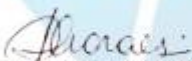
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado “Avaliação radiográfica da efetividade de compressão interfragmentária em tibias de gato (ex-vivo) com o uso de haste intramedular bloqueada associada a dispositivo de compressão interfragmentária (patente br 10 2018 016021 4) por meio de MINO” protocolo nº 1568/21, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Luis Gustavo Gosuen Gonçalves Dias, 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 24 de junho de 2021.

Vigência do Projeto	01/08/2021 a 01/02/2023
Espécie / Linhagem	Gato doméstico (<i>Felis catus</i>)
Nº de animais	16
Peso / Idade	3-4 Kg / Adultos
Sexo	Machos e fêmeas
Origem	Animais que vierem naturalmente à óbito por outras causas no Hospital Veterinário da Unesp/Jaboticabal

Jaboticabal, 24 de junho de 2021.


Prof. Dra. Paola Castro Moraes
Vice-Coordenadora – CEUA

AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DE COMPRESSÃO INTERFRAGMENTÁRIA EM TÍBIAS DE GATOS (EX-VIVO) COM O USO DE HASTE INTRAMEDULAR DE ÂNGULO ESTÁVEL ASSOCIADA A DISPOSITIVO DE COMPRESSÃO INTERFRAGMENTÁRIA (PATENTE BR 10 2018 016021 4) POR MEIO DE MINO

RESUMO – Objetivou-se avaliar radiograficamente a efetividade da compressão interfragmentária em tíbias de gatos (*ex-vivo*) com o uso de haste intramedular de ângulo estável associada a dispositivo de compressão interfragmentária (patente BR 10 2018 016021 4) por meio de osteossíntese minimamente invasiva (MINO). Para tal, utilizaram-se cadáveres de gatos adultos (n=15). Todos os cadáveres (tíbias direitas e esquerdas) foram avaliados por meio de imagens radiográficas (M1 – momento 1), como forma de identificar alterações anatômicas passíveis de exclusão, planejamento e seleção das dimensões dos implantes ortopédicos e também para a identificação do eixo mecânico tibial, dos ângulos proximais e distais nos planos sagital e frontal. Em ato contínuo, após essa seleção, esses cadáveres também foram submetidos à tomografias computadorizadas, para as avaliações torcionais, avaliações essas realizadas previamente à execução da técnica de implantação em cadáveres. Estes animais foram aleatoriamente sorteados em três grupos, com 5 espécimes cada. Ato contínuo, as 30 tíbias foram novamente radiografadas (M2 – momento 2). Após o planejamento prévio, as hastes foram alocadas nas tíbias pela técnica de MINO e a compressão interfragmentária executada. Posteriormente à implantação das hastes em todos os cadáveres felinos, foram realizadas novas radiografias (M3 – momento 3) para avaliar a aposição óssea, a efetividade da compressão interfragmentária, o alinhamento alcançado, a disposição dos implantes fixados, e também novas tomografias para que a avaliação torcional fosse realizada, sendo comparados estatisticamente os resultados finais dos ângulos obtidos, comparados às imagens prévias (M1). Os resultados mostraram que a compressão gerada foi satisfatória, com falhas osseas variando entre 0 e 0,5 mm, e mostraram também que não houve diferença significativa entre os pontos em que foram realizadas as osteotomias, ou seja, em todas as variáveis avaliadas, a posição de corte não apresentou diferença estatística quanto a diferença de ângulo pré e pós implantação.

Palavra-chave: compressão, MINO, tíbia, transversa.

RADIOGRAPHIC EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF INTERFRAGMENTARY COMPRESSION IN TIBIA OF CATS (EX-VIVO) USING A STABLE-ANGLE INTERLOCKING NAIL ASSOCIATED WITH AN INTERFRAGMENTARY COMPRESSION DEVICE (PATENT BR 10 2018 016021 4) BY MINO

ABSTRACT – The objective was to radiographically evaluate the occurrence of interfragmentary symptoms in cat tibias (ex-vivo) using a stable angle intramedullary pressure associated with an interfragmentary symptoms device (patent BR 10 2018 016021 4) by means of minimally invasive osteosynthesis (MINO). For this purpose, cadavers of adult cats (n=15) were used. All cases (right and left tibias) were evaluated by means of radiographic images (M1 – moment 1), as a way to identify anatomical alterations subject to exclusion, planning and selection of the dimensions of the orthopedic implants and also for the identification of the tibial mechanical axis, from the proximal and distant angles in the sagittal and frontal planes. Subsequently, after this selection, these caves were also submitted to computed tomography scans for torsional estimates, analyzes performed prior to the implementation of the implantation technique in cases. These animals were randomly drawn into three groups, with 5 specimens each. Then, the 30 tibias were radiographed again (M2 – moment 2). After previous planning, the nails were placed in the tibias using the MINO technique and interfragmentary administration was performed. after the implantation of the nails in all the feline cadavers, new radiographs were taken (M3 – moment 3) to evaluate the bone position, the transformation of the interfragmentary, the result achieved, the arrangement of the fixed implants, and also new radiographs so that the evaluation torsion was performed, statistically comparing the final results of the curricula obtained, compared to the previous images (M1). The results showed that the overload generated was satisfactory, with bone gaps varying between 0 and 0.5 mm, and also found that there was a significant difference between the points where the osteotomies were performed, that is, in all the evaluated variables, the cutting position did not show statistical difference regarding the difference in angle pre and post implantation.

Keywords: compression, MINO tibia, transverse,

LISTAS DE ABREVIATURAS

3D - Três dimensões

CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais

DCP – “Dynamic Compression Plate” (placa de compressão dinâmica)

FCAV - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias

GDP - grupo diáfise proximal

GDM – grupo diáfise média

GDD – grupo diáfise distal

HIB - Haste Intramedular Bloqueada

HI- AE – Haste intramedular de ângulo estável

M1 – Momento 1

M2 – Momento 2

M3 – Momento 3

MCDDTA - Ângulo mecânico tibial caudal distal

MCDPTA - Ângulo mecânico tibial caudal proximal

MMDTA - Ângulo mecânico tibial medial distal

MMPTA - Ângulo mecânico tibial medial proximal

MIA - Momento de Inércia de Área

MINO - “Minimally invasive nail osteosynthesis” (osteossíntese minimamente invasiva com haste intramedular)

MIO - “Minimally Invasive Osteosynthesis” (osteossíntese minimamente invasiva)

MIPO - “Minimally invasive plate osteosynthesis” (osteossíntese minimamente invasiva com placa)

mm – Milímetro

ORIF - “Open Reduction and Internal Fixation” (redução aberta e fixação interna)

PC – Parafuso principal de conexão

RG – Régua guia

SP – São Paulo

TCB – Trava do cachimbo

UNESP - Universidade Estadual Paulista

VPOP- “Veterinary Preoperative Orthopaedic Planning”

LISTA DE FIGURAS

Páginas

Figura 1: Imagem ilustrativa de uma tíbia de gato em plano frontal e sagital. Demonstração esquemática dos pontos de osteotomia. Para a delimitação dos pontos de corte, foram traçadas duas linhas perpendiculares ao eixo ósseo, uma proximal e uma distal (linhas pretas), englobando as epífises e as metáfises proximais e distais, restando apenas a diáfise como área de análise. A depender do grupo analisado, foram realizadas osteotomias proximais (linha azul), osteotomias médias (linha vermelha) ou osteotomias distais (linha verde).....12

Figura 2A – O centro da superfície articular proximal (1) está na área intercondilar no ponto médio entre as duas tuberosidades intercondilares. O centro da superfície articular distal (2) está no ponto médio entre os maléolos medial e lateral. O eixo mecânico sendo representado por uma linha reta conectando o centro da superfície articular proximal (1) com o centro da superfície articular distal (2). Figura 2B – O ângulo mecânico tibial medial proximal (mMPTA) e o ângulo mecânico tibial medial distal (mMDTA) em plano frontal consistem na intersecção das linhas de orientação das superfícies articulares proximal e distal com a linha que representa o eixo mecânico.....14

Figura 3A - O centro da superfície articular proximal (1) está centrado entre as bordas cranial e caudal do platô tibial. O centro da superfície articular distal (2), está no centro da articulação. O eixo mecânico é representado por uma linha reta conectando o centro da superfície articular proximal (1) com o centro da superfície articular distal (2). Figura 3B – O ângulo mecânico tibial caudal proximal (mCdPTA) e o ângulo mecânico tibial caudal distal (mCdDTA) em plano sagital consistem na intersecção das linhas de orientação das superfícies articulares proximal e distal com a linha que representa o eixo mecânico.....15

Figura 4 - Traça-se uma linha no centro do calcâneo sentido caudo-cranial por toda sua extensão (linha vermelha), em seguida, uma segunda linha é traçada partindo do centro dos côndilos tibiais até o centro da tuberosidade tibial (linha amarela) (A), realiza-se a intersecção destas duas linhas (amarela e vermelha) (B), identificando o ângulo de torção tibial (semi-círculo verde) (C)..... 16

Figura 5 – Imagens radiográficas pós realização das osteotomias, Grupo GDP (A), Grupo GDM (B) e Grupo GDD (C).....15

Figura 6 – Imagens radiográficas pós implantação vistas em plano sagital e frontal.....16

Figura 7 – Avaliação macroscópica da região comprimida pós implantação.....17

Figura 8 – Desenho gráfico (SOLIDWORKS® 2016) da haste intramedular bloqueada específica, desenvolvida para a realização de compressão interfragmentária óssea utilizando o Dispositivo (Patente BR 10 2018 0160214). Notar a presença do orifício oblongo (segundo orifício) na porção proximal da haste entre os outros dois orifícios (1 e 3).....18

Figura 9 – Representação dos componentes para implantação da haste, compostos pelo

parafuso principal de conexão (seta verde), guias de perfuração para orifícios roscados (seta vermelha) e guia perfuração para pino Steinmann (seta amarela).....19

Figura 10 – Desenhos gráficos (SOLIDWORKS®, 2016) do modelo específico de haste bloqueada (HIB-AE) para compressão óssea, do pino de *Steinmann* e do parafuso principal de conexão. As hastes da direita estão transparentes para facilitar a visualização do mecanismo de ação do parafuso principal de conexão no seu interior. As setas pretas apontam para o parafuso principal de conexão, as vermelhas identificam o pino de *Steinmann*, alocado no orifício oblongo da haste intramedular, e as setas verdes apontam para a extremidade distal do parafuso principal de conexão, que está encostado no pino de *Steinmann*..... 20

Figura 11 – Avaliação do “gap” residual através da utilização do VPOP.....21

Figura 12 – Mensurações angulares através das projeções médio-laterais e cranio-caudais com a utilização do software VPOP.....22

Figura 13 – Avaliação torcional pós implantação através da utilização do software VPOP após reconstrução 3D realizada no software Radiant.....23

LISTA DE TABELAS

Páginas

Tabela 1: Tabela descritiva do método de avaliação da compressão interfragmentária, com as correlações entre os “ <i>gaps</i> ” residuais e a classificação de efetividade.....	22
Tabela 2. Analise descritiva do Gap nos diferentes grupos avaliados.....	24
Tabela 3. Analise descritiva dos momentos dentro de cada grupo avaliado na variavel mMPTA.....	25
Tabela 4. Analise descritiva dos momentos dentro de cada grupo avaliado na variavel mMDTA.....	25
Tabela 5. Analise descritiva dos momentos dentro de cada grupo avaliado na variavel mCdPTA.....	25
Tabela 6. Analise descritiva dos momentos dentro de cada grupo avaliado na variavel mCdDTA.....	26
Tabela 7. Analise descritiva dos momentos dentro de cada grupo avaliado na variavel Torção.....	26
Tabela 8. Analise descritiva da diferença média dos momentos (pós-pré) dentro de cada tratamento.....	27

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

INTRODUÇÃO

As fraturas transversas podem ser classificadas como fraturas de alto “strain”, nesse tipo de fratura é preconizado a reconstrução da coluna óssea, com compressão interfragmentária e estabilização rígida, almejando a consolidação direta ou primária.

Embora a compressão interfragmentária realizada principalmente por intermédio de placas ósseas de compressão dinâmica possua características positivas, o atrito constante entre a placa e o periósteo promove efeitos negativos sobre a vascularização local, podendo ocorrer deficit circulatório ósseo pós-operatório (atrito/pressão), além da necessidade de expôr o foco fraturário, prejudicando o ambiente biológico da fratura. Com o intuito de minimizar os danos biológicos ao tecido ósseo, foram criadas abordagens minimamente invasivas para correção das fraturas (MIO – “Minimally Invasive Osteosynthesis”).

Com a criação dos conceitos de osteossíntese biológica, a haste intramedular bloqueada (HIB) ganhou prestígio, tanto na medicina, quanto na veterinária, uma vez que segue os conceitos de preservação do hematoma primordial da fratura, além de possuir vantagens mecânicas, como o posicionamento no eixo neutro do osso e MIA (momento de inércia de área) uniforme devido ao formato cilíndrico, tornando-a resistente às forças de flexão em todas as direções e sendo uma melhor opção quando comparada ao tratamento de fraturas com o uso das placas convencionais.

No entanto, as hastes disponíveis para o tratamento de fraturas na medicina veterinária são incapazes de gerar compressão interfragmentária, resultando em muitos relatos de insucesso no tratamento de fraturas de alto “strain”. Sendo assim, a compressão interfragmentária com uso de hastes intramedulares em fraturas de linha transversa se mostra promissora por possibilitar a união das vantagens da osteossíntese mecânica e da biológica.

REVISÃO DE LITERATURA

O conceito de consolidação óssea direta consiste na busca da estabilização rígida, permitindo mínima movimentação entre os fragmentos ósseos. Tal estabilidade é alcançada com reconstrução da coluna óssea e compressão interfragmentária. A coaptação e compressão dos fragmentos, possibilita o progresso dos vasos sanguíneos, os quais se orientam por meio dos canais de Havers, através da linha de fratura,

auxiliando no processo direto de osteogênese, sem a ocorrência de tecido fibroso e cartilaginoso (BERENDSEN e OLSEN, 2015).

Sendo assim, os primeiros implantes humanos desenvolvidos, buscavam a reconstrução anatômica da coluna óssea e a promoção de estabilização rígida por meio de placas de compressão dinâmica ("Dynamic Compression Plate" - DCP) que realizavam compressão interfragmentária (PERREN et al., 1969; UHTHOFF et al., 2006; AUGAT e VON RÜDEN, 2018). Para a reconstrução anatômica, é necessária a abertura do foco de fratura durante a técnica de osteossíntese, chamada de ORIF ("Open Reduction and Internal Fixation") (MAZZOCCA et al., 2008; JOHNSTON et al., 2017).

Os danos biológicos provocados pelos implantes e pela abertura do foco de fratura passaram a ser o enfoque dos estudos ortopédicos durante a década de 90, culminando posteriormente na criação do conceito de MIO ("Minimally Invasive Osteosynthesis"), cuja técnica, compreende a preservação do hematoma inicial do foco de fratura e preservação da vascularização periosteal e dos tecidos adjacentes ao osso (HUDSON et al., 2009; JOHNSTON et al., 2017). Sendo assim, o manejo das fraturas irreduzíveis de ossos longos passou a ter como prioridade o conceito de estabilidade relativa, buscando o alinhamento funcional do membro por meio de redução indireta e manipulação mínima dos tecidos moles adjacentes, almejando a consolidação indireta ou secundária, com grande formação de calo ósseo (POZZI et al., 2013; XUE et al., 2016; OXLEY, 2018).

Embora a utilização de técnicas minimamente invasivas seja excelente em fraturas cominutivas, as fraturas reconstruíveis de linha simples, se beneficiam com a reconstrução da coluna óssea, associada a compressão interfragmentária (HUDSON et al., 2012; KIM et al., 2015; PETTITT, 2016). Neste ponto, a realização de MIO não se torna possível, uma vez que a técnica demanda exposição e manipulação do foco de fratura, buscando efetiva compressão e alinhamento ósseo, causando, inevitavelmente, danos a vascularização e ao hematoma primordial da fratura (HUDSON et al., 2009; HUDSON et al., 2012; KIM et al., 2015; XUE et al., 2016).

As hastes intramedulares foram criadas com o intuito de tratar fraturas na diáfise de ossos longos. Desde os primeiros modelos descritos, era recomendado a implantação da haste com preservação do foco de fratura (VÉCSEI et al., 2011; SELIGSON, 2015). A haste intramedular bloqueada (HIB) pode ser implantada sem perturbação do hematoma primordial e, uma vez dentro do canal medular, tal implante é capaz de promover o alinhamento funcional do membro e a estabilidade relativa. Além dessas vantagens biológicas, a HIB apresenta vantagens mecânicas como, por exemplo, seu posicionamento no eixo neutro do osso e alto MIA, tornando o implante resistente às forças de flexão em todas as direções (MUIR et al., 1995; PETTITT, 2016; DÉJARDIN et al., 2020).

As indicações das hastes intramedulares direcionam-se para a maioria dos ossos apendiculares que possibilitem a introdução do implante, sem que haja danos articulares como, por exemplo, o fêmur, o úmero, a tíbia e em alguns casos a ulna (JOHNSTON et al., 2017). As hastes podem ser implantadas de maneira minimamente invasiva, por meio da técnica de MINO, sendo menos traumática do que as abordagens para MIPO, utilizando acessos e manipulações mínimas (KIM et al., 2015; DÉJARDIN et al., 2020). Outro fator de superioridade da MINO em comparação à MIPO, reside no fato de que uma das principais complicações pós-operatórias observadas após a realização de osteossíntese minimamente invasiva com uso de placa, define-se por desalinhamento ósseo e promoção de desvios angulares importantes (APIVATTHAKAKUL e CHIEWCHARNTANAKIT, 2009; ZOU et al., 2013).

Na medicina veterinária, até o presente momento, não havia nenhum sistema de hastes intramedulares compressivas publicado em fontes de dados pesquisados. No entanto, em humanos são descritos alguns modelos capazes de serem implantados por abordagem minimamente invasiva e ainda promover compressão interfragmentária, associando, as vantagens da osteossíntese mecânica e biológica (VERBRUGGEN e STAPERT, 2007; HÖGEL et al., 2013; BAKI et al., 2017; KARAARSLAN e ACAR, 2017). Tais modelos, chamados de “Compression Nail”, obtiveram resultados superiores no tratamento de fraturas transversas ou oblíquas de ossos longos, quando comparadas às HIB convencionais, apresentando consolidação precoce e taxas inferiores de complicações (HÖGEL et al., 2013; KARAARSLAN et al., 2017).

Apesar de não terem sido encontrados modelos de hastes na veterinária capazes de promoverem compressão interfragmentária, um dos modelos da ortopedia humana foi testado em coelhos demonstrando resultados semelhantes àqueles encontrados em pacientes humanos. Neste trabalho (BAKI et al., 2017), as hastes intramedulares compressivas foram utilizadas em fraturas transversas em fêmures de coelhos, e obtiveram resultados positivos, com consolidação óssea no período de quatro semanas. Comparativamente, os fêmures tratados com HIB convencional, sob o mesmo período, ainda estavam em estágio inicial de consolidação.

Em 2018, a equipe envolvida no projeto em tela patenteou um novo modelo de haste compressiva no Brasil, que poderá ser utilizado tanto na medicina quanto na veterinária (registro de patente: BR 10 2018 016021 4). Tal modelo consiste em uma HIAE que associada a dispositivo específico apresenta sistema inovador para gerar compressão interfragmentária.

OBJETIVOS

Avaliar por meio de imagens radiográficas e tomográficas a exequibilidade da técnica de compressão interfragmentária utilizando o dispositivo patenteado (BR 10 2018 016021 4) associado ao modelo específico de haste intramedular de ângulo estável (HI-AE), em tíbias de gatos adultos utilizando a técnica MINO, assim como buscar observar possíveis desvios angulares torsionais decorrentes da implantação comparando os momentos pré e pós implantação.

JUSTIFICATIVA

Buscando o sinergismo entre osteossíntese mecânica e biológica, foram desenvolvidos modelos de hastes intramedulares compressivas em humanos, demonstrando vantagens desta composição, principalmente pela possibilidade de implantação minimamente invasiva e pela busca de uma efetiva compressão em linhas de fratura de traço simples, transversas ou oblíquas curtas (HÖGEL et al., 2013; BAKI et al., 2017; KARAARSLAN e ACAR, 2017; KARAARSLAN et al., 2017).

Desta forma, a presente pesquisa justifica-se por utilizar o Dispositivo (patente BR 10 2018 016021 4) que, em associação a modelo HI-AE específica para compressão, possibilitará a promoção de compressão interfragmentária, algo inédito na ortopedia veterinária. Além disso, a pesquisa ainda permitirá descrever e avaliar a exequibilidade da técnica de compressão interfragmentária utilizando haste bloqueada em diferentes segmentos da diáfise da tíbia de gatos e a avaliação da adequada compressão interfragmentária obtida, assim como, a presença ou não de alterações angulares pós implantação.

A descrição detalhada e padronizada desta nova técnica é de suma importância, uma vez que os mecanismos de implantação do modelo específico de HI-AE se diferem dos modelos tradicionais já existentes no mercado, e por ser utilizado em gatos, cuja base de dados e descrições presentes na literatura são ínfimas, quando comparadas aos trabalhos com modelos caninos.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, L. M.; FOX, D. B.; CHESNEY, K. L.; COATES, J. R.; TORRES, B. T.; LYONS, L. A. Skeletal Manifestations of Heritable Disproportionate Dwarfism in Cats as Determined by Radiography and Magnetic Resonance Imaging. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, April 2021
- APIVATTHAKAKUL, T.; CHIEWCHARNTANAKIT, S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the treatment of the femoral shaft fracture where intramedullary nailing is not indicated. **International Orthopaedics**, v. 33, n. 4, p. 1119-1126, 2009.
- AUGAT, P.; VON RÜDEN, C. Evolution of fracture treatment with bone plates. **Injury**, v. 49, p. S2-S7, 2018. BERENDSEN, A. D.; OLSEN, B. R. Bone development. **Bone**, v. 80, p. 14-18, 2015.
- DECAMP, C. E.; JOHNSTON, S. A.; DÉJARDIN, L. M.; SCHAEFER, S. L. The Elbow Joint. In: **Brinker, Piermattei, and Flo's handbook of small animal orthopedics and fracture repair**, 5 ed. St. Louis: Elsevier, 2015. cap.12, p.360-365.
- DÉJARDIN, L. M.; PERRY, K. L.; VON PFEIL, D. J.; GUIOT, L. P. Interlocking nails and minimally invasive osteosynthesis. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**, v. 50, n. 1, p. 67-100, 2020.
- HÖGEL, F.; GERBER, C.; BÜHREN, V.; AUGAT, P. Reamed intramedullary nailing of diaphyseal tibial fractures: comparison of compression and non-compression nailing. **European Journal of Trauma and Emergency Surgery**, v. 39, n. 1, p. 73-77, 2013.
- HUDSON, C. C.; POZZI, A.; LEWIS, D. D. Minimally invasive plate osteosynthesis: applications and techniques in dogs and cats. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 22, n. 03, p. 175- 182, 2009.
- HUDSON, C. C.; LEWIS, D. D.; POZZI, A. Minimally invasive plate osteosynthesis in small animals: radius and ulna fractures. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**, v. 42, n. 5, p. 983-996, 2012.
- JOHNSTON, S. A.; VON PFEIL, D. J. F.; DÉJARDIN, L. M.; WEH, M.; ROE, S. Internal fracture fixation. In.: Tobias KM, Johnston SA (Eds.) **Veterinary Surgery: Small Animal**. Saint Louis: Elsevier, p. 1892-1983.
- KARAARSLAN, A. A.; ACAR, N. The effect of different torque wrenches on rotational stiffness in compressive femoral nails: a biomechanical study. **European Journal of Trauma and Emergency Surgery**, v. 44, n. 1, p. 97-103, 2018.
- KIM, J. W.; OH, C. W.; BYUN, Y. S.; KIM, J. J.; PARK, K. C. A prospective randomized study of operative treatment for noncomminuted humeral shaft fractures: conventional open plating versus minimal invasive plate osteosynthesis. **Journal of orthopaedic trauma**, v. 29, n. 4, p. 189-194, 2015.
- MAZZOCCA, A. D, DEANGELIS, J. P, CAPUTO, A. E, BROWNER, B. D, MAST, J. W, MENDES, M.W (2008) Principles of internal fixation. In.: Browner BD, Jupiter JB, Krettek C, Anderson PA Skeletal Trauma: **Basic Science, Management, and Reconstruction**. Filadélfia: Saunders, p. 83-141
- MUIR, P.; JOHNSON, K. A.; MARKEL, M. D. Area moment of inertia for comparison of implant cross- sectional geometry and bending stiffness. **Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology**, v. 8, n. 03, p. 146-152, 1995.

OXLEY, B. A 3-dimensional-printed patient-specific guide system for minimally invasive plate osteosynthesis of a comminuted mid-diaphyseal humeral fracture in a cat. **Veterinary Surgery**, v. 47, n. 3, p. 445-453, 2018.

PERREN, S. M.; HUGGLER, A.; RUSSENBERGER, M.; STRAUMANN, F.; MLLER, M. E.; ALLGÖWER, M. A method of measuring the change in compression applied to living cortical bone. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 40, n. sup125, p. 1-63, 1969.

PETAZZONI, M.; JAEGER, G. H. **Atlas of clinical goniometry and radiographic measurements of the canine pelvic limb**. Merial, 2008.

PETTITT, R. (2016) Principles of fracture fixation. In.: Gemmill TJ, Clements DN (Eds.) **BSAVA Manual of Canine and Feline Fracture Repair and Management**. Gloucester: **British Small Animal Veterinary Association**, p. 55-64.

POZZI, A.; HUDSON, C. C.; GAUTHIER, C. M.; LEWIS, D. D. Retrospective comparison of minimally invasive plate osteosynthesis and open reduction and internal fixation of radius-ulna fractures in dogs. **Veterinary Surgery**, v. 42, n. 1, p. 19-27, 2013.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

SELIGSON, D (2015) History of intramedullary nailing. In.: Rommens PM, Hessmann MH (Eds.) **Intramedullary Nailing: A Comprehensive Guide**. Londres: Springer, p. 3-12.

UHTHOFF, H. K.; POITRAS, P.; BACKMAN, D. S. Internal plate fixation of fractures: short history and recent developments. **Journal of Orthopaedic Science**, v. 11, n. 2, p. 118-126, 2006.

VÉCSEI, V.; HAJDU, S.; NEGRIN, L. L. Intramedullary nailing in fracture treatment: history, science and Küntscher's revolutionary influence in Vienna, Austria. **Injury**, v. 42, p. S1-S5, 2011.

VERBRUGGEN, J. P. A. M.; STERNSTEIN, W.; BLUM, J.; ROMMENS, P. M.; STAPERT, J. W. Compression-locked nailing of the humerus: a mechanical analysis. **Acta orthopaedica**, v. 78, n. 1, p. 143-150, 2007.

XUE, Z.; JIANG, C.; HU, C.; QIN, H.; DING, H.; AN, Z. Effects of different surgical techniques on mid- distal humeral shaft vascularity: open reduction and internal fixation versus minimally invasive plate osteosynthesis. **BMC musculoskeletal disorders**, v. 17, n. 1, p. 1-6, 2016.

WENDELBURG, K. M.; LEWIS, D. D.; SEREDA, C. W.; REESE, D. J.; WHEELER, J. L. Use of an interlocking nail-hybrid fixator construct for distal femoral deformity correction in three dogs. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 24, n. 03, p. 236-245, 2011.

ZOU, J.; ZHANG, W.; ZHANG, C. Comparison of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis with open reduction and internal fixation for treatment of extra-articular distal tibia fractures. **Injury**, v. 44, n. 8, p. 1102-1106, 2013.

TOMCZAK, M.; TOMCZAK, E. The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size. **Trends in Sport Sciences**. 2014; 1(21):19-25.

CAPÍTULO 2 – Evaluation of the effectiveness of interfragmentary compression in tibia of cats (ex-vivo) using a stable-angle interlocking nail associated with an interfragmentary compression device (patent BR 10 2018 016021) by MINO.

Normas do periódico *Topics in Companion Animal Medicine* (disponível em: <https://www.elsevier.com/journals/topics-in-companion-animalmedicine/1938-9736/guide-for-authors>)

RESUMO – Objetivou-se avaliar radiograficamente a efetividade da compressão interfragmentária em tíbias de gatos (ex-vivo) com o uso de haste intramedular de ângulo estável associada a dispositivo de compressão interfragmentária (patente BR 10 2018 016021 4) por meio de osteossíntese minimamente invasiva (MINO). Para tal, utilizaram-se cadáveres de gatos adultos (n=15). Todos os cadáveres (tíbias direitas e esquerdas) foram avaliados por meio de imagens radiográficas (M1 – momento 1), como forma de identificar alterações anatômicas passíveis de exclusão, planejamento e seleção das dimensões dos implantes ortopédicos e também para a identificação do eixo mecânico tibial, dos ângulos proximais e distais nos planos sagital e frontal. Em ato contínuo, após essa seleção, esses cadáveres também foram submetidos à tomografias computadorizadas, para a avaliações torcionais, avaliações essas realizadas previamente a execução da técnica de implantação em cadáveres. Estes animais foram aleatoriamente sorteados em três grupos, com 5 espécimes cada. Ato contínuo, as 30 tíbias foram novamente radiografadas (M2 – momento 2). Após o planejamento prévio, as hastes foram alocadas nas tíbias pela técnica de MINO e a compressão interfragmentária executada. Posteriormente à implantação das hastes em todos os cadáveres felinos, foram realizadas novas radiografias (M3 – momento 3) para avaliar a aposição óssea, a efetividade da compressão interfragmentária, o alinhamento alcançado, a disposição dos implantes fixados, e também novas tomografias para que a avaliação torcional fosse realizada, sendo comparados estatisticamente os resultados finais dos ângulos obtidos, comparados às imagens prévias (M1). Os resultados mostraram que a compressão gerada foi satisfatória, com falhas osseas variando

entre 0 e 0,5 mm, e mostraram também que houve diferença significativa entre os pontos em que foram realizadas as osteotomias, ou seja, em todas as variáveis avaliadas, a posição de corte não apresentou diferença estatística quanto a diferença de ângulo pré e pós implantação.

Palavra-chave: compressão, MINO, tibia, transversa.

INTRODUÇÃO

As fraturas transversas podem ser classificadas como fraturas de alto “strain”, nesse tipo de fratura é preconizado a reconstrução da coluna óssea, com compressão interfragmentária e estabilização rígida, almejando a consolidação direta ou primária.

Embora a compressão interfragmentária realizada principalmente por intermédio de placas ósseas de compressão dinâmica possua características positivas, o atrito constante entre a placa e o periósteo promove efeitos negativos sobre a vascularização local, podendo ocorrer deficit circulatório ósseo pós-operatório (atrito/pressão), além da necessidade de expôr o foco fraturário, prejudicando o ambiente biológico da fratura. Com o intuito de minimizar os danos biológicos ao tecido ósseo, foram criadas abordagens minimamente invasivas para correção das fraturas (MIO – “Minimally Invasive Osteosynthesis”).

Com a criação dos conceitos de osteossíntese biológica, a haste intramedular bloqueada (HIB) ganhou prestígio, tanto na medicina, quanto na veterinária, uma vez que segue os conceitos de preservação do hematoma primordial da fratura, além de possuir vantagens mecânicas, como o posicionamento no eixo neutro do osso e MIA (momento de inércia de área) uniforme devido ao formato cilíndrico, tornando-a resistente às forças de flexão em todas as direções e sendo uma melhor opção quando comparada ao tratamento de fraturas com o uso das placas convencionais.

No entanto, as hastes disponíveis para o tratamento de fraturas na medicina veterinária são incapazes de gerar compressão interfragmentária, resultando em muitos relatos de insucesso no tratamento de fraturas de alto “strain”. Sendo

assim, a compressão interfragmentária com uso de hastes intramedulares em fraturas de linha transversa se mostra promissora por possibilitar a união das vantagens da osteossíntese mecânica e da biológica (minimamente invasiva).

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição dos modelos experimentais

Um total de 15 cadáveres de gatos domésticos adultos (com média de peso entre 3,0 e 4,0 kg) foram obtidos e manipulados de acordo com as normativas instituídas pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/FCAV-UNESP – nº 1568/21). A causa da morte dos animais não possuiam relação com a inclusão destes neste estudo. Os cadáveres foram armazenados sob congelamento em solução salina de NaCl 0,9%, de maneira a preservar as principais características anatômicas das tíbias a serem utilizados.

Divisão dos grupos

Cada um dos três grupos experimentais foi composto por 5 cadáveres, ou seja, 10 tíbias (direitas e esquerdas somados), sendo o total de trinta tíbias avaliados no estudo (n=30). Os três grupos foram classificados com base nos locais onde foram realizadas as linhas de osteotomia transversa na diáfise tibial. Os grupos foram GDP (Grupo Diáfise Proximal), GDM (Grupo Diáfise Média) e GDD (Grupo Diáfise Distal).

Delimitação dos pontos de osteotomia

As imagens radiográficas obtidas neste momento, além de servirem como fator excludente, também foram utilizadas para a definição e padronização dos marcos anatômicos utilizados para o planejamento dos locais das osteotomias. Para a delimitação dos pontos de corte ósseo, foram traçadas linhas perpendiculares proximal e distal ao eixo do osso, englobando as epífises e as metáfises proximais e distais da tibia, restando apenas a diáfise como área de análise. A partir do comprimento total de diáfise obtida, a porção óssea analisada

foi primeiramente dividida ao meio, sendo este ponto central, referente ao local de osteotomia utilizado para as amostras do grupo GDM. Em seguida, o segmento proximal da diáfise foi dividido em três partes, sendo a intersecção entre o primeiro e segundo terço, o ponto de osteotomia utilizado para as tíbias referentes ao grupo GDP. Para as tíbias do grupo GDD, a definição da linha de osteotomia distal se deu a partir da divisão da porção distal da diáfise em três segmentos, semelhante ao realizado no grupo anteriormente descrito, porém, a linha de osteotomia foi definida na intersecção entre o segundo e o terceiro terço (Figura 1). Posteriormente, foram utilizados templates para a escolha das hastes (comprimento e diâmetro), para que os bloqueios residissem na região metafisária/epifisária.

Estas mensurações foram realizadas em ambas as projeções (craniocaudal e mediolateral), para todas as tíbias avaliados.

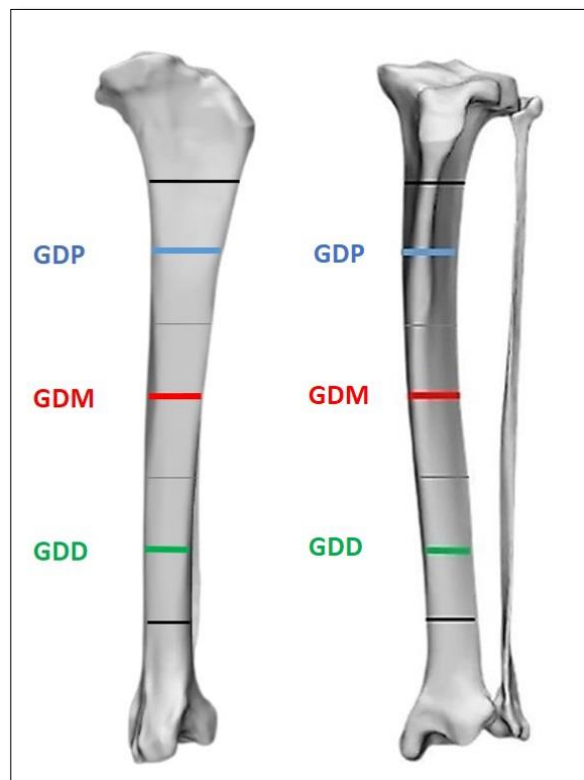


Figura 1: Imagem ilustrativa de uma tíbia em plano frontal e sagital. Demonstração esquemática dos pontos de osteotomia. Para a delimitação dos pontos de corte, foram traçadas duas linhas perpendiculares ao eixo ósseo, uma proximal e uma distal (linhas pretas), englobando as epífises e as metáfises proximais e distais, restando apenas a diáfise como área de análise. A depender do grupo analisado, foram realizadas osteotomias proximais (linha azul), osteotomias médias (linha vermelha) ou osteotomias distais (linha verde).

Mensuração dos ângulos tibiais

Nesta fase, foram procedidas mensurações dos ângulos proximal e distal nos planos sagital e frontal através da identificação do eixo mecânico tibial.

Desta forma, sendo utilizadas como método comparativo após a implantação das hastes, de maneira a avaliar se houve ou não a presença de desvios angulares importantes.

Concomitantemente, também foram realizadas as mensurações para a escolha do diâmetro e do comprimento dos implantes que seriam posteriormente utilizados.

Mensuração dos ângulos mecânicos mediais, proximal e distal da tíbia em plano frontal.

O eixo mecânico da tíbia no plano frontal é definido por meio de uma linha reta que conecta o centro da superfície articular proximal com o centro da superfície articular distal, podendo ser mensurado com o auxílio de imagens radiográficas, e foi obtido por meio da metodologia descrita por Petazzoni e Jaegger (2008) (Figura 2A). Neste plano foram mensurados os ângulos mediais, proximais e distais, por meio de uma linha traçada sobre as superfícies articulares, perpendicular à linha do eixo mecânico (Figura 2B).

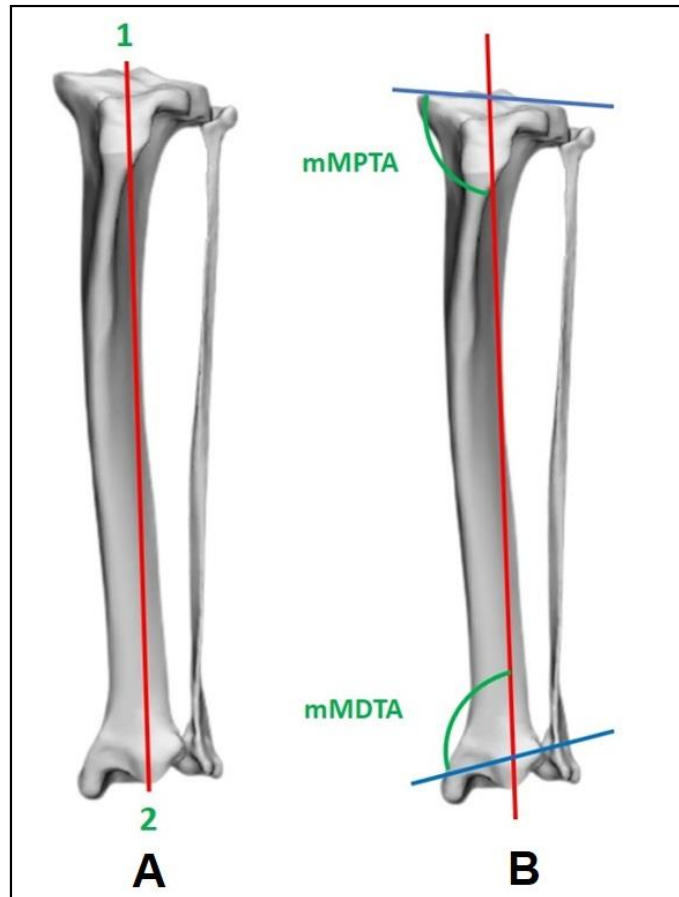


Figura 2A – O centro da superfície articular proximal (1) está na área intercondilar no ponto médio entre as duas tuberosidades intercondilares. O centro da superfície articular distal (2) está no ponto médio entre os maléolos medial e lateral. O eixo mecânico sendo representado por uma linha reta conectando o centro da superfície articular proximal (1) com o centro da superfície articular distal (2). **Figura 2B** – O ângulo mecânico tibial medial proximal (mMPTA) e o ângulo mecânico tibial medial distal (mMDTA) em plano frontal consistem na intersecção das linhas de orientação das superfícies articulares proximal e distal com a linha que representa o eixo mecânico.

Mensuração ângulos mecânicos caudais proximal e distal da tíbia em plano sagital

O eixo mecânico tibial no plano sagital é definido por meio de uma linha traçada que conecta a eminência intercondilar ao centro do talus (Figura 3A).

Os ângulos mecânicos proximais e distais da tíbia no plano sagital são encontrados demarcando as linhas de orientação articulares. Os ângulos neste plano consistem na intersecção das linhas de orientação da articulação com o eixo mecânico (Figura 3B). Esses ângulos foram obtidos por meio da metodologia descrita por Petazzoni e Jaegger (2008).

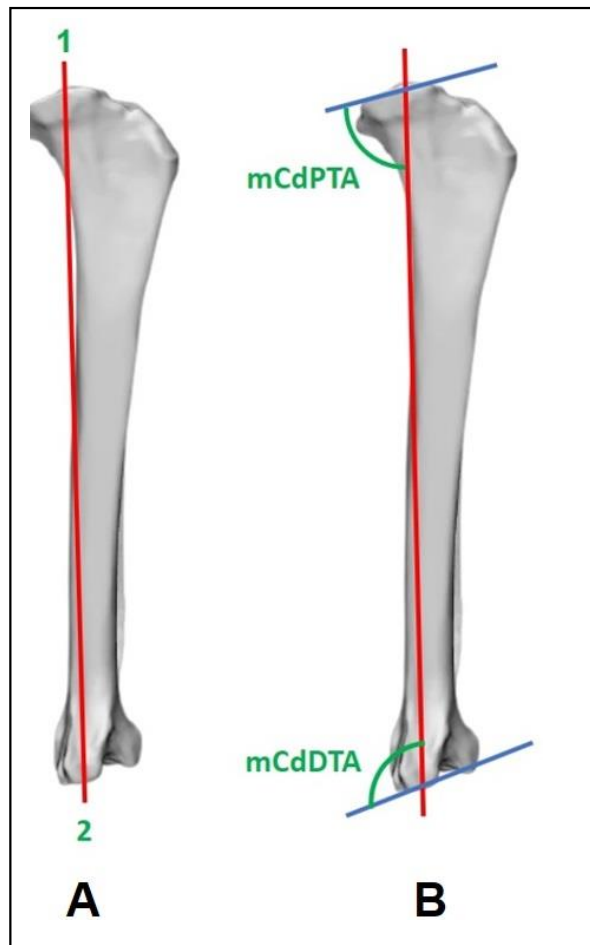


Figura 3A - O centro da superfície articular proximal (1) está centrado entre as bordas cranial e caudal do platô tibial. O centro da superfície articular distal (2), está no centro da articulação distal. O eixo mecânico é representado por uma linha reta conectando o centro da superfície articular proximal (1) com o centro da superfície articular distal (2). **Figura 3B** – O ângulo mecânico tibial caudal proximal (mCdPTA) e o ângulo mecânico tibial caudal distal (mCdDTA) em plano sagital consistem na intersecção das linhas de orientação das superfícies articulares proximal e distal com a linha que representa o eixo mecânico.

Avaliação torsional da tíbia

Por meio de tomografia computadorizada, realizou-se a avaliação do ângulo de torção tibial.

Para avaliar o ângulo de torção da tíbia, traçou-se uma linha no centro do calcâneo sentido caudocranial por toda sua extensão, em seguida, uma segunda linha foi traçada partindo do centro dos côndilos tibiais até o centro da tuberosidade tibial (Figura 4 A), onde a intersecção destas duas linhas (Figura 4 B) formou o ângulo de torção tibial (Figura 4 C) (PALEY, 2002).

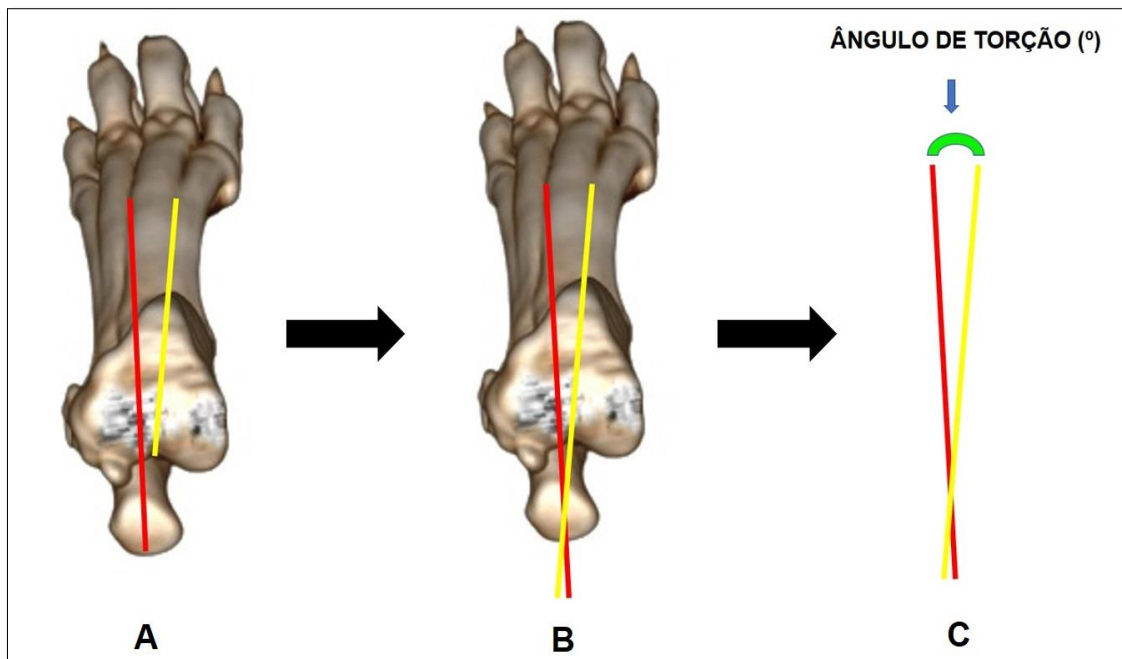


Figura 4 – Traça-se uma linha no centro do calcâneo sentido caudocranial por toda sua extensão (linha vermelha), em seguida, uma segunda linha foi traçada partindo do centro dos côndilos tibiais até o centro da tuberosidade tibial (linha amarela) (A), realizou-se a intersecção destas duas linhas (amarela e vermelha) (B), identificando o ângulo de torsão tibial (semi-círculo verde) (C).

Avaliação radiográfica após a realização das osteotomia

Após a segunda fase do estudo, onde foram efetuadas as osteotomias específicas para cada grupo (porções proximal, média e distal), novas imagens radiográficas (projeções craniocaudais e mediolaterais) foram realizadas (M2 - momento 2), com o intuito de evidenciar a precisão da linha de corte, averiguando se a localização da osteotomia foi efetuada como programada e se não foram causados danos ósseos durante a execução do corte.

Realização das osteotomias transversas

Após a divisão dos grupos e a realização das mensurações radiográficas iniciais, foram procedidas as osteotomias nas porções específicas para cada grupo estudado. No primeiro grupo (GDP) foram realizadas osteotomias na diáfise tibial proximal de ambos os lados (tíbia direita e esquerda). O segundo grupo (GDM) teve como única diferença a localização da osteotomia (diáfise tibial média). Da mesma forma, o terceiro grupo (GDD) sendo diferido dos dois

anteriores pela localização da osteotomia tibial diafisária (distal). Os marcos anatômicos utilizados para as osteotomias foram definidos durante a fase 1 do estudo.

A osteotomia foi realizada com o auxílio de serra óssea oscilatória utilizando uma lâmina sagital de 0.4 mm, por meio de abordagem lateral da tíbia, com acesso através do tecido cutâneo e, posteriormente, por meio de dissecação muscular, não comprometendo, desta forma, a face medial do membro que foi utilizada para o acesso cirúrgico através da técnica de MINO. Após as osteotomias (a depender de cada grupo), a última etapa desta fase foi a realização de novas radiografias (M2) das 30 tíbias (Figura 5).

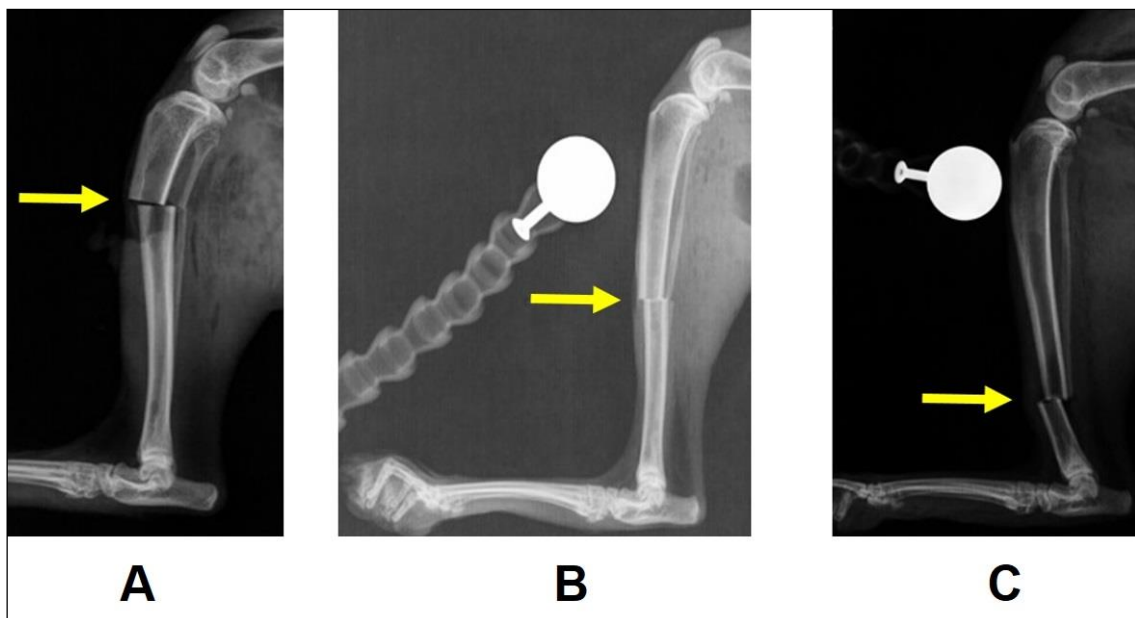


Figura 5- Imagens radiográficas pós realização das osteotomias, Grupo GDP (A), Grupo GDM (B) e Grupo GDD (C).

Implantação das hastes e avaliação da compressão interfragmentária

Baseado nas radiografias realizadas inicialmente (M1), foram selecionadas hastes de comprimento suficiente para ocupar ambas as metáfises ósseas (desde a metáfise proximal até a distal) e com diâmetro representando no aproximadamente 80% do canal medular da tíbia, que fora medido no istmo do osso na projeção craniocaudal. Devido ao pequeno diâmetro do istmo dos felinos, não foi possível a utilização de hastes que correspondessem menos de

80% do canal, pois haveriam mudanças na padronização dos bloqueio, de ângulo estável para bolts.

Em seguida, as hastes intramedulares de ângulo estável (HI-AE) associadas ao Dispositivo de Compressão (BR 10 2018 016021 4) foram alocadas por MINO nas tíbias submetidas às osteotomias e a compressão interfragmentária executada. Após as implantações, as tíbias foram submetidas à novamente à radiografias (Figura 6) (M3) , e posteriormente dissecadas e os tecidos moles adjacentes removidos, de modo a evidenciar a região óssea comprimida para avaliação macroscópica (Figura 7).



Figura 6 - Imagens radiográficas pós implantação vistas em plano sagital e frontal

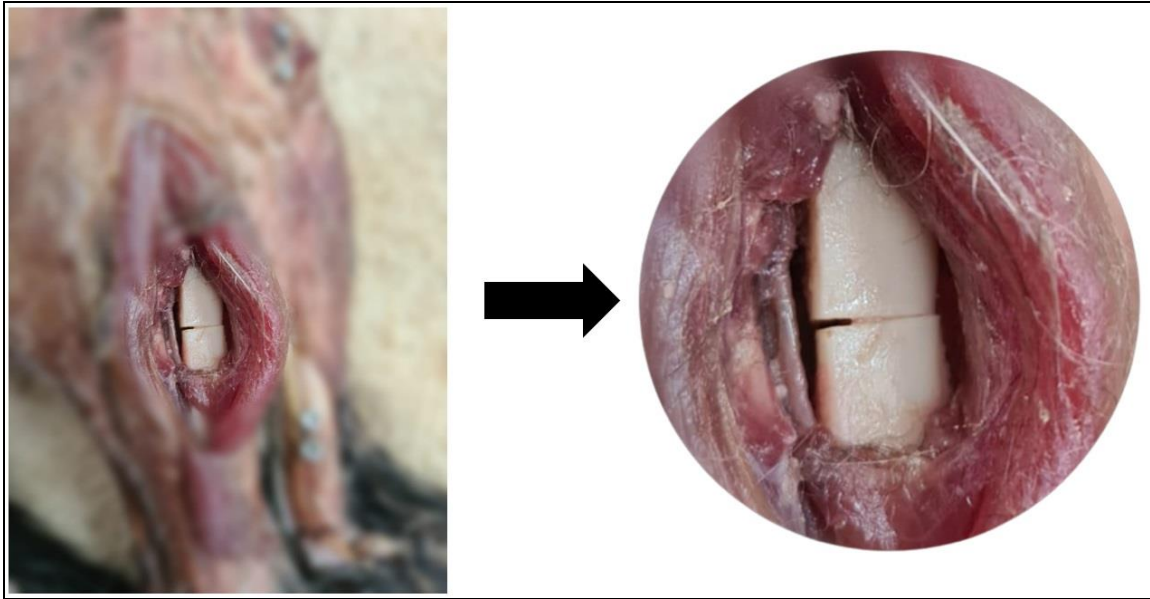


Figura 7 – Avaliação macroscópica da região comprimida pós implantação

Descrição da haste intramedular bloqueada

A haste intramedular de ângulo estável utilizada foi fabricada especificamente para promover compressão interfragmentária quando associada ao referido Dispositivo patenteado. A haste utilizada em todos os grupos era maciça, produzida em liga de aço inoxidável (316L), com diâmetro e comprimento apropriados para cada tíbia estudada e com cinco orifícios alinhados ao longo de seu eixo (três proximais e dois distais).

Dos cinco orifícios da haste (Figura 8), quatro eram roscados internamente para bloqueio dos parafusos (em ângulo estável). De proximal para distal, os orifícios roscados eram os de número 1, 3, 4 e 5, ou seja, dois na porção proximal da haste (1 e 3) e dois na porção distal (4 e 5). Portanto, o segundo orifício da haste presente na sua porção proximal era liso e de geometria oblonga, o que permitiu a movimentação do implante de bloqueio (pino de *Steinmann*) durante a compressão interfragmentária. Todos os cinco orifícios da haste possuíam 2 mm de diâmetro.

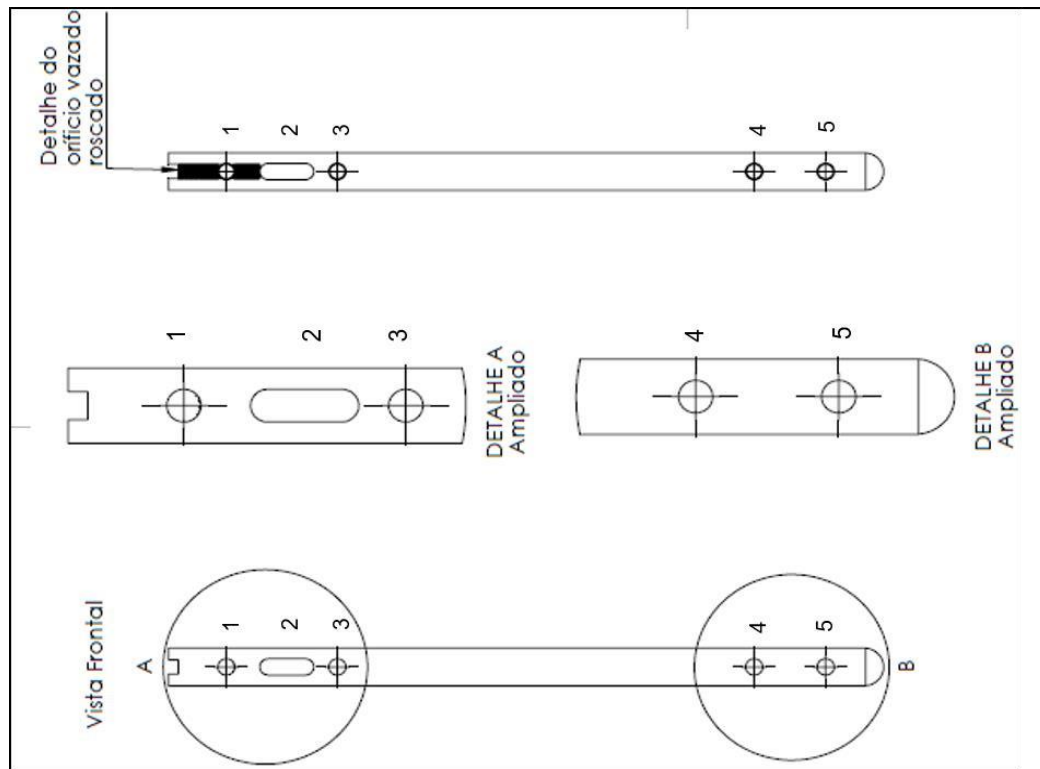


Figura 8- Desenho gráfico (SOLIDWORKS® 2016) da haste intramedular bloqueada específica, desenvolvida para a realização de compressão interfragmentária óssea utilizando o Dispositivo (Patente BR 10 2018 0160214). Notar a presença do orifício oblongo (segundo orifício) na porção proximal da haste entre os outros dois orifícios (1 e 3).

Descrições dos componentes para aplicação da haste intramedular bloqueada

Os componentes envolvidos nesse sistema de haste (Figura 9) passaram por ajustes quando comparadas ao sistema convencional (sem compressão) para que fosse possível gerar o efeito compressivo. Um componente diferente dos sistemas convencionais é o componente de fixação da haste à régua (RG), peça que promove a conexão da haste à régua (guia externo de perfuração), que é perfurado ao longo de seu eixo axial para permitir a livre movimentação do parafuso principal de conexão para efeito compressivo (PC). O componente de fixação da haste se conecta à régua por meio de perfurações no corpo da régua e é estabilizado por uma trava. A trava também tem uma perfuração total no centro para permitir a movimentação do parafuso de compressão. Com o

componente travado à régua, a haste pode ser encaixada para a implantação. Assim como todos os componentes citados, a régua será desenvolvida para esse sistema, no entanto, ela será confeccionada com tamanho que permitirá a aplicação de diferentes comprimentos de haste. As luvas serão alocadas nas perfurações da régua guia, direcionando as perfurações ósseas com o auxílio de brocas de diâmetros apropriados.

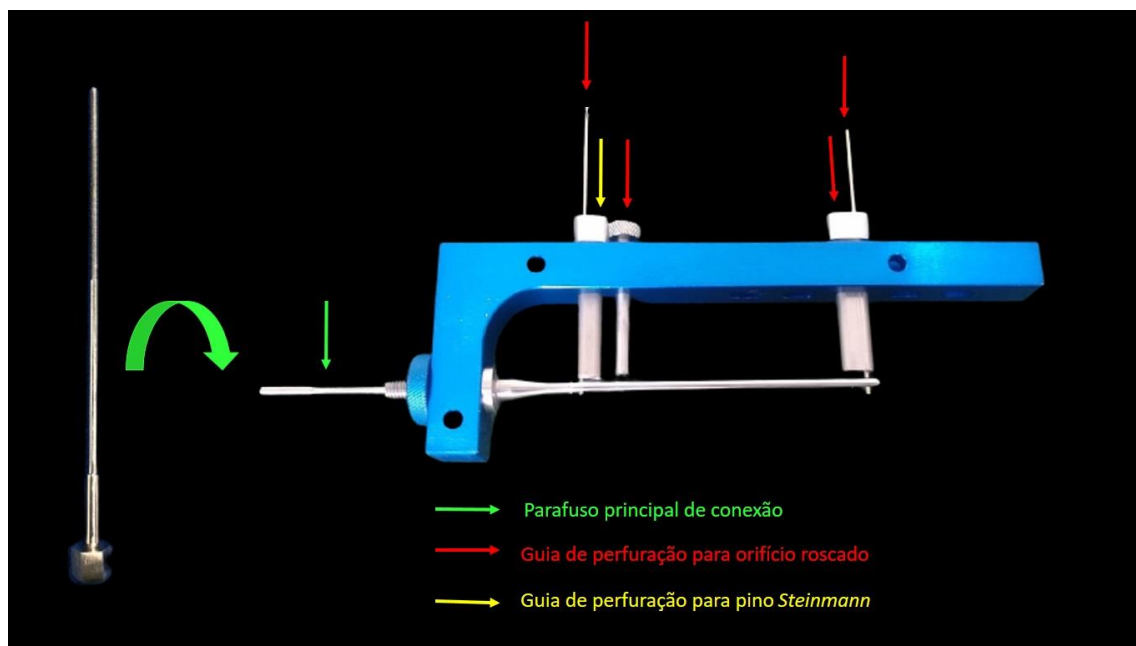


Figura 9 – Representação dos componentes para implantação da haste, compostos pelo parafuso principal de conexão (seta verde), guias de perfuração para orifícios roscados (seta vermelha) e guia perfuração para pino Steinmann (seta amarela)

Descrição do mecanismo de Ação do Dispositivo (Patente BR 10 2018 016021 4)

O mecanismo de ação do Dispositivo de compressão interfragmentária se dá por meio da evolução do parafuso principal de conexão (que é rosqueado na porção proximal da haste) incidindo sobre o implante de bloqueio (pino de *Steinmann*) alocado na porção proximal do orifício oblongo da haste, realizando, desta forma, o avanço do fragmento ósseo proximal em direção ao fragmento distal e, gerando compressão dinâmica no foco da fratura.

Para que a compressão interfragmentária ocorra, primeiramente os dois orifícios distais da haste deverão estar bloqueados, ou seja, o fragmento ósseo

distal deverá estar fixo (estabilizado) na haste intramedular. Em ato contínuo, após os dois bloqueios distais da haste no fragmento ósseo distal, parte-se para a inserção do pino de *Steinmann* no orifício oblongo da haste (orifício 2). É importante que o pino seja alocado na porção mais proximal do orifício oblongo para que haja o máximo aproveitamento de deslocamento ao longo do comprimento do orifício oblongo (Figura 10).

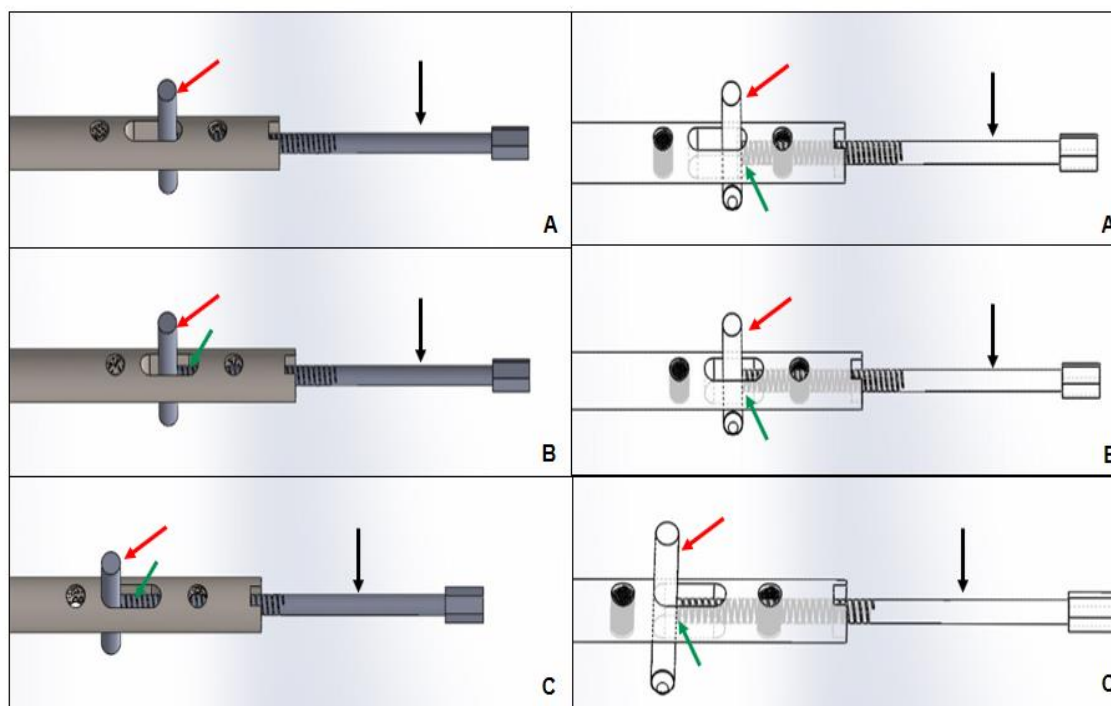


Figura 10 - Desenhos gráficos (SOLIDWORKS®, 2016) do modelo específico de haste bloqueada (HIB-AE) para compressão óssea, do pino de *Steinmann* e do parafuso principal de conexão. As hastes da direita estão transparentes para facilitar a visualização do mecanismo de ação do parafuso principal de conexão no seu interior. As setas pretas apontam para o parafuso principal de conexão, as vermelhas identificam o pino de *Steinmann*, alocado no orifício oblongo da haste intramedular, e as setas verdes apontam para a extremidade distal do parafuso principal de conexão, que está encostado no pino de *Steinmann*.

Após a alocação do pino no orifício oblongo da haste, o parafuso principal de conexão é rosqueado com chave apropriada e as circunvoluções deste progridem através da porção proximal da haste transpassando o primeiro orifício da haste, que deve estar vazio, até encostar-se ao pino alocado no orifício oblongo. A partir deste momento, qualquer circunvolução proporcionada no parafuso principal de conexão “empurrará” distalmente o pino de *Steinmann*, e como está transpassado no fragmento proximal (corticais cis e trans), todo o

conjunto (fragmento ósseo proximal e implante de bloqueio alocado no orifício oblongo) será deslocado em direção ao fragmento ósseo distal. Desta forma, a cada circunvolução do parafuso principal de conexão (PC), o fragmento proximal se aproxima do distal até que haja contato e posterior compressão interfragmentária. Durante esse processo, a haste intramedular ficará imóvel, uma vez que o pino de *Steinmann* estará se movendo em sentido axial pelo orifício oblongo em direção ao fragmento ósseo distal (já está fixado à haste) (Figura 5). Em seguida, os demais realiza-se o bloqueio do parafuso no segundo orifício distal, remove-se o pino de *Steinmann*, e por fim implanta-se o primeiro parafuso proximal.

Avaliação radiográfica da efetividade da compressão interfragmentária

A efetividade da compressão interfragmentária foi avaliada por meio das imagens radiográficas obtidas após a implantação das hastes (figura 11). Para tal, foi mensurado, com o auxílio de um software específico (VPOP- *Veterinary Preoperative Orthopaedic Planning*), o “gap” residual observado ou não, após a compressão dos fragmentos, por meio de uma classificação numérica (tabela 1). Os resultados obtidos após essa classificação foram tabulados e analisados estatisticamente.

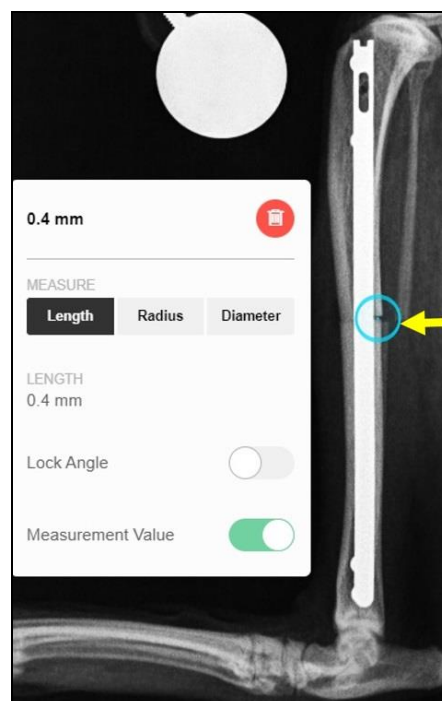


Figura 11- Avaliação do “gap” residual através da utilização do VPOP

Tabela 1: Tabela descritiva do método de avaliação da compressão interfragmentária, com as correlações entre os “gaps” residuais e a classificação de efetividade.

Comprimento do “gap” (mm)	Classificação
0 mm	Ideal
0 - 1 mm	Aceitável
> 1 mm	Inaceitável

Avaliação dos ângulos tibiais

O valor dos ângulos mecânicos proximais e distais em plano sagital e frontal obtidos pelas mensurações radiográficas pré e pós implantação das hastes (figura 12) assim como os ângulos de torção avaliados através das imagens tomográficas (figura 13), foram tabulados e comparados estatisticamente, de maneira a caracterizar a ocorrência ou não de desvios e deformidades após a colocação dos implantes por meio de MINO.

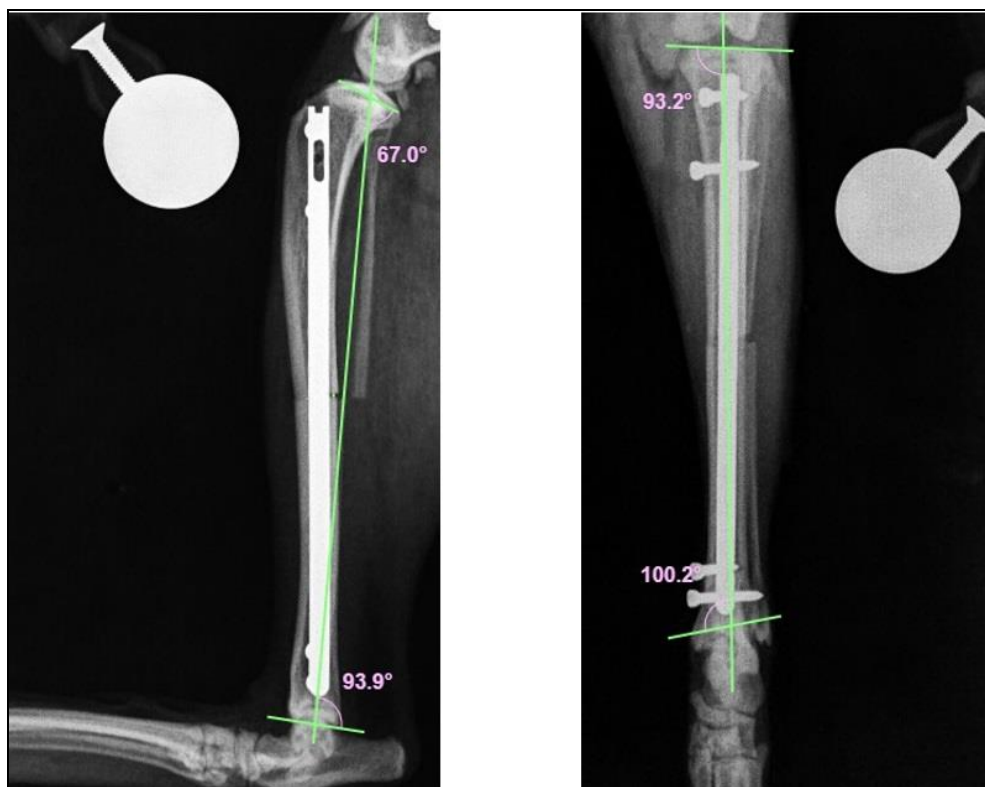


Figura 12 – Mensurações angulares através das projeções médio-laterais e cranio-caudais com a utilização do software VPOP.



Figura 13 - Avaliação torcional pós implantação através da utilização do software VPOP após reconstrução 3D realizada no software Radiant.

Análise estatística

As análises descritivas das variáveis foram realizadas considerando os valores de média e desvio-padrão. Valores superiores a 3 vezes o desvio-padrão em relação à média foram considerados outliers, avaliados e se necessário retirados das análises. A diferença entre as médias nos momentos pré e pós implante em todas as variáveis avaliadas foi realizada por meio do teste t, considerando os dados como pareados. Para a comparação entre os grupos, foi obtida a variável do delta (Δ), ou seja, a diferença entre os valores de pós menos pré implante de cada variável e aplicada a Análise Variância de uma via (ANOVA One-Way), seguido pelo teste post-hoc de Tukey para comparação das médias de cada grupo. Em ambas as análises, os resíduos dos modelos atenderam as pressuposições de normalidade, segundo teste de Cramer-von Mises, e homocedasticidade, segundo teste de Levene. O tamanho do efeito, ou seja, o quanto da variância da variável resposta é devido ao tratamento testado, foi

obtido por meio do *generalized eta squared* (*ges*). A interpretação do tamanho do efeito é similar ao coeficiente de determinação, sendo valores de 0,10 a 0,30 como baixo efeito, 0,31 a 0,50 efeito moderado e maior que 0,51 grande efeito (TOMCZAK, 2014). Todas as análises foram realizadas no Software R (R Core Team, 2020), sendo adotado um nível de significância igual a 5%.

RESULTADOS

Análise descritiva do Gap nos diferentes grupos avaliados

Em análise geral, avaliando somente o momento pós implantação, pode-se observar que houve variação de 0 e 0,5 mm, considerado aceitável. Ao ser analisado por grupos, o grupo GDP (osteotomias proximais) apresentou o menor gap, enquanto o grupo GDD (osteotomias distais) foi o grupo que apresentou maior gap, mostrando uma variação de 22 % entre os proximais e distais (tabela 2).

Tabela 2. Análise descritiva do Gap nos diferentes grupos avaliados.

Grupo	n	Média (DP)	Mínimo	Máximo	<i>ges</i>
Proximal	10	0,25 (0,14) ^b	0,0	0,4	0,22
Médio	10	0,37 (0,14) ^{ab}	0,1	0,5	
Distal	10	0,42 (0,15) ^a	0,1	0,5	

n: número de amostras, **DP:** Desvio-padrão. ***ges*:** tamanho do efeito pelo *generalized eta squared*. Letras diferentes dentro de cada grupo indicam diferença significativa ($P < 0,05$).

Análises Âgulares por Grupos

As análises gerais apresentadas nas tabelas de 3 a 5 avaliaram as variações angulares dentro de cada grupo (GDP, GDM, GDD), com o objetivo de verificar se houve diferença entre pré e pós implantação. Nesta avaliação constatou-se que houve uma variação pequena, estatisticamente indiferente. Porém, apesar de apresentar uma variação não significativa, quando comparada entre grupos, o grupo em que foram realizadas as osteotomias distais apresentou maior variação entre os ângulos pré e pós implantação.

Tabela 3. Análise descritiva dos momentos dentro de cada grupo avaliado na variável mMPTA.

Grupo	Momento	n	Média (DP)	Mínimo	Máximo	ges
Proximal	Pré	10	92,51 (1,32) ^a	90,7	94,2	0,275
	Pós	10	90,28 (2,35) ^b	86,5	94,2	
Médio	Pré	10	91,72 (1,95) ^a	88,3	94,8	0,028
	Pós	10	90,92 (2,95) ^a	87,1	95,9	
Distal	Pré	10	90,08 (1,15) ^b	88,2	92,2	0,546
	Pós	8	92,19 (0,81) ^a	91,5	93,7	

n: número de amostras, DP: Desvio-padrão. ges: tamanho do efeito pelo *generalized eta squared*. Letras diferentes dentro de cada grupo indicam diferença significativa ($P < 0,05$).

Tabela 4. Análise descritiva dos momentos dentro de cada grupo avaliado na variável mMDTA.

Grupo	Momento	n	Média (DP)	Mínimo	Máximo	ges
Proximal	Pré	10	101,76 (3,04) ^a	97,3	106,0	0,039
	Pós	10	100,67 (2,64) ^a	96,3	105,4	
Médio	Pré	9	102,66 (2,65) ^a	97,5	105,8	0,029
	Pós	10	101,88 (2,05) ^a	98,6	104,4	
Distal	Pré	10	102,48 (4,60) ^a	94,2	107,4	0,005
	Pós	10	103,00 (2,98) ^a	97,8	107,6	

n: número de amostras, DP: Desvio-padrão. ges: tamanho do efeito pelo *generalized eta squared*. Letras diferentes dentro de cada grupo indicam diferença significativa ($P < 0,05$).

Tabela 5. Análise descritiva dos momentos dentro de cada grupo avaliado na variável mCdPTA.

Grupo	Momento	n	Média (DP)	Mínimo	Máximo	ges
Proximal	Pré	10	62,34 (3,12) ^a	56,5	67,0	0,029
	Pós	10	61,23 (3,62) ^a	55,4	66,6	
Médio	Pré	10	65,38 (5,80) ^a	56,0	75,0	0,193
	Pós	10	59,93 (5,95) ^a	50,0	68,5	
Distal	Pré	10	66,43 (5,53) ^a	56,7	75,5	0,401
	Pós	10	59,88 (2,25) ^b	56,7	63,4	

n: número de amostras, DP: Desvio-padrão. ges: tamanho do efeito pelo *generalized eta squared*. Letras diferentes dentro de cada grupo indicam diferença significativa ($P < 0,05$).

Tabela 6. Análise descritiva dos momentos dentro de cada grupo avaliado na variável mCdDTA.

Grupo	Momento	n	Média (DP)	Mínimo	Máximo	ges
Proximal	Pré	10	96,28 (4,23) ^a	87,3	101,2	0,012
	Pós	9	95,33 (4,69) ^a	86,1	102,3	
Médio	Pré	10	94,76 (5,14) ^a	85,6	101,7	0,071
	Pós	9	97,31 (4,53) ^a	90,7	104,8	
Distal	Pré	10	95,04 (3,41) ^a	91,1	100,9	0,057
	Pós	10	93,05 (4,99) ^a	85,6	102,6	

n: número de amostras, **DP:** Desvio-padrão. **ges:** tamanho do efeito pelo *generalized eta squared*. Letras diferentes dentro de cada grupo indicam diferença significativa ($P < 0,05$).

Análises dos Ângulos de Torção

Esta análise teve como objetivo avaliar a variação entre os ângulos de torção antes e depois da implantação das hastes. Ao serem avaliadas, notou-se mínima diferença estatística, não significativa, entre os ângulos pré e pós implantação, porém, apesar de não significativa estatisticamente, ao serem avaliados por grupos, foi possível observar que o grupo GDM apresentou a menor variação angular entre os demais (Tabela 7).

Tabela 7. Análise descritiva dos momentos dentro de cada grupo avaliado na variável Torção.

Grupo	Momento	n	Média (DP)	Mínimo	Máximo	ges
Proximal	Pré	10	7,54 (6,02) ^b	0,6	19,2	0,271
	Pós	10	15,03 (6,90) ^a	6,2	27,7	
Médio	Pré	10	5,21 (4,08) ^a	0,4	11,5	0,020
	Pós	10	6,45 (5,06) ^a	0,4	14,7	
Distal	Pré	10	9,34 (5,95) ^b	2,8	19,6	0,137
	Pós	10	15,55 (9,99) ^a	0,4	34,0	

n: número de amostras, **DP:** Desvio-padrão. **ges:** tamanho do efeito pelo *generalized eta squared*. Letras diferentes dentro de cada grupo indicam diferença significativa ($P < 0,05$).

Análises Geral Pré e Pós Implantação

O objetivo desta avaliação foi verificar, de modo geral, se as variações angulares pré e pós implantação seriam significativas de modo geral. Observou-se que não houve diferença significativa entre os pontos de osteotomia, ou seja,

em todas as variáveis avaliadas, a posição da osteotomia não apresenta diferença estatística quanto a diferença de ângulo pré e pós implantação (tabela 8).

Tabela 8. Análise descritiva da diferença média dos momentos (pós-pré) dentro de cada tratamento.

Variável	Grupo	n	Média (DP)	Mínimo	Máximo	ges
mMPTA	Proximal	10	2,31 (2,06) ^a	0,0	6,7	0,027
	Médio	10	2,56 (2,56) ^a	0,1	5,1	
	Distal	10	3,05 (3,05) ^a	0,5	6,5	
mMDTA	Proximal	10	2,43 (2,69) ^a	0,1	7,5	0,139
	Médio	10	3,35 (2,35) ^a	1,1	9,1	
	Distal	10	4,80 (2,64) ^a	0,9	10,6	
mCdPTA	Proximal	10	4,25 (3,07) ^a	1,2	10,1	0,149
	Médio	10	8,87 (5,69) ^a	1,1	17,3	
	Distal	10	6,55 (5,08) ^a	0,0	16,2	
mCdDTA	Proximal	10	4,73 (4,58) ^a	0,4	13,8	0,011
	Médio	9	5,41 (2,85) ^a	1,1	9,4	
	Distal	10	5,51 (3,00) ^a	0,0	10,4	
Torção	Proximal	10	10,57 (5,92) ^a	0,1	20,5	0,180
	Médio	10	5,18 (4,26) ^a	0,0	12,9	
	Distal	10	8,45 (4,61) ^a	2,0	17,1	

n: número de amostras, **DP:** Desvio-padrão. **ges:** tamanho do efeito pelo *generalized eta squared*. Letras diferentes dentro de cada variável indicam diferença significativa ($P < 0,05$).

Discussão

A necessidade de redução anatômica e compressão interfragmentária no tratamento das fraturas transversas sendo realizada com a utilização de placas de compressão dinâmica (DCP) já encontra-se bem conhecida e sedimentada na medicina veterinária (SELIGSON et al. 2015), porém até dado momento a realização de tal feito ainda não houvera sido descrita com a utilização de hastes intramedulares de ângulo estável.

O processo de reparação óssea de forma primária ocorre através do contato máximo entre os fragmentos, também chamada de redução anatômica. Essa reparação pode ocorrer também mesmo que haja um gap residual mínimo. A literatura descreve como distância ideal de 0,01 mm entre os fragmentos, e sendo aceitável até 1 mm para as situações onde existe a presença do gap

residual. Desta forma, com base na literatura, neste trabalho foram classificados gaps de 0 mm como ideal, aceitável os gaps que possuíam até 1 mm, e inaceitável aqueles que ultrapassavam 1mm de distância entre os fragmentos. Como todos os grupos avaliados apresentaram resultados que variavam entre 0 e 0,5 mm, este trabalho mostrou que é possível a realização de redução anatômica com compressão dinâmica através da técnica MINO.

Após a implantação, ao serem avaliados os focos fraturários de forma macroscópica e radiograficamente, notava-se que, em grande maioria, não se observava um contato completo entre os fragmentos, fato que provavelmente se dá devido ao efeito “Over Reduction” onde o contato fragmentário ocorre somente em uma cortical (sis), enquanto nota-se um distanciamento maior entre os fragmentos na cortical trans. Esse tipo de alteração provavelmente se dá pelo fato de que, a tíbia, osso em estudo, possui formato sigmoide e tortuoso, quando em contra partida, a haste possui seu formato cilíndrico e reto, impossibilitando que haja 100% de contato entre os fragmentos. Por se tratar de um estudo inovador na medicina veterinária, a literatura é escassa quando se trata de estudos clínicos, mas, de acordo com HögeL, em um estudo realizado no ano de 2013, onde avaliou em humanos a efetividade de hastes intramedulares compressivas e não compressivas em tíbias através da técnica MINO em 33 casos, fraturas que foi possível a realização do contato compressivo de ao menos 50% das corticais osseas dos fragmentos, houve consolidação óssea primária e um resultado satisfatório.

Além de ser comprovada a efetividade compressiva, foi possível também avaliar que, quando bem executada, sua aplicação não confere em grandes desvios ósseos, mantendo-se dentro do padrão da espécie (Piccionello et al.; 2020), apesar das variações anatômicas observadas em cada animal. Para evitar que erros na implantação fossem gerados, este processo teve de ser realizado de forma meticulosa, pois devido ao fato da tíbia possuir formato sigmoide, desvios na relação entre guia e haste poderiam ocorrer, principalmente distalmente, assim como desvios torcionais e grandes alterações angulares.

Por se tratar de algo inovador na medicina veterinária, a literatura ainda é escassa, desta forma, há a necessidade que novos estudos sejam realizados para o avanço de tal técnica, tendo como limitações a própria execução com a

utilização do dispositivo, melhor desenvolvimento do aparato, e talvez até em estudos específicos para o desenvolvimento de hastes apropriadas para determinados tipos de ossos longos, como por exemplo a própria tíbia.

Conclusão

De acordo com a metodologia empregada, verificou-se que HI-AE associada ao dispositivo de compressão possibilitaram a compressão interfragmentária em fraturas transversas em diferentes locais da tíbia de gatos por meio da técnica de MINO. Mediante às análises, observou-se que, a depender do local em que as osteotomias foram realizadas, tiveram pequenas variações angulares após a implantação, alterações estas sem grande impacto estatístico.

Referências

ANDERSON, L. M.; FOX, D. B.; CHESNEY, K. L.; COATES, J. R.; TORRES, B. T.; LYONS, L. A. Skeletal Manifestations of Heritable Disproportionate Dwarfism in Cats as Determined by Radiography and Magnetic Resonance Imaging. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, April 2021

APIVATTHAKAKUL, T.; CHIEWCHARNTANAKIT, S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the treatment of the femoral shaft fracture where intramedullary nailing is not indicated. **International Orthopaedics**, v. 33, n. 4, p. 1119-1126, 2009.

DÉJARDIN, L. M.; PERRY, K. L.; VON PFEIL, D. J.; GUIOT, L. P. Interlocking nails and minimally invasive osteosynthesis. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**, v. 50, n. 1, p. 67-100, 2020.

HÖGEL, F.; GERBER, C.; BÜHREN, V.; AUGAT, P. Reamed intramedullary nailing of diaphyseal tibial fractures: comparison of compression and non-compression nailing. **European Journal of Trauma and Emergency Surgery**, v. 39, n. 1, p. 73-77, 2013.

HUDSON, C. C.; POZZI, A.; LEWIS, D. D. Minimally invasive plate osteosynthesis: applications and techniques in dogs and cats. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 22, n. 03, p. 175- 182, 2009.

MARTURELLO, D. M.; PERRY, K.L.; DEJARDIN, L.M. Clinical application of the small I-Loc interlocking nail in 30 feline fractures: A prospective study. **Veterinary Surgery**. v.50, p.588–599, 2021

PERREN, S. M.; HUGGLER, A.; RUSSENBERGER, M.; STRAUMANN, F.; MLLER, M. E.; ALLGÖWER, M. A method of measuring the change in compression applied to living cortical bone. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v. 40, n. sup125, p. 1-63, 1969.

PETAZZONI, M.; JAEGER, G. H. **Atlas of clinical goniometry and radiographic measurements of the canine pelvic limb**. Merial, 2008.

PETTITT, R. (2016) Principles of fracture fixation. In.: Gemmill TJ, Clements DN (Eds.) BSAVA Manual of Canine and Feline Fracture Repair and Management. Gloucester: **British Small Animal Veterinary Association**, p. 55-64.

PICCIONELLO, A.P.; SALVAGIGIO, A.; VOLTA, A.; EMILIOZZI, F.; BOTTO, R.; DINI, F.; PETAZZONI, M. Good Inter-and Intra- Observer Reability for Assement of Radriographic Femoral and Tibial Frontal and Sagital Planes Joints Angles in Normal Cats. **Veterinary and Comparative Orthopedics and Traumatology**. 2020

POZZI, A.; HUDSON, C. C.; GAUTHIER, C. M.; LEWIS, D. D. Retrospective comparison of minimally invasive plate osteosynthesis and open reduction and internal fixation of radius-ulna fractures in dogs. **Veterinary Surgery**, v. 42, n. 1, p. 19-27, 2013.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

SELIGSON, D (2015) History of intramedullary nailing. In.: Rommens PM, Hessmann MH (Eds.) **Intramedullary Nailing: A Comprehensive Guide**. Londres: Springer, p. 3-12.