

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ACURÁCIA DA IDENTIFICAÇÃO INTRAOPERATÓRIA DA
EMINÊNCIA INTERCONDILAR TIBIAL EM CÃES**

Brenda Mendonça de Alcântara

Médica Veterinária

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ACURÁCIA DA IDENTIFICAÇÃO INTRAOPERATÓRIA DA
EMINÊNCIA INTERCONDILAR TIBIAL EM CÃES**

Discente: Brenda Mendonça de Alcântara

Orientador: Prof. Dr. Bruno Watanabe Minto

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

2024

A347a Alcântara, Brenda Mendonça de
Acurácia da identificação intraoperatória da eminência
intercondilar tibial em cães / Brenda Mendonça de Alcântara. --
Jaboticabal, 2024
44 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Bruno Watanabe Minto

1. Cirurgia ortopédica. 2. Ortopedia veterinária. 3.
Osteotomia. 4. Joelhos Radiografia. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

O presente estudo visa otimizar os resultados da osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO), a qual é atualmente a técnica mais utilizada no tratamento da insuficiência do ligamento cruzado cranial em cães, afecção considerada a principal causa de claudicação do membro pélvico na espécie. Por meio do aumento da acurácia da identificação da eminência intercondilar da tíbia, almeja-se tornar a TPLO ainda mais precisa e com isso reduzir as taxas de complicações cirúrgicas.

Desta forma, os resultados obtidos com a pesquisa possuem impacto direto na qualidade do serviço veterinário oferecido aos pacientes e aos seus tutores, melhorando a qualidade de vida de ambos. Adicionalmente, com a redução das complicações relacionadas ao procedimento cirúrgico, reduz-se o custo financeiro e emocional subsequente.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The present study aims to optimize the results of tibial plateau leveling osteotomy (TPLO), which is currently the most used technique in the treatment of cranial cruciate ligament insufficiency in dogs, a condition considered the main cause of pelvic limb lameness in the species. By increasing the accuracy of the identification of the tibial intercondylar eminence, the objective is to make the TPLO even more accurate and reduce surgical complications.

In this way, the results obtained with the research have a direct impact on the quality of the veterinary service offered to patients and their owners, improving the quality of life of both. In addition, with the reduction of complications related to the surgical procedure, the subsequent financial and emotional cost is reduced.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ACURÁCIA DA IDENTIFICAÇÃO INTRAOPERATÓRIA DA EMINÊNCIA INTERCONDILAR TIBIAL EM CÃES

AUTORA: BRENDA MENDONÇA DE ALCÂNTARA

ORIENTADOR: BRUNO WATANABE MINTO

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

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

Prof. Dr. PAULO VINICIUS TERTULIANO MARINHO (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Belo Horizonte/MG

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

Prof. Dr. JOSÉ ADEMAR VILLANOVA JUNIOR (Participação Virtual)
Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) / Curitiba/PR

Profa. Dra. DANUTA PULZ DOICHE (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 11 de setembro de 2024

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. Realizou mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, com ingresso em março de 2019 e conclusão em julho de 2020, sob orientação do Prof. Dr. Bruno Watanabe Minto. Atualmente, pelo mesmo programa e sob a mesma orientação, é aluna de doutorado, com enfoque em Ortopedia e Neurocirurgia e faz parte do Serviço de Ortopedia e Neurocirurgia do Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel”. Participa ainda da organização de cursos na área.

EPÍGRAFE

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a 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 Dimas de Alcântara e Cleide Aparecida Mendonça de 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 da 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, desde o mestrado, inúmeras oportunidades de crescimento profissional e pessoal dentro da Ortopedia Veterinária. Com quem aprendo diariamente e é exemplo de líder.

Ao Prof. Luís Gustavo Gosuen Gonçalves Dias, que também se fez presente durante todo período de mestrado e doutorado, meu muito obrigada por todo ensinamento e auxílio sempre que precisei.

Aos colegas de pós-graduação, com os quais tive a oportunidade de dividir aprendizados, desafios e experiências nos últimos cinco anos, tornando a jornada mais fácil e prazerosa. Em especial, Alefe Luiz Caliani Carrera, Rodrigo Carvalho de Souza Faustino e Lara Cristina de Melo Lopes, os quais auxiliaram na execução e análise dos dados deste projeto.

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

Ao meu namorado e companheiro Angelo Estevão Sant’Anna 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 dos 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 pelo qual escolhi a Medicina Veterinária e que me impulsionam a querer ser cada dia melhor.

À CAPES por fornecer a bolsa de doutorado, 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 deste estudo, os quais contribuíram de forma essencial para esta produção científica.

SUMÁRIO

	Página
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
Introdução e revisão de literatura.....	1
Objetivo.....	3
Referências.....	3
CAPÍTULO 2 – ACURÁCIA DA IDENTIFICAÇÃO INTRAOPERATÓRIA DA EMINÊNCIA INTERCONDILAR DA TÍBIA NO PLANO SAGITAL EM CÃES.....	5
Resumo.....	5
Introdução.....	6
Material e métodos.....	7
Animais.....	7
Radiografias.....	9
Análise estatística.....	13
Resultados.....	13
Discussão.....	17
Conflito de interesses.....	21
Referências.....	22

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



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



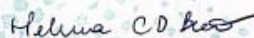
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado “Acurácia da identificação intraoperatória da eminência intercondilar tibial em cães”, protocolo nº 2264/2024, 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 17 de abril de 2024.

Vigência do Projeto	22/04/2024 a 22/04/2026
Espécie / Linhagem	<i>Canis familiaris</i>
Nº de animais	10 animais
Peso / Idade	15 a 30 kg / todas as idades
Sexo	Machos e Fêmeas
Origem	Hospital Veterinário “Governador Iaupe Natel” da Universidade Estadual Paulista -UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 17 de abril de 2024.


Dr.ª Helena Cristina Delgado Brito
Coordenadora – CEUA

ACURÁCIA DA IDENTIFICAÇÃO INTRAOPERATÓRIA DA EMINÊNCIA INTERCONDILAR TIBIAL EM CÃES

RESUMO - A insuficiência do ligamento cruzado cranial (ILCCr) representa a principal causa de claudicação do membro pélvico em cães. Atualmente a técnica cirúrgica mais utilizada para o tratamento da ILCCr é a osteotomia niveladora do platô tibial (“tibial plateau leveling osteotomy” - TPLO). Durante o transoperatório desta técnica, é necessário identificar o centro da articulação do joelho, por meio da localização da eminência intercondilar da tíbia, para o posicionamento correto da lâmina de corte, a fim de seguir o planejamento cirúrgico e evitar complicações no pós-operatório. O objetivo deste estudo foi avaliar qual o posicionamento de uma agulha hipodérmica em relação ao ligamento colateral medial é mais fidedigno para localizar a eminência intercondilar tibial em cães. Foram utilizados 10 cadáveres de cães de médio porte (20 a 30kg), e cada joelho (n=20) foi submetido a radiografias na projeção mediolateral, variando o posicionamento de uma agulha hipodérmica em relação ao ligamento colateral medial (centro do ligamento - L, cranial ao ligamento - Cr e caudal ao ligamento - Cd) e o posicionamento do joelho (90 e 135 graus), sendo todas as imagens realizadas com ligamento cruzado cranial íntegro e posteriormente rompido. A distância entre a eminência intercondilar tibial e o centro da agulha foi aferida em cada radiografia por três avaliadores experientes. No grupo “íntegro”, o cenário que melhor representou a eminência intercondilar tibial foi a agulha inserida no centro do ligamento colateral medial (L) com o joelho a 90 graus, enquanto no grupo “rompido”, a posição da agulha foi a mesma (L), porém com o joelho a 135 (P<0,05). Conclui-se que na execução da TPLO em cães, a forma mais precisa de identificação intraoperatória da eminência intercondilar da tíbia é por meio da inserção de uma agulha hipodérmica no centro do ligamento colateral medial com o joelho posicionado a 135 graus.

Palavras-chave: joelho, ligamento colateral medial, ligamento cruzado cranial, ortopedia, osteotomia, procedimentos ortopédicos

ACCURACY OF INTRAOPERATIVE IDENTIFICATION OF TIBIAL INTERCONDYLAR EMINENCE IN DOGS

ABSTRACT – Cranial cruciate ligament insufficiency (CCL) is the main cause of pelvic limb lameness in dogs. Currently, the most widely used surgical technique for the treatment of CCL disease is the tibial plateau leveling osteotomy (TPLO). During the intraoperative period of this technique, it is necessary to identify the center of stifle joint, through the tibial intercondylar eminence, for the correct positioning of the radial saw blade, in order to follow the surgical planning and avoid postoperative complications. The aim of this study was to evaluate in which position a needle in relation to the medial collateral ligament is more reliable to represent the tibial intercondylar eminence in dogs. Stifle radiographs, in true mediolateral projection, were obtained from 20 limbs (n=20) of 10 medium sized dogs (20-30kg), varying the position of a hypodermic needle in relation to the medial collateral ligament (center of ligament - L, cranial - Cr and caudal - Cd) and the stifle flexion (90 and 135 degrees); at first all images were performed with an intact cranial cruciate ligament, which was subsequently ruptured. The distance between the tibial intercondylar eminence and the center of the needle was measured by 3 experienced orthopaedic surgeons. In the "intact" group, the scenario that best represented the tibial intercondylar eminence was the needle inserted in the center of the medial collateral ligament (L) on a 90 degrees flexed stifle, while in the "ruptured" group, the position of the needle was the same (L), but on 135 degrees flexed stifle ($P < 0.05$). In conclusion, the most accurate way of intraoperative identification of the tibial intercondylar eminence, during the TPLO in dogs, is through the insertion of a hypodermic needle in the center of the medial collateral ligament (L) on a 135 degrees stifle flexion.

Keywords: cranial cruciate ligament, medial collateral ligament, orthopedics, orthopedic procedures, osteotomy, stifle

LISTA DE ABREVIATURAS e SIGLAS

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEUA: Comissão de Ética no Uso de Animais

Cd: caudal

Cr: cranial

D: direito

DP: desvio padrão

E: esquerdo

EICT: eminência intercondilar da tibia

FCAV: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias

ICC: Coeficiente de Correlação Interclasse

ILCCr: insuficiência do ligamento cruzado cranial

In: íntegro

kg: quilograma

kV: quilovoltagem

L: ligamento

LCCr: ligamento cruzado cranial

LCM: ligamento colateral medial

mAs: miliamperagem segundos

Max: máximo

MC: massa corporal

Min: mínimo

mm: milímetro

MS: mecanicamente seccionado

n: número de casos

TPA: ângulo do platô tibial

TPLO: osteotomia de nivelamento do platô tibial

TTA: osteotomia de avanço da tuberosidade tibial

Unesp: Universidade Estadual Paulista

vPOP: “Veterinary Preoperative Orthopedic Planning”

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2	Página
Tabela 1. Resumo dos dados dos 10 cadáveres de cães incluídos neste estudo.....	14
Tabela 2. Análise descritiva da variável distância (mm) entre a eminência intercondilar da tíbia e a agulha nos diferentes grupos.....	15

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2	Página
Figura 1. Imagens fotográficas do acesso medial ao joelho e à região proximal da tíbia em cadáver de cão. (A) <i>Pes anserinus</i> (asterisco). (B) Ligamento colateral medial (seta). (C) Aferição da largura do ligamento colateral medial ao nível da articulação com especímetro. (D) Artrotomia medial para posterior ruptura do ligamento cruzado cranial.....	8
Figura 2. Imagens fotográficas do posicionamento do joelho a 90 (A) e a 135 graus (B), com auxílio de goniômetro.....	9
Figura 3. Diagrama da divisão de grupos utilizada no estudo. Integridade do ligamento cruzado cranial (íntegro e seccionado); posição do joelho (90° e 135°); posição da agulha hipodérmica em relação ao ligamento colateral medial (cranial – Cr, no centro – L, caudal – Cd), inserida perpendicular ao plano sagital.....	10
Figura 4. Ilustração da vista medial do joelho de cão, evidenciando o ligamento colateral medial (LCM) como ponto de referência para a inserção da agulha (Posição 1, Posição 2 e Posição 3).....	11
Figura 5. Imagens fotográficas dos diferentes posicionamentos da agulha hipodérmica 25x0,8mm em relação ao ligamento colateral medial (LCM), com o joelho a 90 graus. (A) Centro do LCM (grupo L). (B) Cranial ao LCM (grupo Cr). (C) Caudal ao LCM (grupo Cd).....	11
Figura 6. Imagens radiográficas na projeção mediolateral da tíbia de cão, com o joelho a 90°. (A) Eixo mecânico da tíbia (linha azul), linha paralela ao eixo mecânico da tíbia passando pelo centro da agulha (linha verde). (B) Distância perpendicular entre as duas linhas (“d”), representando a distância entre a agulha e a eminência intercondilar tibial. (B’) Zoom na região da EICT e no posicionamento da agulha.....	12
Figura 7. “Box-plot” do grupo “íntegro” que representa as distâncias entre a eminência intercondilar e a agulha nos diferentes tratamentos e posições. Letras minúsculas indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e posições.	15
Figura 8. “Box-plot” do grupo “seccionado” que representa as distâncias entre a eminência intercondilar e a agulha nos diferentes tratamentos e posições. Letras minúsculas indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e posições.....	16

Figura 9. “Box-plot” dos grupos “íntegro” e “seccionado” que representa as distâncias entre a eminência intercondilar e a agulha nos diferentes tratamentos e posições.....

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

Introdução e Revisão de Literatura

A insuficiência do ligamento cruzado cranial (ILCCr) é uma das principais causas de claudicação em cães, gerando principalmente translação cranial da tíbia em relação ao fêmur e instabilidade rotacional interna (Tinga et al., 2018). A etiologia da doença ainda não é completamente conhecida, porém sabe-se que, na maioria dos casos, há um caráter degenerativo envolvido, resultando no desenvolvimento de osteoartrose (Cook, 2010; Restucci et al., 2022).

O tratamento a ser instituído busca a estabilização do joelho, retorno precoce à função do membro e controle da osteoartrose. Inúmeros são os procedimentos cirúrgicos descritos buscando tais resultados, dentre eles suturas extra e intracapsulares e osteotomias corretivas (Kim et al., 2008). Dentre as diversas opções de tratamento, a revisão sistemática realizada em 2014 por Bergh e colaboradores evidenciou superioridade da osteotomia de nivelamento do platô tibial (“tibial plateau leveling osteotomy” - TPLO) no retorno à função do membro, quando comparada à sutura extracapsular lateral. Revisão sistemática realizada por Beer et al. (2018) mostrou ainda que a TPLO apresentou menores taxas de complicação, melhor resultado clínico e menor progressão da osteoartrose quando comparada à osteotomia de avanço da tuberosidade tibial (“tibial tuberosity advancement” – TTA).

A TPLO foi descrita por Slocum e Slocum (1993) baseada na biomecânica do joelho em cães. Trata-se de uma osteotomia semi-circular proximal da tíbia com rotação caudal do fragmento tibial. A anatomia do platô tibial nesses animais gera vetor resultante cranial, que em situação de normalidade, é neutralizado pelo ligamento cruzado cranial (LCCr). A técnica visa então estabilizar o joelho de forma ativa, por meio do nivelamento do platô tibial, anulando a compressão tibial (Slocum e Slocum, 1993).

O planejamento pré-operatório e a correta execução da técnica são essenciais para minimizar as chances de complicações relacionadas à cirurgia (Collins et al., 2014). Dentre as complicações descritas, existem as relacionadas aos tecidos moles,

como, por exemplo, lesão da artéria poplítea e presença de seroma pós-operatório; as relacionadas ao tecido ósseo, envolvendo fraturas, má-uniões e osteomielite; e ainda as relacionadas aos implantes, como falha e posicionamento inadequado (Bergh e Peirone, 2012).

O ângulo do platô tibial (TPA) pós-operatório almejado com a TPLO é em média 5 graus. Estudo cadavérico descreveu que $6,5^{\circ} \pm 0,9^{\circ}$ como valor pós-operatório é capaz de anular a compressão tibial (Warzee et al., 2001). Valores muito discrepantes em relação aos descritos podem comprometer o resultado desejado, seja sobrecarregando o ligamento cruzado caudal ou resultando em compressão tibial residual. Quando a osteotomia não é corretamente centralizada na eminência intercondilar tibial, pode haver mudanças no TPA pós-operatório alvo e ainda alteração no centro articular do joelho, comprometendo a biomecânica da articulação (Kowaleski e McCarthy, 2004), além de predispor a complicações como fratura da tuberosidade tibial (Collins et al., 2014). Mazdarani et al. (2022) ressaltam ainda o aumento da repercussão de erros na geometria da osteotomia quanto menor for o paciente.

Anatomicamente, existem referenciais intraoperatórios para guiar o cirurgião na aplicação correta do planejamento prévio da osteotomia, sendo a referência adotada para identificar a eminência intercondilar tibial representada pela região mais distal da articulação do joelho, na direção do ligamento colateral medial (Ferrigno et al., 2014). O ligamento colateral medial do joelho de cães tem sua origem no epicôndilo medial do fêmur e inserção no côndilo medial da tíbia e também está aderido ao menisco medial; estudo cadavérico com 86 joelhos demonstrou que seu sítio de inserção é relativamente homogêneo na espécie canina (Palierne et al., 2022).

Apesar do referencial classicamente adotado, não foram encontrados estudos publicados que avaliem de forma objetiva a correlação intraoperatória exata do ligamento colateral medial com a eminência intercondilar da tíbia, bem como se há alguma variação dessa relação a depender do posicionamento do joelho e da presença da ILCCr (Jaworski et al., 2024). Dessa forma, propõe-se a avaliação de diferentes posições de agulhas hipodérmicas em relação ao ligamento colateral medial e em diferentes ângulos de extensão do joelho com intuito de entender qual

delas tem maior acurácia na identificação da eminência intercondilar tibial em cães.

Objetivo

O presente estudo tem como objetivo avaliar em qual posição, em relação ao ligamento colateral medial, a agulha melhor representa a eminência intercondilar da tíbia e se variações do posicionamento do joelho (90 ou 135 graus) e a ruptura do ligamento cruzado cranial influenciam nessa acurácia.

Referências

Beer P, Bockstahler B, Schnabl-Feichter E (2018) Tibial plateau leveling osteotomy and tibial tuberosity advancement – a systematic review. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 46: 223–235.

Bergh MS, Peirone B (2012) Complications of tibial plateau levelling osteotomy in dogs. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 25:349-358.

Bergh MS, Sullivan C, Ferrel CL, Troy J, Budsberg SC (2014) Systematic Review of Surgical Treatments for Cranial Cruciate Ligament Disease in Dogs. **Journal of the American Animal Hospital Association** 50(5):315-321.

Collins JE, Degner DA, Hauptman JG, DeCamp CE (2014) Benefits of Pre- and Intraoperative Planning for Tibial Plateau Leveling Osteotomy. **Veterinary Surgery** 43:142-149.

Cook JL (2010) Cranial Cruciate Ligament Disease in Dogs: Biology versus Biomechanics. **Veterinary Surgery** 39:270-277.

Ferrigno CRA, Ferreira MP, Dal-Bó IS, Santos JFS, Caquias DFI, Cavalcanti RAO, Ferraz VCM (2014) Osteotomia de nivelamento do platô tibial: descrição de técnica e revisão. **Ciência Aplicada na Rotina Veterinária** 40-52.

Jaworski J, Meek M, Malortie S, Dudley R (2024) Cadaveric comparison of two techniques for intraoperative placement of tibial plateau levelling osteotomies in dogs. **Veterinary Record** 1-8.

Kim SE, Pozzi A, Kowaleski MP, Lewis DD (2008) Tibial Osteotomies for Cranial Cruciate Ligament Insufficiency in Dogs. **Veterinary Surgery** 37:111-125.

Kowaleski MP, McCarthy RJ (2004) Geometric analysis evaluating the effect of tibial plateau leveling osteotomy position on postoperative tibial plateau slope. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 1:30-34.

Mazdarani P, Gundersen RS, Nilsen MBM, von Wenck A, Miles JE (2022) Geometric modelling of error sources for tibial plateau levelling osteotomy in the dog. **Research in Veterinary Science** 145:229-237.

Palierne S, Blondel M, Vié K, Autefage A (2022) Morphometric assessment of the medial collateral ligament of the canine stifle joint. **Research in Veterinary Science** 151:21-26.

Restucci B, Sgadari M, Fatone G, Valle GD, Aragosa F, Caterino C, Ferrara G, Niebauer GW (2022) Immunoexpression of Relaxin and Its Receptors in Stifle Joints of Dogs with Cranial Cruciate Ligament Disease. **Animals** 12, 819:1-15.

Slocum B, Slocum TD (1993) Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. **Veterinary Clinics of North America** 23:777-795.

Tinga S, Kim SE, Banks SA, Jones SC, Park BH, Pozzi A, Lewis DD (2018) Femorotibial kinematics in dogs with cranial cruciate ligament insufficiency: a three-dimensional in-vivo fluoroscopic analysis during walking. **BMC Veterinary Research** 14:85:1-9.

Warzee CC, Dejardin LM, Arnoczky SP, Perry RL (2001) Effect of Tibial Plateau Leveling on Cranial and Caudal Tibial Thrusts in Canine Cranial Cruciate–Deficient Stifles: An In Vitro Experimental Study. **Veterinary Surgery** 30:278-286.

CAPÍTULO 2 – Acurácia da identificação intraoperatória da eminência intercondilar da tíbia no plano sagital em cães¹

Normas do periódico “Veterinary Surgery”

Resumo

Objetivo: Avaliar a acurácia da identificação intraoperatória da eminência intercondilar da tíbia (EICT) no plano sagital em cães.

Desenho do estudo: Estudo experimental *ex vivo*.

População amostral: 20 joelhos de 10 cadáveres de cães, de 20 a 30 kg, (n=20).

Métodos: Uma agulha hipodérmica 25x0,8 mm foi utilizada como marcador radiográfico para localizar a eminência intercondilar da tíbia (EICT) em referência ao ligamento colateral medial (LCM) do joelho. Todos os joelhos foram posicionados para radiografia mediolateral verdadeira, com a agulha hipodérmica inserida de forma perpendicular ao plano sagital no centro (L), imediatamente cranial (Cr) ou caudalmente (Cd) ao LCM na interface entre a borda mais proximal da tíbia e a articulação do joelho. As variáveis foram analisadas com 90° e 135° de extensão do joelho, com o ligamento cruzado cranial (LCCr) íntegro (In) e mecanicamente seccionado (MS). A distância (d) entre a EICT e o centro da agulha foi aferida por três avaliadores, utilizando o software vPOP®. O efeito da posição da agulha (L, Cr ou Cd), posição do joelho (90° ou 135°) e integridade do LCCr (In ou MS) na variável “d” foram avaliados por meio do Modelo Linear Misto, tendo os contrastes obtidos pelo teste de Bonferroni ($p < 0,05$).

Resultados: O coeficiente de correlação interclasse inter-observador foi 0,92, indicando concordância excelente entre os avaliadores. Os grupos LCCr-In e LCCr-MS foram avaliados de forma independente, evidenciando que houve diferença estatística entre a posição da agulha e a posição do joelho ($p < 0,05$). Para LCCr-In, L-

¹ Este capítulo corresponde ao artigo científico a ser submetido ao periódico “Veterinary Surgery”.

90 foi a posição anatômica com média mais próxima do centro articular ($d=0,45\pm 2,39$), enquanto para LCCr-MS, foi L-135 ($d=0,11\pm 2,18$).

Conclusão: O centro do LCM, no plano sagital, com o joelho a 135 graus, representa maior acurácia na identificação intraoperatória da EICT e do centro do joelho em cães com ruptura do LCCr.

Significância clínica: A determinação intraoperatória precisa da iminência intercondilar pode elevar a precisão do procedimento cirúrgico de osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO) e, potencialmente, reduzir falhas durante sua execução. Indiretamente pode-se contribuir para a redução nas taxas de complicações da técnica.

INTRODUÇÃO

A osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO) é atualmente a principal técnica cirúrgica utilizada no tratamento da insuficiência do ligamento cruzado cranial (ILCCr) em cães e tem como objetivo a estabilização dinâmica do joelho, anulando a força que leva à compressão tibial cranial (Slocum e Slocum, 1993; Bergh et al. 2014; von Pfeil et al., 2018; Nanda e Hans, 2019). O planejamento pré-operatório da TPLO destaca-se por ser minucioso, padronizado e altamente reprodutível (Fujino et al. 2020), mas depende mandatoriamente da adequada transposição ao paciente durante o período transoperatório. A precisão no planejamento, associada à habilidade do cirurgião em reproduzir as mensurações no transcirúrgico, determina maiores chances de sucesso neste procedimento, otimizando os resultados clínicos (Collins et al., 2014; Lee et al., 2022).

A determinação intraoperatória da osteotomia radial é o ponto-chave mais importante da TPLO, uma vez que influencia diretamente a capacidade de atingir o valor alvo do ângulo do platô tibial (TPA) pós-operatório. Adicionalmente, define a conformação geométrica da crista tibial remanescente, prevenindo umas das principais complicações do procedimento que são as fraturas nessa região (Kowaleski et al., 2005; Bergh et al. 2008; Collins et al., 2014). Foi comprovado que a osteotomia centralizada nos tubérculos que formam a eminência intercondilar tibial (EICT) é a

posição matemática anatômica mais precisa a ser adotada, favorecendo geometria, biomecânica e aplicabilidade cirúrgica. Consequentemente, a correta identificação transcirúrgica da EICT, no plano sagital, é o ponto crucial no procedimento de TPLO (Kowaleski e Mc Carthy, 2004).

Alguns pontos anatômicos são frequentemente utilizados para permitir replicar o planejamento cirúrgico no ato operatório, tais como a crista tibial, a inserção do ligamento patelar, as fibras de Sharpei e a borda caudal da porção proximal da tíbia (Woodbridge et al., 2014; Mossman et al., 2015). O ligamento colateral medial (LCM) do joelho representa o ponto de referência mais importante na determinação da EICT, mais especificamente na sua interface articular com a borda medial mais proximal da tíbia (Ferrigno et al., 2014; Tan et al., 2014; Minto, 2022; Jaworski et al., 2024). No entanto, apesar de alguns estudos demonstrarem o sítio de inserção e as variações de tensão do LCM de acordo com o posicionamento do joelho em cães, não há trabalhos que avaliem de forma objetiva a precisa relação anatômica e radiográfica entre o LCM e a EICT (Fischer et al., 2015; Palierne et al., 2022; Palierne et al., 2023), a qual pode representar um ponto-chave no processo de execução da técnica de TPLO.

O objetivo desse estudo foi avaliar o ponto anatômico mais acurado em relação ao LCM para identificação da EICT, representando o centro articular do joelho, definido como centro de rotação no planejamento da TPLO; e, ainda, investigar o efeito das variáveis grau de flexão/extensão do joelho e integridade do LCCr. Acredita-se, hipoteticamente, que o centro do LCM no plano sagital seja a posição anatômica correspondente à EICT e que a mudança de amplitude de extensão do joelho, bem como a ILCCr influenciem nessa correspondência.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais

Foram utilizados 10 cadáveres de cães domésticos de porte médio (20 a 30 kg), 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 2264/2024, cuja causa da morte não teve nenhuma relação com o estudo. Em cada cadáver, avaliou-se os dois joelhos de forma isolada, totalizando 20 joelhos (n=20). Como critério de exclusão considerou-se cirurgias prévias em joelho, lesões ósseas em fêmur distal ou tíbia proximal, ou ainda osteoartrose grave que impedisse a correta identificação dos referenciais anatômicos e radiográficos.

Com o animal posicionado em decúbito lateral com o membro paralelo à mesa, foi realizado o acesso medial ao joelho e à região proximal da tíbia. A incisão cutânea iniciou-se ao nível da patela e estendeu-se até ao final da crista da tíbia. Após a elevação do *Pes anserinus*, identificou-se o ligamento colateral medial e sua largura foi mensurada com especímetro ao nível da articulação. Foi realizada ainda artrotomia medial para posterior secção mecânica do ligamento cruzado cranial com lâmina de bisturi número 24 (Figura 1).



Figura 1. Imagens fotográficas do acesso medial ao joelho e à região proximal da tíbia em cadáver de cão. (A) *Pes anserinus* (asterisco). (B) Ligamento colateral medial (seta). (C) Aferição da largura do ligamento colateral medial ao nível da articulação com especímetro. (D) Artrotomia medial para posterior ruptura do ligamento cruzado cranial.

Radiografias

As radiografias foram obtidas por meio do emissor de raio-x portátil (Poskom® - 20BT) e detector digital de raio-x (DR Mars 1417X), utilizando 1mAs e 60kV. Os animais foram posicionados em decúbito lateral com a tibia na posição mediolateral próxima e paralela ao detector para correta avaliação do platô tibial e da EICT. Utilizou-se magnificador radiográfico de uma polegada (2,54 cm) ao nível da região proximal da tibia e goniômetro para avaliação da angulação da articulação do joelho (Figura 2).



Figura 2. Imagens fotográficas do posicionamento do joelho a 90 (A) e a 135 graus (B), com auxílio de goniômetro.

Na projeção radiográfica mediolateral, a primeira imagem foi realizada com o joelho a 90° para aferição do TPA. As demais radiografias seguiram a divisão dos grupos do estudo (Figura 3), onde variou-se a posição de uma agulha hipodérmica 25x0,8 mm em relação ao LCM, a qual foi inserida, perpendicular ao plano sagital, sempre na região mais distal da superfície articular do joelho: no centro do LCM (posição 1 - L), imediatamente cranial ao LCM (posição 2 - Cr) e imediatamente caudal ao LCM (posição 3 - Cd) (Figuras 4 e 5). O estudo foi feito com o joelho posicionado a 90° e depois a 135°, com o LCCr íntegro (LCCr-In) e, posteriormente, mecanicamente seccionado (LCCr-MS). A agulha foi posicionada sempre de forma paralela aos raios X, para resultar em uma figura puntiforme na imagem radiográfica.

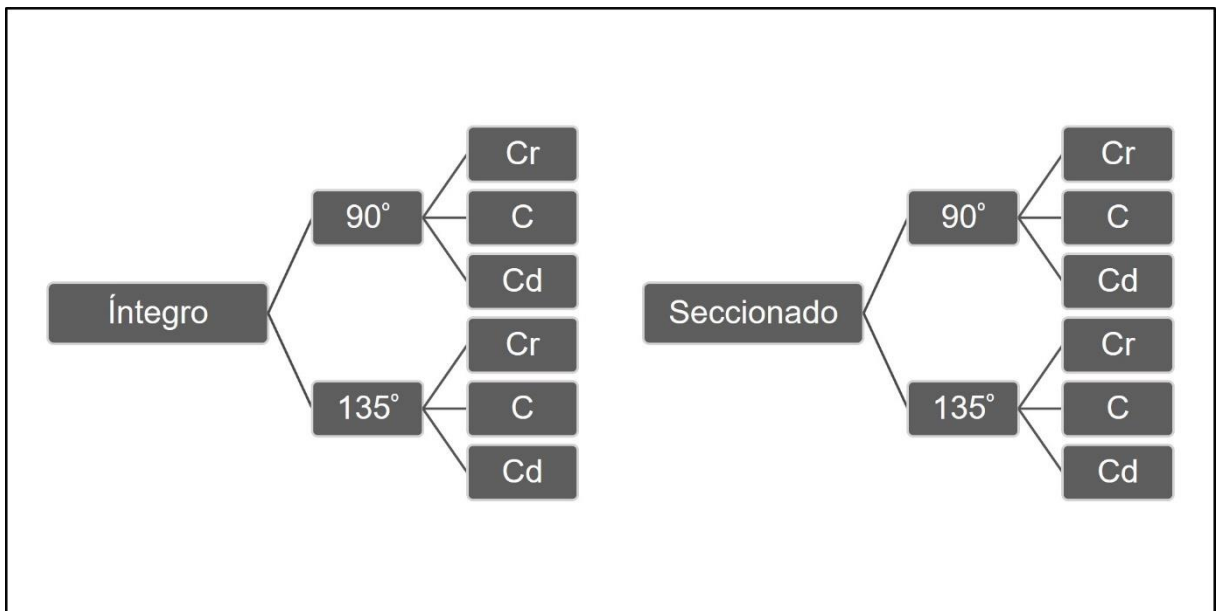


Figura 3. Diagrama da divisão de grupos utilizada no estudo. Integridade do ligamento cruzado cranial (íntegro e seccionado); posição do joelho (90° e 135°); posição da agulha hipodérmica em relação ao ligamento colateral medial (cranial – Cr, no centro – L, caudal – Cd), inserida perpendicular ao plano sagital.

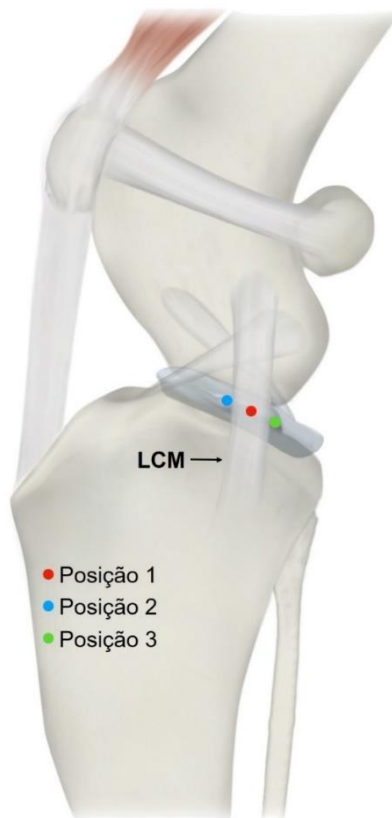


Figura 4. Ilustração da vista medial do joelho de cão, evidenciando o ligamento colateral medial (LCM) como ponto de referência para a inserção das agulhas (Posição 1, Posição 2 e Posição 3).



Figura 5. Imagens fotográficas dos diferentes posicionamentos da agulha hipodérmica 25x0,8mm em relação ao ligamento colateral medial (LCM), com o joelho a 90 graus. (A) Centro do LCM (grupo L). (B) Cranial ao LCM (grupo Cr). (C) Caudal ao LCM (grupo Cd).

As imagens radiográficas foram analisadas no programa vPOP® (“Veterinary Preoperative Orthopedic Planning”) por três avaliadores experientes na área. Como forma de padronização da aferição, determinou-se o eixo mecânico da tíbia e, a partir dele, criou-se uma linha paralela passando pelo centro da agulha; a distância perpendicular entre essas duas linhas foi determinada como “d”, representando a distância entre a agulha e a eminência intercondilar tibial (Figura 6). Quando a agulha coincidia exatamente com o centro articular, considerava-se $d=0$, quando a agulha ficava cranial à eminência, atribuía-se valor negativo e quando caudal, valor positivo. Ao todo, cada avaliador analisou 240 radiografias, compostas por 20 joelhos de cães, em três tratamentos (L, Cr e Cd), cada tratamento em duas posições do joelho (90° e 135°) e duas situações do LCCr (In e MS).

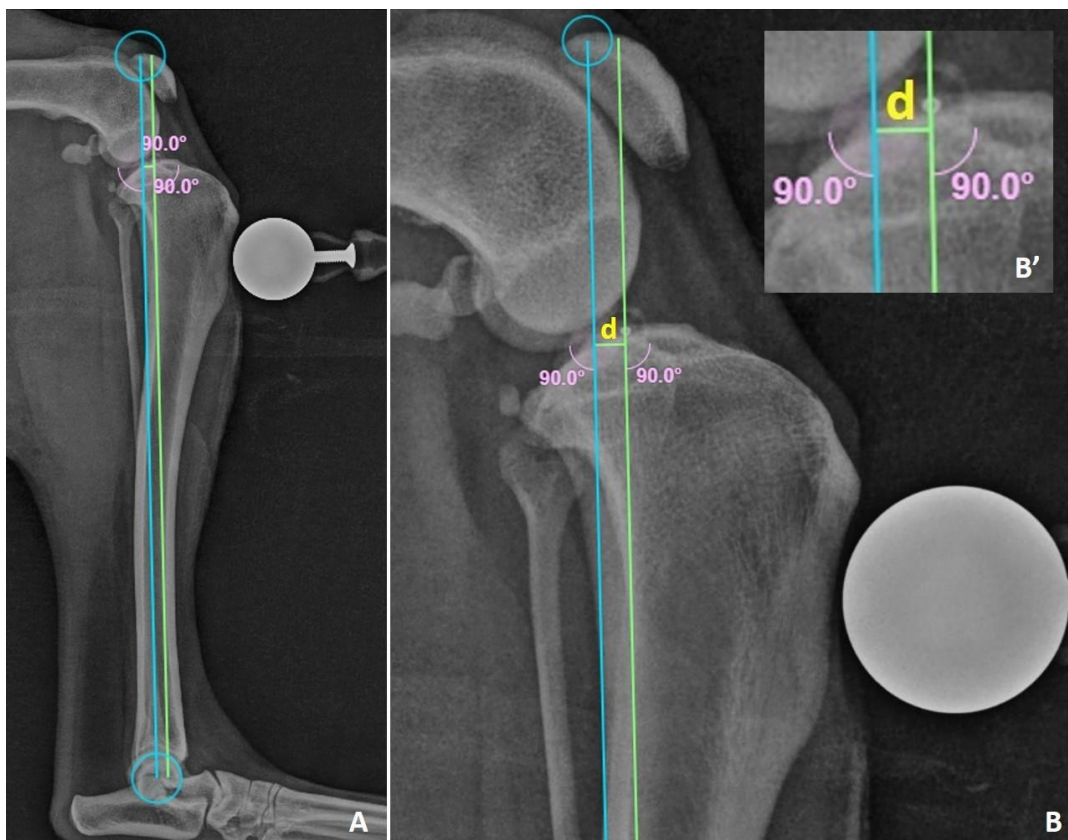


Figura 6. Imagens radiográficas na projeção mediolateral da tíbia de cão, com o joelho a 90° . (A) Eixo mecânico da tíbia (linha azul), linha paralela ao eixo mecânico da tíbia passando pelo centro da agulha (linha verde). (B) Distância perpendicular entre as duas linhas (“d”), representando a distância entre a agulha e a eminência intercondilar tibial. (B’) Zoom na região da EICT e no posicionamento da agulha.

Análise Estatística

A análise descritiva da variável distância foi realizada considerando os valores de média e desvio-padrão. O Coeficiente de Confiabilidade Intraclasse (ICC) foi utilizado para avaliar a concordância entre avaliadores na classificação das distâncias em 240 radiografias. A avaliação inter-observador foi feita por meio do modelo “Two-way”, considerando tanto os casos avaliados quanto os avaliadores como efeitos aleatórios em cada avaliação. O objetivo foi medir a concordância absoluta entre avaliadores. A ICC pode variar de 0 (sem concordância) a 1 (concordância perfeita). Um ICC acima de 0,90 foi considerado uma concordância excelente, de 0,89 a 0,75 boa, entre 0,74 e 0,50 moderada e abaixo de 0,49 ruim (Koo e Li, 2016).

O efeito das posições da agulha, posições do joelho e presença de secção do ligamento cruzado cranial na variável distância foi obtido por meio do Modelo Linear Misto, considerando cada caso avaliado como um efeito aleatório. Os resíduos padronizados do modelo foram considerados normais pelo teste de Shapiro-Wilk e a homoscedasticidade atendida segundo o teste de Levene. Os contrastes dentro do tratamento (L, Cr e Cd) e posições (90° e 135°) foram obtidos por meio do teste de comparações múltiplas de Bonferroni. Todas as análises foram realizadas no Software R (R Core Team, 2022), sendo adotado um nível de significância igual a 5%.

RESULTADOS

Foram incluídos no estudo 10 cadáveres de cães (Tabela 1), sendo 60% machos e 50% sem raça definida. A média da massa corporal foi $23,17 \pm 3,21$ kg. Em relação à largura do ligamento colateral medial, os joelhos direitos tiveram como média $5,60 \pm 0,84$ mm e os joelhos esquerdos, $5,55 \pm 1,01$ mm. A média do TPA para os avaliadores 1, 2 e 3 foram, respectivamente, $24,5^\circ \pm 3,8^\circ$; $25,8^\circ \pm 3,9^\circ$ e $25,1^\circ \pm 2,5^\circ$.

Tabela 1. Resumo dos dados dos 10 cadáveres de cães incluídos neste estudo.

Cadáver	Raça	Sexo	MC (kg)	LCM D (mm)	LCM E (mm)
1	Pitbull	macho	20	6	5,5
2	Pitbull	macho	23,5	5,5	6
3	SRD	fêmea	22,4	5,5	6
4	Pitbull	macho	28,7	4	4,5
5	SRD	fêmea	20,5	5,5	5,5
6	SRD	macho	29	6	8
7	Pitbull	macho	23,5	5	5
8	SRD	macho	21,8	7	5
9	SRD	fêmea	21	6,5	4,5
10	Dálmata	fêmea	21,3	5	5,5

MC, massa corporal; LCM, ligamento colateral medial; D, direito; E, esquerdo.

Com a análise do coeficiente de correlação intraclasse (ICC) é possível generalizar os resultados de confiabilidade para quaisquer avaliadores que possuam as mesmas características dos avaliadores selecionados para esse estudo, sendo a forma mais apropriada para avaliações clínicas. O $p < 0,05$ indicou que houve concordância maior do que a esperada ao acaso e o valor de ICC= 0,92 [0,83 – 0,95] indicou alta concordância geral entre os avaliadores, simplificando a modelagem.

Como não houve interação entre os grupos LCCr-In e LCCr-MS, estes foram avaliados de forma independente. Assim, as letras na Tabela 2 indicam as diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias da interação da posição da agulha e posição do joelho. A posição da agulha que melhor representou a EICT, no grupo LCCr-In foi L com o joelho a 90° ($d=0,45 \pm 2,39$), enquanto no grupo LCCr-MS foi L com o joelho a 135° ($d=0,11 \pm 2,18$) (Figuras 7 e 8). Foi possível ainda observar um padrão entre os grupos LCCr-In e LCCr-MS, sendo as médias de posição da agulha e angulação do joelho do grupo íntegro significativamente ($p < 0,05$) inferiores às médias do grupo mecanicamente seccionado (Figura 9).

Tabela 2. Análise descritiva da variável distância (mm) entre a eminência intercondilar da tíbia e a agulha nos diferentes grupos.

LCCr	Posição agulha	Posição joelho	n	Média±DP	Min	Max
Íntegro	Cd	90	60	2,73±1,79 ^f	-1,1	5,7
		135	60	1,52±2,18 ^e	-3	6,7
	Cr	90	60	-2,58±1,88 ^b	-7,4	1,2
		135	60	-4,27±2,08 ^a	-8,8	0
	L	90	60	0,45±2,39 ^d	-3,7	5,8
		135	60	-1,12±2,46 ^c	-5,8	4,2
Rompido	Cd	90	60	4,58±1,71 ^f	1,9	8,1
		135	60	2,86±2,13 ^e	-2,3	8,1
	Cr	90	60	-0,18±1,81 ^b	-4,4	3,8
		135	60	-2,80±2,39 ^a	-8,1	3,1
	L	90	60	2,33±1,75 ^d	-1,1	6,4
		135	60	0,11±2,18 ^c	-4,2	5,9

n: número de casos avaliados; DP: Desvio-padrão; Min: Mínimo; Max: Máximo. Letras minúsculas indicam diferença significativa ($p<0,05$) entre as médias dentro de cada subgrupo referente à ruptura do ligamento cruzado cranial.

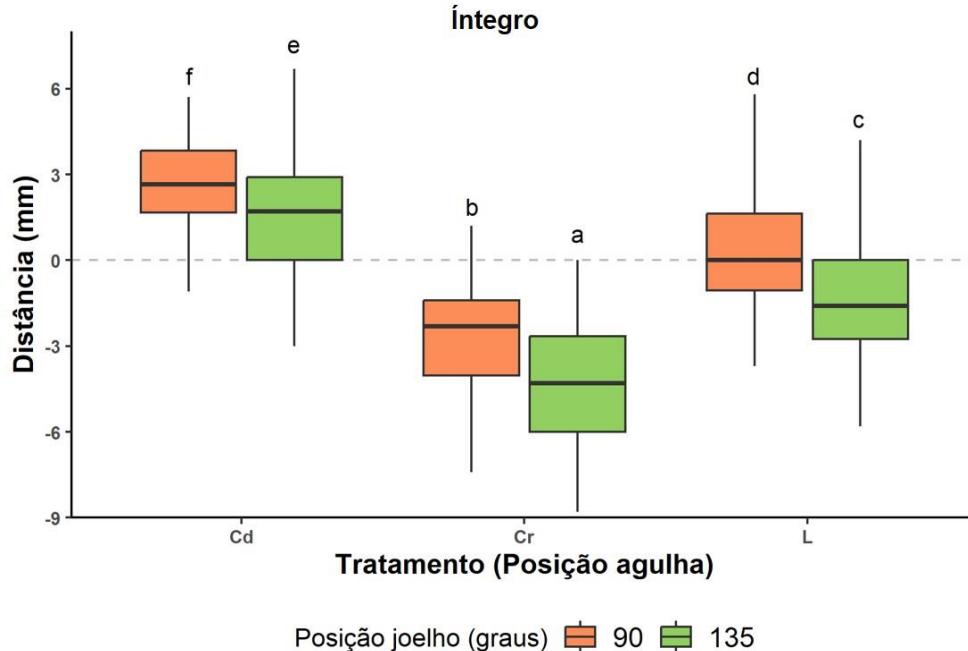


Figura 7. “Box-plot” do grupo “Íntegro” que representa as distâncias entre a eminência intercondilar e a agulha nos diferentes tratamentos e posições. Letras minúsculas indicam diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos e posições.

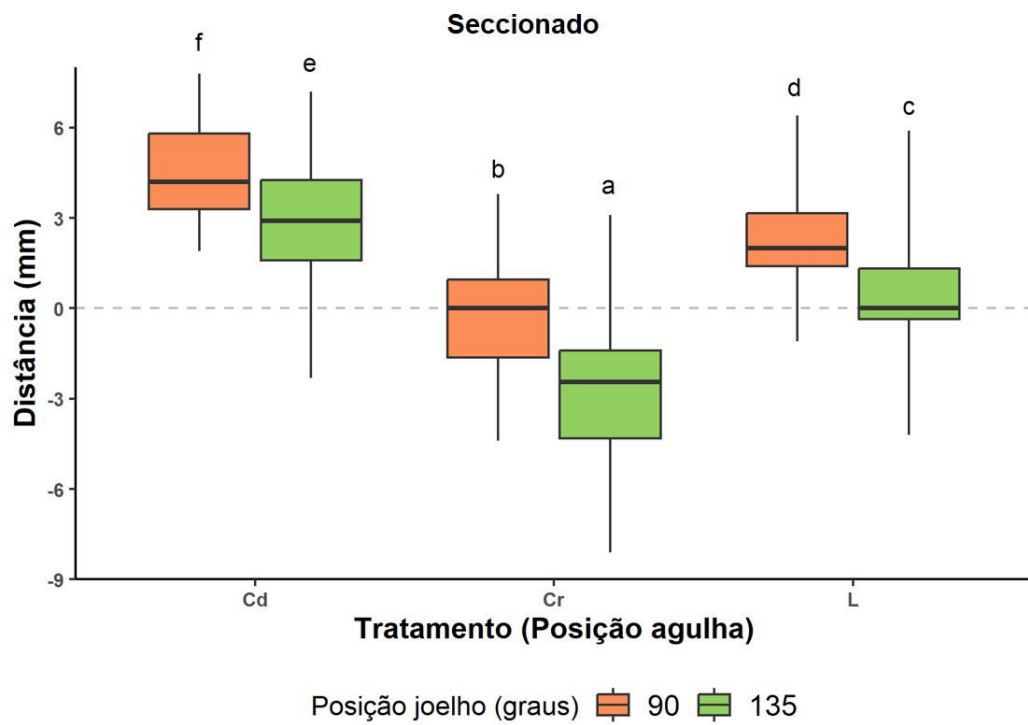


Figura 8. “Box-plot” do grupo “seccionado” que representa as distâncias entre a eminência intercondilar e a agulha nos diferentes tratamentos e posições. Letras minúsculas indicam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e posições.

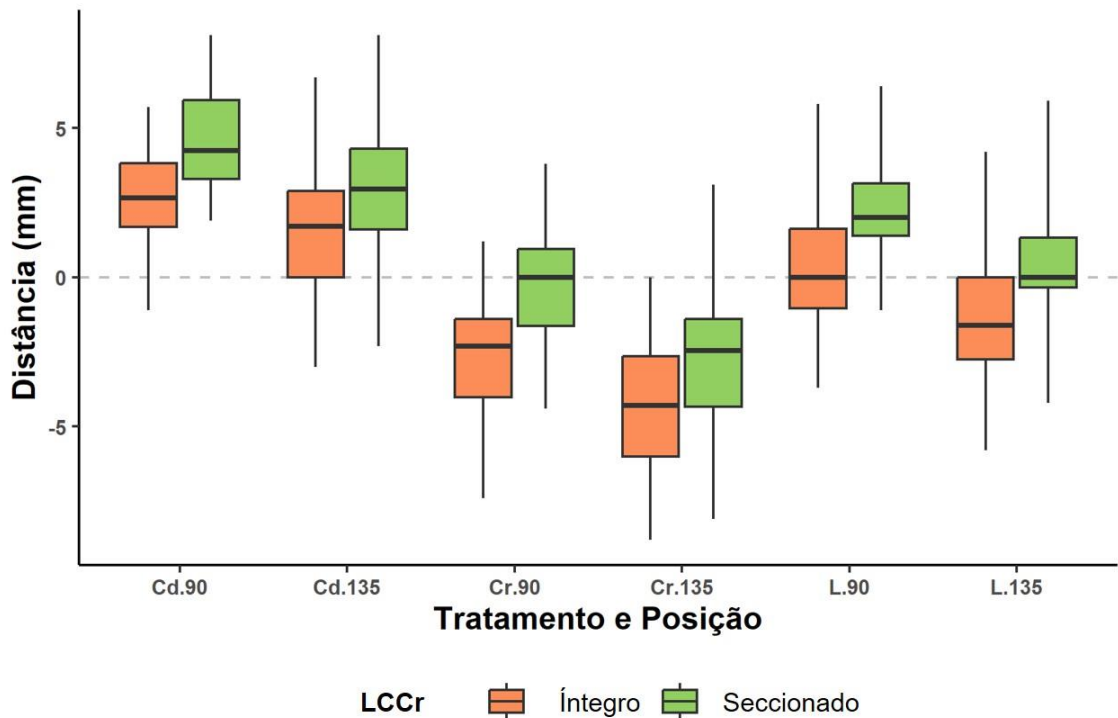


Figura 9. “Box-plot” dos grupos “íntegro” e “seccionado” que representa as distâncias entre a eminência intercondilar e a agulha nos diferentes tratamentos e posições.

DISCUSSÃO

O centro de rotação do fragmento tibial osteotomizado é a pedra angular do conceito racional e planejamento da TPLO (Slocum e Slocum, 1993; Kowaleski e McCarthy, 2004). A execução precisa e acurada da osteotomia na TPLO envolve, mandatoriamente, a identificação da EICT no período transcirúrgico, o que pode ser subjetivo e, de certa forma, desafiador (Kowaleski e McCarthy, 2004; Jaworski et al., 2024). Em colaboração a este processo, o presente estudo demonstrou que o posicionamento de uma agulha hipodérmica, perpendicular ao plano sagital, no centro do LCM, na sua interface com a articulação e a borda medial mais proximal do platô tibial, com o joelho mantido em 135° de extensão, representa a forma mais precisa de identificação do centro articular e de rotação da osteotomia da TPLO, confirmando a hipótese inicial. Promove-se, dessa forma, mais precisão na execução desta técnica, minimizando as complicações.

O LCM tem sido utilizado rotineiramente como principal ponto de referência anatômico intraoperatório para determinação do centro de rotação da osteotomia na TPLO. Entretanto, ainda faltam evidências que suportem a acurácia dessa relação anatômica (Tan et al., 2014; Jaworski et al., 2024), fato esse que leva à constante adoção de técnicas adjuvantes para guiar o ponto correto de osteotomia (Lee et al., 2022). Nos cães, o LCM possui formato de ampulheta, originando-se no epicôndilo medial do fêmur, prolongando-se distalmente até o côndilo medial da tíbia, onde se insere. Ao longo do seu percurso, observa-se fusão com a face medial da cápsula articular do joelho e íntima relação com o menisco medial (Singh, 2018; Palierne et al., 2022). Diante da sua localização anatômica, pode-se afirmar que o LCM cruza o joelho sobre o centro de rotação da articulação, embasando sua reputação como um ponto de referência transcirúrgico importante (Ferrigno et al., 2014; Tan et al., 2014; Minto, 2022; Jaworski et al., 2024), apesar de não haver relação contínua e direta entre o LCM e a EICT. Os resultados da presente pesquisa suportam objetivamente e definitivamente o uso do LCM como referência indireta para a localização do centro de rotação da osteotomia durante a TPLO, demonstrando ainda a variação anatômica de acordo com a angulação do joelho na qual será feita a abordagem cirúrgica.

Imprecisões na determinação do centro de rotação influenciam diretamente o TPA e, conseqüentemente, o objetivo principal do seu nivelamento com a realização do procedimento (Kowaleski e McCarthy, 2004), o que pode levar potencialmente a uma cascata de erros interligados, interferindo na geometria da crista tibial remanescente, na dificuldade de rotação do fragmento e na aplicação dos implantes (Kowaleski e McCarthy, 2004; Kowaleski et al., 2005; Bergh e Peirone, 2012; Mossman et al., 2015). Seguindo essa linha de entendimento, a eleição da borda cranial do LCM como referência para o centro da osteotomia pode superdimensionar o TPA final e reduzir as dimensões da crista da tíbia, bem como o posicionamento caudal, pode reduzir o estoque ósseo para implantação da placa e subdimensionar o ângulo final do platô tibial (Kowaleski e McCarthy, 2004). Em estudo recente (Kanno et al., 2024), demonstraram ainda que quando o centro de rotação na TPLO é deslocado para distal, há aumento na força tênsil do quadríceps, podendo predispor a sobrecarga no ligamento patelar, reforçando a importância da definição precisa do

centro da osteotomia. O padrão adotado para nosso estudo em relação ao eixo próximo-distal foi a borda articular imediatamente proximal da tíbia na face medial.

Os resultados do presente estudo permitem identificar significativa influência da amplitude de movimento articular e da instabilidade craniocaudal da tíbia em relação ao fêmur na acurácia da identificação da EICT, tendo sido demonstrado que o identificador aqui adotado (agulha hipodérmica), facilmente reproduzível no procedimento cirúrgico, deve ser inserido perpendicular ao plano sagital e estar posicionado no centro (largura) do ligamento colateral medial com o joelho estendido em 135° , quando o LCCr estiver rompido e com o joelho a 90° , quando não houver ruptura. Controversamente, em pesquisa atual (Jaworski et al., 2024) autores desencorajaram a utilização do centro do ligamento colateral medial como referência do centro do corte na TPLO, visto que se depararam com osteotomias mais craniais em relação ao planejamento cirúrgico inicial, registrando erro de 14,2%, em um cenário onde o ligamento cruzado cranial encontrava-se íntegro e com o joelho a 90° .

Embora os pontos de inserção do LCM em cães apresentem relativa homogeneidade, a tensão e o posicionamento deste ligamento variam em função da angulação do joelho (Palierne et al., 2022; Palierne et al., 2023). O LCM encontra-se tenso durante a extensão da articulação, enquanto sua porção caudal relaxa durante a flexão (Vasseur e Arnoczky, 1981; Fischer et al., 2015). Além disso, ao longo do trajeto do LCM, existe uma bursa serosa na região do côndilo tibial, que facilita o deslizamento do ligamento durante os movimentos de extensão e flexão (Palierne et al., 2022). Assim, a variação da posição do LCM em relação à tíbia é justificada pelo grau de extensão da articulação, bem como foi fator importante nas variações de resultados aqui identificados de acordo com a angulação do joelho. Foi observado que, tanto em joelhos com ILCCr quanto em joelhos sem ruptura do ligamento, há uma tendência de deslocamento cranial do ligamento colateral medial diante do aumento do grau de extensão articular, o que foi representado por médias inferiores quando a articulação estava a 135° de extensão em relação às médias dos subgrupos a 90° . As médias superiores observadas no grupo com o ligamento rompido podem ser atribuídas à translação cranial da tíbia associada à ILCCr, na qual o LCM não acompanha o deslocamento ósseo na mesma magnitude (Reif et al., 2002). Dado que a TPLO é utilizada para tratar a ILCCr, o grupo com lesão oferece uma representação

mais precisa do cenário clínico. Em contraste, o grupo controle pode servir como referência para casos de ILCCr parcial (Bleedorn et al., 2011).

Em busca de acurácia no posicionamento da osteotomia, outros pontos anatômicos de referência são tipicamente utilizados no planejamento e execução da TPLO (Tan et al., 2014; Craig et al., 2017). A extremidade crânio proximal da tuberosidade da tíbia, que é representada anatomicamente pela inserção do ligamento patelar, e a borda caudal da porção proximal da tíbia (Tan et al., 2014; Woodbridge et al., 2014; Fujino et al. 2020) são utilizados para identificação de distâncias predeterminadas, as quais auxiliam o posicionamento da lâmina de corte de forma que se mantenha centralizada na EICT. Por outro lado, mesmo adotando tais referências, há imprecisões potenciais com a utilização desta metodologia, representada pela distância de excentricidade entre o centro pretendido e o centro realmente obtido. Estudos prévios (Tan et al., 2014; Fujino et al., 2020) encontraram uma distância de excentricidade com tendência caudo distal com a utilização do método de distâncias predeterminadas (por exemplo, D1/D2). Vale ressaltar que outros fatores podem influenciar em tal exatidão, como o uso de “jig” e guia de corte, o modelo da lâmina e a habilidade do cirurgião (Tan et al., 2014; Woodbridge et al., 2014; Kim et al., 2021). De toda forma, aumentar a precisão na identificação do centro verdadeiro de rotação do fragmento osteotomizado, por meio da referência anatômica direta da EICT, eleva potencialmente a acurácia do procedimento, e associada aos demais métodos pode ser uma forma de dupla checagem do correto posicionamento do corte da TPLO no período transoperatório.

Apesar de ser uma técnica estabelecida há mais de três décadas (Slocum e Slocum, 1993), a TPLO continua a ser objeto de extensiva pesquisa, com o intuito de aprimorar aspectos do planejamento e da execução do procedimento. Os estudos focam tanto em etapas pré-operatórias, como a precisão na aferição do ângulo do platô tibial (Unis et al., 2010), quanto nas fases transoperatórias, como a exatidão na realização da osteotomia e a identificação de referências para melhorar a precisão do procedimento (Craig et al., 2017; Kim et al., 2021; Jaworski et al., 2024). A dificuldade em identificar corretamente o centro de rotação do fragmento durante a cirurgia pode influenciar negativamente os resultados clínicos (Kowaleski e McCarthy, 2004). Uma das complicações citadas na literatura que possui relação direta com o

posicionamento da osteotomia é a fratura da tuberosidade da tíbia (Bergh et al., 2008). Sendo assim destaca-se mais uma vez a importância em identificar de forma acurada o centro de rotação durante o procedimento cirúrgico. Embora o presente estudo tenha determinado o melhor ponto de referência para localização da EICT e que este seja utilizado como padrão, um desvio padrão de aproximadamente 2 milímetros pode potencialmente refletir variações individuais e influenciar os resultados clínicos.

Entre as limitações do estudo, destaca-se o fato de que a pesquisa foi conduzida exclusivamente em cães de porte específico, o que limita a generalização dos resultados para outras categorias de tamanho, como cães pequenos e gigantes. Outra limitação relevante foi a impossibilidade de avaliar a variação da agulha no sentido próximo-distal, devido à dificuldade em estabelecer um padrão de distância em articulações cadavéricas, nas quais o espaço articular encontra-se significativamente reduzido. Adicionalmente, o estudo ex vivo com ruptura iatrogênica do ligamento cruzado cranial pode não refletir com precisão o cenário clínico real, uma vez que pacientes com ILCCr, especialmente em casos crônicos, podem apresentar fibrose periarticular que altera, potencialmente, a mobilidade do ligamento colateral medial.

Conclui-se, portanto, que a colocação da agulha, perpendicular ao plano sagital, no centro da largura do ligamento colateral medial com o joelho a 135° é a forma mais acurada de identificação do centro da osteotomia na TPLO em cães no transoperatório, podendo tornar o procedimento ainda mais preciso. Busca-se dessa forma ampliar os parâmetros de checagem intraoperatória e reduzir as fontes de complicação da técnica.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses relacionado com esse trabalho.

REFERÊNCIAS

- Bergh MS, Rajala-Schultz P, Johnson KA (2008) Risk Factors for Tibial Tuberosity Fracture After Tibial Plateau Leveling Osteotomy in Dogs. **Veterinary Surgery** 37:374-382.
- Bergh MS, Peirone B (2012) Complications of tibial plateau levelling osteotomy in dogs. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 25:349-358.
- Bergh MS, Sullivan C, Ferrel CL, Troy J, Budsberg SC (2014) Systematic Review of Surgical Treatments for Cranial Cruciate Ligament Disease in Dogs. **Journal of the American Animal Hospital Association** 50(5):315-321.
- Bleedorn JA, Greuel EN, Manley PA, Schaefer SL, Markel MD, Holzman G, Muir P (2011) Synovitis in Dogs with Stable Stifle Joints and Incipient Cranial Cruciate Ligament Rupture: A Cross-Sectional Study. **Veterinary Surgery** 40:531-543.
- Collins JE, Degner DA, Hauptman JG, DeCamp CE (2014) Benefits of Pre- and Intraoperative Planning for Tibial Plateau Leveling Osteotomy. **Veterinary Surgery** 43:142-149.
- Craig A, Witte PG, Scott HW (2017) Sagittal accuracy of tibial osteotomy position during in vivo tibial plateau levelling osteotomy performed without an alignment jig and cutting guide. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 1:37-45.
- Ferrigno CRA, Ferreira MP, Dal-Bó IS, Santos JFS, Caquias DFI, Cavalcanti RAO, Ferraz VCM (2014) Osteotomia de nivelamento do platô tibial: descrição de técnica e revisão. **Ciência Aplicada na Rotina Veterinária** 40-52.
- Fischer C, Alarcóna JC, Troncoso IE, Cherresb MD (2015) An in vitro study of potential attachment sites for the reconstruction of the medial collateral ligament of canine stifles. **Archivos de Medicina Veterinaria** 47(2):259-262
- Fujino H, Honnami M, Mochizuki M (2020) Preoperative planning for tibial plateau leveling osteotomy based on proximal tibial width. **Journal of Veterinary Medical Science** 85(5):661-667.

Jaworski J, Meek M, Malortie S, Dudley R (2024) Cadaveric comparison of two techniques for intraoperative placement of tibial plateau levelling osteotomies in dogs.

Veterinary Record 1-8.

Kanoo N, Ochi Y, Ichinohe T, Hakozaiki T, Suzuki S, Harada Y, Yogo T, Hara Y (2024) Effect of the Centre of Rotation in Tibial Plateau Levelling Osteotomy on Quadriceps Tensile Force: An Ex Vivo Study in Canine Cadavers. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 32(2):117-125.

Kim J, Ko J, Kim J, Seo A, Eom K (2021) Efficacy of a Customized Three-Dimensional Printing Surgical Guide for Tibial Plateau Leveling Osteotomy: A Comparison With Conventional Tibial Plateau Leveling Osteotomy. **Frontiers in Veterinary Science** 8: 1-10.

Koo TK, Li MY (2016) A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. **Journal of Chiropractic Medicine** 15(2):155-63.

Kowaleski MP, McCarthy RJ (2004) Geometric analysis evaluating the effect of tibial plateau leveling osteotomy position on postoperative tibial plateau slope. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 1:30-34.

Kowaleski MP, Apelt D, Mattoon JS, Litsky AS (2005) The Effect of Tibial Plateau Leveling Osteotomy Position on Cranial Tibial Subluxation: An In Vitro Study. **Veterinary Surgery** 34:332-336.

Lee S, Kang J, Kim N, Heo S (2022) Evaluation of a customized 3D-printed saw guide for tibial plateau leveling osteotomy: An ex vivo study. **Veterinary Surgery** 51:963-973.

Minto BW (2022) Osteotomia de Nivelamento do Platô Tibial (TPLO). Em: Minto BW, Dias LGGG. Tratado de ortopedia de cães e gatos. São Paulo: MedVet, 2022.

Mossman H, von Pfeil DJF, Nicholson M, Phelps H, Morris E, Bradley R, Taylor J, Langenbach A (2015) Accuracy of three pre- and intra-operative measurement techniques for osteotomy positioning in the tibial plateau levelling procedure. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 28:250-255.

Nanda A, Hans EC (2019) Tibial Plateau Leveling Osteotomy for Cranial Cruciate Ligament Rupture in Canines: Patient Selection and Reported Outcomes. **Veterinary Medicine: Research and Reports** 10:249–255.

Palierne S, Blondel M, Vié K, Autefage A (2022) Morphometric assessment of the medial collateral ligament of the canine stifle joint. **Research in Veterinary Science** 151:21-26.

Palierne S, Blondel M, Patard F, Autefage A (2023) Impacts of tibial plateau levelling osteotomy on the tibial insertion of the medial collateral ligament of the canine stifle joint – A cadaveric study. **Research in Veterinary Science** 154:66-72.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

Reif U, Hulse DA, Hauptman JG (2002) Effect of Tibial Plateau Leveling on Stability of the Canine Cranial Cruciate-Deficient Stifle Joint: An In Vitro Study. **Veterinary Surgery** 31:147-154.

Singh B. Dyce, Sack and Wensing's Textbook of Veterinary Anatomy. 5^a edição. Elsevier: St. Louis, Missouri, 2018.

Slocum B, Slocum TD (1993) Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. **Veterinary Clinics of North America** 23:777-795.

Tan CJ, Bergh MS, Schembri MA, Johnson KA (2014) Accuracy of Tibial Osteotomy Placement Using 2 Different Tibial Plateau Leveling Osteotomy Jigs. **Veterinary Surgery** 43:525-533.

Unis MD, Johnson AL, Griffon DJ Schaeffer DJ, Ragetly GR, Hoffer MJ, Ragetly CA (2010). **Veterinary Surgery** 39:187-194.

Vasseur P, Arnoczky S (1981) Collateral ligaments of canine stifle joint: anatomic and functional analysis. **American Journal of Veterinary Research** 42:1133-1137.

von Pfeil DJF, Kowaleski MP, Glassaman M, Dejardin LM (2018) Results of a survey of Veterinary Orthopedic Society members on the preferred method for treating cranial

cruciate ligament rupture in dogs weighing more than 15 kilograms (33 pounds). **Journal of the American Veterinary Medical Association** 253(5):586-597.

Woodbridge N, Knuchel-Takano A, Brissot H, Nelissen P, Bush M, Owen M. (2014) Accuracy evaluation of a two-wire technique for osteotomy positioning in the tibial plateau levelling procedure. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 27:8-13.