

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

AVALIAÇÃO DE NOVA TÉCNICA PARA TRATAMENTO DE CÃES COM
ÂNGULO DO PLATÔ TIBIAL EXCESSIVO - OSTEOTOMIA DE DUPLO
CORTE PARA NIVELAMENTO DO PLATÔ TIBIAL (DCTPLO)

Thaís Vendramini Magalhães
Médica Veterinária

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

AVALIAÇÃO DE NOVA TÉCNICA PARA TRATAMENTO DE CÃES COM
ÂNGULO DO PLATÔ TIBIAL EXCESSIVO - OSTEOTOMIA DE DUPLO
CORTE PARA NIVELAMENTO DO PLATÔ TIBIAL (DCTPLO)

Thaís Vendramini Magalhães
Orientador: Prof. Associado 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 Doutora em Ciências Veterinárias.

2024

M188a Magalhães, Thaís

 Avaliação de nova técnica para tratamento de cães com ângulo do
platô tibial excessivo - osteotomia de duplo corte para nivelamento do
platô tibial (DCTPLO) / Thaís Magalhães. -- Jaboticabal, 2025
 36 p.

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

 1. Ortopedia veterinária. 2. Cirurgia veterinária. 3. Joelho doenças.
I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: AVALIAÇÃO DE NOVA TÉCNICA PARA TRATAMENTO DE CÃES COM ÂNGULO DO PLATÔ TIBIAL EXCESSIVO - OSTEOTOMIA DE DUPLO CORTE PARA NIVELAMENTO DO PLATÔ TIBIAL (DCTPLO)

AUTORA: THAIS VENDRAMINI MAGALHÃES

ORIENTADOR: BRUNO WATANABE MINTO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências Veterinárias, área: Saúde Animal pela Comissão Examinadora:

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



Documento assinado digitalmente
BRUNO WATANABE MINTO
Data: 06/03/2025 11:46:51-0000
Verifique em <https://validar.it.gov.br>



Prof. Dr. FERNANDO YOTI KITAMURA KAWAMOTO (Participação Virtual)
Departamento de Medicina Veterinária / Centro Universitário de Lavras (UNILAVRAS) - Lavras/MG



Documento assinado digitalmente
FERNANDO YOTI KITAMURA KAWAMOTO
Data: 06/03/2025 09:03:49-0000
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. PAOLA CASTRO MORAES (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
PAOLA CASTRO MORAES
Data: 06/03/2025 20:06:53-0000
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. FERNANDO DE BIASI (Participação Virtual)
Departamento de Clínicas Veterinárias / Universidade Estadual de Londrina (UEL) - Londrina/PR



Documento assinado digitalmente
FERNANDO DE BIASI
Data: 06/03/2025 20:07:29-0000
Verifique em <https://validar.it.gov.br>



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



Pós-Doutorando JOSÉ ADEMAR VILLANOVA JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal



Documento assinado digitalmente

JOSÉ ADEMAR VILLANOVA JUNIOR

Data: 11/01/2025 11:49:40-0000

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaboticabal, 03 de fevereiro de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Thaís Vendramini Magalhães, nascida no município de Marília, estado de São Paulo, em 07 de julho de 1995. Ingressa no Curso de Medicina Veterinária na Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Marília no ano de 2013. Durante a graduação, realizou estágios e cursos em diversas áreas, com enfoque em cirurgia de pequenos animais, a partir do terceiro ano. Foi aluna de Iniciação Científica PIIC (Programa institucional de iniciação científica da Universidade de Marília) 2015/2016, e teve suas primeiras publicações na revista Unimar Ciências (2016 e 2017). Participou da Comissão Organizadora da Semana de Ciências Agrárias (SECAM – 2016). Realizou seu Estágio Curricular Obrigatório na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) no ano de 2017. Entre os anos de 2018 e 2019, participou do Programa de Aprimoramento em Clínica Cirúrgica de Pequenos Animais no Hospital Veterinário Universitário de Uberaba – MG. Realizou mestrado no Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Veterinária da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, no período de 2020 a 2022, monitoria nos cursos de “Aprimoramento em Ortopedia de Pequenos Animais”, “Aprimoramento em Neurologia de Pequenos Animais” e “TPLO”, além de publicações de artigos nacionais e internacionais. Realizou doutorado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, no período de 2022 a 2025.

Dedico este trabalho ao meu filho Yuri, que foi combustível de amor e resiliência para que eu prosperasse na vida acadêmica, profissional e pessoal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por permitir que mais esta etapa seja concluída e por sempre abrir as portas certas para mim.

Ao meu filho Yuri, que todos os dias me mostra o que é o amor através do seu sorriso doce e alegre. É tudo por você, meu amor.

Ao meu esposo Ygor Sakanaka, obrigada por compartilhar a vida comigo, trabalhando para realizar nossos sonhos, celebrando cada conquista e me dando todo apoio de forma doce e recíproca.

Aos meus pais Sandra Vendramini e Marcio dos Santos, pelo apoio, esforço, confiança, amor, por me ensinarem o valor da vida.

Aos meus avós Creusa Vendramini e Nilson Vendramini, seres de coração tão puro, que nunca mediram esforços para que eu realizasse meus sonhos.

Aos meus tios Silmara Vendramini e Luís Roberto Silveira, por sempre acreditarem em mim, auxiliarem na minha educação e serem meu apoio.

Ao meu afilhado Enzo Gabriel Vendramini Silveira, que mesmo tão pequeno, me ensina sempre sobre cuidado, pureza e amor.

À minha filha de quatro patas Heloísa, que esteve comigo nos momentos felizes, difíceis e nunca me deixou desistir.

Ao meu orientador Bruno Watanabe Minto, por toda paciência, conselhos, compreensão. Sempre me auxiliando e me direcionando para os melhores caminhos sabiamente.

Aos meus amigos do laboratório de ortopedia e neurologia da FCAV, obrigada por serem família, por transformarem os perrengues em risadas e por praticarem sempre a reciprocidade.

Por fim, a todos os animais que já estiveram sob meus cuidados, me sinto honrada em dedicar parte da minha vida a vocês.

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

FORMA DE APRESENTAÇÃO DA TESE DE DOUTORADO

A presente tese faz parte das obrigações para a obtenção do título de Doutora em Ciências Veterinárias pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Unesp – Câmpus de Jaboticabal – SP. O trabalho foi apresentado no formato de capítulos para melhor compreensão e apresentação dos resultados, no qual o capítulo 1 (um) representa as considerações gerais, contendo introdução, revisão de literatura, objetivos e metodologia; e o capítulo 2 (dois), por sua vez, é o artigo científico.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
CAPÍTULO 1	
1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. HIPÓTESE.....	3
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
4.1. Critérios de inclusão.....	3
4.2. Planejamento cirúrgico.....	3
4.3. Técnica cirúrgica.....	4
4.4. Avaliação pós-operatória.....	5
5. REFERÊNCIAS.....	6
CAPÍTULO 2. Normas do periódico “Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária”	1
RESUMO.....	1
INTRODUÇÃO.....	2
MATERIAL E MÉTODOS.....	3
RESULTADOS.....	8
DISCUSSÃO.....	9
REFERÊNCIAS.....	13

Avaliação de nova técnica para tratamento de cães com ângulo do platô tibial excessivo - osteotomia de duplo corte para nivelamento do platô tibial (DCTPLO)

RESUMO - A doença do ligamento cruzado cranial (CrCL), é o tipo mais prevalente de distúrbio da articulação femorotíbiopatelar em cães, e tem atraído interesse significativo nas áreas de medicina veterinária e fabricação de implantes ortopédicos nas últimas décadas. A osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO) tem sido estudada extensivamente, e a maioria dos estudos anteriores indicou que ela alcança os melhores resultados gerais em pacientes com insuficiência do CrCL. A TPLO demonstrou maior eficácia na correção do ângulo do platô tibial (TPA). Além disso, tem ampla aplicabilidade em cães de diferentes tamanhos, tornando-se o tratamento de escolha para doença do CrCL em cães. O presente estudo objetiva descrever uma modificação da técnica de osteotomia de nivelamento do platô tibial em que um corte duplo é feito no mesmo plano para nivelar o platô tibial (osteotomia de nivelamento do platô tibial de corte duplo [DCTPLO]) para cães com doenças do ligamento cruzado cranial (CrCL) e ângulo excessivo do platô tibial (eTPA). A técnica DCTPLO foi realizada em 18 joelhos em cães com CrCL e um eTPA ($>34^\circ$). Este estudo avaliou a precisão do planejamento pré-operatório, a viabilidade da técnica, os resultados clínicos pós-operatórios, os exames radiográficos no acompanhamento pós-operatório nos primeiros 120 dias, a evolução do ângulo do platô tibial (TPA), o tempo de união da osteotomia, a aposição dos implantes e possíveis complicações. A técnica descrita provou ser viável para aplicação clínica e foi observada uma redução efetiva nos níveis de eTPA. Os valores médios de TPA pré e pós-operatórios foram $39,4^\circ$ (36° – $43,5^\circ$) e $6,3^\circ$ (3° – 13°), respectivamente. O tempo de cicatrização radiográfica foi de 60 dias em 17/18 dos joelhos. Complicações menores (que não exigiram revisão cirúrgica ou tratamento clínico) foram observadas em 4/18 dos joelhos. A técnica DCTPLO foi eficaz para tratar a doença CrCL com TPA de até $43,5^\circ$ em cães.

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

Evaluation of a new technique for treatment of dogs with excessive tibial plateau - double cut osteotomy for leveling the tibial plateau angle (DCTPLO)

ABSTRACT - Cranial cruciate ligament (CrCL) disease, the most prevalent type of tibiofemoral-patellar joint disorder in dogs, has garnered significant interest in the fields of veterinary medicine and orthopaedic implant manufacturing in recent decades. Tibial plateau-levelling osteotomy (TPLO) has been studied extensively, and most previous studies have indicated that it achieves the best overall results in patients with CrCL insufficiency. TPLO has exhibited a higher efficacy in correcting the tibial plateau angle (TPA). Moreover, it has wide applicability in dogs of different sizes. Consequently, TPLO has become the treatment of choice for CrCL disease in dogs. The objective to describe a modification of the tibial plateau levelling osteotomy technique wherein a double cut is made in the same plane to level the tibial plateau (double-cut tibial plateau levelling osteotomy [DCTPLO]) for treating dogs with cranial cruciate ligament (CrCL) and excessive tibial plateau angle (eTPA) diseases. The DCTPLO technique was performed on 18 stifles in dogs with CrCL and an eTPA ($>34^\circ$). This study evaluated the accuracy of preoperative planning, feasibility of the technique, postoperative clinical outcomes, radiographic examinations at the postoperative follow-up for the first 120 days, evolution of the tibial plateau angle (TPA), time of union of the osteotomy, apposition of the implants, and possible complications. The described technique proved to be feasible for clinical application, with reproducibility from preoperative planning. An effective reduction in the eTPA levels was observed. The mean preoperative and postoperative TPA values were 39.4° (36° – 43.5°) and 6.3° (3° – 13°), respectively. Radiographic healing time was 60 days in 17/18 of stifles. Minor complications (not requiring surgical review or clinical treatment) were observed in 4/18 of stifles. The DCTPLO technique was effective for treating CrCL disease with TPA of up to 43.5° in dogs.

Keywords: cranial cruciate ligament, stifle, osteotomy, orthopedic procedures

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A) Illustrative image of the technique of double-cut tibial plateau levelling osteotomy in a dog showing D1a, D1b, D2a, D2b, D3, and D4. D1a is defined as the distance between the most cranial point of the tuberosity at the insertion of the patellar ligament on the tibial tuberosity and the first line of the osteotomy. D1b is defined as the distance between the first and second osteotomy line at the most caudal point. D2a is defined as the distance from the insertion of the patellar ligament to the first osteotomy line. D2b is defined as the distance between the first and second osteotomy line, being the size of the wedge in the cranial region. D3 is defined as the distance from the centre of the intercondylar eminences of the tibia to the final point of the apex of the two osteotomy lines. D4 is defined as the midpoint of the osteotomy, which was evaluated to avoid losing the wedge in this region. B) Radiographic planning for eDCTPLO in a Yorkshire Terrier dog in mediolateral projection.....4

Figura 2. Illustrative image of the technique of double-cut tibial plateau levelling osteotomy for correction of eTPA in dogs. A) Positioning of the angle of the blades to form the wedge. B) Wedge removal and reduction of the tibial plateau. C) Final appearance of the tibial plateau after wedge removal and remaining TPLO rotation.....5

Figura 3. Radiographic image of a Yorkshire Terrier dog acquired during the immediate postoperative period of double-cut tibial plateau levelling osteotomy in craniocaudal (A) and mediolateral (B) projections. Note the correction of the angle of the tibial plateau to 4.5° after the technique, trapezoid-shaped tibial crest, and good positioning of the implants.....6

Figura 4. Radiographic image of a Yorkshire Terrier dog acquired after 90 days of double-cut tibial plateau levelling osteotomy in craniocaudal (A) and mediolateral (B) projections. Total union of the osteotomy and good positioning of the implants are observed.....7

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

A doença do ligamento cruzado cranial é a afecção mais comum da articulação femorotíbiopatelar em cães (Jhonson et al., 1994; Clark et al., 2020), e tem movimentado importantemente a indústria veterinária e da manufatura de implantes ortopédicos das últimas décadas (Kuroki et al., 2019). Apesar de diagnóstico direto, a fisiopatologia da doença ainda não é completamente entendida, mesmo após décadas de estudos sobre o assunto (Ben-Amotz; Zuckerman, 2021). Com o entendimento do deslocamento cranial potencialmente nocivo da tíbia causado pela instabilidade do joelho (Slocum; Devine, 1983), várias técnicas de osteotomia foram apresentadas e estudadas na medicina veterinária, com o objetivo central de neutralizar, dinamicamente, o movimento patológico (citação?).

Dentre tais técnicas, a osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO) destaca-se, indubitavelmente, como a mais estudada e com os melhores resultados globais (Slocum; Slocum, 1993; Moore et al., 2019; Vezzoni et al., 2020; Guénégo et al., 2021; Tikekar et al., 2022; Trillig et al., 2022).

Diante da sua eficiência na correção da inclinação do platô tibial e ampla aplicabilidade em diferentes tamanhos de cães, a TPLO se popularizou no tratamento da insuficiência do ligamento cruzado cranial em cães (Dumartinet et al., 2021). Adicionalmente, caracteriza-se por técnica cirúrgica padronizada, onde a execução da osteotomia embasada em mensurações prévias advindas do planejamento cirúrgico, pode ser realizada precisamente. Os resultados já descritos mostram-se excelentes com baixo índice de complicações quando bem executada (Vezzoni et al., 2019; Guénégo et al., 2021; Johnson, 2022; Trillig et al., 2022).

Atualmente poucas limitações da técnica são descritas ou relevantes (Talaat et al., 2006; Vezzoni et al., 2019; Walker et al., 2022), com exceção dos pacientes com ângulos do platô tibiais (TPA) excessivos (maiores que 34 graus). Nesses cenários, a TPLO pode não ser a melhor escolha e a efetividade da técnica é potencialmente reduzida (Vezzoni et al., 2019; Tikekar et al., 2022). Necessidade de giro do fragmento além dos limites seguros, elevação do risco de fraturas da tuberosidade tibial, giro

insuficiente para nivelamento e rotação interna excessiva do fragmento, representam as principais complicações nos pacientes com ângulo excessivo tratados com a TPLO convencional (Talaat et al., 2006; Caquias, 2013; Clark et al., 2020). A osteotomia de cunha de fechamento cranial (CCWO) foi a técnica original relatada por Slocum; Devine (1984) para nivelar o platô tibial nesses casos, e esta técnica permanece em uso atualmente (Terreros; Daye., 2020). A grande desvantagem da CCWO, é a mudança na posição patelar proximodistal, resultante de uma posição mais craniodistal da crista tibial, levando à hiperextensão dos músculos isquiotibiais para compensar a patela baixa (Apelt et al., 2010; Lee et al., 2007; Guénégo et al., 2021).

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia clínica de uma versão modificada de TPLO, em que um corte duplo foi feito no mesmo plano para nivelar o platô tibial (DCTPLO). Foi proposto que o nivelamento adequado do platô tibial pode ser alcançado usando DCTPLO por meio do fechamento de uma cunha semicircular no plano sagital da tíbia e que a incidência de complicações intra e pós-operatórias seria menor após DCTPLO em comparação com procedimentos alternativos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

O presente estudo visa descrever uma modificação da técnica de osteotomia de nivelamento do platô tibial em que um corte duplo é feito no mesmo plano para nivelar o platô tibial (osteotomia de nivelamento do platô tibial de corte duplo [DCTPLO]) para tratar cães com doenças do ligamento cruzado cranial (CrCL) e ângulo excessivo do platô tibial (eTPA).

2.2. Objetivos específicos

- Realizar a técnica de DCTPLO em 18 joelhos em cães com CrCL e eTPA ($>34^\circ$).
- Avaliar a precisão do planejamento pré-operatório e viabilidade da técnica.
- Analisar os exames radiográficos pós-operatórios imediatos, com 30, 60, 90 e 120 dias.

- Avaliar o tempo de união da osteotomia, a aposição dos implantes e possíveis complicações.

3. HIPÓTESE

A técnica proposta (osteotomia de nivelamento do platô tibial de corte duplo [DCTPLO]) visa promover nivelamento do platô tibial para tratamento de cães com doenças do ligamento cruzado cranial (CrCL) e ângulo excessivo do platô tibial (eTPA), por meio do fechamento de uma cunha semicircular no plano sagital da tíbia com baixa incidência de complicações intra e pós-operatórias quando comparada com procedimentos alternativos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Critérios de inclusão

Foram selecionados para o estudo, cães atendidos no instituto “Ortopedia Vet” com doença CrCL e TPA excessivo. A doença CrCL foi diagnosticada com base na instabilidade observada durante os testes de gaveta cranial e compressão tibial e na presença de sinais clínicos sugestivos desta condição, como dor e claudicação. Apenas cães com ruptura completa do ligamento cruzado cranial foram incluídos neste estudo.

4.2. Planejamento cirúrgico

Foram realizados exames radiográficos dos cães em projeções craniocaudais e mediolaterais verdadeiras e devidamente magnificadas da tíbia, incluindo as articulações proximal e distal. O planejamento cirúrgico foi realizado em imagens radiográficas digitais através do software comercialmente disponível vPOP Pro (© VetSOS Education Ltd). O processo de tomada de decisão sobre o posicionamento e raio da osteotomia basearam-se na técnica descrita para planejamento da TPLO tradicional, entretanto, considerou-se a anatomia individual de cada tíbia com cautela, levando em consideração dois pontos importantes: a geometria da tuberosidade tibial

remanescente, e o estoque ósseo para a aplicação dos implantes no fragmento proximal da tíbia. Em ato contínuo, utilizando-se o mesmo raio de lâmina, um segundo corte foi posicionado adjacente e cranialmente ao primeiro, formando o desenho da cunha semi-circular de fechamento cranial.

Os marcos anatômicos D1, D2, D3 e D4 foram registrados. D1 foi definido como a distância da inserção do ligamento patelar na tuberosidade tibial até a linha de osteotomia perpendicular à borda cranial da tíbia. D2 foi definido como a distância da inserção do ligamento patelar até a linha de osteotomia ao longo da borda cranioproximal da tíbia. Além disso, D1 e D2 foram subdivididos. D1a foi definido como a distância entre o ponto mais cranial da tuberosidade, na inserção do ligamento patelar, e a primeira linha da osteotomia. D1b foi definido como a distância entre a primeira e a segunda linha de osteotomia no ponto mais caudal. D2a foi definido como a distância da inserção do ligamento patelar até a primeira linha de osteotomia. D2b foi definido como a distância entre a primeira e a segunda linha de osteotomia, sendo o tamanho da cunha na região cranial. D3 foi definido como a distância do centro da eminência intercondilar da tíbia até o ponto final do ápice das duas linhas de osteotomia. D4 foi definido como o ponto médio da osteotomia.

O corte e fechamento da cunha foi simulado reduzindo-se o ângulo do platô tibial inicial. Para calcular o giro do ângulo remanescente, novamente o TPA foi mensurado, traçando a linha do eixo mecânico da tíbia no centro do talus e outra linha na intersecção das eminências intercondilares a 85°, para obter um ângulo final do platô de 5°. Após o giro ser realizado, o software vPOP Pro forneceu o giro da TPLO em milímetros.

4.3. Técnica cirúrgica

Os cães foram colocados sob anestesia geral e posicionados em decúbito dorsal e o membro afetado foi preparado assepticamente. Uma abordagem cirúrgica medial padrão para o joelho e tíbia proximal foi usada. Uma mini-artrotomia parapatelar medial foi feita para inspecionar os ligamentos cruzados, meniscos medial e lateral e a área visível da cartilagem femoral. Quando lesões meniscais foram identificadas, foi realizada meniscectomia parcial do segmento meniscal danificado.

Posteriormente, o *pes anserinus* (inserção dos tendões dos músculos sartório, gracio e semitendinoso) foi divulsionado, e identificou-se o ligamento colateral medial e com auxílio de uma agulha estéril de calibre 20x0,55 mm obteve-se a localização aproximada do centro da rotação da angulação do joelho, o qual serviu de referência para as osteotomias tibiais proximais. Utilizou-se as distâncias D1a; D1b; D2a; D2b, D3 e D4, as quais foram marcadas na região proximal da tíbia com auxílio do eletrocauterio.

As osteotomias foram realizadas sequencialmente somente da primeira cortical e um guia jig foi colocado. Foram feitas as marcações do giro da TPLO com eletrocauterio na região mais caudal possível para termos o menor diâmetro da cunha, a fim de não causar alteração após sua remoção. Após a retirada da cunha, corrigiu-se parcialmente a inclinação do platô tibial.

Com auxílio de pino de rotação, inserido medialmente no segmento proximal da tíbia, prosseguiu-se a rotação do fragmento osteotomizado da TPLO, corrigindo-se a inclinação remanescente do platô tibial. A osteotomia final foi estabilizada temporariamente com aplicação de um pino de travamento, introduzido pela tuberosidade tibial, proximalmente à inserção do ligamento patelar e com orientação ligeiramente distal. Os fragmentos foram comprimidos e neutralizados com uma placa bloqueada de TPLO (Fixin System, Intrauma, (Rivoli – To, 10098), na região medial e proximal da tíbia. O jig foi removido e a sutura procedeu-se de maneira rotineira.

Uma bandagem Robert Jones modificada foi aplicada por 24 a 48 horas, e a restrição de atividade física foi recomendada por 4 semanas. A remoção da sutura da pele foi feita 2 semanas após a cirurgia.

4.4. Avaliação pós-operatória

Exames radiográficos foram realizados imediatamente e aos 30, 60, 90 e 120 dias após a cirurgia para avaliar o TPA pós-operatório, tempo de união da osteotomia, aposição dos implantes e complicações. Complicações maiores foram definidas como aquelas que necessitaram de tratamento cirúrgico ou tratamento médico de acordo com o padrão atual. Complicações menores foram definidas como aquelas que não necessitaram de tratamento cirúrgico ou médico adicional. D1, D2 e TPA foram medidos durante o período pós-operatório imediato usando imagens digitais e vPOP

Pro para avaliar a precisão da redução do platô tibial. A união óssea completa foi definida como a remodelação do calo em todas as corticais. A união óssea incompleta foi definida como a presença de algum córtex sem ponte ou lacuna na linha de osteotomia. A espessura do ligamento patelar também foi avaliada durante o período pós-operatório imediato e 30 e 60 dias de pós-operatório usando radiografias e vPOP Pro.

5. REFERÊNCIAS

- Apelt D, Pozzi A, Marcellin-Little DJ, Kowaleski MP. Effect of cranial tibial closing wedge angle on tibial subluxation: an ex vivo study. *Vet Surg*. 2010;39:454–9.
- Ben-Amotz R, Zuckerman JS. Complications Associated with Tibial Plateau Leveling Osteotomy. *Complications in Canine Cranial Cruciate Ligament Surgery*, 2021;163-188.
- Bergh MS, Rajala-Schultz P, Johnson KA. Risk factors for tibial tuberosity fracture after tibial plateau leveling osteotomy in dogs. *Vet Surg*. 2008;Jun;37(4):374-82.
- Boudrieau RJ. Tibial plateau leveling osteotomy or tibial tuberosity advancement?. *Veterinary Surgery*, 2009;v.38(1):1-22.
- Caquias, DFI. Estudo biomecânico ex vivo da tensão do ligamento patelar à flexão do joelho com as técnicas de avanço da tuberosidade tibial (TTA) e osteotomia niveladora do platô tibial (TPLO), comparadas com tíbias não osteotomizadas (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo), 2013.
- Carey K, Aiken SW, Di Resta GR, Herr LG, Monette S. Radiographic and clinical changes of the patellar tendon after tibial plateau leveling osteotomy. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 2005, v.18(4):235-242, 2005.
- Clark AC, Greco JJ, Bergman PJ. Influence of administration of antimicrobial medications after tibial plateau leveling osteotomy on surgical site infections: A retrospective study of 308 dogs. *Vet Surg*. 2020 Jan;49(1):106-13.

Dumartinet C, Bernardé A, Bernard F. Double-cut center of rotation of angulation–based leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament deficiency and excessive tibial plateau angle secondary to growth anomaly in two dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 2021;259(8), 885-891.

Guénégo L, Vezzoni A, Vezzoni L. Comparison of tibial anatomical-mechanical axis angles and patellar positions between tibial plateau levelling osteotomy (TPLO) and modified cranial closing wedge osteotomy (AMA-based CCWO) for the treatment of cranial cruciate ligament disease in large dogs with tibial plateau slopes greater than 30° and clinically normal Labradors retrievers. *BMC Veterinary Research*, 2021;17(1):1-13.

Johnson JÁ, Austin C, Breur GJ. Incidence of canine appendicular musculoskeletal disorders in 16 veterinary teaching hospitals from 1980 through 1989. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 1994;v.7(2):56-69.

Johnson, Kenneth A. Excessive Tibial Plateau Angle Correction Diminishes Cruciate Degeneration. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 2022, 35.01: v-v.

Kuroki K, Williams N, Ikeda H, Bozynski CC, Leary E, Cook JL. Histologic assessment of ligament vascularity and synovitis in dogs with cranial cruciate ligament disease. *Am J Vet Res*. 2019; Feb;80(2):152-158.

Lee JY, Kim G, Kim JH, Choi SH. Kinematic gait analysis of the hind limb after tibial plateau levelling osteotomy and cranial tibial wedge osteotomy in ten dogs. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med*. 2007;54:579–84.

Livet V, Baldinger A, Viguié É, Taroni M, Harel M, Carozzo C, Cachon T. Comparison of outcomes associated with tibial plateau levelling osteotomy and a modified technique for tibial tuberosity advancement for the treatment of cranial cruciate ligament disease in dogs: a randomized clinical study. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 2019;32(04):314-323.

Moore EV, Weeren R, Paek M. Extended long-term radiographic and functional comparison of tibial plateau leveling osteotomy vs tibial tuberosity advancement for cranial cruciate ligament rupture in the dog. *Vet Surg*. 2020 Jan;49(1):146-154.

Nanda A, Hans EC. Tibial plateau leveling osteotomy for cranial cruciate ligament rupture in canines: Patient selection and reported outcomes. *Vet Med (Auckl)*. 2019 Dec 27;10:249-55.

Reif U, Hulse DA, Hauptman JG. Effect of tibial plateau leveling on stability of the canine cranial cruciate-deficient stifle joint: An in vitro study. *Vet Surg*. 2002 MarApr;31(2):147-54.

Slocum B, Devine T: Cranial tibial wedge osteotomy: a technique for eliminating cranial tibial thrust is cranial cruciate ligament repair. *J Am Vet Med Assoc*. 1984;184:564–569.

Slocum B, Slocum TD. Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*. 1993 Jul;23(4):777-95

Talaat MB, Kowaleski MP, Boudrieau RJ. Combination tibial plateau leveling osteotomy and cranial closing wedge osteotomy of the tibia for the treatment of cranial cruciate ligament-deficient stifles with excessive tibial plateau angle. *Veterinary surgery*, 2006;35(8):729-739.

Taylor J, Langenbach A, Marcellin-Little DJ. Risk factors for fibular fracture after TPLO. *Vet Surg*. 2011 Aug;40(6): 687-93.

Terreros A, Daye RM. Modified cranial closing wedge osteotomy to treat cranial cruciate ligament deficient stifles with excessive tibial plateau angles: Complications, owner satisfaction, and midterm to long-term outcomes. *Vet Surg*. 2020 Aug;49(6):1109-1117.

Trillig L, Eberle D, Reese S, Meyer-Lindenberg A. [Comparison of long-term results of Tibial Plateau Leveling Osteotomy and Modified Maquet Procedure in canine anterior cruciate ligament disease]. *Tierärztliche Praxis. Ausgabe K, Kleintiere/heimtiere*. 2022 Dec;50(6):386-398.

Vezzoni L, Bazzo S, Boiocchi S, Vezzoni A. Use of a modified tibial plateau levelling osteotomy with double cut and medial crescentic closing wedge osteotomy to treat

dogs with cranial cruciate ligament rupture and tibial valgus deformity. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 2020;33(01):059-065.

Walker KJ, Litterine-Kaufman J, Barnes RF, French JM, Tsai SL, Keys DA. Evaluation of a modified radiographic union scale for tibial fractures scoring system in staged bilateral tibial plateau leveling osteotomy procedures and comparison of first and second side radiographic bone healing. *Vet Surg*. 2022 Nov;51(8):1231-1239.

Capítulo 2 – Normas do periódico “Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária”

EVALUATION OF A NEW TECHNIQUE FOR TREATMENT OF DOGS WITH EXCESSIVE TIBIAL PLATEAU ANGLE - DOUBLE CUT OSTEOTOMY FOR LEVELING THE TIBIAL PLATEAU (DCTPLO)

[Avaliação de nova técnica para tratamento de cães com ângulo do platô tibial excessivo - osteotomia de duplo corte para nivelamento do platô tibial (dctplo)]

RESUMO

A doença do ligamento cruzado cranial (CrCL) é a principal causa de disfunção do joelho de cães, e tem gerado crescente interesse tanto na medicina veterinária quanto no desenvolvimento de implantes ortopédicos. Dentre as abordagens terapêuticas, a osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO) se destaca por ser amplamente estudada e pelos resultados superiores indicados em diversos estudos. A técnica é especialmente eficaz na correção do ângulo do platô tibial (TPA) e pode ser aplicada em cães de diferentes portes, o que a consolida como a opção mais recomendada para tratar a doença do CrCL. Este estudo tem como objetivo descrever uma modificação na técnica de osteotomia de nivelamento do platô tibial, na qual um corte duplo é realizado no mesmo plano para nivelar o platô tibial (osteotomia de nivelamento do platô tibial de corte duplo [DCTPLO]) em cães com doença do ligamento cruzado cranial (CrCL) e ângulo excessivo do platô tibial (eTPA). A técnica foi aplicada em 18 joelhos de cães com CrCL e eTPA superior a 34°. Foram avaliados a precisão do planejamento pré-operatório, a viabilidade da técnica, os resultados clínicos e radiográficos pós-operatórios, a evolução do ângulo do platô tibial (TPA), o tempo de união da osteotomia, a fixação dos implantes e eventuais complicações nos primeiros 120 dias. A técnica descrita demonstrou ser clinicamente viável, com uma redução significativa nos níveis de eTPA. Os valores médios do TPA antes e depois da cirurgia foram de 39,4° (36°–43,5°) e 6,3° (3°–13°), respectivamente. Em 17 dos 18 joelhos, a consolidação óssea, comprovada radiograficamente ocorreu em 60 dias. Complicações menores, que não exigiram revisão cirúrgica ou tratamento adicional, foram observadas em dois dos 18 casos. A técnica DCTPLO mostrou-se eficaz no tratamento de CrCL em cães com TPA de até 43,5°.

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

INTRODUCTION

Cranial cruciate ligament disease is the most common condition affecting the stifle in dogs and has significantly driven the veterinary medicine and orthopedic implant manufacturing industries in recent decades (Johnson et al., 1994; Engdahl, 2021; Clark et al., 2020). Tibial plateau-levelling osteotomy (TPLO) has been studied extensively, and most previous studies have indicated that it achieves the best overall results in patients with CrCL disease (Bergh et al., 2014; Duerr et al., 2008). TPLO has exhibited a higher efficacy in correcting the tibial plateau angle (TPA). Moreover, it has wide applicability in dogs of different sizes (Dumartinet., 2021). Consequently, TPLO has become the treatment of choice for CrCL disease in dogs (Bergh et al., 2014; Duerr et al., 2008).

Nevertheless, TPLO is associated with a few limitations (Talaat et al., 2006; Vezzoni et al., 2020). For instance, the technique of levelling the tibial plateau is challenging in patients with a TPA of $>34^\circ$ (Walker et al., 2022). This can potentially lead to a decrease in the efficacy of TPLO. Furthermore, rotation of the fragment beyond safe limits, increased risk of tibial tuberosity fractures, and excessive internal rotation of the proximal tibial fragment compromise the fixation of the implants in patients undergoing TPLO (Tikekar et al., 2022; Frederick & Cross, 2017). Thus, TPLO may not be the choice of treatment in such cases (Walker et al., 2022).

The use of additional techniques and combinations, such as cranial closing wedge osteotomy (CCWO), modified CCWO, a combination of TPLO and CCWO and Coplanar CORA-based tibial plateau levelling osteotomy (coCBLO), has been proposed to address this limitation (Slocum & Devine, 1984; Wallace et al., 2011; Schlag et al., 2020). However, these techniques are associated with higher complication rates and a longer healing time in patients with excessive TPA (eTPA) (Schlag et al., 2020). A consensus on the optimal treatment choice for dogs with eTPA remains to be established despite the availability of a wide range of options (Wallace et al., 2011; Walker et al., 2022).

Therefore, this study aimed to evaluate the clinical effectiveness of a modified version of TPLO, wherein a double cut was made in the same plane to level the tibial plateau (DCTPLO). It was proposed that adequate levelling of the tibial plateau can be achieved using DCTPLO via

the closure of a semicircular wedge in the sagittal plane of the tibia and that the incidence of intra- and postoperative complications would be lower following DCTPLO compared to alternative procedures.

MATERIALS AND METHODS

Consecutive dogs with CrCL disease and excessive TPA were included in this study. CrCL disease was diagnosed based on the laxity observed during cranial drawer and tibial compression tests and the presence of clinical signs suggestive of this condition, such as pain and lameness. Only dogs with complete rupture of the cranial cruciate ligament were included in this study. Dogs with meniscal injuries were included.

Radiographic examinations were performed in accordance with the acceptable radiographic positioning criteria (23) using craniocaudal and mediolateral projections of the tibia, including the proximal and distal joints. Surgical planning was performed on magnified digital radiographic images using commercially available vPOP Pro software (©VetSOS Education Ltd). The positioning and radius of the osteotomy were determined according to a technique for planning conventional TPLO described in a previous study (Slocum & Slocum, 1993). However, the tibial anatomy varies among cases. A second osteotomy was positioned adjacent and cranial to the first with the exit points in the caudal cortex aligned, forming a curved wedge. Due to individual variation in tibial anatomy, the geometry of the remaining tibial tuberosity must be taken into account, as narrow tuberosities may fracture and certain patients may be unable to accommodate larger wedges.

The anatomical landmarks D1, D2, D3, and D4 were recorded. D1 was defined as the distance from the insertion of the patellar ligament into the tibial tuberosity to the osteotomy line perpendicular to the cranial edge of the tibia. D2 was defined as the distance from the insertion of the patellar ligament to the osteotomy line along the cranioproximal edge of the tibia. D1 and D2 were further subdivided. D1a was defined as the distance between the most cranial point of the tuberosity at the insertion of the patellar ligament on the tibial tuberosity and the first line of the osteotomy. D1b was defined as the distance between the first and second osteotomy line at the most caudal point. D2a was defined as the distance from the insertion of the patellar ligament to the first osteotomy line. D2b was defined as the distance between the first and second osteotomy line, being the size of the wedge in the cranial region. D3 was

defined as the distance from the centre of the intercondylar eminence of the tibia to the final point of the apex of the two osteotomy lines. D4 was defined as the midpoint of the osteotomy, which was evaluated to avoid losing the wedge in this region (Fig. 1).

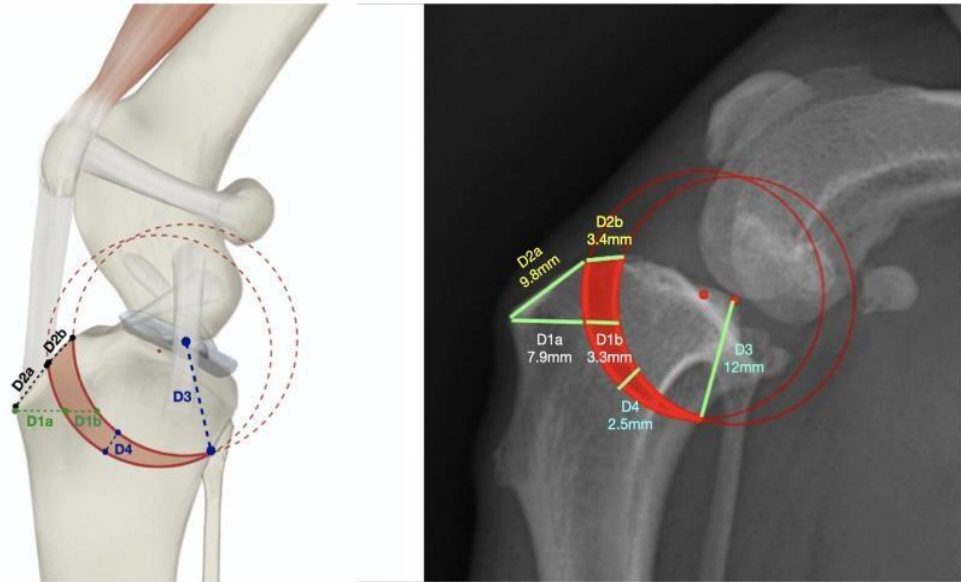


Figure 1. A) Illustrative image of the technique of double-cut tibial plateau levelling osteotomy in a dog showing D1a, D1b, D2a, D2b, D3, and D4. D1a is defined as the distance between the most cranial point of the tuberosity at the insertion of the patellar ligament on the tibial tuberosity and the first line of the osteotomy. D1b is defined as the distance between the first and second osteotomy line at the most caudal point. D2a is defined as the distance from the insertion of the patellar ligament to the first osteotomy line. D2b is defined as the distance between the first and second osteotomy line, being the size of the wedge in the cranial region. D3 is defined as the distance from the centre of the intercondylar eminences of the tibia to the final point of the apex of the two osteotomy lines. D4 is defined as the midpoint of the osteotomy, which was evaluated to avoid losing the wedge in this region. B) Radiographic planning for DCTPLO in a Yorkshire Terrier dog in mediolateral projection.

The cutting and closing of the wedge simulated using vPOP Pro resulted in a partial reduction in TPA. The required residual rotation was calculated as follows. TPA was measured by tracing the line of the mechanical axis of the tibia at the centre of the talus and another line at the intersection of the intercondylar eminence at 85° to obtain a final plateau angle of 5° . The TPLO rotation in millimetres was obtained using vPOP Pro after performing the rotation.

Surgical technique

The dogs were positioned in dorsal recumbency after inducing general anaesthesia, and the affected limb was aseptically prepared for surgery in a hanging position. A standard medial surgical approach was used for the stifle and proximal tibia. The cruciate ligament, medial and lateral menisci, and visible area of the femoral cartilage were inspected via a medial parapatellar mini-arthrotomy. Partial meniscectomy of the damaged meniscal segment was performed after identifying the meniscal lesions. The pes anserinus (insertion of the tendons of the sartorius, gracilis, and semitendinosus muscles) was subsequently reflected, and the medial collateral ligament was identified. The approximate location of the intercondylar eminence was determined using a 20 x 0.55 mm (24G) needle cranial to the medial collateral ligament at the level of the joint as a reference. This point served as a reference for measurement D3 and the caudal exit point of the tibial osteotomies. Measurements D1a, D1b, D2a and D2b were marked on the tibia.

Both osteotomies were performed through the cis-cortex, before placement of a jig guide. The TPLO rotation was marked in the most caudal region of the osteotomies where the small wedge width would minimize errors in the measured rotation. The osteotomies were continued through the trans-cortex and the wedge removed, partially correcting the TPA (Fig. 2).

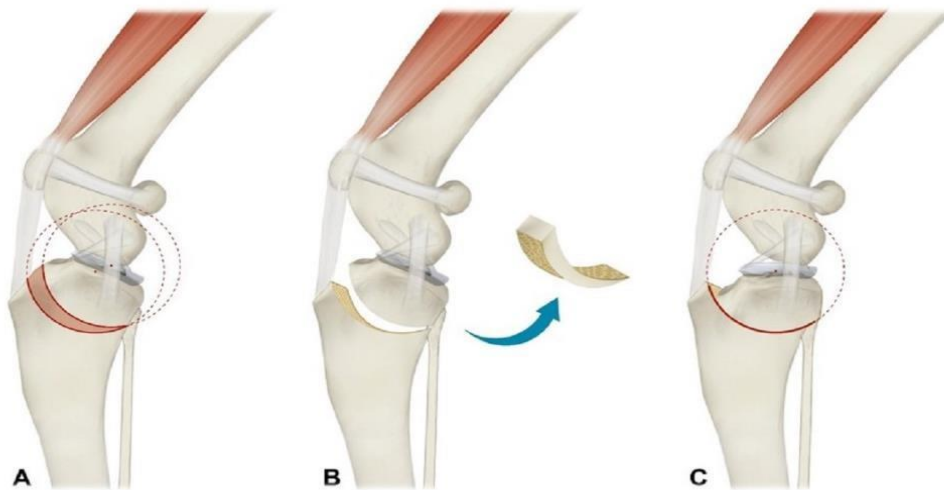


Figure 2. Illustrative image of the technique of double-cut tibial plateau levelling osteotomy for correction of eTPA in dogs. A) Positioning of the angle of the blades to form the wedge. B) Wedge

removal and reduction of the tibial plateau. C) Final appearance of the tibial plateau after wedge removal and remaining TPLO rotation.

The osteotomized fragment of the TPLO was rotated using a rotation pin inserted medially into the proximal segment of the tibia to correct the remaining TPA. The osteotomy was stabilised temporarily using a pin introduced proximal to the insertion of the patellar ligament and through the tibial tuberosity with a slightly distal orientation. The fragments were compressed and stabilised by placing a locking TPLO plate (Fixin System, Intrauma, Rivoli – TO, Italy, 10098; Focus, Indaiatuba, SP, Brasil, 13.346-610; Aldrivet, Campinas, SP, Brasil, 13030-150) over the proximal regions of the tibia (Fig. 3). The jig was then removed, and the surgical site was closed. A modified Robert Jones bandage was applied for 24–48 hours, and physical activity was restricted for 4 weeks. The sutures were removed 2 weeks postoperatively.

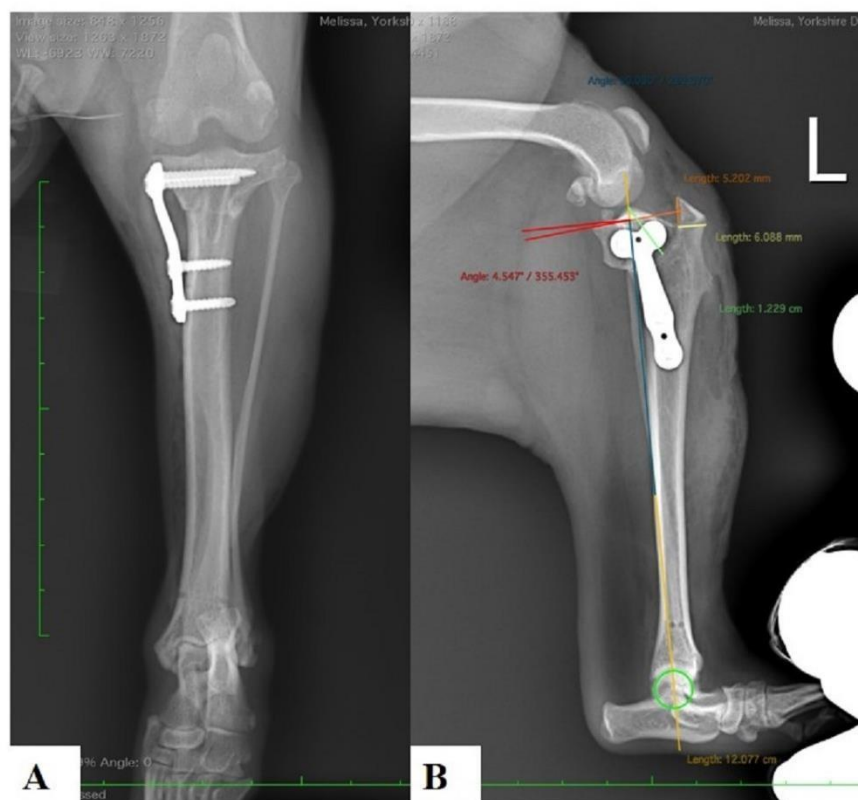


Figure 3. Radiographic image of a Yorkshire Terrier dog acquired during the immediate postoperative period of double-cut tibial plateau levelling osteotomy in craniocaudal (A) and mediolateral (B) projections. Note the correction of the angle of the tibial plateau to 4.5° after the technique, trapezoid-shaped tibial crest, and good positioning of the implants.

Radiographic examinations were performed immediately and at 30, 60, 90, and 120 days after the surgery to evaluate the postoperative TPA, osteotomy union time, apposition of the implants, and complications (Fig. 4).

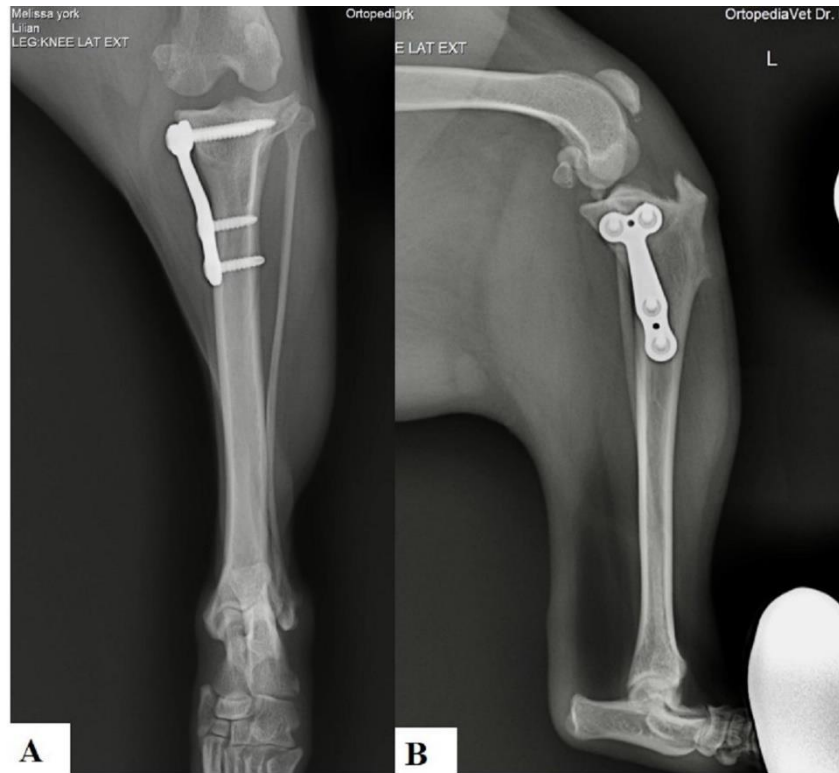


Figure 4. Radiographic image of a Yorkshire Terrier dog acquired after 90 days of double-cut tibial plateau levelling osteotomy in craniocaudal (A) and mediolateral (B) projections. Total union of the osteotomy and good positioning of the implants are observed.

Major complications were defined as those requiring surgical treatment or medical treatment according to the current standard. Minor complications were defined as those that did not require additional surgical or medical treatment. D1, D2, and TPA were measured during the immediate postoperative period using digital imaging and vPOP Pro to evaluate the accuracy of tibial plateau reduction. Complete bone union was defined as the remodelling of the callus in all cortices. Incomplete bone union was defined as the presence of some cortex without a bridge, or gap in the osteotomy line. The thickness of the patellar ligament was also evaluated during the immediate postoperative period and 30 and 60 days postoperatively using radiographs and vPOP Pro.

RESULTS

The mean age and body weight of the participants were 73.2 months (range, 12–156 months) and 9.1 kg (range 5.0 - 20.4 kg), respectively (Table 1). Only three dogs (18.7%) weighed > 10 kg. Male and female dogs of various breeds that presented with CrCL and eTPA were included in this study. Sixteen dogs underwent a total of 18 surgical procedures (two dogs underwent bilateral surgery performed as different procedures at an interval of 18 months in first case and 45 days in the second case). The mean preoperative and postoperative TPA were 39.4° (36– 43.5°) and 6.3° (3–13°), respectively. Radial saw blades (D3) of 10–18 mm were used, the 12-mm blade was used in 10 of the 18 cases. The mean wedge size and TPLO rotation were 3.3 mm (2.0–4.9 mm) and 4.6 mm (2.2–7.0 mm), respectively.

Evaluation of the gait during the postoperative period revealed no signs of lameness after 60 days in any of the dogs in the subjective evaluation of the gait. Bone union was achieved at 60 days in 17/18 stifles and at 90 days in the remaining case.

Patellar ligament thickening was observed in 16/18 of stifles during the immediate postoperative period. An increase in thickness was observed at 30 and 60 days after the surgery in 13/18 and 11/18 of stifles, respectively. Minor complications were observed in 2/18 of stifles, including a gap in the cranial region of the wedge in stifles 4 and 8, which hindered intraoperative interfragmentary compression. Small bone fragments were observed within the wedge in the lateral region of the tibial tuberosity until 60 days after the surgery. These fragments were removed using a small osteotome.

The final TPA was measured using an immediate postoperative radiograph. Immediate postoperative TPA deviated from the target of 5-6.5 in 5/18 of stifles. In stifles 4 and 8, postoperative TPA of 13 and 8, respectively, was considered due to the presence of small bone fragments hindering reduction of the osteotomy. No healing complications were noted in these two cases.

TABLE 1: Summary of the 18 stifle joints in dogs with cranial cruciate ligament disease that underwent double-cut tibial plateau levelling osteotomy

CASE	Breed	Age (years)	Weight (kg)	TPA pre-op	Saw radius (mm)	Wedge angle	TPLO Rotation (mm)	TPLO Rotation (°)	TPA post-op	Intraoperative complications	Final TPA (at healing)	Complications after 30 and 60 days
1	Maltese	6	5	40°	12	15°	5.1	24.2°	6°	-	7°	-

2	Shih-tzu	6	6.8	41.5°	12	15°	3.9	21.7°	9°	Very thin tibial tuberosity	12°	No complications; increase in the thickness of the tibial tuberosity observed
3	Shih-tzu	6	6.8	39°	10	15°	3.1	25°	6°	-	6°	-
4	Bichon Frisé	5	10.3	40°	12	15°	4.2	33.5°	13°	Gap in the wedge	12°	No complications; bone union of the gap observed
5	Bichon Frisé	6	10	43°	12	15°	5.0	17.9°	4.7°	Very thin tibial tuberosity	4.5°	No complications; increase in the thickness of the tibial tuberosity observed
6	Mixed	7	10.6	39°	15	10°	6.5	22°	9°	-	9°	-
7	Yorkshire	4	8.5	43.5°	12	15°	5.0	20.3°	4°	-	4°	-
8	American Bully	1	20.4	37°	18	10°	7.0	24°	8°	Remnant of a small bone fragment of the wedge in the tibial tuberosity	8°	Reduction in the size of the fragment; absence of pain
9	French Bulldog	6	13	37°	15	10°	6.1	24°	6°	Gap in the wedge	6°	Remnant of a small bone fragment of the wedge in the tibial tuberosity
10	Mixed	10	10	36°	12	10°	4.5	23.3°	10°	-	10°	-
11	Chihuahua	8	4.8	40°	12	10°	4.8	19.1°	5°	-	5°	-
12	Mixed	7	22	38°	18	15°	6	12.8°	4°	-	4°	-
13	Mixed	7	5.1	37°	10	15°	2.2	22.8°	6°	-	6°	-
14	Yorkshire	6	4.5	36°	10	10°	3.8	24.1°	3°	-	3°	-
15	Shih-tzu	7	5.1	36°	12	15°	3.3	15°	5°	-	5°	-
16	Jack Russel	5	8.6	40°	12	20°	3.2	20°	4.6°	-	4.6°	-
17	Shih-tzu	13	6.5	45°	12	15°	5.4	15°	5.6°	-	5.6°	-
18	Mixed	6	6.5	42°	10	10°	3.7	10.6°	6.2°	-	6.2°	-

DISCUSSION

The novel technique outlined in this study shows promise, achieving a notable reduction in the tibial plateau in dogs with eTPA while only slightly increasing complexity. Additionally, the initial rates of intra- and postoperative complications were low, demonstrating a high level

of safety. TPLO achieves the goal of dynamically stabilising the stifle joint, and excellent results have been reported (Frederick & Cross, 2017).

However, excessively high TPA are observed in a significant proportion of patients; this makes treatment more challenging and limits the use of conventional TPLO (Duerr et al., 2008). Many patients with eTPA cannot undergo TPLO as a single correction technique owing to the increase in the complication rate (Barnes et al., 2016). The risk of tibial crest fracture might be increased when the proximal fragment is excessively rotated as the safe limit of rotation marked by the patellar ligament insertion into the tibial tuberosity may be exceeded in these cases (Talaat et al., 2006). The contact between the proximal and distal fragments of the tibia becomes narrow, which impairs bone healing and decreases the area of implant application. The removal of the semicircular wedge of the cranial closure used in the technique described herein facilitated smaller rotation of the proximal fragment to level the tibial plateau.

Limited options have been available for patients with eTPA and they typically require complex and somewhat inaccurate preoperative calculations, advanced surgical skills, multiples implants, and increased surgical time (Barnes et al., 2016). Among them, the CCWO technique (Slocum & Devine, 1984) remains the most widely used, however it can potentially change the patellar position, leading to hyperextension of the hamstring muscles. The coCBLO modifies the TPA by reducing plateau translation and has demonstrated better outcomes and lower complication rates when combined with CCWO, which requires advanced surgical skill and ends up in a multiple number of implants (Dumartinet et al., 2021). Finally, the combination of TPLO with CCWO involves two adjacent osteotomies, an association of metal implants, advanced surgical skill and increased surgical time. Patellar ligament thickening, loosening or breakage of implants, and changes in the final TPA have also been reported (Apelt et al., 2010). Healing of the osteotomy line occurred within the expected period, with total union being observed in 17/18 of stifles within 60 days, and bone remodelling being observed within 120 days. These time periods are similar to those achieved using other techniques used for eTPA (Schlag et al., 2020). Performing osteotomies in the metaphyseal region of the tibia contributes significantly to the quality of the bone union process, as this region exhibits better healing than the diaphyseal region (Rahal et al., 2001; Terreros & Daye, 2020).

The metaphyseal bone union is less dependent on periosteal cells, as numerous active osteogenic cells, in addition to osteoblasts with great differentiation capacity and abundant blood supply, are available in the existing trabeculae (Haffner-Luntzer & Ignatius, 2020).

The safety of the remaining tuberosity should be carefully evaluated when planning DCTPLO to prevent tibial crest fractures. Patellar ligament thickening was observed during the immediate postoperative period in 16/18 of stifles in the present study. In 13/18 of stifles, there was an increase in thickness was observed in 13/18 and 11/18 of stifles at 30 and 60 days postoperatively, respectively. Postoperative thickening of the patellar tendon has been reported to occur in 80–100% of cases undergoing TPLO, and may be associated with pain and lameness (Carey et al., 2005). It has been hypothesised that manipulation or even minimal retraction of the patellar ligament thickening during surgery, placement of the antirotational pin through the distal fibres of the patella, contact with the blade during osteotomy, and increased tension due to the changes in biomechanics after TPLO, can cause this complication (Mattern et al., 2006). The patellar ligament was not manipulated during the proposed surgical technique; thus, the change in the biomechanics of the knee may have led to this finding. Nevertheless, no clinical changes were observed.

Internal pivot-shift of the tibia, which can occur during the stance phase of gait after TPLO, is a complication of this technique, especially in cases where rotation is excessive and tibial torsion is noted intraoperatively (Gatineau et al., 2011). This phenomenon was not observed on the radiographs of any of the cases that underwent the proposed technique.

However, it is imperative that osteotomies be performed in a coplanar manner to avoid internal or external torsion of the fragment. A change in the final TPA was observed in 5/18 of stifles in the present study, considering a targeted TPA ranging between 5° and 6.5° (Warzee et al., 2001). Limited space for implant fixation and limited contact between fragments may predispose to rock-back postoperatively. Factors such as intra- and inter-observer variations can lead to differences in the final TPA (Souza et al., 2021). No statistically significant differences in clinical outcome were observed between cases with postoperative TPA ranging from 0 to 14°. TPA of all cases were within this range in the present study, indicating joint stabilisation and functional return of the limb.

The correction mechanism of the DCTPLO technique involves the removal of the bone wedge near the joint; consequently, the reduction of the plateau tilt becomes more effective. This is in contrast to that observed in techniques wherein the wedge is placed farther from the stifle joint, which increases the likelihood of loss in the angle of rotation during the postoperative period (Caylor et al., 2001). No complications requiring surgical revision or additional treatment were observed in the present study.

The present study has some limitations. First, the small sample size may have reduced the power of interpretation of the results. Second, an objective evaluation of gait that facilitates the comparison of the proposed technique with those already described for cases with eTPA, which could provide more reliable results, was lacking. Third, certain geometric characteristics of the proximal tibia of dogs hinder DCTPLO as the remaining tuberosity or bone stock for the application of the implant can reduce the safety of the technique, especially in miniature breeds that are overrepresented in the case of eTPA.

Thus, the present study demonstrated that the DCTPLO technique can be an efficient alternative for treating dogs with CrCL disease with a TPA of up to 43.5°. This technique is associated with lower morbidity. Moreover, it is relatively less complex than the other techniques and is applicable to most cases of eTPA. Furthermore, it provides satisfactory results in the short- and medium-term and has low preliminary complication rates.

REFERENCES

1. Apelt D, Pozzi A, Marcellin-Little DJ, Kowaleski MP. Effect of cranial tibial closing wedge angle on tibial subluxation: an ex vivo study. *Vet Surg* 2010;39:454–459
2. Barnes DC, Trinterud T, Owen MR, Bush MA. Short-term outcome and complications of TPLO using anatomically contoured locking compression plates in small/medium-breed dogs with “excessive” tibial plateau angle. *J Small Anim Pract* 2016;57:305–310
3. Bergh MS, Sullivan C, Ferrell CL, Troy J, Budsberg SC. Systematic review of surgical treatments for cranial cruciate ligament disease in dogs. *J Am Anim Hosp Assoc* 2014;50:315–321
4. Carey K, Aiken SW, DiResta GR, Herr LG, Monette S. Radiographic and clinical changes of the patellar tendon after tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2005;18:235–242.
5. Clark AC, Greco JJ, Bergman PJ. Influence of administration of antimicrobial medications after tibial plateau leveling osteotomy on surgical site infections: A retrospective study of 308 dogs. *Vet Surg* 2020;49:106–113
6. Duerr FM, Duncan CG, Savicky RS, Park RD, Egger EL, Palmer RH. Comparison of surgical treatment options for cranial cruciate ligament disease in large-breed dogs with excessive tibial plateau angle. *Vet Surg* 2008;37:49–62
7. Dumartinet C, Bernardé A, Bernard F. Double-cut center of rotation of angulation-based leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament deficiency and excessive tibial plateau angle secondary to growth anomaly in two dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2021;259:885–891
8. Engdahl K. The epidemiology of stifle joint disease in dogs with a focus on cranial cruciate ligament disease. *Acta Univ Agric Sueciae* 2021;59
9. Frederick SW, Cross AR. Modified cranial closing wedge osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament insufficiency in dogs with excessive tibial plateau angles: technique and complications in 19 cases. *Vet Surg* 2017;46:403–411
10. Haffner-Luntzer M, Ignatius A. Animal models for studying metaphyseal bone fracture healing. *Eur Cell Mater* 2020;40:172–188
11. Johnson J, Austin C, Breur G. Incidence of Canine Appendicular Musculoskeletal Disorders in 16 Veterinary Teaching Hospitals from 1980 through 1989. *Vet Comp Orthop Traumatol* 1994;07:56–69
12. Nanda A, Hans EC. Tibial plateau leveling osteotomy for cranial cruciate ligament rupture in canines: patient selection and reported outcomes. *Vet Med (Auckl)* 2019;10:249–255
13. Rahal SC, Volpi RDS, Iamaguti P, Ueda A. Avaliação histológica da regeneração óssea do rádio e ulna em cães submetidos ao alongamento com o fixador de Ilizarov. *Braz J Vet Res Anim Sci* 2001;38:122–126

14. Schlag AN, Peycke LE, Hulse DA. Center of rotation of angulation-based leveling osteotomy combined with a coplanar cranial closing wedge osteotomy to manage cranial cruciate ligament insufficiency in dogs with excessive tibial plateau angle. *Vet Surg* 2020;49:1125–1131
15. Slocum B, Devine T. Cranial tibial wedge osteotomy: a technique for eliminating cranial tibial thrust in cranial cruciate ligament repair. *J Am Vet Med Assoc* 1984;184:564–569
16. Slocum B, Slocum TD. Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1993;23:777–79525
17. Souza E, Minto B, Sales Luis J, et al.. Rock back phenomenon in 32 dogs that underwent tibial plateau levelling osteotomy. *Vet Med* 2021;66:58–6536
18. Talaat MB, Kowaleski MP, Boudrieau RJ. Combination tibial plateau leveling osteotomy and cranial closing wedge osteotomy of the tibia for the treatment of cranial cruciate ligament-deficient stifles with excessive tibial plateau angle. *Vet Surg* 2006;35:729–739
19. Terreros A, Daye RM. Modified cranial closing wedge osteotomy to treat cranial cruciate ligament deficient stifles with excessive tibial plateau angles: complications, owner satisfaction, and midterm to long-term outcomes. *Vet Surg* 2020;49:1109–1117
20. Tikekar A, De Vicente F, McCormack A, et al. Retrospective comparison of outcomes following tibial plateau levelling osteotomy and lateral fabello-tibial suture stabilisation of cranial cruciate ligament disease in small dogs with high tibial plateau angles. *N Z Vet J* 2022;70:218–227
21. Vezzoni L, Bazzo S, Boiocchi S, Vezzoni A. Use of a modified tibial plateau levelling osteotomy with double cut and medial crescentic closing wedge osteotomy to treat dogs with cranial cruciate ligament rupture and tibial valgus deformity. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2020;33:59–65
22. Walker KJ, Litterine-Kaufman J, Barnes RF, French JM, Tsai SL, Keys DA. Evaluation of a modified radiographic union scale for tibial fractures scoring system in staged bilateral tibial plateau leveling osteotomy procedures and comparison of first and second side radiographic bone healing. *Vet Surg* 2022;51:1231–1239
23. Wallace AM, Addison ES, Smith BA, Radke H, Hobbs SJ. Modification of the cranial closing wedge osteotomy technique for the treatment of canine cruciate disease. Description and comparison with standard technique. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2011;24:457–462
24. Warzee CC, Dejardin LM, Arnoczky SP, Perry RL. Effect of tibial plateau leveling on cranial and caudal tibial thrusts in canine cranial cruciate-deficient stifles: an in vitro experimental study. *Vet Surg* 2001;30:278–286