

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**ESCOLA DE VETERINÁRIA**

**PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**ESTUDO BIOMECÂNICO COMPARATIVO ENTRE AS TÉCNICAS  
CIRÚRGICAS PARA O TRATAMENTO DA RUPTURA DO LIGAMENTO  
CRUZADO CRANIAL EM CÃES**

**RENATO DORNAS DE OLIVEIRA PEREIRA**

**BELO HORIZONTE**

**2014**



RENATO DORNAS DE OLIVEIRA PEREIRA

ESTUDO BIOMECÂNICO COMPARATIVO ENTRE AS TÉCNICAS CIRÚRGICAS  
PARA O TRATAMENTO DA RUPTURA DO LIGAMENTO CRUZADO CRANIAL  
EM CÃES

Dissertação apresentada à UFMG, como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal.

Área: Clínica e Cirurgia Veterinárias

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Cleuza Maria de Faria Rezende

Belo Horizonte

Escola de Veterinária da UFMG

2014

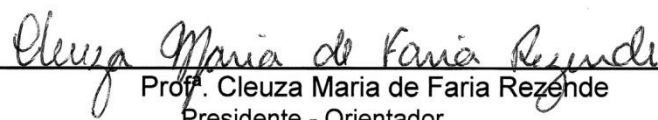
P436e Pereira, Renato Dornas de Oliveira, 1984-  
Estudo biomecânico comparativo entre as técnicas cirúrgicas para o tratamento da  
ruptura do ligamento cruzado cranial em cães / Renato Dornas de Oliveira Pereira. – 2014.  
37 p. : il.

Orientadora: Cleuza Maria de Faria Rezende  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.  
Inclui bibliografia

1. Cão – Cirurgia – Teses. 2. Osteotomia – Teses. 3. Joelhos – Cirurgia – Teses.  
I. Rezende, Cleuza Maria de Faria. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de  
Veterinária. III. Título.

CDD – 636.708 97

Dissertação defendida e aprovada em 28 de abril de 2014, pela Comissão Examinadora constituída por:

  
Prof. Cleuza Maria de Faria Rezende  
Presidente - Orientador

  
Prof. Leonardo Augusto Lopes Muzzi  
Universidade Federal de Lavras

  
Prof. Antônio Ferreira Ávila  
Escola de Engenharia - UFMG



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo financiamento do projeto, que permitiu a execução da pesquisa da forma que foi idealizada.

À Escola de Veterinária da UFMG, por colocar à disposição toda a estrutura necessária para a realização do projeto.

Ao Hospital Veterinário da UFMG, por ceder o espaço para o experimento e contribuir com o fornecimento de cadáveres para o experimento.

À professora Cleuza Maria de Faria Rezende, pela excelente orientação, exemplo profissional e pelos ensinamentos transmitidos.

À Maria do Carmo e ao Robson do Centro de Controle de Zoonoses de Belo Horizonte – regional São Bernardo, por conceder grande parte dos cadáveres utilizados no experimento e pela atenção na separação dos mesmos.

Ao Rafael Augusto Vieira, aluno de iniciação científica, pela disposição de trabalhar horas seguidas, incluindo madrugadas, finais de semana e feriados.

À Helena Alves Fialho Cotta, por não medir esforços em contribuir para a realização do trabalho em diversos aspectos.

Ao professor Antônio Ávila, pela disponibilidade em ajudar na fase do planejamento do experimento.

À Fernanda Carolina e Daniel Barreto, pela disponibilidade, presteza e eficiência na execução do projeto da mesa de testes.

Aos residentes de cirurgia Leila Sbarini, Pollyana Zampirolli, Adônis Baldasso e Marília Murad, pelo auxílio nos procedimentos cirúrgicos nos momentos que necessitei.

Ao professor Renato Sachetto, funcionários da radiologia Eli e Eduardo, mestrandas Fernanda Guimarães e residentes de diagnóstico por imagem Aline Pinto, Jaqueline Sena, Lívia Guerra e Karine Christine pela ajuda com a execução e análise das radiografias do projeto.

Ao funcionário da Patologia Adão, pelo auxílio com a manutenção dos cadáveres na câmara fria.

Aos funcionários do Hospital Veterinário da UFMG Artur Vasconcelos, Antônio Munhoz e Sandro Coelho, por avisarem sempre que um “candidato” ao projeto estava disponível.

Aos médicos veterinários Mario Rennó, Nathália Santana, Sofia Jardim, Mariana Figueiredo e Rúbia Cunha, pela contribuição com o experimento.

Ao doutorando Rodrigo Horta pelo auxílio com a análise estatística dos dados.

À FEAD, pela liberação de minhas atividades laborais para a conclusão do mestrado.

Ao Hospital Veterinário da FEAD, pela colaboração com o experimento.

Aos meus pais, Raimundo Damasceno Pereira e Elaine Dornas de Oliveira Pereira, pelo apoio incondicional.



“Uma jornada de mil milhas começa com um simples passo”

Lao-tzu



---

## SUMÁRIO

---

<b>RESUMO</b> .....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
BIOMECÂNICA DA ARTICULAÇÃO FEMOROTIBIOPATELAR.....	14
TRATAMENTO PARA A RUPTURA DO LIGAMENTO CRUZADO CRANIAL.....	16
<b>METODOLOGIA</b> .....	17
DELINEAMENTO DO ESTUDO .....	17
PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS .....	21
ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
<b>CONCLUSÃO</b> .....	26
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	26
<b>ANEXO 1</b> .....	31
<b>ANEXO 2</b> .....	33
<b>ANEXO 3</b> .....	35
<b>ANEXO 4</b> .....	37

---

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1. Esquemática das forças que agem sobre a articulação FTP durante o apoio segundo o modelo de Slocum. A seta verde representa a resultante da força de compressão tibiofemoral, paralela ao eixo longitudinal da tíbia (linha verde). A inclinação do platô tibial (linha vermelha) decompõe a resultante em dois vetores, um compressivo e outro dirigido cranialmente (impulso tibial cranial)..... 14

Figura 2. Mensuração do APT na radiografia mediolateral. A) Uma reta (a) foi traçada das iminências intercondilares até o centro do tálus, determinando o eixo longitudinal da tíbia. B) Outra reta (b) foi traçada pelo platô tibial. Uma terceira reta (c) foi traçada perpendicularmente ao eixo longitudinal da tíbia. O ângulo formado (d) entre b e c determinava o APT (neste caso, 26,5°)..... 18

Figura 3. Preparação do espécime. A) Remoção dos tecidos moles com preservação das estruturas estabilizadoras da articulação FTP e dos tecidos distais à articulação tarsocrural. B) Substituição das fabelas por dois parafusos corticais de 3,5 mm. C) Parafusos de 2,7 mm

utilizados como referência para avaliação do deslocamento craniocaudal da tibia, sendo dois inseridos na metáfise femoral distal e um inserido na porção proximal da tuberosidade da tibia. .....	19
Figura 4. Aparato construído para a realização dos testes com cargas axiais.....	20
Figura 5. Ilustração esquemática dos procedimentos cirúrgicos realizados no experimento. A) Técnica extra-articular. B) Técnica intra-articular. C) TPLO .....	21
Figura 6. Goniometria de flexão em todos os espécimes (n=30) antes da ruptura do ligamento cruzado cranial (Pré-RLCC) e após a ruptura do ligamento (RLCC). .....	23
Figura 7. Goniometria de extensão em todos os espécimes (n=30) antes da ruptura do ligamento cruzado cranial (Pré-RLCC) e após a ruptura do ligamento (RLCC). .....	23
Figura 8. Comparativo da goniometria de flexão após o emprego das três técnicas cirúrgicas: extra-articular, intra-articular e TPLO (osteotomia de nivelamento do platô tibial).....	24
Figura 9. Comparativo da goniometria de extensão após o emprego das três técnicas cirúrgicas: extra-articular, intra-articular e TPLO (osteotomia de nivelamento do platô tibial).....	24
Figura 10. Comparativo da instabilidade craniocaudal da tibia após o emprego das técnicas cirúrgicas extra-articular, intra-articular e osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO). Pré: após a ruptura do ligamento cruzado cranial; Pós: após o emprego da técnica cirúrgica de estabilização. O deslocamento cranial da tibia após o emprego do tratamento cirúrgico representa a instabilidade residual de cada técnica. ....	25
Figura 11. Comparativo da instabilidade rotacional em membros com ruptura do ligamento cruzado cranial após o emprego das técnicas cirúrgicas extra-articular, intra-articular e osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO). Valores positivos representam rotação externa e valores negativos representam rotação interna. ....	25
Figura 12. Gráfico da correlação entre ângulo do platô tibial (TPA) e deslocamento cranial da tibia após a ruptura do ligamento cruzado cranial ( $r=0,037$ ). .....	26

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo comparar a estabilidade craniocaudal e rotacional da articulação femorotibiopatelar (FTP) durante o apoio, bem como mensurar sua goniometria de flexão e extensão, após o emprego das técnicas intra-articular, extra-articular e osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO) em membros de cães com ruptura do ligamento cruzado cranial (LCCr). Foram utilizados 30 membros pélvicos de cães, divididos em três grupos, segundo a técnica de estabilização empregada. Os espécimes foram preparados e montados em um aparelho para realização dos testes com aplicação de carga axial de 40% do peso corporal do animal. As análises foram realizadas antes da ruptura do LCCr, após a ruptura do LCCr e após a estabilização cirúrgica. A estabilidade craniocaudal foi avaliada pelas imagens obtidas com uma câmera fotográfica de alta resolução no plano sagital e a estabilidade rotacional por aquelas realizadas no plano dorsal. As fotografias foram realizadas em triplicatas e analisadas em software de processamento de imagens. A goniometria foi mensurada nos três tempos com um goniômetro transparente. As respostas paramétricas foram analisadas por ANOVA no teste de Fisher e pelos testes de Friedman e Kruskal-Wallis para as respostas não paramétricas. As diferenças foram consideradas significativas para  $p < 0,004$ . Houve aumento do ângulo de flexão da articulação FTP no grupo intra-articular ( $87,17^\circ \pm 25,33$ ), enquanto o grupo TPLO provocou aumento no ângulo de extensão ( $173,44^\circ \pm 5,88$ ). A estabilização do deslocamento craniocaudal da tíbia foi semelhante nos três grupos. A instabilidade craniocaudal não foi completamente eliminada em nenhum dos grupos. As técnicas intra-articular ( $6,10^\circ \pm 12,81$ ) e extra-articular ( $3,70^\circ \pm 1,55$ ) reduziram a rotação interna da tíbia durante o apoio, enquanto a TPLO não eliminou essa instabilidade ( $-7,67^\circ \pm 7,27$ ). O deslocamento cranial da tíbia após a ruptura do LCCr não apresentou correlação com o ângulo do platô tibial. Concluiu-se que a técnica intra-articular e a TPLO interferem no movimento natural da articulação FTP, aumentando os ângulos de flexão e hiperextensão, respectivamente, enquanto a técnica extra-articular não altera esses parâmetros. As três técnicas avaliadas são igualmente eficazes em limitar o deslocamento cranial da tíbia provocado pela ruptura do LCCr, porém nenhuma dessas técnicas elimina completamente esse movimento anormal, mantendo instabilidades residuais semelhantes. A TPLO não estabiliza a rotação interna excessiva da tíbia após a ruptura do LCCr, enquanto as técnicas intra e extra-articular reduzem esse movimento. A magnitude do deslocamento cranial da tíbia durante o apoio em membros com ruptura do LCCr não é influenciada pelo ângulo do platô tibial.

Palavras-chave: cão, joelho, ligamento, ruptura, cirurgia, osteotomia

## ABSTRACT

*This study aimed to compare the craniocaudal and rotational stability of femorotibiopatellar joint (FTP) during weight bearing, as well as measure its flexion and extension goniometry after the use of intra-articular, extra-articular and tibial plateau leveling osteotomy (TPLO) techniques in limbs of dogs with cranial cruciate ligament (CrCL) rupture. 30 hind limbs of dogs were used and divided into three groups, according to the stabilization technique employed. The specimens were prepared and mounted in an apparatus for carrying out the tests with application of axial load of 40% of the body weight of the animal. Analyzes were performed prior to rupture of the CrCL, after rupture of the CrCL and after surgical stabilization. The craniocaudal stability was evaluated by photographic images taken with a high resolution camera in the sagittal plane and rotational stability for those performed in the dorsal plane. The pictures were taken in triplicates and analyzed using image processing software. The goniometry was measured at all three stages with a transparent goniometer. Parametric results were analyzed using ANOVA and Fisher's test, and nonparametric results using Friedman's and Kruskal-Wallis' tests. Differences were considered significant at  $p < 0.004$ . There was an increase in the angle of flexion of the FTP joint in the intra-articular group ( $87.17^\circ \pm 25.33$ ), whereas the TPLO group caused an increase in extension angle ( $173.44^\circ \pm 5.88$ ). The stabilization of craniocaudal displacement of the tibia was similar in the three groups. The craniocaudal instability was not completely eliminated in any of the groups. The intra-articular ( $6.10^\circ \pm 12.81$ ) and extra-articular ( $3.70^\circ \pm 1.55$ ) techniques reduced the internal rotation of the tibia during stance, while the TPLO did not eliminate this instability ( $-7.67 \pm 7.27^\circ$ ). The cranial displacement of the tibia following rupture of the CrCL did not correlate with the angle of the tibial plateau. It was concluded that the intra-articular and TPLO techniques interfere with the natural movement of the FTP joint increasing angles of flexion and hyper-extension, respectively, while the extra-articular technique does not alter these parameters. The three evaluated techniques are equally effective in limiting the cranial tibial displacement caused by the CrCL rupture, but none of the techniques completely eliminates this abnormal movement, maintaining similar residual instabilities. TPLO does not stabilize excessive internal rotation of the tibia following CrCL rupture, while intra and extra-articular techniques reduce this movement. The magnitude of the cranial tibial displacement during weight bearing in limbs with CrCL rupture is not influenced by the angle of the tibial plateau.*

*Keywords: dog, knee, ligament, rupture, surgery, osteotomy*

## INTRODUÇÃO

O ligamento cruzado cranial (LCCr) é o principal componente responsável pela estabilização da articulação femorotibiopatelar (FTP). Sua ruptura constitui a principal afecção dessa articulação e a discussão sobre tratamento ideal ainda é controversa na ortopedia veterinária. Existem inúmeras técnicas cirúrgicas descritas para o tratamento da ruptura do LCCr, que produzem resultados difíceis de avaliar e comparar. O critério para considerar o sucesso do resultado do procedimento tem variado amplamente e inclui parâmetros subjetivos como deambulação, grau de claudicação, presença de movimento de gaveta, satisfação do proprietário e integridade da técnica de substituição. Faltam dados quantitativos que possibilitem avaliar os tratamentos com maior precisão. Além disso, carece-se de uma comparação entre as principais técnicas que utilize a mesma metodologia e permita avaliar objetivamente os procedimentos com base no mesmo parâmetro.

Sendo assim, este estudo teve como objetivo comparar a estabilidade craniocaudal e rotacional da articulação FTP durante o apoio, bem como mensurar sua goniometria de flexão e extensão em membros de cães com o LCCr íntegro, após a transecção do LCCr e após o emprego das técnicas intra-articular, extra-articular e osteotomia de nivelamento do platô tibial.

## REVISÃO DE LITERATURA

A articulação FTP é uma das mais complexas e possui quatro ligamentos responsáveis pela sua estabilização principal: os ligamentos cruzados, cranial e caudal e os ligamentos colaterais, medial e lateral (Canapp, 2007). O LCCr é a principal estrutura estabilizadora, com origem no aspecto axial do côndilo femoral lateral e inserção na área intercondilar cranial do platô tibial (Brinker *et al.*, 2006; Rooster *et*

*al.*, 2010). Duas bandas distintas compõem o LCCr, uma caudolateral que se apresenta frouxa na flexão e tensa na extensão, e outra craniomedial que se mantém tensa tanto na flexão quanto na extensão (Rooster *et al.*, 2006). O LCCr é formado principalmente de fibroblastos e fibras de colágeno tipo I arranjadas uniformemente e em sentido longitudinal (Rooster *et al.*, 2006; Ueda *et al.*, 2006). Sua função primária é impedir a subluxação ou translação cranial da tíbia, além de limitar secundariamente a rotação interna da tíbia, a hiperextensão e os movimentos de *varus* e *valgus* da articulação (Vasseur, 2007).

A ruptura do LCCr é uma das afecções ortopédicas mais comuns no cão e a principal causa de osteoartrose na articulação FTP (Johnson *et al.*, 1994; Brinker *et al.*, 2006). É frequentemente citada uma maior ocorrência nas raças de grande porte (Rooster *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2008), embora estudos recentes apontem uma maior probabilidade de ruptura em cães com menos de 22 kg (Grierson *et al.*, 2011). O acometimento bilateral dos membros é comum (Rooster *et al.*, 2006; Grierson *et al.*, 2011). Diferente do quadro em humanos, somente uma minoria dos casos de ruptura do LCCr no cão é proveniente de trauma. As principais evidências apontam que na maioria dos casos ocorre uma degeneração progressiva do ligamento que pode estar relacionada a fatores biomecânicos, genéticos, conformacionais, ambientais, imunomediados e inflamatórios, embora o mecanismo preciso permaneça incerto (Rooster *et al.*, 2006; Cook, 2010a; Griffon, 2010).

O histórico dos cães com ruptura do LCCr geralmente envolve o relato de claudicação uni ou bilateral, de duração variável, com agravamento após atividade física. Os animais podem apresentar claudicação com ou sem o apoio do membro e menor flexão da articulação FTP ao se sentar (Muir, 2010a).

O diagnóstico é dado pela demonstração de instabilidade na articulação FTP através de dois testes ortopédicos: “gaveta” cranial e compressão tibial. Dependendo da tensão muscular do paciente, pode ser necessária sedação ou anestesia geral para a realização dos exames (Brinker *et al.*, 2006). O teste da “gaveta” cranial é realizado com o animal em decúbito lateral e os dedos do examinador sobre as proeminências ósseas da articulação FTP – indicador e polegar sobre a patela e fabela lateral em uma mão e crista tibial e cabeça da fíbula na outra. Deve-se testar o deslocamento craniocaudal da tibia com a articulação em extensão e em semiflexão. A subluxação da tibia pode não ser evidente em casos crônicos ou com ruptura parcial do LCCr, enquanto filhotes podem exibir discreta movimentação mesmo em articulações normais. O teste de compressão tibial mimetiza a subluxação da tibia durante a sustentação de cargas pela articulação FTP. Para sua execução, com o animal em decúbito lateral, a articulação é mantida em discreta flexão, com o indicador sobre a tuberosidade da tibia, enquanto a outra mão realiza a flexão do tarso. O deslocamento cranial da tibia é percebido pelo examinador quando há ruptura do LCCr (Canapp, 2007; Vanseur, 2007; Muir, 2010a).

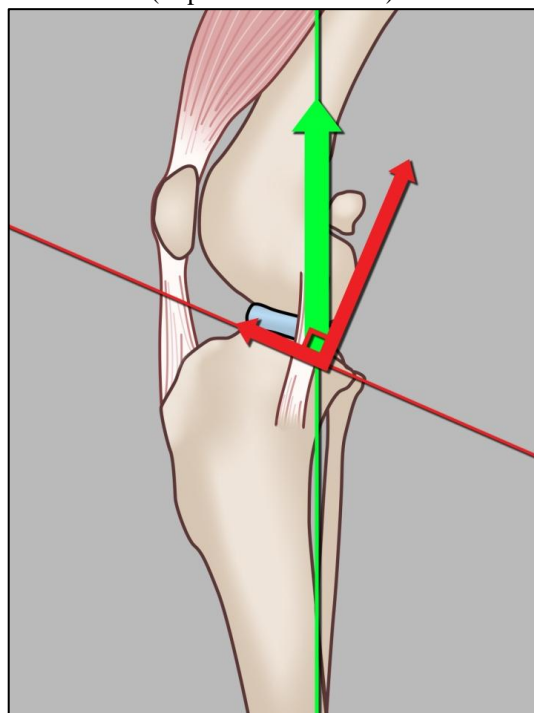
### **Biomecânica da articulação femorotibio Patelar**

Os estudos sobre a biomecânica da articulação FTP tem enfatizado a conformação anatômica da tibia proximal como fator predisponente para a ruptura do LCCr e isto tem influenciado as alternativas de tratamento para a afecção (Montavon *et al.*, 2002; Cook, 2010a).

Durante a fase de apoio da deambulação, uma força é gerada entre a pata do cão e o solo, que produz uma resultante transmitida até a articulação FTP, ocorrendo compressão entre a tibia e o fêmur (Slocum e Devine, 1984; Rooster *et al.*, 2006; Canapp, 2007).

De acordo com o modelo proposto por Slocum e Slocum (1993), o eixo da força resultante sobre a tibia ocorre aproximadamente paralelo ao seu eixo funcional longitudinal. O ponto de contato entre as superfícies articulares se dá entre os côndilos femorais e o platô tibial, que apresenta uma inclinação caudodistal (Slocum e Slocum, 1993; Kim *et al.*, 2008). O vetor da força é decomposto pela inclinação do platô tibial em dois componentes, um compressivo e outro dirigido cranialmente, nomeado de impulso tibial cranial (Slocum e Devine, 1984; Canapp, 2007) (Figura 1).

**Figura 1.** Esquemática das forças que agem sobre a articulação FTP durante o apoio segundo o modelo de Slocum. A seta verde representa a resultante da força de compressão tibiofemoral, paralela ao eixo longitudinal da tibia (linha verde). A inclinação do platô tibial (linha vermelha) decompõe a resultante em dois vetores, um compressivo e outro dirigido cranialmente (impulso tibial cranial).



As forças que se opõem ao impulso tibial cranial são tanto ativas quanto passivas. O bíceps femoral e a musculatura flexora promovem a força ativa que traciona a tibia



caudalmente. Quando essa força não é suficiente para evitar a translação cranial da tibia, os restritores passivos contrapõem o impulso tibial cranial. O restritor passivo primário é o LCCr, enquanto o corno caudal do menisco medial age como restritor passivo secundário. Isso pode ser confirmado ao se observar a translação cranial adquirida da tibia e a frequência de lesões no menisco medial em animais com ruptura do LCCr (Slocum e Slocum, 1993). Outros restritores passivos secundários incluem as estruturas capsulares, os ligamentos colaterais, a geometria condilar e o contato das superfícies articulares (Rooster et al., 2006). A carga sobre o LCCr ocorre primariamente pela sustentação do peso durante a estação e a fase do apoio na deambulação. Não há carga sobre o LCCr durante a fase da passada. A hiperextensão da articulação FTP também exerce carga sobre o LCCr (Holden et al., 1994). Este ligamento é considerado um restritor secundário dos movimentos de rotação interna da tibia, varus e valgus da articulação, sendo os ligamentos colaterais os restritores primários (Rooster et al., 2006).

Segundo Slocum e Slocum (1993), o impulso tibial cranial é dependente da intensidade da compressão e da inclinação do platô tibial. O ângulo do platô tibial (APT) em cães clinicamente normais vai de 18° a 24° (Kim et al., 2008), embora o valor médio varie segundo a raça avaliada (Reif e Probst, 2003). As forças de compressão tibial ocorrem pela sustentação do peso e estão positivamente correlacionadas com a velocidade da deambulação (Holden et al., 1994). Como estão ligadas à atividade do animal, essas forças são difíceis de serem controladas (Slocum e Slocum, 1993). De acordo com Slocum e Devine (1984), ao nivelar o platô tibial e torná-lo perpendicular ao eixo da tibia, as únicas forças atuantes sobre a articulação FTP seriam as compressivas e o impulso tibial cranial seria eliminado. Entretanto, o APT não deve ser

inferior a 5° ou o impulso tibial será dirigido caudalmente, sobrecarregando o ligamento cruzado caudal (Sahar e Milgram, 2006).

Outras teorias biomecânicas mais recentes argumentam que a carga sobre a tibia não ocorre sobre seu eixo, como propôs Slocum. De acordo com Tepic et al. (2002), quando o cão apoia o membro, a força total sobre a articulação FTP é aproximadamente paralela ao ligamento patelar. Nesse modelo, o impulso tibial cranial é dependente do ângulo entre o platô tibial e ligamento patelar (Kim et al., 2008). O modelo de Tepic também prevê que a translação cranial da tibia não ocorre quando a articulação FTP é flexionada além de 90°. Dessa forma, para neutralizar a força de deslocamento cranial da tibia, o procedimento corretivo deveria avançar a tuberosidade da tibia para que a posição do ligamento patelar seja perpendicular ao platô tibial (Montavon et al., 2002; Tepic et al., 2002). O ângulo médio do ligamento patelar nos cães é de 105° (Apelt et al., 2007).

Os argumentos apresentados nesses modelos teóricos se baseiam em uma mecânica simplificada da articulação FTP. A determinação das reais forças atuantes sobre uma articulação não é uma tarefa simples, principalmente devido às interferências causadas pela contração muscular, cuja determinação objetiva é difícil (Tepic et al., 2002). Outras investigações apontam que nem todas as premissas definidas nesses modelos teóricos são suportadas por dados concretos (Sahar e Milgram, 2006).

Em análise biomecânica de cães com ruptura do LCCr foi observada uma maior mobilização da musculatura extensora e maior carga imposta ao membro contralateral para compensar o déficit gerado pela lesão. Essa sobrecarga compensatória pode, em parte, justificar a grande ocorrência de ruptura bilateral do LCCr (Ragety et al., 2010). Além disso, os cães mantêm a articulação FTP do membro

acometido mais flexionada, como adaptação para evitar a subluxação cranial da tíbia (Korvick, 1994).

### **Tratamento para a ruptura do ligamento cruzado cranial**

O tratamento conservativo já foi descrito para cães com ruptura do LCCr, envolvendo repouso, controle da dor e inflamação e reabilitação física. Os resultados podem ser satisfatórios para cães de pequeno porte, enquanto a resposta de raças maiores é insatisfatória. A melhor opção de tratamento, se a condição clínica do paciente permitir, ainda reside na intervenção cirúrgica. Nesse caso, as medicações e a reabilitação entram como complemento ao tratamento (Vasseur, 1984; Brinker et al., 2006; Canapp, 2007).

A intervenção cirúrgica é recomendada para os animais com ruptura do LCCr para restabelecer a estabilidade articular e minimizar a progressão da doença articular degenerativa (Vasseur, 2007; Kim *et al.*, 2008). Além disso, a exploração da articulação, através de artrotomia ou artroscopia, é fundamental para avaliar possíveis lesões concomitantes nos meniscos (Beale e Hulse, 2010). Nos últimos 50 anos, uma grande variedade de técnicas cirúrgicas foi descrita para o tratamento dessa condição, o que reflete a controvérsia sobre o manejo ideal da ruptura do LCCr (Kim *et al.*, 2008). Não se tem ainda a demonstração consistente da superioridade de nenhum procedimento, visto que a doença articular degenerativa progride independente da técnica utilizada e a função do membro acometido não se iguala à do membro normal (Elkins *et al.*, 1991; Conzemius et al., 2005). Essas técnicas podem ser classificadas em técnicas intra-articulares, técnicas extra-articulares e técnicas de osteotomia de tíbia (Muir, 2010b; Kowaleski et al., 2012).

As técnicas intra-articulares foram desenvolvidas por extrapolação do tratamento em humanos, e envolvem a substituição do ligamento por um enxerto autógeno, autólogo ou material sintético (Brinker *et al.*, 2006). O objetivo desta técnica é mimetizar as funções do ligamento nativo na articulação acometida, embora não se consiga reproduzir com exatidão sua complexa estrutura (Woo et. al, 2006). As técnicas intra-articulares apresentam a proposta de impedir o deslocamento cranial e rotação excessiva da tíbia, além manter a movimentação das superfícies articulares próximas ao normal (Arnoczky et al., 1977). Entretanto, alguns estudos comparando técnicas intra-articulares com outras técnicas de estabilização citam a alteração do centro de movimento da articulação (Davidson et al., 1993) e resultados clínicos inferiores ao observado nas demais (Conzemius et al., 2005). O primeiro relato do procedimento foi feita por Paatsama (1952) e desde então inúmeras variações da técnica foram descritas (Brunnberg et al., 1992). O enxerto autógeno mais utilizado é a fásia lata, mas também há descrições do uso de tendões musculares e do ligamento patelar (Manley, 2010; Hermann et al., 2012). Embora os resultados clínicos indiquem uma resposta boa a excelente com essas técnicas (Arnoczky et al., 1979), complicações podem ocorrer devido a falhas na obtenção do enxerto, falhas na criação dos túneis ósseos para substituição do ligamento, falta de cooperação do paciente e proprietário resultando em afrouxamento, degeneração e ruptura precoce do enxerto (Woo et. Al, 2006; Winkels et al. 2010, Kowaleski et al., 2012). Conzemius e colaboradores (2005) encontraram um resultado inferior na plataforma de força, após seis meses, em cães operados com a técnica intra-articular, quando comparados às técnicas extra-articulares e de osteotomia de nivelamento do platô tibial.

Os procedimentos extra-articulares utilizam fios de sutura de grosso calibre ou a

transposição de tecidos periarticulares para reduzir a frouxidão da articulação FTP (Vasseur, 2007). As técnicas de sutura extra-articular se baseiam na utilização de pontos de fixação no fêmur e na tíbia próximos à isometria (distâncias semelhantes na flexão e extensão) para estabilizar a articulação sem comprometer sua cinemática normal (Tonks et al., 2011). Diversas variações também foram descritas para estas técnicas, assim como inúmeros trabalhos investigando o material de sutura ideal para o procedimento (Kowaleski et al., 2012). O sucesso do implante sintético depende da sua resistência, dureza, segurança do nó e biocompatibilidade do material (Cook, 2010b). Além disso, a fixação do material de sutura no interior de um tubo metálico comprimido com um alicate apropriado se mostrou mais resistente do que os nós realizados manualmente (Anderson et al., 1998). Os relatos dos resultados com as técnicas extra-articulares em geral são positivos, apesar de ser possível que os procedimentos alterem a cinemática da articulação, com mudança nos ângulos de flexão e extensão, e alteração no seu centro de movimento (Arnoczky, et al., 1977; Tonks et al., 2011). Em avaliações subjetivas, as técnicas extra-articulares podem apresentar resultados semelhantes às técnicas de osteotomia de tíbia (Cook et al., 2010).

Conforme as técnicas cirúrgicas continuaram a evoluir e com o desenvolvimento dos conceitos biomecânicos da articulação FTP, o foco de muitas pesquisas mudou para o conceito de promover estabilidade dinâmica na articulação com ruptura do LCCr ao alterar a sua geometria óssea. Com isso surgiram as técnicas de osteotomia de tíbia, que não buscam restabelecer a função do LCCr, e sim proporcionar estabilidade funcional da articulação durante a sustentação do peso (Dejardin, 2007). As técnicas de osteotomia modificam a geometria da tíbia proximal na tentativa de neutralizar a força do impulso

tibial cranial (Boudrieau, 2009). A primeira técnica descrita foi a de osteotomia da tíbia em cunha cranial (Slocum e Devine, 1984), que posteriormente foi modificada e aperfeiçoada na técnica de osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO) (Slocum, 1993), sendo esta a mais empregada. A estabilidade da articulação é atingida ao reduzir o ângulo do platô tibial para 5° (Kim et al., 2008). Outra técnica bastante difundida é a osteotomia de avanço da tuberosidade da tíbia, baseada no modelo de Tepic (2002), que promove a estabilização da articulação ao deslocar o ligamento patelar até que este atinja 90° em relação do platô tibial (Lafaver *et al.*, 2007). Outras técnicas e variações dos procedimentos anteriores já foram relatadas, entretanto evidências clínicas que comprovem alguma vantagem sobre as demais ainda são escassas (Kim *et al.*, 2008). Apesar dos estudos clínicos favoráveis, evidências consistentes da superioridade dos procedimentos de osteotomia de tíbia sobre outras técnicas ainda não foram demonstradas (Kim *et al.*, 2008; Au et al., 2010).

## METODOLOGIA

### Delineamento do estudo

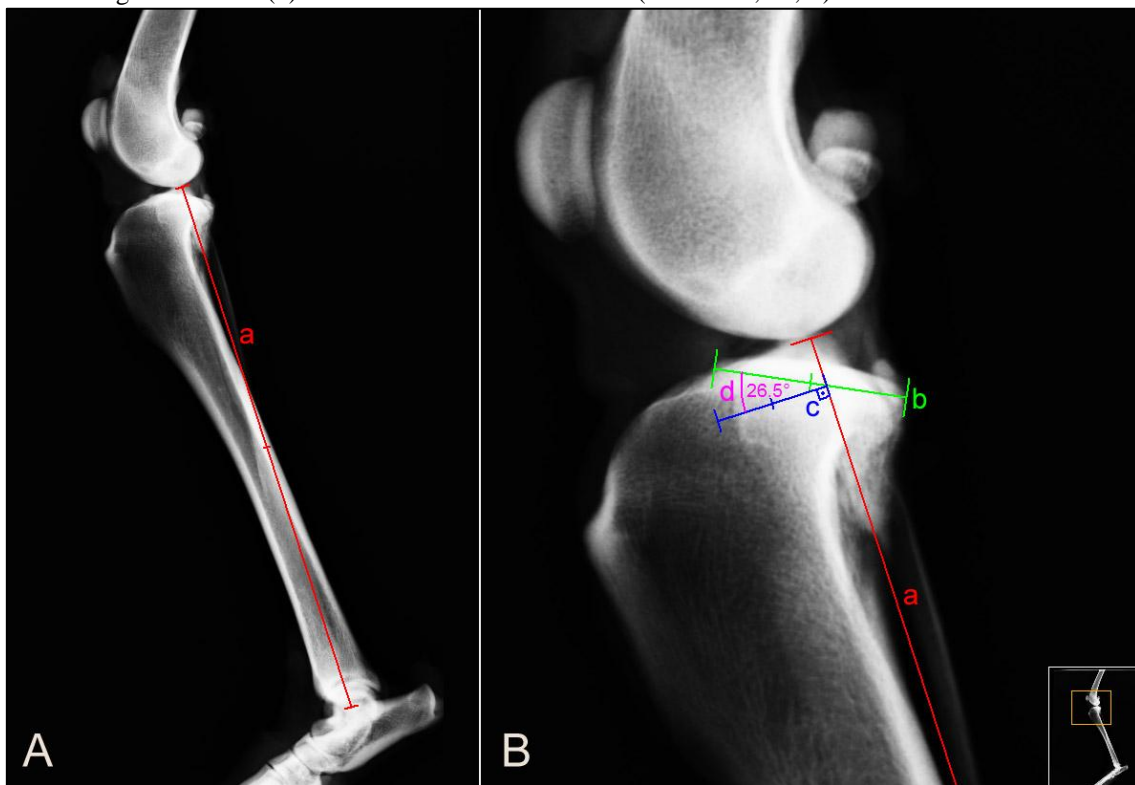
Foram utilizados 30 membros pélvicos de 30 cadáveres de cães adultos, com massa corpórea média de 30,64 kg ± 4,95, sem evidência clínica ou radiográfica de afecção na articulação FTP. Os cadáveres, oriundos de morte natural ou de eutanásia não relacionada ao estudo, foram mantidos em câmara fria a -4°C por 24 a 48 horas até o momento da sua utilização. O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais sob o protocolo nº 252 / 2013 (Anexo 1).

Os membros pélvicos foram radiografados nas posições craniocaudal e mediolateral com a articulação FTP em 135° de flexão.

Os feixes do raio-x foram centralizados na articulação FTP e as radiografias incluíam toda a tíbia e a articulação tarsocrural para o cálculo do APT. A radiografia mediolateral foi realizada mantendo-se os côndilos femorais e tibiais sobrepostos. O APT foi calculado traçando-se uma reta pelo eixo longitudinal da tíbia, iniciando no ponto médio das iminências intercondilares até o centro do tálus. Uma segunda reta foi

traçada no platô tibial nos pontos que definiam os limites cranial e caudal da superfície articular. Uma terceira reta foi traçada perpendicular ao eixo longitudinal da tíbia e o ângulo formado entre esta reta e aquela traçada pelo platô definia o APT (Fettig *et al.*, 2003; Reif e Probst, 2003) (Figura 2). A presença de sinais de osteoartrose resultava na exclusão do espécime do experimento.

**Figura 2.** Mensuração do APT na radiografia mediolateral. A) Uma reta (a) foi traçada das iminências intercondilares até o centro do tálus, determinando o eixo longitudinal da tíbia. B) Outra reta (b) foi traçada pelo platô tibial. Uma terceira reta (c) foi traçada perpendicularmente ao eixo longitudinal da tíbia. O ângulo formado (d) entre b e c determinava o APT (neste caso, 26,5°)



A preparação dos espécimes envolvia a desarticulação coxofemoral e dissecação do membro, com remoção de toda a musculatura, preservando-se apenas o retináculo, a cápsula articular, os ligamentos da articulação FTP e todos os tecidos distais à articulação tarsocrural (Figura 3.A). Os tecidos eram mantidos úmidos durante todo o experimento por aspersão de solução

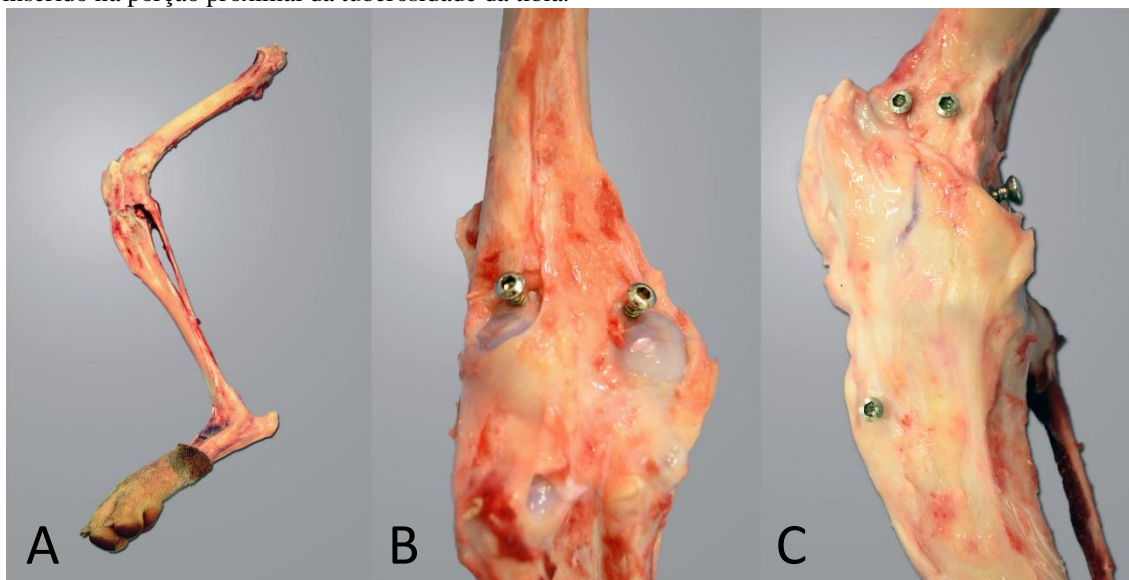
fisiológica. As fabelas femorais foram removidas e substituídas por dois parafusos corticais de 3,5 mm (Figura 3.B). O mecanismo do músculo gastrocnêmio foi simulado por um tensionador fixado por cabos de aço aos parafusos nos sítios das fabelas e em um orifício no calcâneo. O mecanismo do grupo quadríceps foi mimetizado utilizando-se outro tensionador

fixado por um cabo de aço através de um orifício no centro da patela. Três parafusos de 2,7 mm foram utilizados como pontos de referência para mensuração da instabilidade craniocaudal, sendo que dois eram fixados na metáfise femoral distal e o outro inserido no ponto mais proximal da tuberosidade da tibia (Figura 3.C). Dois pinos de Steinmann de 2,5 mm foram inseridos paralelamente na face medial e perpendiculares ao plano sagital, um através do fêmur e o outro através da tibia, para avaliação da instabilidade rotacional.

Para a realização dos testes, foi construído um aparelho para a aplicação de cargas axiais sobre os espécimes, que consistia de uma plataforma fixada nas quatro laterais por barras lisas de aço, que permitiam o deslocamento apenas no eixo vertical (Figura 4). No centro da plataforma existia

uma haste para colocação de anilhas de peso que geravam carga axial correspondente a 40% do peso do animal. A plataforma foi içada por um motor fixado na parte superior do aparelho, que permitia aplicar ou retirar a carga axial, conforme necessário. Na parte inferior da plataforma, um tubo de metal foi fixado em 70° com o plano horizontal, dentro do qual o fêmur foi preso com pinos rosqueados, porcas e arruelas. O tensionador do quadríceps foi fixado ao tubo de metal por um gancho e então ajustado para flexionar a articulação FTP em 135° ( $134,70^\circ \pm 1,27$ ), enquanto o tensionador do gastrocnêmio foi ajustado para flexionar a articulação tarsocrural em 145° ( $144,49^\circ \pm 1,79$ ). Uma escala, em milímetros, foi afixada no tubo de metal para posterior referência.

**Figura 3.** Preparação do espécime. A) Remoção dos tecidos moles com preservação das estruturas estabilizadoras da articulação FTP e dos tecidos distais à articulação tarsocrural. B) Substituição das fabelas por dois parafusos corticais de 3,5 mm. C) Parafusos de 2,7 mm utilizados como referência para avaliação do deslocamento craniocaudal da tibia, sendo dois inseridos na metáfise femoral distal e um inserido na porção proximal da tuberosidade da tibia.



Os 30 espécimes foram divididos em três grupos, de acordo com a técnica de estabilização aplicada: grupo Extra-articular (9 repetições), grupo Intra-articular (12 repetições) e grupo TPLO (9 repetições).

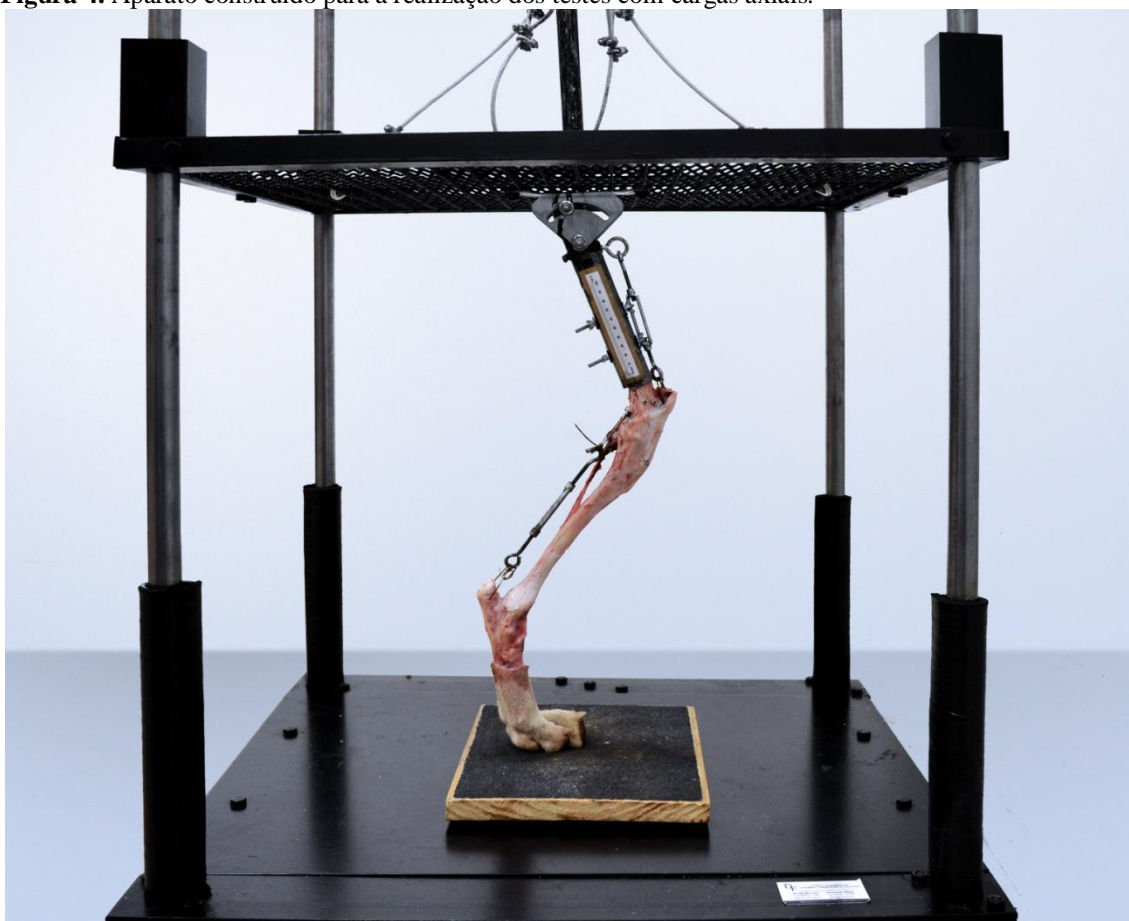
Todas as análises foram repetidas em três tempos distintos: antes da ruptura do LCCr, após a ruptura do LCCr e após a estabilização cirúrgica. Realizou-se a goniometria da articulação FTP na flexão e

extensão máxima em cada um dos tempos, utilizando-se um goniômetro transparente. Foram utilizadas duas câmeras fotográficas de alta resolução para obtenção das imagens. A primeira foi colocada a 18 cm de distância do espécime, no plano sagital, montada em um tripé e com a lente da câmera centralizada na articulação FTP. A segunda câmera foi posicionada lateralmente ao membro, no piso do aparelho, direcionada para o plano dorsal. As imagens fotográficas foram realizadas em triplicatas em cada um dos tempos, em todos os grupos.

As imagens foram analisadas em um software de processamento de imagens (Adobe Photoshop<sup>®</sup> CS6). As fotografias do plano sagital foram alinhadas até que os pontos de referência do fêmur ficassem perfeitamente sobrepostos. Posteriormente,

aferia-se o deslocamento do ponto de referência da tíbia nos três momentos analisados para definição de sua instabilidade craniocaudal. A distância percorrida foi obtida em pixels, que foi então convertida em milímetros com base na escala afixada adjacente à articulação FTP. Para o deslocamento em sentido cranial, atribuiu-se valor positivo, e para o caudal, negativo. Para a análise das imagens do plano dorsal, mensurou-se o ângulo do pino inserido na tíbia em relação ao pino inserido no fêmur, obtendo-se o valor da sua instabilidade rotacional. Nas rotações da tíbia em direção externa atribuiu-se valor positivo, e para a direção interna, negativo. Em todas as análises fotográficas, o valor da mensuração em cada momento foi dado pela média das triplicatas.

**Figura 4.** Aparato construído para a realização dos testes com cargas axiais.



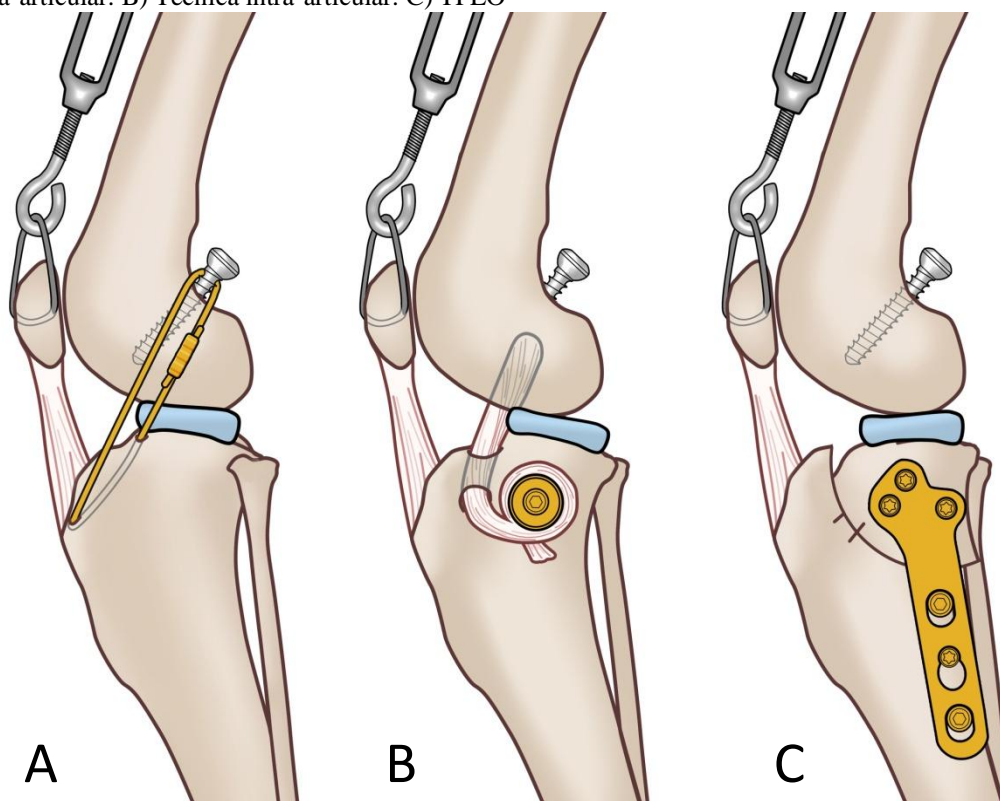
## Procedimentos cirúrgicos

A transecção do LCCr foi feita com uma lâmina de bisturi nº12, com acesso realizado por mini-artrotomia parapatelar medial com cerca de 1,5 cm de extensão. A ruptura do LCCr foi confirmada pela visibilização do ligamento rompido e pela presença de instabilidade craniocaudal no teste de “gaveta” e compressão tibial. A incisão foi suturada com fio de nylon 2-0 em padrão Wolff.

A estabilização extra-articular foi realizada utilizando-se a técnica modificada de sutura fabelo-tibial lateral (Cook, 2010a). O fio de polietileno de alta densidade (LigaFiba<sup>®</sup>) foi passado ao redor do parafuso correspondente à fabela lateral e através de dois orifícios perfurados na tíbia, um em seu ponto médio na região mais proximal, sem adentrar a

articulação, e outro na tuberosidade tibial (Figura 5.A) (Tonks *et al.*, 2011). As extremidades do fio de polietileno foram tracionadas com um tensionador (Lateral suture tensioner – Veterinary Instrumentation<sup>®</sup>) até que o movimento de gaveta fosse eliminado, mas sem provocar rotação externa da tíbia. Os fios foram passados no interior de um tubo de aço inoxidável de 12 mm de comprimento (Crimp tube – Veterinary Instrumentation<sup>®</sup>) e fixados pela compressão do tubo com um alicate próprio (Compound action crimping forceps – Veterinary Instrumentation<sup>®</sup>) em três pontos equidistantes (Vianna e Roe, 2006). Para animais com mais de 40 kg, foram utilizados dois tubos de aço inoxidável para garantir maior fixação do fio.

**Figura 5.** Ilustração esquemática dos procedimentos cirúrgicos realizados no experimento. A) Técnica extra-articular. B) Técnica intra-articular. C) TPLO



A técnica intra-articular foi realizada conforme Paatsama (1952). Durante a dissecação, foi preservado um retalho de fáscia lata de aproximadamente 2 cm de largura e toda extensão, mantendo-se sua inserção distalmente no côndilo femoral lateral. Um túnel ósseo foi perfurado no fêmur com uma broca de 5 mm, utilizando-se um guia que direcionava a perfuração do côndilo lateral para o ponto de origem do LCCr. Um segundo túnel ósseo foi perfurado na tíbia com a mesma broca, utilizando-se outro guia que permitia a perfuração da face medial da tíbia até o ponto de inserção do LCCr. A extremidade do retalho da fáscia lata foi passada através dos túneis utilizando-se um fio de aço como guia. O enxerto foi então tracionado firmemente e ancorado em torno de um parafuso de 4,5 mm e uma arruela na face medial da tíbia (Figura 5.B). Após certificar a eliminação do movimento de gaveta, suturas interrompidas foram realizadas no enxerto para adicionar maior fixação.

A osteotomia de tíbia foi realizada pela técnica de TPLO. Inicialmente foi selecionada uma serra radial no tamanho suficiente para secção do platô tibial sem comprometer a tuberosidade da tíbia. Um guia foi fixado com dois pinos de Schanz de 3,0 mm, um na região distal da tíbia e o outro na região mais proximal do côndilo tibial medial. Empregando-se uma serra oscilatória com a serra radial selecionada, realizou-se um corte circular na face medial da tíbia, utilizando o pino proximal do guia como centro da osteotomia. Antes de se atingir a cortical contralateral, a osteotomia foi interrompida para a realização de marcações na tíbia para guiar a rotação do fragmento proximal. A primeira marcação foi realizada cruzando a linha da osteotomia, abrangendo os fragmentos proximal e distal. Uma segunda marcação foi realizada caudalmente à primeira no fragmento distal, cuja distância entre uma e outra definia a magnitude da rotação do fragmento proximal para proporcionar um ângulo final

de 5° no platô tibial, com base em uma tabela fornecida pelo fabricante (TPLO Rotation Chart – Veterinary Instrumentation®). Após a realização das marcações, a osteotomia foi retomada até a liberação do fragmento proximal, mas sem atingir a fíbula. O fragmento proximal foi rotacionado até obter-se o alinhamento das marcações feitas anteriormente, com o auxílio de um pino de Steinmann de 2,5 mm utilizado como alavanca. Os fragmentos foram mantidos em posição com uma pinça de redução e com um pino de Steinmann introduzido na tíbia, da face cranial até a caudal. Nesse momento, realizava-se o teste de compressão tibial, que deveria eliminar a instabilidade presente. A fixação dos fragmentos foi feita com uma placa bloqueada para TPLO de 3,5 mm (Synthes®) e parafusos bloqueados e convencionais de 3,5 mm (Synthes®) (Figura 5.C), objetivando-se a compressão interfragmentária. Os parafusos bloqueados foram apertados com um torquímetro de 4Nm (Synthes®). Após a TPLO, os espécimes foram novamente radiografados para avaliação do APT pós-operatório.

### **Análise estatística**

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para determinar quais parâmetros apresentavam distribuição normal. As respostas que apresentaram distribuição normal de probabilidades e homogênea de variâncias (goniometria de flexão, deslocamento cranial da tíbia e rotação da tíbia no grupo TPLO; goniometria de flexão e deslocamento cranial de tíbia no grupo intra-articular; deslocamento cranial da tíbia no grupo extra-articular; goniometria de extensão antes e após a ruptura do LCCr e deslocamento cranial da tíbia entre os grupos) foram submetidas à análise de variancia (ANOVA), teste de Fisher e pós-teste de Tukey. As demais respostas, em grupos dependentes (goniometria de extensão no grupo TPLO; goniometria de flexão e goniometria de extensão no grupo



extra-articular; goniometria de extensão no grupo intra-articular) foram submetidas a análise não paramétrica pelo teste de Friedman e pós-teste de Dunns, enquanto aquelas com grupos independentes (rotação da tíbia no grupo intra-articular e rotação da tíbia no grupo extra-articular) foram analisadas pelo teste de Wilcoxon. Na comparação entre os grupos, as respostas que não apresentaram distribuição normal (goniometria de flexão no pós-operatório; goniometria de extensão no pós-operatório; rotação da tíbia) foram analisadas pelo teste de Kruskal-Wallis. As diferenças foram consideradas significativas com  $p < 0,004$ . Os testes foram realizados no software GraphPad Prism<sup>®</sup> 5.01

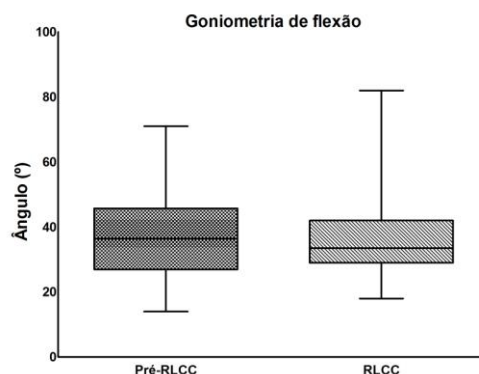
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se a goniometria de todos os membros utilizados no experimento, observou-se que não houve diferença no ângulo de flexão da articulação FTP antes da ruptura do LCCr ( $38,11^\circ \pm 13,88$ ) e após a ruptura do LCCr ( $35,53^\circ \pm 12,58$ ) (Figura 6). Isso indica que a ruptura do LCCr não interfere no ângulo de flexão da articulação FTP já que o LCCr não apresenta função primária de restrição desse movimento, apesar da sua banda craniomedial se apresentar tensa durante a flexão (Arnoczky e Marshall, 1977). A articulação FTP não apresenta apenas os movimentos de flexão e extensão no plano sagital, pois um discreto cisalhamento ocorre entre as superfícies articulares do fêmur e da tíbia durante sua cinemática normal (Williams e Logan, 2004). É provável que a tensão da banda craniomedial durante a flexão tenha a função de limitar esse cisalhamento da articulação, mas sem alterar no movimento de flexão.

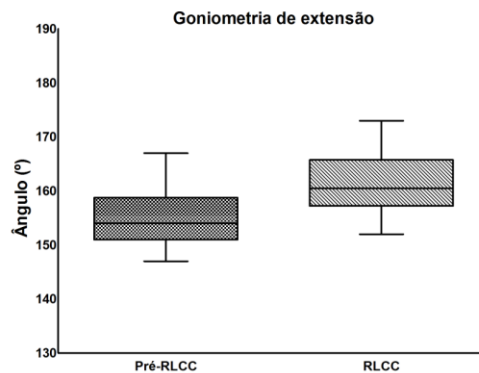
Na mensuração da goniometria de extensão foi encontrado diferença antes da ruptura do LCCr ( $154,93^\circ \pm 5,11$ ) e após a ruptura do LCCr ( $160,40^\circ \pm 5,89$ ) (Figura 7). Esse resultado confirma o papel do LCCr como restritor passivo ao movimento de

hiperextensão da articulação FTP, pois após a ruptura do LCCr ocorre aumento no ângulo de extensão (Arnoczky e Marshall, 1977).

**Figura 6.** Goniometria de flexão em todos os espécimes (n=30) antes da ruptura do ligamento cruzado cranial (Pré-RLCC) e após a ruptura do ligamento (RLCC).



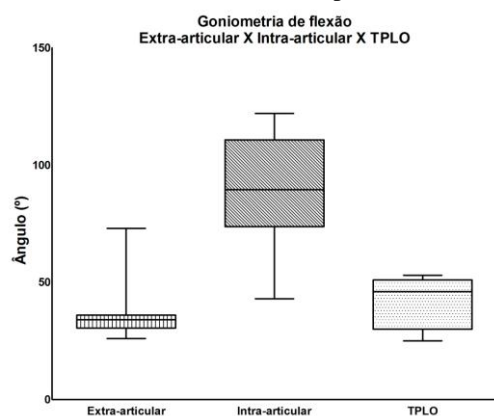
**Figura 7.** Goniometria de extensão em todos os espécimes (n=30) antes da ruptura do ligamento cruzado cranial (Pré-RLCC) e após a ruptura do ligamento (RLCC).



Na avaliação da goniometria após os procedimentos cirúrgicos, o grupo Intra-articular foi o único que apresentou aumento do ângulo de flexão da articulação FTP ( $87,17^\circ \pm 25,34$ ) em relação aos demais ( $37,11 \pm 13,87$  e  $41,89 \pm 10,74$  nos grupos Extra-articular e TPLO, respectivamente) (Figura 8). A limitação da flexão pode ocorrer devido à necessidade de se tensionar o enxerto de fásia lata para estabilizar a articulação, o que comprime os tecidos peri-

articulares e pode restringir o movimento. Isso pode ser ainda mais pronunciado quando os pontos de perfuração dos túneis ósseos não correspondem exatamente à origem e inserção do LCCr (Woo *et al.*, 2006). Também é importante considerar que o modelo utilizado no experimento não apresenta a ação da musculatura, que poderia contrabalancear esse efeito. Além disso, por se tratar de uma técnica que utiliza um enxerto biológico, o mesmo passaria por um processo de remodelamento nas semanas seguintes, o que poderia minimizar essa limitação.

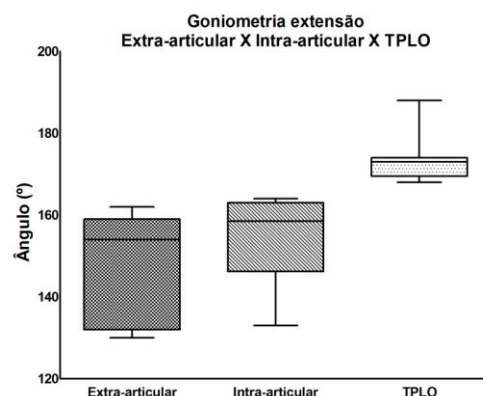
**Figura 8.** Comparativo da goniometria de flexão após o emprego das três técnicas cirúrgicas: extra-articular, intra-articular e TPLO (osteotomia de nivelamento do platô tibial).



Na goniometria pós-operatória de extensão da articulação FTP, foi observado que apenas o grupo TPLO promoveu um aumento no ângulo de hiperextensão ( $173.44^\circ \pm 5.88$ ) em relação aos demais ( $154.92 \pm 10.09$  e  $148.78 \pm 13.41$  nos grupos Intra-articular e Extra-articular, respectivamente) (Figura 9). Isso sugere que a inclinação do platô tibial é um dos fatores que atua na restrição passiva da extensão da articulação FTP, pois a redução na sua angulação permite aumento da hiperextensão. A não correção da hiperextensão, devido à ausência de um restritor passivo na técnica de TPLO, pode impor forças anormais nas superfícies

articulares e meniscos e predispor a lesão dos mesmos.

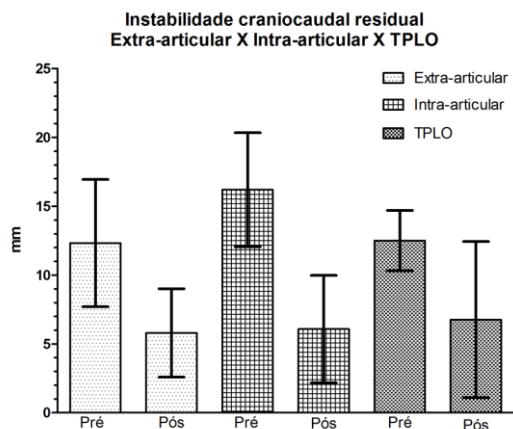
**Figura 9.** Comparativo da goniometria de extensão após o emprego das três técnicas cirúrgicas: extra-articular, intra-articular e TPLO (osteotomia de nivelamento do platô tibial).



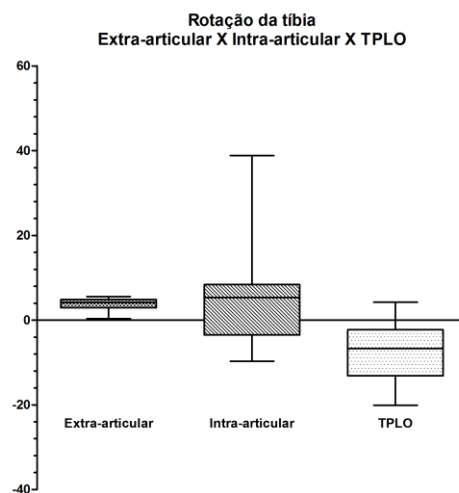
O deslocamento cranial da tibia, após a transecção do LCCr, foi em média  $13.92 \text{ mm} \pm 4.15$ . A restrição desse movimento é, como classicamente descrita na literatura, a principal função do LCCr (Arnoczky e Marshall, 1977; Korvick, 1994; Vasseur, 2007). Este deslocamento ocorre após a ruptura do LCCr devido à força resultante de compressão sobre a superfície inclinada do platô tibial (Slocum e Devine, 1983). Foi observada diferença significativa após a ruptura do LCCr e após a estabilização cirúrgica em todos os grupos, indicando que todas as técnicas avaliadas foram capazes de limitar a subluxação tibial e estabilizar a articulação. Não houve diferença significativa entre as técnicas, o que indica que todas foram igualmente eficientes em diminuir a instabilidade da articulação provocada pela ruptura do LCCr. Entretanto, nenhuma das técnicas foi capaz de eliminar toda a instabilidade provocada, pois todos os grupos apresentaram deslocamento cranial residual da tibia, mesmo após correção cirúrgica e sem diferença entre os grupos (Figura 10). Esse dado é importante, pois pode justificar os resultados obtidos no pós-operatório de cirurgias para correção da ruptura do LCCr, independente da técnica

utilizada (Elkins *et al.*, 1991; Conzemius *et al.*, 2005). A instabilidade remanescente pode ser a responsável pela progressão da osteoartrose observada em longo prazo. Warzee e colaboradores (2001) observaram a eliminação da translação cranial da tibia após o procedimento de TPLO quando a meta era atingir nivelamento completo do platô no pós-operatório, porém foi observada translação caudal nesses espécimes, o que sobrecarrega o ligamento cruzado caudal, predispondo-o a lesões. Sahar e Milgram (2006), também observaram em um modelo matemático da articulação FTP, que ao rotacionar o platô tibial para o ângulo de 5°, o que é recomendado clinicamente, o impulso tibial cranial não é eliminado e sim reduzido em 25-40%. No presente estudo, o APT pós-operatório médio obtido foi de  $5,41^\circ \pm 0,57$ . Sugere-se que a TPLO só eliminaria a subluxação cranial quando a converte em subluxação caudal, o que poderia resultar em sobrecarga no ligamento cruzado caudal.

**Figura 10.** Comparativo da instabilidade craniocaudal da tibia após o emprego das técnicas cirúrgicas extra-articular, intra-articular e osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO). Pré: após a ruptura do ligamento cruzado cranial; Pós: após o emprego da técnica cirúrgica de estabilização. O deslocamento cranial da tibia após o emprego do tratamento cirúrgico representa a instabilidade residual de cada técnica.



**Figura 11.** Comparativo da instabilidade rotacional em membros com ruptura do ligamento cruzado cranial após o emprego das técnicas cirúrgicas extra-articular, intra-articular e osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO). Valores positivos representam rotação externa e valores negativos representam rotação interna.

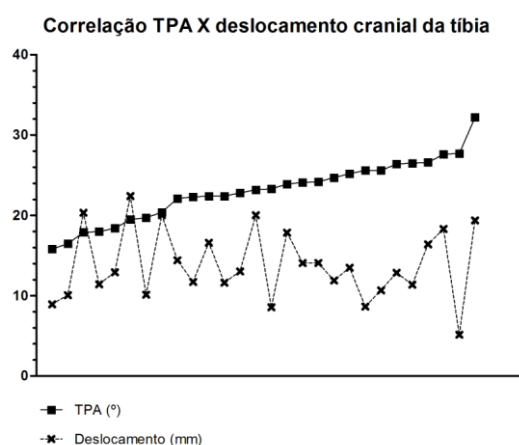


É importante considerar que o modelo experimental utilizado também apresenta limitações. Nesse modelo, a estabilidade da articulação FTP após a ruptura do LCCr é completamente dependente do método de estabilização utilizado, enquanto que no paciente vivo o espessamento da cápsula articular e a ação da musculatura podem mitigar esse deslocamento residual.

De acordo com o modelo teórico de Slocum e Slocum (1993), a magnitude do impulso tibial cranial, e consequentemente a subluxação cranial da tibia, seria dependente da inclinação do platô tibial e da força de compressão tibiofemoral. No presente estudo foi encontrado um APT médio de  $23,04 \pm 3,79$ , semelhante ao resultado obtido por Reif e Probst (2003). Entretanto, ao se testar a correlação do APT com o deslocamento cranial da tibia após a ruptura do LCCr, obteve-se um resultado não significativo no teste de Pearson ( $r=0,037$ ) (Figura 12). Esse dado indica que a magnitude do deslocamento cranial da tibia e, indiretamente, do impulso tibial cranial

não é influenciada pelo APT. Outros autores que investigaram essa correlação proposta inicialmente por Slocum e Slocum (1993) falharam em confirmar a teoria. Wilke e colaboradores (2002) e Reif e Probst (2003) não encontraram diferenças significativas no APT de animais com ou sem ruptura do LCCr, negando que a magnitude do APT possa ser utilizada como preditora para o risco da lesão. Boute e colaboradores (2009) também não identificaram o APT como um fator prognóstico para ruptura do LCCr. Alterações conformacionais na articulação FTP, com um platô tibial excessivamente íngreme, certamente tem papel na ruptura do LCCr, pois geram forças anormais no ligamento (Buote et al., 2009).

**Figura 12.** Gráfico da correlação entre ângulo do platô tibial (TPA) e deslocamento cranial da tibia após a ruptura do ligamento cruzado cranial ( $r=0,037$ ).



## CONCLUSÃO

Dos resultados obtidos pode-se concluir que as técnicas intra-articular e TPLO interferem na amplitude de movimento natural dos membros operados, aumentando o ângulo de flexão e de extensão da articulação FTP, respectivamente, enquanto a técnica extra-articular não altera esse parâmetro. As três técnicas avaliadas são igualmente eficazes em limitar o deslocamento cranial da tibia provocado pela ruptura do LCCr, entretanto,

essas técnicas não eliminam completamente o deslocamento cranial da tibia durante o apoio, mantendo instabilidades residuais semelhantes. As técnicas intra-articular e extra-articular são igualmente capazes de estabilizar a rotação interna excessiva da tibia durante o apoio após a ruptura do LCCr, enquanto a TPLO não elimina esse movimento. A magnitude do deslocamento cranial da tibia durante o apoio em membros com ruptura do LCCr não é influenciada pelo APT.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, C.C.; TOMLINSON, J.L.; DALY, W.R.; et al. Biomechanical evaluation of a crimp clamp system for loop fixation of monofilament nylon leader material used for stabilization of canine stifle joint. *Veterinary Surgery*, v.27, p.533-539, 1998.

APELT, D.; KOWALESKY, M.P.; BOUDRIEAU, R.J. Effect of tibial tuberosity advancement on cranial tibial subluxation in canine cranial cruciate-deficient stifle joints: an in vitro experimental study. *Veterinary Surgery*, v.36, p.170-177, 2007.

ARNOCZKY, S.P.; TARVIN, G.B.; MARSHALL, J.L.; et al. The over-the-top procedure: a technique for anterior cruciate ligament substitution in the dog. *Journal of the American Animal Hospital Association*, v.38, p.1807-1814, 1979.

ARNOCZKY, S.P.; MARSHALL, J.L. The cruciate ligaments of the canine stifle: an anatomical and functional analysis. *American Journal of Veterinary Research*, v.38, p.1807-1814, 1977.

ARNOCZKY, S.P.; TORZILLI, P.A.; MARSHALL, J.L. Biomechanical evaluation of anterior cruciate ligament repair in the dog: an analysis of the instant center of motion. *Journal of the American*

- Animal Hospital Association*, v.13, p.553-558, 1977.
- AU, K.; EVANS, W.J.G.; DUNNING, D.; et al. Comparison of short and long-term function and radiographic osteoarthritis in dogs after postoperative physical rehabilitation and tibial plateau leveling osteotomy or lateral fabellar suture stabilization. *Veterinary Surgery*, v.39, p.173-180, 2010.
- BEALE, B.S.; HULSE, D.A. Arthroscopy versus arthrotomy for surgical treatment. In: MUIR, P. *Advances in the canine cranial cruciate ligament*. 1ed. Singapore: Willey-Blackwell, 2010, p.145-158.
- BOUDRIEAU, R. Tibial plateau leveling osteotomy or tibial tuberosity advancement? *Veterinary Surgery*, v.38, p.1-22, 2009.
- BRINKER, W.O.; PIERMATTEI, D.; FLO, G.; et al. The stifle joint. In: \_\_\_\_\_ *Small Animal Orthopedics and Fracture Repair*. 4ed. Missouri: Saunders Elsevier, 2006, p.562-632.
- BRUNNBERG, L.; RIEGER, I.; HESSE, E.M. Sieben Jahre Erfahrung MIT einer modifizierten "Over-the-top" Kreuzbandplastik beim Hund. *Kleintierpraxis*, v.37, p.735-746, 1992.
- BUOTE, N.; FUSCO, J.; RADASCH, R. Age, tibial plateau angle, sex and weight as risk factors for contralateral rupture of the cranial cruciate ligament in Labradors. *Veterinary Surgery*, v.38, p.481-489, 2009.
- CANAPP, S.O. The canine stifle. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, v.22, p.195-205, 2007.
- CONZEMIUS, M.G.; EVANS, R.B.; BESANCON, M.F.; et al. Effect of surgical technique on limb function after surgery for rupture of the cranial cruciate ligament in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v.226, p.232-236, 2005.
- COOK, J.L. Cranial cruciate ligament disease in dogs: biology versus biomechanics. *Veterinary Surgery*, v.39, p.270-277, 2010a.
- COOK, J.L. Extracapsular stabilization. In: MUIR, P. *Advances in the canine cranial cruciate ligament*. 1ed. Singapore: Willey-Blackwell, 2010b, p.163-168.
- COOK, J.L.; LUTHER, J.K.; BEETEM, J.; et al. Clinical comparison of a novel extracapsular stabilization procedure and tibial plateau leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament deficiency in dogs. *Veterinary Surgery*, v.39, p.315-323, 2010.
- DAVIDSON, J.R.; BAUER, M.S.; AIKEN, S.W.; et al. Comparison of stifle biomechanics after two different techniques of cranial cruciate ligament repairs. *Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology*, v.6, p.172-174, 1993.
- DEJARDIN, L.M. Osteotomia com nivelamento do platô tibial. In: SLATTER, D. *Manual de cirurgia de pequenos animais*. 3ed. Barueri: Manole, 2007, p.2133-2143.
- ELKINS, A.D.; PECHMAN, R.; KEARNEY, M.T. et al. A retrospective study evaluating the degree of degenerative joint disease in the stifle of dogs following surgical repair of anterior cruciate ligament rupture. *Journal of the American Animal Hospital Association*, v.27, p.533-540, 1991.
- FETTIG, A.A.; RAND, W.M.; SATO, A.F. et al. Observer variability of tibial plateau slope measurement in 40 dogs with cranial cruciate ligament-deficient stifle joints. *Veterinary Surgery*, v.32, p.471-478, 2003.
- GRIERSON, J.; ASHER, L.; GRAINGER, K. An investigation into risk factors for

- bilateral canine cruciate ligament rupture. *Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology*, v.3, p.192-196, 2011.
- GRIFFON, D.J. A review of the pathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease as a basis for future preventive strategies. *Veterinary Surgery*, v.39, p.399-409, 2010.
- HERMANN, O.M.; STOEHR, A.; DIETRICH, M.; et al. Graft-dependent differences in the ligamentization process of anterior cruciate ligament grafts in a sheep trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, v.20, p.947-956, 2012.
- HOLDEN, J. P.; GROOD, E. S.; KORVICK, D. L. et al. In vivo forces in the anterior cruciate ligament: direct measurements during walking and trotting in a quadruped. *Journal of Biomechanics*, v. 27, n. 5, p. 517-526, 1994.
- JOHNSON, J.A.; AUSTIN, C.; BREUR, G.J. Incidence of canine appendicular musculoskeletal disorders in 16 veterinary teaching hospitals from 1980 through 1989. *Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology*, v.7, p.56-69, 1994.
- KIM, S. E.; POZZI, A.; KOWALESKI, M.P.; LEWIS, D.D. Tibial Osteotomies for Cranial Cruciate Ligament Insufficiency in Dogs. *Veterinary Surgery*, v.37, p.111-125, 2008.
- KORVICK, D.L.; PIJANOWSKI, G.J.; SCHAEFFER, D.J. Three-dimensional kinematics of the intact and cranial cruciate ligament-deficient stifle of dogs. *Journal of biomechanics*, v.27, p.77-87, 1994.
- KOWALESKI, M.P.; BOUDRIEAU, R.J.; POZZI, A. Stifle Joint. In: TOBIAS, K.M.; JOHNSTON, S.A. *Veterinary Surgery – Small Animal*. 1ed. Missouri: Elsevier-Saunders, 2012, 2v., p.906-998.
- LAFEVER, S.; MILLER, N.A.; STUBBS, W.P.; et al. Tibial tuberosity advancement for stabilization of the canine cranial cruciate ligament-deficient stifle joint: surgical technique, early results and complications in 101 dogs. *Veterinary Surgery*, v.36, p.573-586, 2007.
- MANLEY, P.A. Intra-articular stabilization. In: MUIR, P. *Advances in the canine cranial cruciate ligament*. 1ed. Singapore: Willey-Blackwell, 2010, p.145-158.
- MONTAVON, P.M.; DAMUR, D.M.; TEPIC, S. Advancement of the tibial tuberosity for the treatment of cruciate deficient canine stifle. In: WORLD ORTHOPAEDIC VETERINARY CONGRESS, 1, 2002, Munich. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Veterinary Congress*, Munich, 2002, p.152 (Resumo)
- MUIR, P. History and clinical signs of cruciate ligament rupture. In: \_\_\_\_\_. *Advances in the canine cranial cruciate ligament*. 1ed. Singapore: Willey-Blackwell, 2010a, p.101-104.
- MUIR, P. Surgical treatment. In: In: \_\_\_\_\_. *Advances in the canine cranial cruciate ligament*. 1ed. Singapore: Willey-Blackwell, 2010b, p.143.
- PAATSAMA, S. *Ligament injuries in the canine stifle joint - a clinical and experimental study*. Thesis - Royal Veterinary College, Stockholm, 1952.
- RAGETLY, C.A.; GRIFFON, D.J.; MOSTAFA, A.A.; et al. Inverse dynamics analysis of the pelvic limbs in Labrador Retrievers with and without cranial cruciate ligament disease. *Veterinary Surgery*, v.39, p.513-522, 2010.
- REIF, U.; PROBST, C.W. Comparison of tibial plateau angles in normal and cranial cruciate deficient stifles of Labrador

- Retrievers. *Veterinary Surgery*, v.32, p.385-389, 2003.
- ROOSTER, H.; BRUIN, T.; BREE, H.V. Morphologic and functional features of the canine cruciate ligaments. *Veterinary Surgery*, v.35, p.769-780, 2006.
- ROOSTER, H.; BRUIN, T.; BREE, H.V. Morphology and function of the cruciate ligaments. In: MUIR, P. *Advances in the canine cranial cruciate ligament*. 1ed. Singapore: Willey-Blackwell, 2010, p.5-12.
- SAHAR, R.; MILGRAM, J. Biomechanics of tibial plateau leveling of the canine cruciate-deficient stifle joint: a theoretical model. *Veterinary Surgery*, v.35, p.144-149, 2006.
- SLOCUM, B.; DEVINE, T. Cranial tibial thrust: a primary force in the canine stifle. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v.183, p.456-459, 1983.
- SLOCUM, B.; DEVINE, T. Cranial tibial wedge osteotomy: A technique for eliminating cranial tibial thrust in cranial cruciate ligament repair. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v.184, n.5, p.564-569, 1984.
- SLOCUM, B.; SLOCUM, T.D. Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v.23, n.4, p.777-794, 1993.
- TEPIC, S.; DAMUR, D.; MONTAVON, P.M. Biomechanics of the stifle joint. In: WORLD ORTHOPAEDIC VETERINARY CONGRESS, 1, 2002, Munich. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Veterinary Congress*, Munich, 2002, p.189 (Resumo)
- TONKS, C.A.; LEWIS, D.D.; POZZI, A. A review of extra-articular prosthetic stabilization of the cranial cruciate ligament-deficient stifle. *Veterinary Comparative Orthopaedics and Traumatology*, v.3, p.167-177, 2011.
- UEDA, H.; MATSUKAWA, T.; WATANABE, T.; et al. Morphological, biochemical and mechanical features of the cranial cruciate ligament and lateral collateral ligaments in dogs. *Okajimas Folia Anatomica Japonica*, v.83, p.25-32, 2006.
- VASSEUR, P.B. Articulação do joelho. In: SLATTER, D. *Manual de cirurgia de pequenos animais*. 3ed. Barueri: Manole, 2007, p.2090-2133.
- VASSEUR, P.B. Clinical results following nonoperative management for rupture of the cranial cruciate ligament in dogs. *Veterinary Surgery*, v.13, p.243-246, 1984.
- VIANNA, M.L.; ROE, S.C. Mechanical comparison of two knots and two crimp systems for securing nylon line used for extra-articular stabilization of the canine stifle. *Veterinary Surgery*, v.35, p.567-572, 2006.
- WARZEE, C.C.; DEJARDIN, L.M.; ARNOCZKY, S.P.; et al. Effects of tibial plateau leveling on cranial and caudal tibial thrusts in canine cranial cruciate-deficient stifles: an in vitro experimental study. *Veterinary Surgery*, v.30, p.278-286, 2001.
- WILKE, V.L.; CONZEMIUS, M.G.; BENSANCON, M.F.; et al. Comparison of tibial plateau angle between clinically normal Greyhounds and Labrador Retrievers with and without rupture of the cranial cruciate ligament. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v.10, p.1426-1429, 2002.
- WILLIAMS, A; LOGAN, M. Understanding tibio-femoral motion. *The Knee*, v.11, p.81-88, 2004.

WINKELS, P.; WERNER, H.; GREVEL, V.; et al. Development and in situ application of an adjustable aiming device to guide extra to intraarticular tibial tunnel drilling for the insertion of the cranial cruciate ligament in dogs. *Veterinary Surgery*, v.39, p.324-333, 2010.

WOO, S.L.Y.; et al. Biomechanics and anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopedic Surgery and Research*, v.1, p.1-9, 2006.



## ANEXO 1



**UFMG**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**CEUA**

**COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS**

Senhor(a) Professor(a) Cleuza Maria de Faria Rezende,

Após análise de sua solicitação de avaliação do projeto ESTUDO BIOMECÂNICO COMPARATIVO ENTRE AS TÉCNICAS INTRA-ARTICULAR, EXTRA-ARTICULAR E OSTEOTOMIA DE TÍBIA PARA O TRATAMENTO DA RUPTURA DO LIGA, submetido a esta comissão pelo protocolo 252 / 2013, a CEUA decidiu **aprovar** a sua solicitação.

Justificativa: Aprovado na reunião do dia 19/08/2013.

Para acessar ao seu projeto clique no link:

<https://www.ufmg.br/bioetica/cetea/ceua/>

Belo Horizonte, 20/08/2013.

Atenciosamente.

Sistema CEUA-UFMG

<https://www.ufmg.br/bioetica/cetea/ceua/>

Universidade Federal de Minas Gerais  
Avenida Antônio Carlos, 6627 – Campus Pampulha  
Unidade Administrativa II – 2º Andar, Sala 2005  
31270-901 – Belo Horizonte, MG – Brasil  
Telefone: (31) 3499-4516 – Fax: (31) 3499-4592  
[www.ufmg.br/bioetica/cetea](http://www.ufmg.br/bioetica/cetea) - [cetea@prpq.ufmg.br](mailto:cetea@prpq.ufmg.br)



## ANEXO 2

**Tabela 1.** Dados referentes ao grupo Intra-articular nos testes de goniometria na flexão, goniometria na extensão, deslocamento craniocaudal e rotação. APT = ângulo do platô tibial; Pré-RLCC = antes da ruptura do ligamento cruzado cranial; RLCC = ruptura do ligamento cruzado cranial; Pós-op = pós-operatório.

	Massa (kg)	APT (°)	Goniometria flexão (°)			Goniometria extensão (°)			Deslocamento craniocaudal (mm)		Rotação (°)		
			Pré-RLCC	RLCC	Pós-op	Pré-RLCC	RLCC	Pós-op	RLCC	Pós-op	Residual	RLCC	Pós-op
1	28	23,9	14	28	90	158	167	163	17,85	-5,45	12,68	-13,80	-4,87
2	25,3	22,3	41	37	79	163	167	163	11,72	-7,51	4,23	-9,10	5,23
3	27,3	19,5	56	63	116	160	166	159	22,41	-11,50	12,15	-22,67	8,47
4	32,8	26,4	53	40	98	154	152	142	12,85	-10,55	5,05	-12,57	-8,23
5	26,7	25,6	20	42	72	151	167	164	10,67	-3,57	7,64	-15,20	8,13
6	25,2	23,2	-	20	89	-	144	133	20,02	-17,46	3,28	-19,40	5,03
7	26,6	16,5	36	44	115	160	163	158	10,06	-8,28	1,67	-8,470	7,80
8	39,7	22,1	25	20	82	153	161	153	14,40	-10,57	3,84	-7,90	5,37
9	38,2	22,4	42	42	122	155	173	164	16,60	-11,57	5,31	-23,40	0,50
10	27,6	32,2	35	23	43	167	158	144	19,38	-14,73	5,16	-13,47	16,60
11	36	20,4	23	27	45	159	159	160	20,02	-9,27	10,77	-21,13	-9,72
12	29	27,6	39	35	95	159	161	156	18,31	-19,90	1,14	3,17	38,83
média	30,2	23,51	34,91	35,08	87,17	158,09	161,50	154,92	16,19	-10,86	6,08	-13,66	6,10
desvio	5,14	4,10	13,33	12,43	25,34	4,64	7,75	10,09	4,13	4,71	3,90	7,58	12,81



### ANEXO 3

**Tabela 2.** Dados referentes ao grupo Extra-articular nos testes de goniometria na flexão, goniometria na extensão, deslocamento craniocaudal e rotação. APT = ângulo do platô tibial; Pré-RLCC = antes da ruptura do ligamento cruzado cranial; RLCC = ruptura do ligamento cruzado cranial; Pós-op = pós-operatório.

	Massa (kg)	TPA (°)	Goniometria flexão (°)			Goniometria extensão (°)			Deslocamento craniocaudal (mm)			Rotação (°)	
			Pré-RLCC	RLCC	Pós-op	Pré-RLCC	RLCC	Pós-op	RLCC	Pós-op	Residual	RLCC	Pós-op
1	29	18,0	23	34	34	150	162	158	11,42	-9,71	2,28	-18,97	4,93
2	25	27,7	-	30	38	-	156	130	5,14	-3,54	2,02	-5,33	2,80
3	34,5	25,6	35	42	30	148	156	134	8,64	-6,10	4,02	-4,77	0,33
4	27,6	-	50	35	34	153	159	162	15,43	-4,05	11,42	-13,10	5,53
5	41,5	24,2	33	29	34	157	164	160	14,06	-4,00	10,11	-20,03	3,40
6	33,8	23,3	42	30	31	147	153	153	8,56	-3,94	5,27	-13,70	4,17
7	29,3	17,9	37	29	26	154	168	130	20,32	-14,87	6,87	-20,90	4,43
8	27,5	26,5	71	82	73	157	157	154	11,38	-6,14	5,33	-11,47	4,70
9	27,7	-	34	36	34	154	160	158	15,91	-11,66	4,82	-13,53	3,03
média	30,65	23,31	40,63	38,56	37,11	152,50	159,44	148,78	12,32	-7,11	5,79	-13,53	3,70
desvio	5,09	3,94	14,49	16,84	13,87	3,82	4,64	13,41	4,62	4,05	3,21	5,86	1,55



## ANEXO 4

**Tabela 3.** Dados referentes ao grupo TPLO nos testes de goniometria na flexão, goniometria na extensão, deslocamento craniocaudal e rotação. APT = ângulo do platô tibial; Pré-RLCC = antes da ruptura do ligamento cruzado cranial; RLCC = ruptura do ligamento cruzado cranial; Pós-op = pós-operatório.

	Goniometria flexão (°)			Goniometria extensão (°)			Deslocamento craniocaudal (mm)			Rotação (°)				
	Massa (kg)	TPA (°)	TPA pós(°)	Pré-RLCC	RLCC	Pós-op	Pré-RLCC	RLCC	Pós-op	RLCC	Pós-op	Residual	RLCC	Pós-op
1	26,1	26,6	5,20	23	37	53	154	161	172	16,40	-5,54	15,09	-11,90	-13,77
2	27,6	24,1	5,00	36	43	28	151	156	169	14,08	-7,99	6,49	-8,53	-5,60
3	36,6	24,7	5,60	42	32	32	158	156	170	11,90	-7,20	8,31	-10,17	-12,47
4	38,1	25,2	5,10	15	18	48	151	159	188	13,49	-14,55	-1,26	-20,07	-2,47
5	25,1	18,4	6,50	60	44	52	149	155	168	12,93	-4,08	9,04	-13,37	-20,07
6	32,1	22,8	5,90	59	33	46	148	160	173	13,03	-4,85	10,95	-14,60	-9,97
7	26,7	22,4	4,60	47	30	50	154	159	173	11,63	-4,92	7,18	-3,37	4,20
8	37,1	19,7	5,10	41	30	43	150	165	174	10,12	-13,10	-3,07	-7,87	-2,17
9	31,6	15,8	5,70	35	31	25	164	168	174	8,93	-4,71	8,12	-3,70	-6,70
média	31,22	22,19	5,41	39,77	33,11	41,89	153,22	159,89	173,44	12,50	-7,44	6,76	-10,40	-7,67
desvio	5,11	3,54	0,57	14,87	7,79	10,74	5,07	4,31	5,88	2,20	3,85	5,67	5,32	7,27

