



**LARISSA TEIXEIRA PACHECO**

**MEDIDAS DE TRANSLAÇÃO CRANIAL DA TÍBIA PARA  
DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DA RUPTURA DO  
LIGAMENTO CRUZADO CRANIAL EM CÃES**

**LAVRAS – MG**

**2019**

**LARISSA TEIXEIRA PACHECO**

**MEDIDAS DE TRANSLAÇÃO CRANIAL DA TÍBIA PARA  
DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DA RUPTURA DO LIGAMENTO  
CRUZADO CRANIAL EM CÃES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Clínica, Cirurgia e Patologia Veterinária, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Leonardo Augusto Lopes Muzzi  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Pacheco, Larissa Teixeira.

Medidas de translação cranial da tibia para diagnóstico  
radiográfico da ruptura do ligamento cruzado cranial em cães /  
Larissa Teixeira Pacheco – Lavras: UFLA, 2019.

59 p.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal  
de Lavras, 2019.

Orientador: Leonardo Augusto Lopes Muzzi.

Coorientadora: Ruthnéa Aparecida Lázaro Muzzi.

Bibliografia.

1. Avanço tibial cranial. 2. Doença articular degenerativa. 3.  
Compressão tibial. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**LARISSA TEIXEIRA PACHECO**

**MEDIDAS DE TRANSLAÇÃO CRANIAL DA TÍBIA PARA  
DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DA RUPTURA DO LIGAMENTO  
CRUZADO CRANIAL EM CÃES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Clínica, Cirurgia e Patologia Veterinária, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 22 de Fevereiro de 2019.

Profa. Dra. Ruthnéa Aparecida Lázaro Muzzi – DMV/UFLA

Profa. Dra. Elaine Maria Seles Dorneles – DMV/UFLA

Prof. Dr. Fernando Yoiti Kitamura Kawamoto – UNILAVRAS

Prof. Dr. Leonardo Augusto Lopes Muzzi

Orientador

**LAVRAS**

**2019**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, por me encorajar e me apoiar em absolutamente cada decisão tomada até aqui. À minha mãe, em especial, por ter se preocupado até mais que eu mesma com o meu cansaço... assim como sofre indiretamente, espero que sinta na mesma proporção a alegria que eu sinto com essa conquista.

Ao professor Leonardo Muzzi, meu orientador desde a graduação, pelos ensinamentos, por me incentivar e por ser um grande exemplo de profissional. Obrigada por todas as oportunidades e por me transmitir tanto conhecimento e confiança.

Aos meus amigos, por estarem comigo desde sempre! Agradeço pela ajuda nos momentos mais difíceis dessa trajetória e por toda a energia positiva que sinto vindo de vocês... eu não poderia ter encontrado melhores “âncoras e motores” que vocês.

Ao Henrique, por me dar força quando parecia me faltar; pela paciência que eu mesma não tive; pelo puxão de orelha na hora certa e por me fazer entender que tudo tem seu tempo.

À Renata, pelo enorme auxílio no desenvolvimento desse trabalho e pela amizade sem cobrança e sincera nesses anos em Lavras.

Às minhas companheiras de mestrado e grandes amigas que a pós-graduação me deu, Lorena e Deborah, que entendem como ninguém a dificuldade de chegar até aqui e, por isso, sempre foram uma fonte de apoio.

Aos residentes do HV-UFLA, pela ajuda não só neste projeto, mas pela convivência divertida e enriquecedora.

A todos os funcionários do HV-UFLA, pela dedicação em proporcionar um ambiente adequado de trabalho para todos e pelo enorme carinho que surgiu durante nossa convivência.

À banca examinadora, por gastarem um pouquinho do seu tempo para que pudessem participar desse momento tão importante e por toda a colaboração neste trabalho.

Ao setor de Diagnóstico por Imagem, pelo auxílio com os animais e exames e por ceder o espaço para a realização deste trabalho.

À secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, especialmente Dona Fátima, que colaborou enormemente para que essa defesa ocorresse.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os alunos de iniciação científica que colaboraram e colaboram com os trabalhos realizados pela equipe de ortopedia e cirurgia.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), por ser minha segunda casa e por proporcionar tantas oportunidades de crescimento profissional, acadêmico e pessoal.

Aos demais pós-graduandos que contribuíram com este trabalho.

A todos da clínica Vet&Pet, que sempre colaboraram com a minha evolução como pessoa e médica veterinária.

A todos os tutores e seus cães que participaram deste projeto.

À Milene, por me acompanhar nos momentos difíceis e me ensinar a apreciar e valorizar minhas conquistas.

Agradeço imensamente aqueles que, direta ou indiretamente, participaram e contribuíram de alguma forma com este trabalho e com o meu enriquecimento profissional. Sozinhos, não chegamos a lugar algum, muito menos permanecemos nele sem apoio, amizade, amor e ajuda.

*“Mesmo quando tudo parece desabar, cabe a mim decidir  
entre rir ou chorar, ir ou ficar, desistir ou lutar;  
porque descobri, no caminho incerto da vida,  
que o mais importante é: decidir”.*

Cora Coralina

## RESUMO

Este estudo está dividido em dois capítulos: o primeiro trata de uma breve introdução geral e referencial teórico a respeito da ruptura do ligamento cruzado cranial (LCCr) em cães, com o intuito de justificar os objetivos e as hipóteses formuladas no trabalho científico. O segundo capítulo está apresentado na forma de artigo científico, cujo objetivo foi avaliar o efeito da compressão tibial nas medidas de translação cranial da tibia em cães normais e cães com ruptura ligamentar, e definir critérios específicos para o diagnóstico radiográfico da ruptura do LCCr. Foram avaliadas radiografias de 60 cães divididos em três grupos, sendo 20 animais adultos hígidos, 20 adultos com ruptura do LCCr e 20 filhotes hígidos. Em cada cão, foram realizadas duas projeções radiográficas mediolaterais da região do joelho, sendo uma no posicionamento articular convencional e outra sob estresse articular por meio da compressão tibial. Foram mensuradas cinco variáveis em cada projeção radiográfica: ângulo de translação tibial medido pelo método já estabelecido (ATTa) e modificado (ATTb), ângulo do ligamento patelar (ALP), ângulo de inserção do ligamento patelar (AILP), e a distância linear entre ponto de origem e de inserção (DPOI) do LCCr. A medida linear DPOI foi transformada em uma razão (DPOIr na compressão tibial dividida pela DPOI sem compressão tibial), chamada de DPOIr, avaliada para fins diagnósticos. A análise estatística apontou que, em relação ao posicionamento radiográfico, a realização da compressão tibial alterou de forma significativa na maioria das variáveis na comparação dentro dos grupos. As variáveis DPOI e ATTa não apresentaram diferenças de valores entre os posicionamentos sem e com compressão tibial no grupo de cães adultos normais, mas apresentaram destacada diferença no grupo de cães com ruptura do LCCr, sendo considerados importantes parâmetros para o diagnóstico da doença. Na análise de DPOIr, foi possível diferenciar os cães com ruptura do LCCr dos cães hígidos, com elevada especificidade e sensibilidade. Valores de DPOIr acima de 1,05 foram indicativos consistentes da ruptura do LCCr, possibilitando o diagnóstico radiográfico preciso da doença.

Palavras-chave: Avanço tibial cranial. Compressão tibial. Articulação do joelho

## ABSTRACT

This study is divided into two chapters: the first deals with a brief general introduction and theoretical reference regarding the rupture of the cranial cruciate ligament (CCL) in dogs, with the purpose of justifying the objectives and hypotheses formulated in scientific research. The second chapter is presented as a scientific paper, whose objective was to evaluate the effect of tibial compression on cranial tibial translation measurements in normal dogs and CCL ruptured dogs, and to define specific criteria for radiographic diagnosis of the CCL rupture. Radiographs of 60 dogs were divided into three groups: 20 healthy adult dogs, 20 adult dogs with CCL rupture and 20 healthy puppies. In each dog, two mediolateral radiographic projections of the stifle joint were performed, one in the conventional joint position and the other under joint stress by tibial compression. Five variables were measured in each radiographic projection: tibial translation angle measured by the established method (TTAa) and modified method (TTAb), patellar ligament angle (PLA), patellar ligament insertion angle (PLIA), and linear distance between the points of origin and insertion of the CCL (DPOI). The linear measure DPOI was transformed into the ratio rDPOI (DPOI in the tibial compression divided by the DPOI without tibial compression), which was evaluated for diagnostic purposes. Statistical analysis showed that, in relation to the radiographic positioning, the tibial compression significantly altered in almost all variables in the comparison within the groups. The DPOI and TTAa variables did not show differences between the radiographic positions with and without tibial compression in the group of normal adult dogs, but showed a significant difference in the group of dogs with CCL rupture, and they were considered important parameters for the disease diagnosis. Regarding the analysis of the rDPOI, it was possible to differentiate the dogs with CCL rupture from the healthy dogs, with high specificity and sensitivity. Values of rDPOI above 1.05 were consistent with CCL rupture, allowing the precise radiographic diagnosis of the disease.

Key words: Cranial tibial advancement. Tibial compression. Stifle joint

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

- Figura 1 Imagem radiográfica na projeção mediolateral do membro pélvico de um cão, mostrando a obtenção da angulação desejada ( $135^\circ \pm 5^\circ$ ) da articulação do joelho.....35
- Figura 2 Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão, mostrando a obtenção do ângulo do ligamento patelar (ALP).....37
- Figura 3 Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão, mostrando a obtenção do ângulo de inserção do ligamento patelar (AILP).....38
- Figura 4 Imagem radiográfica na projeção mediolateral do membro pélvico de um cão, mostrando a obtenção dos ângulos de translação tibial (ATTa e ATTb).....39
- Figura 5 Imagens radiográficas na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão, realizadas no posicionamento convencional (SCT) e sob compressão tibial (CCT), mostrando a obtenção da distância entre os pontos de origem e de inserção do ligamento cruzado cranial (DPOI) (linha vermelha).....40

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

- Tabela 1 Valores obtidos na mensuração do ângulo do ligamento patelar (ALP) em relação à comparação do efeito da radiografia sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT) nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).....42
- Tabela 2 Valores obtidos na mensuração do ângulo de inserção do ligamento patelar (AILP) em relação à comparação do efeito da radiografia sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT) nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).....42
- Tabela 3 Valores obtidos na mensuração do ângulo de translação tibial (ATTa) pelo método de Fujita *et al.* (2017) em relação à comparação do efeito da radiografia sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT) nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).....42
- Tabela 4 Valores obtidos na mensuração do ângulo de translação tibial (ATTb) pelo método modificado em relação à comparação do efeito da radiografia sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT) nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).....43

Tabela 5	Valores obtidos na mensuração da distância entre o ponto de origem e de inserção do LCCr (DPOI) em relação à comparação do efeito da radiografia sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT) nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).....	43
Tabela 6	Resultado da avaliação estatística pela curva ROC (Receiver Operating Characteristic Curve) dos valores da razão DPOIr entre todos os cães normais (grupos G1 e G3) e os cães com ruptura do LCCr (grupo G2).....	51
Tabela 7	Variabilidade interobservador utilizando-se o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) com intervalo de confiança (IC = 95%), na mensuração de nove variáveis radiográficas analisadas, com amostra de 50% dos cães de cada grupo, totalizando 30 cães.....	55

## LISTA DE GRÁFICOS

### CAPÍTULO 2

- Gráfico 1    Valores obtidos na mensuração do ângulo do ligamento patelar (ALP) de acordo com a comparação entre os grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3), em relação à radiografia realizada sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT).....46
- Gráfico 2    Valores obtidos na mensuração do ângulo de inserção do ligamento patelar (AILP) de acordo com a comparação entre os grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3), em relação à radiografia realizada sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT).....47
- Gráfico 3    Valores obtidos na mensuração do ângulo de translação tibial (ATTa) de acordo com a comparação entre os grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3), em relação à radiografia realizada sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT).....48
- Gráfico 4    Valores obtidos na mensuração do ângulo de translação tibial (ATTb) de acordo com a comparação entre os grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3), em relação à radiografia realizada sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT).....49

- Gráfico 5 Valores obtidos na mensuração da distância entre o ponto de origem e de inserção do LCCr (DPOI) de acordo com a comparação entre os grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3), em relação à radiografia realizada sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT).....50
- Gráfico 6 Análise de comparação múltipla dos valores obtidos para a variável DPOIr nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).....52
- Gráfico 7 Análise de frequência cumulativa obtida no teste de predição pela curva ROC nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).....53

**LISTA DE ABREVIATURAS**

kg      Quilograma

mm      Milímetro

**LISTA DE SIGLAS**

ANOVA	Análise de variância
ATTa	Ângulo de translação tibial
CCT	Com compressão tibial
CEUA	Comitê de Ética no Uso de Animais
CV	Coeficiente de variação
DAD	Doença articular degenerativa
DPOI	Distância entre o ponto de origem e de inserção
HV	Hospital Veterinário
LCCr	Ligamento cruzado cranial
PLA	Ângulo do ligamento patelar
PLIA	Ângulo de inserção do ligamento patelar
SCT	Sem compressão tibial
TPLO	Osteotomia de nivelamento do platô tibial
TTA	Avanço da tuberosidade tibial
UFLA	Universidade Federal de Lavras

**LISTA DE SÍMBOLOS**

%	Porcentagem
°	Graus
>	Maior que
<	Menor que
=	Igual

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>19</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Anatomia.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Etiopatogenia .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 Diagnóstico.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4 Tratamento.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5 Prognóstico.....</b>	<b>27</b>
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO 2 - MEDIDAS DE TRANSLAÇÃO CRANIAL DA TÍBIA PARA O DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DA RUPTURA DO LIGAMENTO CRUZADO CRANIAL EM CÃES.....</b>	<b>31</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>31</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>32</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>58</b>

## **CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL**

### **1 INTRODUÇÃO**

O ligamento cruzado cranial (LCCr) é um componente fundamental para estabilização da articulação do joelho e sua ruptura é uma afecção ortopédica muito comum em cães que leva a diferentes graus de osteoartrite, cursando com perda variável na função dos membros pélvicos. O diagnóstico da ruptura do LCCr é geralmente clínico, utilizando-se testes ortopédicos específicos que avaliam o avanço cranial da tíbia em relação ao fêmur, que são os testes de gaveta e de compressão tibial. O avanço tibial cranial positivo nestes exames fornece diagnóstico preciso, mas mesmo sendo realizado por profissionais capacitados, alguns fatores podem influenciar o resultado do exame, principalmente nos casos crônicos onde há fibrose periarticular suficiente para reduzir o deslocamento tibial e gerar um resultado falso negativo.

O exame radiográfico convencional do joelho auxilia no diagnóstico da ruptura do LCCr, pois a radiografia possibilita apenas a identificação de alterações compatíveis com efusão articular e doença articular degenerativa (DAD). No entanto, na radiografia realizada com estresse articular por meio da compressão tibial, pode ser possível visualizar a translação cranial da tíbia decorrente da ruptura ligamentar. O exame radiográfico também é essencial para o planejamento cirúrgico. São descritas diversas técnicas cirúrgicas para o tratamento da ruptura do LCCr, mas nenhum estudo demonstra superioridade significativa de uma técnica em relação à outra e nenhuma delas impede a progressão da DAD. O diagnóstico tardio da ruptura do LCCr ainda é um entrave na tentativa de buscar o melhor tratamento e prognóstico para os cães acometidos, que geralmente são animais de raças médias ou grandes, e que podem evoluir para uma condição crônica debilitante.

A tomografia computadorizada pode fornecer informações mais detalhadas a respeito da condição articular após a ruptura do LCCr, e exames como ressonância magnética e artroscopia fornecem o diagnóstico preciso tanto da ruptura quanto de outras afecções consequentes da instabilidade articular, tais como lesões meniscais e cartilagosas. Porém, é preciso considerar que na medicina veterinária, na maioria dos casos, os recursos financeiros e de logística são limitados e exames mais avançados não estão facilmente disponíveis. Ainda, com o advento da telemedicina, surge a necessidade de maior acurácia no diagnóstico realizado pelo radiologista.

Por estas razões, torna-se necessária uma técnica radiográfica de baixo custo e de melhor eficácia para diagnóstico da ruptura do LCCr, auxiliando na rápida intervenção e na adequada resolução do problema.

Este estudo objetivou fornecer parâmetros quantitativos mais sensíveis e específicos para o diagnóstico radiográfico da ruptura do LCCr em cães, além de evidenciar as vantagens da utilização da radiografia sob estresse articular com realização da compressão tibial. Diversos parâmetros foram mensurados em busca de estabelecer o mais efetivo para o diagnóstico preciso, considerando avaliações realizadas em cães adultos normais, adultos com ruptura ligamentar e filhotes normais. Todos os valores também foram comparados em relação ao posicionamento radiográfico com e sem estresse articular, formulando-se a hipótese de que os resultados obtidos nas radiografias com compressão tibial, quando comparados com aqueles obtidos no posicionamento convencional sem compressão, seriam eficazes para definir o diagnóstico de ruptura do LCCr pelo exame radiográfico.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **RUPTURA DO LIGAMENTO CRUZADO CRANIAL EM CÃES**

#### **2.1 Anatomia**

A articulação do joelho (fêmoro-tíbio-patelar) é classificada como uma articulação sinovial condilar complexa, tendo a flexão, extensão e rotação como os tipos primários de movimentação (MUIR, 2018). A congruência articular entre fêmur e tíbia é alcançada pela interposição dos meniscos lateral e medial. O menisco é um disco de fibrocartilagem em formato semilunar que ajuda na absorção de impactos, tanto o medial quanto o lateral estão aderidos aos ossos através de ligamentos. Os meniscos possuem ainda conexão com a cápsula articular e com os ligamentos colaterais (POZZI *et al.*, 2018). A anatomia e a função dos meniscos estão intimamente relacionadas aos movimentos da articulação do joelho, por esta razão, nos casos de ruptura do LCCr, estas estruturas podem se lesionar devido à instabilidade articular (BRINKER; PIERMATTEI; FLO's, 2016). Os meniscos possuem inervação aferente e, uma vez lesionados,

geram quadro de dor nos cães acometidos, culminando com utilização inadequada do membro (MUIR, 2018).

O joelho é composto por quatro ligamentos, cada um deles com funções específicas, que fornecem estabilidade e neutralizam as forças atuantes sobre a articulação. Os ligamentos colaterais são extra-articulares e responsáveis primariamente por limitar a movimentação vara e valga da tibia. Os ligamentos cruzados são intra-articulares e extra-sinoviais e denominados cranial e caudal, de acordo com suas inserções na tibia (MUZZI *et al.*, 2003).

Como estrutura de maior importância na estabilidade do joelho, o LCCr tem a função de restringir o deslocamento tibial cranial, além de limitar a rotação interna da tibia durante a flexão e contrapor a hiperextensão articular (GRIFFON, 2010). A origem do LCCr ocorre em uma região caudomedial do côndilo femoral lateral, e o ligamento avança distalmente em sentido craniomedial através da fossa intercondilar, para então se inserir craniomedialmente na região intercondilar da tibia. Ele é dividido em dois componentes funcionais, a faixa craniomedial e a faixa caudolateral, as quais se inserem em diferentes pontos no platô tibial. A faixa craniomedial permanece tensa em todas as fases de extensão e flexão articular, enquanto a faixa caudolateral permanece tensa em extensão e frouxa em flexão (POZZI *et al.*, 2018). Em todo o LCCr existem mecanorreceptores e fibras nervosas que atuam como *feedback* proprioceptivo, prevenindo extensão e flexão excessivas do joelho por meio do relaxamento ou contração dos grupos musculares envolvidos no suporte à articulação (BRINKER; PIERMATTEI; FLO's, 2016).

## 2.2 Etiopatogenia

A ruptura do LCCr é uma das afecções ortopédicas mais frequentes envolvendo o membro pélvico dos cães, sendo a principal causa de claudicação nesses pacientes (VASSEUR, 2003). Ela acomete com maior frequência cães de porte médio, grande e gigante, que são os cães que apresentam degeneração ligamentar mais precocemente. Nestes animais, a maior incidência da ruptura ocorre a partir dos cinco anos de idade. A degeneração mais acelerada nos cães de maior porte se deve principalmente à sobrecarga pelo maior peso e consequente aumento da força exercida sob a articulação do joelho durante o apoio do membro, porém fatores anatômicos desfavoráveis como angulação elevada do platô tibial e desvios ósseos rotacionais são mais comuns nestes pacientes (KISHI; HULSE, 2016). Os cães de pequeno porte também são

acometidos, porém em uma faixa etária mais avançada, principalmente a partir dos sete anos e geralmente está associada a outros problemas ortopédicos (MUIR, 2018). Os cães abaixo de 10kg, quando acometidos, geralmente possuem desvios importantes do membro pélvico, luxação patelar medial ou sofreram algum trauma importante na articulação do joelho (COMERFORD *et al.*, 2011).

Estudos consideram a característica genética como fator predisponente para a ruptura do LCCr, embora as evidências ainda sejam questionadas. A estimativa de herdabilidade dos fatores de risco varia em torno de 0,28 e está relacionada a um gene recessivo e alguns genótipos específicos (COMERFORD *et al.*, 2011). Alterações na composição do colágeno, cartilagem, matriz proteica e fibrina estão sendo estudados como possíveis fatores de risco, embora ainda não existam estudos com uma relação estatística entre eles (WILKE *et al.*, 2006). Há maior incidência da ruptura em cães castrados e em fêmeas. Fêmeas castradas são os animais que apresentam maior ocorrência da afecção, o que pode ser explicado pelo aumento de peso após a esterilização cirúrgica e fatores hormonais (POWERS *et al.*, 2005).

Fatores como suprimento sanguíneo e porcentagem de colágeno tipo I também são parâmetros estudados para melhor compreensão da ruptura ligamentar no cão (VASSEUR, 2003), porém as alterações anatômicas e biomecânicas da articulação, obesidade, rotina de exercícios, artrites por causas diversas e outras patologias osteomusculares mostram-se como os principais fatores que levam à afecção por causas não traumáticas (COMERFORD *et al.*, 2011). Os principais traumatismos relacionados à ruptura do LCCr envolvem a hiperextensão articular ou a rotação interna exagerada da tíbia (MUIR, 2018).

Variações anatômicas dos membros pélvicos podem estar intimamente ligadas à carga excessiva sob o LCCr, aumentando o risco de ruptura. A angulação femoral anormal pode estar associada à ruptura ligamentar uma vez que o *genu varum* gera rotação interna exacerbada da tíbia. Além disso, há predisposição à luxação medial da patela, deslocando o mecanismo quadríceps para medial, o que gera força excessiva do mecanismo extensor, além de reduzir a atuação desta musculatura como inibidora do avanço cranial tibial (GRIFFON, 2010). Desvios tibiais independentes do *genu varum* também possuem como consequência a sobrecarga do LCCr (COMERFORD *et al.*, 2011). O ângulo excessivo do platô tibial também é tido como fator anatômico predisponente. A angulação normal varia entre 22° e 25° e valores excessivos atuam exercendo sobrecarga no LCCr durante a deambulação. Ângulos a partir de 35° são considerados

como fator de risco para degeneração mais rápida do LCCr, e a inclinação acentuada do platô tibial é mais frequente nas raças caninas grandes e gigantes, porém a etiopatogenia do desenvolvimento de ângulos aumentados do platô permanece incerta (DUER *et al.*, 2007).

A insuficiência ou ruptura do LCCr gera instabilidade articular e muda o mecanismo biomecânico devido à translação cranial da tibia, o que vai desencadear a DAD por meio de um ciclo que cursa com liberação de mediadores pró-inflamatórios, causando sinovite, efusão articular, deficiência na absorção de impactos e consequente alteração física na cartilagem e osso subcondral, espessamento da cápsula articular, erosões nas superfícies articulares e meniscos, e osteofitose. Este tipo de degeneração articular é considerado secundário, uma vez que há um agente primário causando a alteração (SCHMITZ *et al.*, 2010).

Embora o conhecimento mais completo da etiopatogenia das rupturas ligamentares em geral seja importante para compreensão e prevenção do problema, os estudos têm maior foco nas técnicas de diagnóstico e correção cirúrgica, uma vez que a DAD é extremamente debilitante para os pacientes acometidos e a dor crônica pode reduzir significativamente a qualidade de vida destes animais. Os principais fatores correlacionados à ruptura do LCCr já são devidamente conhecidos. O histórico do paciente, a anamnese adequada e os exames ortopédicos específicos podem já direcionar para o diagnóstico correto na maioria dos casos. Sabe-se que é preciso considerar a idade do cão, peso corporal, enfermidades pré-existentes, porte, nível de atividade e o ambiente, correlacionando todos estes fatores aos exames clínicos e radiográficos (IGNA e SCHUSZLER, 2018).

### 2.3 Diagnóstico

A ruptura do LCCr em cães é diagnosticada mais comumente por meio de exames ortopédicos específicos, como o teste de gaveta e o teste de compressão tibial, ambos avaliam a estabilidade articular e promovem a translação cranial da tibia em relação ao fêmur quando há insuficiência ou ruptura do ligamento (POZZI *et al.*, 2018). Esses testes podem gerar resultados equivocados, isso ocorre porque em casos crônicos onde há intensa fibrose periarticular, em cães com musculatura hipertrofiada ou ainda em animais tensos com contração muscular excessiva, pode ocorrer movimento limitado da tibia e gerar resultado falso negativo. Os resultados falsos positivos podem ocorrer nos animais jovens, que possuem certa lassidão ligamentar, gerando o

movimento de gaveta característico do filhote; ou ainda em outras afecções que culminam na instabilidade articular por deficiência das demais estruturas estabilizadoras do joelho. Ainda sim, a falta de experiência do profissional é um importante fator para que o resultado destes testes não seja fidedigno (FISCHER, 2014). Outras alterações encontradas ao exame físico são fundamentais para direcionar o diagnóstico: fibrose periarticular, efusão articular, estalo meniscal, hipotrofia muscular, claudicação em graus variáveis, crepitação e dor à palpação e movimentação do joelho. A anamnese deve ser criteriosa como forma de eliminar outros diagnósticos diferenciais, tais como displasia coxofemoral e luxação de patela (COMERFORD, 2007).

Os exames complementares podem auxiliar no diagnóstico, mas em geral são mais úteis no planejamento pré-operatório, na avaliação da DAD e das afecções concomitantes (PLESMAN *et al.*, 2012). As lesões meniscais, por exemplo, são melhores caracterizadas com exames avançados de imagem, como a artroscopia e ressonância magnética (TREMOLADA *et al.*, 2014). A radiografia é o exame de imagem utilizado de forma rotineira nos casos de ruptura do LCCr e possibilita, além de avaliação geral da articulação, a realização de medições para realização de cirurgias estabilizadoras corretivas (SKIMER *et al.*, 2013). No exame radiográfico convencional, os principais achados são efusão articular, osteofitose na borda distal da patela e ao redor das fabelas, e esclerose óssea na borda troclear e no platô tibial. Nos casos mais graves de DAD, tanto a presença de osteofitose quanto a esclerose óssea tendem a se expandir para regiões como o sulco do músculo extensor digital longo e região caudal do platô tibial (DE ROOSTER; VAN BREE, 1999). A translação cranial da tibia visto no exame radiográfico é um indício de ruptura ligamentar, mas pode ser um aspecto subjetivo e deve ser analisado com cautela, e nunca como um parâmetro individual (GRIFFON, 2010). As radiografias convencionais são feitas nas projeções mediolateral e craniocaudal, mas este exame quando feito sob estresse articular, realizando-se a compressão tibial, pode demonstrar de forma mais confiável a insuficiência ou ruptura do LCCr (DE ROOSTER; VAN RYSSSEN; VAN BREE, 1998). Diversos parâmetros podem ser avaliados radiograficamente, dando fortes indícios da afecção, mas nenhum deles ainda é capaz de gerar um diagnóstico radiográfico definitivo, ou seja, há ainda a necessidade de associar os achados radiográficos ao exame ortopédico específico e avaliação geral do paciente (PLESMAN *et al.*, 2012).

Nas projeções radiográficas mediolaterais do joelho, a comparação entre o posicionamento articular convencional e o sob estresse articular por meio da compressão tibial dão fortes indícios para o diagnóstico da ruptura do LCCr, que também podem ser utilizados para avaliação da eficiência do tratamento cirúrgico (SKIMER *et al.*, 2013). Já foi demonstrado previamente que a análise qualitativa do avanço tibial cranial e a presença dos achados de DAD são capazes de indicar ruptura do LCCr. A melhor acurácia diagnóstica realizando-se a compressão tibial foi comprovada no exame de ressonância magnética, demonstrando a importância de se realizar o exame diagnóstico com o joelho submetido ao estresse articular (TREMOLADA *et al.*, 2014). O estudo comparativo das imagens obtidas pode também fornecer diferencial entre rupturas totais e parciais, e ainda sugerir maior predisposição do paciente a desenvolver uma ruptura ligamentar futura (CHUANG *et al.*, 2014). A avaliação de determinadas medidas radiográficas podem ser utilizadas como incremento no diagnóstico de possível ruptura do LCCr, mas é fundamental o conhecimento dos valores dessas medidas em animais normais de diferentes portes e raças, além da comparação entre membro afetado e membro normal, quando há ruptura unilateral. Estes parâmetros podem auxiliar tanto no diagnóstico quanto na avaliação de predisposição a desenvolver o problema. Na avaliação radiográfica foi recomendada a mensuração do ângulo de inserção do ligamento patelar, ângulo do platô tibial, ângulo do ligamento patelar em relação à tangente comum no ponto de contato tibiofemoral e de uma medida linear que descreva quantitativamente o deslocamento cranial da tibia (ARRUDA *et al.*, 2018).

#### 2.4 Tratamento

Sabe-se que o tratamento cirúrgico é a opção mais indicada quando ocorre ruptura do LCCr, pois há necessidade em buscar adequada estabilização articular após a perda deste componente, porém todas as técnicas cirúrgicas descritas apresentam complicações a longo prazo (SLOCUM; SLOCUM, 1993). O tratamento conservativo é baseado em fisioterapia, controle de peso, utilização de suplementos e medicações, e manejo específico nas crises agudas (DUER *et al.*, 2014). Tratar a ruptura do LCCr de forma conservativa geralmente não apresenta resultados favoráveis devido à progressão rápida da DAD, comprometendo o uso do membro acometido e

predispondo à ruptura bilateral, o que reduz significativamente a qualidade de vida do paciente (VASSEUR, 2003).

Diversas técnicas cirúrgicas foram desenvolvidas para o tratamento desta afecção, mas nenhuma delas apresenta resultados significativamente superiores às demais, alterando-se apenas os índices de complicações e o nível de dificuldade da técnica. De forma geral, as opções cirúrgicas disponíveis oferecem cerca de 90% de resultados favoráveis e, por esta razão, a escolha da técnica deve levar em consideração múltiplos fatores (DUERR *et al.*, 2014). Novos conceitos demonstram que é necessário considerar diversos fatores para escolha do tratamento adequado, principalmente aqueles associados às alterações anatômicas importantes, como a angulação do platô tibial (KISHI; HULSE, 2016). A estabilização cirúrgica tem como objetivo principal bloquear o impulso cranial e a rotação interna excessiva da tíbia (SLOCUM; SLOCUM, 1993), mas diversos fatores relacionados ao animal, seu tutor e cirurgião devem ser analisados criteriosamente para escolha da técnica mais adequada àquele paciente (FISCHER, 2014).

Dentre os possíveis tratamentos disponíveis existem as técnicas intracapsulares, extracapsulares e as osteotomias corretivas. Independente da escolha, a artrotomia é o primeiro passo a ser seguido durante o procedimento, permitindo inspeção articular mais ampla, com visualização cuidadosa dos meniscos e remoção dos restos ligamentares. Quando há lesão meniscal secundária, esta deve ser tratada em conjunto com a ruptura do LCCr, podendo ser recomendada a meniscectomia parcial ou total. Dependendo da técnica cirúrgica escolhida, recomenda-se a liberação do menisco medial através da secção do ligamento meniscotibial caudal (MUIR, 2018).

A substituição do ligamento rompido por tecidos autógenos, homólogos ou material sintético inseridos através de orifícios ósseos que simulam o trajeto do LCCr no fêmur e na tíbia consiste no princípio básico das técnicas intracapsulares. De forma geral são técnicas mais antigas e pouco utilizadas atualmente, principalmente pela sua ineficiência em reduzir a progressão da DAD (MUIR, 2018). As técnicas extracapsulares são extremamente variáveis, sendo mais comuns a sutura fabelotibial lateral e a técnica de *TightRope*. A execução destas técnicas é relativamente mais simples que as demais, exige menos material específico e seu objetivo é estabilizar a articulação utilizando-se fios sintéticos de grosso calibre. Estes fios são os responsáveis pela estabilização articular no curto prazo e, dentro alguns meses, a fibrose

periarticular formada é a responsável por impedir parcialmente o avanço cranial e rotação interna excessiva da tíbia (BRINKER; PIERMATTEI, 2016).

As técnicas de osteotomias corretivas da tíbia promovem a estabilização dinâmica da articulação do joelho e são as técnicas em maior evidência e com maior número de estudos atualmente (IGNA; SCHUSZLER, 2018). Baseadas na biomecânica do joelho buscam corrigir a instabilidade articular durante o apoio por meio de modificações anatômicas, sejam elas angulares ou lineares. A osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO) e o avanço da tuberosidade tibial (TTA) são as técnicas mais utilizadas atualmente (MUIR, 2018). De forma geral, as técnicas de osteotomias corretivas exigem um alto nível de experiência do profissional, criterioso planejamento pré-operatório e demandam material ortopédico específico (IGNA; SCHUSZLER, 2018).

## 2.5 Prognóstico

Alguns fatores analisados no diagnóstico, na intervenção cirúrgica e no pós-operatório imediato permitem estabelecer um prognóstico preditivo quanto à recuperação da função articular do joelho acometido. Quanto maior a gravidade da DAD, maior o tempo transcorrido entre a ruptura e a intervenção, e maior a perda da musculatura, menor é a expectativa de plena recuperação da articulação, e estes fatores estão ligados a um prognóstico reservado (IGNA; SCHUSZLER, 2018). As técnicas de osteotomias corretivas costumam proporcionar o apoio precoce do membro operado, melhorando o prognóstico do paciente (KISHI; HULSE, 2016), enquanto as técnicas intracapsulares mantêm a instabilidade articular nos primeiros meses e promovem uma recuperação muito lenta (BRINKER; PIERMATTEI, 2016). Os animais idosos, com capacidade reduzida de reparação óssea e menor expectativa de vida, possuem um prognóstico mais reservado e, por esta razão, a opção por um tratamento menos invasivo reduz a morbidade pós-operatória e pode fornecer resultados satisfatórios (FISCHER, 2014). Nenhuma das técnicas descritas impede a progressão da DAD, sendo necessário um acompanhamento de longo prazo em todos os cães acometidos pela ruptura do LCCr. Deve-se ainda considerar o fato de que cerca de 50% dos cães de raças grandes acometidos unilateralmente poderão apresentar a ruptura do ligamento contralateral no prazo de um ano (DUER *et al.*, 2014).

A utilização de suplementos que contenham ômega 3, sulfato de condroitina, glucosamina, manganês, entre outros, podem auxiliar na redução da dor e na recuperação dos pacientes (DUER *et al.*, 2014). O rápido retorno à função do membro, promovendo a hipertrofia muscular, é essencial para um bom prognóstico, uma vez que a musculatura auxilia de forma direta na estabilidade articular (MUIR, 2018). Também é recomendado o controle de peso, realização de fisioterapia e exercícios controlados, utilização de protetores de cartilagem e a não realização de atividades de alto impacto, pois são fatores que auxiliam na melhor recuperação pós-operatória (DUER *et al.*, 2014). Em geral, o prognóstico favorável depende, basicamente, do diagnóstico rápido e da correção cirúrgica precoce, evitando as lesões meniscais concomitantes, a acentuada progressão da DAD e a perda muscular (IGNA; SCHUSZLER, 2018). A reabilitação física, iniciada assim que possível e realizada por profissional capacitado, melhora significativamente o prognóstico da recuperação articular e deve ser indicada para todos os pacientes, considerando a individualidade de cada um (BERTE *et al.*, 2012).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, A.F.D.P. *et al.* Radiographic assessment of the proximal tibial angles in dogs and cats with and without cranial cruciate ligament rupture. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v.38, n.6, p.1190-1195, 2018.

BERTE, L. *et al.* Immediate physical therapy in dogs with rupture of the cranial cruciate ligament submitted to extracapsular surgical stabilization. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.64, n.1, p.1-8, 2012.

BRINKER, W.O.; PIERMATTEI, D.L.; FLO's, G.L. **Handbook of small animal orthopedics and fracture repair**. 5.ed. St. Lous: Elsevier, 2016.

CHUANG, C. *et al.* Radiographic Risk Factors for Contralateral Rupture in Dogs with Unilateral Cranial Cruciate Ligament Rupture. **Plos One**. v.9, n.9, p.1–10, 2014.

COMERFORD, E.J. Current thoughts on canine cranialcruciate ligament disease. In: 56º CONGRESSO INTERNAZIONALE MULTISALA (SCIVAC), **Rimini Proceeding**. Società culturale italiana veterinari per animali da compagnia, 2007. p.147-148.

COMERFORD, E. J.; SMITH, K.; HAYASHI, K. Update on the aetiopathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. n.1, p.91–98, 2011.

DE ROOSTER, H.; VAN RYSSSEN, B.; VAN BREE, H. Diagnosis of cranial cruciate ligament

injury in dogs by tibial compression radiography. **The Veterinary Record**. v.142, p.366-368, 1998.

DE ROOSTER, VAN BREE, H. Diagnosis of cranial cruciate ligament injury in dogs by tibial compression radiography. **Journal of Small Animal Practice**. v.40, p.573-576, 1999.

DUERR, F.M. *et al.* Risk factors for excessive tibial plateau angle in large-breed dogs with cranial cruciate ligament disease. **Journal of the American Veterinary Medical Association**. v.231, n.11, p.1688-1691, 2007.

DUERR, F.M. *et al.* Treatment of canine cranial cruciate ligament disease. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. n.27, p. 478–483, 2014.

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, n.4, p.399-409, 2010.

FISCHER, W.C. Ruptura del ligamento cruzado craneal em perros. **Revista CES Medicina Veterinária y Zootecnia**. v.9, n.2, p.324-337, 2014.

IGNA, C.; SCHUSZLER, L. Treatment Options for Cranial Cruciate Ligament Rupture In Dog - A Literature Review. **Biomedical Journal of Scientific & Technical Research**. v.3, n.1, p.1–7, 2018.

KISHI, E. N.; HULSE, D. Owner Evaluation of a CORA-Based Leveling Osteotomy for Treatment of Cranial Cruciate Ligament Injury in Dogs. **Veterinary Surgery**. n.45, p.507-514, 2016.

MUIR, P. **Avances in the canine cranial cruciate ligament**. 2ed. New Jersey: Wiley, 2018.

MUZZI, L.A.L. *et al.* Ruptura do ligamento cruzado cranial em cães: fisiopatologia e diagnóstico. **Clínica Veterinária**, São Paulo, v.5, n.6, p.32-42, 2003.

PLESMAN, R. *et al.* Radiographic landmarks for measurement of cranial tibial subluxation in the canine cruciate ligament deficient stifle. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. v.25, p.478–487, 2012.

POWERS, M. Y. *et al.* Prevalence of cranial cruciate ligament rupture attributed to hip dysplasia : 369 cases (1994–2003). **Journal of the American Veterinary Medical Association** v.227, n.7, p.2004–2006, 2005.

POZZI, A. *et al.* Stifle Joint. IN TOBIAS, K.M.; JOHNSTON, S.A. **Veterinary Surgery: Small Animal**. 2ed. St. Louis: Saunders, 2018. vol.1, cap. 4, pag.906-999.

SCHMITZ, N. *et al.* Basic methods in histopathology of joint tissues. **Osteoarthritis and Cartilage**, v.18, p.S113–S116, 2010.

SKINNER, O. T. *et al.* In vivo femorotibial subluxation during weight-bearing and clinical outcome following tibial tuberosity advancement for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. **The Veterinary Journal**, v.196, n.1, p.86–91, 2013.

SLOCUM, B., SLOCUM, T.D. Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. **Veterinary Clinicals of North America: Small Animal Practice**, v.23, p.777–795,1993.

TREMOLADA, G. *et al.* of the canine stifle joint with and without an intact cranial cruciate ligament. **American Journal of Veterinary Research**. v.75, n.1, p. 41-17, 2014.

VASSEUR, P.B. Stifle joint. In: SLATTER, D. **Textbook of small animal surgery**. 3.ed. Philadelphia: Saunders, 2003. vol.1, cap.147, p.2090-2116.

WILKE, V. L. *et al.* Inheritance of rupture of the cranial cruciate ligament in Newfoundlands. **Journal of the American Veterinary Medical Association**. v.228, n.1, p.61-64, 2006.

## **CAPÍTULO 2**

### **MEDIDAS DE TRANSLAÇÃO CRANIAL DA TÍBIA PARA DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DA RUPTURA DO LIGAMENTO CRUZADO CRANIAL EM CÃES**

#### **RESUMO**

O ligamento cruzado cranial (LCCr) é responsável por restringir o deslocamento cranial da tibia, e sua ruptura é uma das afecções ortopédicas mais frequentes em cães. O diagnóstico desta afecção é realizado mais comumente por exames ortopédicos específicos, e a mensuração do avanço cranial tibial pode auxiliar no diagnóstico radiográfico da doença. Neste estudo objetivou-se avaliar o efeito da compressão tibial nas medidas de translação cranial da tibia em cães normais e cães com ruptura ligamentar, e definir critérios específicos para o diagnóstico radiográfico da ruptura do LCCr. Foram avaliadas radiografias de 60 cães divididos em três grupos, sendo 20 animais adultos hígidos, 20 adultos com ruptura do LCCr e 20 filhotes hígidos. Em cada cão, foram realizadas duas projeções radiográficas mediolaterais da região do joelho, sendo uma no posicionamento articular convencional e outra sob estresse articular por meio da compressão tibial. Foram mensuradas cinco variáveis em cada projeção radiográfica: ângulo de translação tibial medido pelo método já estabelecido (ATTa) e método modificado (ATTb), ângulo do ligamento patelar (ALP), ângulo de inserção do ligamento patelar (AILP), e a distância linear entre ponto de origem e de inserção (DPOI) do LCCr. A medida linear DPOI foi transformada na razão DPOIr (DPOI na compressão tibial dividida pela DPOI sem compressão tibial), sendo esta razão avaliada para fins diagnósticos. A análise estatística apontou que, em relação ao posicionamento radiográfico, a realização da compressão tibial alterou de forma significativa na maioria das variáveis na comparação dentro dos grupos. As variáveis DPOI e ATTa não apresentaram diferenças de valores entre os posicionamentos sem e com compressão tibial no grupo de cães adultos normais, mas apresentaram destacada diferença no grupo de cães com ruptura do LCCr, sendo considerados importantes parâmetros para o diagnóstico da doença. Na análise da razão DPOIr foi possível diferenciar os cães com ruptura do LCCr dos cães hígidos, com elevada especificidade e sensibilidade. Valores de DPOIr acima de 1,05 foram indicativos consistentes da ruptura do LCCr, possibilitando o diagnóstico radiográfico preciso da doença.

Palavras-chave: Avanço tibial cranial. Compressão tibial. Articulação do joelho.

## **TIBIAL CRANIAL TRANSLATION MEASURES FOR RADIOGRAPHIC DIAGNOSIS OF CRANIAL CRUCIATE LIGAMENT RUPTURE IN DOGS**

### **ABSTRACT**

The cranial cruciate ligament (CCL) is responsible for restricting cranial displacement of the tibia, and its rupture is one of the most frequent orthopedic diseases in dogs. The diagnosis of the rupture is more commonly performed by specific orthopedic examinations, and the measurement of cranial tibial advancement may support the radiographic diagnosis of the disease. The objective of this study was to evaluate the effect of tibial compression on cranial tibial translation measurements in normal dogs and CCL ruptured dogs, and to define specific criteria for radiographic diagnosis of the CCL rupture. Radiographs of 60 dogs were divided into three groups: 20 healthy adult dogs, 20 adult dogs with CCL rupture and 20 healthy puppies. In each dog, two mediolateral radiographic projections of the stifle joint were performed, one in the conventional joint position and the other under joint stress by tibial compression. Five variables were measured in each radiographic projection: tibial translation angle measured by the established method (TTAa) and modified method (TTAb), patellar ligament angle (PLA), patellar ligament insertion angle (PLIA), and linear distance between the points of origin and insertion of the CCL (DPOI). The linear measure DPOI was transformed into the ratio rDPOI (DPOI in the tibial compression divided by the DPOI without tibial compression), which was evaluated for diagnostic purposes. Statistical analysis showed that, in relation to the radiographic positioning, the tibial compression significantly altered in almost all variables in the comparison within the groups. The DPOI and TTAa variables did not show differences between the radiographic positions with and without tibial compression in the group of normal adult dogs, but showed a significant difference in the group of dogs with CCL rupture, and they were considered important parameters for the disease diagnosis. Regarding the analysis of the ratio rDPOI, it was possible to differentiate the dogs with CCL rupture from the healthy dogs, with high specificity and sensitivity. Values of rDPOI above 1.05 were consistent with CCL rupture, allowing the precise radiographic diagnosis of the disease.

Key words: Cranial tibial advancement. Tibial compression. Stifle joint.

## 1 INTRODUÇÃO

O ligamento cruzado cranial (LCCr) tem a função de restringir o deslocamento cranial da tíbia em relação ao fêmur, limitar a rotação interna da tíbia durante a flexão, contrapor a hiperextensão articular e auxiliar na estabilidade dos movimentos varo e valgo da articulação do joelho (GRIFFON, 2010). A ruptura do LCCr é uma das afecções ortopédicas mais frequentes em cães, sendo a principal causa de claudicação dos membros pélvicos nestes pacientes (VASSEUR, 2003). A afecção acomete com maior frequência cães de porte médio, grande e gigante, e nestes animais a maior incidência da ruptura ocorre a partir dos cinco anos de idade (MUIR, 2018). A etiopatogenia da insuficiência ou ruptura ligamentar pode ser traumática ou principalmente degenerativa, e fatores anatômicos como angulação do platô tibial e desvios ósseos rotacionais estão relacionados com a afecção (KISHI; HULSE, 2016).

Estudos consideram a característica genética como fator predisponente para a ruptura do LCCr, embora as evidências ainda sejam questionadas (COMERFORD *et al.*, 2011). Variações anatômicas dos membros pélvicos podem estar intimamente ligadas às cargas excessivas sobre o LCCr, aumentando o risco de sua ruptura. A angulação femoral pode estar associada à ruptura ligamentar, uma vez que o *genu varum* ocasiona rotação interna exacerbada da tíbia (COMERFORD *et al.*, 2011). O ângulo excessivo de inclinação do platô tibial também é descrito como um fator anatômico predisponente à doença (DUER *et al.*, 2007). A ruptura do LCCr gera instabilidade articular e altera o mecanismo biomecânico do joelho devido à translação cranial da tíbia, o que vai desencadear a doença articular degenerativa (DAD) progressiva (SCHMITZ *et al.*, 2010).

A ruptura do LCCr em cães é diagnosticada mais comumente por meio de exames ortopédicos específicos, como o teste de gaveta e o teste de compressão tibial, e ambos avaliam a estabilidade articular e promovem a translação cranial da tíbia em relação ao fêmur quando há insuficiência ou ruptura do ligamento (POZZI *et al.*, 2018). Resultados equivocados podem ocorrer com presença de fibrose periarticular intensa que limita a movimentação anormal da tíbia, gerando um resultado falso negativo. O resultado falso positivo pode ocorrer em animais jovens, que possuem normalmente certa lassidão ligamentar e apresentam movimentação cranial da tíbia (COMERFORD, 2007).

Os exames complementares por imagem podem auxiliar no diagnóstico, mas em geral são úteis no planejamento pré-operatório, na avaliação da DAD e na identificação de afecções concomitantes (PLESMAN *et al.*, 2012). A translação cranial da tíbia observada ao exame radiográfico é um indício de ruptura do LCCr, mas deve ser interpretado em associação aos achados clínicos. A radiografia realizada sob estresse articular com utilização da compressão tibial pode indicar de forma mais precisa a insuficiência ou ruptura do LCCr (SKIMER *et al.*, 2013). A melhor acurácia diagnóstica realizando-se a compressão tibial foi comprovada no exame de ressonância magnética, demonstrando a importância de se realizar o exame diagnóstico com o joelho submetido ao estresse articular (TREMOLADA *et al.*, 2014). Nas projeções radiográficas mediolaterais do joelho, a comparação entre o posicionamento articular convencional e o sob compressão tibial dão fortes indícios para o diagnóstico da ruptura do LCCr, que também podem ser utilizados para avaliação da eficiência do tratamento cirúrgico (SKIMER *et al.*, 2013).

Este estudo objetivou avaliar parâmetros quantitativos específicos da translação cranial da tíbia que possibilitem o diagnóstico radiográfico da ruptura do LCCr em cães. Avaliou-se comparativamente o efeito da compressão tibial em radiografias do joelho de cães adultos normais, adultos com ruptura do LCCr e filhotes normais. Formulou-se a hipótese que os animais com a ruptura ligamentar apresentariam valores estatisticamente diferentes dos animais normais nas imagens radiográficas realizadas sob compressão tibial, o que possibilitaria o diagnóstico radiográfico preciso da ruptura do LCCr. Além disso, foi proposta a criação de uma variável como nova opção de diagnóstico quantitativo da ruptura, sendo a razão das medidas entre os pontos de origem e inserção do LCCr obtidas nas radiografias com e sem compressão tibial.

## **2 METODOLOGIA**

Esta pesquisa foi submetida ao Conselho de Ética no Uso de Animais (CEUA-UFLA) e aprovada sob o protocolo R052/17. Todo o trabalho foi realizado nas dependências do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Lavras (HV-UFLA). Inicialmente, foi realizado um levantamento retrospectivo das imagens radiográficas de cães com diagnóstico confirmado de ruptura completa do LCCr, sendo previamente selecionadas radiografias de 32 animais com a afecção. Em seguida, foram definidos os critérios de inclusão na pesquisa, sendo eles o peso

corporal, adequado posicionamento radiográfico, obtenção das radiografias sem sedação ou anestesia e a ausência de outras afecções osteomusculares. Foram selecionados animais com peso corporal entre 15kg e 40kg, levando-se em consideração a epidemiologia da afecção segundo Chuang *et. al* (2014), sendo eles incluídos na pesquisa independentemente do sexo, raça ou etiologia da ruptura ligamentar. Determinou-se que as radiografias deveriam obedecer aos seguintes critérios de posicionamento: projeções mediolaterais do membro pélvico acometido com a incidência radiográfica centralizada no joelho, presença de radiografia convencional (sem compressão tibial) e de radiografia sob estresse articular pela compressão tibial, visualização do osso talo para traçar o eixo funcional da tíbia, côndilos femorais sobrepostos com no máximo 2mm de distância entre suas bordas, e angulação de  $135^{\circ} \pm 5^{\circ}$  para a articulação do joelho em ambas as projeções (Figura 1), mensurada segundo as recomendações de Millet *et al.* (2013). Por fim, foram selecionadas radiografias de vinte animais com ruptura do LCCr que atendiam aos critérios de inclusão previamente determinados para o estudo.

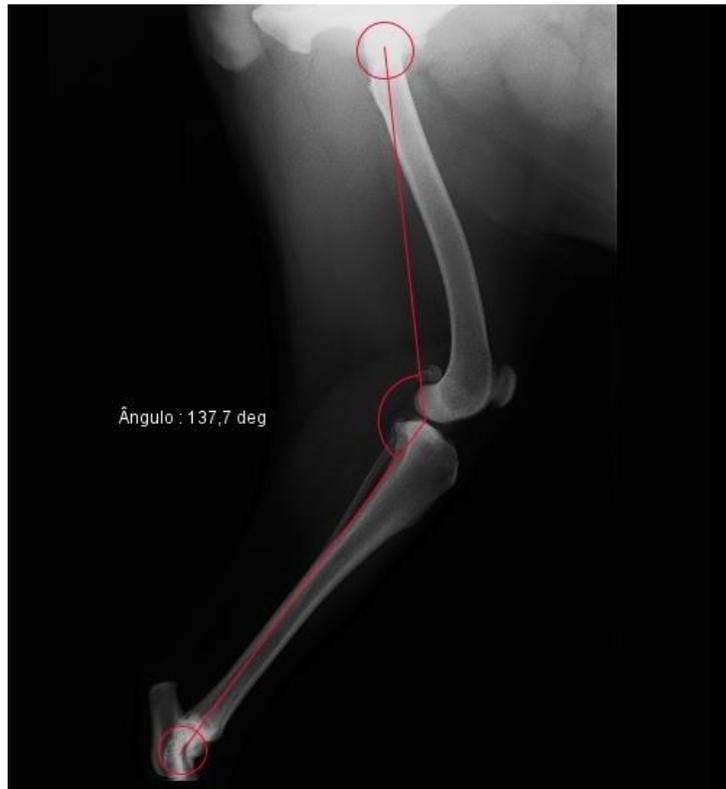


Figura 1 Imagem radiográfica na projeção mediolateral do membro pélvico de um cão, mostrando a obtenção da angulação desejada ( $135^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ) da articulação do joelho. Observar a adequada sobreposição dos côndilos femorais.

A seleção e o exame radiográfico dos cães adultos normais e dos filhotes normais foram realizados de forma prospectiva. Os animais foram definidos como hígidos após realização de exames ortopédicos e radiográficos por profissional experiente, excluindo-se qualquer alteração osteomuscular. No grupo de animais adultos normais foram incluídos aqueles que possuíam peso entre 15kg e 40kg, e faixa etária entre dezoito meses e seis anos de idade. Os cães filhotes normais tinham faixa etária entre seis meses e dez meses de idade, e apresentavam peso corporal acima de 15kg. Não houve seleção baseada no sexo ou na raça destes animais. Foi escolhido de forma aleatória apenas um membro de cada animal normal para ser radiografado, e nenhum tipo de sedação ou anestesia foi utilizado. As radiografias foram realizadas em projeção mediolateral convencional (sem compressão tibial) e em mediolateral com compressão tibial para promover a translação cranial da tibia, obtida pela flexão da articulação tibiotársica, mantendo-se um ângulo de aproximadamente 90° entre o eixo longitudinal da tibia e do tarso. Foram seguidos os mesmos critérios de posicionamento radiográfico estabelecidos para as radiografias do grupo de animais com ruptura ligamentar. No total foram selecionados 60 cães para o estudo, sendo realizada a formação de três grupos com vinte animais em cada: Grupo 1 (G1) – cães adultos normais; Grupo 2 (G2) – cães adultos com ruptura do LCCr; Grupo 3 (G3) – cães filhotes normais.

As mensurações radiográficas foram realizadas no formato de estudo cego por dois observadores com experiência em interpretação radiográfica. Após a adequada obtenção das radiografias em sistema radiográfico computadorizado digital Toshiba Sawae®, as avaliações e mensurações foram realizadas com auxílio de software de processamento de imagem Fuji Prima®. Realizaram-se três medições, em momentos distintos, de cada variável, sendo o valor da média obtida destas três mensurações o valor utilizado para análise estatística.

Realizou-se a mensuração do ângulo do ligamento patelar (ALP) em relação à tangente comum no ponto de contato tibiofemoral, conforme descrito por Arruda *et. al* (2018) (Figura 2). Inicialmente foi definido o ponto de contato tibiofemoral, sendo desenhadas duas circunferências: uma delineando a superfície articular dos côndilos femorais e a outra delineando a região do platô tibial, semelhante ao realizado anteriormente. Uma pequena reta foi traçada unindo os pontos centrais das duas circunferências. Uma reta foi traçada (representada pela linha A) perpendicularmente à pequena reta anterior atravessando o ponto de contato das duas circunferências. A reta (A) representa a tangente comum no ponto de contato tibiofemoral. Outra reta foi traçada (representada pela linha B) unindo a extremidade cranial da patela à extremidade

cranial da tuberosidade tibial, representando o ligamento patelar. O ângulo PLA foi obtido no ponto de encontro das retas A e B.

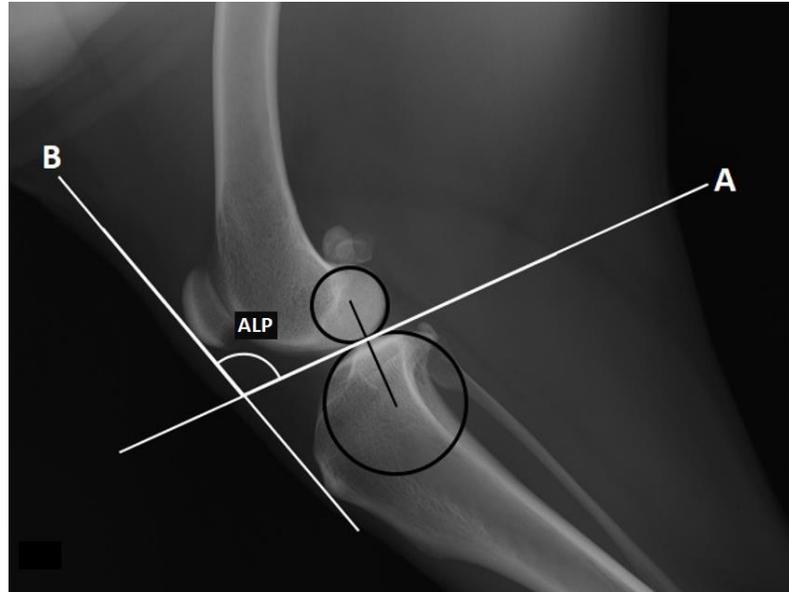


Figura 2 Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão, mostrando a obtenção do ângulo do ligamento patelar (ALP).

O ângulo de inserção do ligamento patelar (AILP) foi mensurado conforme descrito por Arruda *et. al* (2018) (Figura 3). Novamente foi definido o ponto de contato tibiofemoral, sendo desenhadas duas circunferências: uma delineando a superfície articular dos côndilos femorais e a outra delineando a região do platô tibial. Uma pequena reta foi traçada unindo os pontos centrais das duas circunferências, semelhante ao realizado anteriormente. O ponto de encontro das duas circunferências sobre a pequena reta representa o ponto de contato tibiofemoral. Uma reta foi desenhada (representada pela linha A) unindo a extremidade cranial da tuberosidade tibial ao ponto de contato tibiofemoral. Outra reta foi desenhada (representada pela linha B) sobre a borda cranial do ligamento patelar, unindo a extremidade cranial da patela à extremidade cranial da tuberosidade tibial. O ângulo foi obtido no ponto de encontro das retas A e B.

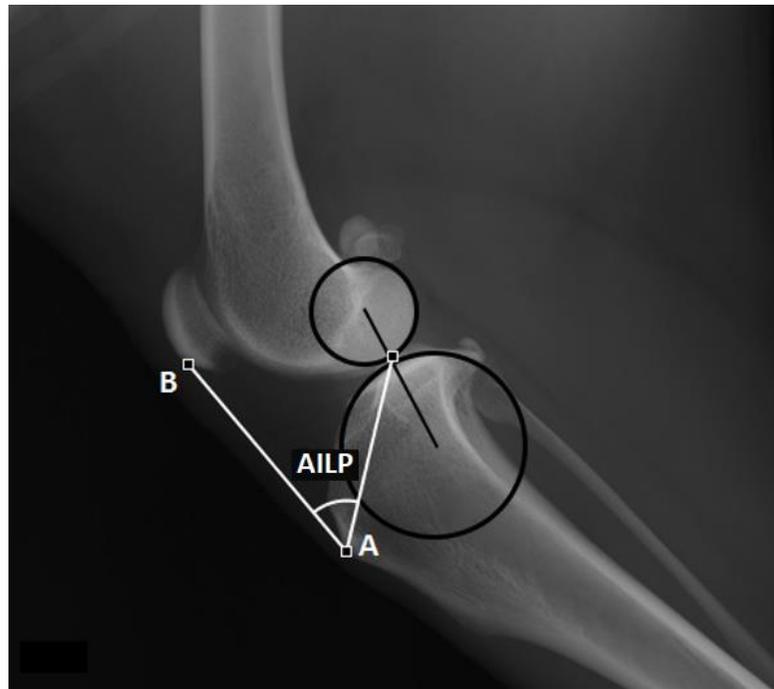


Figura 3 Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão, mostrando a obtenção do ângulo de inserção do ligamento patelar (AILP).

Realizou-se a medição do ângulo de translação tibial (ATT) seguindo o método já estabelecido por Fujita, Sawa e Muta (2017). Neste trabalho também foi proposta uma forma modificada de avaliação do ângulo de translação tibial, em que foi modificado o local de aferição da medida, encontrando-se um novo ângulo. Sendo assim, neste estudo, o ângulo obtido pelo método descrito na literatura foi chamado de ATTa, enquanto o método modificado foi chamado de ATTb. Os ângulos de translação tibial foram obtidos da seguinte maneira (Figura 4) inicialmente foi obtido o centro do talo por meio do desenho de uma circunferência que melhor corresponde ao contorno da articulação talocrural. Uma reta foi desenhada de forma correspondente ao eixo funcional da tíbia (representada pela linha A), que se conecta da eminência intercondilar da tíbia ao centro do talo. Em seguida, outras duas circunferências foram desenhadas: uma circundando a superfície articular distal do fêmur, com um contorno que melhor se adequa às superfícies articulares dos côndilos; e a outra circundando a superfície articular proximal da tíbia, delineando da melhor forma possível o contorno do platô tibial. Uma segunda reta (representada pela linha B) foi desenhada unindo o centro da circunferência femoral ao centro da circunferência tibial. Por fim, uma terceira reta (representada pela linha C) foi feita perpendicularmente à reta A no limite proximal da diáfise da tíbia. O ângulo ATTa foi obtido no

ponto de encontro das retas B e C, e o ângulo  $ATTb$  no encontro das retas A e B, não sendo necessário traçar a reta C para obtenção individual de  $ATTb$ .

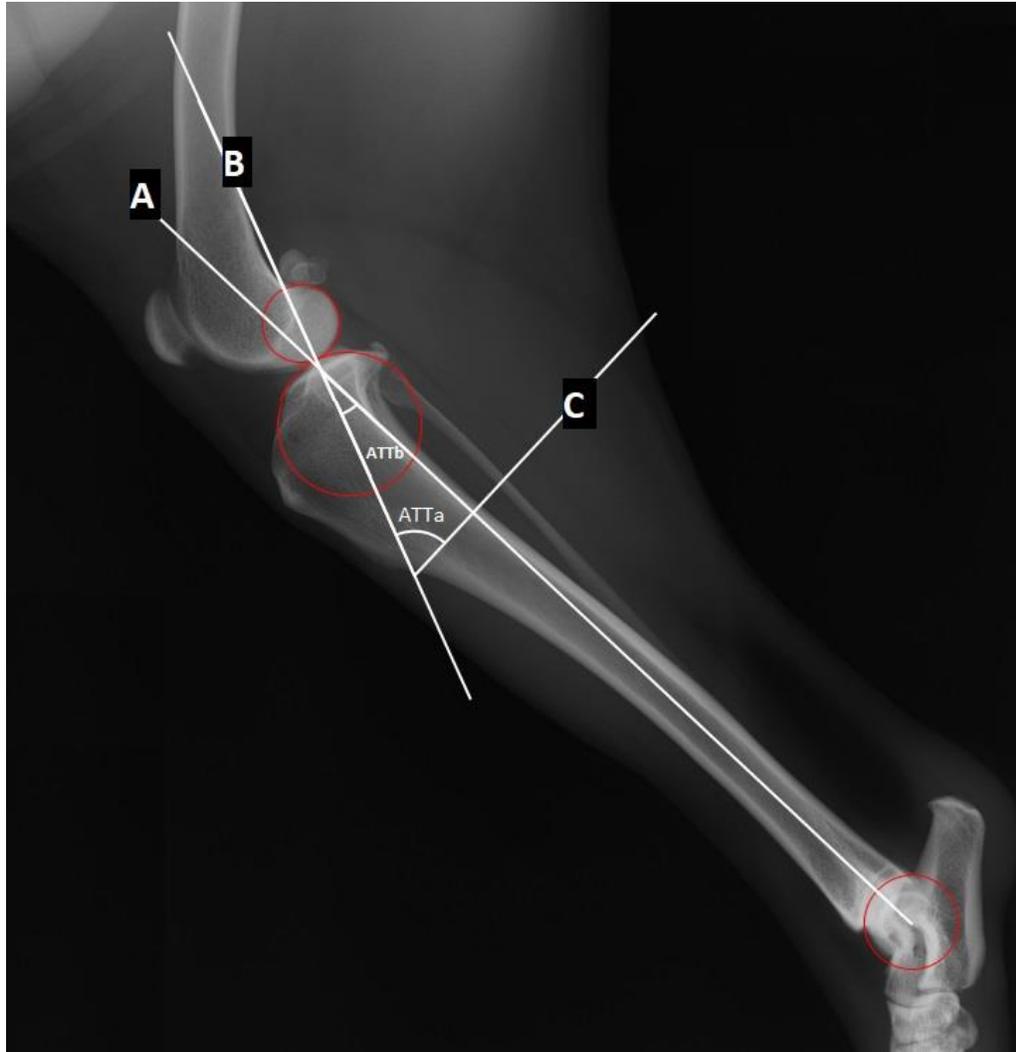


Figura 4 Imagem radiográfica na projeção mediolateral do membro pélvico de um cão, mostrando a obtenção dos ângulos de translação tibial ( $ATTa$  e  $ATTb$ ).

Avaliou-se também a medida do deslocamento cranial da tibia em relação ao fêmur seguindo o método proposto por Skinner *et al.* (2013). Utilizando-se as imagens radiográficas mediolaterais convencional e sob compressão tibial, foi medida a distância entre o ponto de origem do LCCr no fêmur e o ponto de inserção do LCCr na tibia (Figura 5). Esta medida foi chamada de distância entre o ponto de origem e o de inserção (DPOI). Radiograficamente, o local considerado de origem do LCCr no fêmur localiza-se em um ponto adjacente ao aspecto distal da

fabela lateral na margem caudal do côndilo femoral proximal (ponto caudoproximal da linha de Blumensaat). O local de inserção do LCCr na tíbia localiza-se na margem cranial do côndilo tibial medial. Considerando as variações de pesos e de conformações anatômicas e por se tratar de uma medida linear, foi proposta a divisão do valor da DPOI obtido na radiografia sob compressão tibial pelo valor da DPOI obtido na radiografia convencional, gerando uma nova variável denominada razão DPOIr, sendo possível eliminar o viés causado pelas variações entre os animais.



Figura 5 Imagens radiográficas na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão, realizadas no posicionamento convencional sem compressão tibial (SCT) e com compressão tibial (CCT), mostrando a obtenção da distância entre os pontos de origem e de inserção do ligamento cruzado cranial (DPOI) (linha vermelha). Observar que neste animal ocorreu o deslocamento tibial cranial de 5,6mm comparativamente entre os posicionamentos.

Todos os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade Shapiro-Wilk e de homogeneidade de Bartlett. As variáveis paramétricas foram primeiramente avaliadas pela análise de variância (ANOVA) e as não-paramétricas pelo teste de Kruskal-Wallis e os dados das variáveis consideradas significativas foram comparados considerando  $p < 0,05$  como critério de significância. O efeito da realização da radiografia sob compressão tibial foi testado em todas variáveis avaliadas dentro de cada grupo pelo teste t pareado. Posteriormente, comparou-se a diferença de cada variável, exceto para DPOIr, sem e com a realização da compressão tibial, entre os três grupos de cães pelo teste de Tukey. O teste não-paramétrico de Mann-Whitney foi

realizado para DPOIr. Como forma de facilitar a realização das análises, cada variável foi identificada de acordo com o posicionamento radiográfico, sendo a radiografia convencional sem compressão tibial (SCT) ou sob estresse articular com compressão tibial (CCT). Uma análise interobservador foi realizada para cada variável, utilizando-se o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) com intervalo de confiança. Para esta análise, utilizou-se uma amostra aleatória de 50% dos animais, ou seja, foram selecionados todos os dados, referentes à dez animais selecionados aleatoriamente de cada grupo. As análises foram realizadas utilizando programa estatístico GraphPad Prism 8®. Para fins de predição do valor diagnóstico de DPOIr foi realizada análise de regressão pelo software MedCalc 18.11.3®, utilizando-se a curva ROC para estabelecimento de um ponto de corte diagnóstico para esta variável.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No Grupo 1 (adultos normais) foram selecionadas imagens de treze machos e sete fêmeas, com peso corporal médio de 32,8kg e média de idade de aproximadamente quatro anos. No Grupo 2 (ruptura do LCCr) as imagens correspondiam a cães com média de peso de 36,9kg e média de idade de seis anos, sendo doze fêmeas e oito machos. As imagens radiográficas do Grupo 3 (filhotes normais) pertenciam a onze fêmeas e nove machos, com média de idade de sete meses e peso corporal médio de 29kg. A média de peso total, considerando os 60 animais dos três grupos, foi de 33,8kg e a média de idade foi de três anos e cinco meses. Considerando a totalidade do estudo, 50% dos animais selecionados eram machos e 50% fêmeas.

De forma geral, as variáveis mensuradas apresentaram bons índices de variabilidade, com coeficiente de variação (CV) máximo de 17,44% para o ATTa no G2 (cães com ruptura). Os valores obtidos para as médias com desvio padrão, valores do CV de cada variável, com e sem compressão tibial, estão descritos nas Tabelas 1 a 5.

Tabela 1 Valores obtidos na mensuração do ângulo do ligamento patelar (ALP) em relação à comparação do efeito da radiografia sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT) nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).

<b>Grupo</b>	<b>Média(°)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Valor de p*</b>
G1 – SCT	99	3,29	3,32	0,0093
G1 – CCT	102,13	3,89	3,80	
G2 – SCT	99,30	4,39	4,42	0,0048
G2 – CCT	103,91	5,31	5,11	
G3 – SCT	96,17	4,28	4,45	0,0415
G3 – CCT	99,12	4,56	4,69	

\*valores obtidos pela utilização do teste t pareado

Tabela 2 Valores obtidos na mensuração do ângulo de inserção do ligamento patelar (AILP) em relação à comparação do efeito da radiografia sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT) nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).

<b>Grupo</b>	<b>Média(°)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Valor de p*</b>
G1 – SCT	42,77	1,31	3,06	0,0015
G1 – CCT	41,32	1,29	3,12	
G2 – SCT	40,04	1,61	4,02	0,0001
G2 – CCT	30,46	5,20	17	
G3 – SCT	41,22	1,8	4,36	0,0002
G3 – CCT	38,60	2,31	5,98	

\*valores obtidos pela utilização do teste t pareado

Tabela 3 Valores obtidos na mensuração do ângulo de translação tibial (ATTa) pelo método de Fujita *et al.* (2017) em relação à comparação do efeito da radiografia sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT) nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).

<b>Grupo</b>	<b>Média(°)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Valor de p*</b>
G1 – SCT	61,77	3,39	5,49	0,3027
G1 – CCT	60,68	3,2	5,27	
G2 – SCT	29,37	5,12	17,44	0,0001
G2 – CCT	18,03	4,36	24,1	
G3 – SCT	58,55	2,95	5,05	0,0030
G3 – CCT	55,37	3,39	6,12	

\*valores obtidos pela utilização do teste t pareado

Tabela 4 Valores obtidos na mensuração do ângulo de translação tibial (ATTb) pelo método modificado em relação à comparação do efeito da radiografia sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT) nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).

<b>Grupo</b>	<b>Média(°)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Valor de p*</b>
G1 – SCT	27,93	3,46	12,1	0,3083
G1 – CCT	29,02	3,23	11	
G2 – SCT	60,68	4,67	7,69	0,0001
G2 – CCT	71,48	4,52	6,32	
G3 – SCT	31,09	3,06	9,84	0,0013
G3 – CCT	33,79	3,49	10,32	

\*valores obtidos pela utilização do teste t pareado

Tabela 5 Valores obtidos na mensuração da distância entre o ponto de origem e de inserção do LCCr (DPOI) em relação à comparação do efeito da radiografia sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT) nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3).

<b>Grupo</b>	<b>Média(mm)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CV (%)</b>	<b>Valor de p*</b>
G1 – SCT	27	3,16	11,7	0,5821
G1 – CCT	27,55	3,16	11,5	
G2 – SCT	29,42	3,58	12,18	0,0001
G2 – CCT	38,15	5,62	14,74	
G3 – SCT	29,28	3,17	10,83	0,0110
G3 – CCT	32,38	3,36	10,4	

\*valores obtidos pela utilização do teste t pareado

A significância estatística com a realização da compressão tibial foi observada na grande maioria das variáveis dentro dos grupos, exceto para ATTa, ATTb e DPOI, ambas no grupo G1 dos cães adultos normais. Este resultado aponta que a distância DPOI e os ângulos ATTa e ATTb são parâmetros que, após a realização da compressão tibial, podem diferenciar mais precisamente os animais sem ruptura do LCCr, uma vez que o estresse articular provocado pela compressão tibial não interferiu nos resultados destas variáveis obtidos dentro do G1.

A diferença dentro dos grupos quando comparadas as variáveis com e sem compressão tibial ocorre porque o estresse articular provocado pela compressão altera a biomecânica do joelho e, conseqüentemente, as medidas obtidas radiograficamente. Esperava-se que esta diferença não ocorresse nos animais normais, uma vez que o LCCr intacto deveria impedir

alterações significativas de translação cranial da tíbia, mesmo após a realização do estresse articular nos animais do G1. Embora a diferença tenha ocorrido para algumas variáveis dentro de todos os grupos, os valores encontrados condizem com a hipótese clínica de que o estresse articular provocado pela compressão tibial alteraria os valores das variáveis da seguinte maneira: aumento do ALP, redução do AILP, redução do ATTa e consequente aumento do ATTb, e aumento da DPOI. A significância do efeito da compressão tibial dentro de G2 e G3 era esperada, uma vez que a projeção com posicionamento convencional do joelho pode não apresentar evidências claras de translação tibial cranial nos animais com ruptura do LCCr (ROOSTER; RYSSSEN; BREE, 1998) e nos filhotes com lassidão ligamentar, enquanto a partir da realização da compressão tibial, o deslocamento cranial da tíbia torna-se mais evidente.

De acordo com a variável estudada, os resultados obtidos para os filhotes do G3 podem se aproximar tanto do G1 quanto do G2. No entanto, especificamente para os valores da DPOI sob compressão tibial, observou-se o esperado que a média deste grupo, tanto na medida linear quanto em DPOIr, estivesse entre o G1 e o G2 ( $G1 < G3 < G2$ ). Assim, pela avaliação da variável DPOI, foi possível verificar que a realização da compressão tibial promoveu um mínimo deslocamento cranial da tíbia nos cães normais, um moderado deslocamento nos animais jovens devido à lassidão fisiológica do LCCr em filhotes, e um deslocamento acentuado nos cães com ruptura do LCCr.

Os valores obtidos para a variável ALP estão de acordo com os resultados encontrados por Arruda *et al.* (2018) em um estudo utilizando animais saudáveis e com ruptura do LCCr, considerando os valores médios dos grupos G1 e G2 na projeção radiográfica convencional. Na comparação entre os grupos, o aumento deste ângulo em animais com a afecção também foi encontrado em ambos os estudos.

A média encontrada para ATTa nos animais normais e sem compressão tibial neste estudo foi de 61,77°, superior à média de 57,4° encontrada por Fujita, Sawa e Muto (2017). Tal resultado pode ser consequência do posicionamento radiográfico, uma vez que neste trabalho utilizou-se angulação de 135° para o joelho e no estudo citado foi de 90°. A padronização do posicionamento radiográfico é fundamental para fins de comparação e a diferença entre estes estudos comprova este fato. A articulação do joelho posicionada no ângulo de 135° busca mimetizar a posição de apoio dos cães e isso pode torna-la mais precisa na avaliação dos parâmetros de translação cranial da tíbia segundo Tremolada *et al* (2014). Por se tratar de um parâmetro recém estabelecido neste

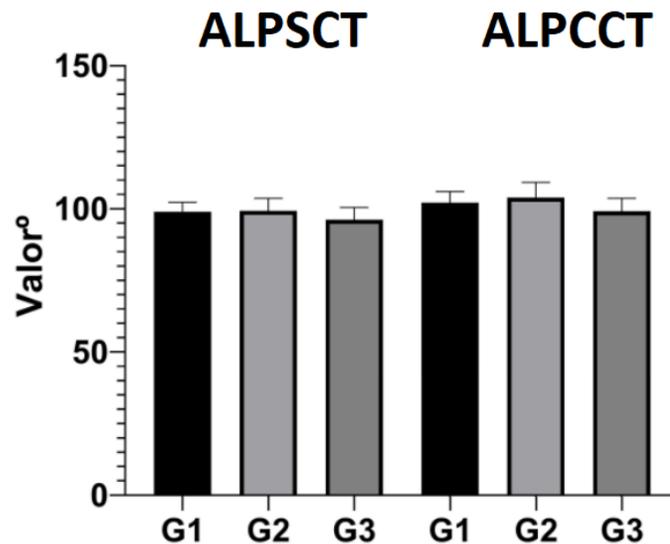
estudo, os resultados do ATTB não podem ser comparados com dados de literatura, embora irão servir para futuros estudos comparativos e possível aplicação clínica.

Não há descrição na literatura sobre as medidas esperadas para a DPOI em relação à faixa de peso ou raça em cães, assim como não se encontram disponíveis informações a respeito de uma razão matemática para tornar esta variável mais fidedigna e eliminar o viés do tamanho do animal para diagnosticar a translação tibial em cães com ruptura ligamentar. Um estudo realizado por Millet *et al.* (2013) quantifica o avanço tibial cranial em milímetros em animais com ruptura do LCCr, comparando as medidas realizadas na forma convencional ou utilizando o método da tangente comum, mas sem relacionar estes resultados com animais hígidos. A medida da DPOI é mais encontrada em estudos para fins de avaliação de eficiência do tratamento cirúrgico, comparando radiografias do mesmo paciente ao longo do período pós-operatório (KIM; LEWIS; POZZI, 2012; SKINNER *et al.*, 2013).

Após realização da ANOVA, as variáveis com diferença significativa entre os três grupos foram avaliadas pelo teste de múltiplas comparações de Tukey. Apenas a variável DPOI-SCT foi considerada não significativa entre os grupos. Embora tenha ocorrido significância nas demais variáveis tanto com e sem a realização do estresse articular pela compressão tibial, a comparação entre os grupos destas variáveis quando realizadas com compressão tibial apresentou significância sempre superior, com valores de  $p < 0,0001$ . Isto indica que, embora ocorra alteração importante das variáveis entre os grupos, é na projeção sob estresse articular que se encontram as maiores diferenças e, desta forma, a realização do exame radiográfico com compressão tibial é de grande importância para o diagnóstico da ruptura do LCCr.

Na avaliação comparativa entre os três grupos para o ângulo ALP, com e sem compressão tibial, observou-se diferença entre os grupos G2 e G3, sendo a média dos ângulos obtidos no G3 significativamente menor. Na análise geral desta variável notou-se que a realização do estresse articular pela compressão tibial aumentou os valores angulares mensurados em todos os grupos (Gráfico 1).

Gráfico 1 Valores obtidos na mensuração do ângulo do ligamento patelar (ALP) de acordo com a comparação entre os grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3), em relação à radiografia realizada sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT).

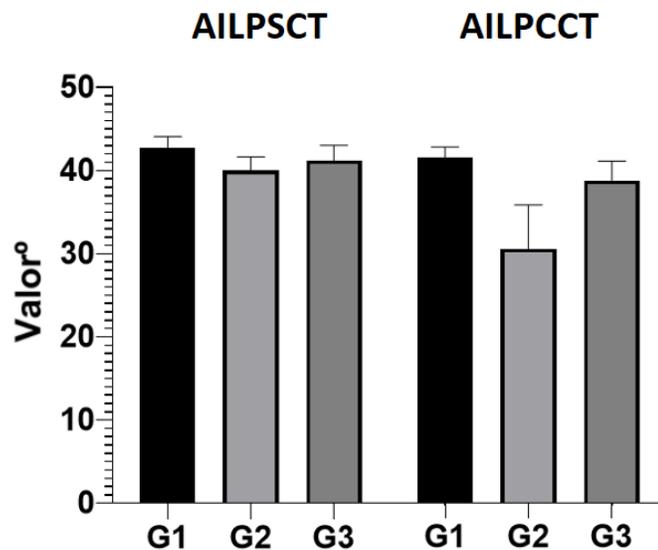


A ausência de diferença entre as médias dos grupos G1 e G2 é compatível com estudos que demonstram que a variação do ALP não é significativa quando cães com e sem ruptura do LCCr são comparados para esta medida angular (SCHWANDT *et al.*, 2006; ARRUDA *et al.*, 2018), indicando que a análise desta variável pode não ser útil no diagnóstico da afecção. Entretanto, a flexão do joelho em 90° graus pode alterar estes resultados, tornando o aumento deste ângulo significativo entre animais com ruptura parcial e total, como demonstrado por Schwandt *et al* (2006). As mensurações radiográficas dos ângulos relacionados ao ligamento patelar podem se alterar de forma significativa quando é imposta flexão à articulação do joelho, modificando o posicionamento da tibia em relação ao fêmur (BISMUTH *et al.*, 2014). A diferença significativa encontrada para esta variável entre G2 e G3 demonstra que tal parâmetro, embora deva ser cuidadosamente analisado para avaliação de ruptura do LCCr, foi capaz de diferenciar o avanço tibial presente em cães com ruptura do ligamento em relação aos filhotes, que ainda mantém certa lassidão articular.

Na análise entre os grupos para o ângulo AILP sem compressão tibial, observou-se que há diferença entre os grupos G1 e G2 e entre os grupos G1 e G3, com valores mais elevados (ângulos mais abertos) sempre no grupo G1, ou seja, nos cães normais. Na comparação entre os

grupos para o AILP com compressão tibial, os três grupos apresentaram diferença estatística entre si, sendo ela mais significativa entre os grupos G1 e G2 ( $p < 0,0001$ ). De forma geral, a realização da compressão tibial teve o efeito de redução nos ângulos AILP (Gráfico 2) e estes resultados são compatíveis aos encontrados por Arruda *et al* (2018). Isto mostra que, nos animais com ruptura do LCCr, o avanço cranial da tíbia vai proporcionar redução significativa neste ângulo quando comparados aos animais normais. Isso ocorre porque os locais anatômicos utilizados para medição, que são o ponto de contato tibiofemoral e a tuberosidade tibial, se tornam mais craniais, deixando o ângulo AILP mais fechado naqueles animais em que há avanço tibial importante (DENNLER *et al.*, 2006). O ponto de contato tibiofemoral e a tuberosidade tibial apresentaram-se mais craniais no grupo G2 e mais caudais no grupo G1, demonstrando valores intermediários no grupo G3 para esta variável.

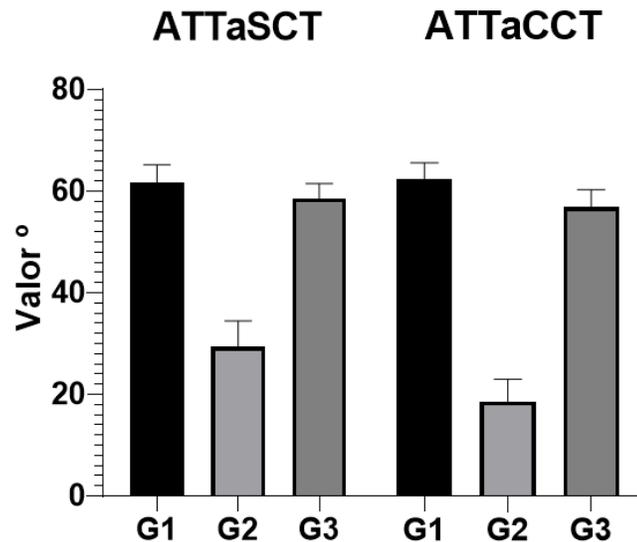
Gráfico 2 Valores obtidos na mensuração do ângulo de inserção do ligamento patelar (AILP) de acordo com a comparação entre os grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3), em relação à radiografia realizada sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT).



Os valores dos ângulos ATTa obtidos com e sem compressão tibial foram significativamente diferentes entre os três grupos. Para a variável ATTa sem compressão tibial houve maior diferença entre os grupos G1 e G2 e entre os grupos G2 e G3, sendo que a redução

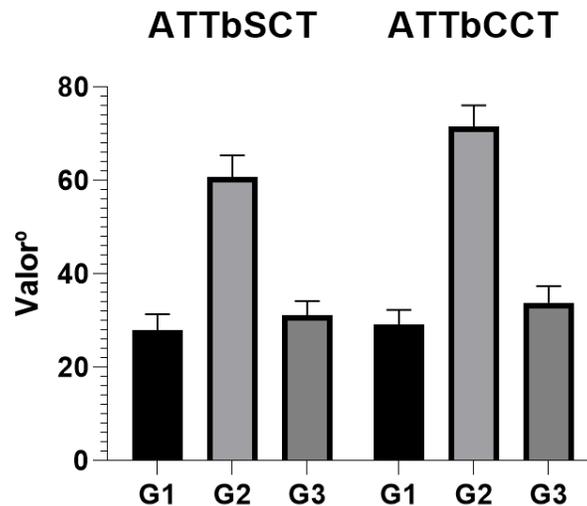
do ângulo foi mais significativa nos animais do grupo G2. Os três grupos também apresentaram diferença estatística entre si para o ATTa com compressão tibial, com redução expressiva no valor médio do ângulo desta variável no grupo dos animais com ruptura do LCCr (grupo G2), devido ao acentuado avanço cranial da tibia (Gráfico 3). O valor reduzido para o ângulo ATTa CCT pode ser explicado pelo deslocamento cranial da tibia, que gera consequente avanço de alguns pontos de medição radiográfica, promovendo uma angulação mais fechada para esta variável.

Gráfico 3 Valores obtidos na mensuração do ângulo de translação tibial (ATTa) de acordo com a comparação entre os grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3), em relação à radiografia realizada sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT).



A análise comparativa entre os grupos para a variável ATTb, com e sem compressão tibial, obteve resultados estatísticos semelhantes aos da variável ATTa, ou seja, houve diferença entre os três grupos em ambos os posicionamentos radiográficos. No entanto, devido à característica desta medida, observou-se o aumento dos valores médios deste ângulo quando realizada a compressão tibial, com o grupo G2 apresentando médias superiores aos demais grupos (Gráfico 4). Essa semelhança na análise se justifica pela correlação inversa entre estas duas variáveis, pois o deslocamento cranial da tibia provoca o aumento do ângulo ATTb tornando-o mais aberto, enquanto provoca a redução do ângulo ATTa tornando-o mais fechado.

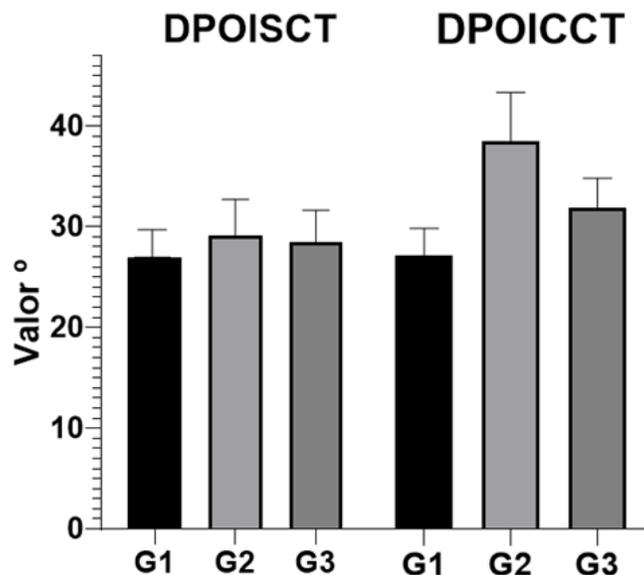
Gráfico 4 Valores obtidos na mensuração do ângulo de translação tibial (ATTb) de acordo com a comparação entre os grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3), em relação à radiografia realizada sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT).



O ângulo do platô tibial é o mais utilizado nos estudos relacionados à biomecânica da articulação do joelho, mas alguns estudos referem-se também ao ângulo do ligamento patelar (DUERR *et al.*, 2007; ARRUDA *et al.*, 2018). No entanto, o ângulo de translação cranial da tíbia foi descrito em apenas um estudo e somente em animais normais, sem qualquer tipo de comparação, por Fujita, Sawa e Muto (2017), servindo como base para futuros estudos comparativos. O ATTb é uma modificação proposta por este estudo e, de acordo com as análises estatísticas, pode ser incluído na avaliação do avanço tibial e utilizado para comparação entre pacientes e entre posicionamentos radiográficos. De forma geral, embora seus valores tenham variado conforme ocorreu a variação do ATTa e ambas as variáveis apresentaram valor de  $p < 0,0001$ , o fato de a medição de ATTb necessitar de uma reta a menos, torna esta variável mais confiável para medições por diversos profissionais, ou seja, a menor complexidade da medida torna sua repetibilidade maior e, conseqüentemente, aumenta a confiabilidade de sua utilização. Isso ocorre principalmente pela subjetividade em definir os pontos anatômicos para traçar a reta que corta o terço proximal da tíbia perpendicularmente.

Em relação à variável linear DPOI, na radiografia sem compressão tibial não foi encontrada diferença entre os grupos na ANOVA ( $p=0,513$ ). Isso é explicado pela ausência de avanço tibial cranial significativo entre pacientes hígidos e acometidos pela ruptura nas projeções convencionais sem estresse articular. O fato desta diferença não ocorrer na projeção convencional torna fundamental a necessidade de realização da radiografia com compressão tibial quando esta variável for utilizada para o diagnóstico da ruptura do LCCr. A ausência de significância entre os grupos para a variável DPOI sem compressão tibial está de acordo com a hipótese de Plesman *et al* (2012) que afirma que sem o estresse articular, o avanço tibial cranial não é significativo e, por isso, não é útil na comparação entre cães normais e com ruptura ou lassidão ligamentar. Considerando a variável DPOI com compressão tibial houve diferença entre os grupos e a média em milímetros foi superior nos cães com ruptura (grupo G2). A diferença significativa entre os grupos apresentou o menor valor de p entre os grupos G1 e G2, ou seja, a maior diferença ocorreu entre os cães normais e os com ruptura (Gráfico 5). O destacado avanço tibial cranial em cães com ruptura do LCCr aumenta de forma linear a medida da distância entre os pontos anatômicos de inserção e de origem do LCCr, uma vez que o ligamento não exerce mais sua função estabilizadora (MILLET *et al*, 2013).

Gráfico 5 Valores obtidos na mensuração da distância entre o ponto de origem e de inserção do LCCr (DPOI) de acordo com a comparação entre os grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3), em relação à radiografia realizada sem compressão tibial (SCT) ou com compressão tibial (CCT).

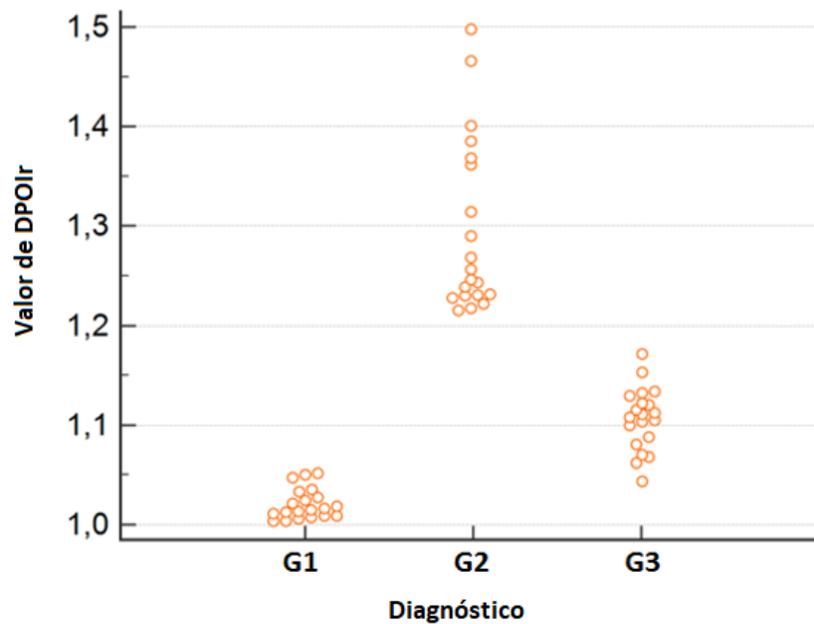


É preciso considerar que a DPOI se caracteriza por ser uma medida linear, e os diferentes tamanhos dos cães tornam-se um viés na avaliação desta variável, tonando a análise da razão entre DPOI-CCT/DPOI-SCT mais fidedigna e importante para fins de definir valores acurados de especificidade e sensibilidade. Apenas a variável DPOIr não apresentou distribuição normal e, por esta razão, realizou-se teste de Kruskal-Wallis para determinar a existência de diferença estatística entre os grupos. A análise de DPOIr pelo teste de Mann-Whitney mostrou diferença significativa entre todos os grupos, sendo esta diferença maior entre os grupos de cães normais (G1) e rompidos (G2) com  $p < 0,0001$ . Para esta variável, foi realizada uma análise estatística predição pela curva ROC (Receiver Operating Characteristic Curve). A escolha desta razão para um estudo estatístico mais aprofundado se deve, principalmente, à facilidade na obtenção desta medida, além de ser um parâmetro discutido apenas de forma qualitativa, sem trabalhos específicos na literatura consultada. Os resultados (Tabela 6) apontam que a mensuração da razão pode ter até 100% de especificidade com 99,9% de sensibilidade quando comparados os cães normais, considerando também os filhotes, com os cães rompidos, com acurácia de 1,0 para o valor da razão  $DPOIr > 1,05$ , sem que ocorra qualquer interpolação de resultados entre os cães com ruptura do LCCr e os cães normais (adultos e filhotes) (Gráfico 6), fazendo com que a variável razão DPOIr seja um excelente teste diagnóstico para ruptura do LCCr.

Tabela 6 Resultado da avaliação estatística pela curva ROC (Receiver Operating Characteristic Curve) dos valores da razão DPOIr entre todos os cães normais (grupos G1 e G3) e os cães com ruptura do LCCr (grupo G2).

<b>Critério</b>	<b>Sensibilidade</b>	<b>IC – 95%</b>	<b>Especificidade</b>	<b>IC – 95%</b>
$\geq 1,00398$	100	83,2-100	0	0-16,8
$> 1,0357$	100	83,2-100	85	62,1-96,8
$> 0,0437$	95	75,1-99,9	85	62,1-96,8
$> 1,05164$	95	75,1-99,9	100	83,2-100
$> 1,1713$	0	0-16,8	100	83,2-100

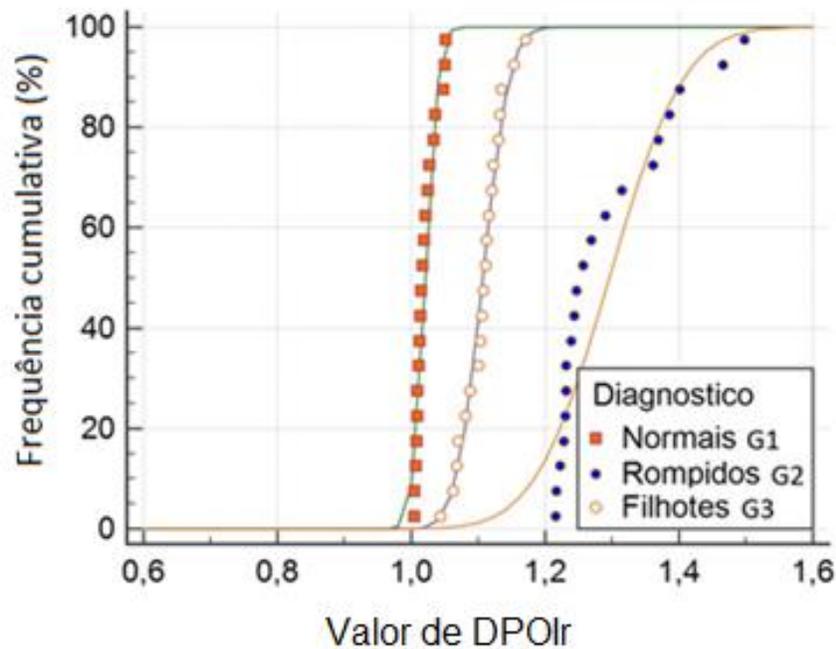
Gráfico 6 Análise de comparação múltipla dos valores obtidos para a variável razão DPOIr nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3)



A avaliação pela curva ROC mostrou que a obtenção de um ponto de corte que diferencie o grupo G3 do grupo G1 não foi possível, indicando que os filhotes possuem valores semelhantes aos encontrados em adultos normais, mas também não puderam ser bem diferenciados dos cães com ruptura do LCCr (grupo G2). A diferenciação dos cães jovens pela imagem radiográfica deve ser feita avaliando a presença de um valor intermediário da razão DPOIr em conjunto com outros fatores, como a presença de placas epifisárias abertas visíveis no exame radiográfico e sinais de DAD. Porém nestes casos, os critérios clínicos e o histórico do paciente são fundamentais para o diagnóstico completo e preciso da afecção, pois embora os cães jovens sejam pouco acometidos pela ruptura do LCCr (MUIR, 2018), lesões de origem traumática podem eventualmente ocorrer nessa faixa etária. Isso indica que a experiência do profissional avaliador continua sendo um ponto fundamental para uma boa avaliação ortopédica em cães jovens. Os resultados obtidos apontaram que os valores do grupo G3 apresentavam-se sempre intermediários, com tendência a se aproximarem dos dados encontrados no grupo G1 na análise

de frequência cumulativa (Gráfico 7), devendo-se estudar outros parâmetros, qualitativos ou quantitativos, para diferenciação precisa deste grupo pelo exame radiográfico.

Gráfico 7 Análise de frequência cumulativa obtida no teste de predição pela curva ROC nos grupos de cães adultos normais (G1), cães com ruptura do LCCr (G2) e filhotes normais (G3)



Os resultados obtidos pelo teste diagnóstico mostram que DPOIr pode ser uma variável muito útil para o diagnóstico da ruptura do LCCr, uma vez que apresenta elevado grau de especificidade e sensibilidade, com melhor diferenciação para os animais normais. A avaliação da DPOI e DPOIr consiste em um exame simples e de baixo custo, que requer apenas a realização de uma projeção radiográfica adicional feita sob compressão tibial (ROOSTER; RYSSSEN; BREE, 1998). No presente estudo, valores de DPOIr acima de 1,05 foram suficientes para confirmar o diagnóstico da ruptura do LCCr, diferenciando totalmente os cães do grupo G2 dos cães dos grupos normais (grupos G1 e G3).

Diversos estudos mencionam as medidas da translação cranial da tibia como método de análise para o diagnóstico ou predisposição para desenvolver a ruptura do LCCr, e ainda para avaliar a eficiência dos tratamentos cirúrgicos (ROOSTER e BREE, 1999; DUERR *et al.*, 2007; SKINNER *et al.*, 2013; TREMOLADA *et al.*, 2014). Os dados obtidos neste estudo vão de

encontro aos resultados descritos por estes autores, demonstrando de forma quantitativa como esta análise pode auxiliar no diagnóstico radiográfico da afecção. Apenas a utilização da razão entre as distâncias do ponto de origem e de inserção do ligamento (DPOIr), obtidas nas radiografias convencional e sob compressão tibial, mostra-se suficiente para incrementar o diagnóstico da afecção com extrema acurácia para o profissional radiologista e ortopedista. De forma geral, dentre os ângulos avaliados e de acordo com a análise estatística, é possível considerar que os ângulos de translação cranial da tibia (ATTa e ATTb) e o ângulo de inserção do ligamento patelar (AILP) apresentam-se como variáveis a serem observadas em conjunto devido às diferenças mais notórias observadas no grupo G2, porém a medição de ATTa e ATTb é mais complexa e, portanto, o diagnóstico a partir da obtenção dos valores do AILP e da DPOI torna-se mais simples e objetivo.

Para a análise interobservador, o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) foi considerado excelente quando superior a 0,75; satisfatório entre 0,4 e 0,75; e baixo quando menor que 0,4. Os resultados desta análise (Tabela 7) apontam que as medições mais complexas, que envolvem maior número de pontos de referências anatômicas, são as mais susceptíveis à variação quando avaliadas por diferentes profissionais. Isso reforça a necessidade de se optar por parâmetros mais simples de serem mensurados, porém eficientes, para utilizar como padrão no diagnóstico da ruptura do LCCr. O CCI encontrado no ângulo AILP e DPOIr foi considerado excelente, reforçando a importância destas duas variáveis na execução do teste diagnóstico. O menor CCI de ATTa em relação à ATTb também reforça que a modificação proposta neste estudo para mensuração do ângulo de translação tibial é mais simples e, portanto, mais confiável.

Tabela 7 Variabilidade interobservador utilizando-se o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) com intervalo de confiança (IC = 95%), na mensuração de nove variáveis radiográficas analisadas, com amostra de 50% dos cães de cada grupo, totalizando 30 cães.

	CCI	IC (95%)
<b>ALPSCT</b>	0,5386	-0,1344 a 0,8100
<b>ALPCCT</b>	0,5517	-0,0445 a 0,8100
<b>AILPASCT</b>	0,8990	0,7054 a 0,9672
<b>AILPCCT</b>	0,8523	0,5725 a 0,9499
<b>ATTaSCT</b>	0,1263	-1,1880 a 0,6429
<b>ATTaCCT</b>	0,2052	-1,0194 a 0,6770
<b>ATTbSCT</b>	0,2665	-0,7907 a 0,6972
<b>ATTbCCT</b>	0,2847	-0,7989 a 0,7081
<b>DPOIr</b>	0,9404	0,8805 a 0,9698

É necessário considerar alguns fatores clínicos que podem influenciar no resultado da avaliação da translação cranial da tíbia, como no caso de um cão muito tenso ou com forte musculatura do membro pélvico, ou ainda na presença de fibrose periarticular nos casos crônicos. A realização da compressão tibial em animais sob sedação ou anestesia pode ser útil para contrapor esta influência da musculatura, uma vez que estes procedimentos promovem o relaxamento e podem evitar que a musculatura e demais estruturas extra-articulares interfiram na avaliação da mudança biomecânica do joelho (TREMOLADA *et al.*, 2014). A realização de uma sedação leve pode ser indicada nos casos onde há forte suspeita de ruptura, facilitando o posicionamento radiográfico e reduzindo influências na biomecânica articular, além de gerar maior conforto para o paciente. Porém, quando se realiza o exame de compressão tibial no animal anestesiado, pode ocorrer o relaxamento excessivo das estruturas de estabilização do joelho, podendo causar efeito de falso positivo. A comparação entre grupos de acordo com a realização ou não de sedação e anestesia não está descrita na literatura e pode ser uma variável interessante a ser estudada. A força restritiva atuante no joelho devido à fibrose periarticular crônica não pode ser neutralizada pela anestesia, por isso a importância de associar os fatores clínicos e demais achados radiográficos às mensurações propostas. A presença de entesófitos, osteófitos e outros sinais radiográficos de DAD precisa ser considerada nestes casos. Qualquer fator clínico que interfira nos resultados dos testes ortopédicos de gaveta e de compressão tibial, também irá

influenciar no resultado do estudo radiográfico, sendo necessária uma análise mais cautelosa e que envolva mais variáveis.

Neste estudo foram incluídos somente cães com ruptura completa do LCCr confirmada em procedimentos cirúrgicos, e não foram incluídos animais com ruptura parcial, que poderiam apresentar ruptura apenas da banda craniomedial ou da caudolateral. O diagnóstico diferencial nestes casos ocorre na presença do movimento de gaveta de acordo com a posição da articulação do joelho, pois a faixa craniomedial permanece tensa em todas as fases de extensão e flexão, enquanto a faixa caudolateral permanece tensa em extensão e frouxa em flexão (POZZI *et al.*, 2018). Assim, se apenas a faixa craniomedial estiver rompida, o avanço cranial da tíbia estará presente somente na flexão, enquanto se apenas a faixa caudolateral estiver rompida, o avanço cranial poderá não ocorrer ou ocorrerá de forma discreta. Estudos são necessários para que tais mensurações sejam comparadas em pacientes com ruptura total e parcial do LCCr, tentando identificar um ponto de corte que separe estes grupos.

Embora o presente trabalho tenha avaliado cães com faixa de peso determinada, é possível que os resultados possam ser extrapolados para cães de todos os portes. De forma geral, os valores dos ângulos não se alteram por efeito do tamanho do animal, porém, para que estudos mais precisos sejam realizados, é importante a determinação dos valores em pacientes normais dentro de diferentes faixas de peso ou ainda mais especificamente em algumas raças. Neste caso, a variável DPOIr pode ser extrapolada com maior eficiência, pois elimina o viés do tamanho do animal e o valor comparativo desta razão não se altera por causa do porte. Assim, pode ser considerado o valor de 1,05 de DPOIr como um índice padrão para o diagnóstico de ruptura do LCCr, segundo resultados obtidos no presente trabalho.

Uma limitação deste estudo se deve à baixa repetibilidade das variáveis, impossibilitando a realização de análises estatísticas mais complexas que poderiam conferir maior confiabilidade ao estudo. Outra limitação é a realização do exame radiográfico sem sedação ou anestesia do paciente, o que pode dificultar o adequado posicionamento em alguns animais mais agitados ou agressivos.

#### **4 CONCLUSÕES**

Em relação ao posicionamento radiográfico, a realização da compressão tibial altera de forma significativa a maioria das variáveis na comparação dentro dos grupos. As medidas da distância entre o ponto de origem e de inserção do LCCr (DPOI) e dos ângulos de translação (ATTa e ATTb) não apresentam diferenças de valores entre os posicionamentos sem e com compressão tibial no grupo de cães adultos normais, mas apresentam destacada diferença no grupo de cães com ruptura do LCCr, sendo importantes parâmetros para o diagnóstico da doença. O ângulo adaptado para o desenvolvimento deste trabalho (ATTb) mostra-se superior ao ângulo convencional (ATTa) pois, apesar de possuir valor estatístico semelhante, demanda menor complexidade na realização, com menor utilização de medidas subjetivas para determinação de pontos anatômicos.

Utilizando a divisão das medidas da distância DPOI obtidas nas radiografias com e sem compressão tibial (variável razão DPOIr), é possível diferenciar os cães com ruptura do LCCr dos cães hígidos, com até 100% de especificidade e sensibilidade. Valores de DPOIr acima de 1,05 são indicativos consistentes da ruptura do LCCr, possibilitando o diagnóstico radiográfico preciso da doença.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, A.F.D.P. *et al.* Radiographic assessment of the proximal tibial angles in dogs and cats with and without cranial cruciate ligament rupture. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v.38, n.6, p.1190-1195, 2018.

BISMUTH, C. *et al.* Comparison of radiographic measurements of the patellar tendon-tibial plateau angle with anatomical measurements in dogs. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. n.27,p.222–229, 2014.

CHUANG, C. *et al.* Radiographic Risk Factors for Contralateral Rupture in Dogs with Unilateral Cranial Cruciate Ligament Rupture. **Plos One**. v.9, n.9, p.1–10, 2014.

COMERFORD, E.J. Current thoughts on canine cranialcruciate ligament disease. In: 56° CONGRESSO INTERNAZIONALE MULTISALA (SCIVAC), **Rimini Proceeding**. Società culturale italiana veterinari per animali da compagnia, 2007. p.147-148.

COMERFORD, E. J.; SMITH, K.; HAYASHI, K. Update on the aetiopathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. n.1, p.91–98, 2011.

DENNLER, R. *et al.* Inclination of the patellar ligament in relation to flexion angle in stifle joints of dogs without degenerative joint disease. **American Journal of Veterinary Research**. v.67, n.11, p.1849–1854, 2006.

DE ROOSTER, H.; VAN RYSSSEN, B.; VAN BREE, H. Diagnosis of cranial cruciate ligament injury in dogs by tibial compression radiography. **The Veterinary Record**. v.142, p.366-368, 1998.

DE ROOSTER, VAN BREE, H. Diagnosis of cranial cruciate ligament injury in dogs by tibial compression radiography. **Journal of Small Animal Practice**. v.40, p.573-576, 1999.

DUERR, F.M. *et al.* Risk factors for excessive tibial plateau angle in large-breed dogs with cranial cruciate ligament disease. **Journal of the American Veterinary Medical Association**. v.231, n.11, p.1688-1691, 2007.

DUERR, F.M. *et al.* Treatment of canine cranial cruciate ligament disease. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. n.27, p. 478–483, 2014.

FUJITA, Y.; SAWA, S.; MUTO, M. Radiographic measurement of the angle of the tibial translation in the beagle dog. **Veterinary Record**. v.10, n.180, p.252-255, 2017.

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, n.4, p.399-409, 2010.

KISHI, E. N.; HULSE, D. Owner Evaluation of a CORA-Based Leveling Osteotomy for

Treatment of Cranial Cruciate Ligament Injury in Dogs. **Veterinary Surgery**. n.45, p.507-514, 2016.

MILLET, M. *et al.* Measurement of the patellar tendon-tibial plateau angle and tuberosity advancement in dogs with cranial cruciate ligament rupture. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. v.26, p.469–478, 2013.

MUIR, P. **Avances in the canine cranial cruciate ligament**. 2ed. New Jersey: Wiley, 2018.

PLESMAN, R. *et al.* Radiographic landmarks for measurement of cranial tibial subluxation in the canine cruciate ligament deficient stifle. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. v.25, p.478–487, 2012.

POZZI, A. *et al.* Stifle Joint. IN TOBIAS, K.M.; JOHNSTON, S.A. **Veterinary Surgery: Small Animal**. 2ed. St. Louis: Saunders, 2018. vol.1, cap. 4, pag.906-999.

SCHWANDT, C. S. *et al.* Angle between the patellar ligament and tibial plateau in dogs with partial rupture of the cranial cruciate ligament. **American Journal of Veterinary Research**. v.67, n11, p.1855–1860, 2006.

SCHMITZ, N. *et al.* Basic methods in histopathology of joint tissues. **Osteoarthritis and Cartilage**, v.18, p.S113–S116, 2010.

SKINNER, O. T. *et al.* In vivo femorotibial subluxation during weight-bearing and clinical outcome following tibial tuberosity advancement for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. **The Veterinary Journal**, v.196, n.1, p.86–91, 2013.

TREMOLADA, G. *et al.* of the canine stifle joint with and without an intact cranial cruciate ligament. **American Journal of Veterinary Research**. v.75, n.1, p. 41-17, 2014.

VASSEUR, P.B. Stifle joint. In: SLATTER, D. **Textbook of small animal surgery**. 3.ed. Philadelphia: Saunders, 2003. vol.1, cap.147, p.2090-2116.