



DANIELA SALDANHA ABREU

**MÉTODOS DE MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA DO
AVANÇO DA TUBEROSIDADE TIBIAL NA TÉCNICA DE
TTA-MAQUET: ESTUDO EX-VIVO EM CÃES**

LAVRAS- MG

2020

DANIELA SALDANHA ABREU

**MÉTODOS DE MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA DO AVANÇO DA
TUBEROSIDADE TIBIAL NA TÉCNICA DE TTA-MAQUET:
ESTUDO EX-VIVO 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
obtenção do título de mestre.

Prof. Dr. Leonardo Augusto Lopes Muzzi

Orientador

Lavras – MG

2020

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

Abreu, Daniela Saldanha.

Métodos de mensuração radiográfica do avanço da
tuberosidade tibial na técnica de TTA-Maquet : Estudo ex-vivo em
cães / Daniela Saldanha Abreu. - 2020.

53 p.

Orientador(a): Leonardo Augusto Lopes Muzzi.

Coorientador(a): Rutnéa Aparecida Lázaro Muzzi.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. TTA-Maquet. 2. Ruptura do ligamento cruzado cranial em
cães. 3. Avanço da tuberosidade tibial. I. Muzzi, Leonardo Augusto
Lopes. II. Muzzi, Rutnéa Aparecida Lázaro. III. Título.

DANIELA SALDANHA ABREU

**MÉTODOS DE MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA DO AVANÇO DA
TUBEROSIDADE TIBIAL NA TÉCNICA DE TTA-MAQUET:
ESTUDO EX-VIVO EM CÃES**

**RADIOGRAPHIC MEASUREMENT METHODS OF THE TIBIAL TUBEROSITY
ADVANCEMENT IN THE TTA-MAQUET TECHNIQUE:
EX-VIVO STUDY IN DOGS**

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
obtenção do título de mestre.

Aprovada em 10 de setembro de 2020

Prof. Dra. Ruthnéa Aparecida Lázaro Muzzi

Prof. Dr. Antônio Carlos Cunha Lacrete Júnior

Prof. Dr. Fernando Yoiti Kitamura Kawamoto

Prof. Dr. Leonardo Augusto Lopes Muzzi

Orientador

Lavras – MG

2020

À Yara e ao Boiada,
que me ensinaram que o amor incondicional
aliado ao trabalho duro
concretizam sonhos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pelas oportunidades dadas (e amparadas) e pelas pessoas que colocou no meu caminho.

Aos meus pais, que fizeram de tudo (inclusive o impossível) para dar a mim e aos meus irmãos a melhor educação moral e intelectual. Ao apoio espiritual que meu pai tem dado desde a sua partida prematura, à dedicação incansável de minha mãe e ao amor desmedido que recebo dos dois desde o meu nascimento. A vocês o meu amor incondicional e minha gratidão a tudo que sou, a tudo que conquistei e a tudo que realizarei durante a minha vida.

Aos meus avós Lauro, Zé de Abreu e Dona Neném que hoje me guiam em outro plano. À minha vó Lulu que me recebe sempre com um sorriso quando volto para casa.

Aos meus irmãos Sávio e Patrícia pelo amor, apoio e companheirismo e por me darem a graça de ser tia do Antonio e da Clara. Dentre todas as minhas queridas amizades uma pessoa sempre terá o posto de minha melhor amiga: a minha irmã. Sem você eu não seria inteira. Sem você esta conquista e todo o resto seria mais difícil (ou até impossível). Muito obrigada por tudo!

Ao meu noivo Luiz Cláudio por estar ao meu lado e por me escolher estar do seu lado. Por me ajudar a evoluir pessoal e espiritualmente, pelo apoio em todos os sentidos, companheirismo, carinho e amor. Também sem você, esta conquista seria mais difícil. Te amo!

Aos fiéis companheiros Fubá e Chiquinha que ficaram do meu lado durante todo o tempo em que eu redigi este trabalho.

Aos meus queridos tios, que assim como os meus irmãos, foram essenciais na vida de meu pai e são na vida de minha mãe. Obrigada por toda ajuda à nossa família e por todo apoio dado a nossos pais. Aos meus amados primos e primas que deixam a minha vida mais completa e alegre. Obrigada por orarem, vibrarem e compartilharem da minha alegria e minhas conquistas.

Aos meus velhos e bons amigos, de infância, de faculdade e de trabalho, que fazem eu me sentir em casa (mesmo longe dela) e me transportam para momentos felizes do meu passado. À Tuane (a minha mais nova amiga para sempre) e à Soraya (a antiga amiga que Lavras me permitiu reencontrar) por deixar a distância dos meus menos doída, pelas longas conversas e encontros agradáveis. Ao Sávio Tadeu, Luiz Eduardo, Daniel Munhoz e Artur Pereira que me receberam de braços abertos na UFLA. Ao Nilo, Maria Clara e Enzo pelo meu cantinho

especial, por cuidarem de mim e por me fazerem ter certeza que as pessoas boas que cruzam o nosso caminho não aparecem por acaso, são presentes de Deus.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leonardo Augusto Lopes Muzzi, pela orientação na minha caminhada acadêmica, por idealizar este projeto, por toda generosidade em transmitir seus conhecimentos. À minha co-orientadora, Profa. Dra. Ruthnéa Aparecida Lázaro Muzzi por sempre estar disposta a ajudar e também pela generosidade em transmitir seus conhecimentos. Vocês me inspiram na vida profissional e são um exemplo de sabedoria e humildade na vida pessoal. Obrigada por tanto!

À Prof. Dra. Gabriela Rodrigues Sampaio por aceitar fazer parte da minha banca de qualificação e pelas contribuições valiosas que deu a este projeto. Aos professores Dra. Ruthnéa Muzzi, Dr. Antônio Lacreta, Dra. Maira Barreto e Dr. Rodrigo Sepúlveda que aceitaram fazer parte da minha banca de defesa e por suas contribuições.

À aluna de Iniciação Científica Amanda que sempre demonstrou entusiasmo e boa vontade em ajudar e em aprender. Obrigada por – literalmente- correr atrás e não medir esforços para que o nosso experimento fosse concluído.

Aos residentes do Setor de Cirurgia, ao Prof. Dr. Antônio Carlos Cunha Lacreta Jr. e aos residentes (em especial Guilherme, Lucas Piersanti e Renata) do Setor de Imagem, aos colegas pós-graduandos Larissa e Daniel, aos professores e aos residentes do Setor de Patologia por contribuírem para a execução deste projeto e pela disposição de ajudar.

Aos queridos funcionários do DMV, especialmente a Geane, Yone, Neylor e Dona Fátima, pela ajuda, carinho e respeito a mim e a este trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Medicina Veterinária (DMV), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias e a todos os professores da UFLA que contribuíram para a minha formação acadêmica durante o meu mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à FAPEMIG pelos recursos fornecidos à pesquisa científica.

Às clínicas veterinárias Vet Life (Divinópolis-MG), Vet & Pet (Lavras-MG), ao Parque São Francisco de Assis e a todos os seus funcionários que me ajudaram a conseguir as amostras deste experimento.

Agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram na minha trajetória para a execução deste trabalho e para a concretização deste sonho. Muito obrigada!

“É junto dos bão que a gente fica mió.”

(João Guimarães Rosa)

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1: Imagem radiográfica na posição mediolateral do joelho de um cão demonstrando as forças biomecânicas atuantes antes e depois da TTA21
- Figura 2.1: Sequência de imagens demonstrando a colocação do fixador esquelético externo no membro pélvico de cadáver canino.29
- Figura 2.2: Imagem radiográfica na projeção mediolateral do membro pélvico de um cão demonstrando a mensuração do ângulo de extensão da articulação do joelho.....30
- Figura 2.3: Imagens radiográficas na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando a mensuração do ângulo do ligamento patelar (ALP) pelos métodos do platô tibial (ALP-PT) e da tangente comum (ALP-TC).....31
- Figura 2.4: Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tíbia pelo método do Platô Tibial Convencional (método M1).....32
- Figura 2.5: Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o cálculo de avanço da tuberosidade da tíbia pelo método do Platô Tibial Corrigido (método M2).....33
- Figura 2.6: Imagens radiográficas na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tíbia pelos métodos do Eixo de Osteotomia (método M3) e do Eixo de Osteotomia Corrigido (método M4).....34
- Figura 2.7: Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tíbia pelo Método do Eixo Tibial (Orthomed® modificado) (método M5).....35
- Figura 2.8: Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tíbia pelo método da Tangente Comum (método M7).....36
- Figura 2.9: Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o planejamento pré-cirúrgico para obtenção do eixo de osteotomia.....37
- Figura 2.10: Imagens fotográficas do aspecto medial da tíbia proximal de cão no transoperatório demonstrando a confecção do eixo de osteotomia tibial e a colocação do mecanismo distrator da tuberosidade da tíbia.....39
- Figura 2.11: Imagem fotográficas do aspecto medial da tíbia proximal de cão no transoperatório demonstrando o mecanismo distrator da tuberosidade da tíbia e a representação do local de mensuração do avanço tibial.....40

Figura 2.12 : Imagens radiográficas pós cirúrgica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão após a obtenção de avanços calculados por diferentes métodos.....40

Figura 2.13: Fluxograma da obtenção dos dados pré e pós cirúrgicos de cada amostra.....42

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.2.1: Métodos indicados de mensuração radiográfica do avanço da tuberosidade tibial (M1 a M7) no planejamento pré-cirúrgico da técnica de TTA-Maquet, conforme o método de mensuração do ALP (ALP-PT ou ALP-TC) e o objetivo pós-cirúrgico (TCTn ou TTAAt).	47
Tabela 3.3.1: Coeficiente de correlação interclasse (CCI) da análise interobservador dos ângulos e medidas dos avanços da tuberosidade tibial.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 3.1.1: Ângulos de extensão da articulação do joelho mensurados nas radiografias pré-cirúrgicas dos 15 cães avaliados.....43
- Gráfico 3.1.2: Ângulos do Platô Tibial (APT) mensurados nas radiografias pré-cirúrgicas dos 15 cães avaliados.....44
- Gráfico 3.1.3: Diagrama de extremos e de quartis (boxplot) dos ângulos do ligamento patelar (ALT) mensurados pelos métodos do platô tibial (ALP-PT) e da tangente comum (ALP-TC) nas radiografias pré-cirúrgicas dos 15 cães avaliados.....44
- Gráfico 3.1.4: Médias das medidas dos avanços da tuberosidade tibial obtidas nas radiografias pré-cirúrgicas pelos sete métodos de mensuração avaliados (M1 a M7)45
- Gráfico 3.2.1: Médias das medidas dos avanços da tuberosidade tibial obtidas nas radiografias pré-cirúrgicas pelos sete métodos de mensuração avaliados (M1 a M7) e da medida do avanço mínimo necessário para se obter o teste de compressão tibial negativo (TCTn).46
- Gráfico 3.2.2: Médias dos ângulos do ligamento patelar (ALP) mensurados pelos métodos do platô tibial (ALP-PT) e da tangente comum (ALP-TC) correspondentes aos sete métodos de mensuração do avanço tibial (M1 a M7) e ao avanço mínimo necessário para se obter o teste de compressão tibial negativo (TCTn).47

LISTA DE ABREVIATURAS

kg Quilograma

mm Milímetro

LISTA DE SIGLAS

ALP	Ângulo do ligamento patelar
ALP-PT	Ângulo do ligamento patelar mensurado pelo método do platô tibial
ALP-TC	Ângulo do ligamento patelar mensurado pelo método da tangente comum
ANOVA	Análise de variância
APT	Ângulo do platô tibial
CCI	Coefficiente de correlação interclasses
CCL	<i>Cranial Cruciate Ligament</i>
CEUA	Comitê de Ética no Uso de Animais
CT	Compressão tibial
CV	Coefficiente de variação
LCC	Ligamento cruzado cranial
M	Método
CO	Linha de osteotomia
PLA	<i>Patellar ligament angle</i>
PT	Platô tibial
TC	Tangente Comum
TCT	Teste de compressão tibial
TCTn	Teste de compressão tibial negativo
TG	Teste de Gaveta
TPLO	Osteotomia de nivelamento do platô tibial
TTA	Avanço da tuberosidade tibial
TTAt	Teoria do Avanço da tuberosidade tibial
UFLA	Universidade Federal de Lavras

LISTA DE SÍMBOLOS

- % Porcentagem
- ° Graus
- \geq Maior ou igual
- \leq Menor ou igual
- \sim Aproximadamente
- ® Marca registrada

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO GERAL.....	17
RESUMO.....	17
ABSTRACT.....	18
1- INTRODUÇÃO.....	19
2- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
CAPÍTULO 2- MÉTODOS PARA MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA DO AVANÇO DA TUBEROSIDADE TIBIAL NA TÉCNICA DE TTA-MAQUET: ESTUDO EX-VIVO EM CÃES.....	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
1- INTRODUÇÃO	26
2- METODOLOGIA.....	28
3- RESULTADOS.....	42
3.1 ANÁLISES DOS DADOS PRÉ-CIRÚRGICOS	42
3.2 ANÁLISE DOS DADOS PÓS-CIRÚRGICOS	45
3.3 ANÁLISE INTEROBSERVADOR	48
4- DISCUSSÃO	48
5- CONCLUSÃO	51
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL

RESUMO

O ligamento cruzado cranial (LCC) tem como principais funções impedir a translação cranial da tíbia e limitar a sua rotação medial durante a flexão do joelho. A ruptura/deficiência deste ligamento gera instabilidade na articulação do joelho que compromete a função locomotora do membro, sendo uma afecção muito frequente em cães. Embora ela possa estar associada a episódios traumáticos, estudos sugerem que fatores genéticos em raças susceptíveis e a biomecânica do joelho dos cães predispõem à degeneração crônica do próprio ligamento. No exame ortopédico, quando há movimento cranial anormal da tíbia nos testes de gaveta e de compressão tibial diagnostica-se a ruptura/deficiência do LCC. O exame radiográfico auxilia no diagnóstico da doença, no qual alterações como espessamento capsular, efusão articular e sinais de doença articular degenerativa sugerem a presença de instabilidade articular. Os tratamentos cirúrgicos visam restabelecer a estabilidade articular do joelho de diferentes maneiras, sendo descritos três grupos de técnicas: intracapsulares, extracapsulares e osteotomias tibiais. As técnicas de osteotomias da tíbia, como a osteotomia de nivelamento do platô tibial (TPLO) e o avanço da tuberosidade tibial (TTA), modificam a biomecânica do joelho visando a anulação das forças de cisalhamento. A técnica de TTA consiste na realização de osteotomia linear na tuberosidade da tíbia para proporcionar o seu avanço cranial conjuntamente com a inserção do ligamento patelar, o que promove a estabilização dinâmica da articulação. Atualmente, o aperfeiçoamento das técnicas cirúrgicas para tratamento da deficiência do LCC é objeto de estudo de diversos pesquisadores na área de ortopedia de pequenos animais.

Palavras-chave: Osteotomias da tíbia, Platô tibial, Articulação do Joelho

ABSTRACT

The cranial cruciate ligament (CCL) has the main functions to prevent cranial translation of the tibia and to limit medial rotation of the tibia during stifle flexion. The rupture/deficiency of the CCL generates instability in the stifle joint that compromises the locomotor function of the pelvic limb and this is a very common disease in dogs. Although this disorder may be associated with traumatic episodes, studies suggest that genetic factors in susceptible breeds and the biomechanics of the canine stifle predispose to chronic intrinsic ligament degeneration. On orthopedic examination, abnormal cranial movement of the tibia in the drawer and tibial compression tests confirms the diagnosis of rupture/deficiency of the CCL. Radiographic examination supports the diagnosis of the disease and changes such as capsular thickening, joint effusion and signs of degenerative joint disease suggest the presence of joint instability. Surgical treatments aim to restore stifle joint stability in different ways and three groups of techniques have been described: intracapsular, extracapsular and tibial osteotomies. Techniques of tibial osteotomy, such as tibial plateau leveling osteotomy (TPLO) and tibial tuberosity advancement (TTA), modify the biomechanics of the stifle in order to eliminate joint shear forces. The TTA technique consists of performing linear osteotomy in the tibial tuberosity to provide its cranial advancement together with the insertion of the patellar ligament, which promotes the dynamic stabilization of the stifle joint. Currently, the improvement of surgical techniques for the treatment of CCL rupture/deficiency is the object of study by several researchers in the field of small animal orthopedics.

Keyword: Tibial osteotomies, Tibial plateau, Stifle Joint.

1. INTRODUÇÃO

O ligamento cruzado cranial (LCC) atua, primariamente, na limitação da translação cranial da tíbia e, conforme o joelho é flexionado, ele se cruza com o ligamento cruzado caudal restringindo a rotação medial da tíbia. O LCC atua ainda limitando a hiperextensão articular e auxilia na restrição dos movimentos varo e valgo do joelho (SCHULZ, 2008). Anteriormente, acreditava-se que a ruptura/deficiência do LCC em cães estava mais associada aos fatores traumáticos, mas a partir de 1980 esse conceito foi modificado (BAKER; MUIR, 2018). Apesar de a ruptura aguda ainda estar associada às lesões traumáticas diversos estudos sugerem que, na maioria dos casos, a deficiência do LCC é o resultado de alterações degenerativas crônicas do próprio ligamento (HAYASHI, 2018). Esta doença degenerativa é, de longe, a mais comumente encontrada nos cães e representa uma das razões mais frequentes de claudicação no membro pélvico (WARNOCK; DUERR, 2020). A ruptura/deficiência do LCC contribui para a instabilidade da articulação do joelho, ocasionando sinovite, doença articular degenerativa e dor, comprometendo a função locomotora do membro afetado (CHAMBERLAIN; CROWLEY; VANDERBY Jr., 2018). Raças caninas susceptíveis à deficiência e ruptura do LCC, como Boxer e Labrador Retriever, sugerem que fatores de riscos, como características genéticas e variações conformacionais dos membros pélvicos, tais como articulação do joelho excessivamente estendida e aumento da inclinação do platô tibial, podem estar associados à degeneração progressiva do ligamento (BAKER; MUIR, 2018).

O diagnóstico da ruptura/deficiência do LCC se baseia principalmente no histórico do animal, achados clínicos e exames radiográficos complementares. No exame clínico ortopédico, o teste de gaveta (TG) provoca movimentação cranial anormal da tíbia quando o LCC se encontra deficiente ou rompido, sendo um exame altamente específico (98%) e que apresenta boa sensibilidade (86%) para o diagnóstico da ruptura do LCC (DE ROOSTER; DE BRUIN; VAN BREE, 2006). O teste de compressão tibial (TCT) também é utilizado para diagnosticar lesões do LCC, mimetizando a instabilidade craniocaudal que ocorre durante a sustentação do peso em cães com a doença, porém é mais subjetivo que o TG (WARNOCK; DUERR, 2020). O exame radiográfico é complementar aos achados clínicos e as características radiográficas clássicas da ruptura do LCC são: deslocamento cranial da gordura infrapatelar e caudal da fásia do músculo gastrocnêmio ocasionado pela efusão articular, acompanhadas de alterações osteoartísticas em casos crônicos (PLESMAN *et al.*, 2012). Arruda *et al.* (2018) realizaram um estudo radiográfico e concluíram que os ângulos do platô tibial e os ângulos de inserção do ligamento patelar são significativamente maiores em cães com ruptura do LCC e estes fatores,

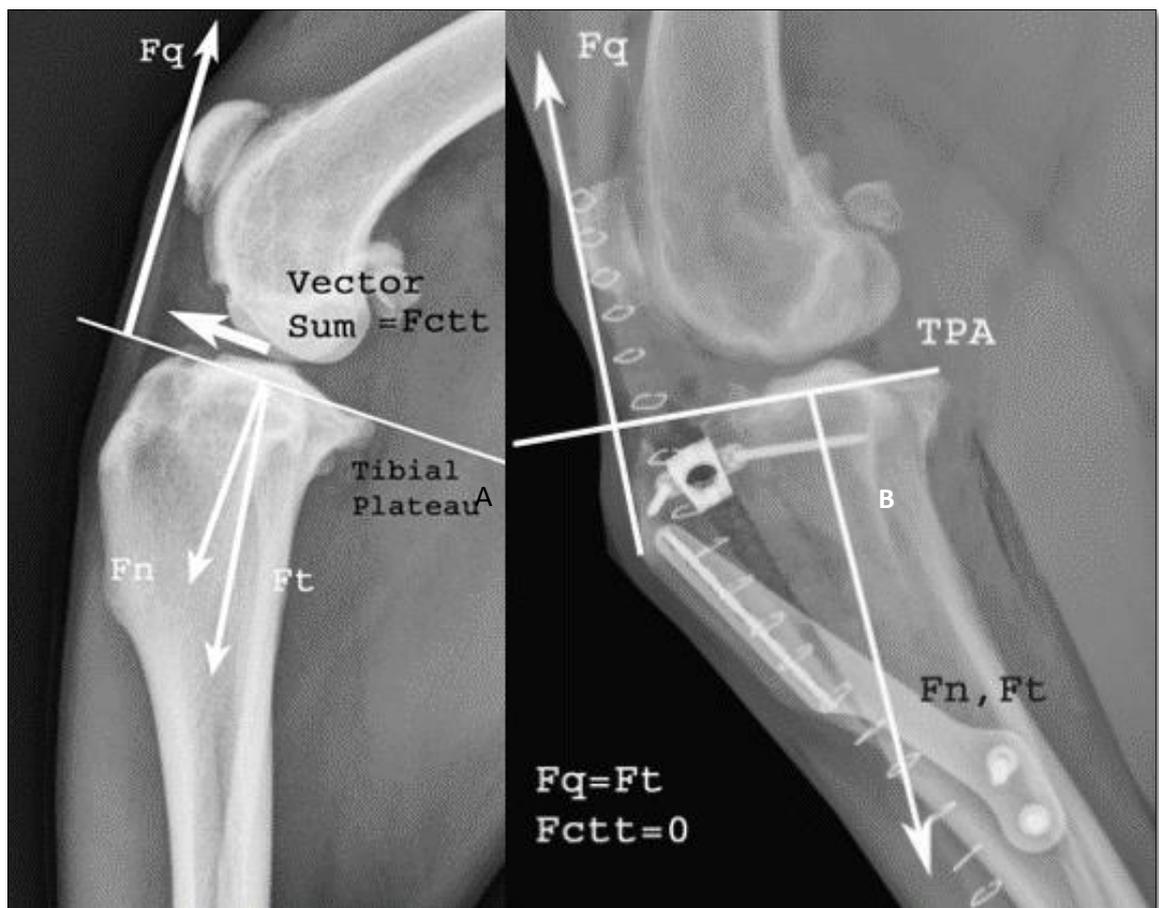
possivelmente, influenciam na etiologia da ruptura do LCC e deve ser mensurado. O exame radiográfico realizado sob estresse articular por meio da compressão tibial ocasiona o deslocamento cranial da tibia em relação ao fêmur em cães com a ruptura do LCC, sendo um achado radiográfico bastante sugestivo da doença (DE ROOSTER; VAN RYSSSEN; VAN BREE, 1998, SKINNER *et al.*, 2013).

Os procedimentos cirúrgicos amplamente utilizados para tratamento da deficiência do LCC são aqueles que visam restabelecer a estabilidade articular pela realização de técnicas intracapsulares, extracapsulares ou por meio de osteotomias da tibia (BAKER; MUIR, 2018). As osteotomias tibiais buscam a modificação na biomecânica do joelho a fim de promover estabilidade articular dinâmica, sem a necessidade de realizar a substituição do ligamento deficiente ou a estabilização extracapsular passiva, uma vez que o joelho deixa de depender da função do LCC. Montavon, Damur e Tepic (2002), baseados em um modelo biomecânico do joelho humano, propuseram uma teoria biomecânica que assume que a força total de reação na articulação do joelho é paralela ao ligamento patelar durante o apoio do membro (Figura 1.1). Com o objetivo de neutralizar as forças de translação cranial da tibia em decorrência da ruptura/deficiência do LCC, foi idealizada a técnica cirúrgica de avanço da tuberosidade tibial (TTA). Esta técnica consiste na realização de uma osteotomia na tuberosidade da tibia no plano frontal para proporcionar o avanço cranial da tuberosidade tibial conjuntamente com a inserção do ligamento patelar. A tuberosidade da tibia é avançada até que o ângulo do ligamento patelar (ALP) em relação ao platô tibial atinja 90° quando o joelho estiver posicionado em aproximadamente 135° (Figura 1.1) (POZZI *et al.*, 2006; BOUDRIEAU, 2009).

Atualmente existem dois grupos de técnicas cirúrgicas de TTA que são descritas como métodos de primeira e de segunda geração. Na técnica de primeira geração, realiza-se osteotomia completa da tuberosidade tibial, sendo utilizado pequeno espaçador ósseo e placa específica para fixação óssea (Figura 1.1-B). As técnicas de segunda geração diferem-se da técnica primária principalmente pela realização de osteotomia incompleta, chamada de dobradiça cortical, e a utilização de um grande espaçador único para manter o avanço cranial da tuberosidade da tibia, sem a necessidade de aplicação de placa óssea (BOUDRIEAU, 2009). Esta modificação da técnica original foi denominada de técnica de Maquet modificada (TMM) na qual a osteotomia incompleta da tuberosidade tibial reduz a quantidade de implantes necessários para fixação óssea e causa menor dano ao periósteo e tecidos moles (ETCHEPAREBORDE *et al.*, 2010). Além disso, com utilização da TMM não há deslocamento proximal da tuberosidade da tibia como ocorre na técnica de osteotomia convencional para

TTA, e assim, o cálculo tradicional do avanço da tuberosidade para TTA pode não ser adequadamente aplicado quando se utiliza a TMM (PILLARD *et al.*, 2016).

Figura 1.1: Imagens radiográfica na posição mediolateral da articulação do joelho de cão demonstrando as forças biomecânicas atuantes antes e depois da técnica cirúrgica de avanço da tuberosidade tibial (TTA).



Legenda: **A:** Imagem radiográfica em projeção mediolateral do joelho de cão com ruptura do ligamento cruzado cranial (LCC) demonstrando as forças biomecânicas atuantes. A F_q (força do quadríceps), a F_t (força total), F_n (força do plano neutro) não agem em um mesmo plano e geram uma F_{ctt} (força vetorial) que é responsável pela translação cranial da tíbia. **B:** Imagem radiográfica em projeção mediolateral do mesmo joelho após a realização da técnica de TTA de primeira geração demonstrando as forças atuantes no joelho. Quando o ângulo entre F_q e TPA (platô tibial) é perpendicular, a F_q , a F_n e a F_t agem em um mesmo plano eliminando a F_{ctt} , o que neutraliza a translação cranial da tíbia. Fonte: MILLER *et al.* (2007).

O uso de diferentes pontos de referência para cálculo do ALP, tais como utilização do método do platô tibial (PT) ou da tangente comum (TC), e também os diversos métodos descritos para se determinar o avanço ideal da tuberosidade da tíbia podem ser adicionados à lista de inúmeras variáveis que devem ser consideradas no planejamento radiográfico pré-

operatório da técnica de TTA (CADMUS; PALMER; DUNCAN, 2014). A base teórica para se conseguir o resultado eficaz no procedimento de TTA é atingir o $ALP \leq 90^\circ$ durante o apoio do membro, e qualquer variável que possa alterar esse propósito pode levar a resultados funcionais inconsistentes (APELT; KOWALESKI; BOUDRIEAU, 2007; PILLARD et al., 2016). Portanto, como não existe um consenso sobre as referências anatômicas e quais metodologias de cálculo do avanço da tuberosidade tibial são mais indicadas no planejamento pré-cirúrgico maiores estudos são necessários.

2. 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(6), p.1190-1195, 2018.

APELT, D.; KOWALESKI, M. P.; BOUDRIEAU, R. J. Effect of tibial tuberosity advancement on cranial tibial subluxation in the canine cranial cruciate deficient stifle joints: an in vitro experimental study. **Veterinary Surgery**. v.36(2), p.170-177, 2007.

BAKER, L. A.; MUIR, P. Genetics of Cruciate Ligament Rupture. In: MUIR, P. **Advances in the canine cranial cruciate ligament**. 2ed. New Jersey: Wiley, 2018, p. 57-79.

BOUDRIEAU, R. J. Tibial Plateau Leveling Osteotomy or Tibial Tuberosity Advancement? **Veterinary Surgery**. v.31(1), p.1-22, 2009.

CADMUS, J.; PALMER, R. H.; DUNCAN, C. The Effect of Preoperative Planning Method on Recommended Tibial Tuberosity Advancement Cage Size. **Veterinary Surgery**. v.43(8), p.995-1000, 2014.

CHAMBERLAIN, C. S.; CROWLEY, E. E.; VANDERBY JR., R. Cruciate Ligament Remodeling and Repair. *Advances In*: MUIR, P. **Advances' in the canine cranial cruciate ligament**. 2ed. New Jersey: Wiley, 2018, p. 21-29.

DE ROOSTER, H.; DE BRUIN, T.; VAN BREE, H. Morphologic and functional features of the canine cruciate ligaments. **Veterinary Surgery**. v.35(8), p.769-780, 2006.

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

ETCHEPAREBORDE, S. *et al.* Mechanical testing of a modified stabilization method for tibial tuberosity advancement. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. v.23(6), p.400-405, 2010.

SCHULZ, K. Afecções articulares. In: FOSSUM, T.W. **Cirurgia de pequenos animais**. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. Cap. 33, p.1254-1275.

HAYASHI, K. Histology of Cruciate Ligament Rupture. In: MUIR, P. **Advances in the canine cranial cruciate ligament**. 2ed. New Jersey: Wiley, 2018. p. 47-56.

MILLER, J. M. *et al.* Effect of 9 mm tibial tuberosity advancement on cranial tibial translation in the canine cranial cruciate ligament-deficient stifle. **Veterinary Surgery**. v.36(4), p.335-340, 2007.

MONTAVON, P. M.; DAMUR, D. M.; TEPIC, S. Advancement of the tibial tuberosity for the treatment of cranial cruciate deficient canine stifle. **In: 1st WORD ORTHOPEDIC VETERINARY CONGRESS**, 2002, Munich, Germany, p. 152.

PILLARD, P. *et al.* Comparison of desired radiographic advancement distance and true advancement distance required for patellar tendon–tibial plateau angle reduction to the ideal 90° in dogs by use of the modified Maquet technique. **American Journal Veterinary Research**. v.77(12), p.1401-1410, 2016.

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(6), p.478–487, 2012.

POZZI, A. *et al.* Effect of medial meniscal release on load transmission following tibial plateau leveling osteotomy. **Veterinary Surgery**. v.35(5), p.486-494, 2006.

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(1), p.86–91, 2013.

WARNOCK, J.; DUERR, F. M. **Canine Lameness**. 1^a ed., Colorado: Wiley., 2020.

CAPÍTULO DOIS

MÉTODOS DE MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA DO AVANÇO DA TUBEROSIDADE TIBIAL NA TÉCNICA DE TTA-MAQUET: ESTUDO EX-VIVO EM CÃES

RESUMO

A técnica cirúrgica de avanço da tuberosidade tibial (TTA) é utilizada para tratamento da ruptura/deficiência do ligamento cruzado cranial em cães. Nesta técnica realiza-se osteotomia na tuberosidade da tíbia para proporcionar o seu avanço cranial conjuntamente com a inserção do ligamento patelar. Na teoria da TTA, a estabilidade articular é restabelecida quando o ângulo do ligamento patelar (ALP) atinge 90° em relação à inclinação do platô tibial. Foram propostos alguns métodos de mensuração radiográfica no planejamento pré-operatório para execução da técnica de TTA, mas ainda não há consenso científico de qual metodologia é mais eficaz para se calcular o avanço da tuberosidade tibial. O objetivo deste estudo foi avaliar sete métodos de cálculos radiográficos para avanço da tuberosidade tibial e definir quais os mais efetivos para a técnica de TTA-Maquet. Foram selecionados 15 cadáveres de cães adultos, nos quais cada animal teve um dos joelhos radiografado na projeção mediolateral com a articulação angulada em $135^\circ \pm 5^\circ$. Foram feitas mensurações radiográficas para avanço da tuberosidade tibial por sete métodos diferentes. Os joelhos selecionados foram submetidos à técnica cirúrgica de TTA-Maquet e, em cada articulação, os avanços craniais da tuberosidade tibial foram realizados de acordo com os valores obtidos pelos diferentes métodos. Após a obtenção de cada avanço da tuberosidade tibial, o joelho foi radiografado para mensuração do ALP resultante. Em seguida, a tuberosidade tibial foi progressivamente deslocada para se estabelecer o avanço mínimo necessário para se anular a translação cranial no teste de compressão tibial, e o joelho foi novamente radiografado para mensuração do ALP correspondente. Comparando as medidas do avanço tibial que neutralizaram o teste de compressão tibial com as medidas de avanço tibial calculadas nas radiografias pré-cirúrgicas, os métodos que não apresentaram diferença significativa foram o Eixo de Osteotomia Corrigido (método 4) e o Eixo Tibial Corrigido (método 6). Em relação ao cálculo do ALP, o método pelo Platô Tibial foi o que confirmou a teoria de que a translação cranial da tíbia se anula quando o ALP atinge 90° . O método de mensuração pela Tangente Comum tendeu a subestimar o ALP e a translação cranial da tíbia se anulou quando o ALP atingiu 85° por este método. Conclui-se que os métodos mais indicados para mensuração radiográfica pré-cirúrgica do avanço da tuberosidade tibial na técnica de TTA-Maquet são o Eixo de Osteotomia Corrigido e o Eixo Tibial Corrigido, e a mensuração do ALP pelo método do Platô Tibial é mais fidedigna à teoria proposta pela TTA. Quando o ALP for mensurado pelo método da Tangente Comum, sugere-se que no cálculo do avanço da tuberosidade tibial o ângulo referencial para obtenção do ALP seja de aproximadamente 85° .

Palavras-chave: Ligamento Cruzado Cranial, Osteotomia Tibial, Articulação do Joelho

ABSTRACT

The surgical technique of tibial tuberosity advancement (TTA) is used to treat the cranial cruciate ligament rupture/deficiency in dogs. In this procedure, an osteotomy is performed on tibial tuberosity and the cut bone is cranially advanced along with the insertion of patellar ligament. In the theoretical model of TTA, the stifle joint stability is restored when the patellar ligament angle (PLA) reaches 90° in relation to the tibial plateau slope. Some methods of radiographic measurement have been proposed in the preoperative planning to perform the TTA technique, but there is still no scientific consensus on which methodology is more effective to calculate the advancement of tibial tuberosity. The aim of this study was to evaluate seven methods of radiographic measurements for advancement of tibial tuberosity and to define which are the most effective for the TTA-Maquet technique. Fifteen cadavers of adult dogs were selected and each animal had a stifle joint radiographed in the mediolateral projection with the joint angled at $135^\circ \pm 5^\circ$. The radiographic measurements were made to calculate the tibial tuberosity advancement by seven different methods. Each dog underwent the TTA-Maquet procedure in the selected stifle joint and the cranial advancements of the tibial tuberosity were performed according to the values obtained by the different measurement methods. After performing each tibial tuberosity advancement, the stifle joint was radiographed to measure the resulting PLA. After that, the tibial tuberosity was progressively displaced to establish the minimum advancement required to neutralize the cranial translation in the tibial compression test, and the stifle joint was again radiographed to measure the resulting PLA. When comparing the tibial advancement measures that neutralized the tibial compression test with the tibial advancement measures calculated on the pre-surgical radiographs, the methods that showed no significant difference were the Adjusted Osteotomy Axis (method 4) and the Adjusted Tibial Axis (method 6). Regarding the measurement of PLA, only the method by the Tibial Plateau confirmed the theory that the cranial tibial translation is neutralized when the PLA reaches 90°. The measurement method by the Common Tangent tended to underestimate the PLA and the cranial tibial translation was neutralized when the PLA reaches 85° by this method. In conclusion, the most indicated methods for pre-surgical radiographic measurement of the tibial tuberosity advancement in the TTA-Maquet technique are the Adjusted Osteotomy Axis and the Adjusted tibial Axis, and the measurement of PLA by the Tibial Plateau method is more reliable to the proposed theory by TTA. If the PLA is measured by the Common Tangent method, it is suggested that for measuring the tibial tuberosity advancement, the reference angle for obtaining the PLA should be approximately 85°.

Keywords: Cranial Cruciate Ligament, Tibial Osteotomy, Stifle Joint

1. INTRODUÇÃO

A técnica cirúrgica de avanço da tuberosidade tibial (TTA) é utilizada para tratamento da deficiência/ruptura do ligamento cruzado cranial (LCC) em cães. Nesta técnica realiza-se osteotomia na tuberosidade da tibia para proporcionar o seu avanço cranial conjuntamente com a inserção do ligamento patelar. Na técnica de TTA-Maquet realiza-se osteotomia incompleta da tuberosidade tibial, permanecendo a extremidade distal da tuberosidade aderida à tibia após seu avanço cranial. Na teoria da TTA, a estabilidade articular é restabelecida quando o ângulo do ligamento patelar (ALP) atinge 90° em relação à inclinação do platô tibial. O planejamento pré-cirúrgico para quantificação do avanço da tuberosidade tibial na TTA é feito a partir da imagem radiográfica em projeção mediolateral da articulação do joelho afetado, posicionado em angulação aproximada de 135° ± 5°. O objetivo é mensurar o avanço cranial da tuberosidade tibial necessário para se alcançar o ALP de 90°. Destaca-se que a falha nesta mensuração radiográfica compromete o sucesso do tratamento, pois pode não anular a translação cranial da tibia após a intervenção (APELT; KOWALESKI; BOUDRIEAU 2007; PILLARD *et al.*, 2016).

O método convencional para mensuração do avanço da tuberosidade tibial é baseado na medida necessária para se alcançar o ALP ideal em relação ao eixo do Platô Tibial (PT) (BOUDRIEAU, 2009). Dennler *et al.* (2006) descreveram a mensuração baseada no método da Tangente Comum (TC), no qual se determina o ponto de contato tibiofemoral como referência, que parece ser anatomicamente mais representativo do que o método convencional do PT. Segundo Pillard *et al.* (2016), na avaliação pré e pós-cirúrgica da TTA, o ALP obtido pode ser mensurado pelos métodos do PT (ALP-PT) ou da TC (ALP-TC). No entanto, tem sido sugerido que o ALP-TC é clínica e anatomicamente mais relevante (DENNLER *et al.*, 2006; BOUDRIEAU, 2009; HOFFMAN *et al.*, 2011). Bismuth *et al.* (2014) estudaram a variabilidade entre os dois métodos e concluíram que o ALP-TC e o ALP-PT levaram à subestimação e superestimação do ALP, respectivamente, e recomendaram o uso do método do PT.

Os cálculos realizados para determinação do avanço da tuberosidade tibial na técnica de TTA apresentam grande variabilidade entre os métodos descritos (ETCHEPAREBORDE *et al.*, 2011). Cadmus, Palmer e Duncan (2014) compararam os métodos de cálculo de avanço da tuberosidade tibial por gabaritos transparentes e por meio de software e concluíram que os métodos levaram a recomendações variadas de espaçadores em 86% dos joelhos, podendo ser uma fonte de resultados insatisfatórios. Kapler, Marcellin-Little e Roe (2015) compararam os métodos do Eixo Tibial (Orthomed®) e do avanço da tuberosidade da tibia pelo Eixo Tibial Modificado e não encontraram diferença significativa dos avanços calculados entre os métodos,

no entanto, os métodos avaliados geraram o avanço real da tuberosidade 30% menor quando comparado à medida do espaçador utilizado. Pillard *et al.* (2016) avaliaram o planejamento do avanço da tuberosidade da tibia por meio do método do PT Convencional e do PT Modificado, e concluíram que ambos os métodos não foram confiáveis para atingir o ALP de 90° e sugeriram o desenvolvimento de um método mais eficaz. Pillard *et al.* (2017) avaliaram um novo método radiográfico para se determinar o avanço da tuberosidade tibial e sugeriram que o método de cálculo baseado no Eixo de Osteotomia, aliado a uma distância de 5mm distal à base patelar, melhorou as taxas de sucesso para se alcançar o ALP ideal com uso da técnica de TTA-Maquet modificada. Meeson *et al.* (2018) realizaram avaliações radiográficas pós-cirúrgicas de cães submetidos à TTA e concluíram que em todos os casos houve o avanço da tuberosidade da tibia inferior ao necessário.

A variabilidade entre os métodos de cálculo do avanço tibial e os pontos de referência para a mensuração do ALP levam a recomendações variáveis do avanço tibial e do tamanho dos espaçadores utilizados, e afetam diretamente o resultado da técnica de TTA (CADMUS; PALMER; DUNCAN, 2014). Variados métodos de planejamento radiográfico pré-cirúrgico para a execução da técnica de TTA em cães foram descritos. Estudos recentes propõem diferentes metodologias para o cálculo do avanço tibial (BRUNEL *et al.*, 2013; KAPLER; MARCELLIN-LITTLE; ROE, 2015; PILLARD *et al.*, 2016; PILLARD *et al.*, 2017). Esta diversidade de métodos de mensuração no planejamento pré-operatório é apontada como um dos fatores que geram resultados variáveis e inconsistentes no tratamento cirúrgico. Apesar da diferença encontrada em diversos estudos, todos os métodos almejam alcançar o ALP de 90° em relação ao PT ou à TC após a execução do avanço da tuberosidade tibial. Atualmente, não há um consenso sobre qual o melhor método de mensuração para cálculo do avanço da tuberosidade tibial no planejamento da técnica de TTA. Além disso, há necessidade de serem avaliadas metodologias de cálculo que levem em consideração a movimentação rotacional ao se realizar o avanço da tuberosidade tibial na técnica de TTA-Maquet.

O objetivo deste estudo foi avaliar sete métodos distintos de mensuração radiográfica para avanço da tuberosidade tibial no planejamento pré-cirúrgico da técnica de TTA-Maquet. Foram determinados quais os métodos mais precisos levando em consideração a medida do ALP obtida após o avanço da tuberosidade. Também foram determinados quais os métodos mais precisos considerando a medida do avanço da tuberosidade que anulou clinicamente o deslocamento cranial da tibia no teste de compressão tibial. Determinou-se ainda qual é método

de mensuração do ALP (ALP-PT ou APL-TC) mais indicado levando em consideração a teoria biomecânica da TTA.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Lavras (UFLA), contando com apoio dos setores de Cirurgia Veterinária, Diagnóstico por Imagem e Patologia Veterinária, e foi conduzida após aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA-UFLA) segundo protocolo nº 018/19.

Foram selecionados quinze cadáveres de cães adultos jovens, com peso corporal entre 20kg e 45kg, que foram a óbito por causas não relacionadas a esta pesquisa. Os membros pélvicos foram radiografados e foram incluídos neste estudo somente os animais que não apresentavam sinais radiográficos de alterações ortopédicas. Os cadáveres íntegros foram mantidos congelados, sendo descongelados em temperatura ambiente por 24 horas antes da realização do experimento.

Para realização dos exames radiográficos e execução dos procedimentos experimentais, foi selecionado aleatoriamente um dos membros pélvicos de cada animal. O exame radiográfico do membro escolhido foi realizado mantendo-se a articulação do joelho em angulação de $135^{\circ} \pm 5^{\circ}$. Com esta finalidade, foi utilizado um sistema de fixador esquelético externo com inserção de pinos de fixação no fêmur proximal e no osso talo, ligados a uma barra conectora externa (Figura 2.1). O sistema de fixação externa possibilitou que a correta angulação da articulação do joelho se mantivesse durante todos os exames radiográficos, procedimentos cirúrgicos e execução experimental dos avanços craniais da tuberosidade da tibia.

Após a obtenção do ângulo de extensão desejado na articulação do joelho, o membro pélvico foi radiografado na posição mediolateral verdadeira, ou seja, com sobreposição precisa dos côndilos femorais, sendo aceita discreta rotação dos côndilos de até 2mm. A imagem radiográfica incluiu desde a cabeça do fêmur até o osso talo, porque esses são os pontos de referência utilizados para mensuração da angulação do joelho. Uma régua marcadora de 100 mm foi posicionada na mesma altura da articulação do joelho. Esta régua foi a referência de medida para a correção da magnificação radiográfica. Todas as mensurações radiográficas foram realizadas com o auxílio do software r-PACS® (versão: 1.7.0_67).

Inicialmente, foi realizada a mensuração radiográfica do ângulo de extensão da articulação do joelho. Uma reta partindo do centro da cabeça do fêmur em sentido distal se encontra com outra reta emergindo do centro do talo, onde o ponto de interseção das duas retas

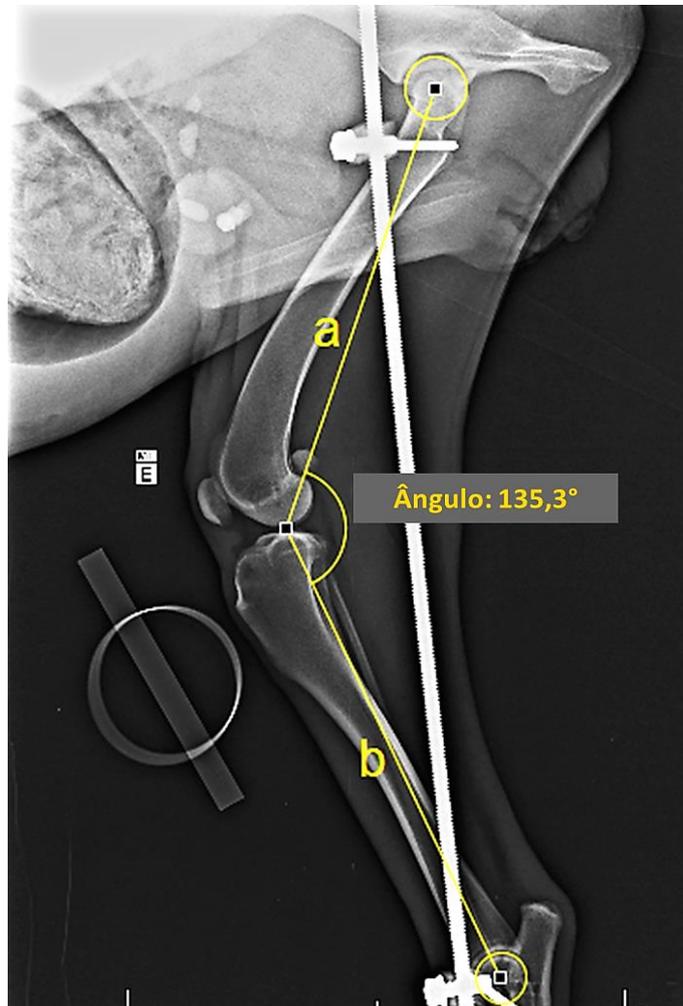
(vértice angular) é posicionado na altura da eminência intercondilar da tíbia. Dava-se prosseguimento ao estudo somente após a confirmação pela mensuração radiográfica de que a articulação do joelho se encontrava posicionada na angulação de $135^\circ \pm 5^\circ$ (Figura 2.2).

Figura 2.1: Sequência de imagens fotográficas demonstrando a colocação do fixador esquelético externo no membro pélvico de cadáver canino.



Legenda: Imagens fotográficas do membro pélvico de cadáver canino demonstrando a sequência de colocação de fixador esquelético externo com a finalidade de manter a articulação do joelho angulada em aproximadamente 135° . A = Foi inserido um pino de Schanz na altura do trocânter maior do fêmur e outro pino de Schanz no osso talo, ambos perpendicularmente ao plano sagital ósseo (setas). B = Foram inseridas duas presilhas conectoras fazendo a ligação dos pinos de Schanz com uma barra externa linear. Nesta fase, as presilhas conectoras permaneceram frouxas para que a articulação do joelho pudesse ser movimentada livremente. C = Outras duas presilhas conectoras foram inseridas nos pinos de Schanz, fazendo a ligação dos pinos com uma barra externa angulada em 135° . O vértice da flexura da barra angulada foi centralizado na articulação tibiofemoral e o membro foi movimentado para que os eixos ósseos do fêmur e da tíbia ficassem alinhados com a barra externa angulada, fazendo com que a articulação do joelho também alcançasse a angulação de 135° . Os parafusos das presilhas conectoras foram apertados e a angulação correta do joelho foi verificada. D = A barra externa angulada foi removida após o afrouxamento e retirada de suas respectivas presilhas conectoras. O sistema de fixação esquelética com a barra externa linear permaneceu fixado ao membro pélvico, mantendo a articulação do joelho em angulação aproximada de 135° . Fonte: Do Autor, 2019.

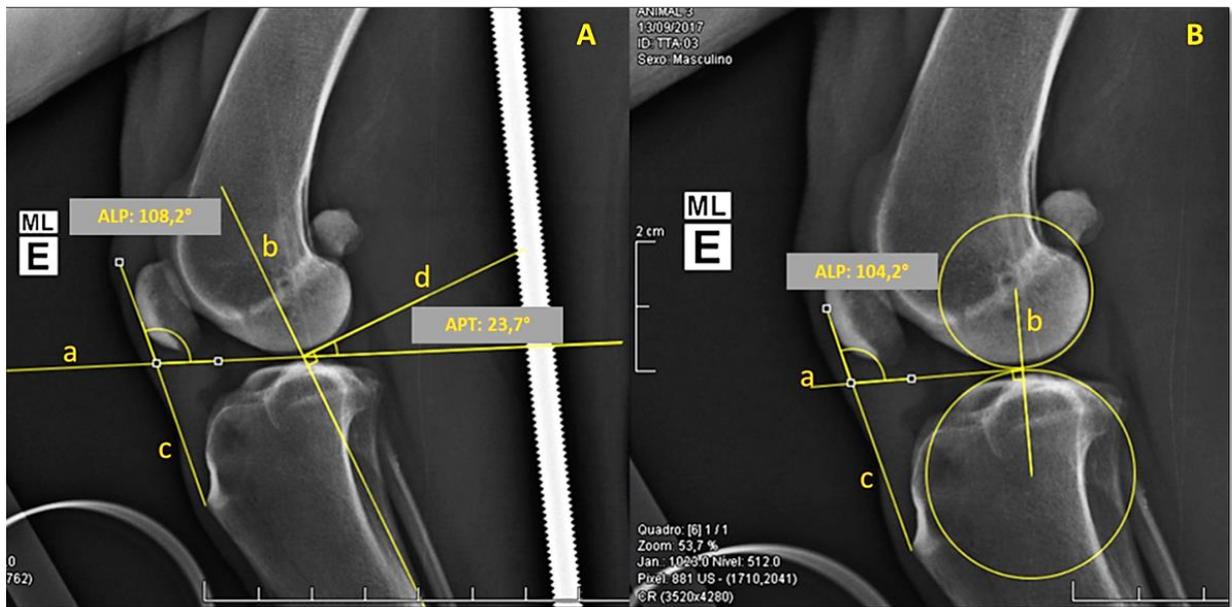
Figura 2.2: Imagem radiográfica na projeção mediolateral do membro pélvico de um cão demonstrando a mensuração do ângulo de extensão da articulação do joelho.



Legenda: Imagem radiográfica em projeção mediolateral do membro pélvico de um cão demonstrando o processo de mensuração do ângulo de extensão da articulação do joelho. Um círculo é traçado contornando a cabeça do fêmur, enquanto outro círculo é traçado em torno do osso talo contornando a articulação tibiotársica. Inicialmente é traçada uma linha (**linha a**) a partir do centro da cabeça femoral que se direciona para a eminência intercondilar tibial. Outra linha (**linha b**), que corresponde ao eixo funcional da tíbia, é traçada a partir do centro da região do talo e se direciona também para a eminência tibial. As duas retas se encontram no ponto de contato tibiofemoral, onde é medido o ângulo de extensão da articulação do joelho, que para o planejamento da técnica deve estar em $135^\circ \pm 5^\circ$. Fonte: Do Autor, 2019.

Na imagem radiográfica pré-cirúrgica foram mensurados, inicialmente, o ângulo do platô tibial (APT) e o ângulo do ligamento patelar (ALP), sendo este último pelo método do platô tibial (ALP-PT) e pelo método da tangente comum (ALP-TC). Os procedimentos para mensuração do ALP pelos dois métodos estão descritos na Figura 2.3.

Figura 2.3: Imagens radiográficas na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando a mensuração do ângulo do ligamento patelar (ALP) pelos métodos do platô tibial (ALP-PT) e da tangente comum (ALP-TC).



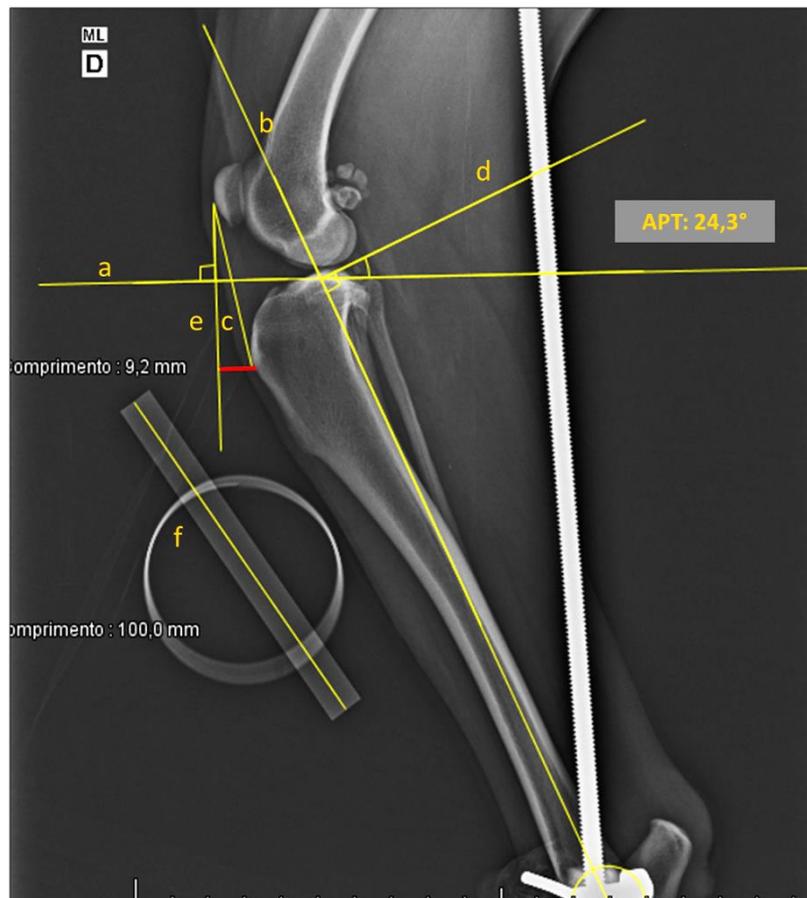
Legenda: Imagens radiográficas em projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando a mensuração do ângulo do ligamento patelar (ALP) pelos métodos do Platô Tibial (A) e da Tangente Comum (B). **A**: uma reta é traçada representando a inclinação do platô tibial (**linha a**). Outra reta é traçada representando o eixo funcional da tíbia (**linha b**). Uma reta (**linha d**) é traçada perpendicularmente à linha **b**, no ponto de encontro desta com a linha **a**, definindo o ângulo do platô tibial (**APT**), que neste caso mediu 23,7°. Outra reta (**linha c**) é traçada a partir da borda cranial da patela em sentido à extremidade cranial da tuberosidade da tíbia, e representa o ligamento patelar. O ângulo formado entre a reta do platô tibial (linha **a**) e a reta do ligamento patelar (linha **c**) corresponde ao ângulo do ligamento patelar (**ALP**) medido pelo método do platô tibial (**ALP-PT**), que neste caso foi de 108,2°. **B**: Dois círculos são traçados, um circundando os côndilos femorais e outro circundando o platô tibial. Uma reta é traçada unindo o centro dos dois círculos (**linha b**). Uma reta (**linha a**) é traçada perpendicularmente à linha **b**, no ponto de encontro dos dois círculos, e a linha **a** representa a tangente comum no ponto de contato tibiofemoral. Outra reta (**linha c**) é traçada a partir da borda cranial da patela em sentido à extremidade cranial da tuberosidade da tíbia, e representa o ligamento patelar. O ângulo formado entre a reta da tangente comum (linha **a**) e a reta do ligamento patelar (linha **c**) corresponde ao ângulo do ligamento patelar (**ALP**) medido pelo método da tangente comum (**ALP-TC**), que neste caso foi de 104,2°. Fonte: Do Autor, 2019.

A partir da imagem radiográfica inicial de cada membro pélvico foram calculadas as diferentes distâncias para avanço da tuberosidade tibial por meio de sete métodos distintos:

- 1- **Método do Platô Tibial Convencional (M1)**: Uma linha que representa a inclinação do platô tibial foi traçada. Em seguida, outra linha foi traçada partindo-se do local de origem do ligamento patelar no aspecto cranial da patela, seguindo em direção distal

perpendicularmente à linha do platô tibial. A distância medida entre o ponto mais cranial da tuberosidade tibial e a linha perpendicular ao platô tibial corresponde à medida do avanço da tuberosidade da tibia por este método (Figura 2.4).

Figura 2.4: Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tibia pelo método do Platô Tibial Convencional (método M1).

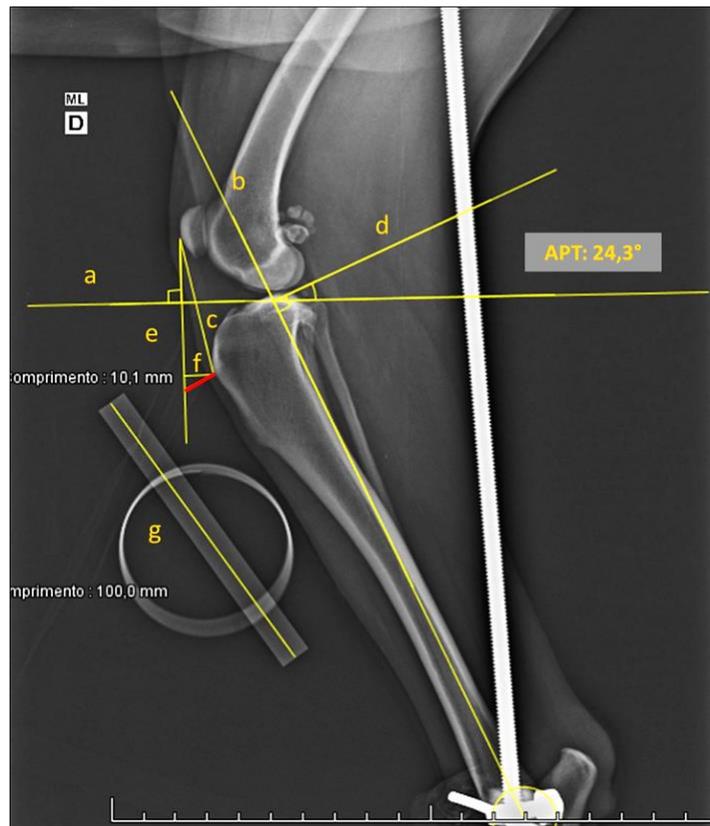


Legenda: Imagem radiográfica demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tibia pelo método do Platô Tibial Convencional (método M1). Uma reta é traçada representando a inclinação do platô tibial (**linha a**). Outra reta é traçada representando o eixo funcional da tibia (**linha b**). Outra reta (**linha e**) é traçada partindo do ponto de origem do ligamento patelar perpendicularmente à linha do platô tibial (**linha a**). A distância medida (**linha vermelha**) entre a extremidade cranial da tuberosidade da tibia e a linha **e** corresponde ao avanço tibial calculado por este método, que neste caso foi de 9,2 mm. A reta (**linha d**) é traçada perpendicularmente à linha **b**, no ponto de encontro desta com a linha **a**, definindo o ângulo do platô tibial (APT), que neste caso mediu 24,3°. Estão também demonstradas a reta que representa o ligamento patelar (**linha c**) e linha de medida para correção da magnificação radiográfica (**linha f**). Fonte: Do Autor, 2019.

- 2- **Método do Platô Tibial Corrigido (M2):** Segundo o método proposto por Pillard *et al.* (2016), e com a finalidade de considerar o movimento rotacional da tuberosidade da tibia ao ser deslocada cranialmente, o valor do avanço obtido pelo Método do Platô

Tibial Convencional é dividido pelo cosseno do ângulo do platô tibial ($A^E = A^M / \text{Cos}$ (APT)). O resultado obtido corresponde à medida do avanço da tuberosidade da tibia pelo método M2 (Figura 2.5).

Figura 2.5: Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o cálculo de avanço da tuberosidade da tibia pelo método do Platô Tibial Corrigido (método M2).



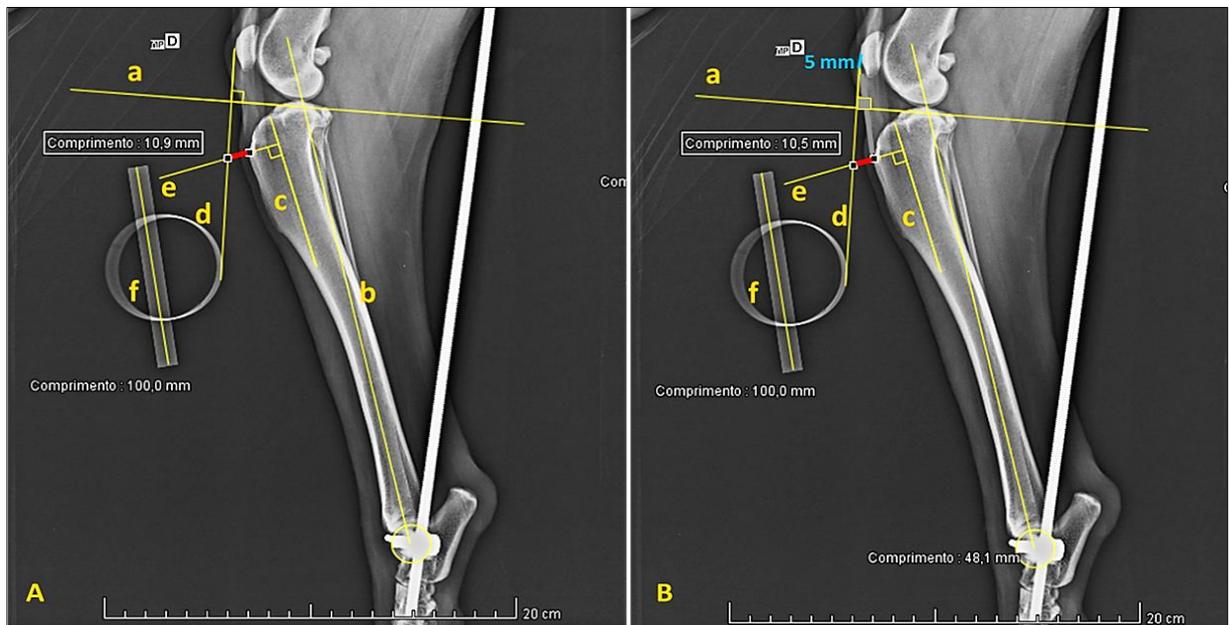
Legenda: Imagem radiográfica demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tibia pelo método do Platô Tibial Corrigido (método M2). A medida do avanço da tuberosidade da tibia pelo Método do Platô Tibial Convencional (**linha f**) e a obtenção do ângulo do platô tibial (APT) são realizadas conforme descrito na legenda da figura 2.4. O valor obtido na linha **f** é dividido pelo cosseno do ângulo do platô tibial (valor do método M2 = linha **f** / Cos (APT)), resultando no valor corresponde à medida do avanço da tuberosidade da tibia pelo método M2 (**linha vermelha**), que neste caso foi de 10,1 mm. A **linha a** representa a inclinação do platô tibial, a **linha b** representa o eixo funcional da tibia, a **linha c** representa o ligamento patelar, a **linha d** traçada perpendicularmente à linha **b** no ponto de encontro com a linha **a** define o ângulo do platô tibial (APT), e a linha de medida para correção da magnificação radiográfica (**linha g**). Fonte: Do Autor, 2019.

- 3- **Método do Eixo de Osteotomia (M3):** As duas linhas obtidas no Método do Platô Tibial Convencional são também traçadas: a linha que representa a inclinação do platô tibial e a linha que parte do aspecto cranial da patela perpendicularmente à linha do platô tibial. É traçada a linha do eixo de osteotomia, que será posteriormente descrita, conforme definido por Pillard *et al.* (2017). Uma linha perpendicular ao eixo da

osteotomia na altura da região mais cranial da tuberosidade da tibia é traçada. Sobre esta última linha, a distância do avanço é definida entre a linha perpendicular ao eixo do platô tibial e a borda da tuberosidade da tibia (Figura 2.6 A).

- 4- **Método do Eixo de Osteotomia Corrigido (M4):** Descrito por Pillard *et al.* (2017), difere-se do método do Eixo de Osteotomia por iniciar a linha traçada perpendicularmente ao eixo do platô tibial 5 mm distalmente à origem do ligamento patelar. Semelhante ao método anterior, sobre a linha perpendicular ao eixo de osteotomia, a distância do avanço é definida entre a linha perpendicular ao eixo do platô tibial e a borda cranial da tuberosidade da tibia (Figura 2.6 B). Sobre este valor mensurado radiograficamente aplica-se um fator de correção: $(FC) = (CO - 3) / (CO - H)$, onde o CO corresponde ao comprimento da linha de osteotomia e H a distância entre o início da linha de osteotomia até a linha perpendicular ao eixo de osteotomia. O resultado corresponde à medida do avanço da tuberosidade da tibia pelo método M4.

Figura 2.6: Imagens radiográficas na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tibia pelos métodos do Eixo de Osteotomia (método M3) e do Eixo de Osteotomia Corrigido (método M4).

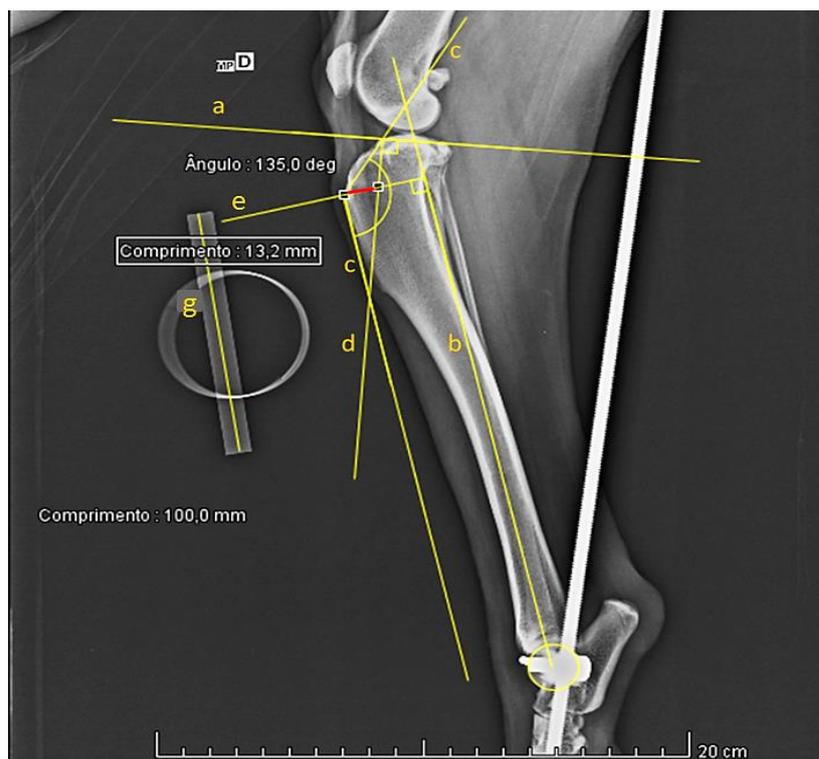


Legenda: Imagens radiográficas demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tibia pelos métodos do Eixo de Osteotomia (figura A) e do Eixo de Osteotomia Corrigido (figura B). **A:** Uma reta é traçada representando a inclinação do platô tibial (**linha a**). Uma reta (**linha d**) é traçada tendo início na origem do ligamento patelar posicionada perpendicularmente à linha **a**. Outra reta é traçada representando o eixo de osteotomia (**linha c**). É traçada uma reta (**linha e**) perpendicularmente à linha **c** na altura da extremidade cranial da tuberosidade da tibia. A distância entre a extremidade da tuberosidade da tibia até o ponto de encontro das linhas **d** e **e** corresponde ao avanço calculado pelo método M3 (**linha vermelha**). **B:** A obtenção das retas é semelhante à figura A, exceto que a **linha d** inicia-se 5 mm (**linha azul**) abaixo da origem do ligamento patelar. Novamente, a distância entre a

extremidade da tuberosidade da tibia até o ponto de encontro das linhas **d** e **e** corresponde ao avanço calculado pelo método M4 (**linha vermelha**). Sobre esta medida obtida é aplicado um fator de correção.
Fonte: Do Autor 2019.

- 5- **Método do Eixo Tibial (Orthomed Modificado) (M5):** Foi desenvolvido um método pela Orthomed® para cálculo do avanço tibial nos procedimentos de TTA-Maquet em que as medidas são baseadas no eixo tibial, sem necessidade de se posicionar a articulação do joelho em 135°. Kapler, Marcellin-Little e Roe (2015) sugeriram algumas modificações no método original, que foram utilizadas neste estudo. Para o cálculo da medida de avanço da tuberosidade tibial por este método, várias retas são traçadas a partir da obtenção do eixo funcional da tibia. Os detalhes para esta mensuração radiográfica estão demonstrados na Figura 2.7.

Figura 2.7: Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tibia pelo Método do Eixo Tibial (Orthomed® modificado) (método M5).

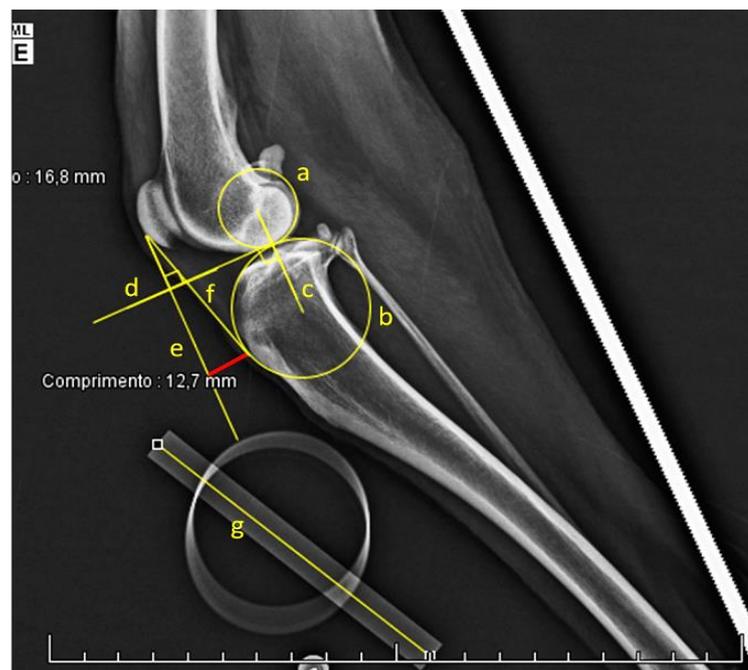


Legenda: Imagem radiográfica demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tibia pelo método do Eixo Tibial (Orthomed Modificado). Inicialmente é traçada uma linha que define o platô tibial (**linha a**) e outra linha que corresponde ao eixo funcional da tibia (**linha b**). Uma linha paralela ao eixo funcional da tibia é posicionada na extremidade cranial da tuberosidade da tibia e, no ponto de inserção do ligamento patelar, esta linha é angulada proximalmente em 135° (**linha c**). Esta última linha cruza com a reta do platô tibial (linha **a**), e neste ponto de interseção, origina-se em sentido distal uma reta (**linha d**) perpendicularmente à linha do platô tibial. Outra linha (**linha e**) é traçada perpendicularmente ao eixo funcional da tibia (linha **b**) na altura da inserção do ligamento patelar na extremidade cranial da

tuberosidade da tibia. Na altura desta última linha (linha e), a distância entre o ponto mais cranial da tuberosidade tibial e o ponto de interseção das linhas d e e (linha vermelha) corresponde à medida do avanço cranial da tuberosidade da tibia pelo método M5, que neste caso foi de 13,2 mm. A linha g corresponde à medida para correção da magnificação radiográfica. Fonte: Do Autor, 2019.

- 6- **Método do Eixo Tibial Corrigido (M6):** Foi sugerido por Kapler, Marcellin-Little e Roe (2015) que a medida obtida pelo método do Eixo Tibial tende a subestimar em 30% a medida real do avanço cranial da tibia. Assim, neste método corrigido, a medida do avanço da tuberosidade tibial calculada pelo método do Eixo Tibial foi acrescida de 30%.
- 7- **Método da Tangente Comum (M7):** Foi proposta por Dennler *et al.* (2006) uma técnica de planejamento radiográfico para TTA na qual uma linha tangencial é traçada no ponto de contato tibiofemoral, denominada tangente comum. Para o cálculo do avanço tibial baseado neste método, uma linha é desenhada a partir do local de origem do ligamento patelar perpendicularmente à linha da tangente comum. A distância do ponto mais cranial da tuberosidade da tibia até a linha perpendicular à tangente corresponde à medida do avanço da tuberosidade da tibia por este método (Figura 2.8).

Figura 2.8: Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tibia pelo método da Tangente Comum (método M7).



Legenda: Imagem radiográfica demonstrando o cálculo do avanço da tuberosidade da tibia pelo método da tangente comum. Dois círculos são traçados, um circundando os côndilos femorais (a) e outro circundando o platô tibial (b). Uma reta é traçada unindo o centro dos dois círculos (linha c). Uma reta

(**linha d**) é traçada perpendicularmente à linha **c**, no ponto de encontro dos dois círculos, e esta linha **d** representa a tangente comum no ponto de contato tibiofemoral. Outra linha (**linha e**) é traçada tendo início na origem do ligamento patelar, sendo posicionada perpendicularmente à linha da tangente comum (linha **d**). A distância medida (**linha vermelha**) entre a extremidade cranial da tuberosidade da tibia e a linha **e** corresponde ao avanço tibial calculado pelo método M7, que neste caso foi de 12,7mm. A **linha g** corresponde à medida para correção da magnificação radiográfica. Fonte: Do Autor, 2019.

O planejamento radiográfico do eixo de osteotomia foi realizado conforme proposto por Pillard *et al.* (2017). A linha de osteotomia teve início proximal e cranialmente ao côndilo medial da tibia (na altura do Tubérculo de Gerdy) e se estendeu distalmente por uma distância equivalente a 150% do comprimento da porção cranial da tuberosidade tibial. O ponto mais distal da linha de osteotomia corresponde ao orifício de Maquet (Figura 2.9). A espessura da dobradiça cortical corresponde à espessura da cortical óssea imediatamente cranial ao orifício de Maquet. Além da definição do eixo de osteotomia, foram realizadas medidas de distâncias do ponto mais cranial da tuberosidade da tibia à linha de osteotomia para auxiliar na execução da secção óssea no local correto durante o procedimento cirúrgico.

Figura 2.9: Imagem radiográfica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão demonstrando o planejamento pré-cirúrgico para obtenção do eixo de osteotomia.



Legenda: Imagem radiográfica demonstrando a mensuração radiográfica para obtenção da linha de osteotomia baseada na técnica do orifício de Maquet. Realiza-se a medida do comprimento da margem cranial da tuberosidade da tibia (TCL). A linha da osteotomia (**linha amarela - CO**) é traçada partindo-se de um ponto proximal cranialmente ao côndilo tibial medial (na altura do tubérculo de Gerdy). Na altura da extremidade cranial da tuberosidade da tibia é traçada uma reta (**linha a**) perpendicularmente à linha de osteotomia. A partir do ponto de interseção da linha de osteotomia (CO) com a linha **a**, esta linha de osteotomia se estende distalmente atingindo um comprimento equivalente a 1,5 vezes o

comprimento da margem cranial da tuberosidade da tíbia (**linha verde = $TCL \times 1,5$**). A **linha H** representa a medida da linha de osteotomia acima do ponto de interseção desta com a linha **a**. No final da linha de osteotomia é feito o orifício de Maquet (**O**). São ainda realizadas três medidas para orientação na realização cirúrgica da linha de osteotomia na tíbia: **D1** é a distância da parte mais cranial da tuberosidade da tíbia à linha de osteotomia, **D2** é a distância da parte mais cranial da tuberosidade da tíbia ao orifício de Maquet, e **D3** é a espessura da cortical cranial da tíbia na altura do orifício de Maquet. Fonte: Do Autor, 2019.

O observador principal, com experiência em análise radiográfica do sistema osteomuscular, realizou três medidas de cada variável, sendo utilizada a média destas medidas para definição do avanço da tuberosidade tibial para cada método avaliado. Além disso, um segundo observador, também experiente em análise radiográfica, realizou três medidas de cada variável em tempos diferentes para análise estatística interobservador.

Após a realização do planejamento radiográfico pré-cirúrgico para obtenção das medidas dos avanços da tuberosidade tibial pelos diferentes métodos, realizou-se em cada membro pélvico selecionado, abordagem cirúrgica à superfície medial da tíbia proximal. Em seguida, foi realizada osteotomia da tuberosidade tibial baseando-se nas mensurações do planejamento radiográfico do eixo da osteotomia, conforme demonstrado na Figura 2.9. Após minuciosa mensuração e definição dos pontos de referência para secção óssea, o orifício de Maquet foi perfurado com auxílio de broca ortopédica de 3mm (Figura 2.10 A). Com o auxílio de uma serra oscilatória com lâmina reta e guia de serra linear (Figura 2.10 B), foi feita osteotomia tibial partindo-se do ponto de referência proximal, seguindo em sentido distal até alcançar o orifício de Maquet, mantendo a porção distal da tuberosidade da tíbia aderida à diáfise tibial.

Na porção proximal da tuberosidade tibial, um parafuso cortical de 3,5mm de diâmetro foi inserido em um orifício perfurado com broca de 2,5mm de diâmetro, na direção craniocaudal. Foi posicionada uma placa metálica ao longo da superfície caudal da região interna da osteotomia. Assim, à medida que o parafuso cortical era rosqueado, a sua ponta em contato com a placa metálica possibilitava o avanço cranial da porção proximal da tuberosidade da tíbia nos comprimentos desejados (Figura 2.10 C).

Para padronizar o local de mensuração do avanço da tuberosidade tibial, foi realizada uma marca na borda óssea caudal da linha de osteotomia, na distância de 3 mm distalmente à margem articular (Figura 2.11). A distância do avanço foi mensurada neste local perpendicularmente à linha de osteotomia, com auxílio de paquímetro digital Jomarca® com precisão de 0,01mm. A tuberosidade tibial foi então sucessivamente avançada nas diferentes medidas obtidas previamente pelos métodos de mensuração radiográfica do avanço tibial. Os avanços foram realizados progressivamente, da menor medida calculada por cada método

avaliado até alcançar a maior medida mensurada. Em cada medida calculada para avanço tibial foi acrescentado um valor adicional de 0,6 mm, correspondente à largura da lâmina da serra de osteotomia.

Figura 2.10: Imagens fotográficas do aspecto medial da tíbia proximal de um cão no



transoperatório demonstrando a confecção da osteotomia tibial e a colocação do mecanismo distrator da tuberosidade da tíbia.

Legenda: Imagens fotográficas da superfície medial da tíbia proximal mostrando a sequência de confecção da osteotomia tibial e implantação do mecanismo distrator. **A:** Marcação óssea da linha de osteotomia (seta azul) devidamente mensurada na radiografia pré-cirúrgica, demonstrando o orifício de Maquet já perfurado na extremidade distal da linha de osteotomia (seta vermelha). **B:** Guia de serra linear posicionado sobre a tuberosidade tibial para realização da osteotomia com serra oscilatória. **C:** Implantação do mecanismo distrator. Um parafuso é inserido na porção proximal da tuberosidade tibial, em direção craniocaudal, que entra em contato com uma placa metálica posicionada no interior da lacuna da osteotomia. À medida que o parafuso é rosqueado promove-se o avanço cranial da tuberosidade da tíbia. Fonte: Do Autor, 2019.

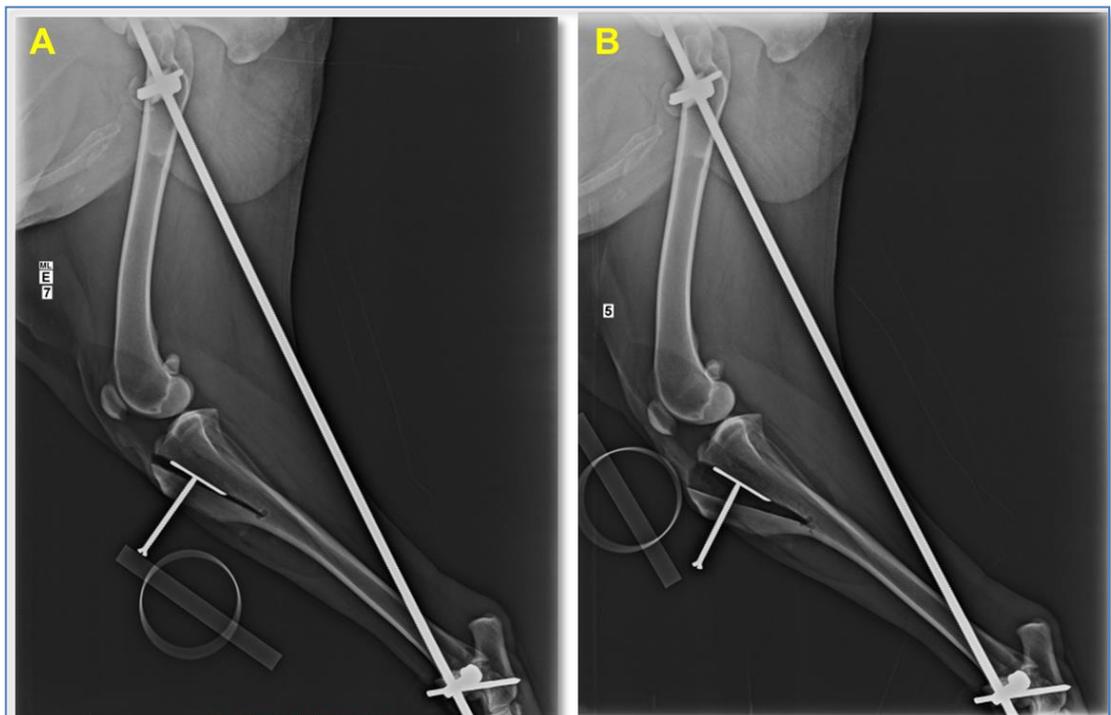
Após a obtenção de cada avanço da tuberosidade tibial na amostra operada, realizou-se radiografia em projeção mediolateral com a articulação do joelho mantida na mesma angulação pré-operatória de $135^\circ \pm 5^\circ$. Em cada membro operado, as radiografias foram identificadas de acordo com o método do cálculo do avanço tibial utilizado (M1, M2, M3, M4, M5, M6 ou M7) (Figura 2.12). O ALP foi mensurado nas imagens radiográficas obtidas após cada avanço da tuberosidade indicado pelos diferentes métodos. O ALP foi calculado por dois diferentes métodos, ALP-PT e ALP-TC, conforme descrito anteriormente na Figura 2.3. Para mensuração do ALP foi omitida, em cada radiografia, a identificação do método de cálculo do avanço da tuberosidade correspondente e as imagens foram avaliadas de forma aleatória pelos observadores.

Figura 2.11: Imagem fotográfica do aspecto medial da tíbia proximal de cão no transoperatório demonstrando o mecanismo distrator da tuberosidade da tíbia e a representação do local de mensuração do avanço da tuberosidade tibial.



Legenda: Imagem fotográfica da superfície medial da tíbia proximal mostrando o local de mensuração do avanço da tuberosidade tibial. A linha vermelha indica a determinação do ponto padronizado para mensuração do avanço, localizado a 3 mm distalmente da margem articular. À medida que o parafuso é rosqueado, o mecanismo distrator promove o deslocamento cranial da tuberosidade. A linha azul representa a medida do avanço da tuberosidade da tíbia mensurado por paquímetro digital. Fonte: Do Autor, 2019.

Figura 2.12 : Imagens radiográficas pós cirúrgica na projeção mediolateral da articulação do joelho de um cão após a obtenção de avanços calculados por diferentes métodos.



Legenda: Radiografias pós-cirúrgicas na projeção mediolateral do joelho de um cão após a inserção do mecanismo distrator. A: Radiografia obtida após a confecção do avanço da tuberosidade da tíbia recomendada pelo método 7 (M7). B: Radiografia obtida após a confecção do avanço da tuberosidade da tíbia recomendada pelo método 5 (M5). Fonte: Do Autor 2020.

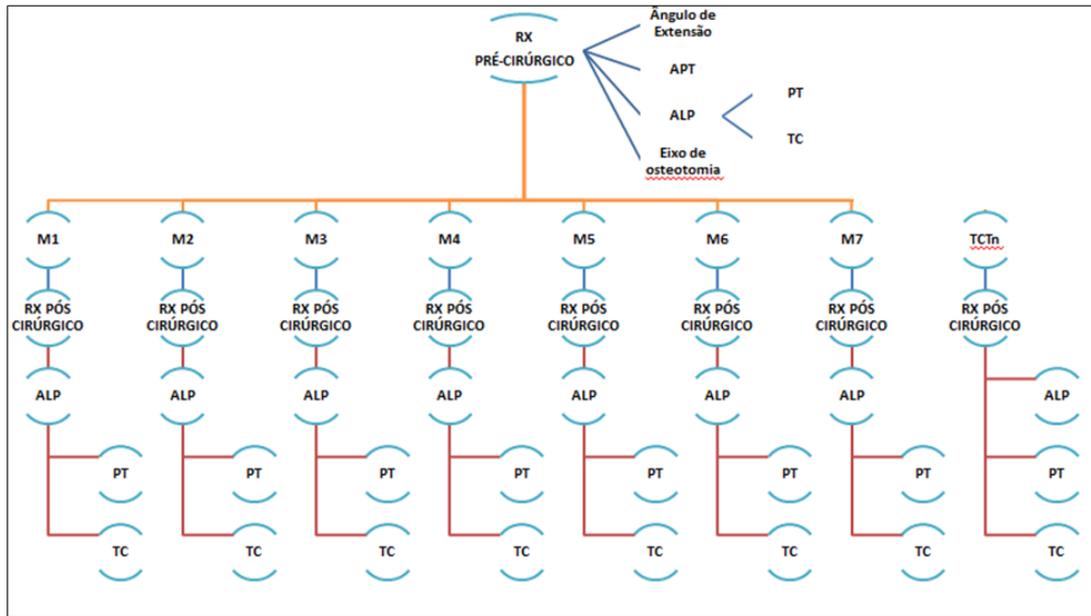
Em seguida à obtenção das imagens radiográficas com os sete diferentes avanços calculados em cada indivíduo, foi avaliado no membro operado o avanço tibial real capaz de neutralizar a translação cranial da tíbia ao teste de compressão tibial. Para isso, rompeu-se o LCC com auxílio de bisturi com lâmina nº11 em abordagem minimamente invasiva à articulação do joelho, e a ruptura completa do ligamento foi confirmada pelos testes de gaveta e de compressão tibial positivos. Com a articulação do joelho ainda mantida em angulação aproximada de 135° e com o mecanismo distrator da tuberosidade posicionado, a tuberosidade da tíbia foi gradativamente deslocada cranialmente até o ponto em que se obtivesse a neutralização da translação cranial da tíbia observada por meio do teste de compressão tibial. Ao atingir esta posição, a distância do avanço da tuberosidade tibial foi medida no local demarcado por paquímetro digital. A distância do avanço foi designada como a medida referente ao teste de compressão tibial negativo (TCTn), sendo posteriormente realizada a imagem radiográfica. Para efeito comparativo com as medidas radiográficas pré-operatórias, na medida calculada do avanço tibial obtida diretamente na lacuna da osteotomia foi subtraído o valor de 0,6 mm, correspondente à largura da lâmina de osteotomia. Novamente foi calculado o ALP, pelos métodos ALP-PT e ALP-TC, nas imagens radiográficas obtidas após a neutralização da translação da tíbia no teste de compressão tibial.

A figura 2.1.3 apresenta um fluxograma com a sequência das etapas realizadas na metodologia deste estudo para obtenção dos dados radiográficos e cirúrgicos.

Os dados foram analisados no software GraphPadPrism 5.0®. Na análise estatística determinou-se como diferença significativa $p < 0,05$ e $\alpha = 0,05$ no teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal (dados paramétricos). Os dados que apresentaram distribuição normal foram submetidos ao Teste t de Student para amostra única, Teste t de Student para análise de variáveis independentes, análise de variância ANOVA e aos testes de comparação múltiplas de Tukey e Dunnett. Nos dados que não apresentaram distribuição normal aplicaram-se os testes de Wilcoxon para amostras únicas, Mann-Whitney para variáveis independentes, análise de variância Kruskal-Wallis e o teste de comparação múltipla de Dunn. Para análise estatística interobservador foi utilizado o coeficiente de correlação interclasse (CCI) de Pearson para

dados paramétricos e de Spearman para dados não paramétricos. O CCI foi considerado excelente quando superior a 0,75; satisfatório entre 0,4 e 0,75; e baixo quando menor que 0,4.

Figura 2.1.3: Fluxograma da obtenção dos dados pré e pós-cirúrgicos de cada amostra.



Legenda: A partir de cada radiografia pré-cirúrgica, obtida em cada amostra do estudo após fixação da articulação do joelho com fixador externo, foram mensurados: o ângulo de extensão, o ângulo do platô tibial (APT), o ângulo do ligamento patelar (ALP) pelo método do platô tibial (PT) e pelo método da tangente comum (TC), e o cálculo do eixo de osteotomia. Nestas mesmas radiografias pré-cirúrgicas foram calculadas as medidas dos avanços da tuberosidade da tibia pelos sete diferentes métodos. Com a confecção da linha de osteotomia e colocação do mecanismo distrator, a tibia foi avançada cranialmente de acordo com a recomendação de cada método, sendo feita a radiografia após a realização de cada avanço (RX pós-cirúrgico). Em cada uma das radiografias obtidas no pós-cirúrgico foi mensurado o ângulo do ligamento patelar (ALP) pelos métodos do platô tibial (PT) e da tangente comum (TC). Após a ruptura do ligamento cruzado cranial, foi mensurado o menor avanço necessário para se obter o teste de compressão tibial negativo (TCTn) e a articulação foi radiografada no pós-cirúrgico e mensurada na mesma sequência. Fonte: Do Autor, 2019.

3. RESULTADOS

Os 15 cadáveres de cães selecionados eram adultos jovens e sem sinais radiográficos de doença articular. O peso corporal médio *post mortem* dos cães foi 29,39Kg, com coeficiente de variação (CV) de 27,22%, sendo sete machos (46,7%) e oito fêmeas (53,3%).

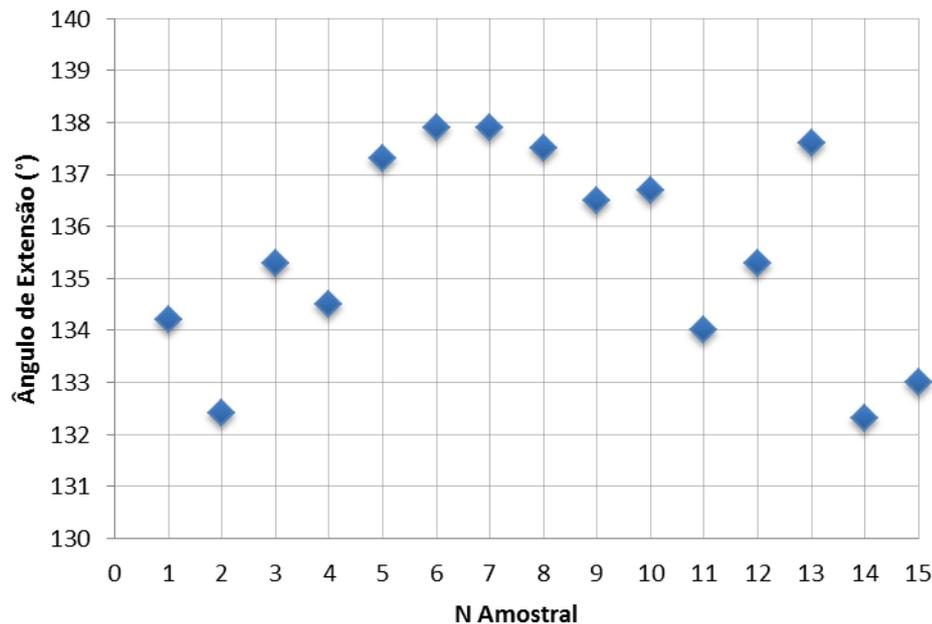
3.1. ANÁLISE DOS DADOS PRÉ-CIRÚRGICOS

Com a implantação do sistema de fixação esquelética externa, a mensuração dos ângulos de extensão da articulação do joelho nas radiografias pré-cirúrgicas demonstrou que a média

das 15 amostras analisadas foi de $135,5^\circ \pm 2,01^\circ$. O menor ângulo de extensão obtido foi $132,2^\circ$ e o maior $137,9^\circ$, sendo que o coeficiente de variação (CV) foi 1,49% (Gráfico 3.1.1).

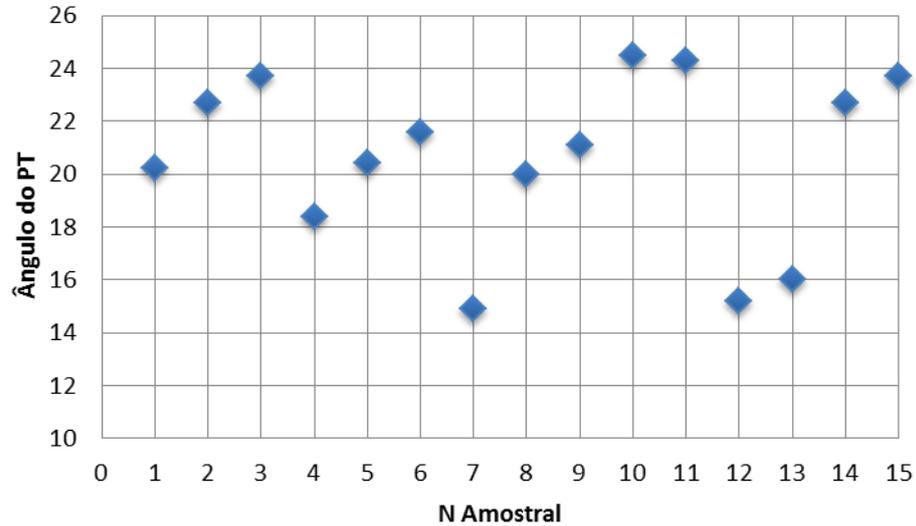
Em relação às medidas dos ângulos do platô tibial (APT) obtidas nos exames radiográficos pré-cirúrgicos de todas as amostras, o menor ângulo de inclinação mensurado foi $14,9^\circ$ e o maior foi $24,5^\circ$. A média dos APT foi $20,63^\circ \pm 3,23^\circ$, e o coeficiente de variação (CV) da amostra foi 15,68% (Gráfico 3.1.2).

Gráfico 3.1.1: Ângulos de extensão da articulação do joelho mensurados nas radiografias pré-cirúrgicas dos 15 cães avaliados.



Em todos os cães avaliados, os ângulos do ligamento patelar (ALP) mensurados pelo método do platô tibial (ALP-PT) tiveram média de $104,01^\circ \pm 4,19^\circ$ e CV de 2,36%. Os ALP mensurados pelo método da tangente comum (ALP-TC) apresentaram média de $100,5^\circ \pm 3,86^\circ$ e CV de 2,84%. Os menores valores dos ALP encontrados foram $97,7^\circ$ e $94,4^\circ$, mensurados pelos métodos ALP-PT e ALP-TC, respectivamente. Os maiores valores dos ALP observados foram $111,9^\circ$ e $105,8^\circ$, obtidos pelos métodos ALP-PT e ALP-TC, respectivamente. Os ALP das análises radiográficas pré-cirúrgicas das amostras, mensurados pelos dois diferentes métodos, apresentaram diferença estatística significativa entre os métodos ($p = 0,0005$), sendo que o ALP-TC tende a apresentar os ângulos com valores menores (Gráfico 3.1.3).

Gráfico 3.1.2: Ângulos do Platô Tibial (APT) mensurados nas radiografias pré-cirúrgicas dos 15 cães avaliados



Dentre os sete métodos de cálculo radiográfico para avanço da tuberosidade tibial, os valores obtidos nos métodos M1, M2, M3 e M5 não apresentaram diferenças significativas entre si, sendo que o mesmo ocorreu entre os métodos M4 e M6. O método M7 apresentou diferença significativa entre todos os demais, apresentando os menores valores entre os métodos estudados. As médias das medidas dos avanços da tuberosidade tibial obtidas pelos sete métodos de mensuração estão demonstradas no Gráfico 3.1.4.

Gráfico 3.1.3: Diagrama de extremos e de quartis (boxplot) dos ângulos do ligamento patelar (ALT) mensurados pelos métodos do platô tibial (ALP-PT) e da tangente comum (ALP-TC) nas radiografias pré-cirúrgicas dos 15 cães avaliados.

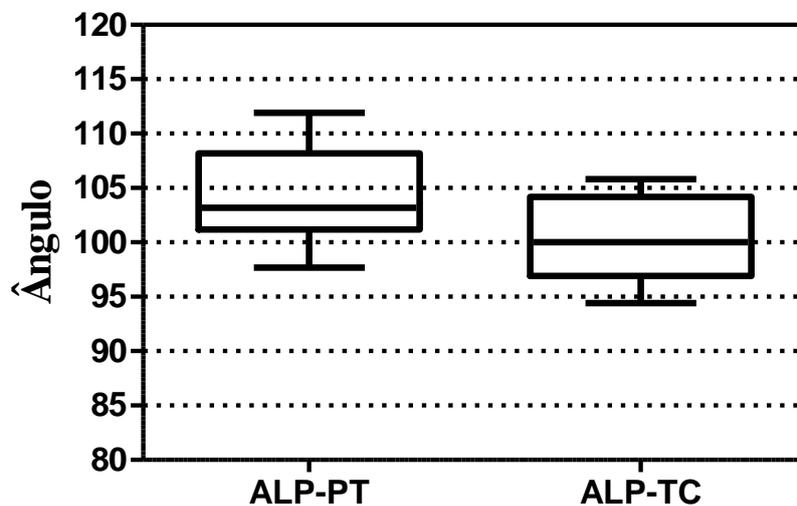
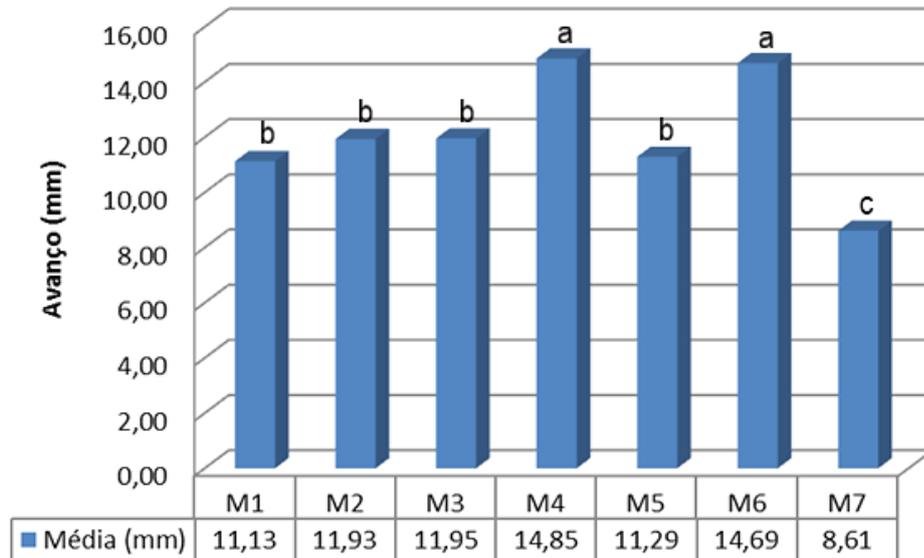


Gráfico 3.1.4: Médias das medidas dos avanços da tuberosidade tibial obtidas nas radiografias pré-cirúrgicas pelos sete métodos de mensuração avaliados (M1 a M7).



Nas colunas, letras iguais indicam médias equivalentes entre os métodos

3.2 ANÁLISE DOS DADOS PÓS-CIRÚRGICOS

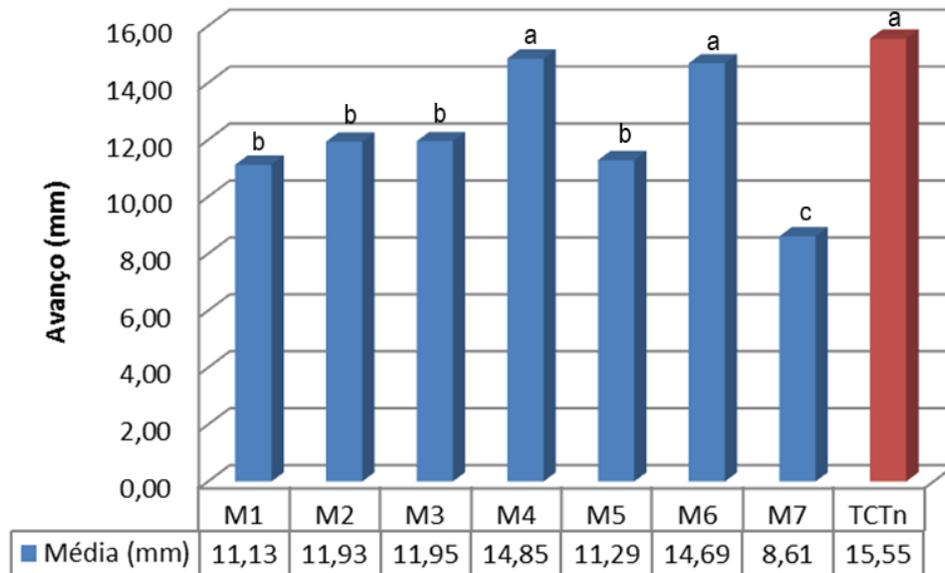
Foram avaliados quais dos métodos de cálculo pré-cirúrgico para avanço da tuberosidade tibial (métodos M1, M2, M3, M4, M5, M6 ou M7) não apresentavam diferenças significativas quando comparados ao avanço mínimo da tuberosidade necessário para se obter o teste de compressão tibial negativo (TCTn). Os métodos de mensuração que não apresentaram diferença significativa com o avanço correspondente ao TCTn foram os métodos do Eixo de Osteotomia Corrigido (M4) e do Eixo Tibial Corrigido (M6) (Gráfico 3.2.1).

Na análise comparativa entre os métodos de mensuração do ALP (ALP-PT e ALP-TC) observou-se diferença significativa ($p < 0,0001$) através da análise das médias dos ângulos obtidos por cada método de mensuração do avanço da tuberosidade (M1 a M7) e do avanço mínimo para se obter o TCTn. Em todas as amostras, o ALP correspondente ao mesmo avanço avaliado foi maior quando mensurado pelo método do PT. Os resultados sugerem que o método do PT tende a superestimar o ALP enquanto o método da TC tende a subestimá-lo (Gráfico 3.2.2).

Foram analisados também, quais os métodos de mensuração do avanço da tuberosidade tibial atingiram o objetivo da teoria da técnica de TTA, ou seja, quais métodos de cálculo no planejamento pré-cirúrgico resultaram em ALP pós-cirúrgico estatisticamente semelhante a 90° . Quando se calculou o ALP pelo método ALP-PT, dentre os sete métodos de mensuração do avanço da tuberosidade, os que resultaram em ALP significativamente diferente de 90°

foram os métodos M1, M2, M5 e M7, enquanto os métodos M3, M4, M6 e o avanço para TCTn não apresentaram diferenças significativas. Quando se calculou o ALP pelo método ALP-TC, os métodos M4 e M6 resultaram em ALP significativamente diferente de 90° e os demais métodos não apresentaram diferenças significativas (Gráfico 3.2.2; Tabela 3.2.1).

Gráfico 3.2.1: Médias das medidas dos avanços da tuberosidade tibial obtidas nas radiografias pré-cirúrgicas pelos sete métodos de mensuração avaliados (M1 a M7) e da medida do avanço mínimo necessário para se obter o teste de compressão tibial negativo (TCTn).



Nas colunas, letras iguais indicam médias equivalentes entre os métodos

Por fim, avaliaram-se os ALP resultantes de cada um dos sete métodos de avanço tibial que eram estatisticamente semelhantes ao ALP obtido no avanço mínimo necessário que resultou no TCTn. Os métodos do Eixo de Osteotomia Corrigido (M4) e do Eixo Tibial Corrigido (M6), independentemente do método de mensuração do ALP adotado (ALP-PT ou ALP-TC), não apresentaram diferença significativa com os ALP resultantes do TCTn. De forma geral, a Tabela 3.2.1 apresenta os métodos mais recomendados para mensuração radiográfica do avanço da tuberosidade tibial no planejamento pré-cirúrgico da técnica de TTA-Maquet, conforme o método de mensuração do ALP utilizado (ALP-PT ou ALP-TC) e o objetivo referencial pós-cirúrgico: teoria da TTA de alcançar o ALP de 90° (TTAt) ou o avanço necessário para alcançar o TCTn.

Gráfico 3.2.2: Médias dos ângulos do ligamento patelar (ALP) mensurados pelos métodos do platô tibial (ALP-PT) e da tangente comum (ALP-TC) correspondentes aos sete métodos de mensuração do avanço tibial (M1 a M7) e ao avanço mínimo necessário para se obter o teste de compressão tibial negativo (TCTn).

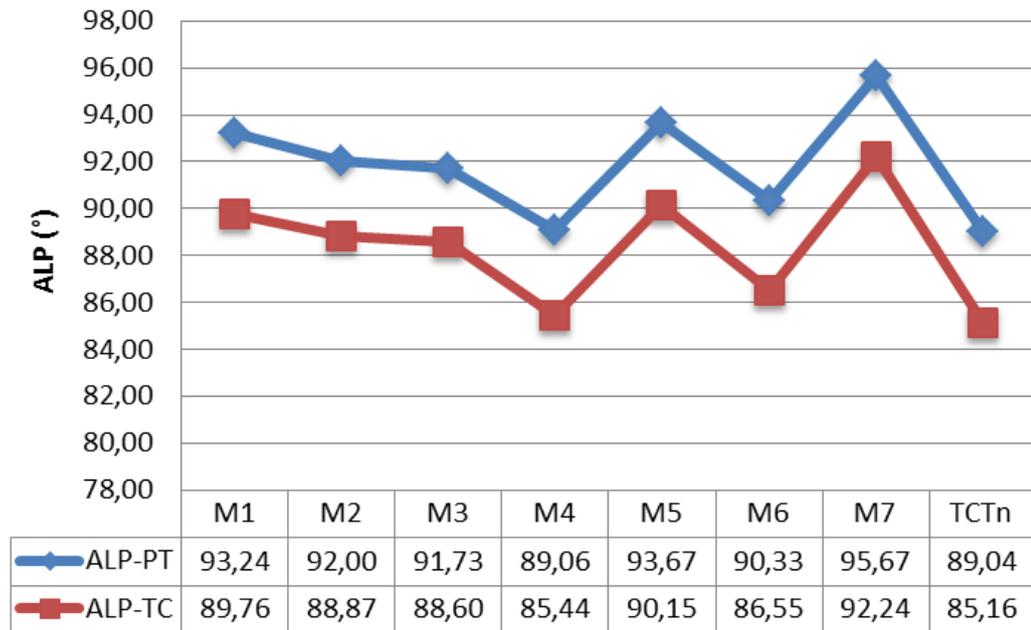


Tabela 3.2.1: Métodos indicados de mensuração radiográfica do avanço da tuberosidade tibial (M1 a M7) no planejamento pré-cirúrgico da técnica de TTA-Maquet, conforme o método de mensuração do ALP (ALP-PT ou ALP-TC) e o objetivo referencial pós-cirúrgico (TCTn ou TTA_t).

Referencial pós-cirúrgico	Método de Mensuração do ALP	Métodos de Avanço da Tuberosidade recomendados	Métodos de Avanço da Tuberosidade não recomendados
TCTn	ALP-PT	M4 e M6	M1, M2, M3, M5 e M7
	ALP-TC	M4 e M6	M1, M2, M3, M5 e M7
TTA _t (90°)	ALP-PT	M3, M4 e M6	M1, M2, M5 e M7
	ALP-TC	M1, M2, M3, M5 e M7	M4 e M6

Legenda: Indicação dos métodos de cálculos pré-cirúrgicos (M1 a M7) do avanço da tuberosidade da tibia em relação ao objetivo referencial pós-cirúrgico: teste de compressão tibial negativo (TCTn) ou teoria da TTA para obtenção do ALP de 90° (TTA_t). Também em relação ao método de mensuração do ângulo do ligamento patelar (ALP): pelo platô tibial (ALP-PT) ou pela tangente comum (ALP-TC).
Fonte: Do Autor, 2020.

3.3 ANÁLISE INTEROBSERVADOR

Na análise interobservador, os ângulos de extensão e os ângulos do platô tibial (APT) apresentaram baixo coeficiente de correlação interclasse (CCI). Os métodos de mensuração do ALP pelos métodos do platô tibial (ALP-PT) e da tangente comum (ALP-TC), assim como os métodos de mensuração do avanço da tuberosidade tibial no planejamento pré-cirúrgico apresentaram CCI satisfatório (Tabela 3.3.1).

Tabela 3.3.1: Coeficiente de correlação interclasse (CCI) da análise interobservador dos ângulos e dos métodos de medidas dos avanços da tuberosidade tibial.

	CCI	IC 95%
Ângulo de extensão	-0,2	-0,7922 a 0,5891
APT	-0,18	-0,7847 a 0,6018
ALP-PT	0,48	-
ALP-TC	0,42	-0,8689 a 0,4012
Métodos de medidas	0,56	-0,2531 a 0,8842

Legenda: Coeficiente de correlação interclasse (CCI), intervalo de confiança (IC), ângulo do platô tibial (APT), mensuração do ângulo do ligamento patelar (ALP) pelo platô tibial (ALP-PT) ou pela tangente comum (ALP-TC), e métodos de medidas do avanço da tuberosidade tibial no planejamento pré-cirúrgico. Fonte: Do Autor, 2020.

4. DISCUSSÃO

A escolha do implante espaçador para a realização da técnica de TTA é determinada por medições feitas a partir de radiografias mediolaterais do membro pélvico acometido com a articulação do joelho posicionada na extensão de aproximadamente 135° (MONTAVON; DAMUR; TEPIC, 2002; ARRUDA *et al.*, 2018). Nos métodos de cálculos pré-cirúrgicos do avanço da tuberosidade da tíbia na técnica de TTA-Maquet realizados neste estudo, com a exceção de dois deles, a angulação do joelho em 135° ± 5° era pré-requisito essencial para o correto planejamento. Com a utilização do sistema de fixação esquelético externa foi possível enquadrar todas as amostras nesta faixa de angulação articular exigida, possibilitando obter média satisfatória das amostras para os ângulos de extensão do joelho, além de ter apresentado baixo coeficiente de variação para esta variável.

Os APT em cães clinicamente normais podem apresentar grande variação, sendo descrita uma variação média deste ângulo entre 18° a 24° (MORRIS; LIPOWITZ, 2001; REIF; HULSE; HAUPTMAN, 2002). No presente estudo, os APT dos 15 joelhos avaliados não apresentaram inclinações acima de 25°, e esses se enquadraram em uma amostra considerada

normal para angulação do platô tibial na espécie. Evidentemente, os animais que possuíam os APT menores apresentaram medidas de avanço da tuberosidade tibial também menores, mesmo no método de mensuração do avanço da tibia que não se baseava diretamente na inclinação do platô tibial, como é o caso do método da tangente comum (M7).

Em geral, a mensuração do ALP na análise radiográfica pré-cirúrgica de todos os joelhos demonstrou que esta variável, quando medida pelo método do PT, resultava em ângulos maiores do que pelo método da TC. Esses dados reforçam a conclusão do estudo de Bismuth *et al.* (2014) de que a mensuração do ALP realizada a partir da inclinação do platô tibial tende a superestimar este ângulo, enquanto a mensuração tendo como base a tangente comum tende a subestimá-lo.

Na atual pesquisa, alguns métodos de planejamento radiográfico pré-cirúrgico avaliados resultaram em recomendações semelhantes de avanços da tuberosidade tibial, apesar de terem metodologias e referências anatômicas diferentes. Consequentemente, os ALP resultantes no pós-cirúrgico por estes mesmos métodos também foram semelhantes.

Conforme observado nesta pesquisa, a escolha do método de avanço da tuberosidade tibial que atinge o ALP de 90° definido pela teoria da TTA foi diretamente influenciada pela metodologia adotada para a mensuração deste ângulo resultante com o avanço da tibia. Os métodos de mensuração radiográfica pré-cirúrgica que se aproximaram da obtenção do ALP de 90° com o avanço tibial planejado, foram completamente distintos quando se adotava a metodologia baseada no platô tibial (ALP-PT) ou na tangente comum (ALP-TC).

Na realização da técnica de TTA para tratamento da ruptura/deficiência do LCC, o sucesso do procedimento é atribuído à estabilidade ativa proporcionada pela alteração da biomecânica da articulação do joelho (OBER *et al.*, 2019). No TCT a obtenção da estabilidade ativa é avaliada, pois neste teste a força que impulsiona cranialmente a tibia é derivada da contração do músculo gastrocnêmio ao se flexionar a articulação társica do cão. Na presente pesquisa, quando foram comparados os métodos de mensuração do avanço da tuberosidade que resultaram em ALP semelhante àquele obtido após o avanço mínimo necessário para se anular o TCT, a metodologia de mensuração do ALP (ALP-PT ou ALP-TC) não influenciou.

No entanto, vale ressaltar que as médias do ALP pelo método ALP-PT referentes aos métodos M4, M6 e ao TCTn ficaram entre 89,4° e 90,33°, enquanto as médias do ALP pelo método ALP-TC ficaram entre 85,16° e 85,55°, ou seja, estas últimas tiveram cerca de 5° a

menos da recomendação teórica da técnica de TTA. Skinner *et al.* (2013) analisaram 30 joelhos de cães submetidos à TTA e concluíram que embora a média do ALP pelo método da TC tenha sido 89°, a translação cranial da tíbia persistiu durante apoio do membro operado. A partir dos dados obtidos no presente estudo, sugere-se que, ao se mensurar o ALP-TC com o objetivo de se anular a translação cranial da tíbia, o ALP pretendido após a cirurgia deverá ser menor do que os 90° proposto pela teoria da TTA, devendo estar em torno dos 85°.

Como o objetivo da técnica cirúrgica de TTA é anular a translação cranial da tíbia e atingir um ALP pós-cirúrgico de 90° (MONTAVON; DAMUR; TEPIC, 2002), os métodos de mensuração do avanço tibial avaliados que contemplaram estas duas premissas foram os métodos do Eixo de Osteotomia Corrigido (M4) e do Eixo Tibial Corrigido (M6), quando o ALP foi mensurado pelo método do PT. Esses dois métodos apresentaram avanços significativamente maiores quando comparados com os demais métodos estudados. Em um estudo, a ruptura parcial do ligamento cruzado caudal, diagnosticada quatro meses após a cirurgia de TTA em um cão, foi atribuída ao avanço excessivo da tuberosidade da tíbia (DAMUR, 2005). Segundo Apelt, Kowaleski e Boudrieau (2007), a tração caudal da tíbia pode ocorrer quando a tuberosidade da tíbia for avançada além do ângulo necessário para se neutralizar o impulso tibial cranial, podendo colocar pressão excessiva no ligamento cruzado caudal. Fratura da dobradiça cortical intraoperatória, fissura tibial intraoperatória e fraturas tibiais pós-operatórias são possíveis complicações da técnica de TTA-Maquet e tem como fatores de risco a espessura da dobradiça cortical e os avanços excessivos da tuberosidade da tíbia (LEFEBVRE; BROUX; BARTHELEMY, 2018). No presente estudo, a fratura da dobradiça cortical, na altura do orifício de Maquet, ocorreu em mais da metade das amostras ao se aplicar o maior avanço calculado.

Observou-se neste estudo experimental que os avanços que se aproximaram do ALP de 90° calculado pelo método ALP-PT eram semelhantes ao avanço mínimo necessário para se obter o TCTn. Este resultado reforçou a teoria da TTA de que a força de translação cranial da tíbia se anula quando o ALP é reduzido a 90°. Porém, na perspectiva da aplicação prática da técnica cirúrgica, estes avanços foram excessivos. Meeson *et al.* (2018) utilizando a medida do ALP pelo PT, atribuiu a ocorrência de subavanços da tuberosidade da tíbia observada em seu estudo às conformações da tuberosidade da tíbia, formatos dos espaçadores utilizados e metodologias que não levaram em consideração a movimentação rotacional da tuberosidade tibial na técnica de TTA-Maquet. Porém, neste mesmo estudo, a ocorrência de subavanços também foi justificada possivelmente devido à necessidade de avanços excessivos da

tuberosidade tibial para que se resultassem no ALP-PT de 90°, e que podem ser inviáveis na prática cirúrgica.

Na análise interobservador, os cálculos dos ângulos de extensão do joelho e do APT apresentaram baixo CCI. Esse resultado provavelmente ocorreu devido à subjetividade na identificação dos pontos de referência para estas mensurações, principalmente da identificação da borda caudal do platô tibial, e de variações anatômicas dos joelhos dos cães. Já o CCI dos cálculos do ALP e dos métodos de mensuração para avanço da tuberosidade tibial no planejamento pré-cirúrgico foram satisfatórios, apontando adequada reprodutibilidade do estudo.

A principal limitação deste estudo foi a possibilidade de as alterações cadavéricas não possibilitarem a obtenção exata dos resultados que seriam obtidos na prática cirúrgica em animais vivos. A fratura da dobradiça cortical ocorreu em 60% das amostras ao se realizar o avanço da tuberosidade tibial nas maiores medidas calculadas. Quando ocorria a fratura nesta região, utilizou-se fio metálico em banda de tensão fixando novamente a porção distal da tuberosidade à diáfise da tíbia, possibilitando a retomada do experimento. Desta forma, sugere-se que nos avanços muito extensos da tuberosidade tibial, seja empregada a banda de tensão para se evitar o deslocamento irregular da tuberosidade.

5- CONCLUSÃO

Os métodos de cálculo para avanço da tuberosidade tibial no planejamento radiográfico pré-cirúrgico que efetivamente anulam a translação cranial da tíbia na técnica de TTA-Maquet são os métodos do Eixo de Osteotomia Corrigido (M4) e do Eixo Tibial Corrigido (M6). Os ALP resultantes desses métodos são próximos ao ângulo objetivado na teoria da TTA quando mensurados pelo método do PT. Quando o ALP for mensurado pela TC, sugere-se que no cálculo de avanço da tuberosidade tibial no planejamento radiográfico o ângulo referencial para obtenção do ALP seja de aproximadamente 85°.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APELT, D.; KOWALESKI, M. P.; BOUDRIEAU, R. J. Effect of tibial tuberosity advancement on cranial tibial subluxation in the canine cranial cruciate deficient stifle joints: an in vitro experimental study. **Veterinary Surgery**. v.36(2), p.170-177, 2007.

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(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**. v.27(3), p.222–229, 2014.
- BOUDRIEAU, R. J. Tibial plateau leveling osteotomy or tibial tuberosity advancement? **Veterinary Surgery**. v.31(1), p.1-22, 2009.
- BRUNEL, L. *et al.* Mechanical testing of a new osteotomy design for tibial tuberosity advancement using the modified Maquet technique. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. v.26(1), p.47-53, 2013.
- CADMUS, J.; PALMER, R. H.; DUNCAN, C. The effect of preoperative planning method on recommended tibial tuberosity advancement cage size. **Veterinary Surgery**. v.43(8), p.995-1000, 2014.
- DAMUR, D. M. Tibial tuberosity advancement (TTA): clinical results. **In: ACVS VETERINARY SYMPOSIUM**, 2005, San Diego. Proceedings...San Diego: American College of Veterinary Surgeons, 2005. p.441-442.
- 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 Veterinary Research**. v.67(11), p.1849-1854, 2006.
- ETCHEPAREBORDE, S. *et al.* Theoretical discrepancy between cage size and efficient tibial tuberosity advancement in dogs treated for cranial cruciate ligament rupture. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. v.24(1), p.27-31, 2011.
- HOFFMANN, D. E. *et al.* Ex vivo biomechanical evaluation of the canine cranial cruciate ligament-deficient stifle with varying angles of stifle joint flexion and axial loads after tibial tuberosity advancement. **Veterinary Surgery**. v.40(3), p.311-320, 2011.
- KAPLER, M. W.; MARCELLIN-LITTLE, D. J.; ROE, S. C. Planned wedge size compared to achieved advancement in dogs undergoing. **Veterinary Comparative Orthopedics and Traumatology**. v.28(6), p.379-384, 2015.
- LEFEBVRE, M. D.; BROUX, O. R.; BARTHELEMY, N. P. Risk factors for tibial damage associate with the modified Maquet Technique in 174 stifles. **Veterinary Surgery**. v.47(1), p.30-55, 2018.
- MEESON, R. L. *et al.* Relationship between Tibial conformation, cage size and advancement achieved in TTA procedure. **BMC Veterinary Research**. v.14:104, p.1-7, 2018.
- MONTAVON, P. M.; DAMUR, D. M.; TEPIC S. Advancement of the tibial tuberosity for the treatment of cranial cruciate deficient canine stifle. **In: 1st WORD ORTHOPEDIC VETERINARY CONGRESS**, 2002, Munich, Germany, p. 152.
- MORRIS, E.; LIPOWITZ, A. J. Comparison of tibial plateau angles in dogs with and without cranial cruciate ligament injuries, **Journal of the American Veterinary Medical Association**. v.218(3), p.363-366, 2001.
- OBER, C. A. *et al.* Influence of tibial plateau leveling osteotomy and tibial tuberosity advancement on passive laxity of the cranial cruciate deficient stifle in dogs. **Veterinary Surgery**. v.48(3), p.401-407, 2019.

PILLARD, P. *et al.* Comparison of desired radiographic advancement distance and true advancement distance required for patellar tendon–tibial plateau angle reduction to the ideal 90° in dogs by use of the modified Maquet technique. **American Journal Veterinary Research.** v.77(12), p.1401-1410, 2016.

PILLARD, P. *et al.* Evaluation of a new method to determine the tibial tuberosity advancement distance required to reduce the patellar tendon–tibial plateau angle to 90° with the modified Maquet technique in dogs. **American Journal Veterinary Research.** v.78(4), p.517-528, 2017.

REIF, U.; HULSE, D. A.; HAUPTMAN, J. G. Effect of tibial plateau leveling on stability of the canine cranial cruciate-deficient stifle joint: an in vitro study. **Veterinary Surgery.** v.31(2), p.147-154, 2002.

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(1), p.86-91, 2013.