

**BARBARA GEORGINA COSGALLA NAVARRO**

**ESTUDO DIGITAL SOBRE AS INFLUÊNCIAS NO PLANEJAMENTO  
DA CBLO DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES EIXOS ANATÔMICOS  
TIBIAIS DISTAIS E MÉTODOS DE ROTAÇÃO DO FRAGMENTO  
PROXIMAL**

**RECIFE**

**2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA**

**BARBARA GEORGINA COSGALLA NAVARRO**

**ESTUDO DIGITAL SOBRE AS INFLUÊNCIAS NO PLANEJAMENTO DA CBLO  
DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES EIXOS ANATÔMICOS TIBIAIS DISTAIS E  
MÉTODOS DE ROTAÇÃO DO FRAGMENTO PROXIMAL**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Medicina Veterinária

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Alberto Tudury

**Recife**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

N322e

Navarro, Barbara Georgina Cosgalla

Estudo digital sobre as influências no planejamento da Osteotomia de Nivelamento Baseada no Centro de Rotação de Angulação da utilização de diferentes eixos anatômicos tibiais distais e métodos de rotação do fragmento proximal / Barbara Georgina Cosgalla Navarro. - 2023.

101 f. : il.

Orientador: Eduardo Alberto Tudury.

Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, Recife, 2023.

1. Ângulo. 2. Canino. 3. Eixo mecânico. 4. Joelho. 5. Ligamento cruzado cranial. I. Tudury, Eduardo Alberto, orient.  
II. Título

CDD 636.089

---

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA

**ESTUDO DIGITAL SOBRE AS INFLUÊNCIAS NO PLANEJAMENTO DA CBLO DA  
UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES EIXOS ANATÔMICOS TIBIAIS DISTAIS E MÉTODOS  
DE ROTAÇÃO DO FRAGMENTO PROXIMAL**

Dissertação de Mestrado elaborada por

**BARBARA GEORGINA COSGALLA NAVARRO**

Aprovada em 09/02/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Eduardo Alberto Tudury  
Orientador - Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE

---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Fabiano Séllos Costa  
Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE

---

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Leandro Branco Rocha  
Departamento de Medicina Veterinária da UFS

---

Médico Veterinário Dr<sup>o</sup>. Mauro de Araujo Penaforte Junior (Suplente)  
Red Vet - Hospital Veterinário

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Grazielle Anahy de Souza Aleixo (Suplente)  
Departamento de Medicina Veterinária da UFRPE

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, gostaria de agradecer aos meus mentores nesta bela profissão, o **Dr. Carlos H. Sauri Arceo**, que na minha alma *mater* sempre foi um exemplo de ética e profissionalismo, que me ensinou a não deixar para trás meus valores como médico, mas acima de tudo como pessoa, e contribuiu com uma parte fundamental de mim que me fez focar na luta para crescer academicamente e profissionalmente naquilo que mais me apaixona.

Agradeço ao **Dr. Gabriel I. Ramirez Flores** que me deu a oportunidade de mostrar a ele o quanto eu era capaz, e também de provar para mim mesma que eu poderia realizar grandes coisas. Tive a oportunidade de aprender através de seus ensinamentos e vê-lo trabalhar com fortaleza e dedicação naquilo que mais ama, a mesma paixão que ele transmitiu a mim para alcançar o que eu mais desejava. Mas acima de tudo, sou infinitamente grata por ele sempre ter acreditado em mim, oferecendo-me os conhecimentos e as ferramentas necessárias para alcançar os objetivos que estabeleci para mim mesma.

Agradeço ao **Dr. Eduardo A. Tudury** que tem sido uma das principais fontes do conhecimento adquirido nesta jornada, que apesar de todos os obstáculos que foram colocados à sua frente, sempre esteve disposto a oferecer sua orientação para tornar possível a realização deste trabalho ser realizado. Embora o tempo fosse curto, valeu a pena aproveitar o aprendizado de seu profissionalismo que ele me deu para conseguir mais um passo em minha carreira, além de ser uma fonte de inspiração para chegar tão longe e querer continuar com mais desafios.

Não posso esquecer de agradecer a todos os meus amigos e colegas que a vida permitiu que nossos caminhos se cruzassem, e embora para alguns parecesse efêmero, aprendemos e crescemos juntos. Carrego comigo uma parte de todo o amor que me deram e não é supérfluo lembrá-los que, embora nem sempre seja possível estar presente para oferecer- lhes um abraço, vocês podem encontrar mim todo o apoio que está em minhas mãos para o que precisarem.

Gostaria de agradecer com especial carinho à minha família, principalmente aos meus pais que têm sido o mais importante pilar de apoio, pois sempre zelaram pela minha felicidade e procuram dar-me tudo o que preciso para alcançar o que desejo, mas acima de tudo por me dar amor incondicional, que é o motor mais importante para alcançar meus objetivos.

## DEDICATORIA

*Para todos aqueles que um dia tiveram sonhos e objetivos tão grandes que pareciam impossíveis de ultrapassá-los, mas apesar do que alguém poderia pensar, encontraram verdadeira força em si mesmos e foram contra a maré para alcançar tudo o que os faz sentir verdadeira paixão na vida.*

## RESUMO

A técnica da osteotomia de nivelamento baseada no Centro de Rotação de Angulação (CORA) chamada CBLO foi desenvolvida para o tratamento da ruptura do ligamento cruzado cranial (RLCCr), visando modificar o ângulo mecânico-anatômico (AMA), o qual é descrito como fator de risco preditivo para a doença e é recomendado que seja levado em consideração na escolha do procedimento cirúrgico para alteração do platô tibial. Uma das principais complicações dessa técnica é a localização errada do CORA relacionado ao delineamento do eixo anatômico distal (EAD) da tíbia. Os objetivos deste estudo foram: 1) avaliar a precisão de quatro eixos anatômicos distais para o planejamento da técnica CBLO; 2) determinar se há superioridade entre algum deles, em relação a seu posicionamento a nível da largura da tuberosidade tibial (TTW), para obter o ângulo do platô tibial desejado (TPAd) e reduzir o AMA; 3) avaliar dois métodos de rotação do fragmento proximal na CBLO, comparando sua eficácia na redução do TPA e no fechamento do AMA. Além disso, a amplitude do AMA inicial (AMAI) foi medida usando os quatro eixos anatômicos distais, comparando os resultados entre eles e com os descritos na literatura, para saber se existem diferenças significativas em pacientes com RLCCr. As medidas tibiais foram feitas no software vPOP pro usando 30 radiografias medio-laterais de joelhos caninos. Foi utilizado o EAD descrito por quatro autores diferentes, dos quais foram obtidos dois grupos: Rotação concluída (Rc) e Rotação não concluída (Rn), determinando superioridade (Hulse 50%, Osmond 40%, Miles 40% e Tudury 53,3%) baseada na quantidade de Rotação concluída em relação ao EAD dos autores. A localização do EAD em relação ao TTW foi determinada num intervalo de porcentagem que garantisse sucesso como resultado da superioridade de um deles para aperfeiçoar o planejamento digital (%EadTTW). Os métodos de rotação avaliados foram: 1) tabela comercial de CBLO (RT) e 2) sobreposição da ponta da eminência intercondilar com a linha EAD correspondente (RE). O TPAd a ser obtido foi fixado em 10° e o AMA final a ser alcançado em 0°. A média e o desvio padrão do TPA final e AMA final com o método de rotação:  $TPA(RT)f(\%TPAd)$ ,  $TPA(RE)f(\%TPAd)$ ,  $AMA(RT)f(\%AMAZero)$ ,  $AMA(RE)f(\%AMAZero)$  e o resultado de cada autor foram Hulse  $10,0\pm 0,3(46,6\%)$ ,  $9,9\pm 0,1(60\%)$ ,  $0,3\pm 0,3(33,3\%)$ ,  $0,3\pm 0,3(13,3\%)$ , Osmond  $10,1\pm 0,2(75\%)$ ,  $10,1\pm 0,2(83,3\%)$ ,  $0,4\pm 0,4(33,3\%)$ ,  $0,4\pm 0,3(8,3\%)$ , Miles  $10,0\pm 0,1(66,6\%)$ ,  $10,0\pm 0,1(75\%)$ ,  $0,2\pm 0,1(16,6\%)$ ,  $0,2\pm 0,1(8,3\%)$ , Tudury  $9,6\pm 0,6(31,2\%)$ ,  $9,5\pm 0,2(31,2\%)$ ,  $1,0\pm 0,7(18,7\%)$ ,  $1,0\pm 0,6(12,5\%)$  respectivamente. A média do AMAi foi  $5,4\pm 1,1$  para Hulse,  $3,0\pm 1,3$  para Osmond,  $3,2\pm 1,5$  para Miles e  $5,9\pm 1,4$  para Tudury, com diferenças significativas entre todos os autores ( $P<0,05$ ), exceto entre Osmond e Miles. O EAD de Hulse foi mais preciso e está relacionado a um %EadTTW de  $37,6\pm 4,3$  para que as rotações possam ser concluídas. O RT inicialmente descrito obteve um percentual maior de AMA em zero graus, portanto, o método RE é descartado para utilizá-lo como alternativa no planejamento CBLO. Não foi possível determinar um valor de AMAi que se mostrasse superior devido à natureza do estudo, pelo qual futuras comparações com esses EAD entre pacientes saudáveis e afetados são recomendadas para saber se haveria precisão como fator preditivo para ocorrência de RLCCr.

**PALAVRAS CHAVE:** Ângulo, Canino, Eixo mecânico, Joelho, Ligamento cruzado cranial.

## ABSTRACT

The Center of Rotation of Angulation (CORA) - Based Leveling Osteotomy (CBLO) technique was developed for the treatment of cranial cruciate ligament rupture (CrCLR), with the aim of modifying the mechanical-anatomic angle (MAA), which is described as a predictive risk factor for the disease and is recommended to be taken into account when choosing the surgical procedure for tibial plateau disruption. One of the main complications of this technique is the mislocalization of the CORA related to the delineation of the distal anatomic axis (EAD) of the tibia. The aim of this study was: 1) to evaluate the accuracy of four distal anatomic axes for planning the CBLO technique; 2) to determine if there is superiority among any of them in relation to their positioning at the tibial tuberosity width (TTW) level to obtain the desired tibial plateau angle (TPAd) and reduce the AMA; 3) to evaluate two methods of proximal fragment rotation in CBLO, comparing their efficacy in reducing the TPA and closing the AMA. In addition, the initial AMA amplitude (AMAI) was measured using the four distal anatomical axes, comparing the results with each other and with those described in the literature, to find out if there are significant differences in patients with RLCCr. Tibial measurements were performed in vPOP pro software using 30 mediolateral radiographs of canine knees. The EAD described by four different authors was used, from which two rotation groups were obtained: concluded (Rc) and not concluded (Rn), determining superiority (Hulse 50%, Osmond 40%, Miles 40% and Tudury 53.3%) based on the amount of Rc in relation to the authors' EAD. The location of EAD relative to TTW was determined in a percentage range that guaranteed success as a result of one's superiority in perfecting digital planning (%EadTTW). The rotation methods evaluated were 1) the commercial CBLO table (RT) and 2) overlapping the tip of the intercondylar eminence with the corresponding EAD line (RE). The TPAd to be obtained was set at 10° and the final AMA to be achieved at 0°. The mean and standard deviation of the final TPA and final AMA corresponding to the rotation method: TPA(RT)f(%TPAd), TPA(RE)f(%TPAd), AMA(RT)f(%AMAZero), AMA(RE)f(%AMAZero) and the result of each author were Hulse 10.0±0.3(46.6%), 9.9±0.1(60%), 0.3±0.3(33.3%), 0.3±0.3(13.3%), Osmond 10.1±0.2(75%), 10, 1±0.2(83.3%), 0.4±0.4(33.3%), 0.4±0.3(8.3%), Miles 10.0±0.1(66.6%), 10.0±0.1(75%), 0.2±0.1(16.6%), 0.2±0.1(8.3%), Tudury 9.6±0.6(31.2%), 9.5±0.2(31.2%), 1.0±0.7(18.7%), 1.0±0.6(12.5%) respectively. Mean AMAi was 5.4±1.1 for Hulse, 3.0±1.3 for Osmond, 3.2±1.5 for Miles and 5.9±1.4 for Tudury, with significant differences between all authors (P<0.05) except between Osmond and Miles. Hulse's EAD was more accurate and related to a %EadTTW of 37.6±4.3 for rotations to complete. The RT initially described obtained a higher percentage of AMA at grade zero, thus discarding the RE method for use as an alternative in CBLO planning. It was not possible to determine a value of AMAi that was shown to be superior due to the nature of the study, so future comparisons with these EADs between healthy and affected patients are recommended to know if there would be accuracy as a predictive factor for the appearance of RLCCr.

**KEY WORDS:** Angle, Canine, Mechanical axis, Stifle, Cranial cruciate ligament.



## LISTA DE TABELAS

3

### ARTIGO CIENTÍFICO

<b>Tabela 1 -</b>	Características da população canina com RLCC que deu origem às 30 radiografias utilizadas.	<b>70</b>
<b>Tabela 2 -</b>	Valores médios e desvio padrão (DP) das medidas radiográficas do Ângulo do Platô Tibial inicial (TPAi) e da largura relativa da tuberosidade Tibial (rTTW) nas 30 radiografias utilizadas.	<b>71</b>
<b>Tabela 3 -</b>	Valores de medição de radiografias médio-laterais de tíbias caninas no planejamento da Osteotomia de Nivelamento Baseada em CORA (CBLO) e com os diferentes eixos anatômicos distais (EAD) em relação à largura da tuberosidade tibial (TTW).	<b>74</b>
<b>Tabela 4 -</b>	Valores de medição de radiografias médio-laterais de tíbias caninas no planejamento da Osteotomia de Nivelamento Baseada em CORA (CBLO) e com os diferentes eixos anatômicos distais (EAD).	<b>75</b>
<b>Tabela 5 -</b>	Valores de medição de radiografias médio-laterais de tíbias caninas no planejamento da Osteotomia de Nivelamento Baseada em CORA (CBLO) e com os diferentes eixos anatômicos distais (EAD), do ângulo mecânico-anatômico inicial (AMAi), AMA final e Ângulo do Platô Tibial (TPA) final.	<b>84</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>1</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	
<b>Figura 1 -</b>	Meniscos e ligamentos do joelho canino, vista dorsal.	<b>20</b>
<b>Figura 2 -</b>	A: Modelo das forças ativas do <i>Slocum</i> na articulação do joelho. B: O nivelamento do platô tibial inibe a força de deslocamento.	<b>21</b>
<b>Figura 3 -</b>	Largura relativa da tuberosidade tibial (rTTW). Nas radiografias médio-laterais são identificados os seguintes pontos: A: ponto mais proximal da crista tibial; B: ponto mais caudal do platô tibial, representado pelo ponto médio entre os côndilos medial e lateral da tíbia; C: ponto mais cranial do platô tibial; D: ponto de intersecção de um círculo com centro B e raio CB, na linha BA. Linha BC = linha BD. A rTTW é definida pela relação AD/DB.	<b>23</b>
<b>Figura 4 -</b>	Medição do ângulo Z, que é o ângulo obtido entre o eixo mecânico da tíbia e uma linha que une a face mais cranial da tuberosidade da tíbia com o ponto médio entre as duas eminências intercondilares da tíbia.	<b>24</b>
<b>Figura 5 -</b>	Eixo mecânico e eixo anatômico da tíbia no plano sagital: O eixo mecânico (ma) é representado por uma linha reta que liga o centro da superfície articular proximal A com o centro da superfície articular distal B. O eixo anatômico é representado por uma única linha contornada (aa) e centrada entre as corticais cranial e caudal que liga o centro da superfície articular proximal A com o centro da superfície articular distal B. Há uma curva cranial ou <i>procurvatum</i> no terço proximal da tíbia.	<b>25</b>
<b>Figura 6 -</b>	Medição do AMA que é o ângulo formado entre o eixo anatômico e mecânico. O eixo anatômico foi definido como a linha formada pela conexão do ponto médio entre o córtex cranial e caudal a 50% (A) e 75% (B) do comprimento do eixo tibial. O eixo mecânico é uma linha que se estende de um ponto que divide proximalmente as eminências intercondilares medial e lateral do platô tibial e um ponto equidistante das faces cranial e caudal do tálus.	<b>26</b>
<b>Figura 7 -</b>	Representação ilustrativa dos eixos anatômicos proximal e distal desalinhados. Linha azul: eixo anatômico distal. Linha vermelha: eixo mecânico tibial.	<b>28</b>
<b>Figura 8 -</b>	Osteotomia de Nivelamento do Platô Tibial (TPLO). Linhas vermelhas: representam o desalinhamento dos eixos proximal e distal que causa uma translação secundária conhecida como efeito “balcão”.	<b>29</b>
<b>Figura 9 -</b>	Osteotomia de Nivelamento Baseada no CORA. Planejamento pré-operatório; o TPA pós-operatório (Pós-TPA) de 10° é identificado, o CORA é definido pela intersecção entre os eixos anatômicos proximal (A) e distal (B). A magnitude do CORA é identificada como 25°. O centro da lâmina da serra é posicionada no CORA, passando a lâmina a nível D1/D2.	<b>31</b>

- Figura 10 -** Medição do Ângulo do Platô Tibial (TPA) usando o vPOP pro. O ângulo é a diferença entre a inclinação do platô tibial e a linha traçada perpendicularmente ao eixo mecânico da tibia no plano sagital representado por 28,2°. Quadro branco: ferramenta de ângulos. **33**
- Figura 11 -** Determinação dos eixos anatômicos distal e proximal em vPOP pro. Linha azul: eixo anatômico distal (EAD). Linhas verdes: linhas estreitas entre o eixo anatômico proximal (EAP) e o eixo anatômico distal (EAD). Seta preta: centro da eminência intercondilar. Círculos verdes: pontos de determinação de EAD. O ângulo caudal entre a linha de orientação articular e o EAP é identificado como 80 graus. Quadro branco: ferramenta para determinar o eixo anatômico. **34**
- Figura 12 -** Determinação do CORA e do ACA no vPOP pro. Linha azul: eixo anatômico distal (EAD). Linhas amarelas: linha de orientação articular e eixo anatômico proximal (EAP). Seta branca: ângulo caudal. Seta preta: centro das eminências intercondilares. Círculo vermelho: centro do CORA. Setas verdes: magnitude do CORA. Círculos verdes: pontos de determinação do EAD. Linha vermelha: Eixo de Correção de Angulação (ACA). Quadro amarelo: ferramenta de dados do paciente e da medição. **35**
- Figura 13 -** O objetivo da saída cranial da osteotomia é tangenciar a cortical tibial cranial (seta amarela) deixando o máximo possível da tuberosidade tibial apoiada na cortical distal. **36**
- Figura 14 -** Tabela padrão comercial de rotação do fragmento proximal na CBLO. **37**
- Figura 15 -** Radiografia lateral do joelho esquerdo revelando o planejamento pré-operatório da rotação do segmento tibial proximal para atingir o Ângulo do Platô Tibial (TPA) pós-operatório desejado (seta amarela) e assim, permitir o alinhamento do eixo anatômico longitudinal proximal e distal. Neste exemplo, o TPA pós-operatório planejado é de 8,0°. **38**
- Figura 16 -** Rotação do fragmento proximal e modelo de placa bloqueada de CBLO escolhida no vPOP pro. Círculo vermelho: círculo correspondente à lâmina da serra. D1: distância entre a inserção do ligamento patelar e a borda cranial do corte da serra (linha azul). D2: distância entre a região caudal do corte da serra e a superfície caudal do platô tibial (linha azul). Observar que o centro do círculo (seta) está situado na linha do ACA. **39**
- Figura 17 -** Medições dos pontos centrais entre as corticais cranial e caudal identificadas em cada nível para determinação do eixo anatômico. **40**
- Figura 18 -** Medidas feitas na Osteotomia Cranial de Cunha Fechada baseada no AMA (CCWO baseada no AMA). A: Planejamento pré-operatório. Eixo anatômico (AA); Eixo mecânico (MA); AMA: representado entre AA e MA. O ângulo de E,B,F e o ângulo de rotação e angulação entre AA e MA que correspondem ao ângulo de planejamento da Osteotomia Cranial em Cunha (CWO); O ângulo A,B,C para reduzir o ângulo do platô tibial (TPA). A linha C-D é a linha de osteotomia distal da CWO e foi perpendicular ao AA; A linha A-B é a linha proximal e foi perpendicular à linha B-F. O ponto B está localizado na inserção caudal do ligamento colateral medial. A distância A-C corresponde ao comprimento da cunha no córtex cranial. B: Marcações na radiografia medio-lateral ilustrando **43**

medidas pós-cirúrgicas de CCWO baseadas no AMA. AMA: representado entre AA e MA já alinhado. Comprimento da Superfície da Articulação Patelar (PJSL); Ponto distal da superfície articular patelar pós-cirúrgica (Dpo).

### 3

### ARTIGO CIENTÍFICO

- Figura 1 -** Marcas iniciais dos pontos-chaves para o planejamento da CBLO na tíbia. **57**  
Nas radiografias médio-laterais são identificados os seguintes pontos: (1) no ponto mais alto cranial ao sulco do tendão do músculo extensor digital longo, (2) no ponto mais cranial do platô tibial, (3) na eminência intercondilar, (4) no ponto mais caudal do platô tibial, e (5) no final da tíbia imediatamente proximal ao tálus. Em verde (+) indica o centro do círculo criado pelo tálus.
- Figura 2 -** Eixo anatômico distal (EAD) da tíbia. Nas radiografias médio-laterais são **58**  
identificados os seguintes pontos: Imagem 1. EAD de Hulse (2014), primeiro ponto ventralmente a partir da borda da crista tibial (a) e mais distalmente na junção diafisária/metafisária onde a tíbia se alarga (b). Imagem 2. EAD de Miles et al. (2020), primeiro ponto a 50% (a) e segundo ponto a 95% do comprimento da tíbia (b). Imagem 3. EAD de Osmond et al. (2006), primeiro ponto no nível de 50% (a) e segundo ponto no nível de 75% do comprimento da tíbia (b). Imagem 4. EAD de Tudury (2021), primeiro ponto a 33% (a) e segundo ponto a 66% do comprimento da tíbia (b).
- Figura 3 -** Relação do eixo anatômico distal (EAD) e da Largura da Tuberosidade **59**  
Tibial (TTW). Nas radiografias médio-laterais são identificados os seguintes pontos: A= ponto mais proximal da crista tibial; B= ponto mais caudal do platô tibial, representado pelo ponto médio entre os côndilos medial e lateral da tíbia; C= ponto de cruzamento do eixo anatômico distal tibial correspondente; D= ponto mais cranial do platô tibial. Distância entre AB= Largura total da tuberosidade tibial. Distância AC= distância do ponto mais proximal da crista tibial ao eixo anatômico distal (EAD).  $\%EadTTW = AB/100 \times AC$ . Diferentes distâncias AC em relação ao TTW. Linha azul: EAD de Hulse (2014), Linha verde: EAD de Miles et al. (2020), Linha vermelha: EAD de Osmond et al. (2006) , Linha amarela: EAD de Tudury (2021).
- Figura 4 -** Medição do ângulo mecânico-anatômico (AMA) com cada eixo **60**  
anatômico distal (EAD). Nas radiografias médio-laterais, a amplitude do AMA foi mensurada usando os diferentes EAD descritos. Imagem 1. EAD de Hulse (2014), primeiro ponto imediatamente ventral a partir da borda da crista tibial (a) e mais distalmente na junção diafisária/metafisária onde a tíbia se alarga (b). Imagem 2. EAD de Miles et al. (2020), primeiro ponto a 50% (a) e segundo ponto a 95% do comprimento da tíbia (b). Imagem 3. EAD de Osmond et al. (2006), primeiro ponto no nível de 50% (a) e segundo ponto no nível de 75% do comprimento da tíbia (b). Imagem 4. EAD de Tudury (2021), primeiro ponto a 33% (a) e segundo ponto a 66% do comprimento da tíbia (b).

- Figura 5 -** Determinação do Centro de Rotação de Angulação (CORA). Radiografias médio-laterais. Imagem 1. Ângulo caudal de 80° (seta amarela); Eixo de Correção de Angulação (ACA); eixo anatômico proximal (EAP); eixo anatômico distal (EAD); amplitude do CORA (setas brancas). Imagem 2. Rotação concluída (Rc). Imagem 3. Rotação não concluída (Rn). **62**
- Figura 6 -** Determinação das rotações do fragmento proximal. Nas radiografias médio-laterais do mesmo paciente, foram realizados dois métodos de rotação. Imagem 1. Medições antes da rotação: Eixo de Correção de Angulação (ACA); eixo anatômico proximal (EAP); eixo anatômico distal (EAD). Imagem 2. RT= rotação usando a tabela CBLO (seta branca). Imagem 3. RE= rotação colocando a ponta da eminência intercondilar na ponta da linha EAD (seta preta). **63**
- Figura 7 -** Distância do Centro de Rotação de Angulação (CORA) e do Eixo de Correção de Angulação (ACA). Nas radiografias médio-laterais, foram registradas rotações não concluídas com relação à localização do CORA e ACA. Imagem 1. ACA muito proximal (ACAp). Imagem 2. ACA muito distal (ACAd). **64**
- Figura 8 -** Representação esquemática do eixo anatômico distal (EAD) e a diferente localização no nível proximal e distal da tíbia. Nas radiografias médio-laterais, foram determinados cada eixo anatômico distal e suas diferentes localizações ao longo da tíbia, dependendo dos pontos centrais. Relação do eixo anatômico distal com relação à localização no platô tibial (EAD/TP). Relação do eixo anatômico distal em sua interseção com o eixo mecânico em relação ao seu nível no tálus (EAD/T). Linha azul: EAD de Hulse (2014), Linha verde: EAD de Miles et al. (2020), Linha vermelha: EAD de Osmond et al. (2006), Linha amarela: EAD de Tudury (2021). Linha branca: eixo mecânico (eixo tibial longo). **65**
- Figura 9 -** Representação esquemática da %EaDTTW de rotações concluídas (Rc). Radiografias médio-laterais do um mesmo paciente onde foi possível concluir a rotação do fragmento proximal com todos os eixos anatômicos distais (EAD). Ponto mais proximal da crista tibial (A); ponto de cruzamento do eixo anatômico distal da tíbia correspondente (C); distância do ponto mais proximal da crista tibial ao EAD correspondente (distância AC). Imagem 1. %EaDTTW de Hulse (2014). Imagem 2. %EaDTTW de Miles et al. (2020). Imagem 3. %EaDTTW de Osmond et al. (2006). Imagem 4. %EaDTTW de Tudury (2021). **66**
- Figura 10 -** Representação do TPAf de rotações concluídas. Nas radiografias médio-laterais do mesmo paciente, as medidas do ângulo final do platô tibial (TPAf) foram feitas após a rotação cranial do fragmento proximal. Imagem 1. TPA final do método da tabela CBLO (TPA(RT)f). Imagem 2. TPA final do método da eminência (TPA(RE)f). TPA final de 10° (círculo amarelo). Eminências intercondilares (seta vermelha). **67**
- Figura 11 -** Representação do AMAf de rotações concluídas. Nas radiografias médio-laterais do mesmo paciente, foram feitas as medições do ângulo mecânico-anatômico final (AMAf) após a rotação cranial do fragmento proximal. Imagem 1. AMA final do método de tabela CBLO (AMA(RT)f). Imagem 2. AMA final do método da eminência (AMA(RE)f). Eixo anatômico distal (EAD); Eixo mecânico tibial (EM); **68**

O AMA entre o EAD e o EM (linha azul). O TPA final de  $10^\circ$  (círculo amarelo). Eminências intercondilares (seta vermelha).

- Figura 12 -** Representação gráfica do eixo anatômico distal (EAD) de cada autor com relação à sua localização no platô tibial e no tálus a nível proximal e distal, respectivamente, e sua relação com as rotações concluídas ( $R_c$ ) e não concluídas ( $R_n$ ) do fragmento proximal no planejamento da CBLO.  $EAD_\gamma$  quantidade de EAD no platô tibial,  $EAD_\delta$  quantidade de EAD fora do platô tibial,  $EAD_\alpha$  quantidade de EAD abaixo do tálus,  $EAD_\beta$  quantidade de EAD no centro do tálus,  $EAD_\epsilon$  quantidade de EAD acima do tálus. a) Gráfico de  $EAD_\delta$  e  $EAD_\gamma$  em  $R_n$ , b) Gráfico de  $EAD_\delta$  e  $EAD_\gamma$  em  $R_c$ , c) Gráfico de  $EAD_\alpha$ ,  $EAD_\beta$ , e  $EAD_\epsilon$  de  $R_n$ , d) Gráfico de  $EAD_\alpha$ ,  $EAD_\beta$ , e  $EAD_\epsilon$  de  $R_n$ . **79**
- Figura 13 -** Supercorreção do ângulo mecânico-anatômico final (AMAf). Eixo anatômico distal (EAD) que não passa pelo centro do tálus. Eixo mecânico (EM). Círculo branco: magnitude atual da AMAf. Seta vermelha: Extremidade proximal do EAD. Seta amarela: Extremidade distal do EAD. **82**

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACA - Eixo de Correção de Angulação

AMA - Ângulo mecânico-anatômico

CBLO - Osteotomia de Nivelamento Baseada em CORA

CCWO - Osteotomia em Cunha Fechada Cranial

CORA - Centro de Rotação de Angulação

EA - Eixo anatômico

EAD - Eixo anatômico distal

EM - Eixo mecânico

EAP - Eixo anatômico proximal

LCCr - Ligamento cruzado cranial

PLIA- ângulo de inserção do ligamento patelar

post-TPA - Ângulo do Platô Tibial pós-cirúrgica

RLCCr - Rotura do ligamento cruzado cranial

rTTW - Largura relativa da tuberosidade da tíbia

TPA - Ângulo do Platô Tibial

TPAd - Ângulo do Platô Tibial Desejado

TPLO - Osteotomia de Nivelamento do Platô Tibial

TTA - Avanço da Tuberosidade Tibial

vPOP pro – Veterinary Preoperative Orthopaedic Planning

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>1 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	20
<b>1.1 Fatores de risco anatômicos identificados</b> .....	22
<b>1.1.1 Benefícios do alinhamento do eixo anatômico (EA) com o eixo mecânico (EM)= redução do ângulo mecânico-anatômico (AMA)</b> .....	27
<b>1.2.1 CORA (centro de rotação e angulação) e CBLO (Osteotomia de Nivelamento Baseada no CORA)</b> .....	30
<b>1.2.2 Planejamento da técnica da CBLO no <i>Veterinary Preoperative Orthopaedic Planning</i> (vPOP pro)</b> .....	33
<b>1.3.1 Eixo Anatômico Distal (EAD)</b> .....	40
<b>1.4.1 Osteotomia de Cunha Fechada Cranial baseada em AMA (CCWO baseado em AMA)</b> .....	43
<b>2 REFERENCIAS</b> .....	45
<b>3 ARTIGO CIENTÍFICO</b> .....	51
<b>Introdução</b> .....	54
<b>Material e métodos</b> .....	56
<b>Resultados e Discussão</b> .....	70
<b>Conclusão</b> .....	87
<b>Conflito de interesses</b> .....	88
<b>Agradecimentos</b> .....	88
<b>Referências</b> .....	88
<b>APÊNDICES</b> .....	93
<b>ANEXOS</b> .....	103



## INTRODUÇÃO

A ruptura do ligamento cruzado cranial (RLCCr) é a principal causa de claudicação e de doença articular degenerativa do joelho em cães adultos (JERRAM e WALKER, 2003). É relatado que pode estar associada a trauma, mecanismos imunomediados, obesidade e anormalidades conformacionais, como luxação patelar e fossa intercondilar estreita. (BENNETT et al., 1988; POWERS et al., 2005). Cada paciente deve ser considerado como um indivíduo único com um grau de risco inerente, em que as variáveis ambientais podem influenciar o desenvolvimento da doença (NIELEN et al., 2001; WITSBERGER et al., 2008; TAYLOR-BROWN et al., 2015).

As características morfométricas dos membros pélvicos têm sido estudadas para definir qualquer associação entre a deficiência do ligamento cruzado cranial (LCCr) e a deformidade da tíbia proximal. A biomecânica alterada envolvida na patogênese da articulação deficiente do joelho pode ser secundária a anormalidades conformacionais na tíbia proximal ou fêmur distal (OSMOND et al., 2006; INAUEN et al., 2009; MOSTAFA et al., 2009). Embora algumas variações na morfologia do joelho possam resultar em microlesões significativas no LCCr, essas variáveis não foram reconhecidas como preditores significativos da RLCCr (BUOTE et al., 2009; TAYLOR-BROWN et al., 2015; GUÉNÉGO et al., 2017).

Foi demonstrado em um estudo que um ângulo mecânico-anatômico (AMA) maior que  $1,9^\circ$  tem uma sensibilidade de 0,941 (95%) e uma especificidade de 0,965 (97%) para prever a RLCCr em comparação com outros fatores descritos (GUÉNÉGO et al., 2017). Outro estudo mostrou uma sensibilidade (95%) e especificidade (95%) preditiva de um AMA maior que  $2,42^\circ$  com o desenvolvimento da RLCCr (GUÉNÉGO et al., 2020). O AMA é definido como o ângulo entre o eixo anatômico (EA) e o eixo mecânico (EM) na tíbia sagital e é utilizada para quantificar essa angulação caudal da tíbia proximal (PALEY, 2002; GUÉNÉGO et al., 2017).

Em um estudo, foi observado um AMA significativamente maior no grupo com RLCCr (ŠEVCIK et al., 2022), sendo consistente com o que foi sugerido anteriormente como sendo um fator preditivo mais preciso do que o Ângulo do Platô Tibial (TPA) (GUÉNÉGO et al., 2017; GUÉNÉGO et al., 2020); portanto, recomenda-se levar isto em consideração ao escolher um procedimento cirúrgico para alterar a inclinação do platô tibial, a fim de melhorar a estabilidade da articulação do joelho (GUÉNÉGO et al., 2021).

O impulso tibial cranial criado durante a fase de apoio da marcha é gerado pela

contração do músculo gastrocnêmio e é neutralizado por restrições ativas (músculos flexores) e passivas (meniscos e ligamentos cruzados). A magnitude da força de impulso tibial cranial depende da magnitude da força de compressão articular e da inclinação do platô tibial (KORVICK et al., 1994; GRIFFON, 2010; KOWALESKI et al., 2018). O nivelamento do platô tibial reduz a magnitude da força de tração tibial cranial, restaurando a estabilidade da articulação do joelho quando em extensão durante a fase de apoio da marcha, sendo necessária para manter a estabilidade (SLOCUM e SLOCUM, 1993; KORVICK et al., 1994; POZZI e KIM, 2018).

Um grande número de procedimentos cirúrgicos diferentes foram descritos para o tratamento da RLCCr (PUTAME et al., 2019; LAMPART et al., 2020). Uma porcentagem dos casos de osteotomias de nivelamento do platô tibial a cinco graus apresenta um início tardio de lesões nas articulações que suportam o peso. Isto pode ser secundário ao contato mecânico articular anormal (DRYGAS et al., 2010; HULSE et al., 2010a; TINGA et al., 2018). A consequência da angulação caudal da tíbia proximal é um eixo anatômico proximal que não está totalmente alinhado com o eixo anatômico longitudinal distal, induzindo um desalinhamento entre os eixos anatômico e mecânico (HULSE et al., 2010b; RASKE et al., 2013). Este desalinhamento pode aumentar o deslocamento caudal do eixo que suporta o peso e pode causar um aumento focal nas forças articulares com perda de complacência das estruturas de suporte, como a cápsula articular, levando à erosão da cartilagem (HULSE et al., 2010a; RASKE et al., 2013; HULSE et al., 2014).

A técnica de Nivelamento Baseada no Centro de Rotação de Angulação (CORA), chamada CBLO, foi desenvolvida em decorrência das alterações mecânicas encontradas em diversos estudos de outras técnicas de nivelamento que podem contribuir para alterações pós-cirúrgicas indesejadas ou complicações específicas, e tem como objetivo melhorar o alinhamento anatômico pós-cirúrgico, para obter melhores resultados em pacientes tratados para RLCCr (HULSE, 2014; KISHI e HULSE, 2016). Entre suas aplicações recomendadas incluem-se pacientes com Ângulo do Platô Tibial excessivo ( $TPA > 35^\circ$ ). Além disso, esta técnica pode ser realizada em cães jovens, pois a osteotomia e os implantes são colocados distalmente à linha fisária de crescimento da tíbia proximal e, em grande parte, em conjunto com alguma outra técnica de osteotomia auxiliar (; DUMARTINET et al., 2020; SCHLAG et al., 2020; PEYCKE et al., 2022).

A CBLO modifica o *procurvatum* normal para eliminar a translação cranial da tíbia e uma de suas vantagens é o alinhamento dos eixos anatômico e mecânico dos segmentos

proximal e distal, mantendo aproximadamente 30% do impulso tibial cranial normal (HULSE et al., 2014; RASKE et al., 2013; VAZQUEZ et al., 2018). Como o Eixo de Correção de Angulação (ACA) está centrado no CORA, isto levará ao Ângulo do Platô Tibial desejado (TPAd), diminuindo o TPA em 30% a 35% do que era no pré-operatório ( $TPAd = TPA \times 0,35$ ) e reduzindo a magnitude do CORA que representa o ângulo de correção necessário para atingir o TPA pós-operatório (post-TPA) recomendado de 8 a 12° graus (DRYGAS et al., 2010; RASKE et al., 2013; VAZQUEZ et al., 2018). Estas informações foram colocadas em uma tabela como um método de auxílio para os cirurgiões, usando o cálculo ( $2\pi r = 360$ ), que determina a quantidade de rotação em milímetros com base na amplitude do CORA e no tamanho da lâmina da serra (HULSE, 2014).

Nos últimos anos foram observadas várias complicações relacionadas com a técnica de CBLO e, como em qualquer novo procedimento, estão surgindo evidências científicas a respeito das vantagens e desvantagens; e suas respectivas prevenções foram descritas (KISHI e HULSE, 2016; DYCUS e HULSE, 2022). Verificou-se que os erros de planejamento foram devidos, principalmente, a identificação incorreta do platô tibial, com o posicionamento errado do CORA que, por sua vez, está relacionado com a localização do eixo anatômico distal (EAD) da tíbia utilizado (MAZDARINI et al., 2021).

É de fundamental importância a identificação do EAD da tíbia durante o planejamento cirúrgico de diversos procedimentos de osteotomia para estabilização do joelho em cães com RLCCr (PIRAS e DUNLOP, 2012; RASKE et al., 2013) e na investigação de possíveis fatores causais da doença como fatores de risco (GUENEGO et al., 2017; GUÉNEGO et al., 2020). O eixo anatômico é representado por uma única linha centrada entre as corticais cranial e caudal ao longo de todo o comprimento da tíbia, conectando o centro das superfícies articulares proximal e distal (PALEY, 2002; PETAZZONI e JAEGER, 2008). A escolha do método de delineamento do eixo anatômico é, até certo ponto, arbitrária. Diferentes conformações deste eixo foram relatadas na literatura, sendo formadas por uma linha que passa por dois pontos centrados entre as corticais cranial e caudal em dois pontos diferentes, em 50% e 75% (OSMOND et al., 2006) do comprimento da tíbia, porém de forma alternativa tem sido usado em 33% e 67% (PIRAS e DUNLOP, 2012), em 33% e 66% (TUDURY, 2021) e em 50% e ao centro da cabeça do tálus (BRUECKER, 2018).

Entretanto, não há estudos que comparem a eficácia entre estes diferentes eixos utilizados para o planejamento desta técnica e se existem diferenças significativas que possam determinar a superioridade ou inferioridade de algum deles na obtenção dos resultados

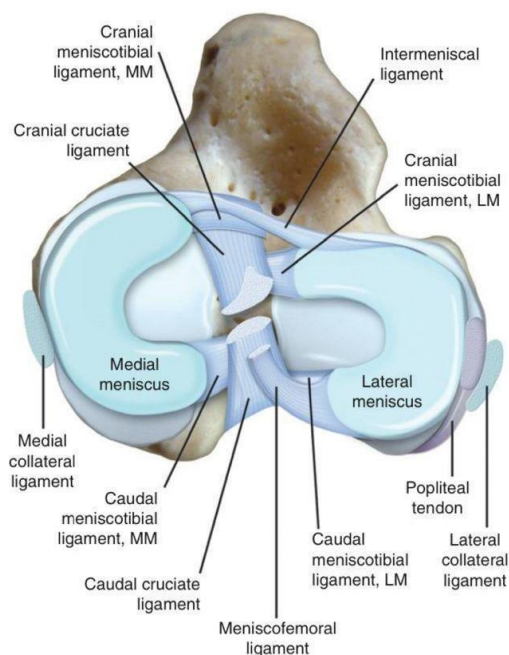
cirúrgicos pretendidos. Embora se presuma que a CBLO alinha os eixos anatômico e mecânico dos segmentos proximal e distal, não foram relatados na literatura quantos procedimentos resultam em AMA zero grau e se existe uma forma diferente de planejar a rotação, levando apenas a eminência intercondilar para o EAD, para obter este resultado.

Os objetivos desta pesquisa foram: 1) avaliar a precisão de quatro eixos anatômicos distais para planejar a técnica de Nivelamento Baseada no CORA, 2) determinar se existe superioridade entre algum deles em relação à sua localização em nível da largura da tuberosidade tibial, para obter o ângulo do platô tibial desejado, através da CBLO e reduzir o ângulo mecânico-anatômico; 3) avaliar dois métodos de rotação do fragmento proximal na CBLO, comparando sua eficácia na redução do Ângulo do Platô Tibial e no fechamento do ângulo mecânico-anatômico. 4) O AMA inicial foi medido usando os quatro eixos anatômicos distais para comparar os resultados de sua amplitude entre eles e ao que é descrito na literatura, para saber se existem diferenças significativas nestes pacientes com RLCCr.

Este trabalho foi dividido em duas partes, sendo a primeira uma revisão de literatura, seguida da parte experimental composta por um artigo científico que seguiu as normas de publicação da revista *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science (BJVRAS)*.

## **1 REVISÃO DE LITERATURA**

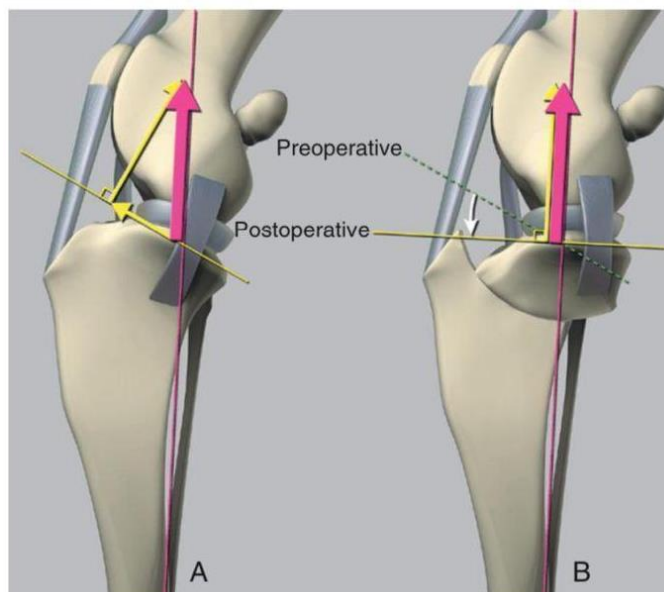
O joelho é classificado como uma articulação sinovial condilar complexa devido à separação de suas superfícies articulares pelos meniscos, que são fibrocartilagens intra-articulares. Existem quatro ligamentos tibiofemorais na articulação do joelho que fornecem suporte ligamentar primário: dois ligamentos colaterais (medial e lateral) e dois ligamentos cruzados (cranial e caudal) (Figura 1). O ligamento cruzado cranial (LCCr) é composto por fibras de colágeno dispostas em fascículos orientados longitudinalmente. Origina-se da porção medial do côndilo lateral do fêmur e corre diagonalmente cranialmente, medialmente e distalmente através da fossa intercondilar para se fixar à porção cranial do platô tibial, caudal ao ligamento cranial do menisco tibial medial (KOWALESKI et al., 2018; HERMANSON et al., 2020).



**Figura 1.** Meniscos e ligamentos do joelho canino, vista dorsal. Fonte: Kowaleski et al., 2018.

O impulso tibial cranial é uma força ativa criada pelo suporte de peso e a compressão muscular do platô tibial contra os côndilos femorais, mas isto é equilibrado pela tração dos músculos flexores do joelho que são os componentes ativos e o ligamento cruzado cranial com o menisco medial que são parte dos componentes passivos. Os músculos isquiotibiais e bíceps femoral fornecem a força ativa que puxa a tibia proximal caudalmente. Quando essa força é insuficiente para impedir a translação cranial, as restrições passivas a neutralizam (SLOCUM e SLOCUM, 1993; POZZI e KIM, 2018).

A ruptura do ligamento cruzado cranial (RLCCr) é um reflexo de sua função como estrutura que limita o movimento articular. Pode apresentar-se de forma aguda associada a um evento traumático devido a um movimento violento de rotação interna do membro (BENNETT et al., 1988; POWERS et al., 2005). O grau de compressão tibial é variável porque a quantidade de força gerada no solo pelo cão varia dependendo da atividade. Foi demonstrado que cães com RLCCr são incapazes de impedir a translação cranial da tibia, seja por alteração da marcha dos membros posteriores ou por forças musculares através do joelho. Mas o impulso tibial cranial pode ser controlado mudando a inclinação do platô tibial (Figura 2) (KORVICK et al., 1994; GRIFFON, 2010; KOWALESKI et al., 2018).



**Figura 2.** A: Modelo das forças ativas do *Slocum* na articulação do joelho. B: O nivelamento do platô tibial inibe a força de deslocamento. Fonte: Kowaleski et al., 2018.

A RLCCr é uma condição principalmente de cães de meia-idade com um pico de início entre 7-10 anos (WITSBERGER et al., 2008; DECAMP et al., 2016), e foi relatado uma idade máxima de início de aproximadamente 4 anos (REIF e PROBST, 2003). Uma maior associação com o peso corporal e um maior risco de ruptura foi relatada, uma vez que eles experimentam uma carga maior em suas extremidades (ADAMS et al., 2011). Múltiplos fatores epidemiológicos foram identificados dos quais o mais importante para o surgimento da doença é a raça. Os cães de grande porte são considerados de alto risco para desenvolver a ruptura em uma idade mais precoce. No entanto, uma associação significativa entre um diagnóstico de RLCCr e um genótipo suscetível não foi identificada. As raças que foram consideradas de alto risco descritas foram o Boxer, o Terra Nova e o Labrador Retriever (NIELEN et al., 2001; WILKE et al., 2006; BAKER et al., 2017). Vários estudos relataram uma prevalência maior em fêmeas castradas em comparação com machos, no entanto, outros estudos não relataram diferenças significativas ou aumento em machos (WITSBERGER et al., 2008; GRIERSON et al., 2011; TAYLOR-BROWN et al., 2015).

### 1.1 Fatores de risco anatômicos identificados

A anatomia da articulação do joelho tem sido amplamente avaliada quanto aos fatores de risco que podem estar associados ao desenvolvimento da RLCCr. Foi descrita uma relação entre a conformação da tíbia proximal e a ruptura do ligamento cruzado cranial (OSMOND et al., 2006; INAUEN et al., 2009). A deformidade tibial pode levar a um deslocamento cranial da tíbia em relação ao fêmur, aumento da força rotacional e/ou hiperextensão do joelho,

geralmente aumentando a tensão exercida sobre o LCCr durante a sustentação de peso nas fases de apoio (DISMUKES et al., 2008; GRIFFON, 2010). Em uma análise multivariada realizada em Labradores Retrievers, a angulação cranial da tíbia proximal, a inclinação excessiva do platô tibial e a torção femoral parecem estar associadas à ruptura do ligamento cruzado cranial (MOSTAFA et al., 2009). A biomecânica alterada relacionada à patogênese da deficiência da articulação do joelho pode ser secundária à conformação anormal da tíbia proximal e do fêmur (CUNNINGHAM et al., 2017).

A média do Ângulo do Platô Tibial (TPA) em cães varia de 23 a 25°, e uma ampla variação de TPA foi relatada em cães normais que podem variar de acordo com a raça (13-34°) (AERTSENS et al., 2015). O TPA tem sido amplamente estudado para determinar se existe uma associação em cães com RLCCr. Em um estudo *ex vivo*, a relação entre o TPA e a deformação durante o período de carga axial foi avaliada em joelhos de cães com ligamento cruzado cranial íntegro. Observou-se que o deslocamento linear do fêmur e a tensão do LCCr aumentaram com o aumento da carga axial em todas as amostras. Concluiu-se que a tensão do LCCr aumentou com o aumento da carga axial, independente do TPA e a diminuição do TPA diminuiu a tensão no LCCr intacto (HAYNES et al., 2015).

Arruda et al. (2018), compararam os ângulos da porção tibial proximal dos joelhos de cães e gatos com RLCCr e joelhos saudáveis, onde foi observado que, em geral, os cães com LCCr rompido tinham um TPA estatisticamente maior em comparação com cães saudáveis. Concluiu-se que o TPA e o ângulo de inserção do ligamento patelar (PLIA) possivelmente influenciam a etiologia da rotura do LCCr em cães, mas não em gatos. No entanto, essa correlação entre a inclinação do platô tibial e o desenvolvimento da doença não foi confirmada em outros estudos e sugere-se que o TPA não seja o único fator de risco anatômico relacionado ao RLCCr, mesmo em raças predispostas (BUOTE et al., 2009; TAYLOR-BROWN et al., 2015).

Além do TPA, outras medições tibiais foram recentemente descritas em relação à conformação da tíbia proximal (GLASSMAN et al., 2011; AGHAPOUR et al., 2021). A medida da largura relativa da tuberosidade tibial (rTTW) (Figura 3) tem sido sugerida como auxiliar na seleção de raças com menor incidência de RLCCr. Acredita-se que larguras menores da tuberosidade tibial aumentam o impulso tibial cranial e promovam a degeneração do LCCr, levando à ruptura. Este fator de causalidade foi avaliado em uma população de cães jovens e recomenda-se que apenas cães com rTTW maior que 0,90 sejam usados para reprodução (INAUEN et al., 2009).



**Figura 3.** Largura relativa da tuberosidade tibial (rTTW). Nas radiografias médio-laterais são identificados os seguintes pontos: A: ponto mais proximal da crista tibial; B: ponto mais caudal do platô tibial, representado pelo ponto médio entre os côndilos medial e lateral da tíbia; C: ponto mais cranial do platô tibial; D: ponto de intersecção de um círculo com centro B e raio CB, na linha BA. Linha BC = linha BD. A rTTW é definida pela relação AD/DB. Fonte: Guénego et al., 2017.

Outro estudo contrasta com o descrito acima, comparando a anatomia proximal da tíbia entre Labradores Retrievers e Yorkshires Terriers saudáveis, onde a média da rTTW para todos os indivíduos foi inferior a 0,90. No entanto, não se sabe qual foi a proporção desses cães que acabou desenvolvendo a doença. Especula-se que os Yorkshires Terriers que têm maior TPA associado a maior rTTW seriam mais adequados para se submeter à Osteotomia de Nivelamento do Platô Tibial (TPLO) porque, embora a eliminação do impulso tibial cranial pudesse ser alcançada com o Avanço da Tuberosidade Tibial (TTA), isto exigiria um avanço significativo de uma tuberosidade tibial já muito proeminente. Portanto, a técnica de TPLO pode ser mais apropriada, enquanto os Labradores Retrievers com maior ângulo do tendão patelar e menor rTTW seriam mais adequados para serem submetidos ao TTA (VEDRINE et al., 2013).

Pode-se argumentar que a reprodução seletiva resultou em cães de grande porte com pequena rTTW. Em raças grandes que crescem em um período de tempo muito curto, partes do esqueleto podem não ter se desenvolvido tão rapidamente quanto o necessário. Uma dessas estruturas anatômicas poderia ser a tuberosidade da tíbia, que ficou menor que o restante das estruturas ao redor da articulação do joelho, o que diminui o ângulo de inserção do ligamento patelar, conseqüentemente, causando uma carga maior no LCCr (INAUEN et al., 2009).

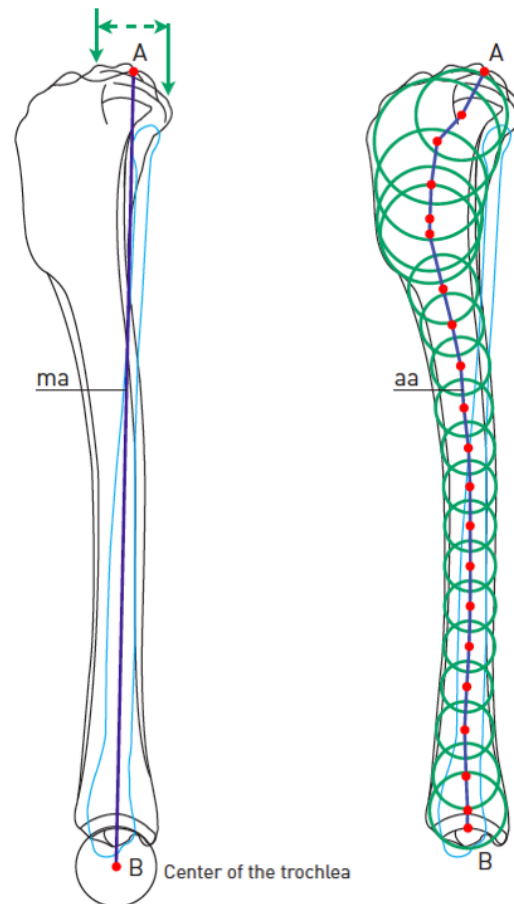


O ângulo Z é o ângulo entre o eixo mecânico da tíbia e a linha que une o ponto mais cranial da tuberosidade tibial até a eminência intercondilar caudal da tíbia (Figura 4), sendo uma medida radiográfica que permite caracterizar a morfologia proximal da tíbia de maneira simples (RENEWICK et al., 2009; VEDRINE et al., 2013).



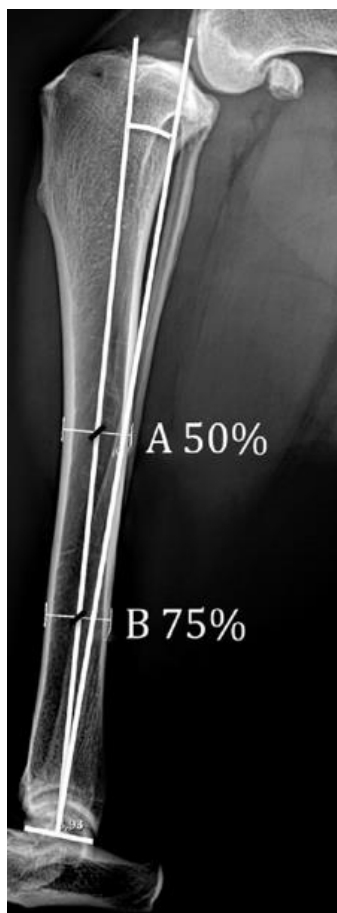
**Figura 4.** Medição do ângulo Z, que é o ângulo obtido entre o eixo mecânico da tíbia e uma linha que une a face mais cranial da tuberosidade da tíbia com o ponto médio entre as duas eminências intercondilares da tíbia. Fonte: Guénego et al., 2017.

Guénego et al. (2017), avaliaram e confirmaram que o ângulo Z e a rTTW não são parâmetros preditivos na afecção da RLCCr em uma análise da curva “Receiver Operating Curve” e sugerem que o ângulo mecânico-anatômico (AMA) é um fator de risco mais preciso. O eixo anatômico (EA) e o eixo mecânico (EM) da tíbia no plano sagital foram representados esquematicamente (PETAZZONI e JAEGER, 2008) e foram utilizados para diferentes termos (Figura 5).



**Figura 5.** Eixo mecânico e eixo anatômico da tíbia no plano sagital: O eixo mecânico (ma) é representado por uma linha reta que liga o centro da superfície articular proximal A com o centro da superfície articular distal B. O eixo anatômico é representado por uma única linha contornada (aa) e centrada entre as corticais cranial e caudal que liga o centro da superfície articular proximal A com o centro da superfície articular distal B. Há uma curva cranial ou *procurvatum* no terço proximal da tíbia. Fonte: Petazzoni e Jaeger, 2008.

O AMA é definido como o ângulo entre esses dois eixos citados acima e é utilizado para quantificar a angulação caudal da tíbia proximal (Figura 6). O AMA reflete a curvatura caudal de toda a tíbia e quantifica o deslocamento caudal do eixo mecânico (eixo que suporta o peso do cão) em relação ao eixo anatômico da tíbia (OSMOND et al., 2006; MOSTAFA et al., 2009; GLASSMAN et al., 2011; GUÉNÉGO et al., 2017). A consequência da angulação caudal da tíbia proximal é que o eixo anatômico proximal não está totalmente alinhado com o eixo anatômico mecânico, induzindo um desalinhamento entre o eixo anatômico e o eixo mecânico (HULSE et al., 2010b; RASKE et al., 2013).



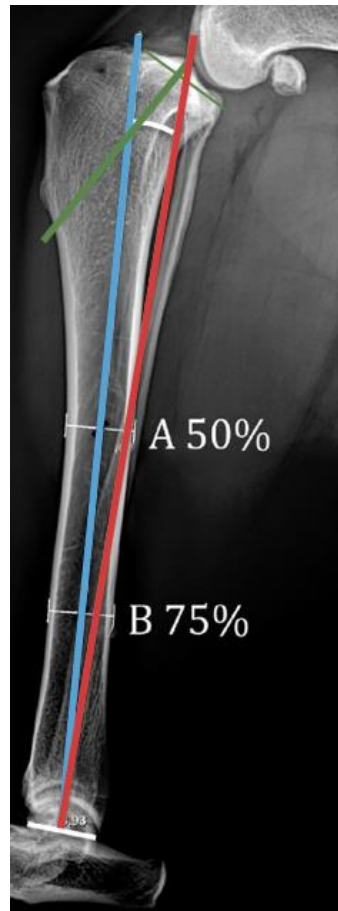
**Figura 6.** Medição do AMA que é o ângulo formado entre o eixo anatômico e mecânico. O eixo anatômico foi definido como a linha formada pela conexão do ponto médio entre o córtex cranial e caudal a 50% (A) e 75% (B) do comprimento do eixo tibial. O eixo mecânico é uma linha que se estende de um ponto que divide proximalmente as eminências intercondilares medial e lateral do platô tibial e um ponto equidistante das faces cranial e caudal do tálus. Fonte: Guénego et al., 2017.

Estudos recentes mostraram que um AMA maior que  $1,87^\circ$  tem uma sensibilidade de 0,941 (95%) e uma especificidade de 0,965 (97%) para prever uma RLCCr. Este ângulo é usado para quantificar esta angulação caudal da tíbia proximal. Observou-se que a magnitude do AMA foi dependente da raça e que o AMA foi fortemente correlacionado com o TPA. Isto fornece evidências de que um  $AMA > 1,9^\circ$  pode ser considerado um fator de risco para desenvolver RLCCr (GUÉNÉGO et al., 2017). Em outro estudo, mostrou sensibilidade (95%) e especificidade (95%) preditiva de um AMA maior que  $2,42^\circ$  com o desenvolvimento da RLCCr (GUÉNÉGO et al., 2020). Essa relação foi recentemente confirmada em um estudo onde foi observado um AMA significativamente maior no grupo com RLCCr, sendo consistente com o que foi sugerido anteriormente e concordando que o AMA é um fator preditivo mais preciso do que o TPA (ŠEVCIK et al., 2022).

### **1.1.1 Benefícios do alinhamento do eixo anatômico (EA) com o eixo mecânico (EM)= redução do ângulo mecânico-anatômico (AMA)**

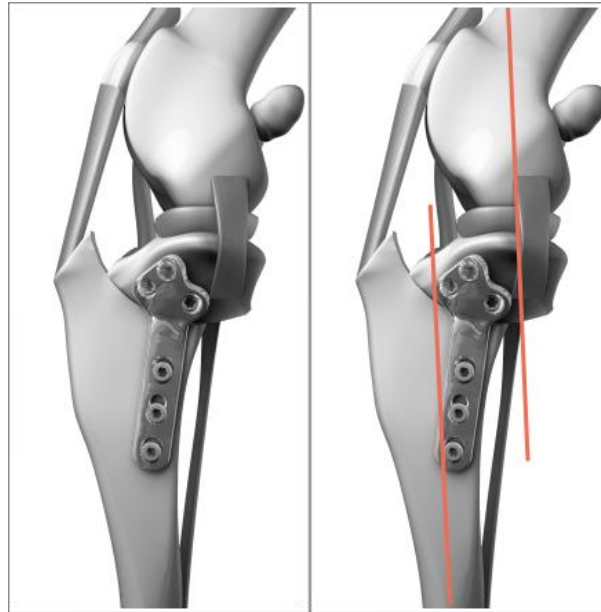
Como a parte proximal da tíbia tem uma curvatura natural (*procurvatum*), que provoca um TPA com variação normal de 23-25° graus (AERTSENS et al., 2015), o eixo anatômico proximal nunca está alinhado com o eixo mecânico da tíbia inteira (Figura 7), portanto há um Centro de Rotação de Angulação (CORA) que encontra-se no ponto de cruzamento das linhas do eixo anatômico proximal e distal (MOSTAFA et al., 2008). Este desalinhamento pode gerar forças desestabilizadoras no joelho, levando a uma perda de conformidade de estruturas importantes como a cápsula articular, podendo causar erosão da cartilagem e enfraquecimento do LCCr (HULSE et al., 2010a; HULSE et al., 2010b; RASKE et al., 2013; GLASSMAN et al., 2011). Tem sido sugerido que um efeito cumulativo de carga repetitiva e a magnitude das forças aplicadas ao joelho durante o exercício exacerbam um desequilíbrio muscular dinâmico gerado por outros fatores, como a conformação, que pode ser amplificado por uma inclinação acentuada do TPA e angulação caudal da tíbia proximal (MOSTAFA et al., 2009; GRIFFON, 2010).

O deslocamento caudal do eixo mecânico tibial (EM) em relação ao eixo anatômico tibial (EA) que foi quantificado pela magnitude entre estes dois eixos (AMA) é uma reflexão caudal da tíbia inteira que mostra correlação com o TPA e é considerado um fator predisponente clinicamente relevante, juntamente com o grau de inclinação do platô tibial na ocorrência de forças desestabilizadoras envolvidas no desenvolvimento da RLCCr (GUÉNÉGO et al., 2017; GUÉNÉGO et al., 2020; ŠEVCIK et al., 2022). Além disso, sabe-se atualmente que a posição craniocaudal da patela está fortemente associada ao AMA, o que poderia alterar a relação entre a patela e as estruturas anatômicas do joelho e, portanto, podendo afetar a biomecânica da articulação patelofemoral (GUÉNÉGO et al., 2020), sugerindo que o dano da cartilagem poderia ser secundário a alterações na carga mecânica da articulação patelofemoral e não subsequente a RLCCr, como especulado anteriormente (AGNELLO et al., 2014; VOSS et al., 2011). Embora ainda não esteja determinado como a magnitude do AMA e a consequente posição craniocaudal da patela podem ter efeito no início ou na progressão da doença, a consideração dessas medidas tibiais específicas pode ajudar a decidir qual dentre todos os procedimentos existentes de alteração da inclinação do platô tibial pode ser melhor, caso a caso, para cada paciente (GUÉNÉGO et al., 2020).



**Figura 7.** Representação ilustrativa dos eixos anatômicos proximal e distal desalinhados. Linha azul: eixo anatômico distal. Linha vermelha: eixo mecânico tibial. Linha verde: eixo anatômico proximal. Fonte: Guénego et al., 2017.

Uma porcentagem de cães submetidos a TPLO (Figura 8) apresentam lesões articulares de suporte de peso de início tardio, observadas em uma segunda revisão artroscópica pós-operatória (HULSE et al., 2010a). Isto pode ser secundário ao contato mecânico anormal da articulação, pois essa osteotomia não é baseada no CORA. Como o Eixo de Correção de Angulação (ACA) não está alinhado com o CORA anatômico, isso resulta em desalinhamento dos eixos anatômicos proximal e distal, causando uma translação secundária conhecida como efeito “balcão” (TINGA et al., 2018; HULSE, 2014; FULLER et al., 2014). Isso resulta em um deslocamento caudal do eixo de suporte de peso e aumento da força focal na articulação. Quando a rotação de cinco graus é realizada conforme recomendado, o efeito em longo prazo é a perda da conformação das estruturas de suporte cranial, como a gordura infrapatelar e a cápsula articular. Esse dano às estruturas de suporte na superfície articular cranial dos côndilos femorais mediais e lateral pode resultar em abrasão da cartilagem articular (HULSE et al., 2010a; GATIENEU et al., 2011).



**Figura 8.** Osteotomia de Nivelamento do Platô Tibial (TPLO). Linhas vermelhas: representam o desalinhamento dos eixos proximal e distal que causa uma translação secundária conhecida como efeito “balcão”. Fonte: Kim et al., 2008

Devido ao fato da magnitude do AMA ter sido associado ao aumento do risco da RLCCr, há informações suficientes indicando que a diminuição do mesmo por si só permite a estabilidade da articulação do joelho (GUÉNÉGO et al., 2017; GUÉNÉGO et al., 2020; ŠEVCIK et al., 2022). Foi proposto realizar uma rotação da metáfise completa da tíbia proximal através de uma osteotomia para obter um alinhamento do eixo anatômico e do eixo mecânico para limitar a translação tibial e o avanço cranial da tíbia durante a carga de peso. As forças resultantes após a osteotomia atuam diretamente sobre a diáfise da tíbia, reduzindo o momento de flexão gerado pelo suporte de peso e resultando em união óssea primária precoce (HULSE et al., 2010b; VASQUEZ et al., 2018). O alinhamento entre o eixo mecânico e o eixo anatômico seguido pela rotação da inclinação do platô tibial poderia contribuir para manter uma distribuição de tensão e cinemática mais normal do joelho durante o suporte de peso (HULSE, 2014; RASKE et al., 2013; GUÉNÉGO et al., 2016). Além disso, com um AMA pós-operatória reduzido, a patela se move de uma posição caudal em relação ao eixo anatômico para uma posição cranial, que é uma posição mais fisiológica semelhante à relatada em joelhos saudáveis (GUÉNÉGO et al., 2020; GUÉNÉGO et al., 2021).

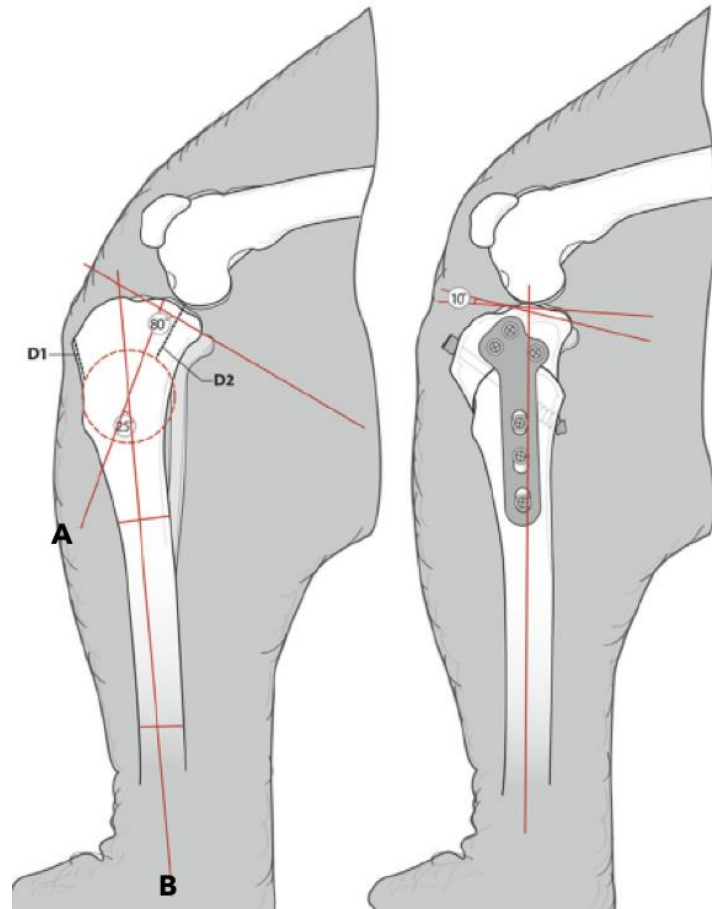
### **1.2.1 CORA (centro de rotação e angulação) e CBLO (Osteotomia de Nivelamento Baseada no CORA)**

O objetivo do tratamento cirúrgico para a RLCCr é a substituição do ligamento rompido como tal ou, na falta disso, substituir sua função, de modo que o joelho mantenha sua estabilidade e funcionalidade original. No pós-operatório inicial, a grande maioria das

técnicas são capazes de manter a congruência articular, mas em avaliações posteriores mostraram a possibilidade de apresentar novamente a frouxidão articular (BERGH, 2014; DECAMP et al., 2016; LAMPART et al., 2020).

As técnicas cirúrgicas podem ser classificadas como técnicas intracapsulares, que são todas aquelas em que se utiliza um ligamento protético natural ou artificial em posição exata ou muito semelhante à do LCCr. As técnicas extracapsulares, que são todas aquelas cujo objetivo final é substituir a função do LCCr, e por último as técnicas de osteotomia tibial (periarticular), que modificam a biomecânica do joelho, podendo ou não modificar a geometria da articulação e que têm como objetivo eliminar o impulso tibial cranial durante a locomoção (KIM et al., 2008; SCOTT et al., 2013; GEMMILL, 2018; PUTAME et al., 2019).

A Osteotomia de Nivelamento Baseada no CORA (CBLO) é uma técnica relativamente nova, que foi testada por Hulse et al. (2010b). Este método consiste em uma osteotomia radial centrada sobre o ponto do CORA, que é definido como a interseção entre os eixos anatômicos proximal e distal da tíbia (PALEY, 2002; KOWALESKI et al., 2018). Sucessivamente, a rotação do segmento tibial proximal visa alinhar os dois eixos acima mencionados, obtendo um TPA pós-operatório oscilando entre 8 e 12° (preferencialmente 10°) (DRYGAS et al., 2010; HNÍZDO, 2017; RASKE et al., 2013; VAZQUEZ et al., 2018). A fixação da placa ortopédica através de parafusos cirúrgicos é necessária para manter a orientação modificada do segmento tibial proximal. A localização ideal da osteotomia é determinada usando medições digitais, o CORA e a bissetriz do Eixo de Correção de Angulação (ACA) (Figura 9) (HULSE, 2014; RASKE et al., 2013).



**Figura 9.** Osteotomia de Nivelamento Baseada no CORA. Planejamento pré-operatório; o TPA pós-operatório (Pós-TPA) de 10° é identificado, o CORA é definido pela interseção entre os eixos anatômicos proximal (A) e distal (B). A magnitude do CORA é identificada como 25°. O centro da lâmina da serra é posicionada no CORA, passando a lâmina a nível D1/D2. Fonte: Raske et al., 2013.

O objetivo da CBLO é modificar o *procurvatum* normal para eliminar a translação tibial. Como o ACA está centralizado no CORA, isso levará ao Ângulo do Platô Tibial desejado (TPAd). Isso consegue uma estabilização da subluxação cranial da tíbia através do alinhamento dos eixos anatômicos longitudinais proximal e distal. A magnitude do CORA representa o ângulo de correção necessário para atingir o TPA pós-operatório (pós-TPA) de 8 a 12 graus. A CBLO alinha o eixo anatômico-mecânico do segmento proximal e distal, mantendo aproximadamente 30% do impulso tibial cranial normal (HULSE et al., 2010b; VAZQUEZ et al., 2018).

A CBLO demonstrou ter muitas vantagens para o tratamento de certos pacientes diagnosticados com RLCCr. Estes incluem a preservação da epífise proximal da tíbia, o que permite a aplicação de um procedimento de estabilização auxiliar e aumenta o espaço ósseo para a aplicação de implantes adicionais para cães de raças grandes e gigantes (RASKE et al., 2013; JOHNSON et al., 2022). Da mesma forma, permite a utilização de maior quantidade de



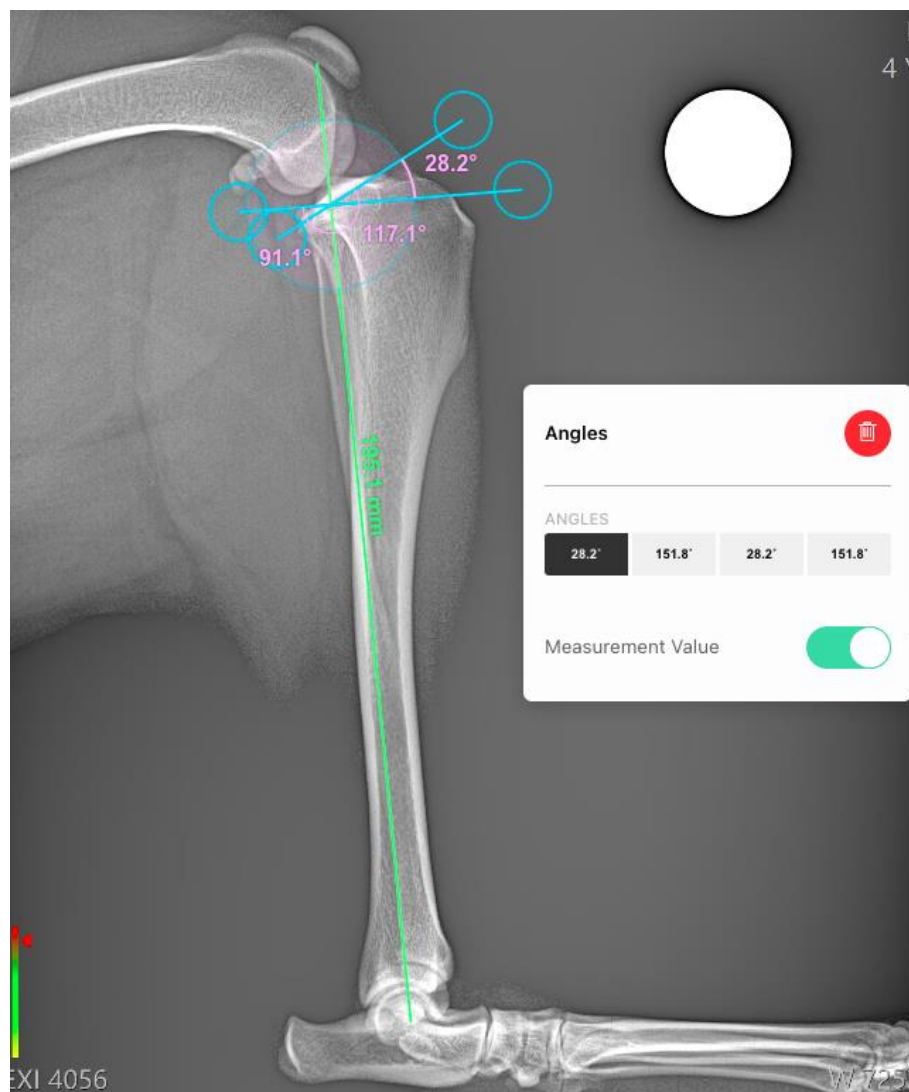
segmento ósseo proximal para estabilização com a placa ortopédica mesmo em raças pequenas. Cães com luxação medial concomitante da patela são facilmente submetidos à CBLO e técnicas tradicionais de estabilização da patela (SHIN et al., 2019; GEMMILL, 2018). A CBLO facilita o tratamento de cães com inclinação excessiva do platô tibial, pois como o ACA estar centrado no CORA, a técnica permite o alinhamento do segmento proximal e distal após a rotação, portanto, não há translação secundária (efeito “balcão”) e cria contato ósseo máximo, resultando na união óssea primária precoce (SCHLAG et al., 2020; DUMARTINET et al., 2020; JOHNSON et al., 2022). Outro ponto a favor é que por se tratar de uma osteotomia não articular, não há danificação da cartilagem na superfície articular ou vazamento de líquido sinovial em direção à osteotomia (HIGUCHI et al., 2006). Finalmente, a osteotomia e os implantes são colocados distalmente à linha fisária de crescimento da tíbia proximal, permitindo que esta técnica seja realizada em cães jovens (HULSE, 2014; MCDOUGALL et al., 2018; PEYCKE et al., 2022).

Os resultados da CBLO a médio e longo prazo foram avaliados e os resultados favoráveis foram obtidos em 77% dos casos com recuperação completa da função (KISHI e HULSE, 2016). A CBLO evita lesões posteriores da cartilagem articular ao eliminar a sobrecarga tibial excessiva, trazendo a inclinação do platô tibial para 8 a 12° (dependendo do grau original de inclinação), mas mantendo uma quantidade limitada de impulso cranial (a translação normal é de 3-4 mm). Devido a isso, a conformação dos tecidos moles (cápsula articular, gordura infrapatelar) é mantida e é possível prevenir danos abrasivos na face articular da cartilagem, observados em estudo de reavaliação por artroscopia (VAZQUEZ et al., 2018).

### **1.2.2 Planejamento da técnica da CBLO no *Veterinary Preoperative Orthopaedic Planning* (vPOP pro)**

Utilizando radiografias em projeções medio-laterais com a articulação do joelho e o tarso flexionados em um ângulo de 90° (FETTIG et al., 2003; REIF et al., 2004) é determinado o Ângulo do Platô Tibial (TPA), que é definido como a diferença entre a inclinação do platô da tíbia e a linha traçada perpendicularmente ao eixo mecânico da tíbia no plano sagital (Figura 10) (PETAZZONI e JAEGER, 2008; KOWALESKI et al., 2018; BUIRKLE et al., 2019). Primeiro o centro do tálus é localizado usando os pontos de referência estabelecidos para a linha de orientação da articulação tibial distal, que são o aspecto distal da crista medial distal da tíbia, cranialmente, e o aspecto caudodistal da cóclea da tíbia, caudalmente. O centro do círculo correspondente ao tálus estabelece a marca de

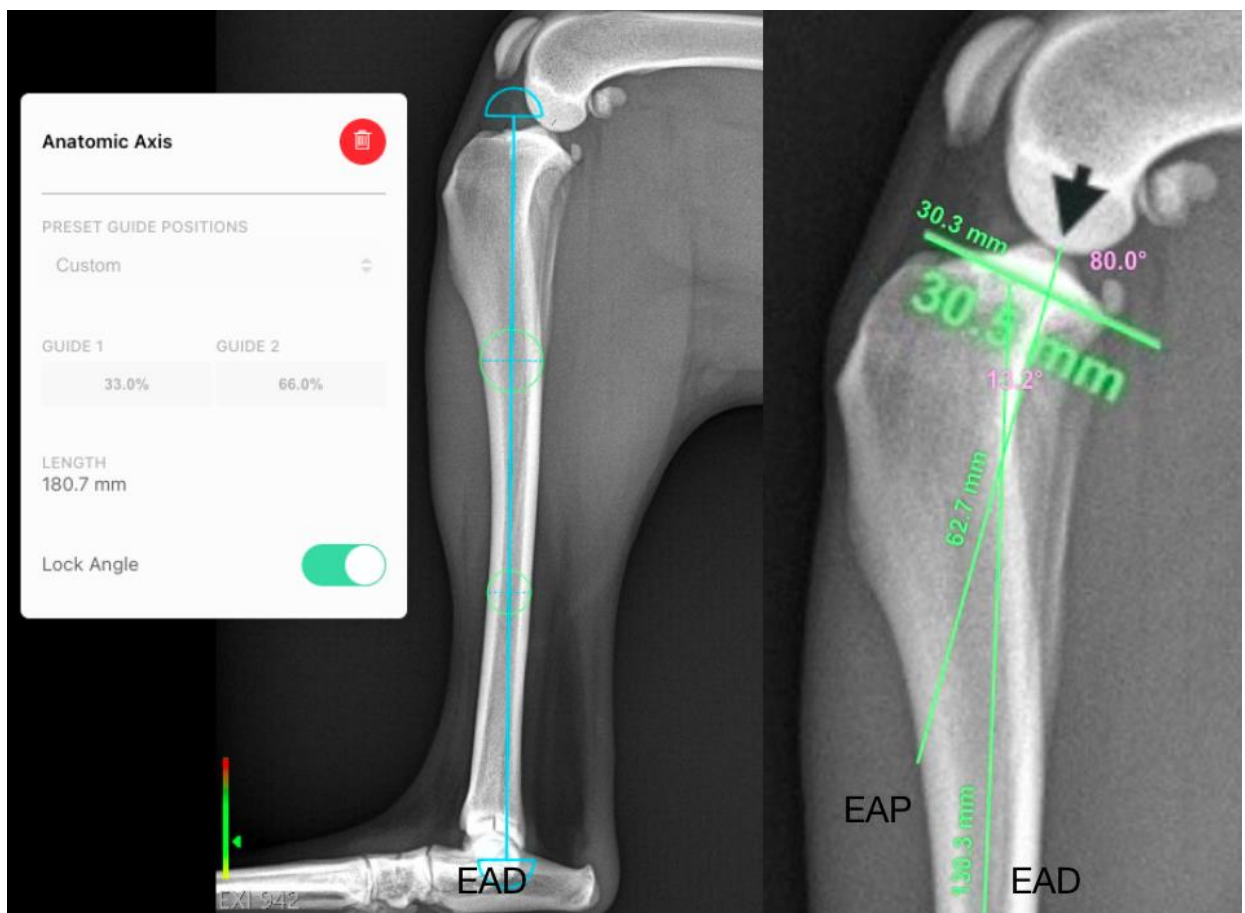
referência distal para o eixo mecânico do plano sagital (DISMUKES et al., 2008; BUIRKLE et al., 2019). A inclinação do platô tibial é determinada pelo desenho da linha de orientação da articulação proximal que liga o ponto mais cranial do côndilo tibial medial ao ponto mais caudal do côndilo tibial medial (PALEY, 2002; PETAZZONI e JAEGER, 2008). O eixo longo (mecânico) da tíbia é determinado por uma linha traçada entre o círculo criado no centro do corpo do tálus e o ponto médio das duas eminências intercondilares tibiais. Finalmente, obtém-se o ângulo de interseção entre o eixo do platô tibial e o eixo mecânico da tíbia, tendo como referência uma linha perpendicular a este último eixo (DISMUKES et al., 2008; BUIRKLE et al., 2019).



**Figura 10.** Medição do Ângulo do Platô Tibial (TPA) usando o vPOP pro. O ângulo é a diferença entre a inclinação do platô tibial e a linha traçada perpendicularmente ao eixo mecânico da tíbia no plano sagital representado por 28,2°. Quadro branco: ferramenta de ângulos. Fonte: Autora, 2022.

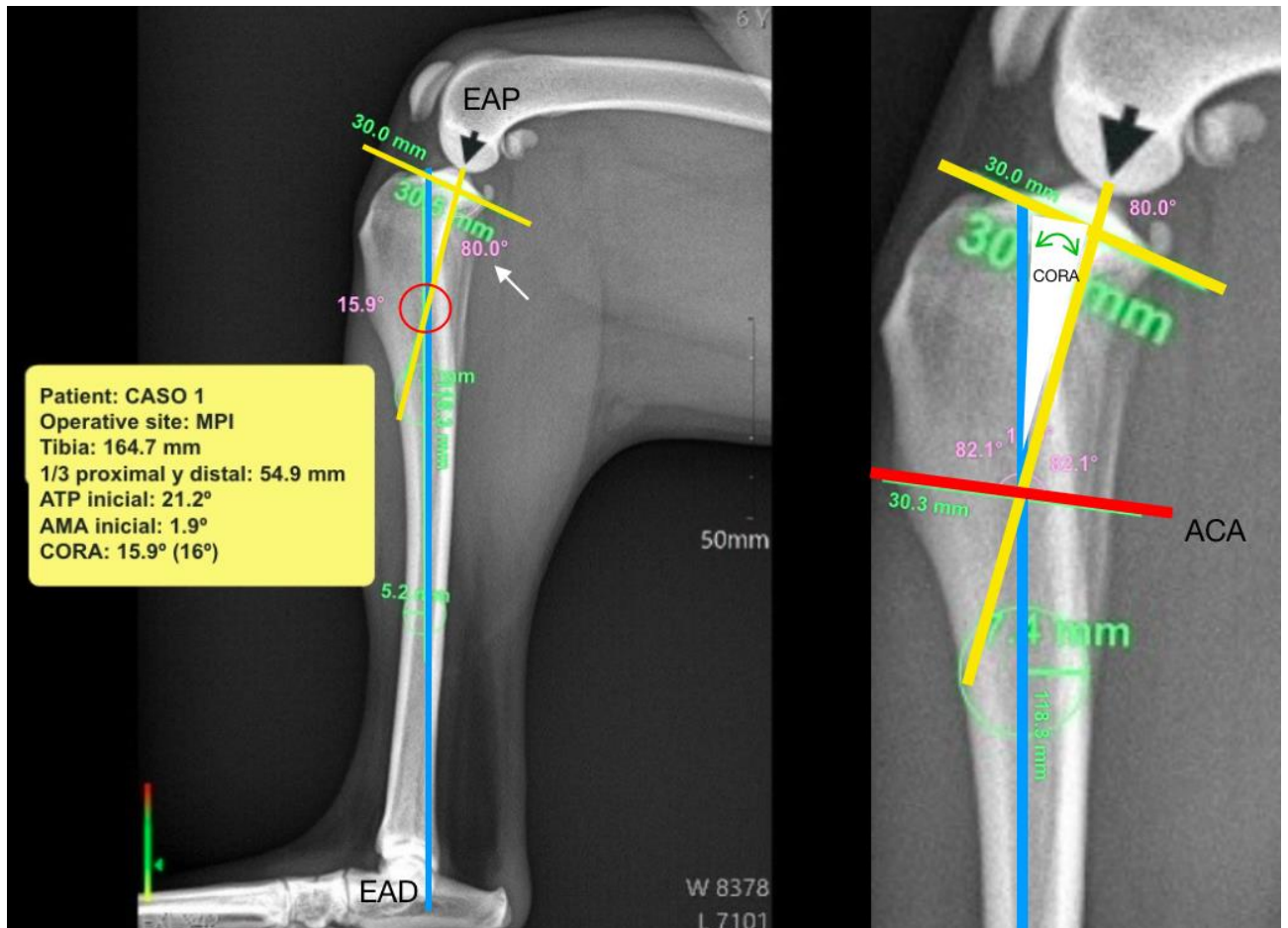
O eixo anatômico é representado por uma única linha contornada e centrada entre as corticais cranial e caudal ao longo de todo o comprimento da tíbia, conectando o centro das

superfícies articulares proximal e distal (PALEY, 2002; PETAZZONI e JAEGER, 2008). O eixo anatômico distal (EAD) (Figura 11) pode ser definido como a linha que conecta um ponto A e um ponto B, percorrendo entre o córtex cranial e caudal (GUÉNEGO et al., 2017). É determinado por uma linha que divide a diáfise da tíbia, com o primeiro ponto ao nível da borda da crista tibial distal e o segundo ponto na junção diáfise distal/metáfise (HULSE, 2014). Para determinar o eixo anatômico proximal (EAP), a linha de orientação articular é localizada no platô tibial (linha que se estende do ponto mais cranial do platô tibial até seu ponto mais caudal) (PETAZZONI e JAEGER, 2008; KOWALESKI et al., 2018). Após traçar essa linha, delimita-se o EAP (Figura 11) traçando uma linha que se inicia no centro das eminências intercondilares e continua distalmente na diáfise tibial. Ele é interseccionado na técnica da CBLO para corresponder ao TPA desejado, subtraindo 30-35% do ângulo inicial do platô tibial ( $TPAd=TPAx0,35$ ) (HULSE, 2014).



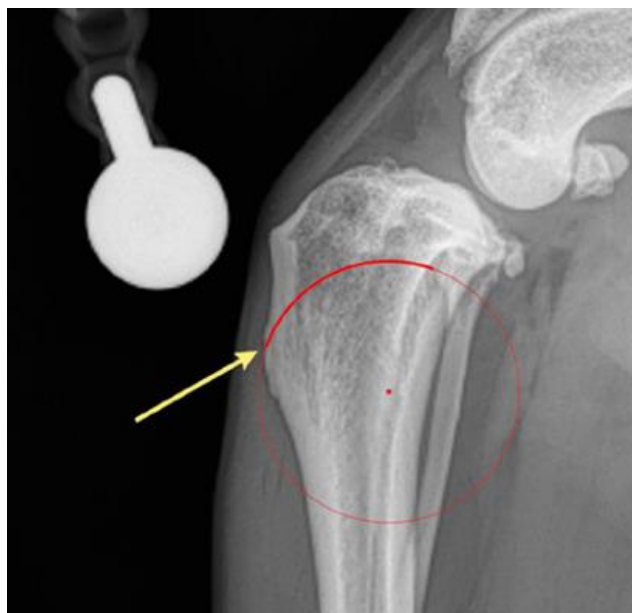
**Figura 11.** Determinação dos eixos anatômicos distal e proximal em vPOP pro. Linha azul: eixo anatômico distal (EAD). Linhas verdes: linhas estreitas entre o eixo anatômico proximal (EAP) e o eixo anatômico distal (EAD). Seta preta: centro da eminência intercondilar. Círculos verdes: pontos de determinação de EAD. O ângulo caudal entre a linha de orientação articular e o EAP é identificado como 80 graus. Quadro branco: ferramenta para determinar o eixo anatômico. Fonte: Autora, 2022.

O CORA foi definido como o ponto de interseção dos eixos de dois segmentos ósseos que formam um ângulo um com o outro. A magnitude do CORA é calculada como a diferença angular entre os eixos e é equivalente ao grau de correção necessário para eliminar a deformidade. A interseção dos dois eixos dá origem à formação de dois conjuntos de ângulos iguais: um par proximal e distal e um par medial e lateral. O par médio-lateral se bissectado com uma linha reta transversal passando pelo CORA, gera uma reta chamada Eixo de Correção de Angulação (ACA) (Figura 12) (RASKE et al., 2013; HULSE, 2014; FOX e TOMLINSON, 2018). O ACA pode ser interpretado como um ponto de articulação sobre o qual a rotação de dois segmentos de osso pode ser feito. Quando a osteotomia é realizada em um nível diferente do CORA, mas o ACA se baseia no CORA, o realinhamento adequado ocorrerá por meio de angulação e translação (PALEY, 2002; FOX e TOMLINSON, 2018).



**Figura 12.** Determinação do CORA e do ACA no vPOP pro. Linha azul: eixo anatômico distal (EAD). Linhas amarelas: linha de orientação articular e eixo anatômico proximal (EAP). Seta branca: ângulo caudal. Seta preta: centro das eminências intercondilares. Círculo vermelho: centro do CORA. Setas verdes: magnitude do CORA. Círculos verdes: pontos de determinação do EAD. Linha vermelha: Eixo de Correção de Angulação (ACA). Quadro amarelo: ferramenta de dados do paciente e da medição. Fonte: Autora, 2022.

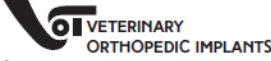
O tamanho apropriado da lâmina da serra é selecionado colocando a extremidade central do raio no centro do CORA ou acima de um ponto no ACA (HULSE, 2014). Recomenda-se uma osteotomia tangente ao córtex tibial cranial, deixando o máximo possível da tuberosidade da tibia (Figura 13). Durante a rotação cranial, pode resultar que a tuberosidade cranial distal do segmento proximal colida com o córtex tibial cranial do segmento distal. Isto é particularmente verdadeiro em pacientes com maior magnitude de CORA e, portanto, maior rotação. Se o impacto for observado durante a rotação ou não for possível completar a rotação, a parte mais crânio-distal do segmento proximal pode ser removida para permitir a rotação. Isso pode ser feito com um pequeno osteótomo e um martelo. Forçar a rotação com impacto presente pode resultar em fissura do aspecto crânio-distal do segmento proximal (DYCUS e HULSE, 2022).



**Figura 13.** O objetivo da saída cranial da osteotomia é tangenciar a cortical tibial cranial (seta amarela) deixando o máximo possível da tuberosidade tibial apoiada na cortical distal. Fonte: Dycus e Hulse, 2022.

A rotação cranial do fragmento proximal é realizada trazendo a inclinação do platô tibial para 8 a 12° (dependendo do grau de inclinação original), reduzindo o Ângulo do Platô Tibial em 30 a 35% do que era inicialmente ( $TPAd = TPA \times 0.35$ ) e ao mesmo tempo reduzindo a magnitude do CORA que representa o ângulo de correção necessário para atingir o TPA<sub>d</sub> (HULSE, 2014; RASKE et al., 2013; KISHI e HULSE, 2016). Esta informação foi colocada em uma tabela comercial (Figura 14) como método auxiliar para os cirurgiões, determinando a quantidade de rotação em milímetros com base na amplitude do CORA e no tamanho do raio da serra utilizada pelo cálculo ( $2\pi r = 360$ ), que foi desenvolvido por HULSE, (2014)

(VETIMPLANTS®, 2018). Ou seja, se o CORA resultar em 15° e a lâmina da serra adequada para o paciente for de 21 mm, então a rotação necessária é de 5,5 mm, por exemplo.

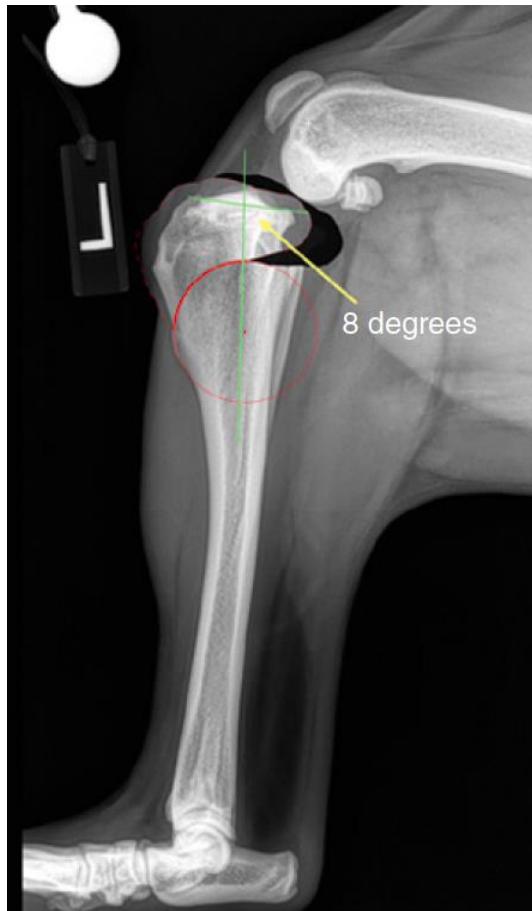

CBLO Rotation Chart

CORA Magnitude	CBLO/TPLO Blade Size (mm)									
	8mm	10mm	12mm	15mm	18mm	21mm	24mm	27mm	30mm	33mm
5	0.7	0.9	1	1.3	1.6	1.8	2.1	2.4	2.6	2.9
6	0.8	1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.5
7	1	1.2	1.5	1.8	2.2	2.6	2.9	3.3	3.7	4
8	1.1	1.4	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6
9	1.3	1.6	1.9	2.4	2.8	3.3	3.8	4.2	4.7	5.2
10	1.4	1.7	2.1	2.6	3.1	3.7	4.2	4.7	5.2	5.8
11	1.5	1.9	2.3	2.9	3.5	4	4.6	5.2	5.8	6.3
12	1.7	2.1	2.5	3.1	3.8	4.4	5	5.6	6.3	6.9
13	1.8	2.3	2.7	3.4	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.5
14	1.9	2.4	2.9	3.7	4.4	5.1	5.8	6.6	7.3	8
15	2.1	2.6	3.1	3.9	4.7	5.5	6.3	7	7.8	8.6
16	2.2	2.8	3.3	4.2	5	5.8	6.7	7.5	8.4	9.2
17	2.4	3	3.5	4.4	5.3	6.2	7.1	8	8.9	9.8
18	2.5	3.1	3.8	4.7	5.6	6.6	7.5	8.4	9.4	10.3
19	2.6	3.3	4	5	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9
20	2.8	3.5	4.2	5.2	6.3	7.3	8.3	9.4	10.4	11.5
21	2.9	3.6	4.4	5.5	6.6	7.7	8.7	9.8	10.9	12
22	3.1	3.8	4.6	5.7	6.9	8	9.2	10.3	11.4	12.6
23	3.2	4	4.8	6	7.2	8.4	9.6	10.8	12	13.2
24	3.3	4.2	5	6.2	7.5	8.7	10	11.2	12.5	13.7
25	3.5	4.3	5.2	6.5	7.8	9.1	10.4	11.7	13	14.3
26	3.6	4.5	5.4	6.7	8.1	9.4	10.8	12.1	13.5	14.8
27	3.7	4.7	5.6	7	8.4	9.8	11.2	12.6	14	15.4
28	3.9	4.8	5.8	7.3	8.7	10.2	11.6	13.1	14.5	16
29	4	5	6	7.5	9	10.5	12	13.5	15	16.5
30	4.1	5.2	6.2	7.8	9.3	10.9	12.4	14	15.5	17.1
31	4.3	5.3	6.4	8	9.6	11.2	12.8	14.4	16	17.6
32	4.4	5.5	6.6	8.3	9.9	11.6	13.2	14.9	16.5	18.2
33	4.5	5.7	6.8	8.5	10.2	11.9	13.6	15.3	17	18.7
34	4.7	5.8	7	8.8	10.5	12.3	14	15.8	17.5	19.3

www.vetimplants.com

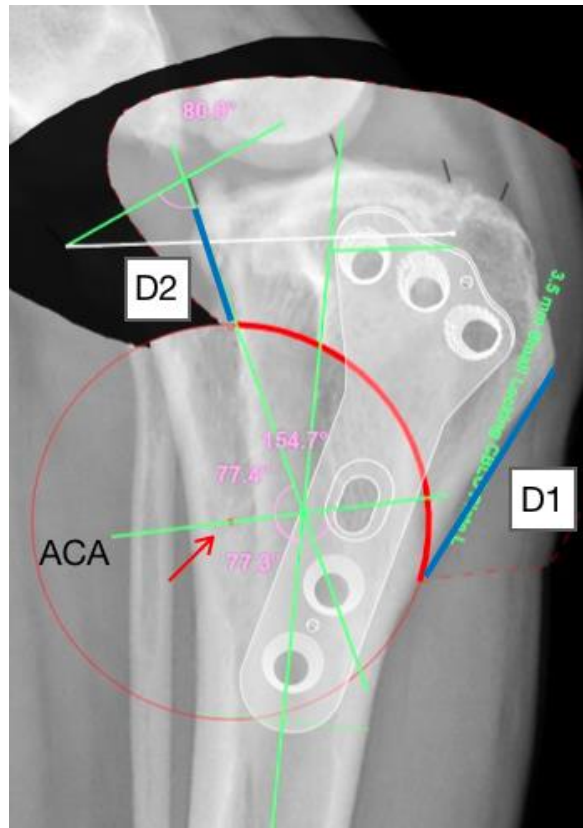
**Figura 14.** Tabela padrão comercial de rotação do fragmento proximal na CBLO. Fonte: VETIMPLANTS®, 2018.

Posteriormente, usando a ferramenta da serra do vPOP pro, é planejado o corte e a rotação cranial do fragmento proximal correspondente. Como o ACA está centrado no CORA, corrigir a magnitude do CORA levará ao TPA desejado (TPAd) e, portanto, à estabilização da subluxação tibial cranial devido ao RLCCr, com o alinhamento dos eixos longitudinais anatômicos proximal e distal (Figura 15) (DYCUS e HULSE, 2022).



**Figura 15.** Radiografia lateral do joelho esquerdo revelando o planejamento pré-operatório da rotação do segmento tibial proximal para atingir o Ângulo do Platô Tibial (TPA) pós-operatório desejado (seta amarela) e assim, permitir o alinhamento do eixo anatômico longitudinal proximal e distal. Neste exemplo, o TPA pós-operatório planejado é de  $8,0^\circ$ . Fonte: Dycus e Hulse, 2022.

Em seguida, com a lâmina da serra já escolhida no vPOP pro, determina-se o D1, que é a distância entre a inserção do ligamento patelar e a borda cranial do corte da serra. O D2 é a distância entre a região caudal do corte da serra e o ponto mais caudal do platô tibial, determinado pelo ponto médio entre os côndilos medial e lateral da tíbia (Figura 16) (HULSE, 2014; RASKE et al., 2013). Após o corte, um modelo de placa bloqueada que corresponda ao tamanho do fragmento proximal é selecionado no programa (Figura 16). A porção mais proximal da placa deve ser colocada inclinada caudalmente e recomenda-se que o parafuso proximal mais caudal esteja sempre na frente da cortical lateral (que é a mais radiodensa) para evitar a colocação de parafusos monocorticais (SHIN et al., 2019; PENAFORTE, 2021; HAN et al., 2022).



**Figura 16.** Rotação do fragmento proximal e modelo de placa bloqueada de CBLO escolhida no vPOP pro. Círculo vermelho: círculo correspondente à lâmina da serra. D1: distância entre a inserção do ligamento patelar e a borda cranial do corte da serra (linha azul). D2: distância entre a região caudal do corte da serra e a superfície caudal do platô tibial (linha azul). Observar que o centro do círculo (seta) está situado na linha do ACA. Fonte: Autora, 2022.

### 1.3.1 Eixo Anatômico Distal (EAD)

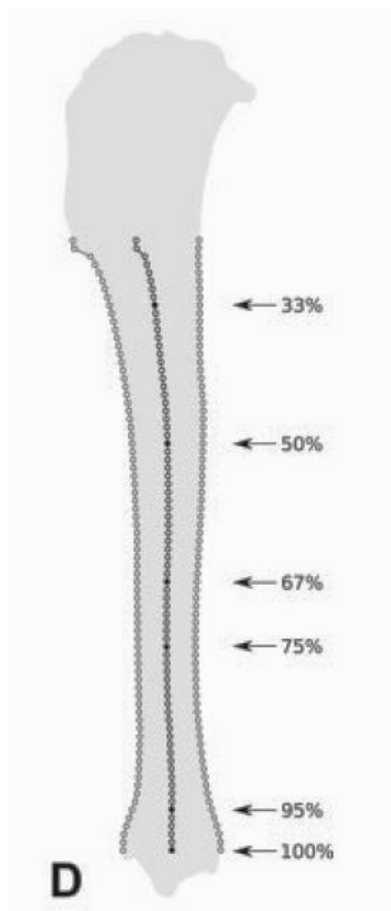
Assim como outros procedimentos cirúrgicos, a CBLO está sujeita a possíveis erros durante o planejamento e execução que podem afetar a correção desejada do TPA. Durante a cirurgia, o Eixo de Correção de Angulação (ACA) deve estar localizado no CORA, ou ao longo da linha CORA correspondente à bissetriz do ângulo obtuso entre os dois eixos. Se o ACA não for posicionado com precisão, pode ocorrer translação do eixo e distorções angulares secundárias (PALEY, 2002). Como mencionado acima, a identificação de um eixo anatômico distal da tíbia (EAD) é um passo fundamental no planejamento cirúrgico de vários procedimentos de osteotomia para estabilização do joelho em cães com RLCCr e na investigação de possíveis fatores causais da doença (GLASSMAN et al., 2011; RASKE et al., 2013; GUENEGO et al., 2020).

Até certo ponto, a escolha do delineamento do eixo anatômico é arbitrária, mas deve ser sempre adequada ao objetivo pretendido e pode ser identificada de maneira confiável e



prática. A variedade de métodos de determinação da localização do EAD tem o potencial de introduzir maior variação na mistura de cirurgias e procedimentos (MILES, 2020). Deve-se levar em consideração o grau que representa o eixo anatômico “verdadeiro”, o potencial de desvio de seu alinhamento esperado em relação a este eixo subjacente e o potencial de erro de medição ao desenhar e estender o eixo nas radiografias. O verdadeiro eixo anatômico da tíbia no plano sagital é uma curva complicada, que pode ser descrita usando a técnica do eixo simétrico (PETAZZONI e JAEGER, 2008). Vários delineamentos da parte distal deste eixo curvo têm sido relatadas na literatura, formadas por uma linha que passa por dois pontos centrados entre as corticais cranial e caudal, em dois pontos diferentes do comprimento tibial, a 50% e 75% da distância próximo-distal da tíbia (OSMOND et al., 2006). Alternativamente tem sido usado em 33% e 67% (PIRAS e DUNLOP, 2012) ou em 50% e no centro da cabeça do tálus (BRUECKER, 2018) para a TPLO baseada no CORA, outra no primeiro ponto ao nível da borda da crista tibial distal e o segundo ponto na junção diáfise distal/metáfise (HULSE, 2014) para a CBLO e em 33% e 66% (TUDURY, 2021) para a CCWO.

Um estudo recente comparou múltiplas aproximações para o EAD com linhas de melhor ajuste para o verdadeiro eixo anatômico no plano sagital (Figura 17). Recomenda-se que o primeiro ponto de referência do EAD seja restrito à metade distal (50%) da tíbia e o segundo ponto distal é preferível apenas proximal ao alargamento metafisário da tíbia distal (95%) ou no ponto médio da superfície articular distal. Dessa forma, o EAD reflete melhor o verdadeiro eixo anatômico da tíbia distal. Sugere-se que estender a escolha do ponto de referência para o eixo anatômico distal tibial para acima da metade proximal da tíbia corre o risco de desvio clinicamente significativo do alinhamento “verdadeiro”, como determinado pela regressão linear. Devido à variação observada nas 20 tíbias avaliadas nesse estudo, recomendações específicas de EAD podem ser necessárias para raças ou tipos de formas tibiais mais “extremas” (MILES, 2020).



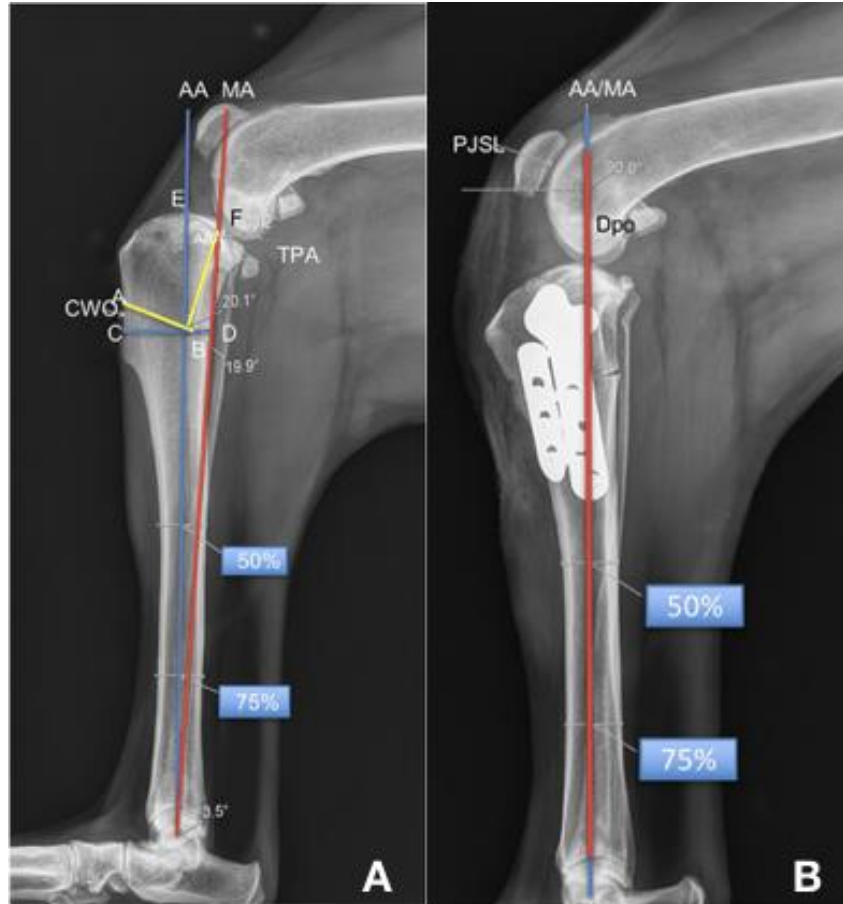
**Figura 17.** Medições dos pontos centrais entre as corticais cranial e caudal identificadas em cada nível para determinação do eixo anatômico. Fonte: Miles, 2020.

Usando a recomendação do EAD descrita por Miles (2020), descobriu-se que erros de planejamento decorrem principalmente da identificação incorreta do platô tibial, com as localizações do CORA dispersas em até  $\pm 10$  mm próximo-distalmente do ideal (95% de confiança). O mau posicionamento do CORA durante a cirurgia causa alterações iguais e opostas no TPA e no ângulo do eixo anatômico e mecânico, graus variados de translação e alterações no comprimento do membro. A magnitude destas alterações depende do TPA inicial e do comprimento do membro, pois cães de menor porte e platô tibial mais inclinado resultaram em erros maiores. A subcorreção do TPA foi associada à supercorreção do AMA nesse modelo. Mesmo com planejamento e execução perfeitos, o TPA final pode não igualar o valor planejado: enquanto o TPA se refere ao eixo mecânico, a correção baseada no CORA refere-se ao eixo anatômico distal (EAD), que não necessariamente passa pelo centro do tálus. A variação interobservador é altamente dependente da identificação do platô tibial, pois isto afetou a definição do eixo anatômico proximal, assim como a localização e a amplitude do ângulo CORA. Caso fosse necessário colocar o ACA mais distal durante a cirurgia, uma correção do ângulo CORA foi aplicada e foi possível compensá-la para manter o TPA alvo,

no entanto, menciona-se que realizar ou não essa distalização permanece discutível. Concluiu-se que a principal fonte de erro no planejamento e execução da CBLO é a identificação dos pontos do platô tibial e a posterior identificação errônea do CORA (MAZDARINI et al., 2021).

#### **1.4.1 Osteotomia de Cunha Fechada Cranial baseada em AMA (CCWO baseado em AMA)**

Uma técnica modificada de Osteotomia em Cunha Fechada Cranial baseada no AMA (AMA-based-CCWO) (Figura 18) foi desenvolvida seguindo as mesmas bases descritas para a CBLO, através do alinhamento do eixo anatômico (EA) e do eixo mecânico (EM), para limitar as translações da tibia e o avanço cranial da tibia durante o suporte de peso (HULSE et al., 2010b; HULSE, 2014; RASKE et al., 2013). Um AMA pós-cirúrgico de zero grau foi obtido em 92% dos cães tratados. Não foram relatados "pivot shift" nem "deslocamentos caudais" do eixo anatômico, resultando em angulação tibial craniocaudal, levando à hiperextensão antiestética previamente descrita no joelho com uma CCWO convencional (GUÉNÉGO et al., 2016). A CCWO baseada no AMA permite o alinhamento do eixo anatômico e mecânico seguido pela rotação da inclinação do platô tibial e pode contribuir para manter uma distribuição de tensão e cinemática mais normal do joelho, durante o suporte de peso como na CBLO, com mais estabilidade da osteotomia como na CCWO. Além disso, com um AMA reduzido no pós-operatório, a patela se move de uma posição caudal em relação ao EA para uma posição cranial, que é uma posição mais fisiológica semelhante à relatada em joelhos não afetados (GUENEGO et al., 2016; GUÉNÉGO et al., 2020; GUÉNÉGO et al., 2021). Devido à relação da magnitude entre o EA e o EM, denominado AMA, fator predisponente na RLCCr, confirmado em estudos recentes, recomenda-se que isto seja levado em consideração quando na escolha de um procedimento cirúrgico para a alteração da inclinação do platô tibial (GUÉNÉGO et al., 2017; GUÉNÉGO et al., 2020; ŠEVCÍK et al., 2022).



**Figura 18.** Medidas feitas na Osteotomia Cranial de Cunha Fechada baseada no AMA (CCWO baseada no AMA). A: Planejamento pré-operatório. Eixo anatômico (AA); Eixo mecânico (MA); AMA: representado entre AA e MA. O ângulo de E,B,F e o ângulo de rotação e angulação entre AA e MA que correspondem ao ângulo de planejamento da Osteotomia Cranial em Cunha (CWO); O ângulo A,B,C para reduzir o ângulo do platô tibial (TPA). A linha C-D é a linha de osteotomia distal da CWO e foi perpendicular ao AA; A linha A-B é a linha proximal e foi perpendicular à linha B-F. O ponto B está localizado na inserção caudal do ligamento colateral medial. A distância A-C corresponde ao comprimento da cunha no córtex cranial. B: Marcações na radiografia medio-lateral ilustrando medidas pós-cirúrgicas de CCWO baseadas no AMA. AMA: representado entre AA e MA já alinhado. Comprimento da Superfície da Articulação Patelar (PJSL); Ponto distal da superfície articular patelar pós-cirúrgica (Dpo). Fonte: Guénego et. al., 2021.

## 2 REFERENCIAS

- ADAMS, P.; BOLUS, R.; MIDDLETON, S.; MOORES, A.P.; GRIERSON, J. Influence of signalment on developing cranial cruciate rupture in dogs in the UK. **Journal of Small Animal Practice**, v. 52, n. 7, p. 347-352, 2011.
- AERTSENS, A.; ALVAREZ, J.R.; PONCET, C.M.; BEAUFRÈRE, H.; RAGETLY, G.R. Comparison of the tibia plateau angle between small and large dogs with cranial cruciate ligament disease. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 28, n. 6, p. 385-390, 2015.
- AGHAPOUR, M.; BOCKSTAHLER, B.; VIDONI, B. Evaluation of the Femoral and Tibial Alignments in Dogs: A Systematic Review. **Animals**, v. 11, n. 6, p. 1-24, 2021.
- AGNELLO, K.A.; HOLSWORTH, I.G.; CACERES, A.V.; BROWN, D.C.; RUNGE, J.J.; SCHLICKSUP, M.; HAYASHI, K. Articular cartilage lesions of the patellofemoral joint in dogs with naturally occurring cranial cruciate ligament disease. **Veterinary Surgery**, v. 43, n. 3, p. 308-315, 2014.
- ARRUDA, A.F.D.P.; MUZZI, L.A.L.; LACRETA JUNIOR, A.C.C.; MUZZI, R.A.L.; SAMPAIO, G.R.; MOREIRA, S.H.; MESQUITA, L.R. Radiographic assessment of the proximal tibial angles in dogs and cats with and without cranial cruciate ligament rupture. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 1190-1195, 2018.
- BAKER, L.A.; KIRKPATRICK, B.; ROSA, G.J.M.; GIANOLA, D.; VALENTE, B.; SUMNER, J.P.; BALTZER, W.; HAO, Z.; BINVERSIE, E.E.; VOLSTAD, N.; PIAZZA, A.; SAMPLE, S.J. MUIR, P. Genomewide association analysis in dogs implicates 99 loci as risk variants for anterior cruciate ligament rupture. **PLoS One**, v. 12, n. 4, p. 1-19, 2017
- BENNETT, D.; TENNANT, B.; LEWIS, D.G.; BAHUGAN, J.; MAY, C.; CARTER, S. A reappraisal of anterior cruciate ligament disease in the dog. **Journal of Small Animal Practice**, v. 29, n. 5, p. 275-297, 1988.
- BERGH, M.S. Surgical Treatment of Cranial Cruciate Ligament Disease. **Advances in Small Animals**, v. 27, n. 8, p. 1-2, 2014.
- BRUECKER, K. CORA based TPLO for Steep Tibial Plateau Angle. In: **5th Proceedings of the World Veterinary Orthopaedic Congress**, 2018, Barcelona, 2018. p. 158-160.
- BUIRKLE, C.L.; AULAKH, K.S.; GINES, J.A.; RADEMACHER, N.; LIU, C.; BARNES, K. Effect of tibial rotation on the tibial plateau angle measurement in dogs: An ex vivo study. **Veterinary Surgery**, v. 48, n. 3, p. 408-416, 2019.
- BUOTE, N.; FUSCO, J.; RADASCH, R. Age, Tibial Plateau Angle, Sex, and Weight as Risk Factors for Contralateral Rupture of the Cranial Cruciate Ligament in Labradors. **Veterinary Surgery**, v. 38, n. 4, p. 481-489, 2009.
- CUNNINGHAM, D.P.; MOSTAFA, A.A.; GORDAN-EVANS, W.J.; BOUDRIEAU, R.J.; GRIFFON, D.J. Factors contributing to the variability of a predictive score for cranial cruciate ligament deficiency in Labrador Retrievers. **BioMed Central Veterinary Research**, v. 13, n. 235, p. 1-7, 2017.
- DECAMP, C.E.; JOHNSTON, S.A.; DÉJARDIN, L.M.; SCHAEFER, S.L. The Stifle Joint. In: **BRINKER, PIERMATTEI, and FLO's Handbook of Orthopedics and Fracture Repair Small Animal**. 5. ed. St. Louis: Elsevier, 2016. p. 597-669.

- DISMUKES, D.I.; TOMLINSON, J.L.; FOX, D.B., COOK, J.L.; WITSBERGER, T.H.E. Radiographic Measurement of Canine Tibial Angles in the Sagittal Plane. **Veterinary Surgery**, v. 37, n. 3, p. 300-305, 2008.
- DRYGAS, K.A.; POZZI, A.; GORING, R.L.; HORODYSKI, M.; LEWIS, D.D. Effect of Tibial Plateau Leveling Osteotomy on Patellar Tendon Angle: A Radiographic Cadaveric Study. **Veterinary Surgery**, v. 39, n. 4, p. 418-424, 2010.
- DUMARTINET, C.; BERNARDÉ, A.; BERNARD, F. Double Cut CORA-Based Levelling Osteotomy to treat Cranial Cruciate Ligament Deficiency and Excessive Tibial Plateau Angle secondary to growth anomaly in two dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 259, n. 8, p. 885-891, 2020.
- DYCUS, D.L.; HULSE, D.A. Complications Associated with CORA-Based Leveling Osteotomy. In: BEN-AMOTZ, R.; DYCUS, D. **Complications in Canine Cranial Cruciate Ligament Surgery**. Hoboken: WILEY Blackwell, 2022. p. 189-197.
- FETTIG, A.A.; RAND, W.M.; SATO, A.F.; SOLANO, S.; MCCARTHY, R.J.; BOUDRIEAU, R.J. Observer Variability of Tibial Plateau Slope Measurement in 40 Dogs With Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifle Joints. **Veterinary Surgery**, v. 32, n. 5, p. 471-478, 2003.
- FOX, D.B.; TOMLINSON, J.L. Principles of Angular Limb Deformity Correction. In: JHONSTON, S.A.; TOBIAS, K.M. **Veterinary Surgery: Small Animal**, 2. ed. St. Louis: Elsevier, 2018. 2152 p.
- FULLER, M.C.; KAPATKIN, A.S.; BRUECKER, K.A.; HOLSWORTH, I.G.; KASS, P.H.; HAYASHI, K. Comparison of the tibial mechanical joint orientation angles in dogs with cranial cruciate ligament rupture. **Canadian Veterinary Journal**, v. 55, n. 8, p. 757-764, 2014.
- GATINEAU, M.; DUPUIS, J.P.; PLANTÉ, J.; MOREAU, M. Retrospective study of 476 tibial plateau levelling osteotomy procedures. Rate of subsequent “pivot shift”, meniscal tear and other complications. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 24, n. 4, p. 333-341, 2011.
- GEMMILL, T. Cranial cruciate ligament deficiency in small breed dogs. In: **5th Proceedings of the World Veterinary Orthopaedic Congress**, 2018, Barcelona, 2018. p. 275-276.
- GLASSMAN, M.; HOFMEISTER, E.; WEH, J.M.; ROACH, W.; TORRES, B.; JOHNSTON, S.; BUDSBERG, S. Radiographic Quantitative Assessment of Caudal Proximal Tibial Angulation in 100 Dogs with Cranial Cruciate Ligament Rupture. **Veterinary Surgery**, v. 40, n. 7, p. 830-838, 2011.
- GRIERSON, J.; ASHER, L.; GRAINGER, K. An investigation into risk factors for bilateral canine cruciate ligament rupture. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 24, n. 3, p. 192-196, 2011.
- GRIFFON, D.J. A Review of the Pathogenesis of Canine Cranial Cruciate Ligament Disease as a Basis for Future Preventive Strategies. **Veterinary Surgery**, v. 39, n. 4, p. 399-409, 2010.
- GUÉNÉGO, L.; PAYOT, M.; CHARRUT, P.; VERWAERDE, P. Alignment of the anatomical and mechanical axes during cranial closing wedge osteotomy (AMA-based-CCWO) for treatment of CCL disease in 182 dogs. Results and complications. In: **18th European Society of Veterinary Orthopaedics and Traumatology Congress Proceedings**, 2016, London, 2016. p. 383-384.

GUÉNÉGO, L.; PAYOT, M.; CHARRU, P.; VERWAERDE, P. Comparison of tibial anatomical-mechanical axis angle between predisposed dogs and dogs at low risk for cranial cruciate ligament rupture. **The Veterinary Journal**, v. 225, p. 35-41, 2017.

GUÉNÉGO, L.; SERRI, P.; CHARRU, P.; VERWAERDE, P. Comparison of the Tibial Anatomical-Mechanical Axis Angle and Patellar Positions between Labrador Retrievers and Golden Retrievers with and without Cranial Cruciate Ligament Rupture. **Journal of Veterinary Science & Research**, v. 5, n. 2, p. 1-9, 2020.

GUÉNÉGO, L.; VEZZONI, A.; VEZZONI, L. Comparison of tibial anatomical-mechanical axis angles and patellar positions between tibial plateau levelling osteotomy (TPLO) and modified cranial closing wedge osteotomy (AMA-based CCWO) for the treatment of cranial cruciate ligament disease in large dogs with tibial plateau slopes greater than 30° and clinically normal Labrador retrievers. **BioMed Central Veterinary Research**, v. 17, n. 368, p. 1-13, 2021.

HAN, J.; LEE, H.; JEONG, J.; JEON, Y.; ROH, Y. Influence of Plate Design on the Accuracy of Tibial Alignment after Center of Rotation of Angulation-Based Leveling Osteotomy in Toy-Breed Dogs. **Journal of Veterinary Clinics**, v. 39, n. 3, p. 100-106, 2022.

HAYNES, K.H.; BISKUP, J.; FREEMAN, A.; CONZEMIUS, M.G. Effect of Tibial Plateau Angle on Cranial Cruciate Ligament Strain: An Ex Vivo Study in the Dog. **Veterinary Surgery**, v. 44, n. 1, p. 46-49, 2015.

HERMANSON, J.; LAHUNTA, A.; EVANS, H. Arthrology. In: \_\_. **Miller and Evans' Anatomy of the Dog**. 5. ed. St. Louis: Elsevier, 2020. p. 375-443.

HIGUCHI, H.; SHIRAKURA, K.; KIMURA, M.; TERAUCHI, M.; SHINOZAKI, T.; WATANABE, H.; TAKAGISHI, K. Changes in biochemical parameters after anterior cruciate ligament injury. **International Orthopaedic**, v. 30, n. 1, p. 43-47, 2006.

HNÍZDO, J. Čtyři techniky alterující geometrii v kolenním kloubu u malých plemen psů (<10 kg). (four techniques altering the geometry in the stifle joint in small breed dogs <10 kg). **Veterinářství**, v. 12, n. 67, p. 915-930, 2017.

aHULSE, D.A.; BEALE, B.; KERWIN, S. Second Look Arthroscopic Findings after Tibial Plateau Leveling Osteotomy. **Veterinary Surgery**, v. 39, n. 3, p. 350-354, 2010.

bHULSE, D.; BEALE, B.; KOWALESKI, M. CORA based leveling osteotomy for treatment of the CCL deficient stifle. In: **3rd Proceedings of the World Orthopaedic Veterinary Congress. Small Animal**, 2010, Bologna, 2010. p. 120-121.

HULSE, D. Concept of CBLO. In: **17th European Society of Veterinary Orthopaedics and Traumatology Congress Proceedings**, 2014, Venice, 2014.

INAUEN, R.; KOCH, D.; BASS, M.; HAESSIG, M. Tibial tuberosity conformation as a risk factor for cranial cruciate ligament rupture in the dog. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 22, n. 1, p. 16-20, 2009.

JERRAM, R.M.; WALKER, A.M. Cranial cruciate ligament injury in the dog: pathophysiology, diagnosis and treatment. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 51, n. 4, p. 149-158, 2003.

JOHNSON, T.A.; KRIER, E.M.; HULSE, D.A.; BEALE, B.S.; HUDSON, C.C.; OLD, G.T.; PEYCKE, L.E. Osseous healing of the CORA-based leveling osteotomy stabilized with a bone plate, cannulated compression screw, and tension band: a descriptive case series in dogs. **Research Square**, p. 1-9, 2022. Datilografado.

- KIM, S.E.; POZZI, A.; KOWALESKI, M.P.; LEWIS, D.D. Tibial osteotomies for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. **Veterinary Surgery**, v. 37, n. 2, p. 111-125, 2008.
- KISHI, E.N.; HULSE, D.A. Owner Evaluation of a CORA-Based Leveling Osteotomy for Treatment of Cranial Cruciate Ligament Injury in Dogs. **Veterinary Surgery**, v. 45, n. 4, p. 507-514, 2016.
- KORVICK, D.L.; PIJANOWSKI, G.J.; SCHAEFFER, D.J. Three dimensional kinematics of the intact and cranial cruciate deficient stifle of dogs. **Journal of Biomechanics**, v. 27, n. 1, p. 77-87, 1994.
- KOWALESKI, M.P.; BOUDRIEAU, R.J.; POZZI, A. Stifle Joint. In: JHONSTON, S.A.; TOBIAS, K.M. **Veterinary Surgery: Small Animal**. 2. ed. St. Louis: Elsevier, 2018. p. 2925-3158.
- LAMPART, M.; KNELL, S.; POZZI, A. A new approach to treatment selection in dogs with cranial cruciate ligament rupture: patient-specific treatment recommendations. **Schweizer Archiv für Tierheilkunde Archives Suisses de Médecine Vétérinaire**, v. 162, n. 6, p. 345-364, 2020.
- MAZDARANI, P.; NIELSEN, M.B.M.; GUNDERSEN, R.S.; VON WENCK, A.; MILES, J.E. Geometric modelling of CORA-based levelling osteotomy in the dog. **Research in Veterinary Science**, v. 135, p. 127-133, 2021.
- MCDOUGALL, R.; DYCUS, L.; PEYCKE, L.; JOHNSON, T.; HULSE, D. Evaluating the Feasibility and Long-Term Outcome of the CORA-Based Leveling Osteotomy (CBLO) in Juvenile Dogs. **Veterinary Surgery**, v. 47, n. 6, p. 39-40, 2018.
- MILES, J.E. Approximations to the Tibial Distal Anatomical Axis in the Sagittal Plane. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 33, n. 1, p. 22-27, 2020.
- MOSTAFA, A.A.; GRIFFON, D.J.; THOMAS, M.W.; CONSTABLE, P.D. Proximodistal alignment of the canine patella: radiographic evaluation and association with medial and lateral patellar luxation. **Veterinary Surgery**, v. 37, n. 3, p. 201-211, 2008.
- MOSTAFA, A.A.; GRIFFON, D.J.; THOMAS, M.W.; CONSTABLE, P.D. Morphometric characteristics of the pelvic limbs of Labrador Retrievers with and without cranial cruciate ligament deficiency. **American Journal of Veterinary Research**, v. 70, n. 4, p. 498-507, 2009.
- NIELEN, A.L.J.; JANSSE, L.L.G.; KNOL, B.W. Heritability estimations for diseases, coat color, body weight, and height in a birth cohort of Boxers. **American Journal of Veterinary Research**, v. 62, n. 8, p. 1198-1206, 2001.
- OSMOND, C.S.; MARCELLIN-LITTLE, D.J.; HARRYSSON, O.L.A.; KIDD, L.B. Morphometric Assessment of the Proximal Portion of the Tibia in dogs with and without Cranial Cruciate Ligament Rupture. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 47, n. 2, p. 136-141, 2006.
- PALEY, D. Sagittal plane deformities. In: PALEY, D.; HERZENBERG, J.E. **Principles of Deformity Correction**. Berlin: Springer, 2002. p. 155-174.
- PENAFORTE, J.M.A. **Estudo virtual de propostas para mudanças no material e técnicas de Osteotomia de Nivelamento do Platô Tibial (TPLO) em cães (Canis lupus familiaris)**. 2022. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Medicina Veterinária, Recife, 2022.



- PETAZZONI, M.; JAEGER, G.H. Radiographic Measurements of the Tibia. In: \_\_. **Atlas of Clinical Goniometry and Radiographic Measurements of the Canine Pelvic Limb**. 2. ed. Lyon: Merial SAS, 2008. p. 60-73.
- PEYCKE, L.E.; MCDUGALL, R.; ROCA, R.; DYCUS, D.; HULSE, D.A. Center of rotation of angulation-based leveling osteotomy for stifle stabilization in skeletally immature dogs. **Veterinary Surgery**, v. 51, n. 3, p. 528-535, 2022.
- PIRAS, A.; DUNLOP, G. Early clinical experiences with Cora Based Tibial Plateau Levelling Osteotomy (CBTPLO) in toy breed dogs. In: **16th Proceedings of the World Orthopaedic Veterinary Congress**, 2012, Bologna, 2012. p. 334-335.
- POWERS, M.Y.; MARTINEZ, S.A.; LINCOLN, J.D.; TEMPLE, C.J.; ARNAIZ, A. Prevalence of cranial cruciate ligament rupture in a population of dogs with lameness previously attributed to hip dysplasia: 369 cases (1994–2003). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 227, n. 7, p. 1109-1111, 2005.
- POZZI, A.; KIM, S.E. Biomechanics of the Normal and Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifle. In: MUIR, P. **Advances In The Canine Cranial Cruciate Ligament**. 2. ed. Hoboken: ACVS Foundation, 2018. p. 39-44.
- PUTAME, G.; TERZINI, M.; BIGNARDI, C.; BEALE, B.; HULSE, D.; ZANETTI, E.; AUDENINO, A. Surgical Treatments for Canine Anterior Cruciate Ligament Rupture: Assessing Functional Recovery Through Multibody Comparative Analysis. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 7, n. 180, p. 1-11, 2019.
- RASKE, M.; HULSE D.; BEALE, B.; SAUNDERS, B.; KISHI, E.; KUNZE, C. Stabilization of the CORA Based Leveling Osteotomy for Treatment of Cranial Cruciate Ligament Injury Using a Bone Plate Augmented With a Headless Compression Screw. **Veterinary Surgery**, v. 42, n. 6, p. 759-764, 2013.
- REIF, U.; PROBST, C.W. Comparison of tibial plateau angles in normal and cranial cruciate deficient stifles of Labrador Retrievers. **Veterinary Surgery**, v. 32, n. 4, p. 385-389, 2003.
- REIF, U.; DEJARDIN, L.M.; PROBST, C.W.; DECAMP, C.E.; FLO, G.L.; JOHNSON, A.L. Influence of limb positioning and measurement method on the magnitude of the tibial plateau angle. **Veterinary Surgery**, v. 33, n. 4, p. 368-375, 2004.
- RENWICK, A.I.C.; MCKEE, W.M.; EMMERSON, T.D.; HOUSE, A.K. Preliminary experiences of the triple tibial osteotomy procedure: tibial morphology and complications. **Journal of Small Animal Practice**. v. 50, n. 5, p. 212-221. 2009.
- SCHLAG, A.N.; PEYCKE, L.E.; HULSE, D.A. Center of rotation of angulation-based leveling osteotomy combined with a coplanar cranial closing wedge osteotomy to manage cranial cruciate ligament insufficiency in dogs with excessive tibial plateau angle. **Veterinary Surgery**, v. 49, n. 1, p. 1-7, 2020.
- SCOTT, A.C.; BEETEM, J.; COOK, J.L. Comparison of Long-Term Outcomes Associated With Three Surgical Techniques for Treatment of Cranial Cruciate Ligament Disease in Dogs. **Veterinary Surgery**, v. 42, n. 3, p. 29-334, 2013.
- ŠEVČIK, K.; KARAFFOVÁ, V.; HLUCHÝ, M.; ŠEVICKOVÁ, M.; ŠEVICKOVÁ, Z.; LEDECKÝ, V. Relationship of mRNA Expression of Selected Genes in Peripheral Blood and Synovial Fluid in Cranial Cruciate Ligament Deficient Stifles of Dogs. **Animals**, v. 12, n. 75, p. 1-5, 2022.
- SHIN, S.; KANG, J.; LEE, D.; LEE, H.; KIM, N. ; HEO, S. CORA Based Leveling Osteotomy with Tibial Tuberosity Transposition for Cranial Cruciate Ligament Rupture with

Concurrent Medial Patellar Luxation in Two Small Breed Dogs. **Journal of Veterinary Clinics**, v. 36, n. 5, p. 285-288, 2019.

SLOCUM, B.; SLOCUM T.D. Tibial Plateau Leveling Osteotomy for repair of Cranial Cruciate Ligament Rupture in the canine. **Veterinary Clinics of North America**, v. 2, n. 4, p. 777-794, 1993.

TAYLOR-BROWN, F.E.; MEESON, R.L.; BRODBELT, D.C.; CHURCH, D.B.; MCGREEVY, P.D.; THOMSON, P.C.; O'NEILL, D.G. Epidemiology of Cranial Cruciate Ligament Disease Diagnosis in Dogs Attending Primary-Care Veterinary Practices in England. **Veterinary Surgery**, v. 44, n. 6, p. 777-783, 2015.

TINGA, S.; KIM, S.E.; BANKS, S.A.; JONES, S.C.; PARK, B.H.; POZZI, A.; LEWIS, D.D. Femorotibial kinematics in dogs with cranial cruciate ligament insufficiency: a three-dimensional in- vivo fluoroscopic analysis during walking. **BioMed Central Veterinary Research**, v. 14, n. 1, p. 1-9, 2018.

TUDURY, E.A. **Aprimoramento da técnica CCWO para cães com Ruptura de Ligamento Cruzado Cranial**. 2021. Tese (Professor Titular). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Medicina Veterinária, Recife, 2021.

VASQUEZ, B.; HULSE, D.; BEALE, B.; KERWIN, S.; ANDREWS, C.; SAUNDERS, B. Second-look arthroscopic findings after CORA-based leveling osteotomy. **Veterinary Surgery**, v. 47, n. 2, p. 261-266, 2018.

VEDRINE, B.; GUILLEMOT, A.; FONTAINE, D.; RAGETLY, G.R.; ETCHEPAREBORDE, S. Comparative anatomy of the proximal tibia in healthy Labrador Retrievers and Yorkshire Terriers. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 26, n. 4, p. 266-270, 2013.

VETIMPLANTS®, CBLO Rotation Guide Chart. **Veterinary Orthopedic Implants**, St. Augustine, United States, 16 de janeiro de 2018. Disponível em: <<https://d19e66a4d3.nxcli.net/wp-content/uploads/2020/11/CBLO-Rotation-Guide-Chart-1-16-18.pdf>>. Acesso em 16 de Abril de 2021.

VOSS, K.; DAMUR, D.; GUERRERO, T.; HÄSSIG, M.; MONTAVON, P.M. Force plate gait analysis to assess limb function after tibial tuberosity advancement in dogs with cranial cruciate ligament disease. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology**, v. 21, n. 3, p. 243-249, 2011.

WILKE, V.L.; CONZEMIUS, M.G.; KINGHORN, B.P.; MACROSSAN, P.E.; CAI, W.; ROTHSCHILD, M.F. Inheritance of rupture of the cranial cruciate ligament in Newfoundlands. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 228, n. 1, p. 61-64, 2006.

WITSBERGER, T.H.; VILLAMIL, J.A.; SCHULTZ, L.G.; HAHN, A.W.; COOK, J.L. Prevalence of and risk factors for hip dysplasia and cranial cruciate ligament deficiency in dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 232, n. 12, p. 1818-1824, 2008.

### **3 ARTIGO CIENTÍFICO**

**ESTUDO DIGITAL SOBRE AS INFLUÊNCIAS NO PLANEJAMENTO DA CBLO  
DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES EIXOS ANATÔMICOS TIBIAIS DISTAIS E  
MÉTODOS DE ROTAÇÃO DO FRAGMENTO PROXIMAL**

**Estudo digital sobre as influências no planejamento da Osteotomia de Nivelamento Baseada no Centro de Rotação de Angulação da utilização de diferentes eixos anatômicos tibiais distais e métodos de rotação do fragmento proximal\***

**Digital study about the influences on Center of Rotation of Angulation - Based Leveling Osteotomy planning of different distal tibial anatomical axes and methods of rotation of the proximal fragment**

BARBARA GEORGINA COSGALLA NAVARRO<sup>1</sup>\*, EDUARDO ALBERTO TUDURY<sup>2</sup>, GABRIEL IGNACIO RAMIREZ FLORES RAMIREZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestranda do Programa de Pós Graduação em Medicina Veterinária, UFRPE, Recife-PE, Brasil. \*Autor para correspondencia: barb.georgina@gmail.com <sup>2</sup>Professor Titular, Dr., Departamento de Medicina Veterinária, UFRPE. respeit@hotmail.com <sup>3</sup>Médico Veterinário Zootecnista, M. em C.; Cirurgião Ortopedista. Hospital Veterinário de Especialidades de Bruselas, Coyoacán-CDMX, México. ramirez@bruselas.com.mx

**Resumo**

A técnica da osteotomia de nivelamento baseada no Centro de Rotação de Angulação (CORA) chamada CBLO foi desenvolvida para o tratamento da ruptura do ligamento cruzado cranial (RLCCr), visando modificar o ângulo mecânico-anatômico (AMA), o qual é descrito como fator de risco preditivo para a doença e é recomendado que seja levado em consideração na escolha do procedimento cirúrgico para alteração do platô tibial. Uma das principais complicações dessa técnica é a localização errada do CORA relacionado ao delineamento do eixo anatômico distal (EAD) da tíbia. Os objetivos deste estudo foram: 1) avaliar a precisão de quatro eixos anatômicos distais para o planejamento da técnica CBLO; 2) determinar se há superioridade entre algum deles, em relação a seu posicionamento a nível da largura da tuberosidade tibial (TTW), para obter o ângulo do platô tibial desejado (TPAd) e reduzir o AMA; 3) avaliar dois métodos de rotação do fragmento proximal na CBLO, comparando sua eficácia na redução do TPA e no fechamento do AMA. Além disso, a amplitude do AMA inicial (AMAi) foi medida usando os quatro eixos anatômicos distais, comparando os resultados entre eles e com os descritos na literatura, para saber se existem diferenças significativas em pacientes com RLCCr. As medidas tibiais foram feitas no software vPOP pro usando 30 radiografias medio-laterais de joelhos caninos. Foi utilizado o EAD descrito por quatro autores diferentes, dos quais foram obtidos dois grupos: Rotação concluída (Rc) e Rotação não concluída (Rn), determinando superioridade (Hulse 50%, Osmond 40 %, Miles 40% e Tudury 53,3%) baseada na quantidade de Rotação concluída em relação ao EAD dos autores. A localização do EAD em relação ao TTW foi determinada num intervalo de porcentagem que garantisse sucesso como resultado da superioridade de um deles para aperfeiçoar o planejamento digital (%EadTTW). Os métodos de rotação avaliados foram: 1) tabela comercial de CBLO (RT) e 2) sobreposição da ponta da eminência intercondilar com a linha EAD correspondente (RE). O TPAd a ser obtido foi fixado em 10° e o AMA final a ser alcançado em 0°. A média e o desvio padrão do TPA final e AMA final com o método de

rotação: TPA(RT)f(%TPAd), TPA(RE)f(%TPAd), AMA(RT)f(%AMAZero), AMA(RE)f(%AMAZero) e o resultado de cada autor foram Hulse  $10,0\pm 0,3(46,6\%)$ ,  $9,9\pm 0,1(60\%)$ ,  $0,3\pm 0,3(33,3\%)$ ,  $0,3\pm 0,3(13,3\%)$ , Osmond  $10,1\pm 0,2(75\%)$ ,  $10,1\pm 0,2(83,3\%)$ ,  $0,4\pm 0,4(33,3\%)$ ,  $0,4\pm 0,3(8,3\%)$ , Miles  $10,0\pm 0,1(66,6\%)$ ,  $10,0\pm 0,1(75\%)$ ,  $0,2\pm 0,1(16,6\%)$ ,  $0,2\pm 0,1(8,3\%)$ , Tudury  $9,6\pm 0,6(31,2\%)$ ,  $9,5\pm 0,2(31,2\%)$ ,  $1,0\pm 0,7(18,7\%)$ ,  $1,0\pm 0,6(12,5\%)$  respectivamente. A média do AMAi foi  $5,4\pm 1,1$  para Hulse,  $3,0\pm 1,3$  para Osmond,  $3,2\pm 1,5$  para Miles e  $5,9\pm 1,4$  para Tudury, com diferenças significativas entre todos os autores ( $P<0,05$ ), exceto entre Osmond e Miles. O EAD de Hulse foi mais preciso e está relacionado a um %EadTTW de  $37,6\pm 4,3$  para que as rotações possam ser concluídas. O RT inicialmente descrito obteve um percentual maior de AMA em zero graus, portanto, o método RE é descartado para utilizá-lo como alternativa no planejamento CBLO. Não foi possível determinar um valor de AMAi que se mostrasse superior devido à natureza do estudo, pelo qual futuras comparações com esses EAD entre pacientes saudáveis e afetados são recomendadas para saber se haveria precisão como fator preditivo para ocorrência de RLCCr.

**Palavras-chave:** Ângulo, Canino, Eixo mecânico, Joelho, Ligamento cruzado cranial.

### Abstract

The Center of Rotation of Angulation (CORA) - Based Leveling Osteotomy (CBLO) technique was developed for the treatment of cranial cruciate ligament rupture (CrCLR), with the aim of modifying the mechanical-anatomic angle (MAA), which is described as a predictive risk factor for the disease and is recommended to be taken into account when choosing the surgical procedure for tibial plateau disruption. One of the main complications of this technique is the mislocalization of the CORA related to the delineation of the distal anatomic axis (EAD) of the tibia. The aim of this study was: 1) to evaluate the accuracy of four distal anatomic axes for planning the CBLO technique; 2) to determine if there is superiority among any of them in relation to their positioning at the tibial tuberosity width (TTW) level to obtain the desired tibial plateau angle (TPAd) and reduce the AMA; 3) to evaluate two methods of proximal fragment rotation in CBLO, comparing their efficacy in reducing the TPA and closing the AMA. In addition, the initial AMA amplitude (AMAI) was measured using the four distal anatomical axes, comparing the results with each other and with those described in the literature, to find out if there are significant differences in patients with RLCCr. Tibial measurements were performed in vPOP pro software using 30 mediolateral radiographs of canine knees. The EAD described by four different authors was used, from which two rotation groups were obtained: concluded (Rc) and not concluded (Rn), determining superiority (Hulse 50%, Osmond 40%, Miles 40% and Tudury 53.3%) based on the amount of Rc in relation to the authors' EAD. The location of EAD relative to TTW was determined in a percentage range that guaranteed success as a result of one's superiority in perfecting digital planning (%EadTTW). The rotation methods evaluated were 1) the commercial CBLO table (RT) and 2) overlapping the tip of the intercondylar eminence with the corresponding EAD line (RE). The TPAd to be obtained was set at  $10^\circ$  and the final AMA to be achieved at  $0^\circ$ . The mean and standard deviation of the final TPA and final AMA corresponding to the rotation method: TPA(RT)f(%TPAd), TPA(RE)f(%TPAd), AMA(RT)f(%AMAZero), AMA(RE)f(%AMAZero) and the result of each author were Hulse  $10,0\pm 0,3(46,6\%)$ ,  $9,9\pm 0,1(60\%)$ ,  $0,3\pm 0,3(33,3\%)$ ,  $0,3\pm 0,3(13,3\%)$ , Osmond  $10,1\pm 0,2(75\%)$ ,  $10,1\pm 0,2(83,3\%)$ ,  $0,4\pm 0,4(33,3\%)$ ,  $0,4\pm 0,3(8,3\%)$ , Miles  $10,0\pm 0,1(66,6\%)$ ,  $10,0\pm 0,1(75\%)$ ,  $0,2\pm 0,1(16,6\%)$ ,  $0,2\pm 0,1(8,3\%)$ , Tudury  $9,6\pm 0,6(31,2\%)$ ,  $9,5\pm 0,2(31,2\%)$ ,  $1,0\pm 0,7(18,7\%)$ ,  $1,0\pm 0,6(12,5\%)$  respectively. Mean AMAi was  $5,4\pm 1,1$  for Hulse,  $3,0\pm 1,3$  for Osmond,  $3,2\pm 1,5$  for Miles and  $5,9\pm 1,4$  for Tudury, with significant differences between all authors

( $P < 0.05$ ) except between Osmond and Miles. Hulse's EAD was more accurate and related to a %EadTTW of  $37.6 \pm 4.3$  for rotations to complete. The RT initially described obtained a higher percentage of AMA at grade zero, thus discarding the RE method for use as an alternative in CBLO planning. It was not possible to determine a value of AMA<sub>i</sub> that was shown to be superior due to the nature of the study, so future comparisons with these EADs between healthy and affected patients are recommended to know if there would be accuracy as a predictive factor for the appearance of RLCCr.

**Key words:** Angle, Canine, Mechanical axis, Stifle, Cranial cruciate ligament.

\*This article is part of the dissertation: Cosgalla-Navarro BG. Estudo digital sobre as influências no planejamento da Osteotomia de Nivelamento Baseado no Centro de Rotação de Angulação da utilização de diferentes eixos anatômicos tibiais distais e métodos de rotação do fragmento proximal [dissertação]. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco; 2023.

## Introdução

A ruptura do ligamento cruzado cranial (RLCCr) é a principal causa de claudicação nos cães e pode causar instabilidade do joelho (Bennett et al., 1988; Jerram & Walker, 2003). As características morfométricas foram estudadas para definir qualquer associação entre a deficiência de LCCr e a deformidade tibial proximal (Osmond et al., 2006; Mostafa et al., 2009; Inauen et al., 2009).

O AMA é definido como o ângulo entre o eixo anatômico (EA) e o eixo mecânico (EM) na tibia sagital e é usado para quantificar esta angulação caudal da tibia proximal (Osmond et al., 2006; Mostafa et al., 2009; Glassman et al., 2011). Atualmente, existem informações suficientes indicando que a diminuição do AMA por si só permite a estabilidade da articulação do joelho (Guénevo et al., 2017; Guénevo et al., 2020; Guénevo et al., 2021) e recomenda-se que isto seja levado em consideração na escolha de um procedimento cirúrgico para alterar a inclinação do platô tibial, principalmente devido à sua relação com a doença RLCCr, recentemente confirmada (Ševčík et al., 2022).

Um ângulo mecânico-anatômico (AMA) maior que  $1,9^\circ$  têm uma sensibilidade de 0,941 (95%) e uma especificidade de 0,965 (97%) para prever a RLCCr em comparação com outros fatores descritos (Guénevo et al., 2017). Uma AMA maior que  $2,42^\circ$  mostrou uma sensibilidade de 95% e especificidade de 95% (Guénevo et al., 2020).

A técnica de Osteotomia de Nivelamento Baseada em Centro de Rotação de Angulação (CBLO) é uma das inúmeras opções de tratamento cirúrgico descrita para a RLCCr e utiliza este conceito para modificar a inclinação do platô tibial, ao mesmo tempo que alinha os eixos anatômico e mecânico dos segmentos proximal e distal (Hulse, 2014). Sua

idealização e desenvolvimento ocorreu devido a observações de alterações mecânicas ao executar outras técnicas de osteotomia tibial para nivelamento (TPLO) que podem contribuir para alterações pós-cirúrgicas indesejadas ou complicações específicas e tem como objetivo melhorar o alinhamento pós-cirúrgico dos eixos anatômicos para obter melhores resultados em pacientes tratados por RLCCr (Kishi & Hulse, 2016; Vazquez et al., 2018).

A CBLO modifica o *procurvatum* normal para eliminar subluxação da tíbia que ocorre na RLCCr. Esta técnica proporciona um Eixo de Correção de Angulação (ACA) centrado no Centro de Rotação de Angulação (CORA), promovendo um Ângulo do Platô Tibial desejado (TPAd) (Raske et al., 2013; Vázquez et al., 2018). Um ângulo final de 8 a 12 graus tem sido recomendado, reduzindo o TPA em 30% a 35% (dependendo do grau original da inclinação) determinado pelo TPA pré-operatório (TPAd=  $TPA \times 0,35$ ) (Drygas et al., 2010; Hulse, 2014; Vazquez et al., 2018). Foi criada uma tabela de correlação entre o raio da serra e o valor do CORA, determinando assim a quantidade de rotação em milímetros que é necessário manter (Raske et al., 2013; Hulse, 2014; Vetimplants, 2018).

Entre suas vantagens incluem a preservação da epífise proximal da tíbia permitindo que esta técnica seja realizada em cães jovens e aplicação de um procedimento de estabilização auxiliar devido a que aumenta o espaço ósseo para a aplicação de implantes adicionais para cães de raças grandes e gigantes, entre outras (Raske et al., 2013; Hulse, 2014).

Nos últimos anos, foram observadas diversas complicações relacionadas a esta técnica, como em qualquer novo procedimento, evidências científicas estão surgindo sobre as vantagens e desvantagens e suas respectivas prevenções foram descritas (Kishi & Hulse, 2016; Dycus & Hulse, 2022). Uma das principais complicações descritas no CBLO é o mau planejamento relacionado a uma localização inadequada do CORA, que por sua vez está relacionado à localização do eixo anatômico distal (EAD) utilizado (Mazdarini et al., 2021; Dycus & Hulse, 2022).

Diferentes eixos anatômicos distais foram descritos por diferentes autores ao longo dos anos, além da sua utilização para a medição do AMA, a identificação do EAD tibial é um passo fundamental no planejamento da CBLO (Osmond et al., 2006; Piras & Dunlop, 2012; Hulse, 2014; Tudury, 2021). Múltiplas indicações para delinear o EAD foram comparadas e foi determinado qual delas poderia representar melhor o eixo anatômico da tíbia distal no plano sagital (Miles, 2020). Assim, tem sido recomendado utilizá-lo no planejamento da

CBLO, para minimizar os erros derivados principalmente na identificação incorreta do platô tibial, e subsequentemente a um mau posicionamento do CORA (Mazdarini et al., 2021).

A técnica modificada de Osteotomia em Cunha Fechada Cranial baseada no ângulo AMA (AMA-based-CCWO) (Guenego et al., 2021), foi desenvolvida utilizando o mesmo conceito da CBLO para fechar esse ângulo, o qual confirma que esta medição tem importância cirúrgica para modificar a inclinação do platô tibial atualmente.

Os objetivos desta pesquisa foram: 1) avaliar a precisão de quatro eixos anatômicos distais para planejar a técnica de Nivelamento Baseada no CORA, 2) determinar se existe superioridade entre algum deles em relação à sua localização em nível da largura da tuberosidade tibial, para obter o ângulo do platô tibial desejado, através da CBLO e reduzir o ângulo mecânico-anatômico; 3) avaliar dois métodos de rotação do fragmento proximal na CBLO, comparando sua eficácia na redução do Ângulo do Platô Tibial e no fechamento do ângulo mecânico-anatômico. 4) O AMA inicial foi medido usando os quatro eixos anatômicos distais para comparar os resultados de sua amplitude entre eles e ao que é descrito na literatura, para saber se existem diferenças significativas nestes pacientes com RLCCr.

## **Material e métodos**

### ***Radiografias***

Em um **estudo de caso-controle foram** incluídos vinte e nove cães adultos de raça, sexo, peso e idade aleatória. Foram utilizados trinta estudos radiográficos digitais, com gabarito, em tamanho real, de pacientes caninos com diagnóstico de RLCCr. Todas essas imagens foram provenientes da rotina da equipe do Hospital Veterinário de Especialidades Bruselas (HVEB), durante o período de 2019-2022. O diagnóstico foi determinado por meio de avaliação ortopédica e testes complementares, confirmados em cirurgia e obtidos de um banco de dados digital.

As radiografias incluídas foram projeções médio-laterais com a articulação do joelho e o tarso flexionados em um ângulo de 90°, nas quais foram observadas as melhores sobreposições dos côndilos femorais e tibiais (com sobreposição condilar < 2 mm conforme tem sido descrito anteriormente) (Caylor, 2001; Fettig et al., 2003; Reif et al., 2004) e que não evidenciaram nenhuma outra enfermidade óssea concomitante. As medições digitais foram feitas usando o software comercial *Veterinary Preoperative Orthopaedic Planning* (vPOP pro). Os dados das medições foram registrados e avaliados em um estudo descritivo



radiográfico. Todos os resultados foram coletados e colocados em tabelas para posterior análise.

### ***Medições tibiais***

Utilizando um software pré-determinado (*Markup editor in Photo Macintosh Operating System*) e com o objetivo de padronizar as medições individuais de cada um dos métodos avaliados (Fettig et al., 2003; Unis et al., 2010; Buirkle et al., 2019), foram feitas cinco marcas nas radiografias tibiais: uma na ponta proximal da eminência intercondilar, outras duas nos pontos mais cranial e caudal do platô tibial, uma na ponta mais alta cranial ao sulco do tendão do ligamento extensor digital longo e uma na extremidade da tibia imediatamente antes do tálus (Figura 1).

### ***Determinação do Ângulo do Platô Tibial inicial (TPAi)***

O Ângulo do Platô Tibial (TPA) foi definido como a diferença entre a inclinação do platô tibial e a linha traçada perpendicularmente ao eixo mecânico da tibia no plano sagital (Petazzoni & Jaeger, 2008; Buirkle et al., 2019). Um círculo foi desenhado primeiro no centro do tálus, usando os pontos de referência estabelecidos para a linha de orientação da articulação tibial distal, que são o aspecto distal da crista medial distal da tibia, cranialmente, e o aspecto caudodistal da cóclea da tibia, caudalmente. O centro do círculo correspondente ao tálus estabeleceu a marca de referência distal para o eixo mecânico do plano sagital (Figura 1) (Dismukes et al., 2008; Buirkle et al., 2019).

A inclinação do platô tibial foi determinada traçando a linha de orientação da articulação proximal conectando o ponto mais cranial do côndilo medial da tibia (marca no ponto dois) ao seu ponto mais caudal (marca no ponto quatro) (Paley, 2002; Petazzoni & Jaeger, 2008). O eixo mecânico (EM) ou eixo longo da tibia foi determinado por uma linha traçada entre o círculo criado no centro do corpo do tálus e o ponto médio das duas eminências intercondilares tibiais (marca no ponto três). Finalmente, o ângulo de intersecção entre o eixo do platô tibial e o eixo mecânico da tibia foi obtido com referência a uma linha perpendicular a este eixo (Fettig et al., 2003; Dismukes et al., 2008; Buirkle et al., 2019).

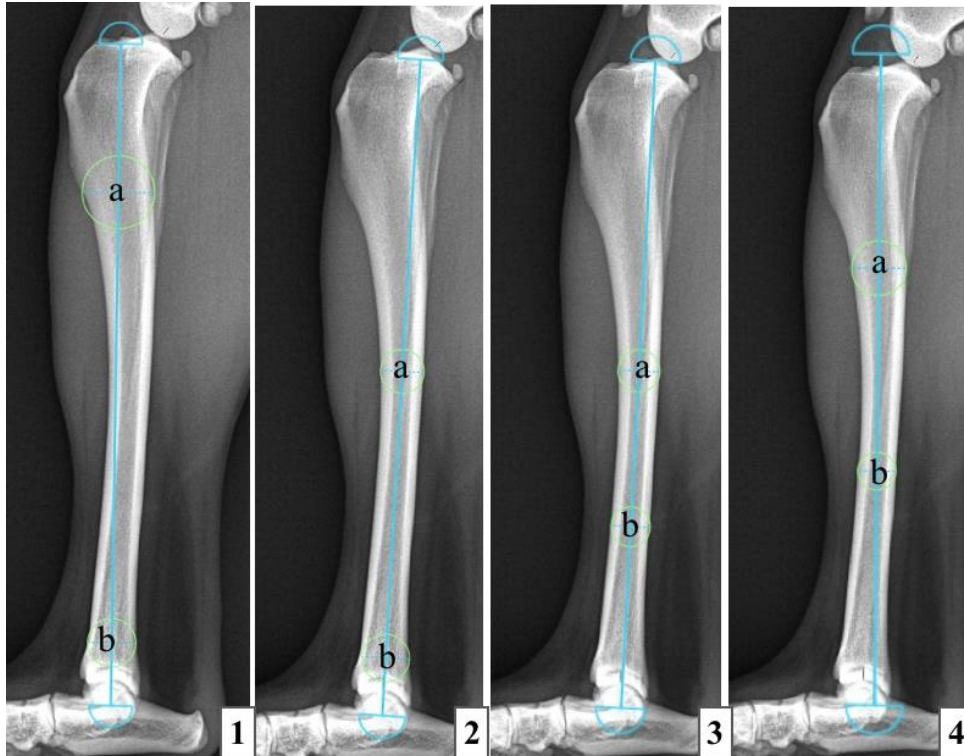


**Figura 1** – Marcas iniciais dos pontos-chaves para o planejamento da CBLO na tibia. Nas radiografias médio-laterais são identificados os seguintes pontos: (1) no ponto mais alto cranial ao sulco do tendão do músculo extensor digital longo, (2) no ponto mais cranial do platô tibial, (3) na eminência intercondilar, (4) no ponto mais caudal do platô tibial, e (5) no final da tibia imediatamente proximal ao tálus. Em verde (+) indica o centro do círculo criado pelo tálus.

#### ***Localização dos eixos anatômicos distais (EAD)***

O eixo anatômico (EA) é representado por uma única linha tracejada centralizada entre os córtices cranial e caudal ao longo de todo o comprimento da tibia, conectando o centro das superfícies articulares proximais e distais (Paley, 2002; Petazzoni & Jaeger, 2008). O eixo anatômico distal (EAD) pode ser definido como a linha que conecta um ponto A e um ponto B entre o córtex cranial e caudal, colocado ao longo do comprimento da tibia (Guenego et al., 2017). Quatro diferentes eixos anatômicos distais foram determinados usando a ferramenta *Anatomic Axis* no software (vPOP pro). Esta ferramenta permite modificar a localização dos dois pontos centrais colocados ao longo da tibia. Foram utilizadas as marcas dos pontos um e cinco para determinar o comprimento da tibia. Foi colocado o primeiro EAD a ser avaliado descrito por Hulse (2014), que posicionou o primeiro ponto proximal no nível imediatamente ventral à borda da crista tibial e distalmente na junção diafisária/metáfisária onde a tibia se alarga (Figura 2 - Imagem 1). Depois, foram determinados os pontos a 50% e 95% do comprimento da tibia (Figura 2 - Imagem 2) descritos recentemente por Miles et al. (2020); posteriormente, os pontos no nível de 50% e 75% (Figura 2 - Imagem 3) como foram

descritos por Osmond et al. (2006) e finalmente segundo Tudury (2021), o qual determinou que esses dois pontos que correspondem a 33% e 66% do comprimento da tíbia (Figura 2 - Imagem 4).



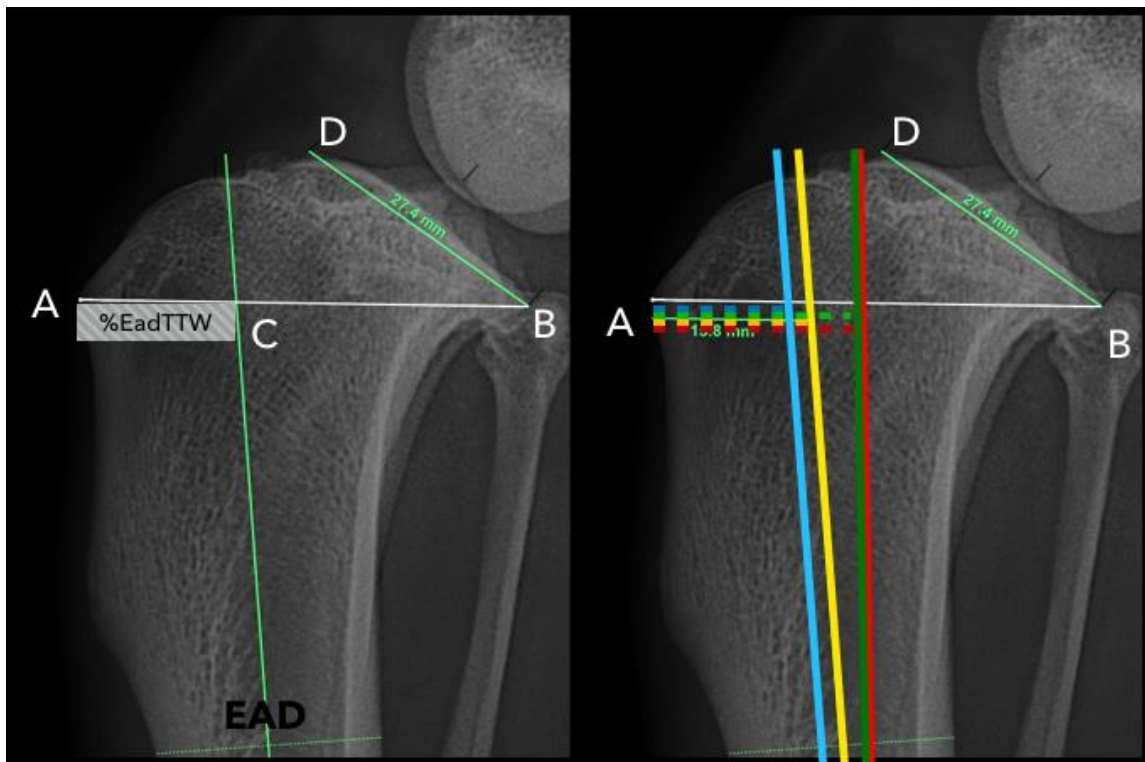
**Figura 2** - Eixo anatômico distal (EAD) da tíbia. Nas radiografias médio-laterais são identificados os seguintes pontos: Imagem 1. EAD de Hulse (2014), primeiro ponto ventralmente a partir da borda da crista tibial (a) e mais distalmente na junção diafisária/metafisária onde a tíbia se alarga (b). Imagem 2. EAD de Miles et al. (2020), primeiro ponto a 50% (a) e segundo ponto a 95% do comprimento da tíbia (b). Imagem 3. EAD de Osmond et al. (2006), primeiro ponto no nível de 50% (a) e segundo ponto no nível de 75% do comprimento da tíbia (b). Imagem 4. EAD de Tudury (2021), primeiro ponto a 33% (a) e segundo ponto a 66% do comprimento da tíbia (b).

### ***Determinação da %EadTTW***

A largura relativa da tuberosidade tibial (rTTW: pela relação AD/DB) foi obtida conforme descrito anteriormente (Inauen et al., 2009; Vedrine et al., 2013; Guenego et al., 2017). A largura da tuberosidade tibial (TTW) foi definida como a distância total em milímetros entre o ponto A localizado ao nível mais proximal da crista tibial e o ponto B localizado ao nível mais caudal do platô tibial, no nível médio caudal, entre os côndilos medial e lateral da tíbia (Figura 3).

Tendo como referência a TTW (a distância AB), mediu-se a distância entre o ponto mais proximal da crista tibial (ponto A) até o ponto de cruzamento da linha do EAD (ponto C) determinada como distância AC (representada em milímetros). O valor total da TTW (AB) foi

dividido por 100 e o resultado foi multiplicado pelo valor da distância AC, sendo o resultado obtido em porcentagem ( $\%EadTTW = AB/100 \times AC$ ). Foi considerada a relação em  $\%EadTTW$  como o diferencial entre o TTW total e a distância total do ponto A (ponto mais proximal da crista tibial) ao EAD. Este procedimento foi realizado com cada um dos eixos anatômicos distais de Hulse, Tudury, Osmond e Miles, respectivamente (Figura 3). Os resultados foram comparados entre eles para determinar se a localização de cada EAD em relação à largura da tuberosidade tibial obtém uma porcentagem que resulta da superioridade de um deles para aperfeiçoar o planejamento digital.

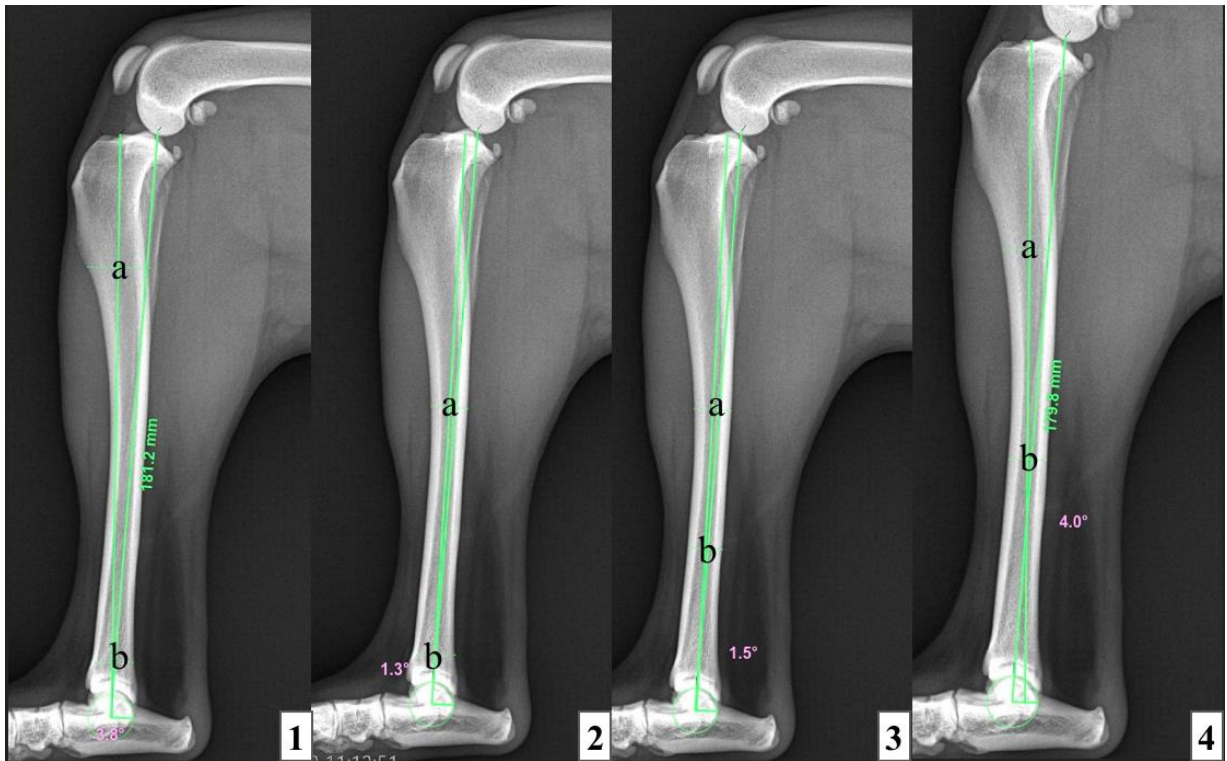


**Figura 3** - Relação do eixo anatômico distal (EAD) e da Largura da Tuberosidade Tibial (TTW). Nas radiografias médio-laterais são identificados os seguintes pontos: A= ponto mais proximal da crista tibial; B= ponto mais caudal do platô tibial, representado pelo ponto médio entre os côndilos medial e lateral da tibia; C= ponto de cruzamento do eixo anatômico distal correspondente; D= ponto mais cranial do platô tibial. Distância entre AB= Largura total da tuberosidade tibial. Distância AC= distância do ponto mais proximal da crista tibial ao eixo anatômico distal (EAD).  $\%EadTTW = AB/100 \times AC$ . Diferentes distâncias AC em relação ao TTW. Linha azul: EAD de Hulse (2014), Linha verde: EAD de Miles et al. (2020), Linha vermelha: EAD de Osmond et al. (2006), Linha amarela: EAD de Tudury (2021).

#### ***Determinação do ângulo mecânico-anatômico inicial (AMAI)***

O AMAi (Osmond et al., 2006; Mostafa et al., 2009; Glassman et al., 2011) foi determinado usando o eixo mecânico (EM) descrito acima para medir o TPA e usando o eixo anatômico distal (EAD) criado com a ferramenta *Anatomic Axis* no software (vPOP pro). O mesmo procedimento foi realizado para todos os eixos anatômicos distais. O AMAi de Hulse

foi determinada usando o EAD na crista tibial ventral e na junção diafisária/metafisária onde a tíbia se alarga, o AMAi de Tudury com EAD em 33% e 66%, o AMAi de Osmond com EAD em 50% e 75% e o AMAi de Miles com EAD em 50% e 95% do comprimento da tíbia (Figura 4). A amplitude obtida de cada um deles foi comparada e também com o que foi previamente descrito na literatura (Guenego et al., 2017; Guenego et al., 2020; Ševcik et al., 2022).



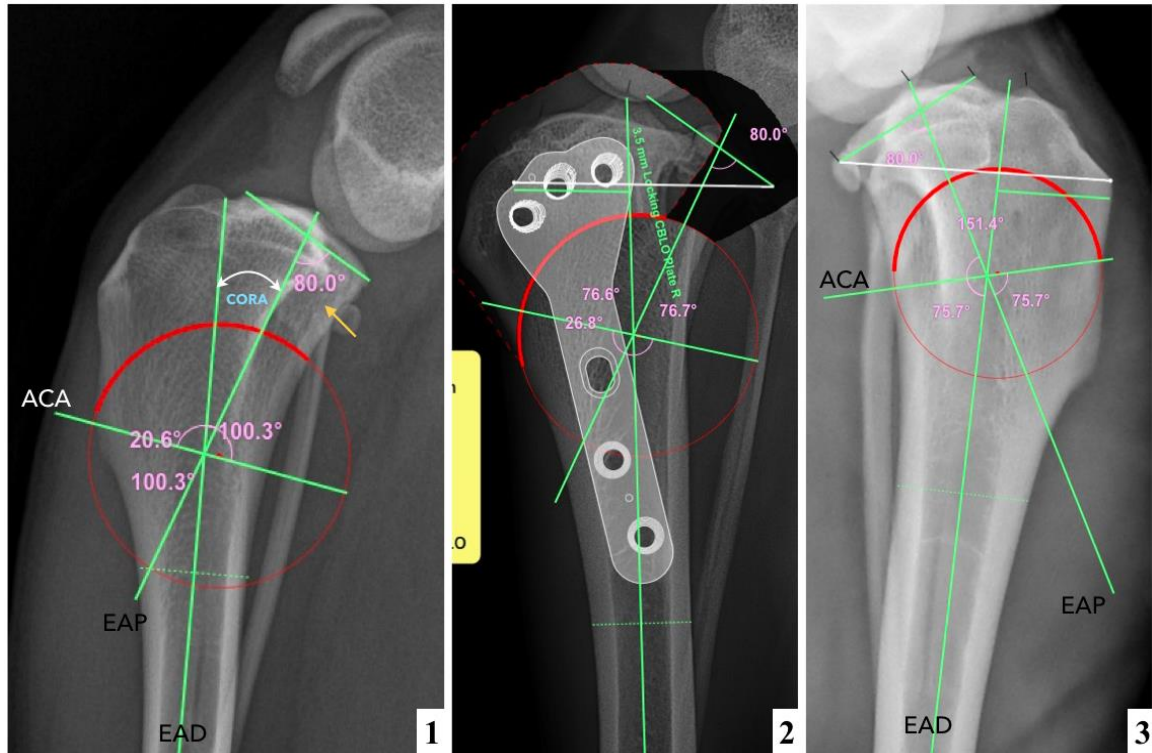
**Figura 4** – Medição do ângulo mecânico-anatômico (AMA) com cada eixo anatômico distal (EAD). Nas radiografias médio-laterais, a amplitude do AMA foi mensurada usando os diferentes EAD descritos. Imagem 1. EAD de Hulse (2014), primeiro ponto imediatamente ventral a partir da borda da crista tibial (a) e mais distalmente na junção diafisária/metafisária onde a tíbia se alarga (b). Imagem 2. EAD de Miles et al. (2020), primeiro ponto a 50% (a) e segundo ponto a 95% do comprimento da tíbia (b). Imagem 3. EAD de Osmond et al. (2006), primeiro ponto no nível de 50% (a) e segundo ponto no nível de 75% do comprimento da tíbia (b). Imagem 4. EAD de Tudury (2021), primeiro ponto a 33% (a) e segundo ponto a 66% do comprimento da tíbia (b).

#### ***Determinação do Centro de Rotação de Angulação (CORA)***

O CORA é definido como a interseção entre os eixos tibiais anatômicos proximais e distais (diafisário) (Paley, 2002). Para determinar o CORA a ser usado na CBLO, o eixo anatômico proximal (EAP) foi inicialmente traçado colocando uma linha que se inicia perpendicularmente à linha do platô tibial da eminência intercondilar com base em um TPA desejado (TPAd) de 10° graus, de modo que o ângulo caudal entre o eixo anatômico proximal e a linha do platô foi de 80° graus (Kishi & Hulse, 2016; Raske et al., 2013) (Figura 5 -

Imagem 1). Posteriormente, a linha do eixo anatômico distal foi traçada conforme descrição de quatro diferentes autores (Osmond et al., 2006; Hulse, 2014; Miles et al., 2020; Tudury, 2021). Depois, foi determinado o Eixo de Correção de Angulação (ACA), que é a bissetriz ao plano de angulação onde as linhas se cruzam (Paley, 2002). O tamanho da serra foi determinado colocando-se o centro da serra no CORA ou no ACA, de modo que o círculo da serra radial estivesse sempre perpendicular ao córtex caudal (excêntrico), passando por um único ponto no córtex cranial, deixando espaço suficiente para o fragmento proximal, conforme recomendado (Dycus & Hulse, 2022). Para este fim, verificou-se que o fragmento proximal tivesse espaço suficiente para colocar uma placa CBLO (Figura 5), usando os modelos de implantes padrão VOI ® (Veterinary Orthopaedic Implants) no software (vPOP pro), cuidou-se para que o parafuso proximal mais caudal ficasse sempre na frente da cortical lateral (visível mais cranial e radiodenso) para que não sejam colocados monocorticais (Penaforte, 2021).

Nos casos em que nenhuma lâmina de serra, devido ao seu raio, atendesse a esses critérios, a rotação foi considerada inacabada. Foram criados dois grupos: um com Rotação concluída (Grupo Rc) (Figura 5 - Imagem 2) e um grupo com Rotação não concluída (Grupo Rn) (Figura 5 - Imagem 3). Os dois grupos foram obtidos para cada um dos eixos anatômicos distais utilizados. A quantidade de Rc e Rn foram mensuradas para determinar o método que atingiria o maior número de planejamentos concluídos. A amplitude do CORA obtida com os diferentes tipos de EAD identificados foi registrada, para comparar os resultados entre eles e sua relação aos milímetros necessários para a rotação do fragmento proximal.



**Figura 5** - Determinação do Centro de Rotação de Angulação (CORA). Radiografias médio-laterais. Imagem 1. Ângulo caudal de 80° (seta amarela); Eixo de Correção de Angulação (ACA); eixo anatômico proximal (EAP); eixo anatômico distal (EAD); amplitude do CORA (setas brancas). Imagem 2. Rotação concluída (Rc). Imagem 3. Rotação não concluída (Rn).

### ***Determinação da rotação do fragmento proximal***

Dois métodos diferentes foram utilizados para determinar a rotação a ser aplicada ao fragmento proximal da tíbia na CBLO: 1) para a primeira rotação, foi utilizada a tabela comercial da CBLO (Vetimplants, 2018); e 2) no segundo método a ponta da eminência intercondilar (tubérculo) foi colocada na ponta de cada EAD de Hulse, Tudury, Osmond e Miles, respectivamente. A rotação cranial foi determinada dependendo do método utilizado, por meio da ferramenta de corte radial do software vPOP pro (Figura 6 - Imagem 1). O número de milímetros de rotação cranial requerido por cada um dos EAD foi registrado, de forma que os resultados obtidos entre esses dois métodos foram comparados para saber em quantos AMA a zero graus foi alcançado em cada um deles. Além disso, registrou-se a porcentagem de rotações usando o método da tabela que coincidissem com a rotação do método de eminência até se sobrepor ao EAD (RT=RE), para saber se é possível usar o segundo método como alternativa para realizar o planejamento da CBLO obtendo-se os resultados desejados.

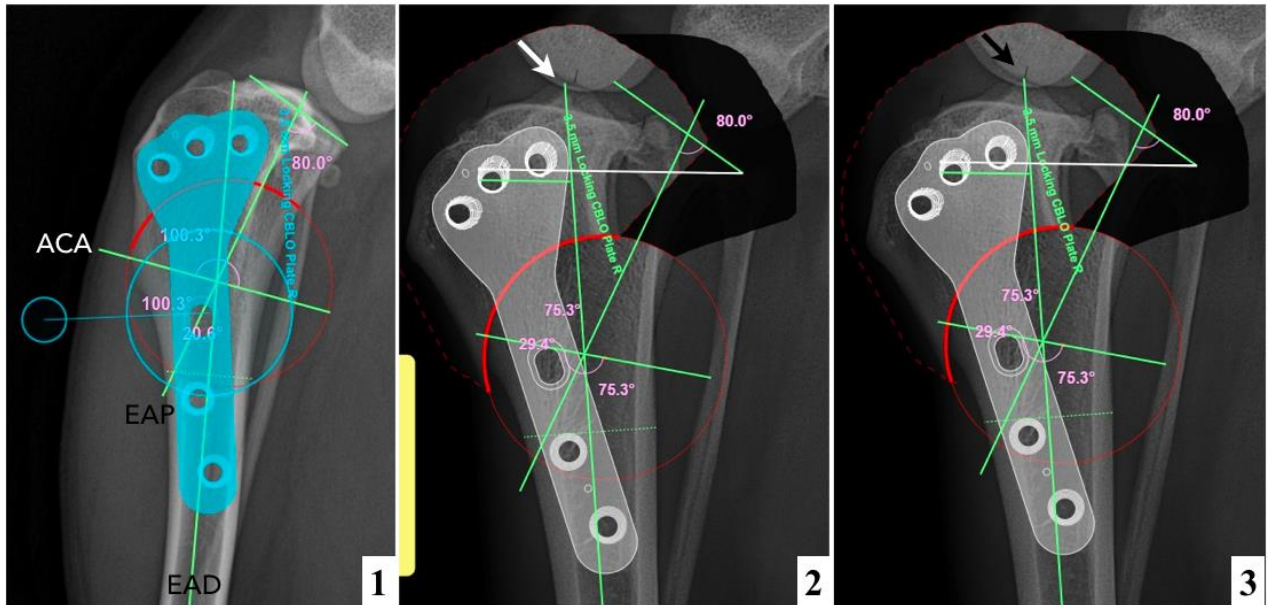
### ***Rotação da Tabela (RT)***

A primeira rotação foi feita usando a tabela de CBLO (Figura 6 - Imagem 2), como o próprio nome indica, existe uma tabela que usa a magnitude do CORA e o tamanho da serra ( $2\pi r = 360$ ) para determinar quantos milímetros o fragmento proximal tem que ser rotacionado cranialmente conforme pré-estabelecido (Hulse, 2014). Como são necessárias quantidades inteiras de numeração, quando obtido um CORA com variações de 0,5 graus ou maiores, foi arredondado para o próximo número e naqueles em que a variação foi menor que 0,5 graus, manteve-se o mesmo número, com o objetivo de coincidir com o indicado na tabela (vetimplants, 2018). O número de milímetros de rotação cranial requerido por cada um dos EAD foi registrado e seus resultados foram comparados entre si.

### ***Rotação da Eminência (RE)***

No segundo método, foi realizada a rotação do fragmento proximal até que a ponta da eminência intercondilar (tubérculo) coincidissem com a linha traçada conforme descrição de quatro diferentes autores (Osmond et al., 2006; Hulse, 2014; Miles et al., 2020; Tudury, 2021), utilizando a marca número três feitas anteriormente na eminência, como referência para todos os eixos (Figura 6 - Imagem 3). O eixo mecânico da tíbia foi traçado do centro do tálus até a ponta da eminência intercondilar, de modo que se movimentar o fragmento proximal cranialmente até que a eminência intercondilar se sobreponha com a linha do EAD correspondente, hipoteticamente um AMA de zero graus seria alcançado, como tem sido recomendado (Guenego et al., 2020; Guenego et al., 2021). Da mesma forma, o número de milímetros de rotação cranial necessários com cada um dos EAD foi registrado e seus resultados foram comparados.

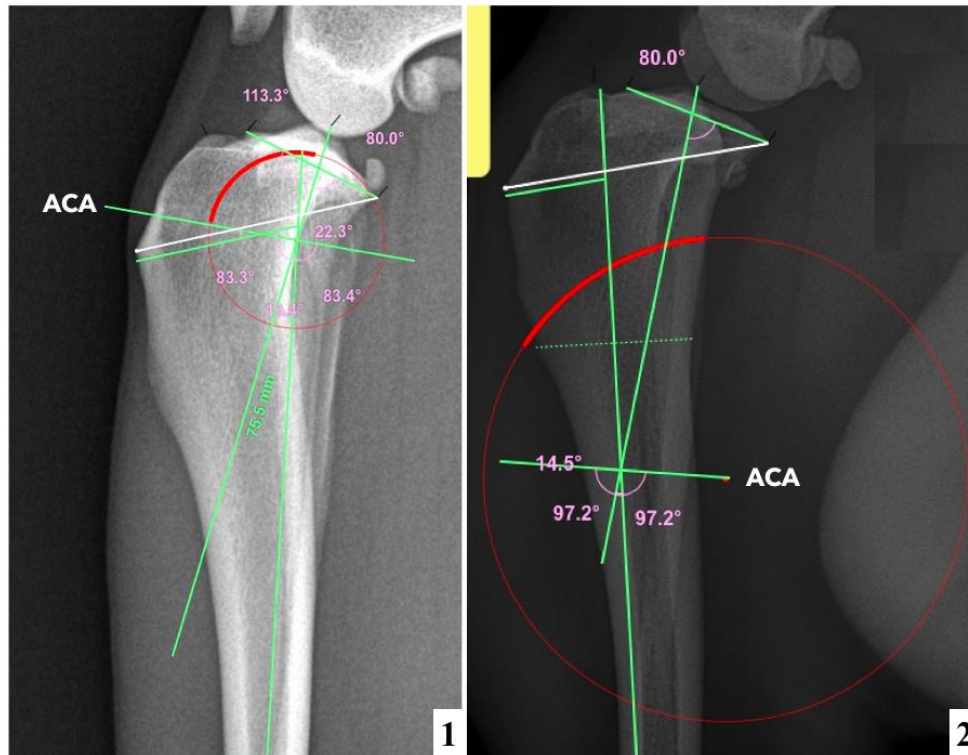




**Figura 6** - Determinação das rotações do fragmento proximal. Nas radiografias médio-laterais do mesmo paciente, foram realizados dois métodos de rotação. Imagem 1. Medições antes da rotação: Eixo de Correção de Angulação (ACA); eixo anatômico proximal (EAP); eixo anatômico distal (EAD). Imagem 2. RT= rotação usando a tabela CBLO (seta branca). Imagem 3. RE= rotação colocando a ponta da eminência intercondilar na ponta da linha EAD (seta preta).

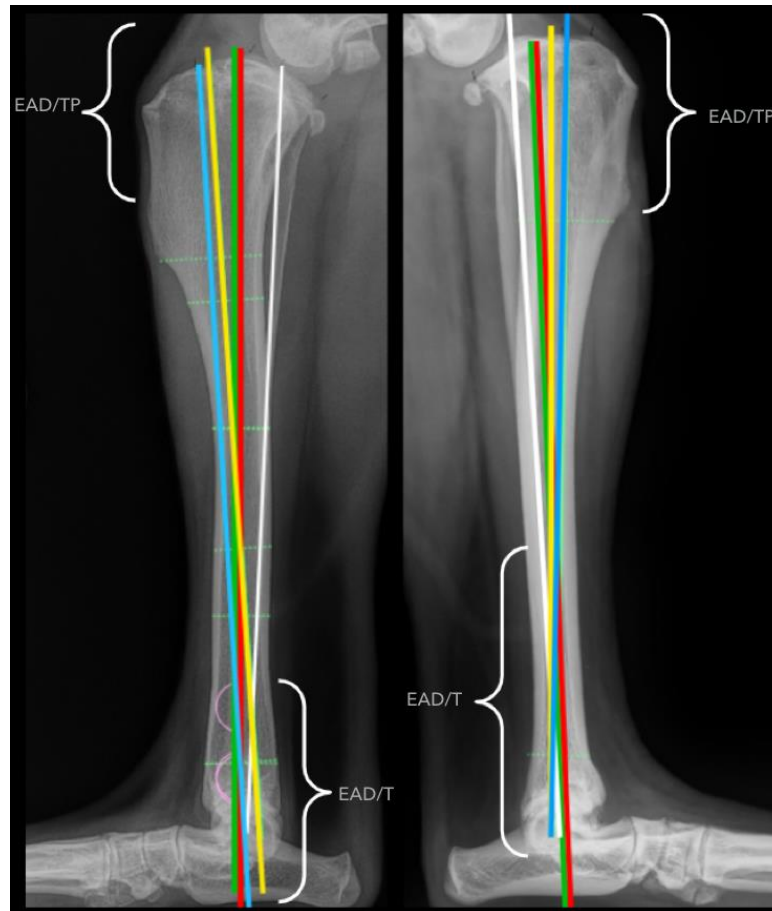
***Determinação da relação entre as características morfométricas da tíbia e as rotações do fragmento proximal.***

Foi registrado que em um CORA e ACA com uma posição muito proximal (determinada como ACAp), não foi possível deixar o fragmento proximal com suficiente espaço para colocar qualquer placa ortopédica apropriada (Figura 7 - Imagem 1). Outra posição observada foi quando CORA e ACA apresentavam-se em posição muito distal (determinada como ACAAd), o círculo da serra radial não ficava excêntrico e foi impossível atingir um único ponto na cortical cranial da crista tibial com qualquer lâmina da serra testada localizado sobre o ACA (Figura 7 - Imagem 2). Foi registrado o número de vezes que o ACA se localizava muito proximal ou muito distal para determinar a relação com os EAD e Rotações concluídas (Rc) ou Rotações não concluídas (Rn).



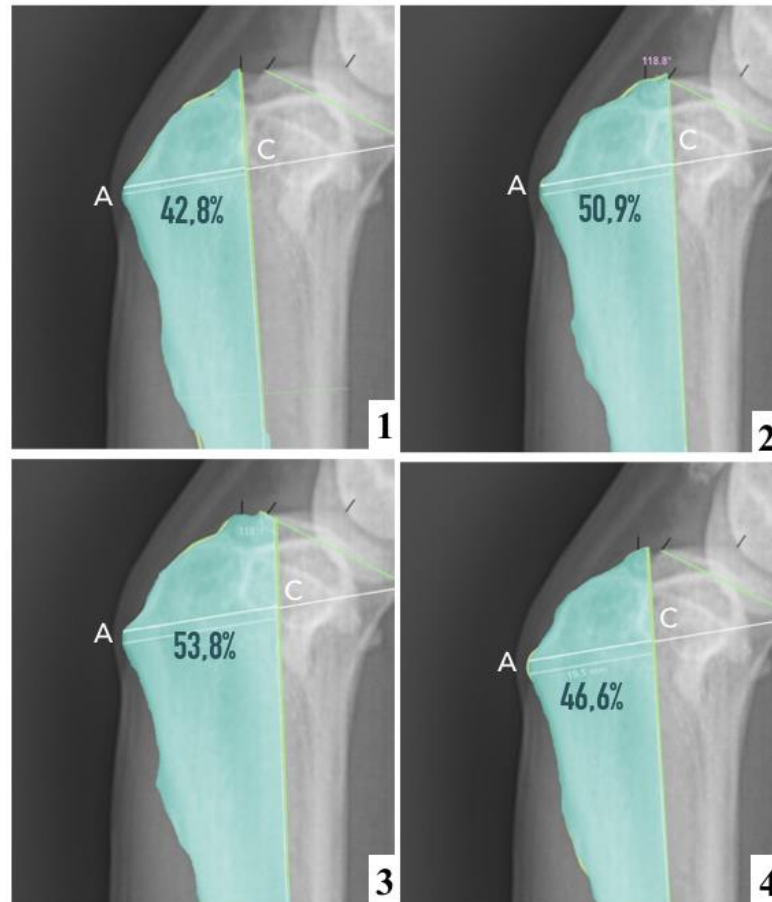
**Figura 7** - Distância do Centro de Rotação de Angulação (CORA) e do Eixo de Correção de Angulação (ACA). Nas radiografias médio-laterais, foram registradas rotações não concluídas com relação à localização do CORA e ACA. Imagem 1. ACA muito proximal (ACAp). Imagem 2. ACA muito distal (ACAd).

Outra localização observada em relação às características morfométricas da tíbia e do EAD foi sua localização em relação à posição proximal no platô tibial (EAD/TPA) e a posição distal em relação ao tálus (EAD/T) (Figura 8). Foi determinado como eixo anatômico distal dentro platô tibial (EAD $\gamma$ ) e o eixo anatômico distal fora do platô tibial (EAD $\delta$ ). O número de EAD $\gamma$  e EAD $\delta$  de cada método foi registrado para determinar sua relação com os EAD e Rotações concluídas ou Rotações não concluídas. A localização proximal do eixo anatômico distal (EAD) foi anotada, que não percorre necessariamente pelo centro do tálus (Miles, 2020). Essa posição estabelece o ponto em que ela se cruza com o eixo mecânico da tíbia para criar o AMA, por isso foi determinado como o eixo anatômico distal abaixo do tálus (EAD $\alpha$ ), quando o AMA se formou abaixo do centro do tálus, foi determinado como o eixo anatômico distal no próprio centro do tálus (EAD $\beta$ ) e finalmente o eixo anatômico distal acima do tálus (EAD $\epsilon$ ), que se formou acima do centro do tálus para formar o AMA. O número de EAD $\alpha$ , EAD $\beta$  e EAD $\epsilon$  de cada método foram registrados para determinar a relação com os EAD e Rotações concluídas ou Rotações não concluídas.



**Figura 8** - Representação esquemática do eixo anatômico distal (EAD) e a diferente localização no nível proximal e distal da tíbia. Nas radiografias médio-laterais, foram determinados cada eixo anatômico distal e suas diferentes localizações ao longo da tíbia, dependendo dos pontos centrais. Relação do eixo anatômico distal com relação à localização no platô tibial (EAD/TP). Relação do eixo anatômico distal em sua interseção com o eixo mecânico em relação ao seu nível no tálus (EAD/T). Linha azul: EAD de Hulse (2014), Linha verde: EAD de Miles et al. (2020), Linha vermelha: EAD de Osmond et al. (2006), Linha amarela: EAD de Tudury (2021). Linha branca: eixo mecânico (eixo tibial longo).

A média do %EadTTW das rotações que puderam ser completadas (%EadTTW/Rc) foi registrada. Da mesma forma, foi registrada a média do %EadTTW das rotações inacabadas (%EadTTW/Rn). Isso para saber se existe alguma relação entre a largura da tuberosidade tibial e o local de passagem do eixo anatômico distal descrito por cada autor, determinando a porcentagem necessária para garantir o sucesso do planejamento e assim, avaliar a precisão do planejamento da CBLO com os diferentes EAD e a possibilitar aperfeiçoar o planejamento digital (Figura 9).



**Figura 9** - Representação esquemática da %EaDTTW de rotações concluídas (Rc). Radiografias médio-laterais do um mesmo paciente onde foi possível concluir a rotação do fragmento proximal com todos os eixos anatômicos distais (EAD). Ponto mais proximal da crista tibial (A); ponto de cruzamento do eixo anatômico distal da tíbia correspondente (C); distância do ponto mais proximal da crista tibial ao EAD correspondente (distância AC). Imagem 1. %EaDTTW de Hulse (2014). Imagem 2. %EaDTTW de Miles et al. (2020). Imagem 3. %EaDTTW de Osmond et al. (2006). Imagem 4. %EaDTTW de Tudury (2021).

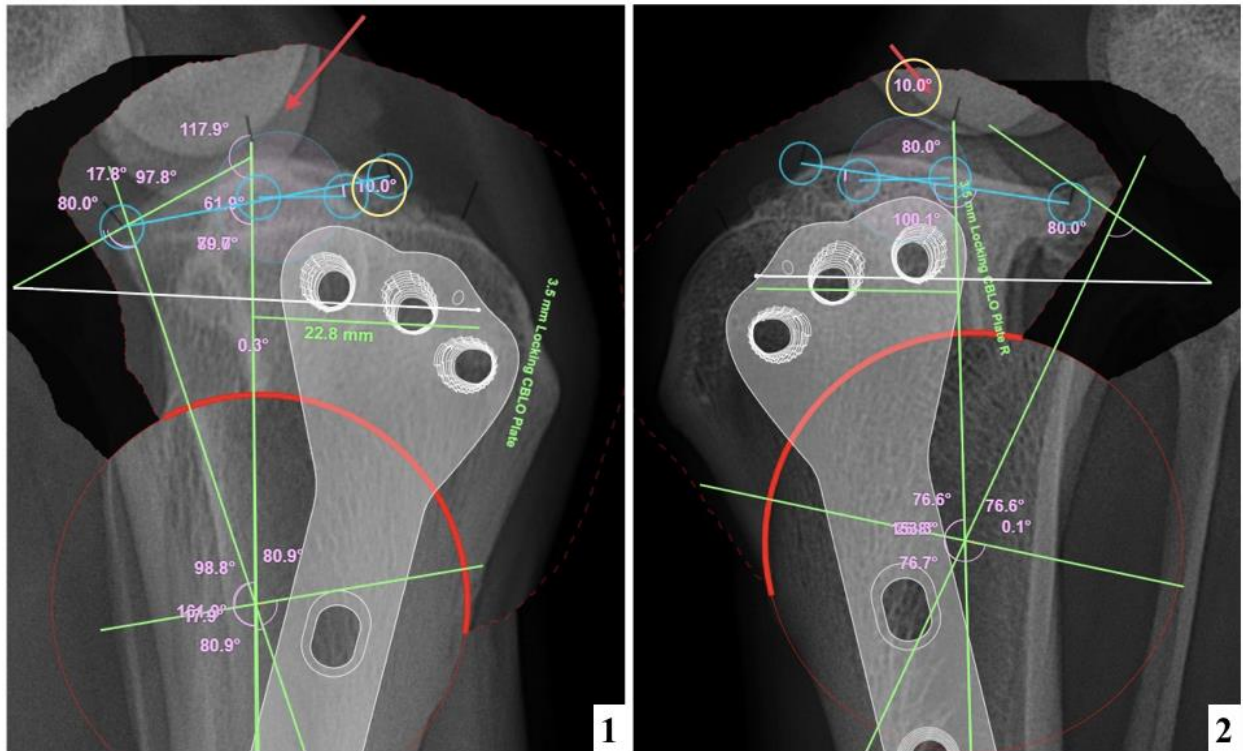
#### ***Medição pós-rotação concluída.***

Uma vez realizadas todas as rotações que puderam ser concluídas pelos diferentes métodos com seus respectivos EAD, o TPA final e o AMA final foram mensurados usando o software (vPOP pro).

#### ***Determinação do TPA final (TPAf)***

Terminado o planejamento da CBLO nas rotações completadas, foi medido o TPAf. O eixo mecânico da tíbia foi redesenhado conforme descrito anteriormente e a linha de orientação articular foi traçada no platô tibial usando as marcas de referência feitas anteriormente. O ângulo de interseção entre o eixo do platô tibial e o eixo mecânico da tíbia foram obtidos com referência à uma linha perpendicular ao eixo mecânico para obter o novo ângulo de nivelamento do platô tibial (Figura 10). Assim, estabeleceu-se o TPAf referente ao

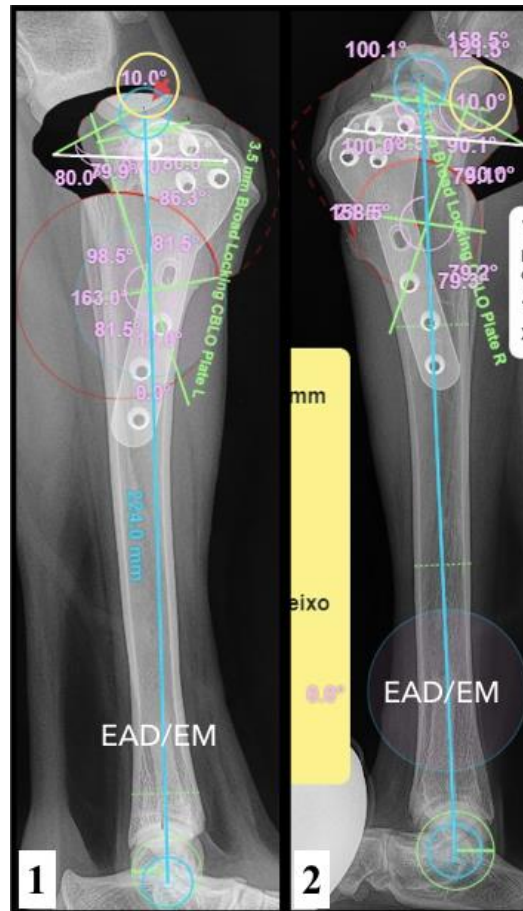
método da tabela de CBLO (TPA(RT)f) e o TPAf pelo método da eminência (TPA(RE)f) e comparou-se o resultado entre cada um dos diferentes EAD utilizados. A porcentagem de TPA obtida em dez graus ( $10^\circ$ ) foi anotada e comparada entre cada método utilizado (TPAd/RT e TPAd/RE) para determinar sua precisão na obtenção do TPAd.



**Figura 10** - Representação do TPAf de rotações concluídas. Nas radiografias médio-laterais do mesmo paciente, as medidas do ângulo final do platô tibial (TPAf) foram feitas após a rotação cranial do fragmento proximal. Imagem 1. TPA final do método da tabela CBLO (TPA(RT)f). Imagem 2. TPA final do método da eminência (TPA(RE)f). TPA final de  $10^\circ$  (círculo amarelo). Eminências intercondilares (seta vermelha).

#### ***Determinação do ângulo mecânico-anatômico final (AMAf)***

Após a rotação, obteve-se o novo ângulo formado entre o eixo mecânico traçado correspondente ao novo TPAf e o EAD previamente traçado, que foi definido como o AMAf após a rotação do fragmento proximal. O AMAf obtido foi determinado quando usado o método da tabela CBLO (AMA(RT)f) e o AMAf ao utilizar o método da eminência (AMA(RE)f) (Figura 11). Compararam-se os resultados das médias obtidas com os diferentes EAD e entre os dois métodos de rotação para a redução do AMA. A porcentagem de AMA em zero graus obtida em ambos os métodos de rotação (AMA0°/RT e AMA0°/RE) foi registrada para estabelecer a precisão entre eles na obtenção dos resultados desejados.



**Figura 11** - Representação do AMAf de rotações concluídas. Nas radiografias médio-laterais do mesmo paciente, foram feitas as medições do ângulo mecânico-anatômico final (AMAf) após a rotação cranial do fragmento proximal. Imagem 1. AMA final do método de tabela CBLO (AMA(RT)f). Imagem 2. AMA final do método da eminência (AMA(RE)f). Eixo anatômico distal (EAD); Eixo mecânico tibial (EM); O AMA entre o EAD e o EM (linha azul). O TPA final de 10° (círculo amarelo). Eminências intercondilares (seta vermelha).

### *Análise estatística*

As médias dos resultados obtidos de todas as medições realizadas nas 30 tíbias, utilizando-se os EAD dos métodos conforme descrição dos quatro diferentes autores (Osmond et al., 2006; Hulse, 2014; Miles et al., 2020; Tudury, 2021), foram comparadas pelo Teste t de Student e o teste Qui-Quadrado, utilizando a função *t.test* e *chisq.test*, por meio do Software R versão 4.2.1 (R Core Team, 2022). A significância foi fixada em um valor de  $p < 0,05$  (5%) e as variáveis são significativamente diferentes quando o valor de  $p < 0,1$  (10%). O teste Qui-Quadrado de Pearson foi usado para determinar a correlação entre as metodologias empregadas, o qual foi aplicado com nível de significância de  $p < 0,05$  (5%). Os resultados qualitativos foram dispostos em porcentagens quando necessário.

### **Resultados e Discussão**

As características da população são descritas na Tabela 1. Foram incluídos 30 exames radiográficos de 29 cães com um peso médio de  $30,7 \pm 8,0$  kg e um intervalo de 16,8-45,5. A RLCCr foi associada a um aumento do risco em pacientes com maior peso corporal devido a uma carga maior em suas extremidades (Adams et al., 2011). No entanto, neste estudo foram incluídas raças variáveis e não foi registrada a condição corporal da população avaliada, portanto, não se sabe se realmente tiveram um escore normal, devido a isso, esse achado não poderia estar diretamente associado à predisposição da patologia neste estudo, o que também se afasta dos objetivos pretendidos.

**Tabela 1.** Características da população canina com RLCC que deu origem às 30 radiografias utilizadas.

	*Média (intervalo)
	Cães com RLCCr
Número de cães	29
Idade (anos)	4,6 (1,0-9,0)*
Peso (kg)	30,7 (16,8-45,5)*
Sexo (M/F)	16/14
Joelho E/D	20/10
Raças	
Mistas	9
Boxer	4
Pitbull	2
American Staffordshire terrier	2
Labrador	2
Pastor alemão	2
Akita	2
Outras raças	9
Número de tíbias medidas	30

*RLCCr, Ruptura de ligamento cruzado cranial.*

*M, macho; F, fêmea; E, esquerda D, direita*

Dezesseis cães eram machos e quatorze fêmeas, isto parece não concordar com o que é descrito na literatura, onde uma maior prevalência foi relatada em fêmeas castradas (Powers et al., 2005; Adams et al., 2011). Embora o estado reprodutivo não tenha sido avaliado neste

estudo, existem outros relatos em que não foram observadas diferenças significativas entre os sexos (Witsberger et al., 2008) ou com aumento nos machos (Grierson et al., 2011), o que pode estar relacionado com os achados encontrados neste estudo. A idade média foi de  $4,6 \pm 2,3$  com um intervalo de um a nove anos (1,0-9,0), o que é consistente com o que foi relatado anteriormente, descrito principalmente em cães de meia-idade e uma idade máxima de aparecimento de aproximadamente quatro anos (Reif & Probst, 2003; Witsberger et al., 2008). Vinte joelhos esquerdos e dez direitos foram observados, com apenas um caso bilateral. A incidência relatada de ruptura contralateral foi entre 22% e 54% (Fuller et al., 2014).

As raças eram mistas (n=9), Boxer (n=4), Pittbull (n=2), American Staffordshire terrier (n=2), Labrador (n=2), Pastor Alemão (n=2), Akita (n=2), Staffordshire bull terrier, American bully, Beagle, Dogue Alemão Bernês e Husky Siberiano. Isto foi consistente com o relatado anteriormente, onde foi descrito que raças de grande porte são consideradas de alto risco para apresentar esta afecção em idade precoce, como o Boxer (Nielen et al., 2001) e o Labrador (Baker et al., 2017). Estas últimas raças estão entre as mais comuns relatadas e foram representadas neste estudo, no entanto, o maior número de raças descritas foi mista. Isso pode ser devido ao fato de que a popularidade da adoção de cães com essa característica aumentou e se reflete em um maior número de pacientes mistos em geral. Guenego et al. (2017) relataram que a magnitude do AMA era dependente da raça e este ângulo estava fortemente relacionado com o TPA, sendo o Labrador Retriever a raça mais representada, seguida do Rottweiler e Boxer, o que também concorda com os achados neste estudo, já que ambas raças foram representadas.

A média do TPAi foi de  $25,3 \pm 4,4$  (Tabela 2), o que corrobora com Aertsens et al. (2015), onde foram relatados ângulos entre 23 e 25° em cães normais com uma ampla gama de variações de acordo com a raça (13-34°). Embora uma relação entre a magnitude do TPA tenha sido descrita como fator de risco para a apresentação de RLCCr (Mostafa et al., 2009; Ichinohe et al., 2015) e tenha sido demonstrado em um estudo *ex vivo* em que, diminuindo este ângulo diminuiria a tensão no LCCr intacto (Haynes et al., 2015), sua relação não foi confirmada em outros estudos (Venzin et al., 2004; Guenego et al., 2017) e foi estabelecida uma associação entre o TPA como um conjunto com outros fatores de risco para o desenvolvimento da doença (Reif & Probst, 2003; Witsberger et al., 2008).



**Tabela 2.** Valores médios e desvio padrão (DP) das medidas radiográficas do Ângulo do Platô Tibial inicial (TPAi) e da largura relativa da tuberosidade Tibial (rTTW) nas 30 radiografias utilizadas.

MEDIDA ESTATÍSTICA	TPAi (°)	rTTW (mm)
MÉDIA ± SD	25,3±4,4	0,68±0,1

*TPAi*, ângulo inicial do platô tibial. *rTTW* largura relativa da tuberosidade tibial

A média da largura relativa da tuberosidade tibial (rTTW: pela relação AD/DB) neste estudo foi de 0,68±0,1 (Tabela 2), o que coincide com o descrito por Inauen et al. (2009), quando concluíram que cães com um rTTW inferior a 0,9 podem ter um maior risco de RLCCr concomitante e não devem ser indicados para a reprodução. Vedrin et al. (2013) compararam pacientes sadios entre Labradores e Yorkshire Terriers e relataram rTTW menor que 0,9 em ambas as raças, o que contraria o que foi relatado inicialmente. No entanto, menciona-se que não há como saber se esses pacientes desenvolveram a doença posteriormente. Além disso, foi relatado que as raças grandes apresentaram um rTTW menor em comparação com as raças pequenas, o que coincide com o aumento da incidência de RLCCr nestes casos e se assemelha com os resultados deste estudo, já que praticamente todos os pacientes incluídos foram de raças médias e grandes.

Acredita-se que isto pode estar relacionado à reprodução seletiva, resultando em cães de raças grandes crescendo em um período muito curto de tempo, de modo que partes do esqueleto não se desenvolvam tão rapidamente quanto necessário, como pode ser o caso da tuberosidade tibial, que pode permanecer menor que o resto das estruturas ao redor da articulação do joelho (Inauen et al., 2009). Neste estudo, nenhum paciente sadio foi avaliado, portanto não é possível fazer uma comparação entre estes resultados obtidos. Sabe-se agora que esta medida não é um fator preditivo de alta sensibilidade para determinar o risco de apresentar RLCCr em cães (Guenego et al., 2017), porém, recomendações foram feitas ao usar esta medida, como um critério alternativo para escolher o tratamento cirúrgico mais apropriado relacionado à conformação da tíbia proximal (Inauen et al., 2009; Vedrin et al., 2013).

Quatro diferentes eixos anatômicos distais da tíbia foram avaliados e sua localização em relação à largura da tuberosidade tibial foi utilizada para aperfeiçoar o planejamento digital da CBLO, já que não existem estudos que comparem a eficácia entre esses eixos utilizados para o planejamento desta técnica e assim, saber se existem diferenças significativas que possam determinar a superioridade de algum deles na obtenção dos

resultados. A média do %EadTTW foi de  $36,8 \pm 4,4$  com o EAD Hulse,  $52,7 \pm 7,0$  com o EAD Osmond,  $52,9 \pm 7,8$  com o EAD Miles e  $40,2 \pm 5,8$  com o EAD Tudury (Tabela 3). Diferenças significativas foram observadas a 5% entre o método de Hulse e Osmond, entre Hulse e Miles, entre Hulse e Tudury, entre Osmond e Tudury e entre Miles e Tudury. Não foi observada diferença significativa entre os métodos de Osmond e Miles.

Essa medida acima foi usada para determinar se havia relação entre as rotações, por isso foi dividida em grupos que poderiam ser concluídos e aqueles que não foram completados. O %EadTTW de Rotações concluídas (%EadTTW/Rc) foi de  $37,6 \pm 4,3$  com o Hulse EAD,  $48,1 \pm 4,7$  com Osmond EAD,  $49,0 \pm 5,5$  com EAD de Miles e  $41,0 \pm 6,6$  com EAD de Tudury. Diferenças significativas a 5% foram observadas entre o método de Hulse e Osmond, entre Hulse e Miles, entre Osmond e Tudury e entre Miles e Tudury. Diferenças não significativas foram observadas entre o método de Hulse e Tudury e entre Osmond e Miles. Todas as rotações concluídas obtiveram um %EadTTW média de  $42,1 \pm 7,6$ , portanto, podemos estabelecer que os EAD que permanecerem nesse percentual podem ter as rotações concluídas com sucesso.

O %EadTTW das rotações que não puderam ser concluídas (%EadTTW/Rn) foi de  $35,9 \pm 4,4$  com o EAD de Hulse,  $55,6 \pm 6,6$  com o EAD de Osmond,  $55,5 \pm 8,1$  com o EAD de Miles e  $39,4 \pm 4,7$  com o EAD de Tudury. Diferenças significativas a 5% foram observadas entre o método de Hulse e Osmond, entre Hulse e Miles, entre Osmond e Tudury e entre Miles e Tudury. Uma diferença significativa a 10% foi observada entre Hulse e Tudury, enquanto Osmond e Miles apresentaram diferença não significativa. A média total do Rn o %EadTTW foi de  $50,7 \pm 12,5$ , pelo que se sabe, caso ocorra esta percentagem ou uma superior, é provável que haja algum problema durante o planejamento da CBLO, podendo interferir na conclusão das rotações do fragmento proximal (Tabela 3). No entanto, devido à pequena amostra avaliada, são necessárias medições em um número maior de tíbias com maior variação entre as raças e entre conformações tibiais mais extremas para saber se realmente é possível estabelecer esse percentual a ser recomendado como uma medida de critério para escolher o EAD na técnica da CBLO, que melhor se adapte às características do paciente.

A média da magnitude do CORA com o EAD Hulse foi de  $20,6 \pm 5,0$ , com o EAD Osmond foi de  $18,2 \pm 5,2$ , com o EAD de Miles foi de  $18,2 \pm 5,2$  e com o EAD de Tudury foi de  $21,1 \pm 5,1$  (Tabela 3). Diferenças significativas a 10% foram observadas entre o método de Hulse e Osmond, entre Hulse e Miles e entre Tudury e Miles. Diferença significativa a 5% foi

observada entre Osmond e Tudury. Diferenças não significativas foram observadas entre o método de Hulse e Tudury e entre Osmond e Miles.

A média dos milímetros de rotação requeridos com o método da tabela de CBLO (RT) foi de  $8,3 \pm 2,7$  com o EAD Hulse,  $6,1 \pm 2,2$  com o EAD Osmond,  $6,2 \pm 2,5$  com o EAD de Miles e  $7,9 \pm 2,0$  com o EAD de Tudury (Tabela 3). Diferenças significativas a 5% foram observadas entre o método de Hulse e Osmond, entre Hulse e Miles, entre Osmond e Tudury e entre Miles e Tudury. Diferenças não significativas foram observadas entre o método de Hulse e Tudury e entre Osmond e Miles. A média dos milímetros de rotação requeridos usando o método da eminência intercondilar (RE) foi de  $8,3 \pm 2,7$  com o EAD Hulse  $6,1 \pm 2,1$  com o EAD Osmond, e  $6,2 \pm 2,5$  com o EAD de Miles, e  $8,0 \pm 2,1$  com o EAD de Tudury (Tabela 3). Com este outro método de rotação, foram observadas as mesmas diferenças significativas a 5% entre o método de Hulse e Osmond, entre Hulse e Miles, entre Osmond e Tudury e entre Miles e Tudury. Diferenças não significativas foram observadas entre o método de Hulse e Tudury e entre Osmond e Miles.

O número total de rotações possíveis de concluir ( $R_c$ ) foi de 45,8% (55/120), das quais 16/30 resultaram pelo método de Tudury (53,3%), 15/30 resultaram pelo método de Hulse (50%), 12/30 foram obtidos com Osmond (40%) e igualmente 12/30 com Miles (40%) (Tabela 4). A percentagem de rotações que coincidiram com o mesmo número de milímetros de rotação entre o método RT e o método RE ( $RT=RE$ ) foi de 53,3% com o EAD de Hulse, 41,6% com Osmond, 50% com Miles e 25% com Tudury (Tabela 4). Além disso, foram observadas diferenças não significativas entre os resultados do RT e o RE usando o EAD de Hulse, Miles e Tudury, respectivamente, mas uma diferença significativa a 5% foi observada entre o RT e o RE do EAD de Osmond (Tabela 3). Com esses resultados podemos supor que ambos os métodos RT e RE poderiam ser usados para planejar a CBLO e obter resultados semelhantes para o número de milímetros de rotação entre eles.

**Tabela 3.** Valores de medição de radiografias médio-laterais de tíbias caninas no planejamento da Osteotomia de Nivelamento Baseada em CORA (CBLO) e com os diferentes eixos anatômicos distais (EAD) em relação à largura da tuberosidade tibial (TTW).

Medições	Hulse (2014)	Miles et al. (2020)	Osmond et al. (2006)	Tudury (2021)
%EadTTW total	36,8±4,4 <sup>a-g, c-k</sup>	52,9±7,8 <sup>b-i</sup>	52,7±7,0 <sup>d,e-o</sup>	40,2±5,8 <sup>f-q</sup>
CORA (°)	20,6±5,0 <sup>a-h, c</sup>	18,2±5,2 <sup>b-j</sup>	18,2±5,2 <sup>d,e-o</sup>	21,1±5,1 <sup>f-r</sup>
RT (mm)	8,3±2,7 <sup>a-g, c</sup>	6,2±2,5 <sup>b-i</sup>	6,1±2,2 <sup>d,e-o</sup>	7,9±2,0 <sup>f-q</sup>
RE (mm)	8,3±2,7 <sup>a-g, c</sup>	6,2±2,5 <sup>b-i</sup>	6,1±2,1 <sup>d,e-o</sup>	8,0±2,1 <sup>f-q</sup>
%EadTTW/Rc	37,6±4,3 <sup>a-g, c</sup>	49,0±5,5 <sup>b-i</sup>	48,1±4,7 <sup>d,e-o</sup>	41,0±6,6 <sup>f-q</sup>
%EadTTW/Rn	35,9±4,4 <sup>a-g, c-l</sup>	55,5±8,1 <sup>b-i</sup>	55,6±6,6 <sup>d,e-o</sup>	39,4±4,7 <sup>f-q</sup>

Porcentagem da relação do eixo anatômico tibial em relação à largura da tuberosidade tibial (%EadTTW), magnitude do Centro de Rotação de Angulação (CORA), rotação cranial do fragmento proximal pelo método da tabela (RT), rotação cranial do fragmento proximal pelo método da eminência (RE), porcentagem da relação do eixo anatômico da tíbia com a largura da tuberosidade tibial com rotações concluídas (%EadTTW/Rc), porcentagem da relação do eixo anatômico da tíbia com a largura da tuberosidade da tíbia com rotações não concluídas (%EadTTW/Rn). Os dados estão expressos em média e desvio padrão.

<sup>a-g</sup>diferença significativa a 5% entre Hulse e Osmond; <sup>b-i</sup>diferença significativa a 5% entre Hulse e Miles; <sup>c-k</sup>diferença significativa a 5% entre Hulse e Tudury; <sup>e-o</sup>diferença significativa a 5% entre Osmond e Tudury; <sup>f-q</sup>diferença significativa a 5% entre Miles e Tudury; <sup>a-h</sup>diferença significativa a 10% entre Hulse e Osmond; <sup>b-j</sup>diferença significativa a 10% entre Hulse e Miles; <sup>c-l</sup>diferença significativa a 10% entre Hulse e Tudury; <sup>f-r</sup>diferença significativa a 10% entre Miles e Tudury; <sup>c</sup>diferença não significativa entre Hulse e Tudury; <sup>d</sup>diferença não significativa entre Osmond e Miles. Valor P determinado por uma comparação do Teste t de Student. \* *significativo a 5%; (P<0,05)* \*\* *significativo a 10%; (P<0,1)* ns: *não significativo*

**Tabela 4.** Valores de medição de radiografias médio-laterais de tíbias caninas no planejamento da Osteotomia de Nivelamento Baseada em CORA (CBLO) e com os diferentes eixos anatômicos distais (EAD).

	<b>Hulse (2014)</b>	<b>Miles et al. (2020)</b>	<b>Osmond et al. (2006)</b>	<b>Tudury (2021)</b>	
<b>Variável</b>	<b>Absoluto (%)</b>				<b>Total (%)</b>
EAD $\gamma$	-	20/30 (66,6)*	20/30 (66,6)*	5/30 (16,6)*	45/120 (37,5)
EAD $\delta$	30/30 (100)*	10/30 (33,3)*	10/30 (33,3)*	25/30 (83,3)*	75/120 (62,5)
EAD $\alpha$	5/30 (16,6)*	14/30 (46,6)	17/30 (56,6)*	2/30 (6,6)*	38/120 (31,6)
EAD $\beta$	4/30 (13,3)*	6/30 (20)	2/30 (6,6)*	1/30 (3,3)*	13/120 (10,8)
EAD $\epsilon$	21/30 (70)*	10/30 (33,3)	11/30 (36,6)*	27/30 (90)*	69/120 (57,5)
<b>Rotação concluída</b>	15/30 (50)	12/30 (40)	12/30 (40)	16/30 (53,3)	55/120 (45,8)
TPAd/RT	7/15 (46,6)	8/12 (66,6)	9/12 (75)	5/16 (31,2)	
TPAd/RE	9/15 (60)	9/12 (75)	10/12 (83,3)	5/16 (31,2)	
AMA 0°/RT	5/15 (33,3)	2/12 (16,6)	4/12 (33,3)	3/16 (18,7)	
AMA 0°/RE	2/15 (13,3)	1/12 (8,3)	1/12 (8,3)	2/16 (12,5)	
RT= RE	8/15 (53,3)	6/12 (50)	5/12 (41,6)	4/16 (25)	
EAD $\gamma$	-	6/12 (50)	6/12 (50)	2/16 (12,5)*	14/55 (25,4)
EAD $\delta$	15/15 (100)*	6/12 (50)	6/12 (50)	14/16 (87,5)*	41/55 (74,5)
EAD $\alpha$	3/15 (20)*	6/12 (50)	6/12 (50)*	1/16 (6,2)*	16/55 (29)
EAD $\beta$	2/15 (13,3)*	2/12 (16,6)	1/12 (8,3)*	1/16 (6,2)*	6/55 (10,9)
EAD $\epsilon$	10/15 (66,6)*	4/12 (33,3)	5/12 (41,6)*	14/16 (87,5)*	33/55 (60)
<b>Rotação não concluída</b>	15/30 (50)	18/30 (60)	18/30 (60)	14/30 (46,6)	65/120 (54,1)
ACAp	1/15 (6,6)*	14/18 (77,7)*	17/18 (94,4)*	2/14 (14,2)*	34/65 (52,3)
ACAd	14/15 (93,3)*	4/18 (22,2)*	1/18 (5,5)*	12/14 (85,7)*	31/65 (47,6)
EAD $\gamma$	-	14/18 (77,7)*	14/18 (77,7)*	3/14 (21,4)*	31/65 (47,6)
EAD $\delta$	15/15 (100)*	4/18 (22,2)*	4/18 (22,2)*	11/14 (78,5)*	34/65 (52)
EAD $\alpha$	2/15 (13,3)*	8/18 (44,4)	11/18 (61,1)*	1/14 (7,1)*	22/65 (33,8)
EAD $\beta$	2/15 (13,3)*	4/18 (22,2)	1/18 (5,5)*	-	8/65 (12,3)
EAD $\epsilon$	11/15 (73,3)*	6/18 (33,3)	6/18 (33,3)*	13/14 (92,8)*	35/65 (53,8)

\*( $P < 0,05$ ) significativo a 5%

Eixo Anatômico Distal no platô tibial (EAD $\gamma$ ), Eixo Anatômico Distal fora do platô tibial (EAD $\delta$ ), Eixo Anatômico Distal abaixo do tálus (EAD $\alpha$ ), Eixo Anatômico Distal no centro do tálus (EAD $\beta$ ), Eixo Anatômico Distal acima do tálus (EAD $\epsilon$ ), método de Rotação da Tabela (RT), método de Rotação da Eminência (RE), Ângulo mecânico-anatômico (AMA), e Ângulo do Platô Tibial desejado (TPAd), Eixo de Rotação de Angulação (ACA) muito proximal (ACAp) e muito distal (ACAd). TPAd/RT= %TPA em 10° com método RT; TPAd/RE= %TPA em 10° com método RE; AMA 0°/RT= %AMA em 0° com método RT; AMA 0°/RE= %AMA em 0° com método RE; RE=RE= % das rotações com método RT que coincide com as rotações com método RE.

Os CORA com maior amplitude exigiram maiores milímetros de rotação conforme o descrito por Dycus & Hulse (2022), e foi relatado que em alguns desses casos, a rotação cranial em cirurgia pode causar impacto da tuberosidade cranial distal do segmento proximal com a cortical tibial do segmento distal, sendo recomendado remover a parte mais crânio-

distal do segmento proximal, com um pequeno osteótomo e um martelo, para permitir a rotação, pois um excesso de força com alto contato presente pode resultar na fissura da face crânio-distal do segmento proximal (Dycus & Hulse, 2022). Isso se deve principalmente à força de tração causada pelo quadríceps, pois é a principal força atuante após a osteotomia (Schindler & Scott, 2011; Putame et al., 2019; Dycus & Hulse, 2022), atuando como força significativa no ligamento patelar, que por sua vez pode levar ao espessamento deste ou uma desmite (Beer et al., 2018; Glyde & Drew, 2018; Dan et al., 2019).

Os CORA mais amplos foram os que resultaram ao utilizar os EAD de Hulse e Tudury, que não tiveram diferenças significativas entre si, além disso, obtiveram diferenças significativamente maiores em comparação com Osmond e Miles. Em uma análise multivariada de um modelo computadorizado, foi relatado que a CBLO gera maiores forças no ligamento patelar e no músculo quadríceps em comparação com a Osteotomia de Nivelamento do Platô Tibial (TPLO) (Putame et al., 2019), portanto, podemos sugerir que a CBLO na maioria dos casos pode gerar maior força independentemente do EAD utilizado. Embora tenham sido descritos inconvenientes durante a cirurgia em pacientes com maior magnitude de CORA e isto resulte em maiores milímetros de rotação, o uso do EAD de Hulse e Tudury para o planejamento da CBLO não seria contraindicado. Entretanto, essas informações devem ser consideradas durante a realização do procedimento, a fim de tomar as devidas precauções das consequências mencionadas acima.

O número total de rotações não concluídas (Rn) foi de 54,1% (65/120), das quais 14/30 foram pelo método de Tudury (46,6%), 15/30 pelo método de Hulse (50%), 18/30 foram obtidos com Osmond (60%) e da mesma forma 18/30 com Miles (60%) (Tabela 4). Observou-se que quando a lâmina da serra não atendia aos critérios pré-estabelecidos e as rotações não podiam ser completadas, possivelmente poderia estar associado à distância do ACA em relação à osteotomia. Observou-se que 100 % das Rn foram decorrentes da localização do ACA. Observou-se que nos métodos de Hulse e Tudury estariam mais relacionados a apresentar ACAd, pois obtiveram Rn de 93,3% e 85,7% respectivamente, com um ACAP de 14,2% com Tudury e apenas um 6,6% de ACAP com Hulse. Em contraste, Miles e Osmond foram associados a um ACAP de 77,7% e 94,4% respectivamente, com um percentual de ACAd em 22,2% com Miles e apenas 5,5% com Osmond (Tabela 4). Diferenças significativas a 5% foram observadas entre o ACAd e o ACAP em todos os autores.

Do exposto acima, pode-se dizer que o sucesso da rotação depende principalmente da localização do centro do CORA e do ACA. Esse fenômeno foi relatado anteriormente por

Mazdarini et al. (2021) que mencionam que alguns dos ACAs nesse modelo usando o EAD de Miles necessitaram de ser colocados mais distal durante a cirurgia e concluem que se necessário é possível compensar o ângulo CORA para manter o TPA desejado, no entanto, é mencionado que realizá-lo ou não ainda é discutível. Os achados deste trabalho concordam com estes achados, pois usando o EAD de Miles foi obtido um número maior de ACA muito proximal que poderiam exigir essa modificação. Porém, neste estudo esta alteração de colocar o ACA mais distal não foi realizada porque o objetivo foi avaliar a precisão de cada um dos eixos individualmente para obter um planejamento bem-sucedido da CBLO, sem implementar qualquer modificação para concluir o planejamento.

A relação do eixo anatômico distal atravessando o espaço do platô tibial (EAD/TP), nas trinta tíbias resultou em um EAD $\gamma$  de 16,6% e EAD $\delta$  de 83,3% com Tudury, EAD $\gamma$  de 66,6% e EAD $\delta$  de 33,3% com Osmond, EAD $\gamma$  de 37,5% e EAD $\delta$  de 62,5% com Miles e finalmente Hulse obteve um 100% de EAD $\delta$  (Tabela 4). Do total das Rn para Tudury foram observou-se 3/14 para EAD $\gamma$  (21,4%) e 11/14 para EAD $\delta$  (78,5%). No Rn de Osmond, foram observados 14/18 para EAD $\gamma$  (77,7%) e 4/18 para EAD $\delta$  (22,2%), Miles obteve os mesmos valores de Osmond e Hulse apresentou 100% de EAD $\delta$  em todos seus Rn (Figura 12, Gráfico a). Do total das Rc observado com Tudury, 2/16 foram para EAD $\gamma$  (12,5%) e 14/16 para EAD $\delta$  (87,5%). Nas Rn de Osmond foram observados 50% para EAD $\gamma$  e 50% para EAD $\delta$ , Miles obteve os mesmos valores de Osmond. Hulse obteve 100% da EAD  $\delta$  total (Figura 12, Gráfico b). Diferenças significativas foram observadas a 5% entre o total de EAD $\gamma$  e EAD $\delta$  de todos os autores. Diferenças significativas a 5% foram observadas entre o EAD $\gamma$  e EAD $\delta$  das Rn de todos os autores, assim como entre o EAD $\gamma$  e EAD $\delta$  das Rc de Hulse e de Tudury. Diferenças não significativas foram observadas entre o EAD $\gamma$  e EAD $\delta$  das Rc de Osmond e de Miles (Tabela 4).

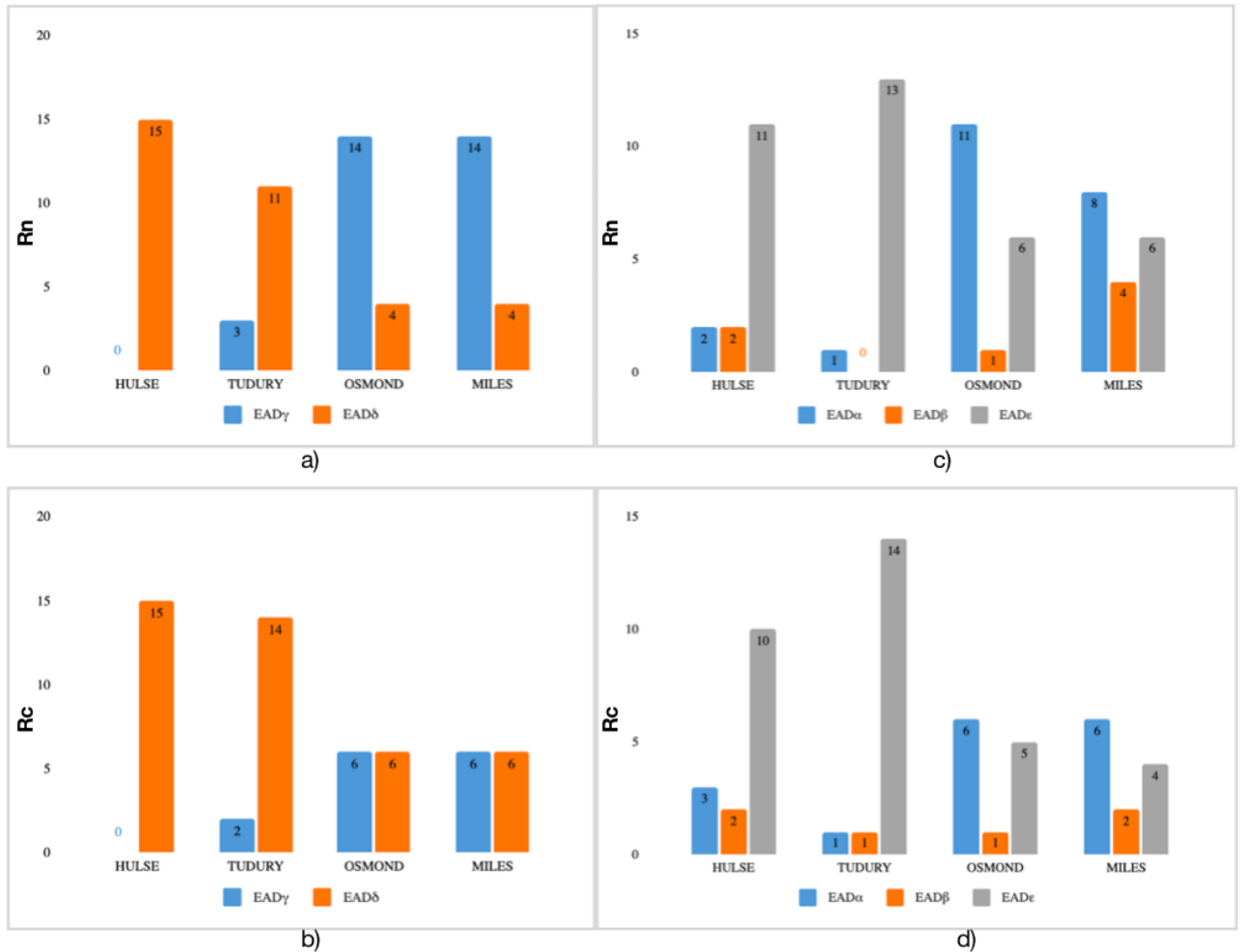
A relação do eixo anatômico distal em relação ao seu cruzamento no tálus (EAD/T) foram no total dos 30 casos em 16,6% para EAD $\alpha$ , 13,3% para EAD $\beta$ , 70% para EAD $\epsilon$  que foi observado em Hulse. Observou-se em Tudury 6,6% EAD $\alpha$ , 3,3% EAD $\beta$ , 90% EAD $\epsilon$ . Com o método de Osmond foram verificados 56,6% EAD $\alpha$ , 6,6% EAD $\beta$ , 36,6% EAD $\epsilon$  e com Miles 46,6% EAD $\alpha$  20% EAD $\beta$ , 33,3% EAD $\epsilon$ . Diferenças significativas foram observadas a 5% entre o EAD $\alpha$ , EAD $\beta$ , EAD $\epsilon$  de Hulse de Tudury e de Osmond. Diferenças não significativas foram observadas entre o EAD $\alpha$ , EAD $\beta$ , EAD $\epsilon$  de Miles (Tabela 4). Dos quais nas Rn de Hulse foram observados 2/15 para EAD $\alpha$  (13,3%), 2/15 para EAD $\beta$  (13,3%) e 11/15 para EAD $\epsilon$  (73,3%). Osmond apresentou 11/18 de EAD $\alpha$  (61,1%), 1/18 de EAD $\beta$  (5,5%) e 6/18 de EAD $\epsilon$  (33,3%), Miles obteve 8/18 de EAD $\alpha$  (44,4%), 4/18 de EAD $\beta$  (22,2%)

e 6/18 de EAD $\epsilon$  (33,3%), finalmente Tudury apresentou 1/14 de EAD $\alpha$  (7,1%), nenhum EAD $\beta$  foi observado, e 13/4 de EAD $\epsilon$  (92,8%) (Figura 12, Gráfico c). Diferenças significativas foram observadas a 5% entre o EAD $\alpha$ , EAD $\beta$ , EAD $\epsilon$  das Rn de Hulse, Tudury e Osmond. Diferenças não significativas foram observadas entre o EAD $\alpha$ , EAD $\beta$ , EAD $\epsilon$  das Rn de Miles (Tabela 4).

Do grupo Rc de Hulse apresentou 3/15 de EAD $\alpha$  (20%), 2/15 de EAD $\beta$  (13,3%) e 10/15 de EAD $\epsilon$  (66,6%), sendo visto o mesmo percentual de EAD $\alpha$  e EAD $\beta$  de 6,2% e 14/16 de EAD $\epsilon$  (87,5%) com Tudury. Em Osmond apresentou 6/12 de EAD $\alpha$  (50%), 1/12 de EAD $\beta$  (8,3%) e 5/12 de EAD $\epsilon$  (41,6%), e finalmente em Miles observou-se 6/12 para EAD $\alpha$  (50%), 2/12 para EAD $\beta$  (16,6%) e 4/12 para EAD $\epsilon$  (33,3%) (Figura 12, Gráfico d). Diferenças significativas foram observadas a 5% entre o EAD $\alpha$ , EAD $\beta$ , EAD $\epsilon$  das Rc de Hulse de Tudury e de Osmond. Diferenças não significativas foram observadas entre o EAD $\alpha$ , EAD $\beta$ , EAD $\epsilon$  das Rc de Miles (Tabela 4).

Devido a esses resultados descritos acima, não foi possível estabelecer uma relação com nenhum desses locais anatômicos, em que fosse permitido determinar tais achados como uma constante, que possibilitasse as rotações ou, pelo contrário, que não permitisse que a rotação fosse adequadamente concluída. Todos os resultados apresentaram percentuais semelhantes entre o Rc e Rn de todos os métodos, sendo EAD $\gamma$  47,6%, EAD $\delta$  52%, e EAD $\alpha$  33,8%, EAD $\beta$  12,3 e EAD $\epsilon$  53,8% dos resultados totais do grupo Rn e EAD $\gamma$  25,4%, EAD $\delta$  74,5%, EAD $\alpha$  29%, EAD $\beta$  10,9% e EAD $\epsilon$  60% para o grupo Rc (Tabela 4). A aparente relação entre o EAD $\gamma$  e as Rc e o entre o EAD $\delta$  e às Rn observadas, deve-se ao fato do que o EAD de Hulse obteve os totais de Rn e Rc com estas características (15/15), aumentando o percentual total relatado, mas não está relacionado com a sua eficácia, nestes casos. O que se pode concluir é que de acordo com as características morfométricas da tíbia e a localização dos pontos centrais para estabelecer o EAD, estes determinam a localização em relação ao platô tibial e ao centro do tálus, sem prejudicar ou aumentar a eficácia do método a ser realizado e apenas estabelece as diferenças anatômicas da tíbia entre os pacientes.





**Figura 12** - Representação gráfica do eixo anatômico distal (EAD) de cada autor com relação à sua localização no platô tibial e no tálus a nível proximal e distal, respectivamente, e sua relação com as rotações concluídas (Rc) e não concluídas (Rn) do fragmento proximal no planejamento da CBLO. EAD $\gamma$  quantidade de EAD no platô tibial, EAD $\delta$  quantidade de EAD fora do platô tibial, EAD $\alpha$  quantidade de EAD abaixo do tálus, EAD $\beta$  quantidade de EAD no centro do tálus, EAD $\epsilon$  quantidade de EAD acima do tálus. a) Gráfico de EAD $\delta$  e EAD $\gamma$  em Rn, b) Gráfico de EAD $\delta$  e EAD $\gamma$  em Rc, c) Gráfico de EAD $\alpha$ , EAD $\beta$ , e EAD $\epsilon$  de Rn, d) Gráfico de EAD $\alpha$ , EAD $\beta$ , e EAD $\epsilon$  de Rc.

Miles (2020) mencionou que colocar o primeiro ponto central para traçar o EAD acima de 50% do comprimento da tíbia levaria ao risco de um desvio clinicamente significativo do alinhamento 'verdadeiro'. Algumas das complicações específicas associadas à técnica CBLO foram a indução de angulação e/ou alterações de torção tibial proximal (Jeong et al., 2020; Peycke et al., 2022; Dycus & Hulse, 2022). No entanto, tem sido utilizado o EAD acima da metade do comprimento da tíbia para o planejamento e realização da CBLO (Hulse, 2014; Piras & Dunlop, 2012; Raske et al., 2013), com resultados favoráveis desta técnica, sendo relatados em estudos recentes (Kishi & Hulse, 2016; Vazquez et al., 2018; Peycke et

al., 2022), portanto considera-se aconselhável a utilização do EAD de Hulse ou Tudury para o planejamento desta técnica com segurança e sucesso neste estudo.

A média do TPAf do método da tabela (TPA(RT)f) foi de  $10,0 \pm 0,3$  com Hulse,  $10,1 \pm 0,2$  com Osmond,  $10,0 \pm 0,1$  com Miles e  $9,6 \pm 0,6$  com Tudury (Tabela 5). Diferenças significativas a 10% foram observadas entre o método de Hulse e Osmond, e entre Tudury e Osmond. Diferenças não significativas foram observadas entre o método de Hulse e Miles, entre Hulse e Tudury, entre Osmond e Miles e entre Tudury e Miles. A média do TPAf do método da eminência (TPA(RE)f) foi de  $9,9 \pm 0,1$  com Hulse,  $10,1 \pm 0,2$  com Osmond,  $10,0 \pm 0,1$  com Miles e  $9,5 \pm 0,2$  com Tudury (Tabela 5). Diferenças significativas a 5% foram observadas entre o método de Hulse e Osmond e entre Tudury e Osmond. Uma diferença significativa a 10% foi observada entre o método de Miles e Tudury. Diferenças não significativas foram observadas entre o método de Hulse e Miles, entre Hulse e Tudury e entre Osmond e Miles. Não foram observadas diferenças significativas entre os resultados de TPA(RT)f e TPA(RE)f de todos os EAD para cada um dos autores. Portanto, considera-se que ambos os métodos de rotação seriam eficazes na obtenção dos mesmos resultados de TPAf dentro de cada EAD.

Para determinar a eficácia do método para obter o TPA desejado estabelecido em dez graus (TPAd a  $10^\circ$ ), obteve-se com o método de rotação da tabela da CBLO (RT) uma taxa de sucesso de 46,6% com Hulse, 75% com Osmond, 66,6% para Miles, e 31,2% com Tudury (Tabela 4). Da mesma forma, a porcentagem de TPAd obtida com o método de rotação da eminência intercondilar (RE) foi de 60% para Hulse, 83,3% para Osmond, 75% para Miles e 31,2% para Tudury (Tabela 4). Mazdarini et al. (2021) relatam subcorreções do TPA associadas a uma supercorreção do ângulo do eixo anatômico-mecânico usando o EAD descrito por Miles (2020), o que contradiz os achados encontrados neste estudo, uma vez que uma média adequada do TPAd e uma alta porcentagem em  $10^\circ$  foram obtidas com este método. Também foi descrito que apesar de realizar um planejamento perfeito, é possível não obter o TPA final igual ao valor planejado (Mazdarini et al., 2021). Embora o método de Hulse e Tudury obtiveram subcorreções do TPAf em relação ao TPAd, eles permaneceram na faixa recomendada do TPA alvo de 8 a 12 graus (Drygas et al., 2010; Vazquez et al., 2018), portanto, considera-se que o planejamento pode ser feito com segurança com ambos EAD.

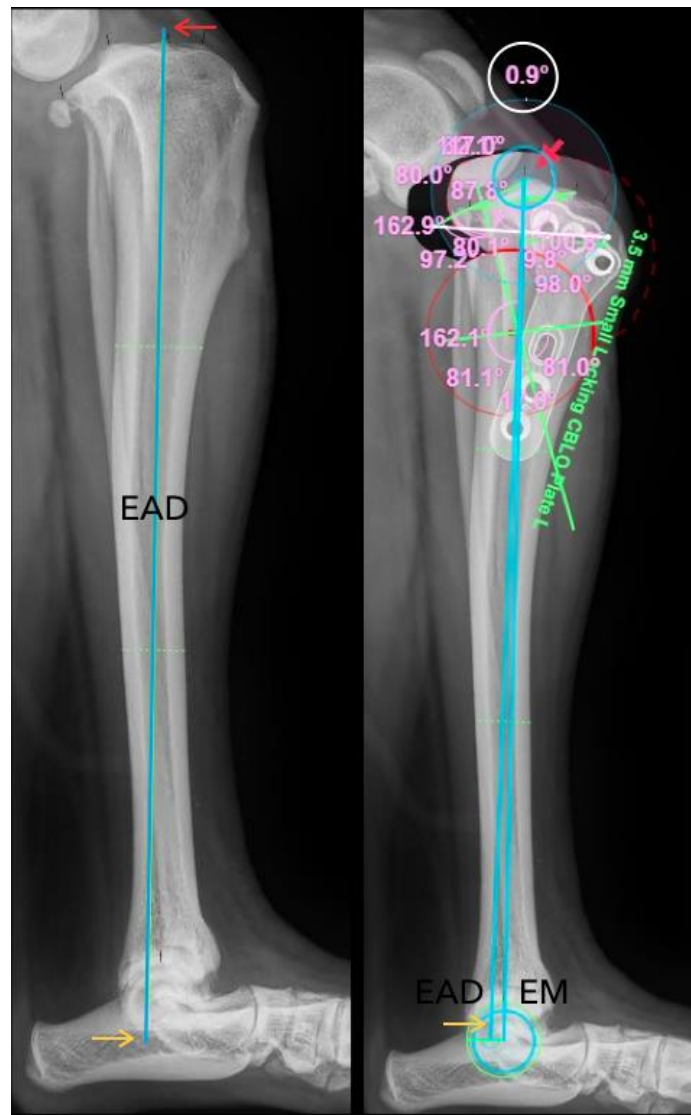
Embora se presuma que a CBLO alinha os eixos anatômico e mecânico dos segmentos proximal e distal, não foram relatados na literatura quantos procedimentos resultam em AMA zero grau e se é possível determinar um método alternativo para facilitar o planejamento da

rotação apenas trazendo a eminência intercondilar para o EAD, para obter este resultado. A média AMA final usando o método de tabela (AMA(RT)f) foi de  $0,3\pm 0,3$  para Hulse,  $0,4\pm 0,4$  para Osmond,  $1,0\pm 0,7$  para Tudury e  $0,2\pm 0,1$  para Miles (Tabela 5). Este último coincide com os achados de Mazdarini et al. (2021) que utilizam esse mesmo método para avaliar o AMA inicial e final do planejamento CBLO. Diferenças significativas a 5% foram observadas entre o método de Hulse e Tudury, entre Osmond e Tudury e entre Miles e Tudury. Diferenças não significativas foram observadas entre o método de Hulse e Osmond, entre Hulse e Miles e entre Osmond e Miles. A média AMA final pelo método da eminência (AMA(RE)f) foi de  $0,3\pm 0,3$  para Hulse,  $0,4\pm 0,3$  para Osmond,  $0,2\pm 0,1$  para Miles e  $1,0\pm 0,6$  para Tudury (Tabela 5). Diferenças significativas a 5% foram observadas entre o método de Hulse e Tudury, entre Osmond e Tudury e entre Miles e Tudury. Diferenças não significativas foram observadas entre o método de Hulse e Osmond, entre Hulse e Miles e entre Osmond e Miles.

A porcentagem de AMAf trazida a zero graus usando o método de rotação da tabela CBLO (RT) obtida neste estudo foi de 33,3% com Hulse e Osmon, 16,6% com Miles e 18,7% com Tudury (Tabela 4). A porcentagem de AMAf trazida a zero graus utilizando o método de rotação com a ponta da eminência intercondilar sobreposta ao EAD de cada autor (RE) obtido neste estudo foi de 13,3% com Hulse, 8,3% com Osmond e Miles e 12,5% com Tudury (Tabela 4). Embora a extremidade proximal do EAD esteja sobreposta com a eminência intercondilar, a localização da extremidade distal não encontra-se sempre sobre o centro do tálus como já foi mencionado (Miles, 2020), evitando a sobreposição completa de ambos os eixos ao longo da tíbia inteira (Figura 13).

Diferenças não significativas foram observadas entre os resultados do AMA(RT)f e AMA(RE)f utilizando o EAD de Hulse, Osmond, Miles e Tudury respectivamente. Apesar disso, embora o método RE tenha obtido resultados semelhantes com o RT para obter os milímetros de rotação do fragmento proximal e o TPA<sub>d</sub> entre os dois métodos, descarta-se o uso do RE como alternativa no planejamento CBLO por terem sido obtidas menores porcentagens de AMA em zero graus usando esta proposta. Como foi dito no início, a finalidade do uso do RE foi melhorar a realização na redução do AMA a zero graus, e esse objetivo foi obtido com superioridade pelo método RT inicialmente descrito. Conforme descrito posteriormente neste estudo, as amplitudes dos AMA<sub>i</sub> de Tudury e Hulse foram maiores, o que significou uma rotação maior, o que poderia explicar esse fenômeno no método de RE utilizando estes EAD. No entanto, isso também é observado no AMAf usando o EAD de Miles e Osmond nas RE, de modo que, apesar de a amplitude final do AMA ter

vido reduzida em todos os casos, a chamada supercorreção do AMA foi criada, como já foi descrito (Mazdarini et al., 2021) onde a extremidade distal do EAD mantém um grau de amplitude que, embora reduzido, permanece um AMA indesejado. Esse fenômeno também ocorre no método RT, embora o número de milímetros de rotações utilizadas se aproxime de zero graus em uma porcentagem maior (Figura 13).



**Figura 13** - Supercorreção do ângulo mecânico-anatômico final (AMAf). Eixo anatômico distal (EAD) que não passa pelo centro do tálus. Eixo mecânico (EM). Círculo branco: magnitude atual da AMAf. Seta vermelha: Extremidade proximal do EAD. Seta amarela: Extremidade distal do EAD.

Guengo et al. (2017) e Guenego et al. (2020) usaram o EAD inicialmente descrito por Osmond et al. (2006) para determinar o AMA que resultou no fator de risco mais preciso associado ao RLCCr. O resultado da média do AMA neste estudo utilizando o EAD Osmond foi de  $3,0 \pm 1,3$  (Tabela 5), o que difere em comparação com a média total relatada

recentemente em pacientes com RLCCr de  $2,99 \pm 1,03$ , mas coincide com o descrito em pacientes com ruptura completa do ligamento cruzado cranial com média de  $3,02 \pm 1,20$  nestes casos (Ševcik et al., 2022). No entanto, pode-se concordar que este fator é clinicamente relevante em pacientes com RLCCr neste estudo, uma vez que se confirma que uma AMA superior a  $1,9^\circ$  (Guenego et al., 2017) e superior a  $2,42^\circ$  (Guenego et al., 2020) está associado a esta afecção. A média do AMA de Miles foi de  $3,2 \pm 1,5$  e difere da descrita por Mazdarini et al. (2021), que descrevem um AMA inicial média de  $1,9 \pm 1,1$  usando este EAD para o planejamento da CBLO. A média de AMA para o EAD de Hulse foi de  $5,4 \pm 1,1$  e  $5,9 \pm 1,4$  para o de Tudury (Tabela 5). Diferenças significativas a 5% foram observadas entre o método de Hulse e Osmond, entre Hulse e Miles, entre Hulse e Tudury, entre Osmond e Tudury e entre Miles e Tudury. Diferenças não significativas foram observadas entre o método de Osmond e Miles. Os diferentes EADs descritos para outros fins não têm sido utilizados para a medição da magnitude do AMA inicial e saber se algum deles pode ter uma relação maior como fator de risco preditivo para RLCCr. Devido à natureza deste estudo, não é possível determinar a superioridade de um EAD para medir o AMAi, mas é recomendável fazer comparações seguindo a mesma metodologia descrita por Guenego et al. (2017) usando outros EAD entre pacientes sadios e afetados com RLCCr para saber se haveriam diferenças significativas que possam aumentar a precisão desse ângulo como fator de risco preditivo para apresentar essa afecção.

**Tabela 5.** Valores de medição de radiografias médio-laterais de tíbias caninas no planejamento da Osteotomia de Nivelamento Baseada em CORA (CBLO) e com os diferentes eixos anatômicos distais (EAD), do ângulo mecânico-anatômico inicial (AMAI), AMA final e Ângulo do Platô Tibial (TPA) final.

Medições	Hulse (2014)	Miles et al. (2020)	Osmond et al. (2006)	Tudury (2021)
AMAI (°)	5,4±1,1 <sup>a-g, c-k</sup>	3,2±1,5 <sup>b-i</sup>	3,0±1,3 <sup>d,e-o</sup>	5,9±1,4 <sup>f-q</sup>
AMA(RT)f (°)	0,3±0,3 <sup>a, c-k</sup>	0,2±0,1 <sup>b</sup>	0,4±0,4 <sup>d,e-o</sup>	1,0±0,7 <sup>f-q</sup>
AMA(RE)f (°)	0,3±0,3 <sup>a, c-k</sup>	0,2±0,1 <sup>b</sup>	0,4±0,3 <sup>d,e-o</sup>	1,0±0,6 <sup>f-q</sup>
TPA(RT)f (°)	10,0±0,3 <sup>a-h, c</sup>	10,0±0,1 <sup>b</sup>	10,1±0,2 <sup>d,e-p</sup>	9,6±0,6 <sup>f</sup>
TPA(RE)f (°)	9,9±0,1 <sup>a-g, c</sup>	10,0±0,1 <sup>b</sup>	10,1±0,2 <sup>d,e-o</sup>	9,5±0,2 <sup>f-r</sup>

AMA final pelo método de rotação da tabela CBLO (AMA(RT)f), AMA final pelo método de rotação da eminência (AMA(RE)f), TPA final pelo o método de rotação da tabela CBLO (TPA(RT)f), TPA final pelo o método de rotação da eminência (TPA(RE)f). A informação é expressa em média e seu desvio padrão.

<sup>a</sup>diferença não significativa entre Hulse e Osmond; <sup>b</sup>diferença não significativa entre Hulse e Miles; <sup>c</sup>diferença não significativa entre Hulse e Tudury; <sup>d</sup>diferença não significativa entre Osmond e Miles; <sup>f</sup>diferença não significativa entre Miles e Tudury; <sup>ag</sup> diferença significativa a 5% entre Hulse e Osmond; <sup>b-i</sup> =diferença significativa a 5% entre Hulse e Miles; <sup>c-k</sup>diferença significativa a 5% entre Hulse e Tudury; <sup>e-a</sup>diferença significativa a 5% entre Osmond e Tudury; <sup>f-q</sup>diferença não significativa a 5% entre Miles e Tudury; <sup>a-h</sup>diferença significativa a 10% entre Hulse e Osmond; <sup>e-p</sup>diferença significativa a 10% entre Osmond e Tudury; <sup>f-r</sup>diferença significativa a 10% entre Miles e Tudury. Valor P determinado por uma comparação do Teste t de Student. \* *significativo a 5%; (P<0,05)* \*\* *significativo a 10%; (P<0,1)* ns: *não significativo*

Neste estudo, não foram comparados pacientes sadios para poder determinar a relação dos diferentes AMA, obtidos para cada EAD, com o fator de risco relatado na literatura, porém, é aconselhável realizar mais pesquisas a esse respeito. Miles (2020) descreveu recentemente o EAD ‘verdadeiro’ da tíbia, e portanto, sugere-se fazer comparações do AMA obtido com este EAD entre pacientes sadios e pacientes afetados por RLCCr. Observou-se que os AMA de Hulse e Tudury apresentaram maiores magnitudes em relação aos resultados de Miles e Osmond, o que poderia explicar o motivo desses métodos obterem maiores subcorreções de TPAf pelo método RE, além de maiores supercorreções do AMAf conforme explicado acima. Com os resultados obtidos neste estudo, foi impossível determinar uma superioridade de qualquer EAD em relação ao que já foi estabelecido anteriormente (Guenego et al., 2017; Guenego et al., 2020).

Entre as limitações nesta pesquisa, além de um pequeno número de amostras, estava a pouca variação das raças avaliadas e, como mencionado, existem diferenças morfológicas significativas entre as raças (Osmond et al., 2006; Mostafa et al., 2009; Inauen et al., 2009). Por esse motivo, é necessário aumentar o número de amostras para estabelecer resultados em

conformações anatômicas mais extremas das tíbias. Outra limitação foi a não realização de comparações de resultados entre diferentes observadores, embora estudos tenham determinado uma boa correlação intra e interobservador (Aghapour et al., 2019). O nível de experiência não afeta a variação, mas a inclusão de mais observadores diminui esta variação (Fettig et al., 2003; Unis et al., 2010; Aertsens et al., 2015).

Apesar de que o EAD Tudury tenha apresentado maior número de Rotações concluídas (Rc), este obteve menor percentual de TPA<sub>d</sub> (10°) do que o de Hulse. Embora seja considerado possível utilizá-lo com segurança para adquirir resultados dentro do TPA recomendado (8°-12°) (Drygas et al., 2010; Vazquez et al., 2018), considera-se que o EAD de Hulse foi superior, pois foi o que obteve maior quantidade de Rc com maior percentual de TPA<sub>d</sub>. Embora a média da AMA<sub>f</sub> usando o método RT com o EAD Hulse não tenha sido a menor de todas, apresentou uma porcentagem maior de AMA a 0°, portanto, devido aos resultados descritos anteriormente, podemos concluir que usando este EAD para o planejamento da CBLO, é possível obter resultados mais otimizados em comparação com os outros EAD utilizados. Considera-se que o %EadTTW deve ser de 37,6±4,3 para que as rotações possam ser concluídas, embora como mencionado anteriormente seja necessário realizar mais medições em um estudo maior de cães para saber se há maiores variações entre as raças e a morfologia da tíbia proximal, para estabelecer uma relação de alta precisão entre essa porcentagem é um planejamento de CBLO bem-sucedido usando o EAD de Hulse.

Até o momento, nenhum resultado *in vivo* foi relatado utilizando o EAD recentemente descrito por Miles (2020) como o verdadeiro no planejamento desta técnica. Portanto, sugere-se realizar estudos de pacientes submetidos a CBLO utilizando o EAD desse autor e avaliar os resultados do seguimento de médio e a longo prazo, para comparar com os achados relatados anteriormente e saber se realmente há superioridade deste eixo, para reduzir complicações específicas descritas com esta técnica.

## **Conclusão**

O EAD Hulse foi o mais preciso devido aos resultados das rotações concluídas totais e dos valores finais de TPA<sub>f</sub> e AMA<sub>f</sub> deste estudo, e conclui-se que foi superior para o planejamento CBLO em comparação com os outros eixos utilizados. O %EadTTW deveria ser 37,6±4,3 para que as rotações pudessem ser concluídas com este EAD, embora mais estudos sejam recomendados para confirmar esta associação. O método RT descrito inicialmente na literatura obteve um percentual maior de AMA em zero graus, portanto, o método RE não é aconselhado para ser utilizado como alternativa no planejamento CBLO.

Foram observadas diferenças significativas entre a amplitude do AMAi de todos os autores, exceto entre Osmond e Miles. Devido à natureza do estudo não foi possível determinar um valor de AMAi que se mostrasse superior conforme ao descrito anteriormente, pelo qual futuras comparações com esses EAD entre pacientes saudáveis e afetados são recomendadas para saber se haveriam diferenças significativas que possam aumentar a precisão desse ângulo como fator de risco preditivo para apresentar ocorrência de RLCCr.

### **Conflito de interesses**

Não há conflito de interesses entre os autores.

### **Agradecimentos**

Não se aplica.

### **Referências**

- Adams P, Bolus R, Middleton S, Moores AP, Grierson J. Influence of signalment on developing cranial cruciate rupture in dogs in the UK. *J Small Anim Pract.* 2011;52(7):347-52. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-5827.2011.01073.x>. PMID:21651558.
- Aertsens A, Alvarez JR, Poncet CM, Beaufrère H, Ragetly GR. Comparison of the tibia plateau angle between small and large dogs with cranial cruciate ligament disease. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2015;28(6):385-90. <http://dx.doi.org/10.3415/VCOT-14-12-0180>. PMID:26382888.
- Aghapour M, Bockstahler B, Kneissl S, Tichy A, Vidoni B. Femoral and tibial alignments in chihuahuas with patellar luxation by radiograph: Angular values and intra- and inter-observer agreement of measurements. *PLoS ONE.* 2019;14(3):1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214579>.
- Baker LA, Kirkpatrick B, Rosa GJM, Gianola D, Valente B, Sumner JP, Baltzer W, Hao Z, Binversie EE, Volstad N, Piazza A, Sample SJ, Muir P. Genome-wide association analysis in dogs implicates 99 loci as risk variants for anterior cruciate ligament rupture. *PLoS One.* 2017;12(4):1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173810>. PMID: 28379989.
- Beer P, Bockstahler B, Schnabl-Feichter E. Tibial plateau leveling osteotomy and tibial tuberosity advancement—a systematic review. *Tierärztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere.* 2018;46(4):223-35. <http://dx.doi.org/10.15654/TPK-170486>. PMID:30149404.
- Bennett D, Tennant B, Lewis DG, Bahugan J, May C, Carter S. A reappraisal of anterior cruciate ligament disease in the dog. *J Small Anim Pract.* 1988;29(5):275-97. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1988.tb02286.x>.
- Buirkle CL, Aulakh KS, Gines JA, Rademacher N, Liu C, Barnes K. Effect of tibial rotation on the tibial plateau angle measurement in dogs: An ex vivo study. *Vet Surg.* 2019;48(3):408-16. <http://dx.doi.org/10.1111/vsu.13172>. PMID:30706487.
- Caylor KB, Zumpano CA, Evans LM, Moore RW. Intra- and interobserver measurement variability of the tibial plateau slope from lateral radiographs in dogs. *J Am Anim Hosp Assoc.* 2001;37(3):263-68. <http://dx.doi.org/10.5326/15473317-37-3-263>. PMID: 11361119.



- Dan MJ, Crowley J, Broe D, Cross M, Tan C, Walsh WR. Patella tendinopathy zoobiquity – what can we learn from dogs?. *The Knee*. 2019;26(1):115-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.knee.2018.11.010>. PMID: 30554911.
- Dismukes DI, Tomlinson JL, Fox DB, Cook JL, Witsberger THE. Radiographic Measurement of Canine Tibial Angles in the Sagittal Plane. *Vet Surg*. 2008;37(3):300-05. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-950X.2008.00381.x>. PMID:18394079.
- Drygas KA, Pozzi A, Goring RL, Horodyski M, Lewis DD. Effect of Tibial Plateau Leveling Osteotomy on Patellar Tendon Angle: A Radiographic Cadaveric Study. *Vet Surg*. 2010;39(4):418-24. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-950X.2010.00665.x>. PMID:20345525.
- Dycus DL, Hulse DA. Complications Associated with CORA- Based Leveling Osteotomy. In: Ben- Amotz R, Dycus D. *Complications in Canine Cranial Cruciate Ligament Surgery*. Hoboken,NJ: WILEY Blackwell, 2022. p. 189-197.
- Fettig AA, Rand WM, Sato AF, Solano S, McCarthy RJ, Boudrieau RJ. Observer Variability of Tibial Plateau Slope Measurement in 40 Dogs With Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifle Joints. *Vet Surg*. 2003;32(5):471-78. <http://dx.doi.org/10.1053/jvet.2003.50054>. PMID:14569576.
- Fuller MC, Kapatkin AS, Bruecker KA, Holsworth IG, Kass PH, Hayashi K. Comparison of the tibial mechanical joint orientation angles in dogs with cranial cruciate ligament rupture. *Can Vet J*. 2014;55(8):757-64. PMID:25082991.
- Glassman M, Hofmeister E, Weh JM, Roach W, Torres B, Johnston S, Budsberg S. Radiographic Quantitative Assessment of Caudal Proximal Tibial Angulation in 100 Dogs with Cranial Cruciate Ligament Rupture. *Vet Surg*. 2011;40(7):830-38. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-950X.2011.00857.x>.
- Glyde M, Drew J. Effect on patella tendon load following tibial osteotomies: should we be concerned?. In: *Proceedings of the World Veterinary Orthopaedic Congress; 2018 Sep 12-15; Barcelona, Spain; 2018*. p. 277-80.
- Grierson J, Asher L, Grainger K. An investigation into risk factors for bilateral canine cruciate ligament rupture. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2011;24(3):192-6. <http://dx.doi.org/10.3415/VCOT-10-03-0030>. PMID:21327290.
- Guénégo L, Payot M, Charru P, Verwaerde P. Comparison of tibial anatomical-mechanical axis angle between predisposed dogs and dogs at low risk for cranial cruciate ligament rupture. *Vet J*. 2017;225:35-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.04.011>. PMID: 28720297.
- Guénégo L, Serri P, Charru P, Verwaerde P. Comparison of the Tibial Anatomical-Mechanical Axis Angle and Patellar Positions between Labrador Retrievers and Golden Retrievers with and without Cranial Cruciate Ligament Rupture. *J Vet Sci Res*. 2020;5(2):1-9. <http://dx.doi.org/0.23880/oajvsr-16000199>.
- Guénégo L, Vezzoni A, Vezzoni L. Comparison of tibial anatomical-mechanical axis angles and patellar positions between tibial plateau levelling osteotomy (TPLO) and modified cranial closing wedge osteotomy (AMA-based CCWO) for the treatment of cranial cruciate ligament disease in large dogs with tibial plateau slopes greater than 30° and clinically normal Labradors retrievers. *BMC Vet Res*. 2021;17(368):1-13. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03094-3>.
- Haynes KH, Biskup J, Freeman A, Conzemius MG. Effect of Tibial Plateau Angle on Cranial Cruciate Ligament Strain: An Ex Vivo Study in the Dog. *Vet Surg*. 2015;44(1):46-49. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-950X.2014.12219.x>. PMID:24902869.

Hulse D. Concept of CBLO. In: 17th European Society of Veterinary Orthopaedics and Traumatology Congress Proceedings; 2014 Oct 2-4; Venice Lido, Italy; 2014.

Ichinohe T, Kanno N, Harada Y, Yogo T, Tagawa M, Hara Y. Histological and immunohistological analysis of degenerative changes in the cranial cruciate ligament in a canine model of excessive tibial plateau angle. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2015;28(4):240-9. <http://dx.doi.org/10.3415/VCOT-14-08-0128>. PMID:25998226.

Inauen R, Koch D, Bass M, Haessig M. Tibial tuberosity conformation as a risk factor for cranial cruciate ligament rupture in the dog. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2009;22(1):16-20. <http://dx.doi.org/10.3415/VCOT-07-08-0078>. PMID:19151865.

Jeong Y, Jeong J, Cho C, Jeong S, Lee HB. Effects of Osteotomy Angle on Tibial Angulation and Torsion During CORA-Based Leveling Osteotomy in Toy Breed Dogs: A Computer Modeling-Based Study. *J Vet Clin.* 2020;37(4):175-79. <https://doi.org/10.17555/jvc.2020.08.37.4.175>.

Jerram RM, Walker AM. Cranial cruciate ligament injury in the dog: pathophysiology, diagnosis and treatment. *N Z Vet J.* 2003;51(4):149-58. <http://dx.doi.org/10.1080/00480169.2003.36357>. PMID:16032317.

Kishi EN, Hulse DA. Owner Evaluation of a CORA-Based Leveling Osteotomy for Treatment of Cranial Cruciate Ligament Injury in Dogs. *Vet Surg.* 2016;45(4):507-14. <http://dx.doi.org/10.1111/vsu.12472>. PMID:27041682.

Mazdarani P, Nielsen MBM, Gundersen RS, Von Wenck A, Miles JE. Geometric modelling of CORA-based levelling osteotomy in the dog. *Res Vet Sci.* 2021;135:127-133. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.01.005>. PMID:33485053.

Miles JE. Approximations to the Tibial Distal Anatomical Axis in the Sagittal Plane. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2020;33(1):22-27. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1695728>. PMID:31476779.

Mostafa AA, J Griffon DJ, Thomas MW, Constable PD. Morphometric characteristics of the pelvic limbs of Labrador Retrievers with and without cranial cruciate ligament deficiency. *Am J Vet Res.* 2009;70(4):498-507. <http://dx.doi.org/10.2460/ajvr.70.4.498>. PMID:19335106.

Nielen ALJ, Janss LLG, Knol BW. Heritability estimations for diseases, coat color, body weight, and height in a birth cohort of Boxers. *Am J Vet Res.* 2001;62(8):1198-206. <http://dx.doi.org/10.2460/ajvr.2001.62.1198>. PMID:11497438.

Osmond CS, Marcellin-Little DJ, Harrysson OLA, Kidd LB. Morphometric Assessment of the Proximal Portion of the Tibia in dogs with and without Cranial Cruciate Ligament Rupture. *Vet Radiol Ultrasound.* 2006;47(2):136-41. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1740-8261.2006.00119.x>. PMID:16553144.

Paley D. Sagittal plane deformities. In: Paley D, Herzenberg JE. *Principles of Deformity Correction.* Berlin: Springer; 2002. p. 155-174.

Penaforte JMA. Estudo virtual de propostas para mudanças no material e técnicas de Osteotomia de Nivelamento do Platô Tibial (TPLO) em cães (*Canis lupus familiaris*) in Recife, Brazil [thesis]. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Medicina Veterinária; 2022. 57 f.

Petazzoni M, Jaeger GH. *Atlas of Clinical Goniometry and Radiographic Measurements of the Canine Pelvic Limb.* 2nd ed. Lyon, France: Merial SAS, 2008. Chapter 6, Radiographic Measurements of the Tibia; p. 60-73.

- Peycke LE, McDougall R, Roca R, Dycus D, Hulse DA. Center of rotation of angulation-based leveling osteotomy for stifle stabilization in skeletally immature dogs. *Vet Surg.* 2022;51(3):528-535. <http://dx.doi.org/10.1111/vsu.13767>. PMID:35080254.
- Piras A, Dunlop G. Early clinical experiences with Cora Based Tibial Plateau Levelling Osteotomy (CBTPLO) in toy breed dogs. In: 16th Proceedings of the World Orthopaedic Veterinary Congress; 2012 Sep 12-15; Bologna, Spain; 2012. p. 334-335.
- Powers MY, Martinez SA, Lincoln JD, Temple CJ, Arnaiz A. Prevalence of cranial cruciate ligament rupture in a population of dogs with lameness previously attributed to hip dysplasia: 369 cases (1994–2003). *J Am Vet Med Assoc.* 2005;227(7):1109-11. <http://dx.doi.org/10.2460/javma.2005.227.1109>. PMID:16220671.
- Putame G, Terzini M, Bignardi C, Beale B, Hulse D, Zanetti E, Audenino A. Surgical Treatments for Canine Anterior Cruciate Ligament Rupture: Assessing Functional Recovery Through Multibody Comparative Analysis. *Front Bioeng Biotechnol.* 2019;7(180):1-11. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00180>. PMID:31448269.
- Raske M, Hulse D, Beale B, Saunders B, Kishi E, Kunze C. Stabilization of the CORA Based Leveling Osteotomy for Treatment of Cranial Cruciate Ligament Injury Using a Bone Plate Augmented With a Headless Compression Screw. *Vet Surg.* 2013;42(6):759-64. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-950X.2013.12035.x>. PMID:23876155.
- Reif U, Probst CW. Comparison of tibial plateau angles in normal and cranial cruciate deficient stifles of Labrador Retrievers. *Vet Surg.* 2003;32(4):385-9. <http://dx.doi.org/10.1053/jvet.2003.50047>. PMID:12866002.
- Reif U, Dejardin LM, Probst CW, DeCamp CE, Flo GL, Johnson AL. Influence of limb positioning and measurement method on the magnitude of the tibial plateau angle. *Vet Surg.* 2004;33(4):368-75. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-950X.2004.04053.x>. PMID:15230840
- R Core Team, 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Accessed 14 Set 2022] Available from: <https://www.R-project.org/>.
- Schindler OS, Scott WN. Basic kinematics and biomechanics of the patello-femoral joint part 1: the native patella. *Acta Orthop Belg.* 2011;77(4):421-431. PMID:21954748
- Ševčík K, Karaffová V, Hluchý M, Ševčíková M, Ševčíková Z, Ledecký V. Relationship of mRNA Expression of Selected Genes in Peripheral Blood and Synovial Fluid in Cranial Cruciate Ligament Deficient Stifles of Dogs. *Animals.* 2022;12(754):1-5. <https://doi.org/10.3390/ani12060754>. PMID:35327152.
- Tudury EA. Aprimoramento da técnica CCWO para cães com Ruptura de Ligamento Cruzado Cranial in Recife, Brazil [thesis]. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Medicina Veterinária; 2021. 127 f.
- Unis MD, Johnson AL, Griffon DJ, Schaeffer DJ, Ragetly GR, Hoffer MJ, Ragetly CA. Evaluation of intra- and interobserver variability and repeatability of tibial plateau angle measurements with digital radiography using a novel digital radiographic program. *Vet Surg.* 2010;39(2):187–94. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2009.00641.x>. PMID:20210966
- Vasquez B, Hulse D, Beale B, Kerwin S, Andrews C, Saunders B. Second-look arthroscopic findings after CORA-based leveling osteotomy. *Vet Surg.* 2018;47(2):261-266. <http://dx.doi.org/10.1111/vsu.12708>. PMID:28885697.
- Vedrine B, Guillemot A, Fontaine D, Ragetly GR, Etchepareborde, S. Comparative anatomy of the proximal tibia in healthy Labrador Retrievers and Yorkshire Terriers. *Vet Comp Orthop*

Traumatol. 2013;26(4):266-70. <http://dx.doi.org/10.3415/VCOT-12-02-0018>. PMID:23613016.

Venzin C, Howard J, Rytz U, Spreng D, Schawalder P, Doherr M, Schmökel H. Tibial plateau angle with and without cranial cruciate ligament rupture: comparison between different dog populations and a wolf population. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2004;17(4):232-36. <https://doi.org/10.5167/uzh-63115>

vetimplants, 2018. Veterinary Orthopedic Implants CBLO Rotation Guide Chart. St. Augustine, United State. [Accessed 16 Apr 2021] Available from: <https://d19e66a4d3.nxcli.net/wp-content/uploads/2020/11/CBLO-Rotation-Guide-Chart-1-16-18.pdf>

Witsberger TH, Villamil JA, Schultz LG, Hahn AW, Cook JL. Prevalence of and risk factors for hip dysplasia and cranial cruciate ligament deficiency in dogs. *J Am Vet Med Assoc*. 2008;232(12):1818-24. <http://dx.doi.org/10.2460/javma.232.12.1818>. PMID:18598150.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabela de medição inicial das trinta tíbias.

FATOR MEDIDO  nº	TPA inicial da radiografia	TTW (mm)	rTTW (mm)
1	22,3°	33,8	0,68
2	19,9°	44,6	0,45
3	22,7°	40,6	0,56
4	28,8°	40,7	0,53
5	33,1°	39,3	0,69
6	24,9°	43,4	0,70
7	23,8°	37,5	0,62
8	20°	40,7	0,41
9	19,8°	40,3	0,67
10	23,7°	42,2	0,75
11	26°	42,2	0,81
12	24,4°	40,8	0,63
13	25,2°	41,8	0,77
14	20,9°	45,6	0,69
15	23,1°	50,8	0,81
16	29,4°	36,9	0,61
17	34,8°	39	0,79
18	27,7°	38,3	0,76
19	31°	45,7	0,66
20	29,6°	48,9	0,81
21	29,8°	37,3	0,72
22	25,3°	31,8	0,45
23	26°	47,4	0,62
24	26,9°	39	0,73
25	19,8°	41,2	0,64
26	18°	41,1	0,69
27	24°	47,1	0,71
28	27,6°	59,9	0,50
29	19,2°	33	0,75
30	32,1°	62,4	1,07
<b>Média e desvio padrão</b>	25,3±4,4	42,4±6,7	0,68±0,1

**TPA:** ângulo platô tibial **TTW:** tibial tuberosity width **rTTW:** relative tibial tuberosity width

APÊNDICE B – Tabela do AMA inicial individuais das trinta tábias.

<b>FORMAS DE MEDIÇÃO DO EAD</b>	<b>Tudury (2021)</b>	<b>Hulse (2014)</b>	<b>Osmond et al. (2006)</b>	<b>Miles et al. (2020)</b>
<b>n°</b>	<b>AMA i</b>	<b>AMA i</b>	<b>AMA i</b>	<b>AMA i</b>
1	4°	3,8°	1,5°	1,3°
2	5°	4,5°	2,5°	2,9°
3	5,6°	6,3°	4°	4,5°
4	6,8°	5,2°	4,6°	3,4°
5	5,5°	5,1°	2,9°	2,7°
6	6,4°	5,6°	3,6°	3°
7	4,1°	4,1°	1°	0,9°
8	6,5°	5,3°	1,6°	1,4°
9	7°	5°	2,6°	2,3°
10	5°	4,5°	1,2°	1,9°
11	5,4°	5,3°	1,7°	2,7°
12	7,4°	5,8°	3,6°	2,6°
13	4,2°	4,7°	2,7°	3,6°
14	5,5°	5,3°	1,9°	2,6°
15	4,1°	4°	2°	1,4°
16	5,9°	5,6°	2,8°	3,6°
17	6,9°	5,4°	3,2°	2,6°
18	6,9°	4,7°	3,2°	2°
19	8,3°	8°	5,8°	5,8°
20	5,1°	6,4°	4,7°	6°
21	7,7°	6,3°	4,1°	3,3°
22	8,8°	8,1°	5,4°	5,8°
23	6,2°	6,4°	4,1°	5,8°
24	6,7°	4,9°	3,6°	2,4°
25	6°	5,7°	3,1°	3,4°
26	2,4°	3,3°	0	6°
27	6,7°	5,9°	4°	3,9°
28	3,8°	5,4°	2,5°	3,4°
29	7°	5,3°	3,3°	2°
30	6,4°	5,8°	2,5°	2,5°
<b>Media e desvio padrão</b>	5,9±1,4	5,4±1,1	3,0±1,3	3,2±1,5

AMAI: ângulo mecânico-anatômico inicial

APÊNDICE C – Tabela de medição da amplitude do CORA das trinta tíbias.

<b>CORA conforme FORMA DE MEDIÇÃO DO EAD</b>	<b>Tudury (2021)  CORA</b>	<b>Hulse (2014)  CORA</b>	<b>Osmond et al. (2006)  CORA</b>	<b>Miles et al. (2020)  CORA</b>
<b>n°</b>				
1	16,1°	15,8°	13,6°	13,4°
2	14,8°	14,4°	12,4°	12,5°
3	17,9°	18,8°	16,4°	17,2°
4	25,3°	23,9°	23,4°	22,2°
5	28,6°	28°	26°	25,7°
6	21,3°	20,4°	18,5°	18°
7	17,9°	17,8°	14,8°	15,1°
8	16,7°	15,3°	11,6°	11,3°
9	16,6°	14,6°	12,2°	11,8°
10	18,8°	18,3°	14,8°	15,6°
11	21,4°	21,3°	17,6°	18,6°
12	21,7°	20,1°	17,8°	17°
13	19,5°	19,9°	18,1°	18,8°
14	16,5°	16,2°	12,9°	13,4°
15	17,2°	17°	14,7°	14,3°
16	25,4°	25,1°	22,4°	23°
17	31,7°	30,1°	28°	27,2°
18	24,8°	22,6°	21,1°	19,9°
19	29,4°	28,9°	26,8°	26,8°
20	24,3°	25,4°	23,7°	24,9°
21	27,4°	25,8°	23,9°	22,9°
22	23,9°	23,1°	20,5°	20,7°
23	22,2°	22,4°	20,1°	21,7°
24	22,8°	21,3°	19,8°	18,8°
25	15,7°	15,4°	12,8°	13,1°
26	9,7°	10,4°	7,3°	7,8°
27	20,5°	19,7°	18,1°	17,8°
28	21,5°	23°	20,1°	20,9°
29	16,2°	14,5°	12,4°	11,1°
30	28,4°	27,9°	24,5°	24,6°
<b>Média e desvio padrão</b>	21,1±5,1	20,6±5,0	18,2±5,2	18,2±5,2

**CORA:** centro de rotação da angulação

APÊNDICE D – Tabela dos milímetros de rotação individuais com o método da Tabela da CBLO para a rotação cranial do fragmento proximal.

<b>Rotação conforme FORMA DE MEDIÇÃO DO EAD</b> <b>nº</b>	<b>Tudury (2021)</b> <b>mm rotação tabela</b>	<b>Hulse (2014)</b> <b>mm rotação tabela</b>	<b>Osmond et al. (2006)</b> <b>mm rotação tabela</b>	<b>Miles et al. (2020)</b> <b>mm rotação tabela</b>
1	3,3	-	-	-
2	-	-	5	6,1
3	-	-	-	-
4	9,1	10	7,2	5,7
5	-	7,3	-	-
6	6,6	6,3	-	-
7	5,6	6,6	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	4,4	4,4
10	6,9	4,7	-	-
11	8,7	-	4,7	5,9
12	-	-	4,7	4,4
13	6,3	5,2	4,7	5
14	-	-	-	-
15	7,1	8,9	-	-
16	7,8	6,5	-	6
17	-	7,8	-	-
18	7,8	6	-	-
19	10,1	-	9,8	11,2
20	10	9,1	10	10,4
21	8,4	9,4	-	-
22	-	-	-	-
23	-	-	7,3	-
24	8,4	9,8	5,2	5
25	-	-	-	-
26	-	-	-	-
27	-	-	6,6	7,5
28	8	12	-	-
29	-	-	3,1	2,3
30	11,6	14,5	-	-
<b>Média e desvio padrão</b>	7,9±2,0	8,3±2,7	6,1±2,2	6,2±2,5



APÊNDICE E – Tabela dos milímetros de rotação individuais com o método da eminência intercondilar alinhada com o EAD da CBLO para a rotação cranial do fragmento proximal.

<b>Rotação conforme FORMA DE MEDIÇÃO DO EAD</b> <b>nº</b>	<b>Tudury (2021)</b> <b>mm rotação eminência</b>	<b>Hulse (2014)</b> <b>mm rotação eminência</b>	<b>Osmond et al. (2006)</b> <b>mm rotação eminência</b>	<b>Miles et al. (2020)</b> <b>mm rotação eminência</b>
1	3,4	-	-	-
2	-	-	5,2	5,9
3	-	-	-	-
4	9,2	10	7,3	5,8
5	-	7,3	-	-
6	6,7	6,3	-	-
7	5,6	6,4	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	4,4	4,3
10	6,9	4,8	-	-
11	8,9	-	4,6	5,9
12	-	-	4,6	4,4
13	6,1	5,2	4,7	5
14	-	-	-	-
15	7,2	8,9	-	-
16	7,9	6,5	-	6,1
17	-	7,9	-	-
18	7,8	5,9	-	-
19	10,8	-	9,8	11,2
20	10,2	9,3	9,9	10,5
21	8,5	9,4	-	-
22	-	-	-	-
23	-	-	7,4	-
24	8,4	10,1	5,2	5
25	-	-	-	-
26	-	-	-	-
27	-	-	6,6	7,5
28	7,8	12	-	-
29	-	-	3,3	2,4
30	11,8	14,6	-	-
<b>Média e desvio padrão</b>	8,0±2,1	8,3±2,7	6,1±2,1	6,2±2,5

APÊNDICE F - Tabela de medição do TPAf individual resultado ao utilizar o método da tabela da CBLO.

<b>TPAf conforme FORMA DE MEDIÇÃO DO EAD</b> <b>n°</b>	<b>Tudury (2021)</b> <b>TPAf tabela</b>	<b>Hulse (2014)</b> <b>TPAf tabela</b>	<b>Osmond et al. (2006)</b> <b>TPAf tabela</b>	<b>Miles et al. (2020)</b> <b>TPAf tabela</b>
1	9,6°	-	-	-
2	-	-	10,5°	9,9°
3	-	-	-	-
4	9°	9,8°	9,9°	10,2°
5	-	9,8°	-	-
6	9°	10°	-	-
7	9,8°	9,8°	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	10°	10,1°
10	9°	9,6°	-	-
11	10,3°	-	10,4°	10,1°
12	-	-	9,9°	10°
13	9,7°	9,9°	10°	9,8°
14	-	-	-	-
15	9,6°	10°	-	-
16	10,1°	10°	-	10,1°
17	-	9,8°	-	-
18	8,5°	9,8°	-	-
19	10,4°	-	10°	10,1°
20	10,5°	10,8°	10°	9,9°
21	9°	9,7°	-	-
22	-	-	-	-
23	-	-	10,2°	-
24	9°	10,2°	9,8°	9,9°
25	-	-	-	-
26	-	-	-	-
27	-	-	10°	10°
28	10,2°	10°	-	-
29	-	-	10,4°	10,4°
30	9,4°	10,2°	-	-
<b>Média e desvio padrão</b>	9,6±0,6	10,0±0,3	10,1±0,2	10,0±0,1

TPAf: ângulo platô tibial final

APÊNDICE G – Tabela de medição de TPAf individual ao utilizar o método da eminência intercondilar.

<b>TPAf conforme FORMA DE MEDIÇÃO DO EAD / n°</b>	<b>Tudury (2021)  TPAf eminência</b>	<b>Hulse (2014)  TPAf eminência</b>	<b>Osmond et al. (2006)  TPAf eminência</b>	<b>Miles et al. (2020)  TPAf eminência</b>
1	9,5°	-	-	-
2	-	-	10,7°	10,2°
3	-	-	-	-
4	8,9°	9,8°	9,8°	10°
5	-	9,8°	-	-
6	8,9°	10°	-	-
7	9,8°	10,1°	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	10°	10°
10	9°	9,8°	-	-
11	10,1°	-	10,3°	10,1°
12	-	-	10,1°	10°
13	9,9°	9,9°	10°	9,8°
14	-	-	-	-
15	9,5°	10°	-	-
16	10°	10°	-	10°
17	-	9,9°	-	-
18	8,5°	10°	-	-
19	10°	-	10°	10,1°
20	10,3°	10°	10,1°	9,7°
21	8,8°	9,7°	-	-
22	-	-	-	-
23	-	-	10,1°	-
24	9°	10°	9,8°	9,9°
25	-	-	-	-
26	-	-	-	-
27	-	-	10°	10°
28	10°	10°	-	-
29	-	-	10,2°	10,3°
30	9,5°	10°	-	-
<b>Média e desvio padrão</b>	9,5±0,2	9,9±0,1	10,1±0,2	10,0±0,1

TPAf: ângulo platô tibial final.

APÉNDICE H – Tabela de medição de AMA final individual ao utilizar o método da tabela da CBLO.

<b>AMAf conforme FORMA DE MEDIÇÃO DO EAD</b> <b>nº</b>	<b>Tudury (2021)</b> <b>AMAf tabela</b>	<b>Hulse (2014)</b> <b>AMAf tabela</b>	<b>Osmond et al. (2006)</b> <b>AMAf tabela</b>	<b>Miles et al. (2020)</b> <b>AMAf tabela</b>
1	-1,2°	-	-	-
2	-	-	0	0,1°
3	-	-	-	-
4	-1,8°	-0,4°	-0,9°	-0,2°
5	-	0	-	-
6	-1,8°	-0,8°	-	-
7	-0,9°	0	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-0,2°	0,2°
10	-1,3°	0,4°	-	-
11	-0,5°	-	1,2°	0,5°
12	-	-	0	0,2°
13	0	-0,3°	0,3°	-0,3°
14	-	-	-	-
15	-0,8°	0	-	-
16	-0,5°	0,1°	-	0
17	-	-0,7°	-	-
18	0	0	-	-
19	-1,6°	-	0,1°	0,2°
20	0	-0,5°	0,5°	-0,3°
21	-2,5°	-0,8°	-	-
22	-	-	-	-
23	-	-	0	-
24	-1,9°	-0,3°	0	0,1°
25	-	-	-	-
26	-	-	-	-
27	-	-	-0,3°	-0,3°
28	0,1°	-0,1°	-	-
29	-	-	-0,7°	0
30	-1,3°	0	-	-
<b>Média e desvio padrão</b>	1,0±0,7	0,3±0,3	0,4±0,4	0,2±0,1

AMAf: ângulo mecânico-anatômico final.

APÊNDICE I – Tabela de medição de AMA final individual ao utilizar o método da eminência intercondilar.

<b>AMAf conforme FORMA DE MEDIÇÃO DO EAD /</b> <b>n°</b>	<b>Tudury (2021)  AMAf eminência</b>	<b>Hulse (2014)  AMAf eminência</b>	<b>Osmond et al. (2006)  AMAf eminência</b>	<b>Miles et al. (2020)  AMAf eminência</b>
1	-1,1°	-	-	-
2	-	-	0,2°	0
3	-	-	-	-
4	-1,7°	-0,4°	-0,7°	-0,1°
5	-	0	-	-
6	-1,7°	-0,8°	-	-
7	-0,9°	-0,1°	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-0,2°	0,1°
10	-1,3°	-0,3°	-	-
11	-0,5°	-	1,1°	0,5°
12	-	-	-0,2°	0,2°
13	-0,3°	-0,3°	0,3°	-0,3°
14	-	-	-	-
15	0,7°	0	-	-
16	-0,6°	0,1°	-	0,3°
17	-	-0,7°	-	-
18	0	0,3°	-	-
19	-1,1°	-	0,1°	0,2°
20	0,4°	-0,4°	0,4°	-0,3°
21	-2,3°	-0,8°	-	-
22	-	-	-	-
23	-	-	0,6°	-
24	-1,9°	-0,1°	0	0,1°
25	-	-	-	-
26	-	-	-	-
27	-	-	-0,3°	-0,3°
28	0	-0,1°	-	-
29	-	-	-0,5°	0,2°
30	-1,2°	0,1°	-	-
<b>Média e desvio padrão</b>	1,0±0,6	0,3±0,3	0,4±0,3	0,2±0,1

AMAf: ângulo mecânico-anatômico final.

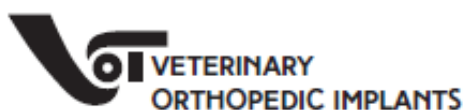
APÊNDICE J – Tabela da %EadTTW individual das trinta tíbias.

<b>%EadTTW conforme FORMA DE MEDIÇÃO DO EAD</b>	<b>Tudury (2021)</b>	<b>Hulse (2014)</b>	<b>Osmond et al. (2006)</b>	<b>Miles et al. (2020)</b>
<b>n°</b>	<b>%EadTTW</b>	<b>%EadTTW</b>	<b>%EadTTW</b>	<b>%EadTTW</b>
1	52,9	45,5	65,9	66,8
2	40,1	39	51,7	50
3	37,9	33,4	44,8	44
4	31,6	33,1	41,7	45,9
5	41,2	37,9	53,1	54,1
6	40,5	38,4	51,1	53,2
7	49,8	41,5	63,4	64,2
8	40,5	35,6	62,1	62,6
9	34,7	34,9	51,6	52,1
10	43,5	39,5	62	58,9
11	35,5	31	50,6	49
12	36,2	35,7	50,7	54,1
13	46,6	42,8	53,8	50,9
14	45,3	40,7	59,1	57,6
15	51,9	46	60,6	62,9
16	35,7	32,2	47,6	45,2
17	41,5	40,5	58,2	61,5
18	37,8	39,1	55,3	59,5
19	34,5	30,4	44,4	44,8
20	36,7	33,3	39,6	36,3
21	42	40,2	57	60
22	31,7	29,5	43,3	42,7
23	35,2	33,9	43,4	38,3
24	33,5	33	48,2	52,8
25	38,8	33,9	52,6	51,4
26	50,8	42,5	62	60,3
27	37,3	35,8	48,4	49,2
28	43,2	33	48,4	45,7
29	40,2	37,8	53,3	57,8
30	39,5	33,9	55,7	55,7
<b>Média e desvio padrão</b>	40,2±5,8	36,8±4,4	52,7±7,0	52,9±7,8

%EadTTW: percentual da diferença do eixo anatômico distal e tibial tuberosity width

## ANEXOS

ANEXO A – Tabela padrão comercial de CBLO da rotação do fragmento proximal.



## CBLO Rotation Chart

CORA Magnitude	CBLO/TPLO Blade Size (mm)									
	8mm	10mm	12mm	15mm	18mm	21mm	24mm	27mm	30mm	33mm
5	0.7	0.9	1	1.3	1.6	1.8	2.1	2.4	2.6	2.9
6	0.8	1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.5
7	1	1.2	1.5	1.8	2.2	2.6	2.9	3.3	3.7	4
8	1.1	1.4	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6
9	1.3	1.6	1.9	2.4	2.8	3.3	3.8	4.2	4.7	5.2
10	1.4	1.7	2.1	2.6	3.1	3.7	4.2	4.7	5.2	5.8
11	1.5	1.9	2.3	2.9	3.5	4	4.6	5.2	5.8	6.3
12	1.7	2.1	2.5	3.1	3.8	4.4	5	5.6	6.3	6.9
13	1.8	2.3	2.7	3.4	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.5
14	1.9	2.4	2.9	3.7	4.4	5.1	5.8	6.6	7.3	8
15	2.1	2.6	3.1	3.9	4.7	5.5	6.3	7	7.8	8.6
16	2.2	2.8	3.3	4.2	5	5.8	6.7	7.5	8.4	9.2
17	2.4	3	3.5	4.4	5.3	6.2	7.1	8	8.9	9.8
18	2.5	3.1	3.8	4.7	5.6	6.6	7.5	8.4	9.4	10.3
19	2.6	3.3	4	5	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9
20	2.8	3.5	4.2	5.2	6.3	7.3	8.3	9.4	10.4	11.5
21	2.9	3.6	4.4	5.5	6.6	7.7	8.7	9.8	10.9	12
22	3.1	3.8	4.6	5.7	6.9	8	9.2	10.3	11.4	12.6
23	3.2	4	4.8	6	7.2	8.4	9.6	10.8	12	13.2
24	3.3	4.2	5	6.2	7.5	8.7	10	11.2	12.5	13.7
25	3.5	4.3	5.2	6.5	7.8	9.1	10.4	11.7	13	14.3
26	3.6	4.5	5.4	6.7	8.1	9.4	10.8	12.1	13.5	14.8
27	3.7	4.7	5.6	7	8.4	9.8	11.2	12.6	14	15.4
28	3.9	4.8	5.8	7.3	8.7	10.2	11.6	13.1	14.5	16
29	4	5	6	7.5	9	10.5	12	13.5	15	16.5
30	4.1	5.2	6.2	7.8	9.3	10.9	12.4	14	15.5	17.1
31	4.3	5.3	6.4	8	9.6	11.2	12.8	14.4	16	17.6
32	4.4	5.5	6.6	8.3	9.9	11.6	13.2	14.9	16.5	18.2
33	4.5	5.7	6.8	8.5	10.2	11.9	13.6	15.3	17	18.7
34	4.7	5.8	7	8.8	10.5	12.3	14	15.8	17.5	19.3

www.vetimplants.com

Fonte: VETIMPLANTS®, 2018. <https://d19e66a4d3.nxcli.net/wp-content/uploads/2020/11/CBLO-Rotation-Guide-Chart-1-16-18.pdf>