

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Rotura do ligamento cruzado cranial

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA CIRÚRGICA TTA POROSA -
ESTUDO RETROSPETIVO DE 60 CASOS CLÍNICOS

Dissertação de Mestrado em Medicina Veterinária

Cláudia Gabriela de Alves Guedes

Orientador: Professor Doutor Luís Miguel Viana Maltez da Costa



Vila Real, 2017

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Rotura do ligamento cruzado cranial

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA CIRÚRGICA TTA POROSA -
ESTUDO RETROSPETIVO DE 60 CASOS CLÍNICOS

Dissertação de Mestrado em Medicina Veterinária

Cláudia Gabriela de Alves Guedes

Orientador Científico:

Professor Doutor Luís Miguel Viana Maltez da Costa

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Júri Científico:

Vila Real, 2017

Declaração

Nome: Cláudia Gabriela de Alves Guedes

Correio Eletrónico: claudiaguedes05@gmail.com

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

Título da Dissertação de Mestrado: Rotura do ligamento cruzado cranial

Subtítulo da Dissertação de Mestrado: Utilização da técnica *TTA* Porosa - Estudo retrospectivo de 60 casos clínicos

Orientador: Professor Doutor Luís Miguel Viana Maltez da Costa

Ano de Conclusão: 2017

Declaro que esta dissertação de mestrado é resultado da minha pesquisa e trabalho pessoal e das indicações do meu orientador. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico.

Vila Real, 31 de outubro de 2017

(Cláudia Gabriela de Alves Guedes)

Agradecimentos

A realização deste trabalho e este ano de estágios foi, sem dúvida, uma “montanha-russa” de emoções, conhecimento e de amizades que não seria possível sem a ajuda de várias pessoas. É sempre difícil citar toda a gente pretendida nestas situações, no entanto há algumas pessoas a quem eu quero agradecer por me terem apoiado tanto neste ano, como ao longo do curso e durante a minha vida.

Gostava de começar por agradecer à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro por ser quase a minha “segunda casa” durante os anos académicos e aos professores que fazem parte do curso Mestrado Integrado em Medicina Veterinária. Claro que de todos, gostaria de agradecer ao Professor Doutor Luís Maltez por todo o apoio na realização da dissertação, pela partilha do seu conhecimento nas aulas e da maneira como cativava os alunos. Graças ao seu gosto pela cirurgia, sobretudo ortopedia, também me despertou curiosidade nessa área, influenciando também a escolha do tema desta dissertação de mestrado.

Ao Hospital Veterinari Canis de Girona e ao cirurgião Doutor Jordi Cairo, por me ter fornecido os casos utilizados no estudo estatístico e pela confiança depositada em mim durante a minha estadia. A todas as pessoas que fazem parte do hospital um “*muchas gracias/ moltes gràcies*” pela ajuda e pela paciência tanto durante a aprendizagem da língua como durante o período de estágio, onde me ensinaram imenso e me explicavam inúmeros casos.

A toda a equipa do Hospital Veterinari Molins, pela transmissão de conhecimentos importantes e por me incentivarem a estudar e a discutir temas e casos clínicos mais complicados. Um obrigada especial aos portugueses que lá trabalham pois, em momentos onde a dúvida permanecia, conseguiam ajudar a esclarece-la e ao médico neurologista por me mostrar que a neurologia não é (assim) tão difícil como parece.

Um muito obrigada a todo o Hospital Veterinário Escolar da Faculdade de Medicina Veterinária de Lisboa por me acolheram, me darem tantas responsabilidades e confiarem em mim. Muito obrigada a todos os médicos veterinários e enfermeiros, sobretudo ao Doutor Rodolfo Leal pela transmissão dos seus conhecimentos, pela sua boa disposição e pela forma como me cativou com a sua paixão pela Medicina Interna; ao Doutor Rodrigo Bom, pela sua calma e paciência para me explicar os procedimentos cirúrgicos e por me aconselhar na dissertação; e à Doutora Joana Pontes por me explicar as bases de ecografia, pela discussão de casos e por me ter recebido tão bem quando cheguei.

Gostava de agradecer ao Hospital Veterinário do Restelo por me ter recebido no meu estágio de cirurgia. Um muito obrigada a toda a equipa de cirurgia, pela vossa boa disposição, organização e de conseguirem manter um ritmo de trabalho incrível. Obrigada aos cirurgiões Doutor Miguel Ramos, Doutor Rui Rodrigues, Doutor Martinho Capelão, e aos enfermeiros João Pedro, Inês Espregueira e Ana Ferreira.

Quero agradecer à minha família pelo apoio que me deram ao longo destes 6 anos de curso e ao longo da minha vida, por terem acreditado em mim quando eu mesma duvidava que fosse capaz. Um muito obrigada à minha mãe, ao meu pai e ao meu irmão Pedro, às minhas avós, tio, padrinhos e primo Gabriel. Aos meus companheiros de curso Filipa, Joana, Mariana, Galiza, César e Pelayo. Um obrigada aos meus amigos de Gondomar João Carlos, Tiago, Teles, Diogo, João Pedro, Ana e Isabel por todo o vosso apoio. Às pessoas de Lisboa que tive a sorte de conhecer, sobretudo ao Telmo pelo apoio, pela companhia e pela ajuda na elaboração da dissertação de mestrado.

Resumo

A rotura do ligamento cruzado cranial é o principal problema ortopédico observado no cão e é a maior causa de claudicação dos membros posteriores. Desde 1926, altura em que a rotura foi descrita no cão, foram surgindo estudos sobre o porquê da sua ocorrência, no entanto a sua exata patogenia permanece desconhecida.

A rotura pode ser traumática ou degenerativa, sendo esta última a mais comum. O grupo de cães mais afetados com esta doença são os mais jovens e de raças mais pesadas, mas qualquer animal pode desenvolver rotura do ligamento.

O proprietário leva o seu animal à consulta no médico veterinário, uma vez que o seu cão apresenta claudicação do membro posterior com diminuição do apoio de carga. O diagnóstico baseia-se então, na história de claudicação, na informação obtida na anamnese, exame ortopédico e outros exames complementares de diagnóstico como radiografias, artroscopia, entre outros. Relativamente ao tratamento da rotura do ligamento cruzado cranial, este pode ser conservativo ou cirúrgico, sendo o cirúrgico o mais recomendado pela rapidez na estabilização da articulação do joelho e pelo retorno da função mais precoce.

As técnicas cirúrgicas são várias e dividem-se em técnicas intracapsulares, que, entretanto, foram substituídas pelas extracapsulares, utilizadas com frequência em cães mais leves e as osteotomias da tibia. Estas últimas são as mais utilizadas para a resolução cirúrgica da rotura do ligamento cruzado cranial e correspondem à *Tibial Plateau Levelling Osteotomy (TPLO)*, *Tibial Tuberosity Advancement (TTA)* e *Triple Tibial Osteotomy (TTO)*, no entanto não há uma superioridade de uma delas relativamente às restantes. Apesar da existência de inúmeras técnicas cirúrgicas, continuam a surgir novas variantes das técnicas que já existem, como é o caso da *TTA Porosa* desenvolvida pelo Instituto Tecnológico de Canárias.

Assim, este estudo retrospectivo centrou-se na análise dos resultados obtidos com a *TTA Porosa* relativamente às complicações intra e pós-operatórias, comparando-os com a *TTA Clássica*, de forma a avaliar se existem vantagens de uma em relação à outra e a segurança e eficácia da técnica estudada.

Palavras-chave: Rotura do ligamento cruzado cranial; *TTA Clássica*; *TTA Porosa*; Cão.

Abstract

The cranial cruciate ligament rupture (CCLr) is the main orthopaedic problem observed in dogs and the most common cause of the lameness of the hind limbs. Since 1926, when this disease was first described in a dog, many studies have been made in order to explain why the disease occurs, however the exact pathogenesis remains unknown.

The rupture can be traumatic or degenerative, the latter being the most common. The group of dogs most affected with this disease are the youngest and of the heaviest breeds, but any animal can develop ligament rupture.

The owner takes his pet to the veterinarian's, since the dog exhibits lameness of the hind limb with decreased load bearing. The diagnosis is then based on the history of lameness, the information obtained in the anamnesis, orthopedic examination and other complementary diagnostic tests such as radiography, arthroscopy, among others. Regarding the treatment of cranial cruciate ligament rupture, it may be conservative or surgical, but the surgical one is most recommended because of the rapid stabilization of the stifle joint and a faster function return.

There are many surgical techniques described and they are divided in intracapsular techniques that were replaced by the extracapsular ones, the last being frequently used in lighter dogs and in osteotomies of the tibia. The osteotomy techniques are the way to go for the surgical resolution of cranial cruciate ligament rupture and correspond to the Tibial Plateau Levelling Osteotomy (TPLO), Tibial Tuberosity Advancement (TTA) and Tibial Osteotomy (TTO), however there is no major advantage of one of them compared to the others. Even though there are a lot of surgical techniques, new variants of existent techniques are developed, for instance the Porous TTA made by the Instituto Tecnológico de Canarias.

In summary, this retrospective study centred around the analysis of the obtained results with the Porous TTA relatively to the intraoperative and postoperative issues, comparing them with the Classical TTA, in order to evaluate the efficiency and safety of the studied technique and if there are advantages when using one compared to the other.

Keywords: *Cranial cruciate ligament rupture; Classical TTA; Porous TTA; Dog.*

Índice

Declaração	v
Agradecimentos	vii
Resumo	ix
Abstract	xi
Índice	xiii
Índice de Figuras	xvii
Índice de Tabelas	xviii
Índice de Gráficos	xviii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xix
Enquadramento geral e estrutura da dissertação.....	1
Capítulo I	
1.1. Anatomia do joelho.....	4
1.1.1. Ligamentos.....	7
1.2. Biomecânica do joelho	10
1.2.1. Biomecânica do joelho com rotura do LCCr	12
1.3. Tratamento da Rotura do Ligamento Cruzado Cranial.....	14
1.3.1. Tratamento conservativo	15
1.3.2. Tratamento cirúrgico.....	17
1.3.2.1. Técnicas intracapsulares	18
1.3.2.2. Técnicas extracapsulares	20
1.3.2.2.1. Técnicas de imbricação	21
1.3.2.2.2. Tightrope.....	22
1.3.2.2.3. Técnica do avanço da cabeça da fíbula	22
1.3.2.3. Osteotomias niveladoras da tibia.....	24
1.3.2.3.1. Osteotomia Cranial em Cunha da Tíbia - Cranial Tibial Wedge Osteotomy (CTWO)	25
1.3.2.3.2. Osteotomia Niveladora do Plateau da Tíbia - Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO).....	26
a) Princípios biomecânicos	26
b) Pré-cirurgia e técnica cirúrgica.....	28
c) Pós- cirúrgico e possíveis complicações	33
1.3.2.3.3. Avanço da tuberosidade tibial- Tibial Tuberosity Advancement (TTA)..	36
a) Princípios biomecânicos	36
b) Pré-cirurgia e técnica cirúrgica.....	38

c) Pós- cirúrgico e possíveis complicações	42
d) Modificações da TTA.....	46
e) TPLO vs TTA.....	47
1.3.2.3.4. Osteotomia Tripla da Tibia – Triple Tibial Osteotomy (TTO).....	48
a) Princípios biomecânicos	48
b) Pré-cirurgia e técnica cirúrgica.....	49
c) Pós-cirúrgico e possíveis complicações	51

Capítulo II

2.1. Introdução e objetivos	54
2.2. Material e Métodos	54
2.2.1. Descrição da TTA Porosa.....	55
2.2.1.1. Os implantes.....	56
a) Cunhas porosas	56
b) Placa.....	57
c) Parafusos corticais autorroscantes	58
2.2.1.2. Técnica cirúrgica	59
2.2.1.3. Cuidados pós-operatórios	64
2.2.2. Método de medição pré-operatória do avanço da tuberosidade tibial	65
2.2.3. Estratificação da amostra	66
2.2.4. Organização estatística da amostra	66
2.3. Resultados	66
2.3.1. Caracterização da amostra	66
2.3.1.1. Membro afetado	66
2.3.1.2. Género e estado reprodutivo	67
2.3.1.3. Raça.....	68
2.3.1.4. Idade	68
2.3.1.5. Peso.....	68
2.3.2. Caracterização da cunha porosa.....	69
2.3.3. Caracterização das complicações intra e pós-operatórias da TTA Porosa	70
2.4. Discussão.....	71
2.4.1. Caracterização da amostra	71
2.4.1.1. Membro afetado	71
2.4.1.2. Género e estado reprodutivo	71
2.4.1.3. Raça.....	72
2.4.1.4. Idade	72

2.4.1.5. Peso	73
2.4.2. Caracterização da cunha porosa.....	73
2.4.3. Caracterização das complicações intra e pós-operatórias da TTA Porosa	74
2.5. Limitações do estudo	80
2.6. Conclusão	82
Referências bibliográficas	85

Índice de Figuras

Figura 1- Articulação canina normal.....	4
Figura 2- Cápsula articular do joelho com diferentes vistas	5
Figura 3- Meniscos e ligamentos da articulação do joelho	6
Figura 4- Ligamentos da articulação do joelho na vista lateral e medial.....	8
Figura 5- Figura que representa os seis tipos de movimentos permitidos pela articulação femorotibial.....	10
Figura 6-- Biomecânica de um joelho com rotura do LCCr.....	13
Figura 7- Imagem de um <i>A-TraC Dynamic Brace</i> ®.....	16
Figura 8- Técnica <i>Over-the-top</i>	19
Figura 9- Representação anatómica dos pontos isométricos do fémur e da tíbia.....	21
Figura 10- Técnicas extracapsulares	22
Figura 11- Técnica de avanço da cabeça da fíbula.....	23
Figura 12- Osteotomia Cranial em Cunha da Tíbia	26
Figura 13- Osteotomia niveladora do plateau da tíbia – <i>TPLO</i>	27
Figura 14- Determinação do APT.....	29
Figura 15- Três técnicas de medição do local de osteotomia.....	31
Figura 16- Procedimento cirúrgico da técnica <i>TPLO</i>	32
Figura 17- Avanço da Tuberosidade Tibial (<i>TTA</i>).....	37
Figura 18- Representação dos três métodos usados para determinar o ângulo da articulação	38
Figura 19- Método da tangente comum	39
Figura 20- Projeção lateral da articulação do joelho	40
Figura 21- Procedimento cirúrgico da técnica <i>TTA</i>	41
Figura 22- Modificações da <i>TTA</i>	47
Figura 23- Osteotomia tripla da tíbia (<i>TTO</i>).....	49
Figura 24- Planeamento pré-cirúrgico da <i>TTO</i>	50
Figura 25- A técnica <i>TTO</i> e o seu pós-cirúrgico.....	51
Figura 26- Representação esquemática da cunha porosa	56
Figura 27- Tipos distintos de placas da <i>TTA</i> Porosa.....	58
Figura 28- Representação dos diferentes tipos de parafusos presentes no <i>set</i> da <i>TTA</i> Porosa	58
Figura 29 (A-P)- Todas imagens representam a realização da técnica passo a passo com a respetiva descrição	64
Figura 30- Guia da <i>TTA</i> Porosa	65
Figura 31- Imagens radiográficas da <i>TTA</i> Porosa.....	75
Figura 32- Radiografias cedidas pelo Hospital Veterinari Canis de Girona	77

Figura 33- Radiografia cedida pelo Hospital Veterinari Canis de Girona.	78
Figura 34- Radiografias cedidas pelo Hospital Veterinari Canis de Girona.	79

Índice de Tabelas

Tabela 1- Tabela resumo das várias técnicas cirúrgicas para o tratamento da rotura do LCCr	18
Tabela 2- Tabela de referência para o ângulo da serra consoante o APT calculado no período pré-operatório	29
Tabela 3- Tabela que resume as diferentes formas de obter o local onde se deve realizar a osteotomia	31
Tabela 4- Resumo das complicações da <i>TTA</i> e a sua incidência	44
Tabela 5- Resumo das complicações da <i>TTO</i> e a sua incidência	52
Tabela 6- Tabela com os diferentes tipos de cunhas	57

Índice de Gráficos

Gráfico 1- Distribuição da amostra de acordo com rotura unilateral vs bilateral.	67
Gráfico 2- Distribuição da amostra de acordo com o género.....	67
Gráfico 3- Distribuição percentual da amostra de acordo com a raça	68
Gráfico 4- Distribuição percentual do peso dos animais com rotura do LCCr divididos em categorias.	69
Gráfico 5- Distribuição percentual das cunhas utilizadas em cada caso, classificadas por tamanho.....	70

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

APT – Ângulo do *plateau* tibial

ATP – Ângulo do tendão patelar

CA – *Correction Angle* – Ângulo de correção

cTTA- *Circular Tibial Tuberosity Advancement* – Avanço da Tuberosidade Tibial Circular

CTWO- *Cranial Tibial Wedge Osteotomy* - Osteotomia Cranial em Cunha da Tíbia

LCL - Ligamento Colateral Lateral

LCM - Ligamento Colateral Medial

LCCd - Ligamento Cruzado Caudal

LCCr - Ligamento Cruzado Cranial

ML - Menisco Lateral

MM - Menisco Medial

OA – Osteoartrite

TPLO - *Tibial Plateau Leveling Osteotomy* – Osteotomia Niveladora do Plateau da Tíbia

TR- *Tightrope*

TTA – *Tibial Tuberosity Advancement* – Avanço da Tuberosidade Tibial

TTO – *Triple Tibial Osteotomy* – Osteotomia Tripla da Tíbia

WA – *Wedge Angle* - Ângulo da cunha

Enquadramento geral e estrutura da dissertação

A rotura do ligamento cruzado cranial (rotura do LCCr) é o principal problema ortopédico observado no cão e é a maior causa de claudicação dos membros posteriores. Desde 1926, altura em que a rotura foi descrita no cão, foram surgindo estudos sobre o porquê da sua ocorrência e que fatores de risco estavam associados à rotura do LCCr, bem como a sua epidemiologia. No entanto, apesar de tantos estudos, a exata etiopatogenia da rotura do LCCr não é conhecida, concluindo-se que é uma doença multifatorial. Sabe-se que fatores genéticos, conformacionais e inflamatórios/imunológicos contribuem para a ocorrência de rotura, onde a capacidade biomecânica do ligamento é perdida (Comerford et al, 2011; Griffon 2010). Ainda há trabalho de investigação que é necessário realizar neste campo, para que, ao compreendermos melhor a doença, existir a possibilidade de a evitar ou retardar o seu aparecimento.

Relativamente aos custos associados à rotura do LCCr, num estudo realizado nos Estados Unidos, estimou-se que 1,3 biliões de dólares foram gastos no tratamento da rotura do LCCr no ano de 2003 (Wilke et al, 2005). Existe um claro impacto económico em medicina veterinária, equiparando-se ao que existe em medicina humana (Wilke et al, 2005). Apesar de haver tratamento médico/conservativo para este problema, a cirurgia é recomendada em animais que pesam mais de 15kg, o que representa a maioria da população afetada com a rotura do LCCr, uma vez que cães jovens e pesados são os mais atingidos (Wilke et al, 2005).

Existem inúmeras técnicas para a resolução da rotura do LCCr, sendo que cada uma está associada a diferentes custos para o proprietário, no entanto há o desenvolvimento de osteoartrite (OA) em todas elas (Wilke et al, 2005). O tratamento da rotura do LCCr pode ser conservativo ou cirúrgico, sendo a cirurgia adotada em quase todas as situações, uma vez que permite uma recuperação da funcionalidade mais rápida, permite a libertação do menisco medial se for necessário e é uma forma de atingir a estabilidade articular mais rapidamente. Dentro das técnicas cirúrgicas existem as técnicas intracapsulares que foram substituídas pelas extracapsulares que ainda são aplicadas sobretudo em animais mais leves com rotura do LCCr e as técnicas de osteotomia da tibia. Estas últimas são, atualmente, as mais utilizadas pelos cirurgiões e as que foram descritas com maior pormenor durante a revisão da literatura. As técnicas de osteotomia da tibia permitem a resolução do avanço cranial da tibia relativamente ao fémur, sem que seja necessário a substituição do ligamento.

Nesta dissertação de mestrado foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a anatomia e biomecânica do joelho, bem como do tratamento que é possível utilizar. Relativamente ao tratamento será dada mais importância às técnicas de osteotomia da tibia, uma vez que, no Capítulo II, é realizado um estudo retrospectivo de 60 casos recolhidos no Hospital Veterinari Canis, onde se utilizou uma variante da *TTA* - a ***TTA Porosa***, desenvolvida pelo Instituto Tecnológico de Canárias. Assim, os principais objetivos do estudo são observar as complicações intra e pós-cirúrgicas e compará-las com a *TTA* Clássica, avaliando, a segurança e eficácia da técnica, bem como estudar a epidemiologia da rotura do LCCr, confirmando a informação obtida com a que existe na literatura.

CAPÍTULO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Anatomia do joelho

A anatomia do joelho canino é bastante complexa sendo constituída pela articulação femorotibial , femoropatelar e a porção proximal da articulação tibiofibular (Carpenter e Cooper 2000). A articulação principal é a femorotibial que corresponde à comunicação entre os côndilos femorais e a tíbia proximal e suporta a maior parte do peso, sendo que a congruência desta articulação é conseguida pela interposição do menisco lateral (ML) e medial (MM) (Kowaleski et al, 2012a). A articulação femoropatelar (formada pelo fémur e a patela) comunica com a femorotibial, no entanto estas são independentes uma da outra, uma vez que a patela está unida à tíbia pelo ligamento patelar (Kowaleski et al, 2012b).

Todas as articulações sinoviais, onde se inclui a articulação do joelho, caracterizam-se pela presença de uma cavidade articular, uma cápsula articular (composta por uma membrana sinovial interna e uma membrana fibrosa externa), fluido sinovial, bem como uma cartilagem articular, permitindo que, durante a deslocação do animal, se possa realizar uma grande variedade de movimentos e ângulos (Evans e Lahunta 2013).

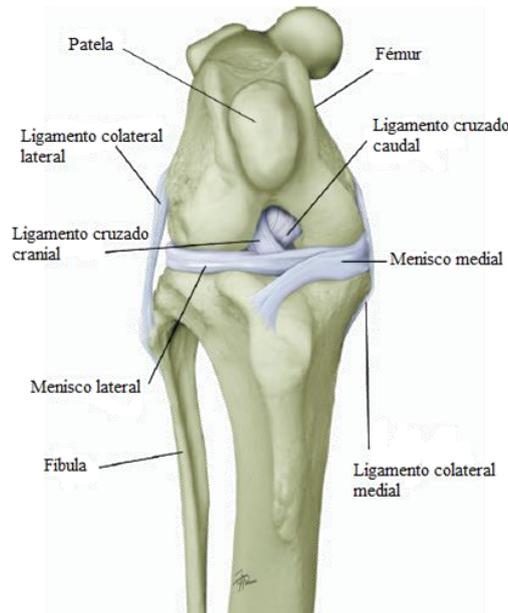


Figura 1- Articulação canina normal. Imagem adaptada de *The Canine Stifle* (Canapp 2007).

A cápsula articular forma três sacos que comunicam entre si, um lateral e outro medial à articulação femorotibial e um terceiro entre a patela e o fémur (Kowaleski et al, 2012a). Este último começa na cartilagem parapatelar e estende-se lateral e medialmente por debaixo do tendão de inserção do músculo quadríceps femoral (Carpenter e Cooper 2000). Na porção lateral da articulação femorotibial existem outros três sacos, uma parte encontra-se lateralmente entre a cabeça da fíbula e o côndilo lateral da tíbia, outro saco

estende-se distalmente pelo sulco extensor e o último rodeia o tendão de origem do músculo poplíteo (Kowaleski et al, 2012a).

O fluido sinovial segregado pela membrana sinovial (Evans e Lahunta 2013) que envolve a articulação, não só possui a função de lubrificar, mas também de fornecer nutrientes e remover os metabolitos provenientes da porção avascular da cartilagem articular e dos meniscos (Carpenter e Cooper 2000). A membrana sinovial também proporciona que as células fagocitem os produtos normais provenientes da cartilagem articular e a fagocitose de bactérias e fungos que invadam a articulação (Carpenter e Cooper 2000; Evans e Lahunta 2013).

A membrana fibrosa externa é composta maioritariamente por um tecido branco fibroso contendo fibras elásticas amarelas. Esta membrana é fina nas superfícies de flexão e extensão e engrossada nas porções laterais ao osso, correspondente aos ligamentos colaterais existentes em quase todas as articulações (Evans e Lahunta 2013).

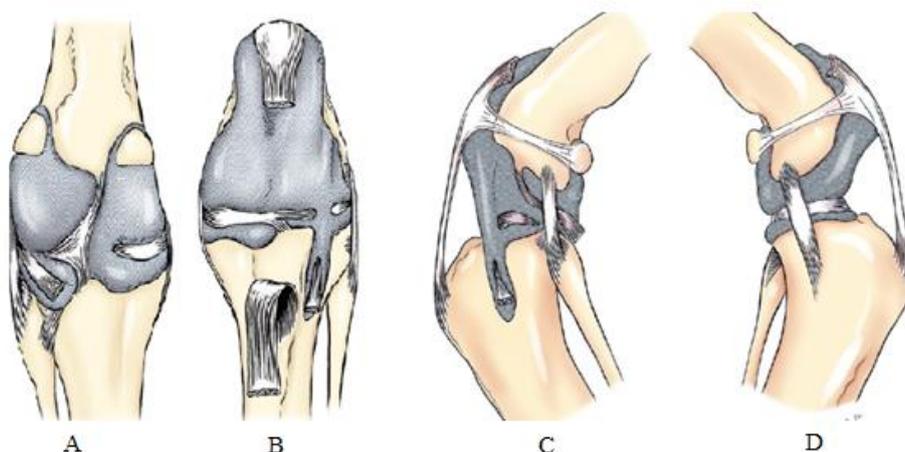


Figura 2- Cápsula articular do joelho com diferentes vistas: (A) Caudal, (B) Cranial, (C) Lateral e (D) Medial. Imagem adaptada de *Miller's Anatomy of the Dog* (Evans e Lahunta 2013).

A congruência presente na articulação femorotibial é conseguida pela existência dos meniscos (Evans e Lahunta 2013), estruturas fibrocartilagosas semilunares que estão na superfície de contacto entre o fémur e a tibia (Canapp 2007; Franklin et al, 2010; Vasseur 1993). O menisco medial encontra-se entre os côndilos mediais e o lateral entre os côndilos laterais do fémur e da tibia (Evans e Lahunta 2013). Num corte transversal, o menisco tem formato de cunha e ligações à cápsula articular, sendo o lateral mais grosso que o medial (Carpenter e Cooper 2000; Vasseur 1993). Os meniscos são principalmente compostos por água (mais de 64%) e também por grandes quantidades de colagénio, proteoglicanos e glicosaminoglicanos (Carpenter e Cooper 2000). Estes têm inúmeras e importantes funções, entre as quais se destacam a absorção de energia e *stress* a que a articulação está sujeita (Franklin et al, 2010), estabilização da

articulação pelo aprofundamento das superfícies articulares do *plateau* tibial, lubrificação da articulação, prevenção do impacto sinovial entre as superfícies articulares do fêmur e tibia e propriocepção (Vasseur 1993; K. A. Johnson et al, 2004; Mahn et al, 2005; Canapp 2007; Franklin et al, 2010).

Os meniscos são mantidos na sua localização anatômica devido à presença de ligamentos (Franklin et al, 2010; Kowaleski et al, 2012a). Cada menisco está ligado à tibia através dos ligamentos meniscotibiais cranial e caudal, sendo que o menisco lateral possui um ligamento adicional que o conecta com o fêmur, denominado de ligamento meniscofemoral (Vasseur 1993; Carpenter e Cooper 2000). Entre os ligamentos meniscotibiais craniais encontra-se o ligamento transverso ou intermeniscal, localizado cranialmente ao ligamento cruzado cranial e que pode ser utilizado para ancorar os enxertos/implantes utilizados nas técnicas de reconstrução do ligamento cruzado cranial (Vasseur 1993). O menisco medial encontra-se unido ao ligamento colateral medial e à capsula articular, ao passo que o menisco lateral carece de tais ligações o que o torna mais móvel comparativamente com o menisco medial (Carpenter e Cooper 2000).

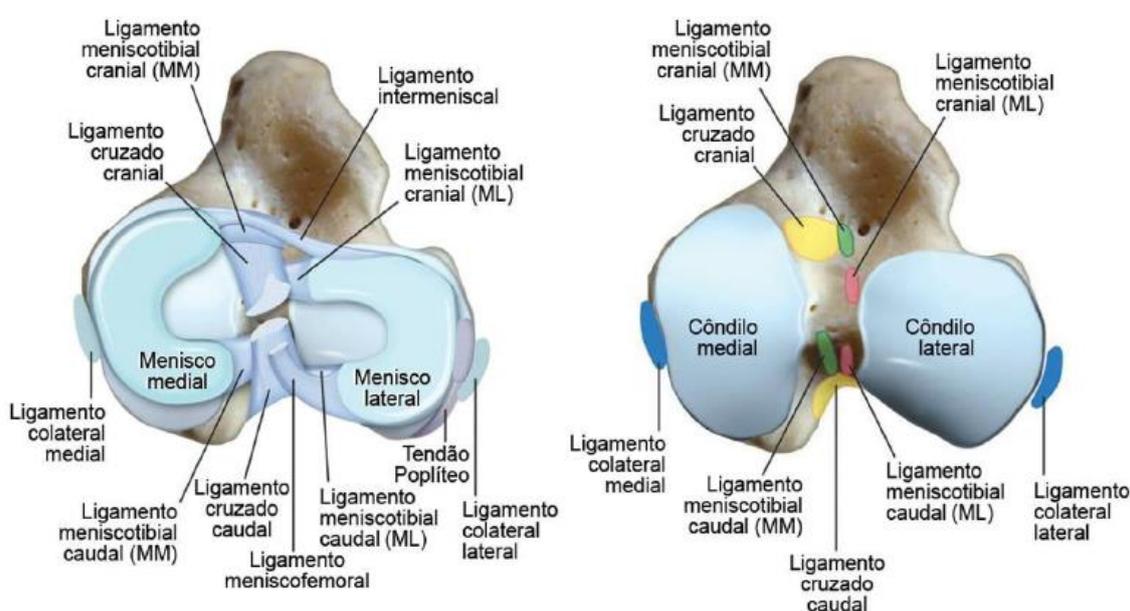


Figura 3- Meniscos e ligamentos da articulação do joelho. Imagem adaptada de *Veterinary Surgery: Small Animal* (Kowaleski et al, 2012a).

O suprimento sanguíneo dos meniscos é garantido pelas artérias geniculares lateral e medial, no entanto não há vascularização na porção caudolateral do menisco lateral. Isto ocorre porque apenas 10 a 15 % da superfície do menisco é irrigada por um plexo vascular sinovial que penetra através da cápsula articular, daí ser de extrema importância a presença do líquido sinovial que forneça nutrientes (Vasseur 1993; Carpenter e Cooper 2000;).

1.1.1. Ligamentos

A articulação do joelho é constituída por 15 ligamentos, sendo quatro dos quais os responsáveis pelo suporte e estabilização da articulação - os ligamentos colaterais lateral e medial e os cruzados cranial e caudal (Carpenter e Cooper 2000; Canapp 2007; Kowaleski et al, 2012a; Hilde de Rooster et al, 2010). Os ligamentos cruzados estão localizados no interior da articulação (intra-articular), no entanto, por estarem revestidos pela sua própria membrana sinovial são considerados extra-sinoviais (Vasseur 1993; Kowaleski et al, 2012a; Evans e Lahunta 2013). Os ligamentos colaterais desenvolvem-se a partir da camada fibrosa da cápsula articular de ambos os lados da articulação (Kowaleski et al, 2012a).

Os ligamentos colaterais estabilizam a articulação contra a abdução (*valgus*) e adução (*varus*) excessivas quando esta se encontra em extensão (Hilde de Rooster et al, 2010). O ligamento colateral medial (LCM) origina-se no epicôndilo medial do fémur e insere-se no bordo medial da tíbia, permanecendo aderido, por todo o percurso, ao menisco medial e cápsula articular (Carpenter e Cooper 2000; Canapp 2007; Evans e Lahunta 2013). Durante a abdução do membro (*valgus*), é aplicado uma força de tração no ligamento colateral medial combinada com uma carga progressiva através do côndilo lateral de maneira a evitar movimentos não fisiológicos (Hilde de Rooster et al, 2010). O ligamento colateral lateral (LCL) origina-se no epicôndilo lateral do fémur proximalmente ao tendão de origem do músculo poplíteo e insere-se na cabeça da fíbula (Carpenter e Cooper 2000; Canapp 2007; Evans e Lahunta 2013). O LCL não está ligado ao menisco lateral, mas encontra-se unido à capsula articular através de tecido conetivo (Carpenter e Cooper 2000). Durante a adução do membro (*varus*), ocorre exatamente o oposto, as forças de tração aumentam no ligamento colateral lateral, bem como a compressão no côndilo medial da articulação (Hilde de Rooster et al, 2010). Por fim, durante a extensão, ambos ligamentos colaterais estão tensos, permitindo uma resistência à rotação interna, ao passo que, durante a flexão, os ligamentos ficam laxos, possibilitando uma rotação interna da tíbia em relação ao fémur (Hilde de Rooster et al, 2010).

Os ligamentos cruzados são formados por células e matriz extracelular, cuja constituição é maioritariamente água (60-80%), bem como por colagénio tipo I (90% da porção seca) e quantidades pequenas de elastina, proteoglicanos, glicoproteínas e lipoproteínas (Hilde de Rooster et al, 2010; Comerford et al, 2011;).

Os ligamentos cruzados cranial (LCCr) e caudal (LCCd) são estruturas dinâmicas constituídas por fascículos de colagénio retorcido (Hilde De Rooster et al, 2006) que conectam o fémur à tibia e que controlam a translação cranial e caudal da tibia relativamente ao fémur (Evans e Lahunta 2013; Schulz 2013). O LCCr tem a função de prevenir a movimentação cranial da tibia relativamente ao fémur, limitar uma rotação interna da tibia excessiva, bem como prevenir uma hiperextensão da articulação (Alfonso et al, 1992; Carpenter e Cooper 2000; Pozzi et al, 2010; Hilde de Rooster et al, 2010). Além disso, suporta uma elevada carga quando o animal se encontra em estação (Hilde de Rooster et al, 2010). O LCCd atua contra a translação caudal da tibia, no entanto a carga que suporta é bastante menor que o LCCr (Hilde De Rooster et al, 2006; Hilde de Rooster et al, 2010). A porção distal da fossa intercondilar femoral está praticamente toda preenchida pelos ligamentos cruzados e por gordura, sendo que ambos os ligamentos cruzados estão também ligados à zona intercondilar da tibia (Hilde De Rooster et al, 2006).

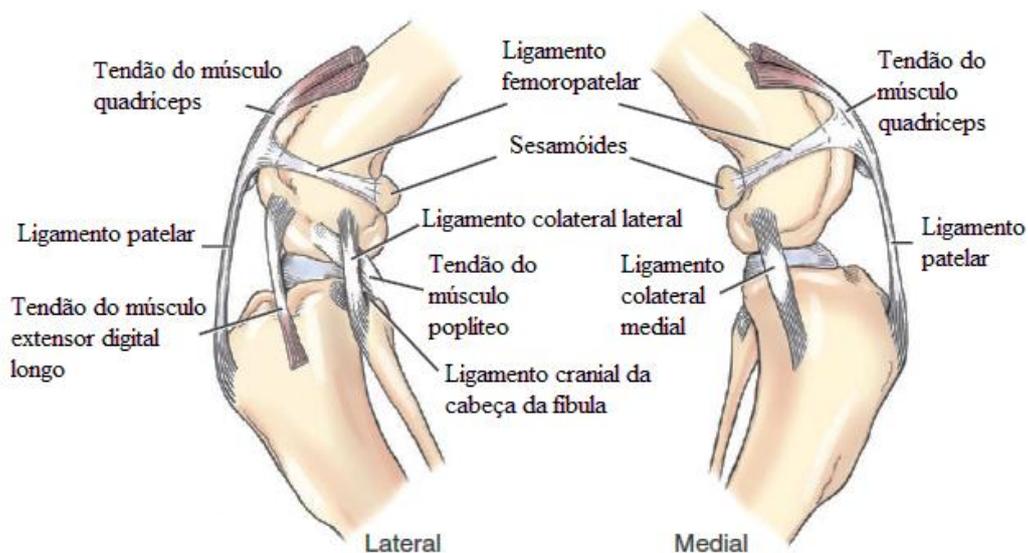


Figura 4- Ligamentos da articulação do joelho na vista lateral e medial. Imagem adaptada de *Miller's Anatomy of the Dog* (Evans e Lahunta 2013).

O LCCr origina-se na porção caudomedial do côndilo femoral lateral, estendendo-se diagonalmente através do espaço articular, inserindo-se na fossa intercondilar cranial do *plateau* tibial (Carpenter e Cooper 2000; Jerram e Walker 2003; Hilde De Rooster et al, 2006; Hilde De Rooster et al, 2010; Evans e Lahunta 2013;). Este é mais estreito na sua região central e o seu comprimento está diretamente relacionado com o peso dos animais (Hilde De Rooster et al, 2006; Hilde De Rooster et al, 2010). O LCCr tem dois componentes que se distinguem de acordo com o seu local de inserção no *plateau* tibial - craniomedial e caudolateral (Hilde De Rooster et al, 2006; Canapp 2007; Comerford 2007; Hilde De Rooster et al, 2010; Schulz 2013). A porção craniomedial é a mais longa e espiralada, no entanto mais curta quando comparada com a caudolateral (Hilde De

Rooster et al, 2006; Hilde De Rooster et al, 2010). Relativamente à localização anatómica das duas distintas porções, a origem do componente craniomedial está mais próxima do fémur e a sua inserção é mais cranial na zona tibial do que a parte caudolateral. (Hilde De Rooster et al, 2006; Hilde De Rooster et al, 2010) . A banda craniomedial está tensa durante a flexão e extensão do membro enquanto a caudolateral encontra-se sobre tensão durante a extensão e relaxada em flexão (Carpenter e Cooper 2000; Canapp 2007; Comerford 2007; Pozzi et al, 2010; Schulz 2013).

O LCCd é ligeiramente mais longo e espesso que o cranial (Hilde De Rooster et al, 2006; Hilde De Rooster et al, 2010; Kowaleski et al, 2012a), até mesmo as suas fibras de colagénio são mais volumosas comparativamente ao LCCr (Hilde De Rooster et al, 2006; Hilde De Rooster et al, 2010). Este ligamento origina-se na face lateral do côndilo medial do fémur, estendendo-se caudolateralmente para se inserir na porção lateral na incisura poplíteia da tibia (Carpenter e Cooper 2000; Jerram e Walker 2003; Canapp 2007; Kowaleski et al, 2012a Evans e Lahunta 2013). O LCCd também é constituído por dois componentes, mas são praticamente indistinguíveis (Hilde De Rooster et al, 2006; Hilde de Rooster et al, 2010).

Estes dois ligamentos cruzam-se entre si na zona intercondilar proximal, onde o LCCd passa medialmente ao LCCr (Alfonso et al, 1992; Evans e Lahunta 2013).

Os ligamentos cruzados estão recobertos por pregas da membrana sinovial que são irrigadas por ramos das artérias geniculares lateral e medial provenientes da artéria poplíteia (Carpenter e Cooper 2000; Hilde De Rooster et al, 2006). Estas ramificações penetram na porção caudal da cápsula articular, craniodistalmente à fossa intercondilar, para irrigar os ligamentos cruzados (Hilde De Rooster et al, 2006; Hilde de Rooster et al, 2010). A vascularização das membranas no LCCd é mais marcada quanto comparada com a do LCCr (Carpenter e Cooper 2000). Isto ocorre devido ao facto do LCCr possuir uma localização praticamente intra-articular, ao passo que o LCCd é mais vascularizado por estar em contato com tecidos envolventes altamente vascularizados (Carpenter e Cooper 2000).

A inervação dos tecidos periarticulares da articulação do joelho é efetuada por ramos nervosos que provém do nervo safeno (nervo articular medial), do tibial (nervo articular caudal) e do peroneal comum (nervo articular lateral) (Hilde De Rooster et al, 2006; Hilde de Rooster et al, 2010). É importante referir que a rede sensorial dos ligamentos cruzados tem um importante papel no sistema neurossensorial da articulação do joelho, fornecendo informação sobre os movimentos articulares, bem como eventos nocivos e

stress articular causados (Hilde De Rooster et al, 2006). O centro dos ligamentos contém abundantes mecanorreceptores e propriorreceptores e a sua inervação é conseguida através de axónios aferentes que surgem da sinóvia que envolve os ligamentos (Kowaleski et al, 2012a). Estes mecanorreceptores permitem ativar padrões de segurança de modo a proteger os ligamentos de possíveis roturas e de outro tipo de danos (Hilde De Rooster et al, 2006; Yahia e Newman 1992). A perda de inervação devido à rotura do ligamento cruzado, ou a falta persistente de inervação após a substituição do ligamento por um implante sintético, poderá levar a resultados insatisfatórios relativamente à recuperação da lesão (Yahia e Newman 1992).

1.2. Biomecânica do joelho

A principal função da articulação do joelho é garantir a extensão e flexão. No entanto, quando os côndilos femorais deslizam sobre a mesa tibial, existe também um deslocamento caudal e cranial, compressão e distração, rotação interna e externa, varização e valgização, e ainda translação medial e lateral (Carpenter e Cooper 2000).

Durante a amplitude do movimento, além do deslocamento cranial do fémur relativamente à tibia, ocorre também um deslizamento caudal assimétrico, que permite a rotação interna da tibia durante a flexão e extensão (Alfonso et al, 1992; Pozzi e Kim 2010; Kowaleski et al, 2012a;). Este mecanismo é denominado de “*screw - home mechanism*”, permitido pelo relaxamento do ligamento colateral lateral durante a flexão (Pozzi e Kim 2010; Kowaleski et al, 2012a; Kim et al. 2015).

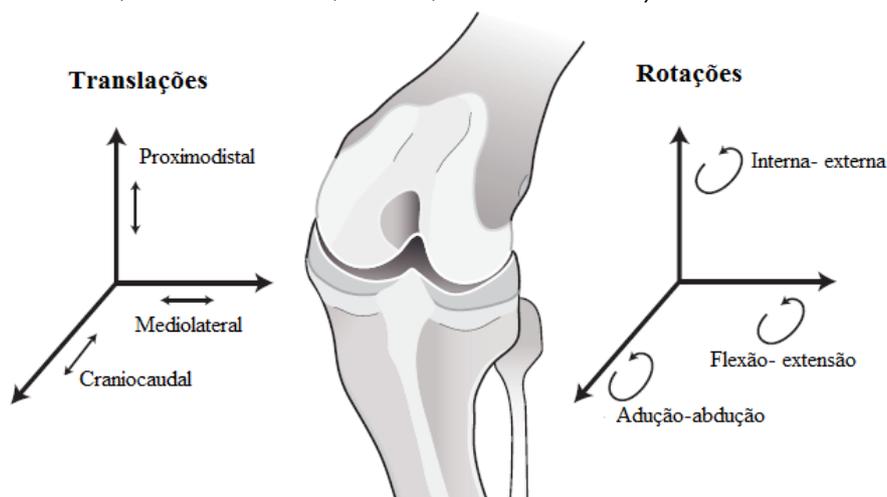


Figura 5- Figura que representa os seis tipos de movimentos permitidos pela articulação femorotibial. Imagem adaptada de *Advances In The Canine Cranial Cruciate Ligament* (Muir 2010).

Todos os movimentos da articulação são possíveis devido à complexa integração da porção condilar do fémur distal, da tibia proximal, da fíbula proximal, bem como dos

músculos pélvicos, da cápsula articular, dos ligamentos que constituem a articulação e dos meniscos (Carpenter e Cooper 2000). Se alguma destas estruturas falha, altera imensamente a funcionalidade articular e a distribuição de forças em cada componente articular (Carpenter e Cooper 2000). Deste modo, os poucos constituintes que funcionam vão acabar por falhar também, originando graves lesões na articulação e, como consequência, alterações na marcha do animal (Carpenter e Cooper 2000).

É também importante referir que, de modo que a articulação mantenha um ângulo de flexão constante durante a fase de apoio de peso, a soma das forças de flexão e extensão no centro do movimento do joelho deve ser zero (Slocum e Slocum 1993).

Relativamente à articulação patelofemoral, esta possui um papel importante na temática da biomecânica do joelho, já que a patela atua como um mecanismo de roldana para melhorar a eficácia da extensão da articulação (Pozzi e Kim 2010).

Os côndilos femorais redondos articulam com os tibiais planos, com uma amplitude de movimento em torno do eixo medial-lateral de aproximadamente 120° em extensão (Pozzi e Kim 2010; Adrian et al. 2013). Os ângulos habituais da articulação compreendem o intervalo de 160° em extensão completa até 40° em total flexão (Pozzi e Kim 2010). A rotação interna da tibia pode chegar aos 10° (Bertocci et al. 2016). Além disso, os movimentos de *varus* e *valgus* podem atingir uma amplitude de entre 10 a 20° (Pozzi e Kim 2010; Bertocci et al, 2016).

Nos primeiros modelos biomecânicos propostos da articulação do joelho (modelo tradicional), esta era apresentada como uma estrutura bidimensional, não existindo referência à parte muscular (Slocum e Slocum 1993; Jerram e Walker 2003). No entanto, no modelo ativo da articulação descrito por Slocum e Slocum em 1993, há a combinação da parte mecânica articular com a componente muscular. Este modelo é um modelo estático que inclui forças ativas e restrições passivas quando o joelho está em equilíbrio. Os músculos possuem, então, um importante papel, uma vez que criam os elementos de força e equilíbrio que faltam no modelo tradicional (Slocum e Slocum 1993). Assim, a estabilidade da articulação do joelho durante o movimento e apoio de carga é proporcionada por uma interação entre estabilizadores passivos e a porção muscular ativa (Slocum e Slocum 1993; Jerram e Walker 2003; Cook 2010; Pozzi e Kim 2010; Ramirez et al. 2014). Os músculos extensores da articulação (músculo quadríceps e músculo extensor digital longo) e do tarso (músculo gastrocnémio e músculo extensor digital superficial), bem como o tendão calcâneo impedem o membro de colapsar (Slocum e Slocum 1993; Jerram e Walker 2003). A compressão tibial é criada pelos músculos extensores do membro, bem como pela força proveniente do apoio de carga

(Slocum e Slocum 1993; Jerram e Walker 2003). Enquanto os elementos estiverem comprimidos numa linha que une os centros das articulações do tarso e do joelho, os componentes estarão em equilíbrio (Slocum e Slocum 1993). Devido ao facto do ponto de contacto entre o fémur e a tibia na articulação ser cranial à linha que une o joelho e o tarso, são necessárias forças adicionais ativas ou passivas para proporcionar equilíbrio e impedir que a tibia se projete cranialmente (Slocum e Slocum 1993). Os músculos isquiotibiais (Ramirez et al, 2014) e músculos bíceps femorais fornecem a força ativa que desloca a tibia proximal caudalmente (Slocum e Slocum 1993). Quando esta força é insuficiente para impedir a translação cranial da tibia, as restrições passivas, como é o caso do LCCr, menisco medial, cápsula articular e ligamentos colaterais, contradizem a translação cranial da tibia (Slocum e Slocum 1993; Jerram e Walker 2003; Kim et al, 2008; Cook 2010; Ramirez et al, 2014). O impulso tibial cranial é criado pela compressão entre o fémur e a tibia. A extensão deste impulso depende não só da quantidade de compressão, mas também da inclinação do *plateau* tibial em relação à linha entre os centros de movimento do joelho e do tarso (Slocum e Slocum 1993; Jerram e Walker 2003) . A força de avanço cranial da tibia varia, uma vez que a porção de força realizada no solo pelo animal muda com a sua atividade e a sua conformação, no entanto pode-se controlar mudando a inclinação do *plateau* tibial, que também possui variações entre raças e indivíduos (Slocum e Slocum 1993; Jerram e Walker 2003; Reif e Probst 2003).

1.2.1. Biomecânica do joelho com rotura do LCCr

Durante o movimento, as articulações são sujeitas a importantes mecanismos restritivos, principalmente os que são produzidos pela força muscular. Estudos *in-vivo* em cães que avaliam a parte mecânica do movimento, confirmaram que a rotura do LCCr resulta numa subluxação cranial da tibia em relação ao fémur principalmente durante a fase de apoio (Alfonso et al, 1992; Kim et al, 2008; Kim et al, 2009; Pozzi e Kim 2010). Com estes estudos, sugere-se então, que as forças musculares não conseguem substituir a força e a função do LCCr (Kim et al, 2008).

A subluxação tibial cranial que ocorre durante a fase de apoio do membro pode dever-se à contração do músculo quadríceps, antagonista do LCCr (Alfonso et al, 1992; Pozzi e Kim 2010). A sua contração durante a extensão da articulação provoca tensão no LCCr, no entanto, num caso de rotura e flexão da articulação, o músculo não é capaz de suportar o LCCr ou causar subluxação tibial. Portanto, na fase de suspensão, a

ativação deste músculo num joelho flexionado e com rotura não causa subluxação, sugerindo que a fase suspensão é independente do LCCr (Pozzi e Kim 2010).

No entanto, num estudo realizado por Ramirez e colaboradores em 2014, foi confirmado experimentalmente que o músculo quadríceps limita o avanço da tibia, sendo este efeito mais pronunciado em cães com menor ângulo do *plateau* tibial (APT) (Ramirez et al. 2014). Desta forma, estes resultados vão contradizer a teoria de que o músculo quadríceps é antagonista do LCCr. Além disso, este estudo sugere que a pré-ativação deste músculo seria mais eficaz no impedimento da translação cranial da tibia com um ângulo do *plateau* tibial $\leq 23^\circ$ (Ramirez et al. 2014).

Durante a fase de apoio de peso, quando há rotura do LCCr, é observada uma translação tibial cranial de aproximadamente 10 mm, mas este avanço cranial tibial não é verificado na fase de suspensão do membro (Pozzi e Kim 2010). Esta translação tibial pode diminuir progressivamente ao longo o tempo, segundo estudos realizados dois anos depois do diagnóstico (Pozzi e Kim 2010).

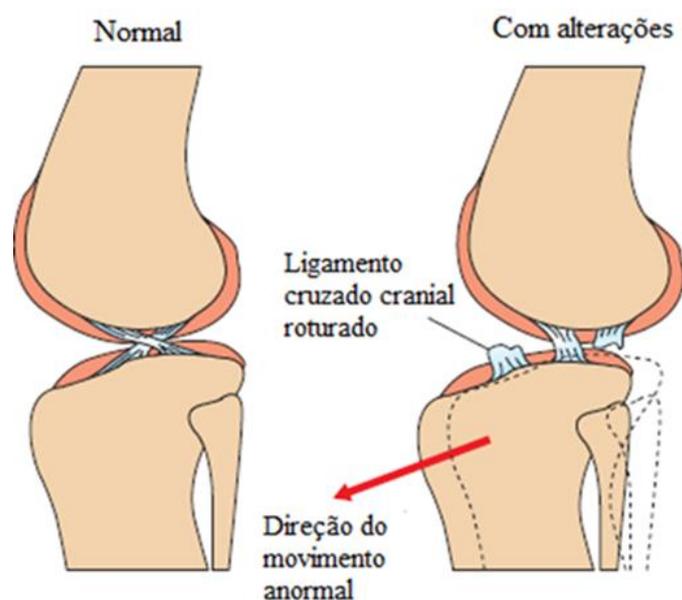


Figura 6-- Biomecânica de um joelho com rotura do LCCr. Imagem adaptada de *Diseases of the Joints. In T. W. Fossum (Ed.), Small Animal Surgery Textbook* (Shulz 2013).

É importante referir que o LCCr também restringe passivamente a rotação interna excessiva da tibia e que estudos *ex-vivo* realizados demonstraram uma rotação interna da tibia de 14° após a rotura do LCCr (Pozzi e Kim 2010)

Apesar da bibliografia suportar que, após rotura do ligamento, ocorre uma subluxação cranial da tibia, um estudo realizado por Rey e seus colaboradores, sobre o padrão de movimento em articulações normais e com rotura do LCCr, verificou que a instabilidade articular craniocaudal, era caracterizada por um deslizamento caudal do fémur (Rey et

al, 2014). A hipótese dos autores foi que, com a rotura completa do LCCr e o enfraquecimento passivo do ligamento à palpação, o fémur deslizaria caudalmente no início da fase de movimento quando o joelho estaria estendido, contradizendo o conceito estabelecido de instabilidade tibial (Rey et al, 2014). Além disso, a instabilidade femoral também seria a característica chave em articulações com mobilidade craniocaudal persistente com falha na estabilização cirúrgica, porém o estudo não conseguiu extrair conclusões acerca disso (Rey et al, 2014).

A conclusão do estudo foi que, tanto em articulações que não sofreram qualquer intervenção cirúrgica, como nas que foram submetidas a técnicas estabilizadoras, havia um deslizamento femoral caudal na fase inicial da marcha e que, nas articulações operadas, havia reposição espontânea do fémur no fim do movimento (Rey et al, 2014). Isto, pode ter particular interesse, principalmente na escolha do procedimento de estabilização como a *TTA*, *TPLO* ou a *CTWO* devido ao seu conceito biomecânico de equilíbrio de forças sem restrições passivas (Rey et al, 2014). A instabilidade crânio-caudal do joelho após a rotura do LCCr é caracterizada então pelo movimento caudal do fémur, o que altera a compreensão comum da subluxação tibial cranial, no entanto, Rey e colaboradores, não conseguem esclarecer o porque disto acontecer (Rey et al, 2014). Enquanto, o avanço cranial da tibial pode ser explicado, segundo alguns autores, pela tensão exercida pelo músculo quadríceps na tuberosidade tibial, este deslizamento caudal do fémur não pode ser explicado na mesma forma (Rey et al, 2014).

Para concluir, na articulação do joelho, o LCCr tem uma importante função na manutenção da homeostasia dos tecidos, meniscos e da cartilagem (Pozzi e Kim 2010). A rotura do LCCr modifica a biologia e biomecânica da articulação de tal forma se pode desenvolver uma osteoartrite e sinais clínicos que compreendem a claudicação, dor e disfunção articular (Cook 2010; Pozzi e Kim 2010).

1.3. Tratamento da Rotura do Ligamento Cruzado Cranial

A rotura do LCCr pode ser tratada através de uma abordagem médica ou cirúrgica, sendo recomendada a cirurgia pela estabilização mais rápida da articulação, pela possibilidade de tratamento das lesões dos meniscos e pela recuperação célere da funcionalidade da articulação (Bergh et al, 2014). Apesar do tratamento cirúrgico ser o escolhido na maior parte das situações, ainda existe alguma controvérsia sobre qual o método cirúrgico com melhores resultados a nível clínico, pelo que a técnica é

selecionada, muitas vezes, de acordo com a preferência do cirurgião (Andrade et al, 2009; Bergh et al, 2014).

1.3.1. Tratamento conservativo

O objetivo do tratamento conservativo consiste em minimizar os efeitos secundários da osteoartrite, melhorar o uso do membro, retardar a progressão da doença (Jaeger e Budsberg 2010) e minimizar os efeitos da inflamação (dor, efusão e atrofia muscular) (Canapp 2007). Pode ser utilizado em situações onde ainda não existe uma rotura completa do ligamento (Canapp 2007). Os grupos de animais com roturas parciais ou geriátricos com roturas completas e várias doenças articulares associadas, podem ser bons candidatos ao tratamento não cirúrgico, tendo sempre em atenção que o peso do animal vai afetar o prognóstico (Canapp 2007; Hilde de Rooster 2001; Vasseur 1984). No entanto, ainda que se possam reabilitar articulações que estejam numa fase inicial de doença do LCCr, roturas parciais, evoluem, muitas vezes, para roturas completas (Canapp 2007).

O tratamento médico da rotura do LCCr provou ser eficaz na resolução dos sinais clínicos em aproximadamente 80% dos cães que pesavam menos de 15 kg (Moore e Read 1995; Denny e Butterworth 2000; Jerram e Walker 2003; Lazar et al, 2005; Comerford 2007; Kim et al, 2008; Andrade et al. 2009; Pozzi et al, 2010; Tamburro et al, 2012; Roush 2013), no entanto pode não ter sucesso quando implementado em animais de raça grande a gigante (Cinti et al, 2015). Este tratamento é uma junção de várias terapias que, em conjunto, permitem a administração de fármacos não esteroides em doses mais baixas, diminuindo os efeitos secundários dos mesmos (Jaeger e Budsberg 2010). Adicionalmente, a terapia engloba uma perda de peso, reabilitação e fisioterapia, modificações da dieta e administração de agentes condromodeladores (Jaeger e Budsberg 2010), no entanto os sinais radiográficos de doença articular degenerativa continuam a progredir neste grupo de animais apesar da melhoria dos sinais clínicos (Jerram e Walker 2003). Assim, a terapia conservativa consiste nos seguintes passos:

- **Perda de peso.** Apesar de não haver uma relação clara entre a obesidade e a osteoartrite, sabe-se que o excesso de peso implica uma ação de forças excessivas sobre a articulação e que a gordura é considerada uma substância metabolicamente ativa que promove a inflamação (Henrotin 2005; Jaeger e Budsberg 2010; Schulz 2013);

- **Os anti-inflamatórios não esteroides (AINE'S)** como meloxicam e carprofeno, são a classe de fármacos mais utilizada para aliviar os sinais clínicos da osteoartrite, reduzindo a formação de prostaglandinas inflamatórias e tromboxanos (Jaeger e Budsberg 2010; Schulz 2013). Isto faz com que haja uma diminuição da sinovite e da degradação da cartilagem (Jaeger e Budsberg 2010).
- **Analgésicos** (tramadol ou gabapentina) podem ser utilizados juntamente com os AINE's, em períodos de maior desconforto (Jaeger e Budsberg 2010);
- Utilização de **agentes condromodeladores (glicosaminoglicanos e ácido hialurônico)** que retardam o processo de degeneração da articulação e promovem a síntese de cartilagem, permitindo o alívio dos sinais clínicos associados à osteoartrite (Jaeger e Budsberg 2010; Schulz 2013);
- Administração de **suplementos nutricionais** como sulfato de condroitina, glicosamina ou ácidos gordos ómega-3 que estimulam a síntese de glicosaminoglicanos endógenos e inibem a formação de enzimas de degradação como as MMPs (Metaloproteinases) (Henrotin 2005; Jaeger e Budsberg 2010; Schulz 2013);
- A **restrição do movimento** (Schulz 2013), de forma a permitir uma recuperação sem que haja os efeitos secundários de uma imobilização extrema como uma fibrose da articulação (Canapp 2007). Juntamente com a moderação do exercício deve ser adicionada uma terapia de reabilitação para fortalecer os músculos quadríceps e os isquiotibiais, indicada também no pós-cirúrgico da rotura do LCCr (Canapp 2007). A utilização de um A-TraC Dynamic Brace® tem tido bons resultados a longo prazo, bem como próteses criadas por ortopedistas adaptadas a cada animal (Canapp 2007).



Figura 7- Imagem de um A-TraC Dynamic Brace®. Imagem adaptada de *The Canine Stifle* (Canapp 2007)

1.3.2. Tratamento cirúrgico

Desde 1952, altura em que a reparação intra-articular do LCCr foi amplamente utilizada, foram descritas inúmeras técnicas cirúrgicas para a resolução da rotura do LCCr, permitindo a estabilização da articulação (Winkels et al, 2010). Atualmente, ainda há bastante controvérsia sobre qual a técnica cirúrgica que deve ser utilizada, uma vez que nenhuma delas tem superioridade sobre as restantes (Vasseur 1993; Kim et al, 2008; Fischer et al, 2010; Muir 2010; Bøddeker et al, 2012; Bergh et al, 2014; Ritzo et al, 2014; Cinti et al, 2015). Estas técnicas podem ser divididas consoante o seu objetivo: reconstituir o ligamento, a sua função ou a biomecânica articular do joelho (Vasseur 1993). A reparação do ligamento é bastante complicada pela fraca capacidade de cicatrização do mesmo e pela atrofia e degeneração do colagénio que se verifica após a sua lesão (Vasseur 1993). O principal objetivo da cirurgia é então restaurar a biomecânica da articulação e prevenir ou inibir alterações secundárias como a rotura dos meniscos, a doença articular degenerativa, o engrossamento da cápsula articular, a atrofia muscular e a osteoartrite (Snow et al, 2010; Tamburro et al, 2012). Atualmente as técnicas cirúrgicas são escolhidas de forma a melhorar a estabilidade da articulação ao invés de se tentar uma reparação ou reconstrução do ligamento cruzado cranial roturado (Muir 2010). Desta forma, existem, as técnicas intracapsulares, as técnicas extracapsulares e as técnicas de osteotomia da tibia utilizadas no tratamento cirúrgico da rotura do LCCr, sendo que nenhum delas evita totalmente a progressão de alterações degenerativas como a osteoartrite (Moore e Read 1995; Denny e Butterworth 2000; Lazar et al. 2005; Boyd et al. 2007; Fischer et al. 2010; Snow et al. 2010; Christopher et al, 2013; Brown et al, 2014; Cinti et al. 2015; Bertocci et al. 2016).

Intracapsulares

- Técnica de Paatsama (Paatsama, 1952);
- Técnica "Over-the-Top" (Arnockzy, 1979);
- Reparação intra-articular modificada (Hulse, 1980);
- Técnica "Under-and-Over" (Shires, 1984).

Extracapsulares

- Sutura de imbricação fascial;
- Sutura fabelar lateral (SLF) (De Angelis and Lau, 1970);
- Sutura de imbricação retinacular modificada (SIRM) (Flo, 1975);
- Transposição da cabeça da fíbula (TCF) (Smith and Torg, 1985);
- Técnica de "Tightrope" (Cook, 2007);
- Sutura lateral ancorada.

Osteotomias

- *Cranial Tibial Wedge Osteotomy (CTWO)* (Slocum e Devine, 1984);
- *Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO)* (Slocum e Devine, 1983);
- *Tibial Tuberosity Advancement (TTA)* (Montavon, Damur e Tepic, 2002)
- *Triple Tibial Osteotomy (TTO)* (Bruce, 2007);
- Técnica de Maquet modificada (Etchepareborde, 2011).

Tabela 1 Tabela resumo das várias técnicas cirúrgicas para o tratamento da rotura do LCCr. (Vasseur 1993; Denny e Butterworth 2000; Mattila 2012).

1.3.2.1. Técnicas intracapsulares

As técnicas intracapsulares têm como objetivo a substituição do ligamento por um tecido (autoenxerto, aloenxerto, xenoenxerto ou sintético), que passa no interior da articulação ou através de canais feitos no fémur e/ou na tíbia que mimetizam a posição original do LCCr (Moore e Read 1995; Warzee et al, 2001; Jerram e Walker 2003; Lazar et al, 2005; Kim et al, 2008; Manley 2010; Tonks et al, 2011; Schulz 2013). Os autoenxertos mais frequentemente utilizados são obtidos da fáscia lata e/ou tendão patelar (Vasseur 1993; Cabral 2010; Manley 2010; Schulz 2013) . Este tipo de enxerto é o mais utilizado pela facilidade de obtenção e pela baixa resposta imunitária associada (Vasseur 1993). A principal desvantagem consiste numa menor rigidez e resistência quando comparado com um ligamento normal (Vasseur 1993). Os materiais sintéticos são usados muito raramente, devido à probabilidade de ocorrer um eventual estiramento/rotura dos implantes e pelo risco acrescido de inflamação ou infeção (Vasseur 1993).

As técnicas que utilizam autoenxertos são a técnica de Paatsama, a *Over-the-top*, entre outras:

- Uma das primeiras técnicas a ser utilizada foi criada por Paatsama em 1952 que consiste na passagem do enxerto da fáscia lata através de túneis feitos no fêmur e na tíbia, sendo fixado com suturas ao longo da inserção do ligamento patelar na tuberosidade tibial (Vasseur 1993; Mattila 2012). As grandes desvantagens da técnica de Paatsama são que o enxerto pode ter pouca força de tensão, pode ocorrer abrasão do mesmo quando contata com os túneis ósseos e, por fim, uma localização errada dos túneis, numa posição não isométrica, vai afetar o sucesso da técnica (Vasseur 1993; Denny e Butterworth 2000).
- Na técnica *Over-the-top* (Arnockzy, 1979), o enxerto é passado através da articulação, sem a utilização de túneis ósseos, já que o deslocamento dos mesmos pode gerar cargas anormais no enxerto, resultando numa elevada taxa de insucesso (Winkels et al, 2010). O enxerto, nesta técnica, é criado através do tendão patelar, que passa pelo interior da articulação e depois por cima no côndilo lateral femoral onde fixado com suturas (Denny e Butterworth 2000; Jerram e Walker 2003; Mattila 2012). A tensão é aplicada no enxerto até deixar de existir o movimento de gaveta (Mattila 2012). Uma vez que o ligamento substituído nesta técnica se encontra conectado aos tecidos moles e é capaz de se orientar sozinho consoante a carga aplicada, a rotura/falha do enxerto é menos frequente do que quando se utilizam túneis (Winkels et al, 2010).

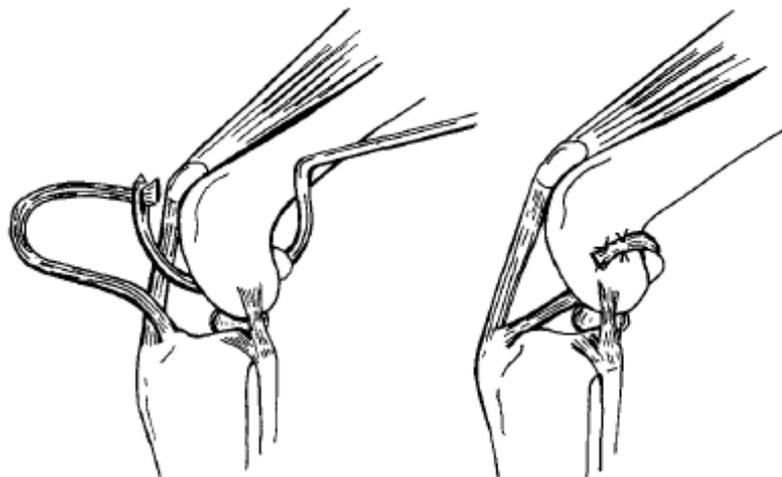


Figura 8- Técnica *Over-the-top*. Imagem adaptada de *A Guide to Canine and Feline Orthopaedic Surgery* (Denny e Butterworth 2000).

Atualmente, as técnicas intracapsulares para a estabilização articular não são tão frequentemente utilizadas como as osteotomias da tíbia e como as técnicas extracapsulares (Jerram e Walker 2003; Snow et al, 2010; Winkels et al, 2010). Alguns estudos têm demonstrado que os enxertos podem passar por um processo de necrose demasiado precoce e que a remodelação e revascularização do enxerto é um processo lento, resultando num tecido substituído que não tem a força suficiente para estabilização

da articulação (Warzee et al, 2001). A artrotomia é aconselhada por alguns autores, já que permite a inspeção da cápsula articular, a remoção do ligamento roturado ou parcialmente roturado e a inspeção dos meniscos (Manley 2010; Mattila 2012; Roush 2013), sendo que ainda não existe consenso sobre se se deve abrir a capsula articular ou não (Roush 2013).

1.3.2.2. Técnicas extracapsulares

As técnicas extracapsulares são outra forma de conseguir estabilizar a articulação do joelho em situações de rotura do LCCr, cujo procedimento cirúrgico demonstra ser mais fácil e rápido de realizar do que as técnicas intracapsulares, requerendo pouco material cirúrgico com poucos custos associados (Vasseur 1993; Jerram e Walker 2003; Cook 2010;). O conceito básico das técnicas extracapsulares inclui a utilização de um material biológico ou sintético como o *nylon* ou arame cirúrgico (Warzee et al, 2001; Schulz 2013), através da fixação externa à articulação em pontos específicos na tíbia e fémur, de forma a permitir uma certa resistência à translação cranial da tíbia, rotação interna e/ou hiperextensão da articulação (Denny e Butterworth 2000; Cook 2010; Harasen 2010; Pozzi et al, 2010; Tamburro et al, 2012; Cinti et al 2015). No entanto, ainda há bastantes dúvidas sobre qual o ângulo da articulação ideal para apertar/fixar a sutura (Fischer et al, 2010). O principal problema deste procedimento é o material poder ficar mais laxo ou quebrar algum tempo depois da sua implantação, o que significa que a estabilização da articulação pode ser comprometida (Slocum e Slocum 1993; Cook 2010;). Apesar disso, é de esperar que o implante se mantenha íntegro tempo suficiente (6 a 8 semanas) para que se produza uma fibrose periarticular que limite o movimento da tíbia (Vasseur 1993; Lazar et al, 2005; Cook 2010; Bertocci et al, 2016).

Em todas as técnicas extracapsulares deve-se garantir que os pontos de fixação das suturas sejam o mais isométricos possível, de forma a existir uma boa estabilização da articulação durante toda a fase de movimento, minimizando a carga nos implantes (Cook 2010; Cinti et al, 2015). O ponto de fixação da tíbia deve ser caudal à fossa muscular onde passa o tendão do músculo extensor digital longo; o ponto de fixação do fémur deve ser no côndilo femoral lateral, distalmente à sua articulação com a fabela lateral e o mais caudal possível. A utilização da fabela lateral como ponto de fixação também é considerado aceitável (Cook 2010; Fischer et al, 2010; Roush 2013).



Figura 9- Representação anatómica dos pontos isométricos do fémur e da tíbia. Imagem adaptada de *Advances in the Canine Cranial Cruciate Ligament* (Muir 2010).

1.3.2.2.1. Técnicas de imbricação

A maior parte das técnicas extracapsulares são denominadas, erradamente, de técnicas de imbricação (Schulz 2013). A verdadeira técnica de imbricação (imbricação fascial) é realizada com o encerramento do acesso medial ou lateral do joelho através de suturas de *Lembert*, reforçando a ligação da fáscia lata e do retináculo (Vasseur 1993; Denny e Butterworth 2000; Tonks et al, 2011; Schulz 2013). DeAngelis e Lau melhoraram esta técnica, aconselhando a colocação de uma sutura em torno da fabela lateral até ao ponto de inserção do ligamento patelar, no entanto o facto de ambas as terminações do fio de sutura ficarem ancoradas nos tecidos moles, predispõe a um risco elevado de haver uma falha prematura dos implantes (Vasseur 1993; Denny e Butterworth 2000; Tonks et al, Pozzi 2011;). A partir desta técnica foram surgindo várias que evoluem a utilização de um maior número de suturas ou a ancoragem em túneis ósseos em vez de em tecidos moles, como a técnica modificada de imbricação do retináculo descrita por Flo em 1975 (Denny e Butterworth 2000; Jerram e Walker 2003; Cook 2010; Tonks et al, 2011; Mattila 2012). Esta consiste na colocação de suturas laterais e mediais à fabela com o ponto de ancoragem localizado num túnel na tuberosidade tibial (Denny e Butterworth 2000; Pozzi et al, 2010; Mattila 2012).

As complicações associadas a estas técnicas podem surgir em 17% a 25% dos casos e compreendem infeção, reação inflamatória dos tecidos, subsequente rotura dos meniscos, dano no nervo peronial, dor e instabilidade articular (Cook 2010). A maioria destas complicações relaciona-se com uma falha prematura dos materiais que pode ser

devido a uma má qualidade dos mesmos, à presença de pontos não isométricos e/ou ao insucesso na fixação dos implantes (Cook 2010).

1.3.2.2.2. *Tightrope*

Esta técnica criada por Cook em 2007, consiste na realização de túneis ósseos no fêmur e na tíbia em localizações isométricas utilizando guias (Cook 2010; Harasen 2010; Mattila 2012). Um implante, sujeito a força de tensão, é passado através desses orifícios e fixado na face medial do fêmur e da tíbia com um botão e uma agulha de bloqueio (Cook 2010; Tonks et al, 2011). Esta técnica foi criada como o intuito de poder ser utilizada em animais jovens e com maior peso, uma vez que as técnicas anteriores foram desenvolvidas tendo em vista preferencialmente o tratamento cães idosos e pequenos (G. Harasen 2010).

A *Tightrope* (TR) foi associada a um menor tempo de anestesia e menores taxas de complicações (Cook 2010; Christopher et al, 2013;). Cinti e colegas, vieram reforçar a ideia de que a técnica TR é um procedimento que permite uma eficaz diminuição do deslocamento cranial da tibial e impede a rotação interna da mesma em relação ao fémur (Cinti et al, 2015).

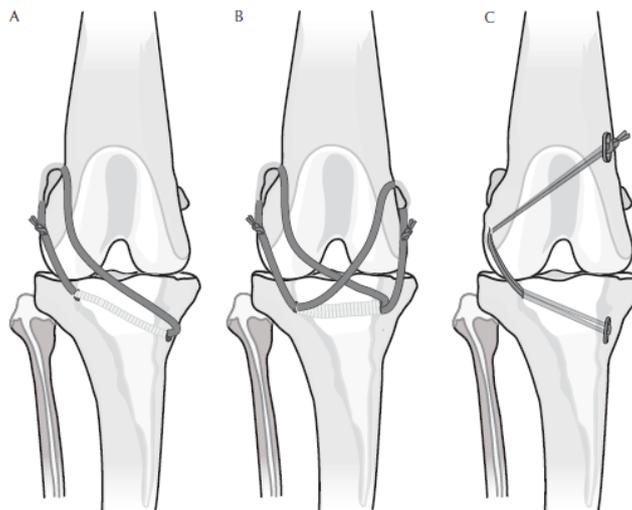


Figura 10- Técnicas extracapsulares: (A) Sutura Lateral Femorotibial; (B) Imbricação do Retináculo Lateral Modificada; (C) *TightRope*. Imagem adaptada de *Advances in the Canine Cranial Cruciate Ligament*. (Muir 2010).

1.3.2.2.3. Técnica do avanço da cabeça da fíbula

Esta técnica foi criada por Smith e Torg em 1985 e consiste no avanço cranial da cabeça da fíbula, permitindo reorientar o ligamento colateral lateral de forma a que este impeça a translação cranial da tíbia e a sua rotação interna (Vasseur 1993; Jerram e Walker 2003; Cook 2010; Mattila 2012; Schulz 2013;). O ligamento colateral lateral é um tecido

vascularizado que hipertrofia em resposta ao aumento do *stress* a que está sujeito (Vasseur 1993). Este procedimento pode ser realizado isoladamente ou associado a outras técnicas de estabilização (Schulz 2013).

Esta técnica era comumente utilizada, no entanto tornou-se uma técnica já em desuso pela elevada percentagem de complicações associadas onde se inclui a instabilidade da articulação, lesões nos meniscos, fratura da fíbula e progressão da osteoartrite (Vasseur 1993; Jerram e Walker 2003; Pacchiana et al, 2003). Daí alguns autores afirmarem que a taxa de sucesso do avanço da cabeça da fíbula é inferior às outras técnicas extracapsulares (Moore e Read 1995).

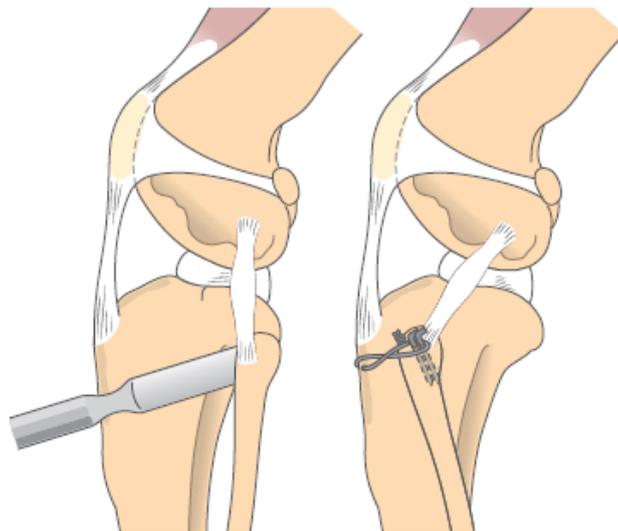


Figura 11- Técnica de avanço da cabeça da fíbula. Imagem adaptada de *Diseases of the Joints*. In T. W. Fossum (Ed.), *Small Animal Surgery Textbook* (Shulz 2013).

Relativamente às técnicas extracapsulares, muitos cirurgiões sugeriram que os resultados pós-cirúrgicos destas técnicas são inferiores aos obtidos através das técnicas de osteotomia tibial (Cook 2010). No entanto, a utilização destes procedimentos reflete-se numa melhoria de 85% a 94%, sendo que, em alguns cães com artrite avançada ou fibrose periarticular exuberante, pode ocorrer claudicação pós-operatória (Roush 2013). Além disso, Cook e seus colaboradores, demonstraram que não havia diferenças entre a *TPLO* e a técnica *Tightrope*, relativamente à recuperação funcional dos animais, seis meses depois da cirurgia (Cook et al, 2010). Desta forma, a informação adquirida sugere que o *TightRope* é uma técnica que pode ser utilizada com sucesso em animais de raça grande a gigante, pois os resultados baseados na funcionalidade da articulação, na observação dos proprietários e dos veterinários acerca da recuperação, no exame radiográfico e na força muscular, demonstram que não existe diferenças de resultados nos dois tipos de procedimentos (Cook et al, 2010; Cook 2010; Tonks et al, 2011). O maneio pós operatório nas técnicas extracapsulares varia conforme o procedimento efetuado, o animal e a preferência do cirurgião (Cook 2010).

É importante referir que, nos cães com fratura de avulsão da zona de inserção do ligamento, o tratamento pode ser conseguido através da colocação de uma banda de tensão ou um parafuso de forma a fixar a extremidade do ligamento que sofreu avulsão (Vasseur 1993; Kowaleski et al, 2012b).

1.3.2.3. Osteotomias niveladoras da tibia

Estas técnicas, contrariamente ao que se pretende nas técnicas extra e intracapsulares, têm como objetivo a alteração da biomecânica da articulação de forma a que não seja necessária a presença do ligamento cruzado cranial (Slocum e Slocum 1993; Jerram e Walker 2003; Kim et al, 2008; Kim et al, 2009;). Assim, o princípio base destas técnicas não é estabilizar a articulação do joelho, mas sim alterar a geometria articular de modo a eliminar o avanço cranial da tibia (Jerram e Walker 2003).

Tal como já foi referido, a articulação do joelho permanece estável devido à restrição passiva dos ligamentos, meniscos, cápsula articular e pela restrição ativa dos músculos e tendões (Lazar et al. 2005; K. Johnson et al. 2011; Schulz 2013). Quando há apoio de peso, as forças de reação do solo e as forças musculares geram cargas compressivas na superfície articular da tibia (Schulz 2013). Como resultado da inclinação dirigida caudalmente do *plateau* tibial, à medida que a tibia suporta carga, é gerada uma força que induz a translação cranial da tibia no caso de haver rotura do LCCr (Warzee et al, 2001; Reif et al, 2002; Lazar et al, 2005; Schulz 2013;). Assim, se a inclinação do *plateau* tibial diminuir, o avanço cranial da tibia também se reduz (Schulz 2013).

De acordo com o modelo de Slocum, a magnitude do impulso tibial cranial que ocorre durante a fase de apoio de peso numa articulação com rotura do LCCr, é dependente do grau de da inclinação caudodistal do *plateau* tibial (Kowaleski et al, 2012b).

Em 1984, Slocum descreveu a técnica *Cranial Tibial Wedge Osteotomy (CTWO)* - Osteotomia Cranial em Cunha da Tibia, cujo objetivo passa por eliminar a subluxação cranial da tibia durante o apoio de carga, pela redução caudal da inclinação do *plateau* tibial (Jerram e Walker 2003; Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012b). Desde então, foram desenvolvidas novas técnicas tais como a *Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO)* - Osteotomia Niveladora do *Plateau* da Tibia; *Triple Tibial Osteotomy (TTO)* - Osteotomia Tripla da Tibia e a *Tibial Tuberosity Advancement (TTA)* - Avanço da Tuberosidade Tibial que tem como objetivo a neutralização dinâmica da instabilidade craniocaudal, pela alteração do alinhamento do tendão patelar com o *plateau* tibial (Kim et al, 2008).

1.3.2.3.1. Osteotomia Cranial em Cunha da Tíbia - *Cranial Tibial Wedge Osteotomy (CTWO)*

Esta técnica foi a primeira a ser desenvolvida na tentativa de eliminar o avanço cranial da tíbia, pela redução do APT (Kim et al. 2008; Kowaleski et al, 2012b). Isto é conseguido pela remoção de uma cunha de osso da tíbia proximal, seguido de correção do defeito pela aposição dos fragmentos ósseos originados pela osteotomia e posterior estabilização/fixação através de uma placa óssea, utilizando os princípios de osteossíntese padronizados (Corr e Brown 2007; Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012a). A osteotomia deve ser realizada o mais proximal possível, tendo o cuidado de preservar um segmento do osso proximal suficientemente grande, de forma a permitir a fixação com pelo menos 3 parafusos em cada segmento (Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012a). De modo a alcançar a neutralização da subluxação tibial cranial, deve ser conseguido um ângulo do *plateau* tibial de 5° no pós-operatório, no entanto, para alcançar esse objetivo, é necessário saber qual o ângulo da cunha óssea que deve ser removido (Kim et al, 2008).

Apesar das tentativas em atingir um *plateau* tibial desejado, foram observadas discrepâncias nos ângulos do *plateau* tibial após a realização da técnica cirúrgica (Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012a). Assim, deve ser calculado o ângulo da cunha óssea a ser retirada antes e durante a cirurgia, para minimizar a variabilidade no pós-operatório do APT (Kim et al. 2008). Além da variabilidade do APT, as desvantagens da CTWO englobam o possível encurtamento do membro intervencionado, alteração da geometria da articulação femoropatelar – a patela fica mais baixa relativamente ao fêmur originando hiperextensão da articulação do joelho, bem como as complicações pós-operatórias como a não união óssea ou falha na fixação dos fragmentos (Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012a). As vantagens incluem a capacidade de abordar zonas bastante inclinadas do *plateau* tibial, não sendo necessário equipamento especializado (Kim et al, 2008). É também a única técnica que pode ser aplicada em animais com as placas de crescimento tibiais abertas, mas que são velhos de mais para uma epifisiodesse proximal tibial (Kowaleski et al, 2012a).

É importante referir que inicialmente a CTWO foi desenvolvida para ser utilizada em conjunto com as técnicas de estabilização como por exemplo as de imbricação (Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012a).



Figura 12- Osteotomia Cranial em Cunha da Tíbia. Imagem adaptada de *Veterinary Surgery Small Animal* (Kowaleski, et al, 2012a).

1.3.2.3.2. Osteotomia Niveladora do *Plateau* da Tíbia - *Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO)*

a) Princípios biomecânicos

A osteotomia niveladora do *plateau* tibial (*TPLO*) foi descrita pela primeira vez em 1993 por Slocum e Slocum, como o mesmo objetivo referido anteriormente, ou seja, abordar a instabilidade articular decorrente de uma rotura do LCCr, através da diminuição da inclinação caudodistal do *plateau* tibial, evitando a translação cranial da tíbia (Slocum e Slocum 1993; Warzee et al, 2001; Reif et al, 2002; Kowaleski et al, 2005; Talaat et al, 2006; Boyd et al. 2007; Kim et al, 2008; Milovancev e Schaefer 2010; Gatineau et al, 2011; K. Johnson et al, 2011; Kowaleski et al, 2012a; Adrian et al. 2013; Brown et al, 2014). Isto é conseguido pela realização de uma osteotomia radial da tíbia proximal com a rotação caudoventral do segmento proximal, de forma a permitir a manipulação precisa da inclinação do *plateau* tibial (Kowaleski et al, 2005; Apelt et al, 2007; Kim et al, 2008; Boudrieau 2009a; Milovancev e Schaefer 2010; Collins et al, 2014). No entanto, este procedimento não previne uma possível rotação interna da tíbia ou hiperextensão (Kowaleski et al, 2012a). A determinação pré-operatória do APT do animal, permite o cálculo da rotação que é necessário aplicar de forma a obter um APT de $6.5^\circ \pm 0.9$, idealmente 5° , no pós-cirúrgico capaz de neutralizar o avanço cranial da tíbia (Reif et al, 2002; Jerram e Walker 2003; Kowaleski et al, 2005; Lazar et al, 2005; Stauffer et al,

2006; Talaat et al, 2006; Kim et al, 2008; Boudrieau 2009a; Milovancev e Schaefer 2010; Kowaleski et al, 2012a). Além disso, deve-se ter especial atenção que, com esta técnica, uma rotação excessiva pode causar um aumento de tensão sobre o ligamento cruzado caudal, uma vez que a *TPLO* transforma a translação cranial da tíbia numa força caudal (Slocum e Slocum 1993; Warzee et al, 2001; Reif, et al, 2002; Kim et al, 2008; Milovancev e Schaefer, 2010; K. Johnson et al, 2011; Kowaleski et al, 2012a; Brown et al, 2014).

É importante referir que esta técnica apenas atua na dinâmica de uma articulação instável, ou seja, é necessária uma exploração das estruturas intra-articulares com uma adequada sondagem e observação dos meniscos ou de outras alterações que acompanhem a rotura (Milovancev e Schaefer 2010). A prática clássica, quando se realiza a abertura da cápsula articular, mesmo em cães com rotura do LCCr parcial, é remover totalmente o ligamento cruzado (Gatineau et al, 2011). No entanto, podem ser abertas exceções quando se aplica a *TPLO*, uma vez que esta técnica aparenta ter um efeito protetor no ligamento cruzado cranial em cães diagnosticados com rotura parcial do LCCr (Fitzpatrick et al, 2010; Gatineau et al, 2011). Desta forma, o ligamento que permanece é capaz de manter a relação entre os côndilos femorais e o *plateau* da tíbia, bem como impedir a rotação e os movimentos *varus-valgus*, minimizando o risco de ocorrer *pivot shift* ou lesão dos meniscos (Stein e Schmoekel 2008; Gatineau et al, 2011; MacDonald et al, 2013).



Figura 13- Osteotomia niveladora do plateau da tíbia – *TPLO*. Imagem adaptada de *Standard Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO). System for stabilizing osteotomies of the canine proximal tibia. Technique guide.* (Synthes® 2006).

Aparentemente, a *TPLO* diminui os efeitos adversos no menisco medial, protegendo-o de lesões pós-operatórias (Milovancev e Schaefer 2010). Ainda assim, a necessidade de intervenção do menisco medial enquanto se realiza a *TPLO* tem sido debatida e parece que está relacionada com a qualidade da exploração intraoperatória dos meniscos (Milovancev e Schaefer 2010). No entanto, alguns artigos contradizem esta informação, afirmando que esta osteotomia pode originar um aumento de pressão na porção caudal da articulação femorotibial, afetando o aspeto caudal do menisco, danificando o mesmo (Brown et al, 2014; Bureau 2017).

O peso do animal não é um problema quando se realiza esta técnica desde que sejam escolhidos os implantes corretos (Milovancev e Schaefer 2010; Synthes® 2006).

b) Pré-cirurgia e técnica cirúrgica

Na *TPLO* os procedimentos efetuados antes da cirurgia são extremamente importantes, visto que o resultado final depende do cálculo do ângulo desejado de forma a eliminar os efeitos biomecânicos da rotura do LCCr. A obtenção de duas imagens radiográficas para planejar a cirurgia é essencial. Na projeção mediolateral (plano sagital), com a articulação do joelho fletida a 90° e a tibia paralela ao plano de cassete, é medido o APT, são escolhidas as lâminas apropriadas, é identificado o local da osteotomia e é quantificada a rotação do *plateau* da tibia (Kowaleski et al, 2012a). Na projeção caudocranial (plano frontal), é avaliada a presença de deformidades angulares ou rotacionais e é identificada a localização da cabeça da fíbula como ponto de referência intraoperatório (Kowaleski et al, 2012a). Atualmente sabe-se que a posição do membro quando se realiza a radiografia pode influenciar a medição do APT, sendo que a posição proximal e cranial do membro relativamente ao feixe de raio x resulta numa sobrestimação, enquanto um posicionamento caudal e distal origina uma subestimação do APT (Boudrieau 2009a; Milovancev e Schaefer 2010).

O ângulo do *plateau* tibial é o ângulo definido entre a linha que forma o *plateau* tibial e outra linha perpendicular ao eixo longitudinal da tibia (Jerram e Walker 2003; Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012a). A linha que determina o *plateau* tibial é traçada entre as margens cranial e caudal do côndilo tibial medial; o eixo longitudinal da tibia corresponde à linha que une o ponto médio entre as eminências intercondilares e o centro da articulação do tarso (Kowaleski et al, 2012a). Depois de calculado o ângulo, com a utilização de uma tabela específica, é possível determinar a magnitude de rotação desejada de forma a atingir um APT pós-operatório de 5° (Kowaleski et al, 2012a).

TPLO Rotation. Quick Reference Chart.

Preoperative Tibial Plateau Angle (TPA)		15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°		
Rotation (mm) — Provides Resultant 5° TPA																													
Saw Radius	15 mm	2.6	2.8	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6	4.9	5.1	5.4	5.6	5.9	6.1	6.4	6.6	6.9	7.1	7.4	7.6	7.9	8.1	8.4	8.6	8.8		
	18 mm	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9	5.2	5.5	5.8	6.1	6.5	6.8	7.1	7.4	7.7	8.0	8.3	8.6	8.9	9.2	9.5	9.8	10.1	10.3	10.6		
	21 mm	3.6	4.0	4.3	4.7	5.0	5.4	5.8	6.1	6.5	6.8	7.2	7.5	7.9	8.3	8.6	9.0	9.3	9.7	10.0	10.4	10.7	11.1	11.4	11.8	12.1	12.4		
	24 mm	4.1	4.5	5.0	5.4	5.8	6.2	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	9.0	9.5	9.9	10.3	10.7	11.1	11.5	11.9	12.3	12.7	13.1	13.5	13.9	14.3		
	27 mm	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	7.0	7.4	7.9	8.4	8.8	9.3	9.7	10.2	10.6	11.1	11.6	12.0	12.5	12.9	13.4	13.8	14.3	14.7	15.2	15.6	16.1		
	30 mm	5.2	5.7	6.2	6.7	7.2	7.8	8.3	8.8	9.3	9.8	10.3	10.8	11.3	11.8	12.3	12.9	13.4	13.9	14.4	14.9	15.4	15.9	16.4	16.9	17.4	17.9		

Tabela 2 Tabela de referência para o ângulo da serra consoante o APT calculado no período pré-operatório. Adaptada de *Standard Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) System. For stabilizing osteotomies of the canine proximal tibia. Technique guide* (Synthes® 2006)

Cães com um ângulo do *plateau* tibial pré-operatório superior a 35°, têm maior incidência de complicações pós-operatórias, com perda do APT pretendido inicialmente durante o período de recuperação pós-cirúrgica (Milovancev e Schaefer 2010; Coletti et al, 2014). Alguns autores sugerem a junção da *TPLO* com a *Cranial Closing Wedge Osteotomy (CCWO)* em animais com um APT pré-operatório maior do que 34°, de modo a atingir a redução mínima do APT sem provocar rotações extremas do fragmento proximal da tibia (Slocum e Slocum 1993; Talaat et al, 2006). No entanto, a junção das duas técnicas, possui um maior número de complicações pós-cirúrgicas em relação à utilização da *TPLO* isoladamente (Talaat et al, 2006).

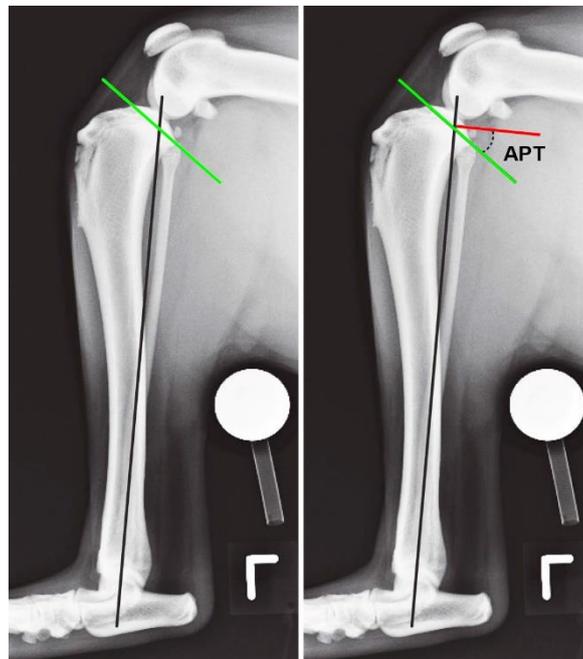


Figura 14- O APT é determinado pela interseção do eixo do *plateau* tibial (linha verde) com o eixo longitudinal da tibia (linha preta). Uma linha perpendicular ao eixo longitudinal da tibia pode ser utilizado para facilitar a medição (linha vermelha). Imagem adaptada de *Veterinary Surgery Small Animal* (Tobias 2012).

A variabilidade intra e interobservador na avaliação do APT pode influenciar no planejamento pré-operatório, bem como nos resultados pós-operatórios relativos ao APT (Boudrieau 2009a; Milovancev e Schaefer 2010; Kowaleski, et al, 2012a;). Além de existir uma variação entre indivíduos quando se realiza a medição do APT, há também variação em relação ao cirurgião, ou seja, qual a sua experiência e técnica de medição (Brown et al, 2014). Isto torna-se importante, uma vez que um ângulo de rotação errado do fragmento tibial pode alterar a biomecânica articular (Brown et al, 2014).

Uma das principais preocupações que se deve ter em consideração na realização desta técnica é o local onde se irá realizar a osteotomia, de forma a permitir um correto nivelamento sem alterações anatômicas (Boudrieau 2009a; Kowaleski et al, 2012a; Mossman et al. 2015). Existem várias hipóteses para o posicionamento da linha de osteotomia, no entanto, matematicamente foi confirmado que a localização centralizada da linha de corte no limite proximal do eixo longitudinal da tíbia é a mais correta (Kowaleski et al, 2012a Collins et al, 2014;). Esta localização possibilita que os pontos que definem o *plateau* da tíbia e o limite proximal do eixo tibial, se incluam simultaneamente no segmento sujeito a osteotomia, o que permite que a distância entre eles se mantenha e que sejam sujeitos a rotações similares, evitando deformações angulares (Kowaleski et al, 2005; Kowaleski et al, 2012a).

Existem diversos métodos pré-cirúrgicos e intracirúrgicos que auxiliam na realização do corte preciso na *TPLO* (Collins et al, 2014), uma vez que, durante a realização da cirurgia, os pontos de referência perdem-se pela sobreposição dos tecidos moles. Por exemplo, Slocum e Slocum na sua técnica original, descrevem a utilização de uma guia para auxiliar na orientação da osteotomia, de forma a precisar a localização ideal para o corte (Slocum e Slocum 1993; Collins et al, 2014;). No entanto, com esta abordagem, concluiu-se que o corte era realizado ligeiramente mais distal que o pretendido (Slocum e Slocum 1993; Collins et al, 2014;). Outra técnica descreve o posicionamento de uma agulha no aspeto medial da articulação do joelho, ao nível dos tubérculos intercondilares, mas que pode originar lesão nos meniscos. Desta forma, a medição e o planejamento pré-cirúrgico são os métodos mais eficazes na obtenção de uma osteotomia o mais centrada possível (Collins et al, 2014).

Várias técnicas de medições pré-cirúrgicas do local de osteotomia na *TPLO* foram descritas, sendo que Mossman e seus colaboradores, compararam três delas, utilizando como referência as imagens radiográficas pré-operatórias (Mossman et al, 2015). Verificou-se que as técnicas A e B tiveram melhores resultados que a C (Mossman et al, 2015).

A técnica B implicou a utilização de agulhas de 25 gauge para identificar o nível do *plateau* tibial, mas o risco de lesão do menisco iatrogénica é elevada com este procedimento (Mossman et al, 2015).

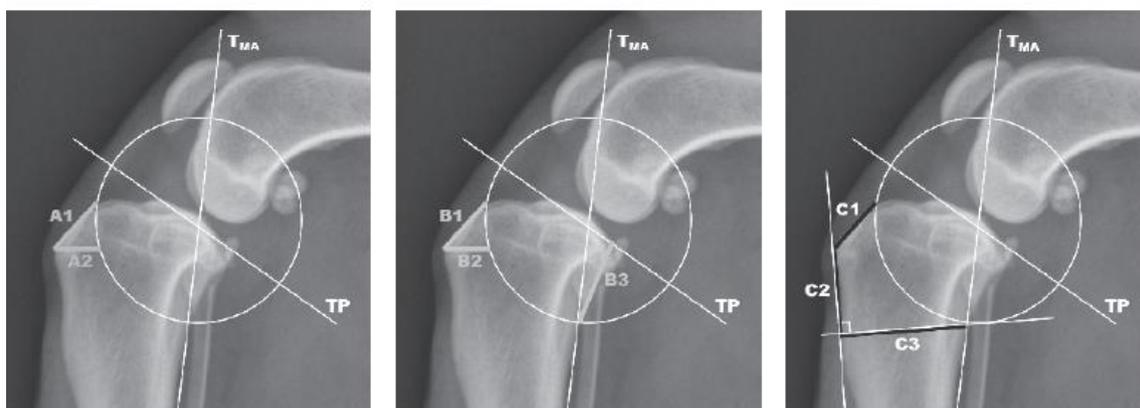


Figura 15- Imagem da esquerda corresponde à técnica A, a do centro à B e a da direita à técnica C. Imagem adaptada de *Accuracy of three pre- and intra-operative measurement techniques for osteotomy positioning in the tibial plateau levelling procedure* (Mossman et al, 2015).

Técnica A	Foi descrita por Talaat et al e Kowaleski et al, e consiste na medição de duas distâncias: a distância A1 (medida ao longo do bordo cranioproximal da tibia, correspondendo à distância entre a inserção do tendão patelar e o ponto de saída da linha de osteotomia) e a A2 (medida ao longo de uma linha perpendicular ao bordo cranial da crista tibial e é a distância entre a inserção do tendão patelar e o ponto de saída da linha de osteotomia) (Mossman et al, 2015; Talaat et al, 2006);
Técnica B	Descrita por Woodbridge et al, tem um total de 3 medições (Mossman et al, 2015). As duas primeiras medidas são obtidas como referido na técnica A, sendo a terceira medição (B3) usada para determinar o local de saída da osteotomia, que vai desde este local até osso subcondral da porção mais caudal do <i>plateau</i> tibial (Mossman et al, 2015);
Técnica C	Foi apresentada por Collins et al e é considerada a menos precisa das três (Collins et al, 2014). A medida C1 é a mesma que a A1 e a B1; a C2 corresponde à distância entre o local de inserção do tendão patelar até ao ponto de interseção perpendicular com C3; esta última, é medida ao longo de uma linha perpendicular ao bordo cranial da crista tibial e é igual à distância desse local até ao ponto de saída da osteotomia do córtex caudal tibial (Mossman et al, 2015).

Tabela 3-Tabela que resume as diferentes formas de obter o local onde se deve realizar a osteotomia (Mossman et al, 2015; Talaat et al, 2006).

Como referido anteriormente, antes da técnica cirúrgica é aconselhada a examinação e exploração das estruturas intra-articulares através de artroscopia ou de artrotomia (Kowaleski et al, 2012b). Os principais objetivos são a confirmação da rotura do ligamento cruzado cranial e a remoção do mesmo, no entanto alguns cirurgiões, em casos de rotura parcial, deixam o ligamento intacto (Fitzpatrick et al, 2010; Kowaleski et al, 2012b). Este tema ainda gera alguma controvérsia sobre a necessidade de remoção

ou não dos fragmentos do LCCr (Kowaleski et al, 2012b). Além disso, a exploração serve para verificar se existem ou não lesões nos meniscos e ponderar o seu tratamento caso seja necessário, bem como confirmar se existe rotura do ligamento cruzado caudal, quantificar o grau de osteoartrite e de alteração da cartilagem (Kowaleski et al, 2012b). Na *TPLO*, a técnica cirúrgica é realizada através de um acesso medial à tíbia proximal (Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012b). Utiliza-se uma lâmina bi-radial para a realização da osteotomia e posteriormente, aplica-se medialmente um gabarito de perfuração específico de modo a permitir o alinhamento dos segmentos ósseos, enquanto se inicia a rotação do segmento proximal (Kim et al. 2008; Kowaleski, et al, 2012b). A osteotomia deve ser centrada sobre os tubérculos intercondilares para garantir uma rotação precisa e manter osso suficiente no segmento proximal, de forma a obter um ângulo correto na hora da fixação dos segmentos ósseos (Kim et al, 2008). A fixação é efetuada com uma placa específica para a técnica *TPLO* (Slocum e Slocum 1993).

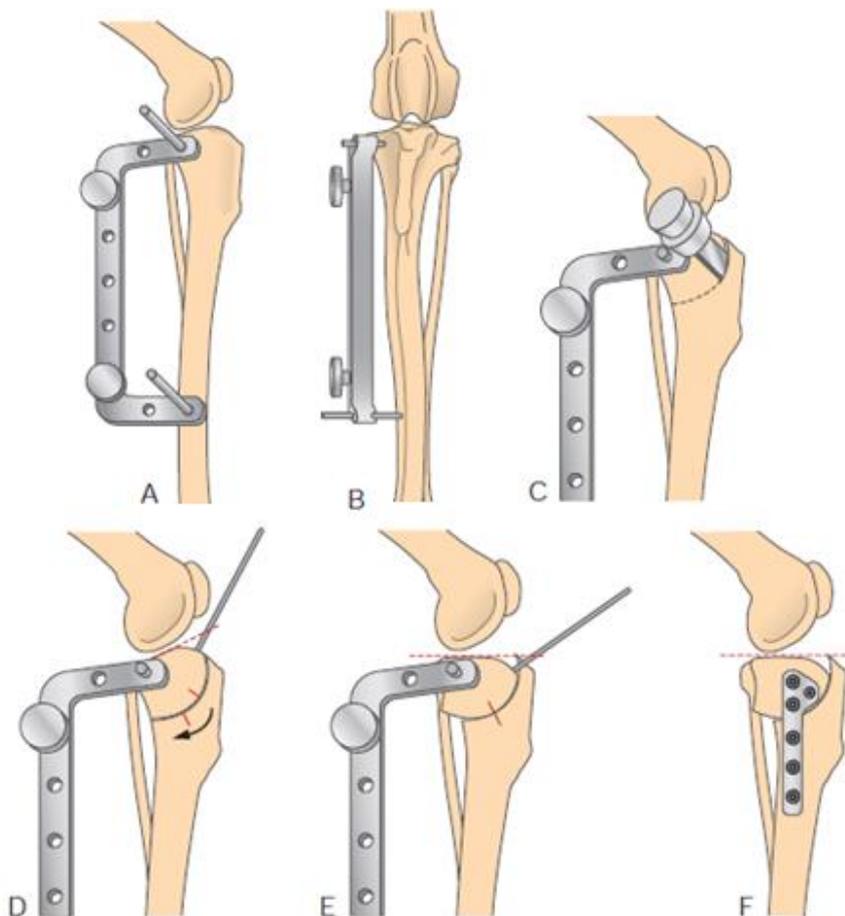


Figura 16- Procedimento cirúrgico da técnica *TPLO*: (A) e (B) correspondem ao posicionamento do gabarito de perfuração perpendicularmente ao eixo longo da tíbia; (C) Realização da osteotomia com profundidade de um terço do osso, mantendo a serra paralela à guia; (D) Marcação do osso para a rotação; (E) Rotação do segmento proximal de forma a alinhar as marcas realizadas anteriormente; (F) Fixação o fragmento de osteotomia com uma placa e parafusos adequados ao osso. Imagem adaptada de *Diseases of the Joints. In T. W. Fossum (Ed.), Small Animal Surgery Textbook* (Shulz 2013).

Um posicionamento incorreto da osteotomia pode resultar num incorreto nivelamento do *plateau* tibial e complicações como deformações angulares e rotacionais, bem como fratura da tuberosidade tibial (Kim et al, 2008). Slocum e Slocum referem, ainda, a colocação de um enxerto de osso esponjoso sobre o local da osteotomia (Slocum e Slocum 1993).

c) Pós- cirúrgico e possíveis complicações

As complicações pós-cirúrgicas da *TPLO* variam de 18 a 28 %, podendo mesmo chegar aos 34%, sendo que as complicações mais altas foram encontradas em cães que foram submetidos à *TPLO* realizada simultaneamente nos dois membros (Pacchiana et al, 2003; Priddy et al, 2003; Stauffer et al, 2006; Boudrieau 2009a; Kim et al, 2008; Fitzpatrick et al, 2010; Milovancev e Schaefer 2010; Gatineau et al, 2011; Kowaleski et al, 2012b; Collins et al, 2014). A elevada frequência de complicações deve-se, sobretudo, ao elevado número de casos descritos na literatura e muitos desses estudos serem experiências iniciais com a *TPLO* (Kim et al, 2008). No entanto, a grande parte das complicações não necessita de uma segunda intervenção (somente 1,6 a 8,4 % dos casos) e compreendem hemorragias, inflamação, edemas e reações dos tecidos moles envolventes, problemas na linha de sutura, inflamação do tendão patelar, fraturas da tibia ou fíbula, lesões dos meniscos, falha dos implantes e infeções (Jerram e Walker 2003; Pacchiana et al, 2003; Priddy et al, 2003; Carey et al, 2005; Corr e Brown 2007; Kim et al, 2008; Boudrieau 2009a; Milovancev e Schaefer 2010; Fitzpatrick et al, 2010; Gatineau et al, 2011; Bergh e Peirone 2012; Kowaleski et al, 2012b; Solano et al, 2015). Dentro destas complicações, as mais comuns são a fratura da tuberosidade tibial, a falha dos implantes, a tendinite do tendão patelar, rotura dos meniscos e infeção (Pacchiana et al, 2003; Fitzpatrick et al, 2010; Coletti et al, 2014). As infeções que se apresentam como artrite séptica, osteomielite ou infeção da linha de incisão representam 0,8–14,3% das complicações da *TPLO*, o que corresponde a uma percentagem elevada quando comparada com outros procedimentos cirúrgicos (Kim et al, 2008; Fitzpatrick et al, 2010; Gatineau et al, 2011; Nazarali et al, 2014; Solano et al, 2015). Desta forma, a necessidade de aplicação de uma correta terapia antimicrobiana antes da cirurgia é, atualmente, alvo de estudos (Nazarali et al, 2014; Yap et al, 2015). A presença de neoplasia foi associada a alguns implantes utilizados na realização da técnica, mas uma causa direta ainda não foi provada (Kim et al, 2008; Fitzpatrick et al, 2010; Kowaleski et al, 2012b). Outra complicação associada à *TPLO* é chamada de *pivot shift* que corresponde à combinação da translação cranial da tibia com a rotação interna da articulação (Boudrieau 2009a; Milovancev e Schaefer 2010; Gatineau et al,

2011; Schulz 2013). Apesar da causa deste mecanismo ainda permanecer pouco clara (Boudrieau 2009a; Schulz 2013), ocorre maioritariamente em cães com maior massa muscular com *genu varum* (Milovancev e Schaefer 2010). Fitzpatrick e colaboradores, num estudo retrospectivo das complicações da *TPLO*, concluíram que a realização da *TPLO* bilateral simultaneamente não aumenta a percentagem de complicações, que a raça não tem relação com a probabilidade de rotura bilateral, que existe uma associação entre o elevado peso corporal e a possibilidade de ocorrência de complicações e por fim, que a taxa de infeção não é influenciada pela idade, pelo tipo de implante ou pelo tempo de anestesia/cirurgia (Fitzpatrick et al, 2010; Solano et al, 2015). Alguns estudos referem que incidência de infeção aumenta em cães pesados e machos, e que é menor em Labradores e nos casos em que se administra antibiótico pré cirurgicamente (Fitzpatrick et al, 2010; Coletti et al, 2014; Solano et al, 2015; Yap et al, 2015). No geral, a percentagem de complicações tem vindo a diminuir devido ao avanço da técnica cirúrgica e desenvolvimento de novos implantes, bem como pelo aumento da experiência dos cirurgiões (Bergh e Peirone 2012).

O desenvolvimento e a progressão da osteoartrite encontra-se dependente do grau de alteração que se verifica na superfície articular (Kim et al, 2009). A *TPLO* pode, efetivamente, causar um indesejado mau contato articular pela modificação do alinhamento femorotibial fisiológico (Kim et al, 2009). Apesar de, segundo Slocum, haver uma quebra da progressão da osteoartrite com a utilização da *TPLO* (Slocum e Slocum 1993), estudos como o de Boyd e colaboradores, confirmam que existem sinais radiográficos, um ano após a cirurgia, que mostram a progressão da osteoartrite, semelhantes à das restantes técnicas (Lazar et al, 2005; Lineberger et al, 2005; Boyd et al, 2007).

A restrição do exercício físico é feita durante 4 semanas, seguindo-se um plano de passeios lentos com trela, duas a quatro vezes por dia, durante 5 a 8 semanas, sendo a avaliação radiográfica realizada 6 a 8 semanas depois da cirurgia para avaliar a linha de osteotomia (Kowaleski et al, 2012b). Atualmente, sabe-se que a realização de sessões de fisioterapia tem vindo a demonstrar bons resultados no aumento da amplitude do movimento em animais submetidos à técnica cirúrgica, 3 a 6 meses após a *TPLO* quando comparada com a restrição em casa do exercício (Milovancev e Schaefer 2010; Kevin et al, 2010; Kowaleski et al, 2012b;). A perda de amplitude de movimentos está também relacionada com a osteoartrite na zona cranial da articulação femorotibial (Milovancev e Schaefer 2010). Um estudo radiográfico de 40 cães demonstrou a presença significativa de osteófitos 6 meses após a realização da *TPLO*,

no entanto a progressão da osteofitose não foi evidente na maioria dos animais intervencionados (Kim et al, 2008).

A *TPLO* tem tido resultados excelentes segundo alguns estudos, nomeadamente no que foi realizado por Gatineau e colaboradores, onde 94,6% dos casos foram bem sucedidos após a *TPLO* (Gatineau et al, 2011). No estudo realizado por Brown e colaboradores, foi sugerido que a *TPLO* é um procedimento que tem sucesso em reduzir tanto a translação cranial da tibia, como a quantidade de tensão no LCCd após uma rotura do LCCr, no entanto ocorreu sempre uma elevação da tensão sobre os ligamentos (Brown et al, 2014). A *TPLO* consegue, portanto, melhorar a biomecânica de um joelho com rotura do LCCr, mas não é capaz de restaurar por completo a biomecânica que se observa num joelho intato (Kim et al, 2009; Brown et al, 2014). Apesar destes resultados, Kim e colaboradores verificaram que existia persistência da translação cranial da tibia num terço dos cães submetidos à cirurgia, mas que mantinham uma boa função do membro (Kim et al, 2012). A presença da subluxação cranial pode ser devido, não só à decisão em realizar uma menissectomia, mas também pela existência de uma fraca adaptação dos músculos (Kim et al, 2012).

Comparando a *TPLO* com outras técnicas utilizadas no tratamento da rotura do LCCr, observa-se que existem mais complicações associadas à *TPLO* e são mais graves do que as verificadas com a sutura da fabela lateral, por exemplo (Priddy et al, 2003; Gordon-Evans et al, 2013). Além disso, o custo associado à *TPLO* é maior do que o da sutura da fabela lateral, no entanto, apesar das desvantagens, muitos cirurgiões acreditam que a *TPLO* oferece melhores resultados (Gordon-Evans et al, 2013). No estudo realizado por Gordon-Evans e seus colaboradores, os resultados indicaram que um animal com rotura do LCCr tratado cirurgicamente com a *TPLO* tinha uma recuperação clínica melhor e que havia maior satisfação dos proprietários, comparativamente à sutura lateral da fabela (Gordon-Evans et al, 2013).

A satisfação do cliente com os resultados pós-operatórios da *TPLO* foi positiva em vários estudos, mesmo que tais avaliações subjetivas muitas vezes não correspondam com a incidência de complicações pós-operatórias ou medidas objetivas da função do membro (Corr e Brown 2007; Milovancev e Schaefer 2010; Berger et al, 2015). A avaliação subjetiva da função do membro sugere um apoio de peso mais precoce depois da *TPLO*, comparando com as técnicas de estabilização intra e extracapsulares (Kim et al, 2008). No entanto, foi realizado um estudo que comparou a função dos membros de Labrador Retrievers com rotura do LCCr após estabilização com técnicas intra-articulares, extra-articulares e *TPLO* e não foram observadas diferenças entre as duas últimas 2 a 6

meses após a cirurgia (Kim et al, 2008). Além disso, a partir de relatos dos proprietários, verificou-se que cães que foram submetidos à *TPLO* sem a meniscectomia, tiveram uma recuperação melhor e mais rápida do que aqueles que realizaram *TPLO* e a meniscectomia (Gatineau et al, 2011).

A *TPLO* é, atualmente, a técnica cirúrgica mais utilizada entre os cirurgiões veterinários e é a melhor opção cirúrgica para a rotura do LCCr em animais de raça média a gigante e, segundo Berger e colaboradores, em cães de raça pequena (<15kg) (Kim et al. 2008; Kim et al, 2009; Bergh e Peirone 2012; Schulz 2013; Coletti et al, 2014; Berger et al, 2015; Mossman et al, 2015). A suas vantagens incluem uma grande precisão geométrica, manutenção da posição original da tuberosidade da tibia e da articulação femoropatelar (Kim et al, 2008). As suas desvantagens englobam a dificuldade em realizar a técnica, a necessidade de cirurgiões com formação adequada, o carácter invasivo da mesma e complicações como deformações iatrogénicas e possíveis efeitos adversos na biomecânica articular (Kim et al, 2008; Kim et al, 2012).

1.3.2.3.3. Avanço da tuberosidade tibial- *Tibial Tuberosity Advancement (TTA)*

a) Princípios biomecânicos

Em 2002, Montavon e Tepic, apresentaram uma nova técnica para o tratamento cirúrgico da rotura do LCCr denominada de avanço da tuberosidade tibial (*TTA*) (Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012a). De acordo com estes autores, a articulação do joelho é estabilizada, durante o apoio de peso, pela neutralização do avanço cranial da tibia conseguida através da realização de uma osteotomia da crista tibial, de forma a avançar o ligamento patelar, com alteração do alinhamento entre o tendão patelar e o *plateau* tibial (Lafaver et al, 2007; Kim et al, 2008; Guerrero et al, 2010; Kowaleski et al, 2012a; Schulz 2013). Este procedimento foi baseado no modelo mecânico de Nisell acerca do joelho humano, que descreve que a força da articulação do joelho, durante o apoio de carga, é da mesma magnitude e aproximadamente paralela ao ligamento patelar com a vantagem de englobar a força realizada pelo músculo quadríceps (Nisell et al, 1986; Nisell et al, 1989; Jerram e Walker 2003; Dennler et al, 2006; Apelt et al, 2007; Lafaver et al. 2007; Miller et al. 2007; Kim et al, 2008; Kipfer et al, 2008; Boudrieau 2009a; Bush et al, 2011; Kowaleski et al, 2012a; Schulz 2013; Skinner et al. 2013). Isto origina uma força de cisalhamento que pode ser dirigida cranialmente ou caudalmente dependendo se a articulação do joelho se encontra em extensão ou flexão, respetivamente (Apelt et al, 2007; Kipfer et al, 2008; Boudrieau 2009a). No modelo de Nisell, existe um ponto de

viragem (“*crossover point*”), como sendo o ponto em que a força de cisalhamento é nula e que ocorre quando o ângulo do tendão patelar (ATP), definido como ângulo entre o *plateau* tibial e o tendão patelar, é de 90° (Apelt et al, 2007; Lafaver et al, 2007; Kipfer et al, 2008; Voss et al, 2008; Dymond et al, 2010; Bush et al, 2011; Bush et al, 2012; Kowaleski et al, 2012a; Skinner et al, 2013; Brown et al, 2015). Com ATP superiores a 90°, existe uma força de translação cranial da tibia, ao passo que em ATP inferiores a 90°, essa força é dirigida caudalmente (Apelt et al, 2007; Voss et al, 2008; Boudrieau 2009a; Bush et al, 2011; Bush et al, 2012). Desta forma, o objetivo da *TTA* passa por movimentar a tuberosidade tibial o suficiente para atingir um ATP de 90°, com a obtenção de uma força de cisalhamento tibiofemoral neutra ou direcionada caudalmente, durante a fase de apoio de carga quando o ângulo da articulação em flexão é 135° (Jerram e Walker 2003; Apelt et al, 2007; Lafaver et al, 2007; Kim et al, 2008; Voss et al, 2008; Boudrieau 2009a; Dymond et al, 2010; Bush et al, 2011; Kowaleski et al, 2012a; Schulz 2013; Cadmus et al, 2014;). É importante referir que o avanço cranial da tibia não é eliminado completamente, mas sim reduzido e, que se este for transformado numa translação caudal da tibia, o ligamento cruzado caudal pode ser sujeito a demasiada tensão e ficar predisposto a lesão (Brown et al, 2015).

A força exercida pelo músculo quadríceps é parte integrante do suporte de peso dos membros pélvicos, proporcionando não só a extensão da articulação, como também uma ajuda importante na estabilidade articular (Miller et al, 2007). A *TTA* propõe, portanto, que uma contração ativa do músculo quadríceps seja necessária no controlo da translação cranial da tibia (Miller et al, 2007).



Figura 17- Avanço da Tuberosidade Tibial - *Tibial Tuberosity Advancement (TTA)*. Imagem adaptada de *Veterinary Surgery Small Animal* (Tobias 2012a).

Apesar da técnica descrita por Montavon e Tepic consistir na promoção do avanço tibial após medição do ATP, existem pequenas variações na anatomia do fêmur distal e da tibia proximal, que podem afetar as medições e induzir avanços tibiais excessivos (Dennler et al, 2006; Schwandt et al, 2006; Lafaver et al, 2007; Boudrieau 2009a; Kowaleski et al, 2012b; Cadmus et al, 2014;).

b) Pré-cirurgia e técnica cirúrgica

Tal como na *TPLO*, a preparação da cirurgia é imprescindível. Deste modo, devem ser obtidas radiografias em projeção craniocaudal e mediolateral do membro afetado, sendo que esta última deve ter sobreposição dos côndilos femorais, bem como ser centrada na articulação femorotibial com o membro na sua máxima extensão (aproximadamente 135°), sem qualquer tipo de rotação ou translação cranial da tibia (Schwandt et al, 2006; Apelt et al, 2007; Boudrieau 2009a; Kowaleski et al, 2012a; Schulz 2013).

Com o aumento da utilização da *TTA*, foram descritos vários métodos para determinar o grau de avanço cranial da tuberosidade tibial de maneira que o ATP seja igual a 90° (Kowaleski et al, 2012a). Bush e seus colaboradores, analisaram três desses métodos e concluíram que a utilização de diferentes pontos de referência resulta em avanços da tuberosidade tibial diferentes (Bush et al, 2011). Os métodos testados foram o Método dos Eixos Longos, considerado menos fiável que os restantes pelo fato de originar uma avanço exagerado em relação ao desejado, o Método das Eminências Intercondilares e o Método Cinemático (Bush et al, 2011).



Figura 18- Representação dos três métodos usados para determinar o ângulo da articulação. (A) Método dos Eixos Longos; (B) Método das Eminências: uma linha que une o grande trocânter do fêmur, ponto médio da eminência intercondilar da tibia e o ponto médio da articulação tibiotársica; (C) Método cinemático: uma linha que une o grande trocânter do fêmur, o ponto médio entre o côndilo femoral lateral e a cabeça da fíbula e o ponto médio da articulação tibiotársica. Imagem adaptada de *Effect of use of different landmark methods on determining stifle angle and on calculated tibial tuberosity advancement* (Bush et al, 2011)

Alguns veterinários utilizam métodos de sobreposição, enquanto outros utilizam um *software* de imagem para medir o avanço desejado, no entanto o método de sobreposição tem tendência a subestimar o avanço necessário para estabilizar a articulação (Cadmus et al, 2014). Inicialmente, a quantidade de avanço tibial era obtida utilizando APT e a inclinação do *plateau* tibial, no entanto, como há variações anatómicas, não só da porção proximal do *plateau* tibial, como também do fêmur distal, é recomendado, atualmente, a medição do ATP utilizando o Método da Tangente Comum (Hoffmann et al, 2011; Kowaleski et al, 2012a). Este método é clinicamente mais preciso, uma vez que engloba a relação anatómica entre os côndilos femorais e o *plateau* tibial (Boudrieau 2009a; Hoffmann et al, 2011; Cadmus et al, 2014; Brown et al, 2015) Pode-se começar por definir o ângulo de flexão do joelho (β) que surge da interseção entre duas linhas, o eixo tibial (at) e o eixo femoral (af) (Dennler et al, 2006; Schwandt et al, 2006). Pode-se também definir a linha do tendão patelar (pl) e do *plateau* tibial (p), cuja interseção surge o ângulo entre o tendão patelar e o *plateau* tibial (γ) (Dennler et al, 2006; Schwandt et al, 2006). Posteriormente, é identificado o ponto de contato apropriado entre os côndilos femorais e o *plateau* tibial, através da realização de dois círculos por cima destas duas estruturas (Dennler et al, 2006; Kowaleski et al, 2012b). Uma linha é desenhada unindo os centros das duas circunferências e, outra linha é traçada perpendicularmente a essa, correspondendo à tangente comum (t) (Dennler et al, 2006; Kowaleski et al, 2012b). O ângulo entre o tendão patelar e a tangente comum é medido (α) e representa a inclinação do tendão patelar relativamente à tangente comum (Dennler et al, 2006; Schwandt et al, 2006). O avanço cranial tibial deve ser o suficiente para que o tendão patelar seja perpendicular à tangente comum (Dennler et al, 2006; Cadmus et al, 2014).

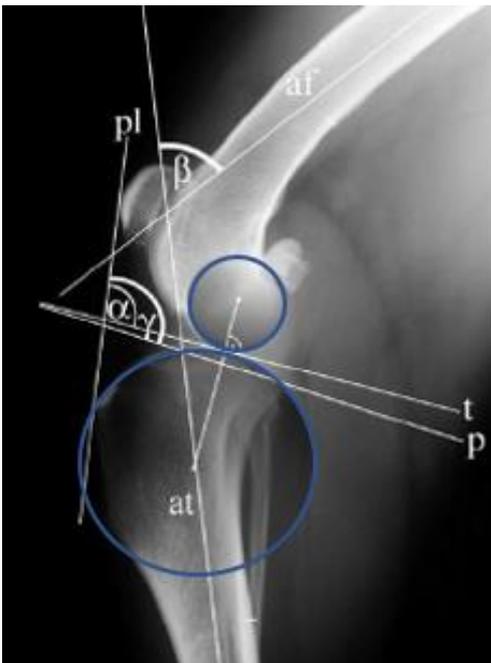


Figura 19-Método da tangente comum. Imagem adaptada de *Angle between the patellar ligament and tibial plateau in dogs with partial rupture of the cranial cruciate ligament* (Schwandt et al, 2006).



Figura 20- Projeção lateral da articulação do joelho que evidencia que as diferenças na conformação anatômica dos côndilos femorais resultam numa variação na inclinação do *plateau* da tíbia (linha preenchida) e na tangente comum (linha pontilhada), no ponto de contacto femorotibial. (A) Nota-se que existe uma diferença de 10° entre os dois métodos de medição; (B) Não existe uma diferença evidente entre as duas medições. Imagem adaptada de *Tibial Plateau Leveling Osteotomy or Tibial Tuberosity Advancement?* (Boudrieau 2009a).

Apesar da realização destas medições, podem surgir erros pré e intra cirúrgicos e, como consequência, haver avanços insuficientes da tuberosidade da tíbia, resultando na permanência do avanço cranial da tíbia durante o apoio de carga, potenciando as lesões nos meniscos (Bush et al, 2011). Contrariamente, quando se obtém um avanço exagerado, ocorre um aumento de tensão do LCCd (Bush et al, 2011).

Depois de efetuar as medições e de se saber qual o avanço necessário e qual a placa adequada, pode ser realizada a cirurgia. Tal como foi referido na *TPLO*, alguns cirurgiões optam por explorar a articulação por uma artrotomia ou artroscopia para remover o ligamento roturado (Lafaver et al, 2007; Kowaleski et al, 2012a). Contrariamente a outros estudos, Wolf e colegas, concluíram que deixar intacto um ligamento cruzado cranial com uma rotura parcial após a artrotomia/artroscopia não provou ser eficiente na proteção contra a lesão dos meniscos após a realização da *TTA* (Wolf et al, 2012).

A cirurgia inicia-se por um acesso medial à tíbia, incidindo e elevando as inserções dos músculos semi-membranoso e semi-tendinoso, bem como a porção caudal do músculo sartório e a aponeurose do *gracilis* (Lafaver et al, 2007; Kowaleski et al, 2012b). A incisão começa uns milímetros caudal e paralelamente à crista tibial, estendendo-se até a diáfise da tíbia e o perióstio é elevado para expor a margem cranial do osso e da crista tibial (Lafaver et al, 2007; Kowaleski et al, 2012b). Uma guia com oito orifícios é colocada paralelamente à margem cranial da crista da tíbia, com o primeiro orifício posicionado ao nível do local de inserção do tendão patelar na tuberosidade tibial (

Lafaver et al, 2007; Kowaleski et al, 2012b) . É realizada a perfuração do primeiro e do último orifício e os pinos de alinhamento são colocados para manter a guia na posição correta enquanto se faz a perfuração dos restantes orifícios (Lafaver et al, 2007; Kowaleski et al, 2012b;). De seguida é feita uma osteotomia longitudinal orientada a partir do ponto imediatamente cranial ao menisco medial até à extensão distal da crista tibial (Lafaver et al, 2007; Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012b). Procede-se ao avanço da tuberosidade cranial e este é mantido na posição desejada com o auxílio de um espaçador com o tamanho adequado (Lafaver et al, 2007; Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012b). Posteriormente, a osteotomia é mantida com uma placa própria para a TTA escolhida de acordo com as medições efetuadas e uma caixa espaçadora é fixada com parafusos 1 a 3 mm abaixo do *plateau* tibial (Kim et al, 2008; Guerrero et al, 2010; Kowaleski et al, 2012b). As placas têm diferentes tamanhos e as caixas têm 4 tipos diferentes de larguras e comprimentos, permitindo o ajuste necessário do grau avanço cranial da tuberosidade cranial dos diferentes tamanhos de cães (Voss et al, 2008).

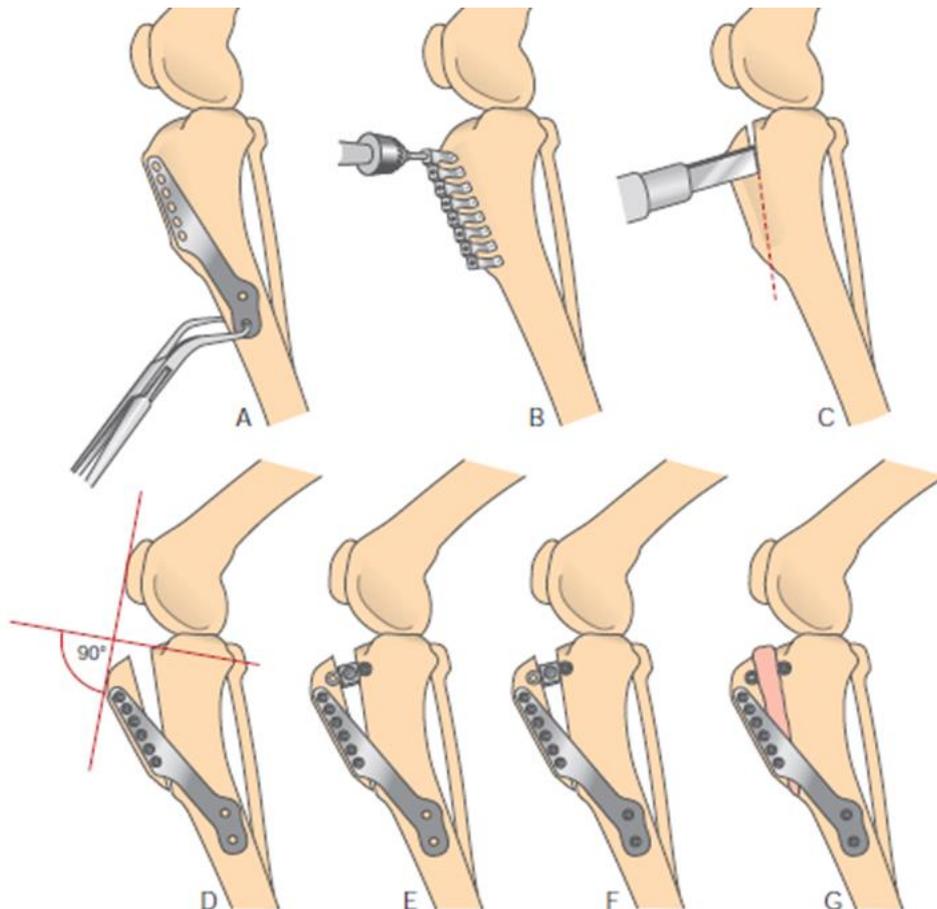


Figura 21- (A) Posicionamento da placa do tamanho adequado na tuberosidade tibial; (B) Colocação de uma guia e execução dos orifícios para os parafusos; (C) Realização da osteotomia parcial; (D) Colocação da placa na tuberosidade da tíbia e conclusão da osteotomia; (E) Abertura do espaço da osteotomia e colocação da caixa espaçadora, fixando-a com parafusos em cada extremidade; (F) Colocação dos parafusos ao longo da placa; (G) Colocação de enxerto ósseo. Imagem adaptada de *Diseases of the Joints. In T. W. Fossum (Ed.), Small Animal Surgery Textbook* (Shulz 2013).

Por fim, pode colocar-se enxerto de osso esponjoso da metáfise da tíbia, caudalmente à zona de osteotomia, para acelerar cicatrização (Lafaver et al, 2007; Kim et al, 2008; Bisgard et al, 2011; Kowaleski et al, 2012b). No entanto, estudos afirmam que a abertura criada pela osteotomia cicatriza da mesma forma utilizando ou não enxerto de osso esponjoso. Isto deve-se ao facto de a osteotomia ser efetuada de forma controlada, com redução da necrose por aquecimento e com reduzido dano dos tecidos moles envolventes (Guerrero et al, 2010; Barnes et al, 2015). Podem ocorrer erros durante a cirurgia, como uma má colocação da placa, demasiado cranial ao longo da crista tibial ou demasiado caudal na diáfise da tíbia (Boudrieau 2009a).

c) Pós- cirúrgico e possíveis complicações

Em alguns estudos realizados concluiu-se que 90-95% dos proprietários estavam satisfeitos com os resultados pós-cirúrgicos da *TTA* (Hoffmann et al, 2006; Kim et al, 2008; Stein e Schmoekel 2008; Boudrieau 2009a; Kim et al, 2009; Steinberg et al, 2011). Hoffman e colaboradores também concluíram que, num acompanhamento de 24 semanas, os proprietários demonstraram-se muito satisfeitos com os resultados em 90 % dos casos (Kim et al, 2008). Apesar destes resultados serem promissores, pelo fato da *TTA* ser uma técnica recente, não há muitos estudos clínicos, o que torna estes resultados menos fidedignos (Kim et al, 2008).

As complicações da *TTA* variam entre os 25 a 31%, dependendo das fontes, o que é semelhante à percentagem de complicações observada na *TPLO* (18.8–28%), chegando a um mínimo de 9% e um máximo de 59%, mas os valores têm decrescido em estudos mais recentes (Hoffmann et al, 2006; Lafaver et al, 2007; Voss et al, 2008; Bisgard et al, 2011; Steinberg et al, 2011; Hirshenson et al, 2012; Kowaleski et al, 2012b; Wolf et al, 2012; MacDonald et al, 2013; Brown et al, 2015;). No entanto, como a *TTA* é uma técnica relativamente recente, muitas das complicações, sobretudo as mais graves, podem resultar de erros ocorridos durante a curva de aprendizagem da técnica (Hoffmann et al, 2006; Lafaver et al, 2007; Steinberg et al, 2011; Kowaleski et al, 2012b). As complicações associadas à *TTA* incluem a falha dos implantes, fraturas da tuberosidade tibial, luxação medial da patela, lesão do LCCd por um excessivo avanço e consequente lesão dos meniscos, infeção/inflamação no local da incisão, edema, deiscência de suturas, osteomielite e artrite séptica (Kim et al, 2008; Hirshenson et al, 2012; Wolf et al, 2012; Kiefer et al, 2015; Tuan 2015). A falha dos implantes foi reportada em 1-5 % dos membros operados e atribuída a erros na realização da técnica cirúrgica ou devido a implantes muito experimentais demasiado fracos (Kim et al, 2008). As

fraturas da tuberosidade tibial, segundo um estudo realizado por Nutt e seus colaboradores, ocorrem devido a um posicionamento incorreto da placa e da caixa espaçadora, bem como pela execução de uma osteotomia demasiado estreita na porção distal, ambos fatores de risco associados com a curva de aprendizagem da técnica cirúrgica (Nutt et al, 2015)

Relativamente às lesões dos meniscos, foi proposto que a *TTA*, por não alterar a posição do *plateau* tibial, não lesiona a porção caudal da articulação e pode evitar a necessidade em realizar uma meniscectomia (Lafaver et al, 2007; Boudrieau 2009b). Voss e seus colaboradores obtiveram uma taxa de 10% de rotura dos meniscos após a *TTA*, em articulações exploradas por artrotomia, sem intervenção cirúrgica dos meniscos (Voss et al, 2008; Kiefer et al, 2015). Outros estudos apontam para uma taxa de 20 % de roturas, daí ter sido proposto, tal como na *TPLO*, a meniscectomia empírica (Voss et al, 2008). Estudos recentes apontam que a lesão do menisco medial é a complicação pós-cirúrgica mais frequente depois da realização da *TTA*, reportando lesões no menisco e osteoartrite entre 55 a 67% dos cães (Wolf et al, 2012; Brown et al, 2015; Tuan 2015). Tal como na *TPLO*, existe muita controvérsia sobre realizar ou não uma meniscectomia no momento da cirurgia, sendo que alguns autores acreditam que é melhor deixar um menisco intacto continuar a sua função, informando sempre os proprietários que pode surgir uma lesão no menisco após a cirurgia e o animal pode requerer uma segunda intervenção (Stein e Schmoekel 2008; Dymond et al, 2010).

Outra complicação observada é a infeção do local cirúrgico quando a cirurgia é realizada num ambiente mais asséptico possível, com uma prevalência de 2,6 a 7,2% (Yap et al, 2015). Yap e colegas obtiveram, no seu estudo, uma relação entre o prolongado tempo da cirurgia e um aumento da probabilidade em ocorrer infeção do local da cirurgia em cães sujeitos à *TTA* e que a utilização profilática de terapia antimicrobiana aparenta não ter influência na incidência de infeção (Yap et al, 2015).

A realização da *TTA* nos dois membros em simultâneo está relacionada com uma maior taxa de complicações pós-cirúrgicas, sendo a decisão em realizar uma cirurgia bilateral ponderada e de acordo com o animal em questão (Kiefer et al, 2015; Costa et al, 2017). No entanto, no estudo realizado por Danielson e colegas, demonstrou-se que as complicações associadas a uma *TTA* bilateral eram semelhantes às de uma *TTA* unilateral e que se deve pensar na *TTA* bilateral como uma alternativa viável (Hirshenson et al, 2012; Danielson et al, 2016).

ESTUDO	TAXA DE COMPLICAÇÕES	TIPOS DE COMPLICAÇÕES
Hoffman et al, 2006 e Lafaver et al, 2007 179 articulações	31,6 – 59%	<ul style="list-style-type: none"> • 19,3 a 21% de edema e hematomas no pós-cirúrgico; • 11,3 % foram intervencionadas uma segunda vez; • 7,2% de lesão dos meniscos; • 3,9% de infeções; • 1,1% de fraturas da tibia; • 1,1 % de falha dos implantes.
Dymond et al, 2010 72 animais; 92 articulações	6,5% de complicações maiores	<ul style="list-style-type: none"> • 4,3% de lesões dos meniscos após a cirurgia.
MacDonald et al, 2013 24 animais	33%	<ul style="list-style-type: none"> • 7% de lesões dos meniscos na sua totalidade.
Hirshenson et al, 2012 (68 animais; 101 articulações)	20%	<ul style="list-style-type: none"> • 3% de infeções da zona da sutura; • 5,8% de rotura dos meniscos após a cirurgia.
Steinberg et al, 2011 171 animais; 193 articulações	11%	<ul style="list-style-type: none"> • 5,2% de rotura dos meniscos após a cirurgia.
Costa et al, 2017 1613 animais	13,4% de complicações maiores	<ul style="list-style-type: none"> • 6,9% infeção superficial da incisão; • 1,1% infeção profunda da incisão; • 2% de rotura dos meniscos após a cirurgia; • 1% de falha dos implantes; • 0,9% de fraturas da tibia; • 1,2% de luxação patelar; • 1,1% de deiscência de sutura.
Wolf et al, 2012 458 animais; 501 articulações	19% de complicações (11,4 % de complicações maiores e 7,6% de menores)	<ul style="list-style-type: none"> • 2,6 % de rotura dos meniscos após a cirurgia; • 2% de falha dos implantes; • 2,5 a 5,8% de infeções da zona de sutura e seromas.

Tabela 4- Resumo das complicações da TTA e a sua incidência (Hoffmann et al, 2006; Lafaver et al, 2007; Dymond et al, 2010; Steinberg et al, 2011; Hirshenson et al, 2012; Wolf et al, 2012; MacDonald et al, 2013; Costa et al. 2017).

Existem fatores de risco importantes relacionados com o aumento da taxa de complicações, que se devem ter em consideração (Steinberg et al, 2011). Estes incluem uma condição corporal acima do desejado e a colocação de caixas de tamanho pequeno que, apesar de nas medições a caixa escolhida ser a correta, os implantes mais pequenos podem não ser bem sucedidos em avançar corretamente a tibia e, como consequência, a deslocação cranial da tibia mantem-se (Steinberg et al, 2011).

Depois da cirurgia deve-se realizar uma restrição da atividade física durante as primeiras 6 semanas até à primeira avaliação radiográfica (Guerrero et al, 2010). A realização de terapia de reabilitação juntamente com a analgesia apropriada, tal como na *TPLO*, é aconselhada de forma a acelerar o processo de cicatrização (MacDonald et al, 2013). Estudos indicam que deve ser efetuada logo após a estabilização da articulação e continuada durante, pelo menos, cinco semanas após a cirurgia para evitar/minimizar a atrofia muscular (MacDonald et al, 2013). Se o osso não estiver completamente cicatrizado, aconselha-se o aumento gradual na intensidade da atividade durante 2 a 3 semanas antes do retorno ao normal (Guerrero et al, 2010). A cicatrização completa ocorre entre as 8 e as 11 semanas após a cirurgia (Hoffmann et al, 2006; Guerrero et al, 2010; Kowaleski et al, 2012b).

Tal como acontece na *TPLO*, existe progressão da osteoartrite em 55% das articulações tratadas com a *TTA*, 4 a 16 meses após o procedimento cirúrgico, em semelhança com o que acontece com outros estudos (Morgan et al, 2010; MacDonald et al, 2013). Além disso, a libertação do menisco resulta em alterações na distribuição de carga na articulação, aumentando o *stress* no compartimento medial da articulação do joelho, sendo um importante fator de risco no desenvolvimento da OA (Morgan et al, 2010; Steinberg et al, 2011).

A *TTA* tem como vantagens o facto de se tratar de uma técnica menos invasiva e tecnicamente menos trabalhosa que as outras osteotomias, permitir o tratamento de uma luxação patelar concomitante, possuir um menor tempo cirúrgico, apresentar uma menor morbilidade no pós-operatório e um menor risco de alteração da angulação e conformação do membro (Kim et al, 2008; Dymond et al, 2010; MacDonald et al, 2013). Relativamente às desvantagens, estão incluídas uma possível luxação patelar iatrogénica, a necessidade de implantes específicos e as lesões tardias dos meniscos (Kim et al, 2008). Apesar dos cães não atingirem uma funcionalidade completa e de não existir uma restauração na totalidade da biomecânica do joelho após a *TTA*, é expectável um retorno de 90% da funcionalidade do membro intervencionado (Voss et al, 2008; Brown et al, 2015).

É de extrema importância referir que, segundo um estudo *in vivo* realizado por Skinner e seus colaboradores, apesar da redução do ATP para 89°, continuou a existir um deslocamento cranial da tibia na maior parte dos cães intervencionados (Skinner et al, 2013; Tuan 2015). Estes resultados contradizem os estudos *ex-vivo* efetuados por outros autores (Skinner et al, 2013). Desta forma, contrariamente ao modelo proposto por Nisell, o ângulo desejado pode ser menor que 90° e inclusive variar entre animais (Skinner et al, 2013). Outra explicação para a permanência da subluxação cranial pode ser o facto de, neste estudo, ter sido realizada uma meniscectomia medial em 90% dos animais, uma vez que os meniscos são importantes estabilizadores da articulação (Skinner et al, 2013). Apesar da persistência do avanço cranial da tibia, os animais estudados apresentaram uma funcionalidade aceitável do membro após a cirurgia (Skinner et al, 2013).

d) Modificações da TTA

A partir da TTA, foram surgindo outras técnicas variantes da mesma, com algumas alterações. A TTA Circular - *Circular Tibial Tuberosity Advancement (cTTA)* - foi apresentada por Petazzoni em 2010 e tem como principal objetivo a realização de uma osteotomia radial, de forma a evitar a presença de uma falha óssea utilizando o mesmo princípio de uma TTA Clássica (Petazzoni 2010). É realizada uma abordagem craniomedial da articulação e é feita uma osteotomia radial da tuberosidade tibial, orientada paralelamente ao eixo longo da tibia com consequente rotação cranial e proximal do fragmento da osteotomia (Petazzoni 2010; Wright et al, 2014). Os benefícios da cTTA são a otimização da cicatrização óssea devido ao contacto das estruturas ósseas e a minimização da dor durante a recuperação, mas ainda é necessário a realização de estudos acerca desta variante da TTA (Wright et al, 2014).

Outra variante da TTA é a TTA *Rapid* descrita por Samoy e colaboradores, que tem como objetivo a manutenção dos benefícios clínicos da TTA Clássica pela utilização de menor número de implantes, tornando-a mais rápida (Samoy et al, 2014). A osteotomia não é realizada totalmente, só até um certo ponto onde já é permitida a deslocação cranial da tuberosidade da tibia (Samoy et al, 2014). Devido à utilização de menos implantes, os procedimentos realizados em animais mais pequenos são facilitados, pois não é necessária a colocação da placa e parafusos para estabilizar a crista tibial, sendo, portanto, uma técnica menos invasiva (Kydd 2014; Samoy et al, 2014).

Por fim, a Técnica Modificada de *Maquet* – *Modified Maquet Technique* foi desenvolvida com o objetivo de preservar a integridade dos tecidos moles e vasculares, minimizando o uso de implantes, realizando-se uma osteotomia parcial da tuberosidade tibial (Etchepareborde et al, 2010; Etchepareborde et al, 2011; Brunel et al, 2013; Neville Towle et al, 2017). A principal preocupação deste procedimento é o avanço lento da tuberosidade da tibia, de modo a evitar a ocorrência de fraturas da crista tibial, uma vez que a força da crista mantém-se graças a um só implante (Etchepareborde et al, 2011).

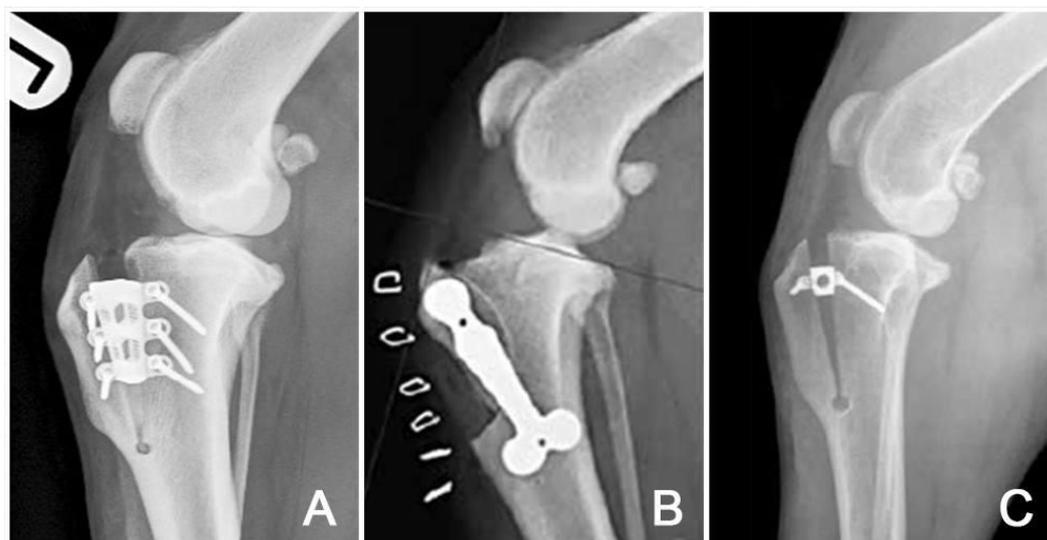


Figura 22- Modificações da TTA: (A) TTA Rapid, (B) TTA Circular, (C) Técnica Modificada de *Maquet* (Petazzoni 2010; Etchepareborde et al, 2011; Samoy et al. 2014).

e) TPLO vs TTA

Com a utilização recorrente destas duas técnicas, tem surgido a questão de qual das duas será a melhor escolha para o tratamento da rotura do LCCr e em que circunstâncias uma é superior à outra (Boudrieau 2009b).

Relativamente ao *plateau* tibial, este permanece inalterado com a TTA, enquanto na TPLO sofre alterações (Kim et al, 2008; Boudrieau 2009b; Kim et al, 2009; Kim et al, 2010). A alteração da superfície articular e/ou da sua geometria, durante o apoio de carga, pode originar modificações da distribuição da pressão no compartimento caudal, afetando possivelmente, os meniscos, sobretudo o medial (Kim et al, 2008; Boudrieau 2009b). Daí a descrição original da TPLO englobar uma libertação do menisco medial, no entanto, alguns estudos afirmam que esta prática pode originar alterações da distribuição da pressão mais graves (Boudrieau 2009b). Apesar de alguns estudos afirmarem que a TTA, por não provocar mudanças no *plateau* da tibia, tem a capacidade de proteger o menisco medial de lesões, alguns autores declararam que a probabilidade de desenvolvimento de lesão do menisco posterior à cirurgia, é maior na TTA do que na

TPLO (Hoffmann et al, 2006; Lafaver et al, 2007; Boudrieau 2009b; Christopher et al, 2013; Wolf et al, 2012; Tuan 2015; Krotscheck et al, 2016).

Em termos de complexidade da técnica, pode-se afirmar que a *TPLO* é um procedimento que requer uma curva de aprendizagem maior por ser uma técnica mais complexa, onde alguns erros cometidos podem passar despercebidos e resultar numa mudança da angulação e rotação do membro (Boudrieau 2009b). No entanto, é um procedimento mais versátil que do que a *TTA* em alguns casos onde o APT é excessivo e quando existem deformidades angulares e rotacionais do membro (Boudrieau 2009b; Ferreira et al, 2016). Krotscheck e seus colaboradores demonstraram, nos seus resultados, que a *TPLO* é uma técnica recomendada a animais que são muito ativos (Krotscheck et al, 2016).

Contrariamente à *TPLO*, a *TTA* é um procedimento mais simples com poucos efeitos secundários, apesar de haver alguma disseção dos tecidos moles, esta está confinada à porção cranial da tibia, onde existe uma limitação para lesões iatrogénicas (Boudrieau 2009b). Além disso, a *TTA* permite uma correção mais próxima do ponto neutro comparativamente com a *TPLO*, o que possibilita uma diminuição da tensão sobre o LCCd (Boudrieau 2009b). Apesar disso, o custo dos implantes é maior na *TTA* (Boudrieau 2009b). Também foi concluído, em estudos recentes, um retorno à função inferior após a *TTA* do que após a *TPLO* (Christopher et al, 2013; Krotscheck et al, 2016), apesar de no estudo de Ferreira e seus colaboradores não haver diferenças entre as duas técnicas em termos de retorno à função (Ferreira et al, 2016).

Independentemente da técnica utilizada, ambas têm as suas vantagens e cabe ao cirurgião escolher aquela que acredita que é a mais indicada ao caso em questão e que sente mais confortável a realizar (Boudrieau 2009b).

1.3.2.3.4. Osteotomia Tripla da Tibia – *Triple Tibial Osteotomy (TTO)*

a) Princípios biomecânicos

A osteotomia tripla da tibia, tal como a *TTA*, tem como objetivo reduzir o ângulo do tendão patelar com o *plateau* tibial para 90° enquanto a articulação do joelho se encontra na fase de apoio de peso (Bruce et al, 2007; Kim et al, 2008; Moles et al, 2009; Kowaleski et al, 2012a). A *TTO* é uma combinação da *TTA* e da *CTWO* que foi desenvolvida por Bruce e colegas em 2007, com o intuito de neutralizar a força de cisalhamento femorotibial cranial sem a necessidade de provocar alterações no ângulo do *plateau* tibial (Bruce et al, 2007; Alvarez 2011; Kowaleski et al, 2012a). Apesar da técnica ter uma base teórica sólida, não há estudos biomecânicos que avaliem a eficácia da *TTO*

como uma técnica que neutraliza o avanço cranial da tíbia em casos de rotura do LCCr (Kowaleski et al, 2012a). Além disso, mesmo que teoricamente tenha a vantagem de utilizar os dois ângulos, a correção do ângulo pode ser mais imprevisível do que as restantes osteotomias que utilizam somente um, o APT ou o ATP (Kowaleski et al, 2012a).

Na *TTO* são realizadas 3 osteotomias, uma osteotomia parcial da tuberosidade da tíbia, deixando intacto o córtex distal, bem como uma osteotomia parcial em cunha, que pela rotação do fragmento proximal da tíbia de forma a cobrir o defeito da osteotomia em cunha, provoca o avanço da tuberosidade da tíbia (Kim et al, 2008; Renwick et al, 2009; Kowaleski et al, 2012b). Na *TTO* não é necessário fixar a tuberosidade da tíbia com implantes no entanto, a *TTO* só consegue avanços bastante modestos quando se compara com os verificados na *TTA* (Etchepareborde et al, 2010).

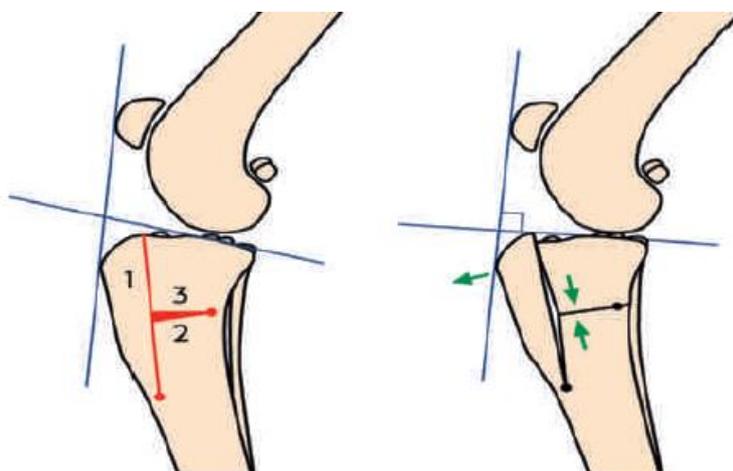


Figura 23- Osteotomia tripla da tíbia. Imagem adaptada de *Triple Tibial Osteotomy (TTO)* (Instrumentation®).

b) Pré-cirurgia e técnica cirúrgica

O planeamento da cirurgia é muito importante para se atingir uma precisa correção do ATP, sem que haja uma alteração excessiva no *plateau* tibial (Kowaleski et al, 2012a). Começa-se por radiografar o joelho em projeção mediolateral e craniocaudal, procedendo-se depois à medição do CA (“*correction angle*”) que corresponde ao ângulo de correção do ângulo do tendão patelar necessário para atingir 90° (Bruce et al, 2007; Kowaleski et al, 2012a). O ângulo da osteotomia em cunha (“*wedge angle*” -WA) pode ser calculado por uma fórmula proposta por Renwick que é uma modificação do que foi inicialmente descrito por Bruce ($WA=2/3 CA$), ou seja, $WA = 0,6 \times CA + 7,3$ (Bruce et al, 2007; Renwick et al, 2009; Kowaleski et al, 2012a). Nos casos onde em que o WA calculado é superior ao APT, o WA deve ser determinado subtraindo 5° ao APT. Se o

ATP pré-operatório é quase igual a 90° então o WA calcula-se subtraindo 12° ao APT (Renwick et al, 2009; Kowaleski et al, 2012b).

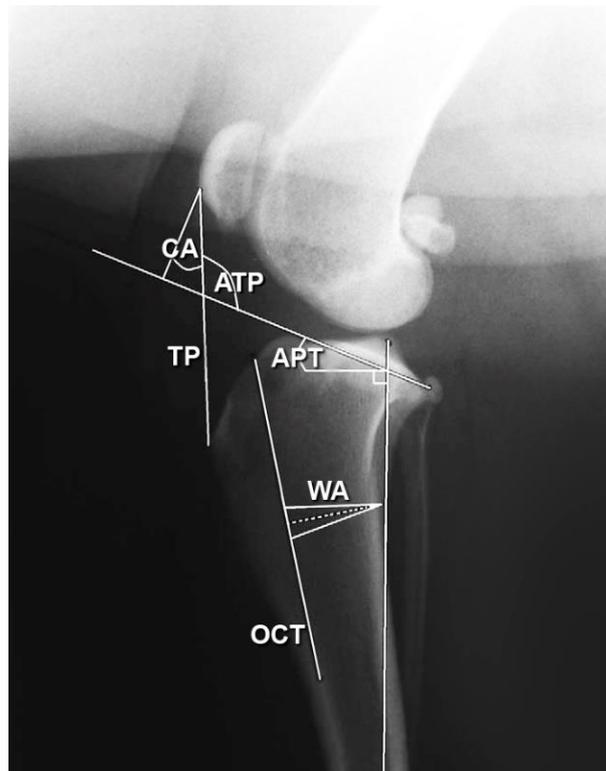


Figura 24- Planeamento pré-cirúrgico da *TTO*: ATP é o ângulo criado pela interseção da linha do *plateau* tibial com o tendão patelar; CA corresponde ao ângulo formado entre o tendão patelar e uma linha originada na porção mais cranial da patela e perpendicular ao *plateau* tibial; A linha pontilhada é perpendicular à linha de osteotomia da tuberosidade tibial que forma o centro da osteotomia em cunha; APT é o ângulo do *plateau* tibial; TP corresponde ao tendão patelar; ATP é o ângulo do tendão patelar; OCT é a osteotomia da crista da tíbia; CA (*correction angle*) é o ângulo de correção e WA (*wedge angle*) corresponde à osteotomia tibial em cunha. Imagem adaptada de *Preliminary experiences of the triple tibial osteotomy procedure: tibial morphology and complications* (Renwick et al, 2009).

Torna-se importante referir que existem variações na morfologia da tíbia, principalmente na localização da tuberosidade tibial, daí Renwick e colaboradores terem concluído que as técnicas de planeamento da *TTO* não são as mais indicadas (Renwick et al, 2009). Isto porque em animais com APT inferiores à média, mas ângulos do tendão patelar elevados, a determinação no ângulo da osteotomia em cunha através do planeamento pré-cirúrgico definido para a *TTO*, iria resultar num APT menor que 0° (Renwick et al, 2009). Ora, apesar de não haver estudos biomecânicos para a *TTO*, comparando com a *TPLO*, onde ângulos do *plateau* tibial menores que 6° originam subluxação caudal da tíbia, pode-se concluir que as medições utilizadas da *TTO* podem incrementar o stress sobre o LCCd (Renwick et al, 2009). A variação na morfologia pode, portanto, fazer com que alguns animais sejam bons candidatos à redução do APT e outros a procedimentos que reduzam o ATP (Renwick et al, 2009). Assim, estes autores, recomendam a medição do APT no planeamento pré-cirúrgico da *TTO*, contrariamente ao que estava

definido por Bruce e colegas, onde esta medição podia ser descartada (Bruce et al, 2007; Renwick et al, 2009).

No procedimento cirúrgico começa por se realizar uma avaliação articular por artroscopia ou artrotomia craniomedial, se necessário (Kowaleski et al, 2012b). É feita uma abordagem medial para se conseguir aceder à tibia proximal, realiza-se posteriormente um orifício caudal à cortical cranial da tibia, para servir de guia para a osteotomia, procede-se à osteotomia parcial da tuberosidade tibial desde esse orifício até à inserção do tendão patelar na crista da tibia, deixando intacto o córtex distal (Bruce et al, 2007; Kim et al, 2008; Kowaleski et al, 2012b). Depois faz-se a osteotomia em cunha, com a angulação já calculada pré-cirurgicamente, no ponto médio da osteotomia cranial da tuberosidade tibial (Bruce et al, 2007; Kowaleski et al, 2012b). Depois de realizar as osteotomias, a osteotomia em cunha é estabilizada e reduzida com uma placa de *TPLO* colocada na porção medial da tibia (Bruce et al, 2007; Kowaleski et al, 2012b). Por fim, pode-se colocar um enxerto de osso esponjoso proveniente da osteotomia em cunha no defeito criado pelo avanço da tuberosidade da tibia (Kowaleski et al, 2012b).

Com a utilização da *TTO*, surgiram algumas modificações tais como a realização de osteotomias totais ou o uso de cerclage para evitar fraturas da tuberosidade da tibia (Moles et al, 2009; Mederski et al, 2015;).



Figura 25- A técnica *TTO* e o seu pós-cirúrgico. Imagem adaptada de *Veterinary Surgery Small Animal* (Tobias 2012).

c) Pós-cirúrgico e possíveis complicações

As complicações mais frequentes são a fratura da tuberosidade da tibia, infeções e lesões dos meniscos após a cirurgia (Bruce et al, 2007; Mederski et al, 2015; Kowaleski

et al, 2012b). As vantagens da *TTO* englobam alterações mínimas na superfície articular femorotibial, uma abertura relativamente pequena da osteotomia na tuberosidade tibial, o membro não perde comprimento e é uma técnica com baixa dificuldade de execução (Kowaleski et al, 2012b). As desvantagens são a variabilidade dos cálculos dos dois ângulos necessários para a realização desta técnica, bem como a necessidade numa fixação adicional sempre que ocorrem fraturas intraoperatórias das osteotomias parciais (Kowaleski et al, 2012b). Além disso, a *TTO* pode falhar em alcançar o ATP de 90° e, como consequência, não permitir a estabilidade da articulação quando o ligamento cruzado cranial rotura (Renwick et al, 2009).

ESTUDO	TAXA DE COMPLICAÇÕES	TIPOS DE COMPLICAÇÕES
Bruce et al, 2007 (64 articulações)	14 %	<ul style="list-style-type: none"> • 23,4% de fraturas da tuberosidade da tíbia intra-operatórias; • 10,9% de complicações no pós-operatório; • 3,1% de lesões nos meniscos após a cirurgia.
Renwick et al, 2009 (22 articulações)	3%	<ul style="list-style-type: none"> • 18% segundas intervenções; • 50% de fraturas da tuberosidade tibial intra-operatórias.
Moles et al, 2009 (97 articulações)	23%	<ul style="list-style-type: none"> • 9,1% de avulsão da crista tibial; • 3,1% de rotura do menisco; • 3,1% de complicação com os implantes; • 3,1% de tendinite no tendão patelar.

Tabela 5- Resumo de algumas complicações da *TTO* e a sua incidência (Bruce et al, 2007; Moles et al, 2009; Renwick et al. 2009).

CAPÍTULO II

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA CIRÚRGICA *TTA*
POROSA

ESTUDO RETROSPETIVO DE 60 CASOS

2.1. Introdução e objetivos

A rotura do LCCr é a principal causa de claudicação dos membros posteriores na população de cães. Como tal, foram surgindo técnicas de estabilização do joelho que, no geral, têm como objetivo satisfazer uma das três seguintes opções: reconstituir o ligamento, a sua função ou reconstituir a biomecânica articular do joelho. O desenvolvimento de várias técnicas cirúrgicas deveu-se ao facto de os métodos de diagnóstico terem evoluído, bem como o material cirúrgico, os implantes, a biocompatibilidade dos materiais colocados em cirurgia, a qualificação dos cirurgiões, não existindo, no entanto, uma técnica cirúrgica que proporcione resultados satisfatórios em 100% dos animais intervencionados (ITC 2015). Na revisão da literatura são descritas várias técnicas, mas vão surgindo algumas modificações das pré-existentes, como é o caso da *TTA* Porosa, alvo deste estudo retrospectivo.

A motivação para este estudo surge atendendo a que, uma vez que a *TTA* Porosa é uma técnica relativamente recente, não existem muitos dados bibliográficos disponíveis sobre ela. Os principais objetivos são observar as complicações intra e pós-cirúrgicas e compará-las com a *TTA* Clássica, avaliando, assim a segurança e eficácia da técnica, bem como caracterizar a população estudada contrastando a informação obtida com a epidemiologia da rotura do LCCr descrita na literatura.

2.2. Material e Métodos

A amostra de estudo compreende um total de 55 animais diagnosticados com rotura do ligamento cruzado cranial e 60 articulações do joelho intervencionadas cirurgicamente utilizando a técnica cirúrgica *TTA* Porosa. Toda a informação acerca destes animais foi recolhida no Hospital Veterinari Canais em Girona, compreendendo um total de 20 meses (Abril de 2015 a Dezembro de 2016), onde se incluem os 3 meses de estágio realizados pela autora (Outubro, Novembro e Dezembro de 2016). O procedimento cirúrgico foi realizado apenas por um cirurgião de forma a diminuir a variabilidade na realização da técnica cirúrgica.

Durante esse período de estágio foi recolhida informação, através das fichas de cada animal que foi intervencionado, acerca da identificação do mesmo: o género, o estado reprodutivo, a idade, a raça, o peso e o membro afetado, para se poder caracterizar epidemiologicamente a amostra em estudo. Além disso, foram também medidos os tamanhos das cunhas porosas utilizadas e apontadas as complicações intra e pós-operatórias.

Esta informação foi tratada através de testes estatísticos apropriados a cada variável de forma a perceber se a *TTA* Porosa tem vantagem ou desvantagem sobre a *TTA* Clássica em termos de complicações intra e pós-operatórias.

2.2.1. Descrição da *TTA* Porosa

A *TTA* Porosa é uma técnica pouco invasiva descrita pelo Instituto Tecnológico de Canárias, sobre a capacidade osteocondutora de cunhas porosas de titânio que estabilizam e preenchem o defeito ósseo criado pela osteotomia (ITC 2015). Estas cunhas são elásticas o que faz como que os estímulos mecânicos exercidos sobre o osso, acelerem a formação óssea (ITC 2015). A baixa alteração dos tecidos moles, do osso e na vascularização permite uma rapidez na consolidação do osso e uma maior estabilidade pós-operatória (ITC 2015). Assim, a *TTA* Porosa permite utilizar a resposta biológica do animal em formar tecido ósseo, de tal forma que o próprio implante, através da sua capacidade osteocondutora e osteoindutora, proporciona o preenchimento da osteotomia em poucas semanas (ITC 2015).

Segundo os autores da *TTA* Porosa (Técnica cirúrgica e implantes) as principais vantagens deste procedimento são as seguintes (ITC 2015):

1. **O preço** dos implantes é muito reduzido, uma vez que a quantidade de material utilizado é menor, sendo necessário apenas uma cunha porosa, uma placa e 3 parafusos;
2. **A porosidade** da cunha permite a osteocondução e acelera o preenchimento da zona de osteotomia. A elevada porosidade permite uma boa vascularização e formação de tecido ósseo, por isso não é necessário a colocação de enxerto ósseo para preencher o defeito. O processo de penetração do osso na estrutura porosa é muito rápido, alcançando facilmente uma boa estabilidade num curto espaço de tempo;
3. A **simplicidade** de execução da técnica: a realização de uma osteotomia incompleta da crista da tibia, é uma vantagem no momento da fixação e estabilização, reduzindo também o tamanho da placa utilizada, bem como o número de parafusos;
4. **Melhor recuperação**, uma vez que o preenchimento do defeito com a cunha porosa de titânio evita a utilização de enxerto de osso esponjoso;
5. **Abordagem menos invasiva** pela utilização de um implante de tamanho reduzido que permite a realização de uma incisão mais pequena;

6. **Obtenção do avanço da tibia desejado.** Existem cunhas com tamanhos padrão que auxiliam a atingir este objetivo, mas as cunhas podem cortar-se e facilmente adapta-las ao avanço que o cirurgião deseja obter.
7. **Otimização dos recursos:** a realização da técnica implica a utilização de implantes básicos de osteossíntese, sem ter que se utilizar instrumentos específicos para a sua implementação. O *pack* cunha de titânio, placa e parafusos permite ao veterinário uma opção económica.
8. **A versatilidade** na estabilização da tuberosidade da tibia, o que representa uma alternativa muito útil quando existem complicações cirúrgicas. As cunhas permitem a estabilização da crista tibial com placas e parafusos ou com a utilização de agulhas e cerclage.

2.2.1.1. Os implantes

a) Cunhas porosas

As cunhas são constituídas por titânio poroso Ti6Al4V ELI (ISO 5832-3) (ITC 2015). Estas permitem diferentes avanços: 3,0; 4,5; 6,0; 7,5; 9,0; 10,5; 12,0; 13,5 e 15,0 mm, com distintas larguras para cada um destes avanços (ITC 2015). O cirurgião tem à sua disposição várias opções, no entanto, para decidir qual a cunha a utilizar, é importante ter em consideração as três grandezas físicas de cada uma delas: a espessura da cunha (A) que coincide com o avanço da tuberosidade tibial desejado, a largura da cunha (B) e o comprimento da mesma (H) (ITC 2015).

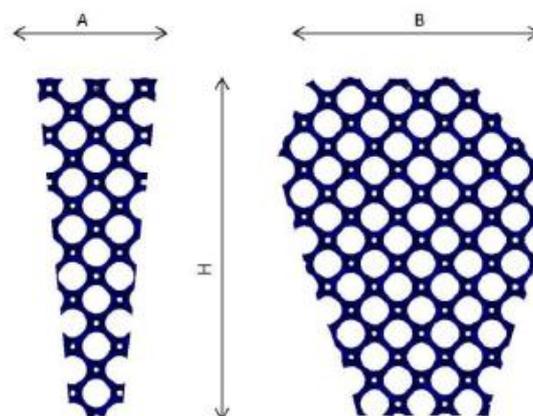


Figura 26- Representação esquemática da cunha porosa. Imagem adaptadas de *Porous TTA - Técnica Quirúrgica e Implantes* (ITC 2015).

Avanço – A (mm)	Largura – B (mm)	Comprimento – H (mm)
3	5 7	8
4,5	8 11	13
6,5	11 14	20
7,5	14 17	22
9	14 17 20	26
10,5	17 20	28
12	17 20 23	30
13,5	20 23	33
15	21 24	33

Tabela 6- Tabela com os diferentes tipos de cunhas. Adaptada de *Porous TTA - Técnica Quirúrgica e Implantes* (ITC 2015).

b) Placa

As placas são de titânio Ti CP Grade 4, ISO 5832-2, podendo ser dobradas e moldadas para se adaptarem à anatomia do cão, mesmo que em muitos casos não seja necessário (ITC 2015). O set da TTA porosa contém 8 tamanhos de placas que se podem dividir em três grupos diferentes com base na sua largura: 8,0 mm; 7,0 mm e 4,0 mm (ITC 2015). As placas mais largas são utilizadas em animais de maior tamanho porque também possuem orifícios para a colocação de parafusos de maiores dimensões. Além disso, as placas são curvilíneas, com exceção da mais pequena (4R), permitindo uma melhor adaptação à anatomia da crista tibial quando são colocadas (ITC 2015). Todas elas, menos a placa 4R, têm dois orifícios para colocar os parafusos na crista tibial e outro de maiores dimensões para a diáfise tibial (ITC 2015).

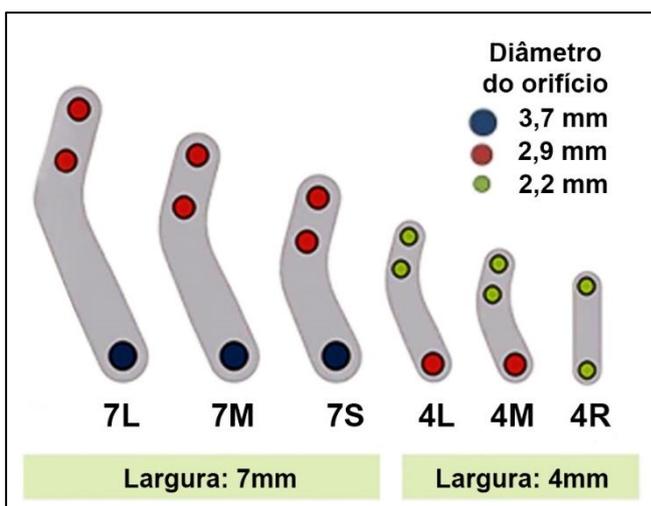


Figura 27- Tipos distintos de placas da TTA Porosa. Imagem adaptada de *Porous TTA - Técnica quirúrgica e implantes* (ITC 2015).

Relativamente à nomenclatura da placa, o número inicial refere-se à largura e não à espessura, que é de 1 mm para qualquer placa. A letra que se segue ao número corresponde ao tamanho da placa, ou seja, grande (L), média (M) e pequena (S), sendo que a letra R representa a única placa que é reta (ITC 2015).

c) Parafusos corticais autorroscantes

Os parafusos de titânio Ti6Al4V (ISO 5832-2), são autorroscantes o que significa que não é necessário a realização de rosca com cabeça hexagonal, com exceção dos de diâmetro 1,5 mm (ITC 2015).

Ø 1,5 mm	Ø 2 mm Autorroscantes	Ø 2,4 mm Autorroscantes	Ø 2,7 mm Autorroscantes	Ø 3,5 mm Autorroscantes
Ø 1,5 x 6 mm	Ø 2 x 6 mm	Ø 2,4 x 10 mm	Ø 2,7 x 12 mm	Ø 3,5 x 14 mm
Ø 1,5 x 8 mm	Ø 2 x 8 mm	Ø 2,4 x 12 mm	Ø 2,7 x 14 mm	Ø 3,5 x 16 mm
Ø 1,5 x 10 mm	Ø 2 x 10 mm	Ø 2,4 x 14 mm	Ø 2,7 x 16 mm	Ø 3,5 x 18 mm
Ø 1,5 x 12 mm	Ø 2 x 12 mm	Ø 2,4 x 16 mm	Ø 2,7 x 18 mm	Ø 3,5 x 20 mm
Ø 1,5 x 14 mm	Ø 2 x 14 mm	Ø 2,4 x 18 mm	Ø 2,7 x 20 mm	Ø 3,5 x 22 mm
	Ø 2 x 16 mm	Ø 2,4 x 20 mm	Ø 2,7 x 22 mm	Ø 3,5 x 24 mm
		Ø 2,4 x 22 mm	Ø 2,7 x 24 mm	Ø 3,5 x 26 mm
		Ø 2,4 x 24 mm	Ø 2,7 x 26 mm	Ø 3,5 x 28 mm
		Ø 2,4 x 26 mm		
		Ø 2,4 x 28 mm		

Figura 28- Representação dos diferentes tipos de parafusos presentes no set da TTA Porosa. Imagem adaptada de *Porous TTA - Técnica quirúrgica e implantes* (ITC 2015).

2.2.1.2. Técnica cirúrgica

1. Posicionamento do animal em decúbito lateral do lado do membro que se vai operar, com o membro contralateral abduzido. O acesso cirúrgico faz-se medialmente à tibia;



Figura 29-A

2. Realiza-se uma incisão na pele a cerca de 1 cm do bordo cranial e estende-se desde 1 cm proximal à inserção do LCCr a 1 cm distal à crista da tibia;



Figura 29-B

3. Realiza-se uma incisão na fáscia crural, com o cuidado de minimizar o dano nos vasos sanguíneos. Esta incisão é aprofundada na zona mais caudal do ligamento patelar, onde se coloca um distrator que também tem função de proteger o tendão;



Figura 29-C

4. Antes da cirurgia deve-se estudar a localização do orifício de distração (furo de *Maquet*), para que a osteotomia seja orientada para a crista tibial e não para a diáfise, evitando fraturas diafisárias. O orifício de distração deve ser feito numa zona de densidade óssea menor, com comportamento mais viscoelástico. Recomenda-se a colocação do orifício na porção final da crista tibial, sendo a sua localização difícil pelas diferenças na conformação tibial;



Figura 29-D

5. O orifício é realizado com uma broca com o diâmetro desejado em função do tamanho do animal, mas deve-se evitar realizar orifícios muito grandes. Usam-se diâmetros de 2,5 mm para cães grandes, de 1,8 mm para cães de tamanho médio, de 1,5 mm em cães que pesam entre 3 e 10 kg e brocas de 1,1 mm para cães com menos de 3 kg. É de extrema importância irrigar a zona durante a perfuração para evitar lesão térmica do osso e tecidos circundantes;



Figura 29-E

6. Para ser possível ter um campo cirúrgico amplo, é recomendada a utilização de um distrator que protege o tendão patelar. Este é colocado na porção mais dorsal do tendão patelar, permitindo que a guia de corte passe através dele;



Figura 29-F

7. Deve-se utilizar uma guia específica para a realização da osteotomia, a qual se fixa no orifício distrator (furo de *Maquet*). A broca continua colocada na guia como está representado na imagem, permitindo que a guia fique estabilizada e que, quando se realiza a osteotomia, a serra oscilante não ultrapasse o orifício distrator definido. O posicionamento da guia é mantido também pela presença do distrator. O ponto inicial de corte da osteotomia está situado entre o tendão patelar e o tubérculo de Gerdy e, a partir desse ponto, é realizada uma linha reta até ao orifício de distração. Importante referir que a osteotomia na TTA Porosa, contrariamente ao que ocorre na TTA Clássica, é incompleta;



Figura 29-G

8. A partir do momento em que a guia está posicionada e fixa, pode ser realizada a osteotomia, introduzindo uma serra oscilante de 0,7 mm no sulco da guia de corte. Durante este procedimento deve-se irrigar a zona de corte com soro fisiológico de forma a não haver necrose óssea;



Figura 29-H

9. Quando se retira a guia de corte deve-se observar se a osteotomia está completa antes de proceder ao avanço da tuberosidade da tíbia, sendo que pode ser necessário realizar outro corte para garantir que a osteotomia foi realizada em toda a extensão. Durante a osteotomia o distrator protege o tendão patelar;



Figura 29-I

10. Uma vez completada a osteotomia, procede-se ao avanço da tuberosidade da tibia. Deve-se realizar a distração de forma progressiva, usando a capacidade viscoelástica do osso para prevenir fraturas da crista tibial, utilizando um distrator adequado de forma a manter o avanço obtido. É recomendado distrair 1 mm a mais do que a largura da cunha escolhida para o animal intervencionado. O distrator tem a função de manter a posição desejada enquanto a cunha é introduzida;



Figura 29-J, K

11. Para a seleção correta da cunha deve-se medir a profundidade da osteotomia com um medidor de profundidade;



Figura 29-L

12. Depois da distração e seleção da cunha, esta é colocada no espaço mantido pelo distrator. A cunha deve ficar totalmente inserida no osso, a porção medial e lateral da cunha devem ficar em contacto com a cortical da crista tibial. Deve-se evitar invadir a articulação e o contacto com os tecidos moles. A nível distal, não se deve exceder a inserção do tendão patelar para evitar fraturas proximais. Para verificar se a cunha escolhida é apropriada, é aconselhada a realização do teste de compressão tibial, cujo resultado deve ser a ausência do avanço cranial da tíbia. Depois de colocada a cunha corretamente, pode-se remover o distrator;



Figura 29-M

13. O set da TTA porosa contém 8 placas diferentes que devem ser escolhidas de acordo com o tamanho do cão. O posicionamento da placa tem uma grande influência na transmissão de cargas. A placa posiciona-se de forma a que o parafuso tibial se localize mais caudodistal do extremo distal da osteotomia. Este não é apertado totalmente para se poder rodar a placa e ajusta-la até se obter o posicionamento desejado na tuberosidade tibial;



Figura 29-N

14. Posteriormente coloca-se o parafuso proximal da crista da tibia, realizando-se uma ligeira compressão da crista contra a cunha porosa, aumentando a estabilidade da mesma. A localização dos parafusos vai depender da anatomia da crista tibial. A colocação dos parafusos segue as regras padronizadas para os parafusos com rosca. Os parafusos distais são inseridos até ao fundo, são apertados e é concluído também o aperto do parafuso tibial. Os parafusos distais ajudam a impedir uma possível avulsão da crista da tibia em caso de fraturas (em cães muito ativos que não respeitam o repouso);



Figura 29-O

15. A incisão é fechada de forma rotineira.



Figura 29-P

Figura 29 (A-P) - Todas imagens representam a realização da técnica passo a passo com a respetiva descrição. Imagens adaptadas de *Porous TTA - Técnica Quirúrgica e Implantes* (ITC 2015).

É importante referir que, em nenhum dos animais que fizeram parte deste estudo, foi colocado enxerto de osso esponjoso. A TTA Porosa, pela utilização da cunha porosa, evita a remoção de osso esponjoso, minimizando a dor provocada ao animal (ITC 2015).

2.2.1.3. Cuidados pós-operatórios

É aconselhado um repouso moderado de seis semanas, com passeios diários com trela (ITC 2015). Normalmente os cães não apresentam claudicação do membro intervencionado aos 2/3 dias depois da cirurgia (ITC 2015). As radiografias para avaliar a evolução do processo cirúrgico são feitas às 4 e 12 semanas pós-cirúrgicas (ITC 2015).

2.2.2. Método de medição pré-operatória do avanço da tuberosidade tibial

O avanço necessário para se obter um ângulo de 90° do *plateau* tibial com o tendão patelar, de forma a impedir o avanço cranial da tuberosidade da tibia foi calculado, através da utilização do guia da TTA Porosa. O avanço cranial tibial deve ser o suficiente para que o tendão patelar seja perpendicular à tangente comum, tal como referido na literatura (Dennler et al, 2006; Cadmus et al, 2014).

O conjunto da TTA Porosa contém um guia para o cálculo do avanço da tuberosidade. Este permite calcular os avanços com a utilização do método da tangente comum ou do método da inclinação do *plateau* tibial. Os autores deste guia sugerem que, por haver avanços distintos para o mesmo animal utilizando métodos de medição diferentes, durante a cirurgia, deve-se verificar que o avanço da tibia desapareça com a utilização da cunha correspondente ao avanço previamente calculado (ITC 2015). Assim, pode-se colocar o implante poroso sem o fixar, de forma a testar o avanço. Se se continuar a observar o avanço cranial da tibia, deverá ser colocado um implante com um tamanho superior (ITC 2015).

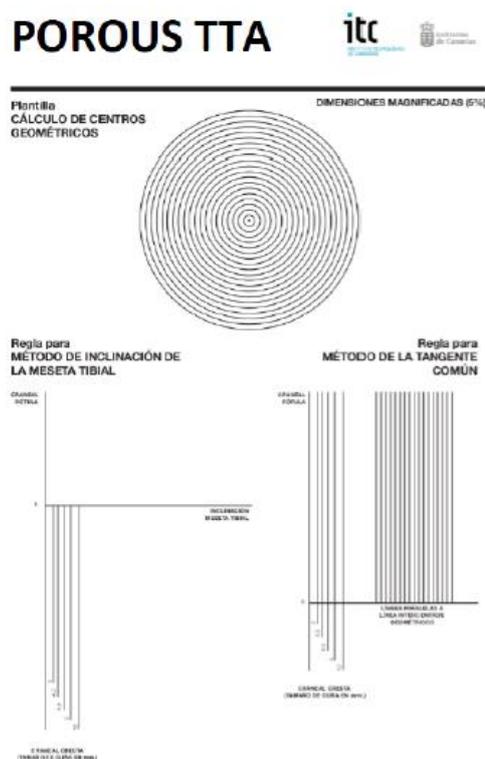


Figura 30- Guia da TTA Porosa para o cálculo do avanço da tuberosidade tibial. Imagem adaptada de *Porous TTA - Técnica Quirúrgica e Implantes* (ITC 2015).

2.2.3. Estratificação da amostra

Neste estudo houve a necessidade de dividir a amostra em diferentes classes, para que pudesse ser analisada com maior precisão. Desta forma, dividiu-se a amostra segundo o género (machos e fêmeas), segundo o estado reprodutivo (castrados/inteiros), bem como consoante a categoria de peso a que cada animal pertencia. Relativamente ao peso, os cães foram divididos em 4 grupos: 0-10 kg (cães de raça pequena), 11-25kg (cães de raça média), 26 a 45 kg (cães de raça grande), 46kg a 90 kg (cães de raça gigante). Esta classificação foi baseada nos critérios do Clube Português de Canicultura (CPC), de acordo com a Federação Cinológica Internacional (FCI). Além disso, no estudo das complicações da *TTA* Porosa, também se dividiu a amostra em duas classes segundo o critério que Wolf e colaboradores utilizaram no seu estudo. Assim, as complicações pós-operatórias foram divididas em complicações maiores que correspondem a complicações que necessitam de uma segunda intervenção cirúrgica como é o caso de fraturas, falha dos implantes, lesão dos meniscos após a cirurgia e claudicação de origem desconhecida e as complicações menores que incluem infeção e/ou inflamação do local da incisão, seroma e todas aqueles problemas identificados como não sendo complicações maiores (Wolf et al. 2012).

2.2.4. Organização estatística da amostra

A organização da amostra consoante as variáveis que se pretenderam estudar foi feita com o Microsoft Excel® para Office 2016. Na caracterização da população da amostra estudada, os valores foram analisados na forma de média \pm desvio padrão. Além disso, também se utilizou o software de análise estatística SPSS Statistics® 22.0 para o tratamento e análise dos dados.

2.3. Resultados

2.3.1. Caracterização da amostra

Preencheram os critérios de inclusão deste estudo 60 unidades de estudo (N= 60), ou seja, 60 articulações do joelho de 55 cães diagnosticados com rotura de ligamento cruzado cranial e que foram intervencionadas cirurgicamente com a técnica *TTA* Porosa.

2.3.1.1. Membro afetado

Das 60 articulações intervencionadas, 35 correspondem ao membro esquerdo (58,3 %) e 25 ao membro direito (41,7%).

A percentagem de rotura bilateral observada nos 55 animais intervencionados foi de 9,1 %, que corresponde a 5 animais. Desta forma, no total de joelhos estudados, 50 (83,3%) correspondem a intervenções unilaterais e 10 (16,7 %) a intervenções bilaterais. A segunda cirurgia de TTA Porosa, ao membro contralateral foi realizada após a primeira em diferentes intervalos de tempo em cada animal, sendo que num dos casos foi feita a intervenção cirúrgica simultânea nos dois membros. As outras cirurgias tiveram um intervalo entre elas de 2 meses, 6 meses, 10 meses e 1 ano.

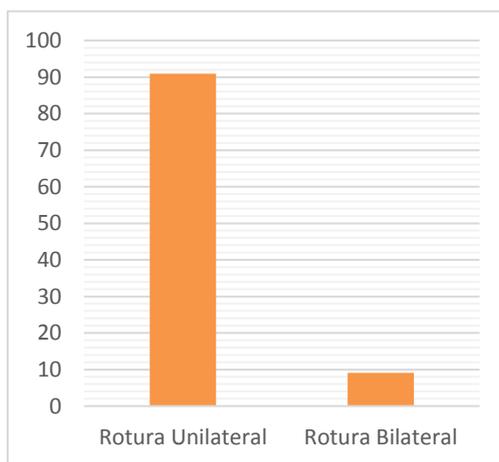


Gráfico 1- Distribuição da amostra de acordo com rotura unilateral vs bilateral.

2.3.1.2. Género e estado reprodutivo

O género feminino representou 47% (26/55) e o género masculino 53% (29/55). Das 26 fêmeas que fizeram parte do estudo, 19 eram castradas (73%) e 7 eram inteiras (27%). Relativamente aos machos, 18 eram castrados (62%) e 11 eram inteiros (38%).

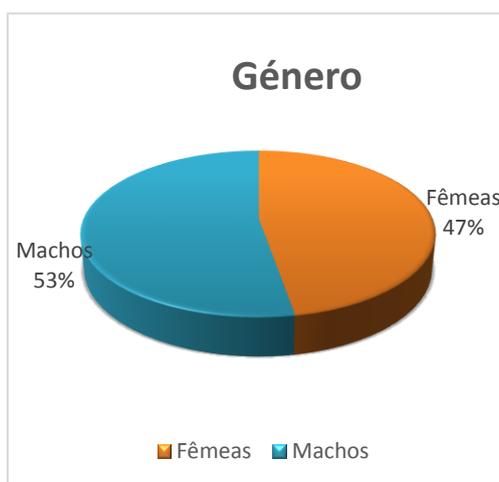


Gráfico 2- Distribuição da amostra de acordo com o género.

2.3.1.3. Raça

As raças representadas neste estudo compreendem 13 cães de raça indeterminada (23,6%) 9 *Labrador Retriever* (16,4%), 7 *Boxer* (12,7%), 3 *Golden Retriever* (5,5%), 3 *Pastor Alemão* (5,5%), 3 *Yorkshire Terrier* (5,5%), 2 *West Highland White Terrier* (3,6%), 2 *Rottweiler* (3,6%), 2 *Border Collie* (3,6%) e 1 (1,8%) de cada uma das seguintes raças: *Mastim Napolitano*, *Springer Spaniel* Inglês, *Cocker Spaniel*, *Beagle*, *Braco Alemão*, *American Staffordshire Terrier*, *Pointer* Inglês, *Caniche*, *Mastiff* Francês, *Bullmastiff* e *Braco Húngaro*.

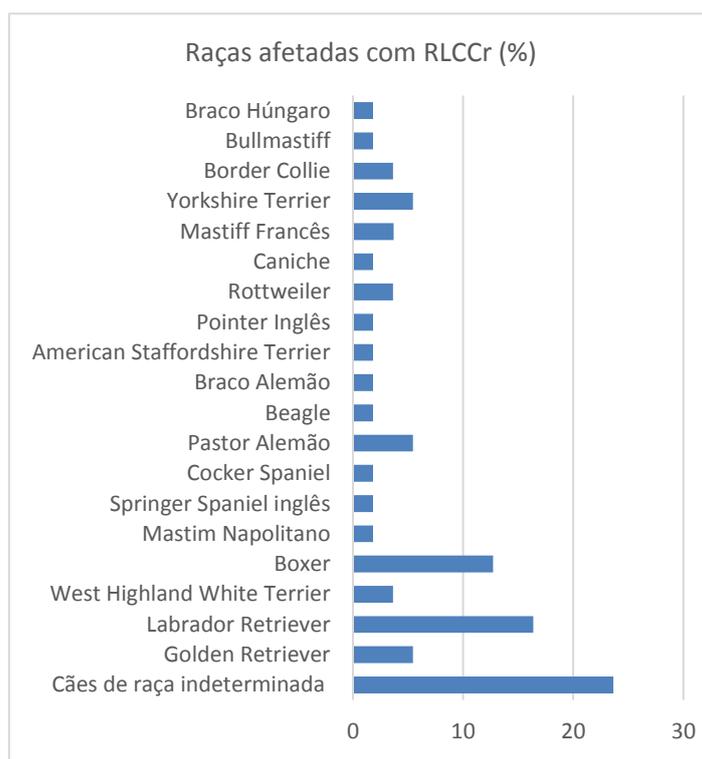


Gráfico 3- Distribuição percentual da amostra de acordo com a raça

2.3.1.4. Idade

A idade média dos animais que fizeram parte do estudo foi $5,5 \pm 2,47$ anos, com uma idade mínima de 1 ano e máxima de 11 anos. A idade mais representada foi a de 8 anos (20%).

2.3.1.5. Peso

Foi obtido o registo do peso de todos os animais do estudo. Para facilitar a apresentação dos resultados, os pesos foram divididos em 4 grupos: 0-10 kg (cães de raça pequena), 11-25kg (cães de raça média), 26 a 45 kg (cães de raça grande), 46kg a 90 kg (cães de

raça gigante). A média dos pesos foi $27 \pm 12,2$ kg com animais com um peso mínimo de 3 kg e um máximo de 58 kg.

Tal como está representado no gráfico abaixo, neste estudo, 8 cães (14,5%) pertenciam à categoria dos 0-10 kg, 13 (23,6%) à categoria dos 11 -25 kg, 31 animais (56,4%) tinham o peso entre os 26 a 45kg e, por fim, 3 cães de raça gigante pesavam entre 46kg e 90kg (5,45%). Dos animais que pesavam entre 0 e os 10 kg, a média dos pesos foi de $6,45 \pm 1,77$ kg com um intervalo de segurança de 95% entre os valores [5,35-7,55]; dos que estavam na categoria 15-25kg, a média dos pesos foi de $20,58 \pm 4,80$ kg com um intervalo de segurança de 95% entre [17,75-23,24]; dos que pesavam entre 26-45kg, a média foi de $32,4 \pm 5,11$ kg com um intervalo de segurança de 95% entre [30,58-34,18]; por último, dos animais que estavam na categoria 46-90kg, a média dos pesos foi de $53,7 \pm 4,19$, com um intervalo de segurança de 95% para os limites [48,93-58,41].

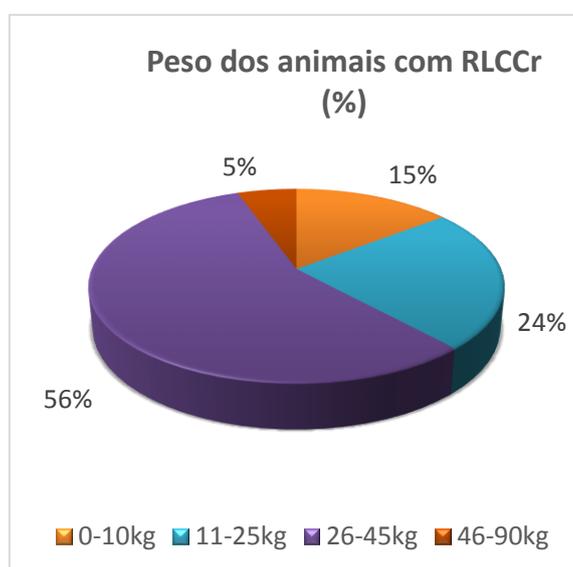


Gráfico 4- Distribuição percentual do peso dos animais com rotura do LCCr divididos em categorias.

Além dos resultados dos pesos dos animais presentes neste estudo, também foi observado, dentro dos animais de raça indeterminada, qual a categoria de pesos que predominava, de forma a investigar que tipo de porte estes animais teriam, visto que é o grupo maior dentro do estudo das raças afetadas com rotura do LCCr. A média do peso dos animais com raça indefinida foi de $25,78 \pm 8,59$ kg com um intervalo de segurança de 95% entre [21,11-30,46].

2.3.2. Caracterização da cunha porosa

A cunha mais utilizada foi a de 12 mm de avanço (27,3%, 15 casos), seguindo-se as cunhas de 13,5 mm (23,6%, 13 casos), 15 mm (21,8 %, 12 casos), 9 mm (9,1%, 5

casos), 6 mm (7,3%, 4 casos), 7,5 mm (5,5 %, 3 casos), 10,5 mm (3,6%, 2 casos), 4,5 mm (1,8%, 1 caso) e por fim a de 3 mm que não foi utilizada neste estudo.

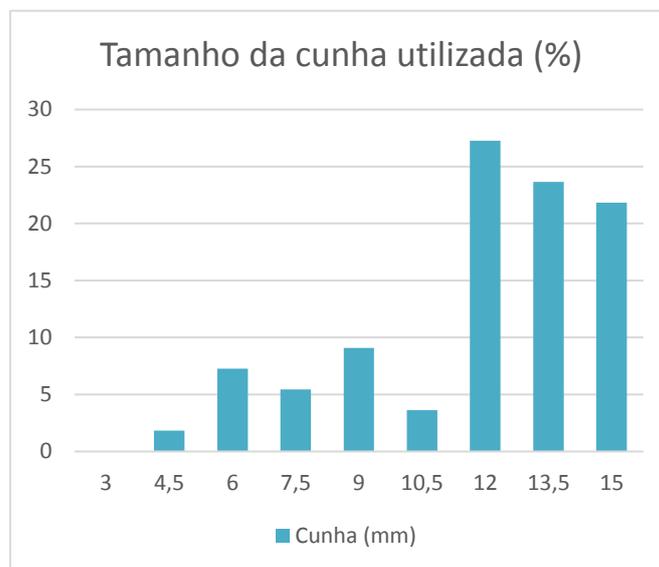


Gráfico 5- Distribuição percentual das cunhas utilizadas em cada caso, classificadas por tamanho.

2.3.3. Caracterização das complicações intra e pós-operatórias da TTA Porosa

Ocorreram 5 casos de complicações com a utilização da TTA Porosa nas 60 articulações intervencionadas correspondendo a uma percentagem de 8,3%. Dentro das complicações observadas, 1 delas (1,7%) correspondeu a uma complicação intraoperatória e 4 casos (6,7%) a complicações pós-operatórias. Tal como foi referido anteriormente, as complicações pós-operatórias foram divididas em complicações menores (0%, 0 casos) e complicações maiores (6,7%, 4 casos). Dentro das complicações maiores que necessitaram de uma nova intervenção cirúrgica, uma delas (1,7%) corresponde à remoção da placa, 2 casos (3,33%) ocorreram por fraturas e/ou fissuras distais da crista da tibia a partir da linha de osteotomia e 1 caso (1,7%) por falha dos implantes, nomeadamente da placa, com consequente fratura da tuberosidade da tibia.

2.4. Discussão

2.4.1. Caracterização da amostra

2.4.1.1. Membro afetado

Segundo este estudo, o membro mais intervencionado foi o esquerdo, correspondendo a 58,3% das articulações estudadas. Segundo um estudo realizado por Guthrie e seus colaboradores, apesar dos resultados não serem estatisticamente significativos, observou-se uma maior incidência de rotura do rotura do LCCr também no membro esquerdo (Guthrie et al, 2012). Isto foi explicado pelo facto de o cão caminhar do lado direito do proprietário, apoiando mais carga no membro esquerdo (Guthrie et al, 2012). No entanto, por ser apenas um estudo a referir isto, não se pode concluir de forma segura que um membro será mais afetado que o outro.

Relativamente à rotura bilateral, esta foi apresentada em 9,1 % dos animais estudados, à semelhança do que refere a bibliografia, onde 11% a 27 % dos animais desenvolveu rotura bilateral durante o período de estudo (Harasen 2003; Adams et al, 2011). Além disso, segundo Adams e colaboradores, 2% dos animais tinham rotura do LCCr bilateral na altura da primeira consulta de ortopedia, o que é semelhante ao observado neste estudo, uma vez que 1 dos animais (1,8%) foi diagnosticado com rotura do LCCr bilateral na primeira consulta, sendo intervencionado aos dois membros no mesmo dia.

2.4.1.2. Género e estado reprodutivo

Neste estudo, verificou-se maior incidência de machos (53%) diagnosticados com rotura do LCCr do que fêmeas (47%), contrariamente ao que a maioria da bibliografia refere, onde as fêmeas são mais afetadas, com duas vezes mais probabilidade de roturarem o LCCr (Vasseur 1993; Harasen 2003; Adams et al, 2011; Ragetly et al, 2011; Taylor-Brown et al, 2015;). Apesar disso, nem toda a bibliografia está de acordo com isso já que Guthrie e colegas defendem não haver uma relação entre o género e o estado reprodutivo e a probabilidade de ocorrer rotura do LCCr (Guthrie et al, 2012).

Relativamente ao estado reprodutivo, pode-se constatar que o número de animais castrados, tanto de machos como de fêmeas, é superior ao de cães inteiros, com 73% de fêmeas castradas e 62% de machos castrados. Este resultado está de acordo com o que se tem estudado sobre a epidemiologia do LCCr, onde os animais castrados têm maior probabilidade em desenvolver a doença, talvez porque tendem a aumentar de peso, provocando um acrescido *stress* articular (Vasseur 1993; Jon G et al, 1993;

Witsberger et al, 2008; Cook 2010; Adams et al, 2011; Comerford et al, 2011; Taylor-Brown et al, 2015).

2.4.1.3. Raça

Relativamente às raças, os animais sem raça definida são os que possuem uma percentagem superior (23,6%). Após os animais de raça indeterminada, as raças mais representadas neste estudo foram o *Labrador Retriever* (16,4%), o *Boxer* (12,7%), o *Golden Retriever* (5,5%), o Pastor Alemão (5,5%) e o *Yorkshire Terrier* (5,5%) que fazem parte da lista dos animais mais afetados com a rotura do LCCr (Cook 2010; Adams et al, 2011; Comerford et al, 2011; Grierson et al, 2011; Guthrie et al, 2012; Taylor-Brown et al, 2015), estando também presentes neste estudo, em menor número, outras raças igualmente predispostas à rotura do LCCr como o Mastim Napolitano, o *Staffordshire Terrier* Americano, o *Rottweiler*, o *West Highland White Terrier* (Taylor-Brown et al, 2015). Além das raças predispostas, também esteve presente 1 caso de uma raça pouco predisposta a desenvolver rotura do LCCr como é o caso do *Cocker Spaniel* (Taylor-Brown et al, 2015).

2.4.1.4. Idade

A média de idades foi cerca de 6 anos o que se encontra de acordo com a bibliografia que refere que, cães com idades superiores a 4 e 7 anos, apresentam maior probabilidade em apresentar rotura do LCCr (Harasen 1995; Witsberger et al, 2008; Cook 2010; Taylor-Brown et al, 2015). As idades oscilaram entre 1 ano e os 11 anos, sendo que a idade de 8 anos (20%) foi a mais representada neste estudo. Apesar de alguns autores referirem que cães com menos de dois anos têm menor probabilidade em desenvolver rotura do LCCr, uma vez que cães muito jovens não apresentam um grau de degeneração do LCCr tão acentuado (Witsberger et al, 2008; Adams et al, 2011), neste estudo observaram-se 3 casos (5,5 %) de animais com 1 ano, diagnosticados com rotura do LCCr. Apesar de nesta amostra não existirem dados que possam justificar esta situação, isto pode ir de encontro ao que se refere na bibliografia, onde animais jovens que não apresentam alterações nos ligamentos podem sofrer rotura traumática, associada a uma causa hereditária (Wilke et al, 2009; Cook 2010; Comerford et al, 2011). Além disso, uma conformação anatómica anormal também pode explicar porque em animais tão jovens ocorre rotura do LCCr.

2.4.1.5. Peso

A média dos pesos foi $27 \pm 12,2$ kg com animais com um peso mínimo de 3 kg e um máximo de 58 kg. A maioria dos animais deste estudo pertencia à categoria dos 26-45 kg (58%), ou seja, à categoria dos cães de raça grande. Segundo a bibliografia, vários estudos relataram que animais com elevado peso corporal têm maior risco de rotura do LCCr (Vasseur 1993; Jon G. 1993; Cook 2010; Taylor-Brown et al, 2015) e que os animais de grande porte são os mais afetados com rotura do LCCr, confirmando o que se observa no estudo presente (G. Harasen 2003).

Relativamente aos cães sem raça definida, verificou-se que eram animais que pertenciam à categoria dos animais de raça média a grande com um valor médio a rondar os $25,78 \pm 8,59$ kg, permitindo concluir que dentro deste grupo, a maioria dos cães teriam pesos elevados, reforçando a ideia que animais pesados, até mesmo de raça indefinida, têm maior probabilidade em desenvolver rotura do ligamento cruzado cranial.

2.4.2. Caracterização da cunha porosa

Neste estudo a cunha de 12 mm de avanço (27,3%, 15 casos), foi a mais utilizada, seguindo-se as cunhas de 13,5 mm (23,6%, 13 casos), 15 mm (21,8 %, 12 casos), 9 mm (9,1%, 5 casos), 6 mm (7,3%, 4 casos), 7,5 mm (5,5 %, 3 casos), 10,5 mm (3,6%, 2 casos), 4,5 mm (1,8%, 1 caso) e por fim a de 3 mm que não foi utilizada neste estudo. Por inexistência de bibliografia sobre a TTA Porosa e sobre o tipo de avanço mais utilizado, não foi possível realizar qualquer tipo de comparação.

A cunha porosa representa o avanço necessário em mm para que não haja translação cranial da tuberosidade da tibia em relação ao fémur durante o movimento e depende do ângulo do *plateau* tibial de cada animal antes da cirurgia. A relação entre a rotura do LCCr e um excessivo ângulo do *plateau* tibial, ainda é controversa, uma vez que muitas variáveis como a força muscular, a condição corporal, a obesidade, o ganho rápido de peso, a inatividade e a quantidade de exercício realizada podem influenciar a quantidade de *stress* a que o ligamento é sujeito (Rooster et al, 2006; Comerford 2010; Cook 2010; Mostafa et al, 2010; Comerford et al, 2011; Ragetly et al, 2011). Além disso, não há uma relação entre o avanço necessário e o peso do animal, visto que também não existe uma relação entre o ângulo do *plateau* tibial de cada cão e o seu peso. Ora, a bibliografia refere que não há diferenças significativas entre o ângulo do *plateau* tibial de Labradores Retrievers com e sem rotura do LCCr ou mesmo entre Labradores e Galgos, o que leva a supor que o ângulo do *plateau* tibial é independente do peso do animal (Comerford

2010; Griffon 2010; Comerford et al, 2011; Ragetly et al, 2011;). Também foi descrito por Sue e colaboradores que animais de raça pequena possuem ângulos do *plateau* tibial superiores aos dos cães de raça grande (Su et al, 2015). Desta forma, não se procedeu à investigação de uma relação dos implantes escolhidos, ou seja, do avanço necessário, como o peso dos animais, visto que o avanço desejado é independente do peso do doente.

2.4.3. Caracterização das complicações intra e pós-operatórias da *TTA* Porosa

A percentagem de complicações observada nas 60 articulações submetidas à intervenção cirúrgica para resolução da rotura do LCCr com a utilização da *TTA* Porosa foi de 8,3 % que, quando comparada com a taxa de complicações da *TTA* Clássica que abrange valores entre os 11% e os 59% (Hoffmann et al, 2006; Lafaver et al, 2007; Steinberg et al, 2011; Hirshenson et al. 2012; Wolf et al, 2012; MacDonald et al, 2013) , apresenta valores inferiores. Relativamente à percentagem de complicações maiores (6,7%), esta está de acordo com o estudo realizado pela equipa de Dymond, que apresentou percentagem de complicações maiores de 6,5%, no entanto Wolf e colaboradores apresentam percentagens superiores (11,4%) às que se verificam neste estudo, bem como o grupo de Costa (13,4%) (Dymond et al, 2010; Wolf et at, 2012; Costa et al, 2017). A percentagem de complicações menores expostas na bibliografia utilizada (7,6%), é sempre superior à observada neste estudo (0%). É, no entanto, possível que estes valores estejam subdimensionados. Isto pode ser explicado pelo facto de não ter existido um seguimento pós-cirúrgico pormenorizado dos animais que não apresentavam complicações com necessidade de uma segunda intervenção, isto porque, muitos dos animais submetidos à cirurgia foram referenciados de outras clínicas, uma vez que, o Hospital Veterinari Canis é considerado um centro de referência.

Apesar do presente estudo exibir uma taxa de complicações gerais relativamente à *TTA* Porosa inferiores ao apresentado na bibliografia sobre a *TTA* Clássica, é extremamente importante referir que este estudo tem limitações que podem resultar em percentagens que não correspondem à realidade. Ora, pela falta de dados importantes como a abertura da cápsula articular ou exploração artroscópica para observação do tipo de rotura do ligamento (total ou parcial) e a sondagem dos meniscos para identificar possíveis roturas ou lesões, muitas complicações poderão ter ficado ocultas enquanto se realizou este estudo. A exploração dos meniscos seria importante, visto que a sua rotura intra e pós-cirúrgica é uma das principais complicações observadas com a

utilização da *TTA* Clássica (Hoffmann et al, 2006; Lafaver et al, 2007; Dymond et al, 2010; Steinberg et al, 2011; Hirshenson et al, 2012; Wolf et al, 2012; MacDonald et al, 2013; Brown et al, 2015; Tuan 2015).

Além disso, a falta de um acompanhamento posterior à cirurgia, uma vez que muitos dos casos eram referências de outros médicos veterinários, poderá resultar num número menor de complicações gerais. Isto porque se existiram problemas como seromas, hematomas ou infeções no local de sutura, estas seriam tratadas no veterinário habitual do proprietário, não havendo, portanto, um registo destes problemas na base de dados do Hospital Veterinari Canis.

Antes de descrever as complicações intra e pós-operatórias, é importante referir que a *TTA* Porosa se caracteriza pela realização de uma osteotomia parcial que poderá fissurar ou fraturar durante a distração da mesma no bloco operatório ou após a cirurgia, devido também à atividade física precoce por parte do animal. Segundo os autores do manual da *TTA* Porosa, a fratura/fissura seguirá a linha da osteotomia, permitindo a separação total ou parcial da crista, assemelhando-se a uma osteotomia completa como se verifica da *TTA* Clássica (ITC 2015). A realização de uma osteotomia incompleta permite que, mesmo que haja fratura, se consiga manter alguma ligação à crista tibial, que é uma zona muito vascularizada, tornando o processo de cicatrização/regeneração óssea mais rápido (ITC 2015). Apesar destas indicações, a maioria das complicações que existiram, originando uma claudicação após a cirurgia, correspondem a fraturas/fissuras que seguiram a linha de osteotomia, sendo, necessário uma segunda intervenção cirúrgica. Cada complicação será descrita em detalhe, bem como o porquê da sua ocorrência.

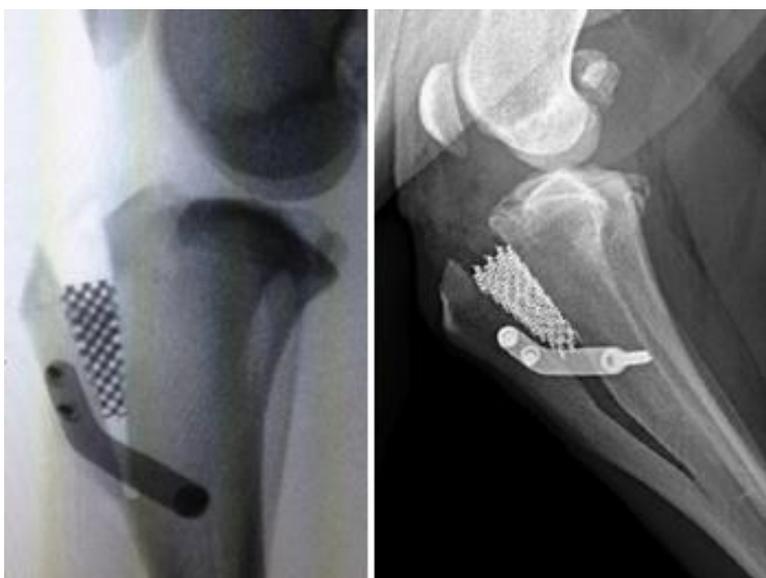


Figura 31- A primeira radiografia corresponde a uma correta representação da *TTA* Porosa. A segunda imagem representa uma fratura distal da crista da tibia que segue a linha de osteotomia. Imagens adaptadas de *Porous TTA - Técnica Quirúrgica e Implantes* (ITC 2015).

As complicações foram divididas em intraoperatórias e pós-operatórias:

A única complicação intraoperatória observada, foi a colocação de uma agulha de Kirshner durante a cirurgia, de forma a evitar uma fratura distal da crista da tibia ao longo da linha de osteotomia. Tal como foi referido na descrição da técnica cirúrgica, uma das vantagens da TTA Porosa é a sua versatilidade quando se procede à estabilização da tuberosidade da tibia, uma vez que as cunhas porosas permitem a fixação da crista tibial com placas e parafusos ou com a utilização de agulhas e cerclage. A aplicação da agulha também foi suportada pelo facto de o cão de raça Braco Húngaro com um peso 25,2kg ser demasiado ativo e, por essa razão, no período pós-operatório, ser mais fácil a fratura distal da crista tibial;

Uma das complicações pós-operatórias que ocorreu foi a necessidade de uma segunda intervenção cirúrgica num *West Highland White Terrier* com 6 anos e 7kg de peso que realizou a cirurgia para resolução da rotura LCCr com a utilização da TTA Porosa. A necessidade de explorar a articulação cirurgicamente foi devido ao facto de o animal continuar a claudicar do membro intervencionado após a cirurgia. Segundo a bibliografia, a grande maioria dos animais que apresentam claudicação pós-operatória apresenta rotura dos meniscos sobretudo do menisco medial, que pode não ser identificada no momento do diagnóstico ou intra-operatoriamente, mas que representa uma frequente complicação após a cirurgia (Pacchiana et al, 2003; K. A. Johnson et al, 2004; Luther 2009; Cook 2010; Fitzpatrick et al, 2010; Kowaleski et al, 2012a; Dillon et al, 2014; Ritzo et al, 2014; Wustefeld-Janssens et al, 2015; McCready e Ness 2016). Em termos radiográficos a única informação presente na ficha deste animal foi a presença de artrose na articulação devido, provavelmente, às alterações degenerativas causadas pela rotura do ligamento cruzado cranial. A intervenção cirúrgica foi realizada cerca de 6 meses depois, onde não se observou rotura nem lesão dos meniscos que explicasse a permanência da claudicação. O cirurgião optou por remover a placa e deixar a cunha porosa, uma vez que pensava que poderia haver uma reação de corpo estranho aos implantes, e decidiu realizar cultura e antibiograma com o auxílio de uma zaragatoa, no entanto, não foi possível encontrar os resultados na ficha do animal. Desta forma, a origem da claudicação permanece desconhecida, sendo que poderá ter sido devido a uma reação de corpo estranho à placa, mas também não se pode descartar a ocorrência de uma infeção. As equipas de Hoffman e de Lafaver obtiveram 3,9% de infeções nos seus estudos, Costa e colaboradores obtiveram 6,9 % de infeções do local cirúrgico, sendo que 1,1% correspondiam a infeções profundas e o grupo de Yap apresentou 2,6

a 7,2 % de infecção do local cirúrgico nos seus estudos (Hoffmann et al, 2006; Lafaver et al, 2007; Yap et al, 2015; Costa et al, 2017). Uma infecção superficial do local da cirurgia ocorre dentro de 30 dias depois da cirurgia, envolvendo a pele e o tecido subcutâneo, demonstrando sinais de inflamação (calor, edema, dor, eritema) (Costa et al, 2017). Já uma infecção profunda, pode ocorrer até 1 ano após a cirurgia afetando os tecidos superficiais e profundos do local da incisão sem a evidência radiográfica e citológica de infecção óssea ou articular, tal como ocorreu neste caso (Costa et al, 2017). Quase todas as premissas de uma infecção profunda encaixam no caso clínico apresentado, desde o tempo passado desde a cirurgia até à intervenção cirúrgica (mais ou menos 6 meses), como a ausência radiográfica de lesões inflamatórias. As indicações médicas quando existe uma infecção pós-cirúrgica associada aos implantes consistem na administração de antibiótico e remoção dos implantes, ambos efetuados na abordagem desta complicação (Costa et a, 2017);



Figura 32- A imagem da esquerda corresponde à radiografia realizada após a cirurgia. Importante notar que a cunha porosa deveria estar mais profunda. Na imagem da direita está representada a radiografia que foi realizada depois da cirurgia para remoção da placa. Estas radiografias foram gentilmente cedidas pelo Hospital Veterinari Canis de Girona.

Outra possível origem para a persistência da claudicação pode ser devido facto da cunha porosa ser demasiado comprida e fazer protusão intra-articular, podendo danificar o tendão patelar na sua face interna. Ora, esta irritação constante, pode provocar dor e fazer com que o animal claudique após a cirurgia. Não existem mais informações acerca do caso, como o acompanhamento médico e radiográfico do animal,

daí não ser possível apurar a causa da claudicação ou se o animal, após a abordagem realizada, permaneceu com dificuldade em apoiar carga.

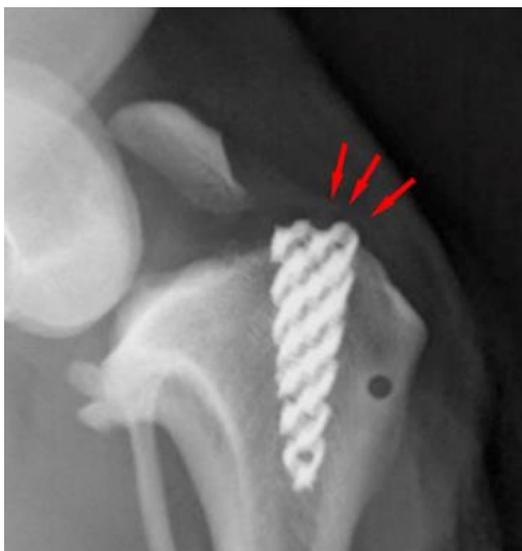


Figura 33- Ampliação da imagem anterior, onde se pode observar com maior pormenor que a cunha é comprimida de mais, podendo lesionar o tendão patelar. Esta radiografia foi gentilmente cedida pelo Hospital Veterinari Canis de Girona.

Ocorreram duas fraturas distais da crista da tíbia pela linha de osteotomia. As fraturas observadas podem ter ocorrido por uma realização inadequada da técnica cirúrgica, com colocação incorreta dos implantes ou de uma má orientação da linha de osteotomia, uma vez que esta tem de ser orientada para a crista tibial e nunca para a diáfise (ITC 2015). Tal como acontece na *TTA* Clássica, onde o posicionamento incorreto da placa e da caixa, bem como a execução de uma osteotomia demasiado estreita na porção distal, originam a ocorrência de fraturas (Nutt et al, 2015). Estes erros técnicos, podem causar pontos de maior *stress* no osso, provocando fraturas. Estas complicações, segundo os grupos de Hoffman, Wolf e Costa representam 0,9 a 1,1% de todas as complicações ocorridas com a utilização da *TTA* Clássica enquanto neste estudo sobre a *TTA* Porosa, representaram 3,33%, um valor superior ao observado na bibliografia. Isto pode ter acontecido, uma vez que estas complicações surgiram durante a curva de aprendizagem do cirurgião com a utilização da *TTA* Porosa. Quanto maior o número de articulações operadas com a utilização da *TTA* Porosa, maior será a experiência do cirurgião, o que levará a uma diminuição de tais erros. Uma das complicações ocorreu num Mastim com 55 kg de 8 anos, submetido a uma cirurgia bilateral para a resolução da rotura do LCCr com a utilização da *TTA* Porosa. Alguns estudos, como no caso de Kiefer e colaboradores, afirmam que a realização da *TTA* Clássica nos dois membros em simultâneo está relacionada com uma maior taxa de complicações pós-cirúrgicas (Kiefer et al, 2015), sendo necessário ponderar bem a execução da técnica cirúrgica bilateral num animal. No entanto, no estudo realizado pelo grupo de Danielson, demonstrou-se que as complicações associadas a uma *TTA* bilateral eram semelhantes

às de uma *TTA* unilateral e que se deve pensar na *TTA* bilateral como uma alternativa viável (Hirshenson et al, 2012; Danielson et al, 2016). Este animal foi intervencionado uma segunda vez, onde se colocou uma placa e parafusos, no entanto, a fratura ficou mal alinhada, tendo-se optado, em último recurso, pela colocação de fixadores externos e remoção da placa. Não existem registos sobre a evolução posterior do caso a partir das 2 semanas após a segunda intervenção. O outro caso de complicações envolvendo a tuberosidade da tibia e a linha de osteotomia refere-se a um cão de raça *Boxer*, com 3 anos e 31 kg de peso que fez a cirurgia para correção da rotura do LCCr no dia 14 de maio. Teve de ser novamente intervencionado após uma semana, uma vez que recomeçou a claudicar e, radiograficamente, observou-se uma fissura que começava na linha de osteotomia e continuava ao longo da diáfise da tibia. Foi realizada a colocação de fixadores externos, mantendo-se os implantes da *TTA* Porosa. Após 1 mês os fixadores foram retirados, estando consolidada a fissura.

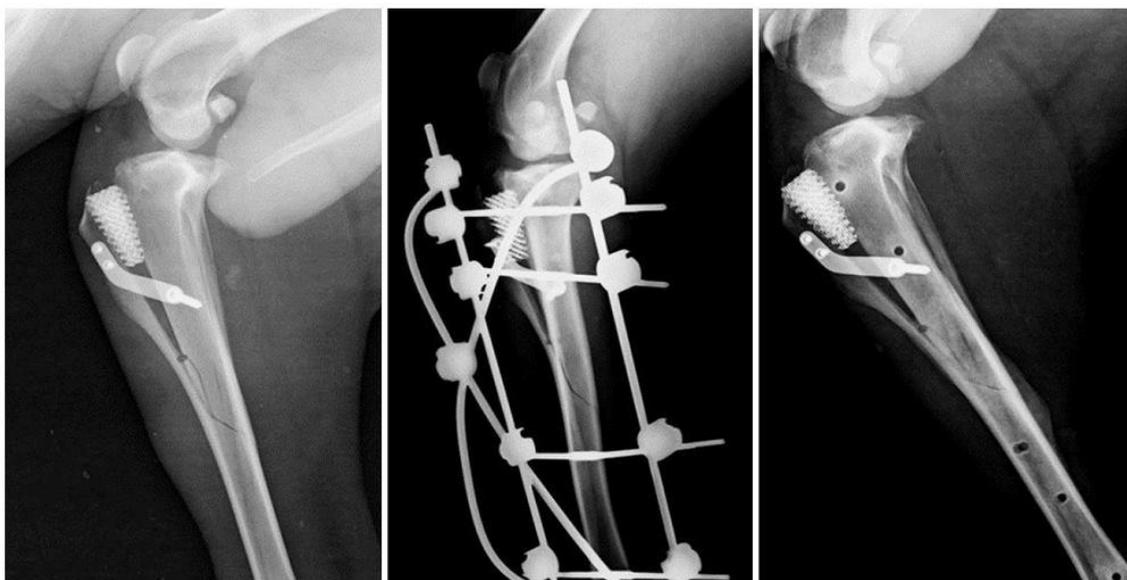


Figura 34- Imagens referentes à complicação ocorrida num *Boxer* de 3 anos e 31kg de peso. A primeira corresponde à radiografia onde se observa a fissura a partir da linha de osteotomia. A central corresponde à colocação de fixadores externos. E a última corresponde à radiografia após a retirada da fixação externa. As imagens foram gentilmente cedidas pelo Hospital Veterinari Canis de Girona.

Por último, foi observada uma falha nos implantes num dos casos deste estudo (1,7%), nomeadamente da placa, provocando a fratura da tuberosidade da tibia a partir da linha de osteotomia. Este valor é menor quando se compara com os resultados obtidos a partir do estudo das complicações da *TTA* Clássica do grupo de Wolf (2% de falha dos implantes) e maior em comparação com os 1,1% de falha dos implantes obtidos pelas equipas de Hoffman, Lafaver e Costa (Hoffmann et al, 2006; Lafaver et al, 2007; Wolf et al, 2012; Costa et al, 2017). O animal de raça indeterminada, 15 kg de peso e 9 anos

de idade, foi submetido à cirurgia para resolução da rotura do LCCr com a técnica *TTA* Porosa e foi reavaliado após 2 semanas verificando-se quebra da placa com consequente fratura da tuberosidade da tibia a partir da linha de osteotomia. Foi novamente intervencionado, tendo-se removido a placa da *TTA* Porosa e colocado uma banda de tensão de forma a fixar o fragmento, com manutenção da cunha porosa.

2.5. Limitações do estudo

Este estudo tem algumas limitações que são importantes de referir e que podem dificultar a comparação entre a técnica *TTA* Porosa e a *TTA* Clássica no que diz respeito às possíveis vantagens que uma possa ter em relação à outra. Ou seja, não se podem tirar conclusões de que a técnica que foi alvo neste estudo seja superior ou inferior à que se usa normalmente.

- Uma das limitações observadas durante a realização deste estudo foi que, como a *TTA* Porosa é uma técnica inovadora e relativamente recente, não foi possível comparar os resultados obtidos com os dados da literatura, uma vez que, para já não, existem estudos sobre a mesma. Desta forma, os resultados obtidos através deste estudo retrospectivo foram comparados com a bibliografia que existe sobre a *TTA* Clássica;
- Este estudo foi realizado durante o período de aprendizagem e aperfeiçoamento da técnica por parte do cirurgião o que poderá originar um maior número de complicações relacionadas com uma execução inadequada da técnica por falta de experiência. As dificuldades técnicas consistem em problemas na distração da crista tibial, uma linha incorreta de osteotomia, um posicionamento errado da cunha porosa (demasiado elevada), da placa e parafusos;
- Relativamente à exploração dos meniscos, esta não era realizada por rotina pelo cirurgião, nem por artroscopia no momento do diagnóstico, nem por artrotomia no momento da cirurgia. Ora, visto que uma das principais causas de complicações da *TTA* Clássica são as lesões nos meniscos, seria interessante ter este dado para se poder comparar o grau de lesão dos meniscos com as diferentes técnicas cirúrgicas. Na *TTA* Porosa, tal como na *TTA* Clássica, não está descrita a libertação do menisco medial como medida preventiva da sua lesão, isto porque a *TTA* por não alterar a posição do *plateau* tibial, não origina um stress maior na porção caudal da articulação do joelho (Lafaver et al, 2007; Boudrieau 2009b). Apesar disso, por estudos anteriores afirmarem que a lesão meniscal é a principal complicação maior decorrente da *TTA*, alguns autores recomendam a libertação do menisco medial, mesmo que esteja intacto (Voss

et al, 2008; Wolf et al, 2012; Brown et al, 2015; Tuan 2015). Sendo assim, neste estudo, não foi possível avaliar as lesões meniscais pré e pós-operatórias, nem a sua comparação com outras técnicas cirúrgicas, pois a sua exploração não foi efetuada em nenhum momento deste estudo;

- Outra limitação foi a falta de informação acerca do tipo de implantes utilizados em cada animal, só existindo registo do tipo de cunha (avanço em mm) utilizada em cada situação. Seria interessante observar se existe alguma relação entre o tipo de implantes escolhidos, o peso do animal e a ocorrência de complicações pós-operatórias. No entanto, pode ser expectável que animais mais pesados, cuja articulação tem de suportar uma carga maior, a probabilidade de existir um risco acrescido de fraturas, seja superior a animais mais leves;
- Na ficha de cada animal não existia informação acerca da realização do diagnóstico da rotura do LCCr, bem como do tempo que passou desde esse momento até à realização da *TTA* Porosa. Além disso, também não havia informação sobre o gau de claudicação de cada animal antes da cirurgia;
- A medição do avanço necessário para que se obter um ângulo de 90° do *plateau* tibial com o tendão patelar, de forma a impedir o avanço cranial da tuberosidade da tibia, foi observado uma única vez pela autora durante este estágio e foi calculado através do auxílio da guia da *TTA* Porosa, sendo que o cirurgião afirmou realizar as medições antes da cirurgia com este método. Apesar disso, na base de dados dos animais que fazem parte deste estudo, não havia registo do avanço necessário da tuberosidade da tibia de cada animal;
- A ausência de um controlo radiográfico sistemático pós-operatório pelo menos às 4 semanas e às 8 semanas para observar os implantes, o tempo de consolidação óssea do local de osteotomia, o grau de osteofitose e a presença/ausência de efusão articular seria importante para se poder comparar com o observado na *TTA* Clássica. O curto período de seguimento dos casos também não permitiu obter conclusões sobre complicações que poderiam ter ocorrido tardiamente. Além disso, o Hospital Veterinari Canis é um centro de referência e, muitos dos animais foram operados e seguidos posteriormente no seu veterinário habitual, não havendo registos radiográficos, bem como de possíveis complicações pós-operatórias que possam ter ocorrido;
- Seria também importante haver um grupo controlo de animais submetidos à *TTA* Clássica de forma a ser possível a comparação dos resultados obtidos com a *TTA* Porosa. Isto permitiria resultados mais fidedignos, visto que as comparações seriam feitas com resultados obtidos a partir da realização das cirurgias pelo mesmo cirurgião, evitando variabilidades na realização da técnica;

- Por fim, outra limitação deste estudo refere-se ao facto de não existir uma avaliação subjetiva e/ou objetiva da eficácia da técnica cirúrgica. Relativamente à avaliação subjetiva seria interessante realizar um questionário aos proprietários dos animais submetidos à *TTA* Porosa relativamente à recuperação dos mesmos após a intervenção cirúrgica e comparar com a informação existente sobre a *TTA* Clássica, onde 90 a 95% dos proprietários revelam satisfação com os resultados da técnica (Hoffmann et al, 2006; Kim et al, 2008; Stein e Schmoekel 2008; Kim et al, 2009; Boudrieau 2009b; Steinberg et al, 2011). A avaliação objetiva teria de ser realizada através de um estudo do movimento do animal antes e após a cirurgia e observar a marcha do mesmo para se poder tirar conclusões acerca da recuperação pós-cirúrgica. A avaliação cinemática da marcha do animal enquanto caminha com diferentes velocidades num tapete rolante seria extremamente importante, uma vez que a avaliação dos proprietários pode ser demasiado subjetiva e mesmo clínicos experientes podem falhar na observação da marcha de um animal num corredor do hospital/clínica ou no exterior. Com a filmagem e com o controlo das velocidades angulares e dos parâmetros temporais e espaciais da marcha podem-se tirar conclusões objetivas acerca do grau de recuperação do animal, podendo também ser identificadas claudicações ligeiras que passam despercebidas.

2.6. Conclusão

Atualmente, em medicina veterinária, sabe-se que a causa principal de claudicação dos membros posteriores e um dos problemas mais comuns em ortopedia é a rotura do ligamento cruzado cranial. Esta situação fez com que fossem desenvolvidas inúmeras técnicas e estudos biomecânicos da articulação do joelho com o intuito de resolver a rotura do ligamento, permitindo diminuir a claudicação do animal e, conseqüentemente, melhorar a sua qualidade de vida. Este crescente interesse na biomecânica do joelho, permitiu o desenvolvimento do conceito de estabilização através de osteotomias corretivas, onde o ligamento cruzado cranial não é necessário para estabilização da articulação. Uma dessas técnicas estabilizadoras é a *TTA* que tem vindo a demonstrar bons resultados clínicos (Hoffmann et al, 2006; Kim et al, 2008; Stein e Schmoekel 2008; Boudrieau 2009b; Kim, et al, 2009; Guerrero et al, 2010; Steinberg et al, 2011). Isto conduziu ao desenvolvimento de modificações da técnica para a tornar mais fácil de realizar, bem como melhorar a recuperação dos animais submetidos à cirurgia em termos clínicos e radiográficos. Uma dessas modificações corresponde a *TTA* Porosa que, através das propriedades osteocondutoras e osteoindutoras da cunha porosa, permite, segundo os autores da técnica, um menor tempo de recuperação com um

encerramento mais rápido da osteotomia. Isto também se deve ao aporte nutricional da crista da tíbia devido à realização de uma osteotomia incompleta. Além disso, simplifica muito a realização da técnica, uma vez que os implantes são pouco complexos.

Este estudo apresenta bons resultados, quanto à viabilidade da técnica, uma vez que a taxa de complicações total se apresentou inferior à descrita na bibliografia referente à *TTA* Clássica e uma taxa de complicações maiores igual ou inferior à descrita pela bibliografia, o que poderá levar a concluir que a *TTA* Porosa é superior à Clássica em termos de risco para o animal. Isto seria verdade caso o estudo não apresentasse as limitações que se verifica. Desde a falta de seguimento antes e após a cirurgia em termos de recuperação dos animais, até à falta de dados sobre as complicações menores e consolidação óssea pela observação radiográfica. Além disso, como é uma técnica inovadora, não existe bibliografia acerca do tema, tornando-se difícil a comparação dos resultados e o estudo das complicações existentes, uma vez que, o método do cirúrgico durante a realização da osteotomia pode originar complicações específicas da técnica. Apesar dos bons resultados, a ocorrência de fissuras e fraturas distais da crista da tíbia, apresentou valores mais elevados do que a *TTA* Clássica. Ora, isto pode significar que este problema pode ocorrer mais facilmente com a realização da *TTA* Porosa, sendo necessário continuar a realizar estudos sobre as complicações intra e pós-operatórias, bem como o aperfeiçoamento da mesma ou então porque os resultados foram obtidos durante a curva de aprendizagem do cirurgião, visto que se tratam de complicações associadas a uma má realização da técnica cirúrgica.

Relativamente à epidemiologia da rotura do ligamento cruzado, os resultados estão em concordância com a bibliografia, com exceção do género mais afetado com a doença. Isto permite concluir que, tal como reportado na literatura, a rotura do ligamento cruzado cranial tem várias predisposições, nomeadamente da raça, idade e peso, tudo isto também associado a alterações da conformação anatómica, genética, fatores hormonais e aos componentes imunológicos e inflamatórios.

Assim, com os conhecimentos adquiridos ao longo da realização deste trabalho, conclui-se que é necessário a execução de mais estudos acerca desta técnica com um maior controlo das variáveis incluídas, ou seja, que a base de dados utilizada seja o mais completa e sistematizada possível. Isto permitiria uma melhor comparação dos resultados obtidos com outras técnicas cirúrgicas e resultados mais objetivos. São exemplos disso, os tempos padronizados dos controlos radiográficos, permitindo uma maior certeza do tempo de consolidação óssea e avaliação da articulação; uma avaliação artroscópica ou através de artrotomia do joelho, fazendo com que fosse

possível a avaliação de possíveis lesões nos meniscos e se havia ou não a necessidade da libertação do menisco medial; uma continuação do seguimento dos casos operados mesmo em casos referenciados de forma a avaliar de forma consistente a ocorrência de complicações maiores e menores; um controlo da recuperação pós-cirúrgica com a avaliação subjetiva e objetiva da marcha, através de questionários aos proprietários e pela utilização da avaliação cinemática ou cinética da marcha. Todos estes fatores tornar-se-iam úteis na caracterização da *TTA* Porosa.

Referências bibliográficas

- Adams, P.; Bolus, R.; Middleton, S.; Moores, A. P.; & Grierson, J. (2011). Influence of signalment on developing cranial cruciate rupture in dogs in the UK. *Journal of Small Anim Practice*, 52(7), 347-352. doi: 10.1111/j.1748-5827.2011.01073.x.
- Adrian, Caroline P.; Haussler, Kevin K.; Kawcak, Christopher; Reiser, Raoul F.; Riegger-Krugh, Cheryl; Palmer, Ross H.; McIlwraith, C. Wayne; Taylor, Robert A. (2013). The role of muscle activation in cruciate disease. *Veterinary Surgery* 42(7): 765–73.
- Alfonso, V. Sanchis; Gomar, F. Sancho (1992). Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior. Implicaciones clínico-quirúrgicas. : 33–42.
- Alvarez, Andres (2011). Treatment of cranial cruciate ligament rupture in dogs - an overview. 21(2).
- Andrade, Alexandre L. De; Cecilia, María; Antonio, Rodrigo; Talita, Lopes; Brêda, Floering; Ricardo, Ivan; Padua, Martínez; Yisela, Dunia; Piso, Trujillo; Perri, Silvia H. V. (2009). Experiencia clínica del uso de la tepoxalina en el tratamiento conservativo de la ruptura del ligamento cruzado craneal en perros. *Revista de Medicina Veterinaria* N.º18. : 21–32.
- Apelt, D., Kowaleski, M. P., & Boudrieau, R. J. (2007). Effect of tibial tuberosity advancement on cranial tibial subluxation in canine cranial cruciate-deficient stifle joints: An in vitro experimental study. *Veterinary Surgery*. 36(2), 170-177. doi: 10.1111/j.1532-950X.2007.00250.x.
- Barnes, K., Lanz, O., Werre, S., Clapp, K., & Gilley, R. (2015). Comparison of autogenous cancellous bone grafting and extracorporeal shock wave therapy on osteotomy healing in the tibial tuberosity advancement procedure in dogs. Radiographic densitometric evaluation. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 28(3), 207-214.
- Berger, B., Knebel, J., Steigmeier-Raith, S., Reese, S., & Meyer-Lindenberg, A. (2015). Long-term outcome after surgical treatment of cranial cruciate ligament rupture in small breed dogs. Comparison of tibial plateau leveling osteotomy and extra-articular stifle stabilization. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere*, 43(6), 373-380. doi: 10.15654/tpk-150183.
- Bergh, Mary Sarah; Sullivan, Carly; Ferrell, Christopher L.; Troy, Jarrod; Budsberg, Steven C. (2014). Systematic Review of Surgical Treatments for Cranial Cruciate Ligament Disease in Dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 50(5), pp.315–321.
- Bergh, M. S.; & Peirone, B. (2012). Complications of tibial plateau levelling osteotomy in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 25(5), 349-358. doi: 10.3415/vcot-11-09-0122.
- Bertocci, Gina E.; Brown, Nathan P.; Embleton, Neil A.; Barkowski, Veronica J. (2016). Canine Stifle Biomechanics Associated With a Novel Extracapsular Articulating Implant Predicted Using a Computer Model. *Veterinary Surgery* 45(3): 327–35.
- Bisgard, S. K.; Barnhart, M. D.; Shiroma, J. T.; Kennedy, S. C.; Schertel, E. R. (2011). The effect of cancellous autograft and novel plate design on radiographic healing and postoperative complications in tibial tuberosity advancement for cranial cruciate-deficient canine stifles. *Veterinary Surgery*. 40(4), 402-407. doi: 10.1111/j.1532-950X.2011.00829.x.
- Böddeker, J.; Druen, S.; Meyer-Lindenberg, A.; Fehr, M.; Nolte, I.; Wefstaedt, P.(2012). Computer-assisted gait analysis of the dog: comparison of two surgical techniques for the ruptured cranial cruciate ligament. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 25(1), 11-21. doi: 10.3415/vcot-10-02-0025.
- Boudrieau, Randy J. (2009). Tibial plateau leveling osteotomy or tibial tuberosity

- advancement? *Veterinary Surgery*, 38(1), 1-22. doi: 10.1111/j.1532-950X.2008.00439.x.
- Boyd, Devon J.; Craig, W. Miller; Sheila, M. Etue; Monteith, Gabrielle (2007). Radiographic and functional evaluation of dogs at least 1 year after tibial plateau leveling osteotomy. *The Canadian Veterinary Journal*, 48(4), pp.392–6.48(April): 28–32.
- Brown, Nathan P.; Bertocci, Gina E.; Marcellin-Little, Denis J. (2014). Canine stifle joint biomechanics associated with tibial plateau leveling osteotomy predicted by use of a computer model. *Veterinary Surgery*, 75(7), 626-632. doi: 10.2460/ajvr.75.7.626 75(7): 1–7.
- Brown, Nathan P.; Bertocci, Gina E.; Marcellin-Little, Denis J. 2015. Canine Stifle Biomechanics Associated With Tibial Tuberosity Advancement Predicted Using a Computer Model. *Veterinary Surgery*, 44(7), 866-873. doi: 10.1111/vsu.12363 44.
- Bruce, W. J.; Rose, A.; Tuke, J.; Robins, G. M. (2007). Evaluation of the triple tibial osteotomy. A new technique for the management of the canine cruciate-deficient stifle. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 20(3), 159-168.
- Brunel, L.; Etchepareborde, S.; Barthelemy, N.; Farnir, F.; Balligand, M. (2013). Mechanical testing of a new osteotomy design for tibial tuberosity advancement using the Modified Maquet Technique. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 26(1), 47-53. doi: 10.3415/vcot-11-12-0176.
- Bureau, S. 2017. Owner assessment of the outcome of tibial plateau levelling osteotomy without meniscal evaluation for treatment of naturally occurring cranial cruciate ligament rupture : 130 cases (2009 to 2013). *Journal of Small Animal Practice*: 1–8.
- Bush, M. A.; Bowlt, K.; Gines, J. A.; Owen, M. R. (2011). Effect of use of different landmark methods on determining stifle angle and on calculated tibial tuberosity advancement. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 24(3), 205-210. doi: 10.3415/vcot-10-07-0104.
- Bush, M. A.; Sibley, P.; Owen, M. A.; Burton, N. J.; Owen, M. R.; Colborne, G. R. (2012). Inverse dynamics analysis evaluation of tibial tuberosity advancement for cranial cruciate ligament failure in dogs. *Veterinary Surgery*, 41(4), 471-481. doi: 10.1111/j.1532-950X.2012.00953.x.
- Cabral, C.R. da S. de M. (2010). Prótese Sintética Intracapsular do ligamento cruzado cranial: estudo retrospectivo. *Universidade Técnica de Lisboa*.
- Cadmus, J.; Palmer, R. H.; Duncan, C. (2014). The effect of preoperative planning method on recommended tibial tuberosity advancement cage size. *Veterinary Surgery*, 43(8), 995-1000. doi: 10.1111/j.1532-950X.2014.12126.x.
- Canapp, S. O., Jr. (2007). The canine stifle. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 22(4), 195-205. doi: 10.1053/j.ctsap.2007.09.008.
- Carey, K.; Aiken, S. W.; DiResta, G. R.; Herr, L. G.; Monette, S. (2005). Radiographic and clinical changes of the patellar tendon after tibial plateau leveling osteotomy 94 cases (2000-2003). *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 18(4), 235-242.
- Carpenter, D. H. Jr.; Cooper, R. C. (2000). Mini review of canine stifle joint anatomy. *Anatomia Histology Embryology*, 29(6), 321-329.
- Christopher, S. A.; Beetem, J.; Cook, J. L. (2013). Comparison of long-term outcomes associated with three surgical techniques for treatment of cranial cruciate ligament disease in dogs. *Veterinary Surgery*, 42(3), 329-334. doi: 10.1111/j.1532-950X.2013.12001.x.
- Cinti, F.; Signorelli, C.; Lopomo, N.; Baracchi, M.; Del Magno, S.; Foglia, A.; Zaffagnini, S.; Pisoni, L. (2015). Two different approaches for novel extracapsular cranial

- cruciate ligament reconstruction: An in vitro kinematics study. *Journal of Small Animal Practice* 56(6): 398–406.
- Coletti, Thomas J.; Anderson, Mark; Gorse, Mary Jean; Madsen, Richard (2014). Complications associated with tibial plateau leveling osteotomy: A retrospective of 1519 procedures. *Canadian Veterinary Journal* 55(3): 249–54.
- Collins, J. E.; Degner, D. A.; Hauptman, J. G.; DeCamp, C. E. (2014). Benefits of pre- and intraoperative planning for tibial plateau leveling osteotomy. *Veterinary Surgery*, 43(2), 142-149. doi: 10.1111/j.1532-950X.2013.12093.x.
- Comerford, E. J. (2007) Current thoughts on canine cranial cruciate ligament disease. *56° Congresso Internazionale Multisala SCIVAC*, 56, 147-148.
- Comerford, E. J. (2011). 9: Stifle Morphology. In P. Muir (Ed.), *Advances in the canine cranial cruciate ligament* (pp. 65-70). John Wiley & Sons.
- Comerford, E. J.; Smith, K.; Hayashi, K. (2011). Update on the aetiopathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 24(2), 91-98. doi: 10.3415/vcot-10-04-0055.
- Cook, J. L.; Luther, J. K.; Beetem, J.; Karnes, J.; Cook, C. R. (2010). Clinical comparison of a novel extracapsular stabilization procedure and tibial plateau leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament deficiency in dogs. *Veterinary Surgery*, 39(3), 315-323. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00658.x.
- Cook, J. L. (2010). Cranial cruciate ligament disease in dogs: biology versus biomechanics. *Veterinary Surgery*, 39(3), 270-277. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00653.x.
- Cook, J. L. (2010). 14: Epidemiology of Cranial Cruciate Ligament Rupture. In P. Muir (Ed.), *Advances in the canine cranial cruciate ligament* (pp. 95-99): John Wiley & Sons.
- Cook, J. L. (2010). 24: Extracapsular Stabilization. In P. Muir (Ed.), *Advances in the canine cranial cruciate ligament* (pp. 163-168): John Wiley & Sons.
- Cook, J. L., & Pozzi, A. (2011). 31: Surgical Treatment of Concurrent Meniscal Injury. In P. Muir (Ed.), *Advances in the canine cranial cruciate ligament* (pp. 217-222): John Wiley & Sons.
- Corr, S. A.; & Brown, C. (2007). A comparison of outcomes following tibial plateau levelling osteotomy and cranial tibial wedge osteotomy procedures. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 20(4), 312-319.
- Costa, Mario; Craig, Diane; Cambridge, Tony; Sebestyen, Peter; Su, Yuhua; Fahie, Maria A., Major complications of tibial tuberosity advancement in 1613 dogs. *Veterinary Surgery*, 1–7.
- Danielson, Briana; Barnhart, Matthew; Watson, Adam; Kennedy, Shawn; Naber, Steve (2016). Short-Term Radiographic Complications and Healing Assessment of Single-Session Bilateral Tibial Tuberosity Advancements. *American Animal Hospital Association*, 109–14.
- De Rooster, H. (2001). Cranial cruciate ligament disease in the dog: contributions to etiology, diagnosis and treatment. *Ghent University*.
- de Rooster, H., de Bruin, T., & van Bree, H. (2006). Morphologic and functional features of the canine cruciate ligaments. *Veterinary Surgery*, 35(8), 769-780. doi: 10.1111/j.1532-950X.2006.00221.x.
- de Rooster, H., de Bruin, T., & van Bree, H. (2010). 1: Morphology and Function of the Cruciate Ligaments. In P. Muir (Ed.), *Advances in the canine cranial cruciate ligament* (pp. 5-12): Wiley-Blackwell.
- Dennler, R.; Kipfer, N. M.; Tepic, S.; Hassig, M.; Montavon, P. M. (2006). Inclination of the patellar ligament in relation to flexion angle in stifle joints of dogs without degenerative joint disease. *Am J Vet Res*, 67(11), 1849-1854. doi:

- 10.2460/ajvr.67.11.1849. Denny, H., & Butterworth, S. (2008). A guide to canine and feline orthopaedic surgery
- Denny, Hamish; Butterworth, Steven J. (2000). Chapter 42: The Stifle: A Guide to Canine and Feline Orthopaedic Surgery (pp. 512-553).
- Dillon, D. E.; Gordon-Evans, W. J.; Griffon, D. J.; Knap, K. M.; Bubb, C. L.; Evans, R. B. (2014). Risk Factors and Diagnostic Accuracy of Clinical Findings for Meniscal Disease in Dogs With Cranial Cruciate Ligament Disease. *Veterinary Surgery*, 43(4), 446-450. doi: 10.1111/j.1532-950X.2014.12103.x.
- Dymond, N. L.; Goldsmid, S. E.; & Simpson, D. J. (2010). Tibial tuberosity advancement in 92 canine stifles: initial results, clinical outcome and owner evaluation. *Australian Veterinary Journal Volume 88 (10)*, 381-385. doi: 10.1111/j.1751-0813.2010.00627.x.
- Etchepareborde, S.; Barthelemy, N.; Mills, J.; Pascon, F.; Ragetly, G. R.; Balligand, M. (2010). Mechanical testing of a modified stabilisation method for tibial tuberosity advancement. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 23(6), 400-405. doi: 10.3415/vcot-09-08-0088.
- Etchepareborde, S., Brunel, L., Bollen, G., & Balligand, M. (2011). Preliminary experience of a modified Maquet technique for repair of cranial cruciate ligament rupture in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 24(3), 223-227. doi: 10.3415/vcot-10-01-0012.
- Evans, H. E., & De Lahunta, A. (2013a). Chapter 5: Arthrology Miller's Anatomy of the Dog: Elsevier Health Sciences.
- Ferreira, Márcio P.; Ferrigno, Cássio R. A.; Souza, Alexandre N. A. de; Caquias, Daniela F. I.; Figueiredo Adriana V. de (2016). Short-term comparison of tibial tuberosity advancement and tibial plateau levelling osteotomy in dogs with cranial cruciate ligament disease using kinetic analysis. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 209–13.
- Fischer, Christof; Cherres, Mitzi; Grevel, Vera; Oechtering, Gerhard; Böttcher, Peter (2010). Effects of attachment sites and joint angle at the time of lateral suture fixation on tension in the suture for stabilization of the cranial cruciate ligament deficient stifle in dogs. *Veterinary Surgery*, 39 (3): 334–42.
- Fitzpatrick, N.; Solano, M. A. (2010). Predictive variables for complications after TPLO with stifle inspection by arthrotomy in 1000 consecutive dogs. *Veterinary Surgery*, 39(4), 460-474. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00663.x.
- Franklin, S.; Gilley, R; Palmer, R. (2010). Meniscal injury in dogs with cranial cruciate ligament rupture. *Compendium (Yardley, PA)*, 32(10), pp.E1–E11.
- Gatineau, M.; Dupuis, J.; Plante, J.; Moreau, M. (2011). 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*, 24(5), 333-341. doi: 10.3415/vcot-10-07-0109.
- Gordon-Evans, Wanda J.; Griffon, Dominique J.; Bubb, Carrie; Knap, Kim M.; Sullivan, Meghan; Evans, Richard B. (2013). Comparison of lateral fabellar suture and tibial plateau leveling osteotomy techniques for treatment of dogs with cranial cruciate ligament disease. *JAVMA*, 243 (5): 675–80.
- Grierson, J.; Asher, L.; Grainger, K. (2011). An investigation into risk factors for bilateral canine cruciate ligament rupture. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 24(3), 192-196. doi: 10.3415/vcot-10-03-0030.
- Griffon, D. (2010). A Review of the Pathogenesis of Canine Cranial Cruciate Ligament Disease as a Basis for Future Preventive Strategies. *Veterinary Surgery*, 39(4), 399-409. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00654.x.
- Guerrero, T. G.; Makara, M. A.; Katioufky, K.; Fluckiger, M. A.; Morgan, J. P.; Haessig,

- M.; Montavon, P. M. (2011). Comparison of Healing of the Osteotomy Gap after Tibial Tuberosity Advancement with and without Use of an Autogenous Cancellous Bone Graft». *Veterinary Surgery*, 40(1), 27-33. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00772.x.
- Guthrie, J. W.; Keeley, B. J.; Maddock, E.; Bright, S. R.; May, C. (2012). Effect of signalment on the presentation of canine patients suffering from cranial cruciate ligament disease. *Journal of Small Animal Practice*, 53(5), 273-277. doi: 10.1111/j.1748-5827.2011.01202.x Guthrie, J W et al. 2012.
- Harasen, G. (1995) A retrospective study of 165 cases of rupture of the canine cranial cruciate ligament. *Canadian Veterinary Journal*, (36): 250- 51.
- Harasen, G. (2003). Canine cranial cruciate ligament rupture in profile. *Canadian Veterinary Journal*, 44(10), 845-846.
- Harasen, G. (2010) Orthopedics Orthopédie. Walking the tightrope. *Canadian Veterinary Journal* (51): 1167–68.
- Henrotin, Y.; Sanchez, C.; Balligand, M. (2005). Pharmaceutical and nutraceutical management of canine osteoarthritis: present and future perspectives. *The Veterinary Journal*, 170(1), 113-123. doi: 10.1016/j.tvjl.2004.08.014.
- Hirshenson, M. S.; Krotscheck, U.; Thompson, M. S.; Knapp-Hoch, H. M.; Jay-Silva, A. R.; McConkey, M.; Bliss, S. P.; Todhunter, R.; Mohammed, H. O. (2012). Evaluation of complications and short-term outcome after unilateral or single-session bilateral tibial tuberosity advancement for cranial cruciate rupture in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 25(5), 402-409. doi: 10.3415/vcot-11-12-0175.
- Hoffmann, D. E.; Kowaleski, M. P.; Johnson, K. A.; Evans, R. B.; Boudrieau, R. J. (2011). Ex Vivo Biomechanical Evaluation of the Canine Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifle with Varying Angles of Stifle Joint Flexion and Axial loads after Tibial Tuberosity Advancement. *Veterinary Surgery*, 40(3), 311-320. doi: 10.1111/j.1532-950X.2011.00807.x.
- Hoffmann, D. E.; Miller, J. M.; Ober, C. P.; Lanz, O. I.; Martin, R. A.; Shires, P. K. (2006). Tibial tuberosity advancement in 65 canine stifles. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 19(4), 219-227.
- Instrumentation®. Veterinary Triple Tibial Osteotomy (TTO) www.vetinst.com.
- Instituto Tecnológico de Canárias (2015). Porous TTA - Técnica quirúrgica e implantes.
- Jaeger, G. H., & Budsberg, S. C. (2010). 35: Medical Therapy for Stifle Arthritis. In P. Muir (Ed.), *Advances in the canine cranial cruciate ligament* (pp. 241-247): John Wiley & Sons.
- Jerram, R. M.; Walker, A. M. (2003). Cranial cruciate ligament injury in the dog: pathophysiology, diagnosis and treatment. *New Zealand Veterinary Journal* 51(4), 49-158. doi: 10.1080/00480169.2003.36357.
- Johnson, K. A; Francis, D. J.; Manley, P. A.; Chu, Q.; Caterson, B. (2004). Comparison of the effects of caudal pole hemi-menisectomy and complete medial menisectomy in the canine stifle joint. *American Journal of Veterinary Research* 65(8): 1053–60.
- Johnson, K.; Lanz, O.; Elder, S.; McLaughlin, R.; Werre, S.; Harper, T. (2011). The effect of stifle angle on cranial tibial translation following tibial plateau leveling osteotomy: an in vitro experimental analysis. *Canadian Veterinary Journal*, 52(9), 961-966.
- Kevin; Gordon-Evans, J. Wanda; Dunning, Dianne; O'Dell-Anderson, Kristen J.; Knap, Kim E; Griffon, Dominique; Johnson, Ann L. (2010). Comparison of short- and long-term function and radiographic osteoarthrosis in dogs after postoperative physical rehabilitation and tibial plateau leveling osteotomy or lateral fabellar suture stabilization». *Veterinary Surgery* 39(2): 173–80.

- Kiefer, J. E.; Langenbach, A.; Boim, J.; Gordon, S.; Marcellin-Little, D. J. (2015). Single-stage bilateral tibial tuberosity advancement for treatment of bilateral canine cranial cruciate ligament deficiency. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 28(3), 215-219. doi: 10.3415/vcot-14-08-0130.
- Kim, S. E.; Pozzi, A.; Banks, S. A.; Conrad, B. P.; & Lewis, D. D. (2010). Effect of Cranial Cruciate Ligament Deficiency, Tibial Plateau Leveling Osteotomy, and Tibial Tuberosity Advancement on Contact Mechanics and Alignment of the Stifle in Flexion. *Veterinary Surgery*, 39(3), 363-370. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00655.x.
- Kim, S. E.; Lewis, D. D.; Pozzi, A. (2012). Effect of tibial plateau leveling osteotomy on femorotibial subluxation: in vivo analysis during standing. *Veterinary Surgery*, 41(4), 465-470. doi: 10.1111/j.1532-950X.2012.00973.x.
- Kim, S. E.; Jones, S. C.; Lewis, D. D.; Banks, S. A.; Conrad, B. P.; Tremolada, G.; Abbasi, Abdullah Z.; Coggeshall, Jason; Pozzi, Antonio (2015). In-vivo three-dimensional knee kinematics during daily activities in dogs. *Journal of Orthopaedic Research*, 33(11), 1603-1610. doi: 10.1002/jor.22927.
- Kim, Stanley E.; Pozzi, Antonio; Banks, Scott A.; Conrad, Bryan P.; Lewis, Daniel (2009). Effect of tibial tuberosity advancement on femorotibial contact mechanics and stifle kinematics. *Veterinary Surgery*, 38(1), 23-32. doi: 10.1111/j.1532-950X.2008.00470.x.
- Kim, Stanley E.; Pozzi, Antonio; Banks, Scott A.; Conrad, Bryan P.; Lewis, Daniel (2009). Effect of Tibial Plateau Leveling Osteotomy on Femorotibial Contact Mechanics and Stifle Kinematics. *Veterinary Surgery*, 38(1), 33-39. doi: 10.1111/j.1532-950X.2008.00471.x.
- Kim, S. E.; Pozzi, A.; Kowaleski, M. P.; Lewis, D. D. (2008). Tibial osteotomies for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. *Veterinary Surgery*, 37(2), 111-125. doi: 10.1111/j.1532-950X.2007.00361.x.
- Kipfer, N. M.; Tepic, S.; Damur, D. M.; Guerrero, T.; Hassig, M.; Montavon, P. M. (2008). Effect of tibial tuberosity advancement on femorotibial shear in cranial cruciate-deficient stifles. An in vitro study. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 21(5), 1-6.
- Kowaleski, Michael P.; Boudrieau, Randy J.; Pozzi Antonio (2012a). Chapter 62: Stifle Joint. *Veterinary Surgery Small Animal 2 - Volume Set*, 2332.
- Kowaleski, M. P.; Apelt, D.; Mattoon, J. S.; Litsky, A. S. (2005). The effect of tibial plateau leveling osteotomy position on cranial tibial subluxation: an in vitro study. *Veterinary Surgery*, 34(4), 332-336. doi: 10.1111/j.1532-950X.2005.00051.x.
- Krotscheck, U.; Nelson, S. A.; Todhunter, R. J.; Stone, M.; Zhang, Z. (2016). Long Term Functional Outcome of Tibial Tuberosity Advancement vs. Tibial Plateau Leveling Osteotomy and Extracapsular Repair in a Heterogeneous Population of Dogs. *Veterinary Surgery*, 45(2), 261-268. doi: 10.1111/vsu.12445.
- Kydd, David M. (2014). Update on use of TTA Rapid® technique.5–8.
- Lafaver, S.; Miller, N. A.; Stubbs, W. P.; Taylor, R. A.; Boudrieau, R. J. (2007). Tibial tuberosity advancement for stabilization of the canine cranial cruciate ligament-deficient stifle joint: surgical technique, early results, and complications in 101 dogs. *Veterinary Surgery*, 36(6), 573-586. doi: 10.1111/j.1532-950X.2007.00307.x.
- Lazar, T. P.; Berry, C. R.; deHaan, J. J.; Peck, J. N.; Correa, M. (2005). Long-term radiographic comparison of tibial plateau leveling osteotomy versus extracapsular stabilization for cranial cruciate ligament rupture in the dog. *Veterinary Surgery*, 34(2), 133-141. doi: 10.1111/j.1532-950X.2005.00021.x.
- Lineberger, J. A.; Allen, D. A.; Wilson, E. R.; Tobias, T. A.; Shaiken, L. G.; Shiroma, J. T.; Biller, D. S.; Lehenbauer, T. W. (2005). Comparison of radiographic arthritic changes associated with two variations of tibial plateau leveling osteotomy.

- Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 18(1), 13-17.
- Luther, J. K.; Cook, C. R.; Cook, J. L. (2009). Meniscal Release in Cruciate Ligament Intact Stifles Causes Lameness and Medial Compartment Cartilage Pathology in Dogs 12 Weeks Postoperatively. *Veterinary Surgery*, 38(4), 520-529. doi: 10.1111/j.1532-950X.2009.00520.x.
- MacDonald, T. L.; Allen, D. A.; Monteith, G. J. (2013). Clinical assessment following tibial tuberosity advancement in 28 stifles at 6 months and 1 year after surgery. *Canadian Veterinary Journal*, 54(3), 249-254.
- Mahn, M. M.; Cook, J. L.; Cook, C. R.; Balke, M. T. (2005). Arthroscopic verification of ultrasonographic diagnosis of meniscal pathology in dogs. *Veterinary Surgery*, 34(4), 318-323. doi: 10.1111/j.1532-950X.2005.00049.x.
- Manley, Paul A. (2010). 27: Intra-articular Stabilization. In P. Muir (Ed.), *Advances in the canine cranial cruciate ligament* (pp. 189-193): John Wiley & Sons.
- Mattila, Jan (2012). Surgical treatment of canine cranial cruciate ligament deficiency: a literature review. (Licenciante's Thesis). *University of Helsinki, Faculty of Veterinary Medicine*, 11-18.
- McCready, D. J.; Ness, M. G. (2016). Systematic review of the prevalence, risk factors, diagnosis and management of meniscal injury in dogs: Part 2. *Journal of Small Animal Practice*, 57(4): 194–204. doi: 10.1111/jsap.12462.
- Mederski, J.; Adamiak, Z.; Przyborska, P.; Zhalnarovich, Y.; Głodek, J. (2015). Surgical Management of Ligamentum Cruciatum Craniale Ruptures in Dogs by Triple Tibial Osteotomy (TTO) and Additional K-wire Support. *Veterinarija ir Zootechnika*, 71(93): 48-51.
- Miller, J. M.; Shires, P. K.; Lanz, O. I.; Martin, R. A.; Grant, J. W. (2007). Effect of 9 mm tibial tuberosity advancement on cranial tibial translation in the canine cranial cruciate ligament-deficient stifle. *Veterinary Surgery*, 36(4), 335-340. doi: 10.1111/j.1532-950X.2007.00274.x.
- Milovancev, M.; Schaefer, S. L. (2011). 25: Tibial Plateau Leveling Osteotomy. In P. Muir (Ed.), *Advances in the canine cranial cruciate ligament* (pp. 169-175): John Wiley & Sons.
- Moles, A. D.; Hill, T. P.; Glyde, M. (2009). Triple tibial osteotomy for treatment of the canine cranial cruciate ligament-deficient stifle joint. Surgical findings and postoperative complications in 97 stifles. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 22(6), 473-478. doi: 10.3415/vcot-09-01-0004.
- Moore, K.W.; Read R. A. (1995). Cranial cruciate ligament rupture in the dog: a retrospective study comparing surgical techniques. *Australian Veterinary Journal*, 72(8): 281–85. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8579557>.
- Morgan, Joe P.; Voss, Katja; Damur, Daniel M.; Guerrero, Tomás; Haessig, Michael; Montavon, Pierre M. (2010). Correlation of Radiographic Changes after Tibial Tuberosity Advancement in Dogs with Cranial Cruciate-Deficient Stifles with Functional Outcome. *Veterinary Surgery*, 39: 425–32. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00669.x.
- Mossman, H.; von Pfeil, D. J.; Nicholson, M.; Phelps, H.; Morris, E.; Bradley, R.; Taylor, J.; Langenbach, A. (2015). Accuracy of three pre- and intra-operative measurement techniques for osteotomy positioning in the tibial plateau levelling procedure. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 28(4), 250-255. doi: 10.3415/vcot-14-12-0188.
- Mostafa, A. A.; Griffon, D. J.; Thomas, M. W.; Constable, P. D. (2010). Morphometric characteristics of the pelvic limb musculature of Labrador Retrievers with and without cranial cruciate ligament deficiency. *Veterinary Surgery*, 39(3), 380-389. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00657.x.

- Muir, P. (2010). *Advances in the canine cranial cruciate ligament* (Vol. 1): John Wiley & Sons.
- Nazarali, A.; Singh, A.; Weese, J. S. (2014). Perioperative administration of antimicrobials during tibial plateau leveling osteotomy. *Veterinary Surgery*, 43(8), 966-971. doi: 10.1111/j.1532-950X.2014.12269.x.
- Neville-Towle, Jack D; Makara, Mariano; Johnson, Kenneth A Voss, Katja (2017). Effect of proximal translation of the osteotomized tibial tuberosity during tibial tuberosity advancement on patellar position and patellar ligament angle. *BMC Veterinary Research*, 1–10. <http://dx.doi.org/10.1186/s12917-017-0942-6>.
- Nisell, R.; Ericson, M. O.; Nemeth, G.; Ekholm, J. (1989). Tibiofemoral joint forces during isokinetic knee extension. *American Journal of Sports Magazine*, 17(1), 49-54.
- Nisell, R.; Nemeth, G.; Ohlsen, H. (1986). Joint forces in extension of the knee: Analysis of a mechanical model. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 57(1), 41-46.
- Nutt, A. E.; Garcia-Fernandez, P.; San Roman, F.; Parkin, T.; Calvo, I. (2015). Risk factors for tibial tuberosity fracture after tibial tuberosity advancement in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 116–23.
- Pacchiana, P. D.; Morris, E.; Gillings, S. L.; Jessen, C. R.; Lipowitz, A. J. (2003). Surgical and postoperative complications associated with tibial plateau leveling osteotomy in dogs with cranial cruciate ligament rupture: 397 cases (1998-2001). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 222(2): 184–93.
- Petazzoni, M. (2010). cTTA (circular Tibial Tuberosity Advancement). Paper presented at the WVOC Bologna, Italy: 295-296.
- Pozzi, A.; Kim, E. S. (2010). 5: Biomechanics of the Normal and Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifle. In P. Muir (Ed.), *Advances in the canine cranial cruciate ligament* (pp. 37-42): John Wiley & Sons.
- Pozzi, Antonio; Tonks, Catherine A.; Ling, Hang Yin (2010). Femorotibial Contact Mechanics and Meniscal Strain after Serial Meniscectomy. *Veterinary Surgery*, 39(4): 482–88. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00668.x.
- Priddy, N. H.; Tomlinson, J. L.; Dodam, J. R.; Hornbostel, J. E. (2003). Complications with and owner assessment of the outcome of tibial plateau leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament rupture in dogs: 193 cases (1997-2001). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 222(12), 1726-1732. doi: 10.2460/javma.2003.222.1726.
- Ragetly, Chantal A.; Evans, Richard; Mostafa, Ayman A.; Griffon, Dominique (2011). Multivariate Analysis of Morphometric Characteristics to Evaluate Risk Factors for Cranial Cruciate Ligament Deficiency in Labrador Retrievers. *Veterinary Surgery* 40(3): 327–33. doi: 10.1111/j.1532-950X.2010.00787.x.
- Ramirez, J. M.; Lefebvre, M.; Bohme, B.; Laurent, C.; Balligand, M. (2015). Preactivation of the quadriceps muscle could limit cranial tibial translation in a cranial cruciate ligament deficient canine stifle. *Research in Veterinary Science*, 98, 115-120. doi: 10.1016/j.rvsc.2014.11.012.
- Reif, U.; Hulse, D. A.; Hauptman, J. G. (2002). Effect of tibial plateau leveling on stability of the canine cranial cruciate-deficient stifle joint: An in vitro study. *Veterinary Surgery*, 31(2), 147-154. doi: 10.1053/jvet.2002.31041.
- Reif, U.; Probst, C. W. (2003). Comparison of tibial plateau angles in normal and cranial cruciate deficient stifles of Labrador retrievers. *Veterinary Surgery*, 32(4), 385-389. doi: 10.1053/jvet.2003.50047.
- Renwick, A. I.; McKee, W. M.; Emmerson, T. D.; House, A. K. (2009). Preliminary experiences of the triple tibial osteotomy procedure: tibial morphology and complications. *Journal of Small Animal Practice*, 50(5), 212-221.
- Rey, J.; Fischer, M. S.; Bottcher, P. (2014). Sagittal joint instability in the cranial cruciate

- ligament insufficient canine stifle. Caudal slippage of the femur and not cranial tibial subluxation. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere*, 42(3), 151-156.
- Ritzo, M. E.; Ritzo, B. A.; Siddens, A. D.; Summerlott, S.; Cook, J. L. (2014). Incidence and type of meniscal injury and associated long-term clinical outcomes in dogs treated surgically for cranial cruciate ligament disease. *Veterinary surgery*, 43(8), 952-958. doi: 10.1111/j.1532-950X.2014.12220.x.
- Roush, James K. (2013). Canine Cranial Cruciate Disease. An Evidence-Based Look at Current Treatment Modalities. *Today's Veterinary Practice*, 35-39.
- Samoy, Y.; Verhoeven, G.; Bosmans, T.; Van der Vekens, E.; de Bakker, E.; Verleyen, P.; Van Ryssen, B. (2015). TTA Rapid: Description of the Technique and Short Term Clinical Trial Results of the First 50 Cases. *Veterinary surgery*, 44(4), 1-11. doi: 10.1111/j.1532-950X.2014.12298.x.
- Shulz, K. S. (2013). Chapter 34: Diseases of the Joints. In T. W. Fossum (Ed.), *Small animal surgery textbook* (pp. 1215-1374): Elsevier Health Sciences.
- Schwandt, C. S.; Bohorquez-Vanelli, A.; Tepic, S.; Hassig, M.; Dennler, R.; Vezzoni, A.; Montavon, P. M. (2006). Angle between the patellar ligament and tibial plateau in dogs with partial rupture of the cranial cruciate ligament. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 67(11), 1855-1860. doi: 10.2460/ajvr.67.11.1855.
- Skinner, O. T.; Kim, S. E.; Lewis, D. D.; Pozzi, A. (2013). In vivo femorotibial subluxation during weight-bearing and clinical outcome following tibial tuberosity advancement for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. *The Veterinary Journal*, 196(1), 86-91. doi: 10.1016/j.tvjl.2012.08.003.
- Slocum, B.; Slocum, T. D. (1993). Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 23(4), 777-795. doi: 10.1016/S0195-5616(93)50082-7.
- Snow, Lynne A.; White, Rick; Gustafson, Scott; Xie, Lin; Hosgood, Giselle; Monroe, W. Todd; Casey, John P.; Lopez, Mandi J. (2010). Ex vivo comparison of three surgical techniques to stabilize canine cranial cruciate ligament deficient stifles. *Veterinary Surgery* 39 (2): 195–207. doi: 10.1111/j.1532-950X.2009.00635.x.
- Solano, M. A.; Danielski, A.; Kovach, K.; Fitzpatrick, N.; Farrell, M. (2015). Locking plate and screw fixation after tibial plateau leveling osteotomy reduces postoperative infection rate in dogs over 50 kg. *Veterinary Surgery*, 44(1), 59-64. doi: 10.1111/j.1532-950X.2014.12212.x.
- Stauffer, K. D.; Tuttle, T. A.; Elkins, A. D.; Wehrenberg, A. P.; Character, B. J. (2006). Complications associated with 696 tibial plateau leveling osteotomies (2001-2003). *Journal of the American Animal Hospital Association*, 42(1), 44-50. doi: 10.5326/0420044.
- Stein, S.; Schmoekel, H. (2008). Short-term and eight to 12 months results of a tibial tuberosity advancement as treatment of canine cranial cruciate ligament damage. *Journal of Small Animal Practice*, 49(8), 398-404. doi: 10.1111/j.1748-5827.2008.00592.x.
- Steinberg, E. J.; Prata, R. G.; Palazzini, K.; Brown, D. C. (2011). Tibial Tuberosity Advancement for Treatment of CrCL Injury : Complications and Owner Satisfaction. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 47(4), 250-257. doi: 10.5326/jaaha-ms-5574.
- Su, L.; Townsend, K. L.; Au, J.; Wittum, T. E. (2015). Comparison of tibial plateau angles in small and large breed dogs. *Canadian Veterinary Journal* 56(6): 610–614.
- Synthes®. (2006). Standard Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) System. For stabilizing osteotomies of the canine proximal tibia. Technique Guide www.synthesvet.com.
- Talaat, M. B.; Kowaleski, M. P.; Boudrieau, R. J. (2006). Combination Tibial Plateau

- Leveling Osteotomy and Cranial Closing Ligament-Deficient Stifles with Excessive Tibial Plateau Angle. *Veterinary Surgery*, 35(8), 729-739. doi: 10.1111/j.1532-950X.2006.00217.x.
- Tamburro, Roberto; Pinna, Stefania; Tribuiani, Anna Maria; Panacea, Alessandra; Carli, Fabio; Venturini (2012). Biceps femoris muscle transposition for treatment of cranial cruciate ligament rupture in small breed dogs. *Journal of Veterinary Science* 13(1): 93–98. doi: 10.4142/jvs.2012.13.1.93.
- Taylor-Brown, F. E.; Meeson, R. L.; Brodbelt, D. C.; Church, D. B.; McGreevy, P. D.; Thomson, P. C.; O'Neill, D. G. (2015). Epidemiology of Cranial Cruciate Ligament Disease Diagnosis in Dogs Attending Primary-Care Veterinary Practices in England. *Veterinary Surgery*, 44(6), 777-783. doi: 10.1111/vsu.12349.
- Tobias, K. M., & Johnston, S. A. (2012). *Veterinary surgery: small animal*: Elsevier Health Sciences.
- Tonks, C. A.; Lewis, D. D.; Pozzi, A. (2011). A review of extra-articular prosthetic stabilization of the cranial cruciate ligament-deficient stifle. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 24(3): 167–77.
- Tuan, Jayson; Farrell, Michael (2015). Tibial tuberosity advancement: what have we learned so far?. *Companion animal*, 20(2) 92-103.
- Vasseur, P. B. (1984). Clinical Results Following Nonoperative Management for Rupture of the Cranial Cruciate Ligament in Dogs. *Veterinary Surgery*, 13(4), 243-246.
- Vasseur, P. B. (1993). Chapter 147: Stifle Joint. *Textbook of Small Animal Surgery* (Vol 2, pp. 2090-2133).
- Voss, K.; Damur, D. M.; Guerrero, T.; Haessig, M.; Montavon, P. M. (2008). *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 21(3), 243-249.
- Warzee, C. C.; Dejardin, L. M.; Arnoczky, S. P.; Perry, R. L. (2001). Effect of Tibial Plateau Leveling on Cranial and Caudal Tibial Thrusts in Canine Cranial Cruciate Deficient Stifles: An In Vitro Experimental Study. *Veterinary Surgery*, 30(3), 278-286. doi: 10.1053/jvet.2001.21400.
- Whitehair, Jon G.; Vasseur, Philip B.; Willits, Neil H. (1993). Epidemiology of cranial cruciate ligament rupture in dogs. *JAVMA*, 203 (7), 1016-1019.
- Wilke, V. L.; Zhang, S.; Evans, R. B.; Conzemius, M. G.; Rothschild, M. F. (2009). Identification of chromosomal regions associated with cranial cruciate ligament rupture in a population of Newfoundlands. *American Journal of Veterinary Research*, 70(8), 1013-1017. doi: 10.2460/ajvr.70.8.
- Wilke, V. L.; Robinson, D. A.; Evans, R. B.; Rothschild, M. F.; Conzemius, M. G. (2005). Estimate of the annual economic impact of treatment of cranial cruciate ligament injury in dogs in the United States. *JAVMA*, 227(10), 1604-1607.
- Winkels, Philipp; Werner, Hinnerk; Grevel, Vera; Oechtering, Gerhard; Böttcher, Peter (2010). Development and in situ application of an adjustable aiming device to guide extra- to intraarticular tibial tunnel drilling for the insertion of the cranial cruciate ligament in dogs. *Veterinary Surgery*, 39(3): 324–333.
- Witsberger, T. H.; Villamil, J. A.; Schultz, L. G.; Hahn, A. W.; Cook, J. L. (2008). Prevalence of and risk factors for hip dysplasia and cranial cruciate ligament deficiency in dogs. *JAVMA*, 232(12), 1818-1824. doi: 10.2460/javma.232.12.1818.
- Wolf, R. E.; Scavelli, T. D.; Hoelzler, M. G.; Fulcher, R. P.; Bastian, R. P. (2012). Surgical and postoperative complications associated with tibial tuberosity advancement for cranial cruciate ligament rupture in dogs: 458 cases (2007-2009). *JAVMA*, 240(12), 1481-1487. doi: 10.2460/javma.240.12.1481.
- Wright, Katie; Newell, Katherine; Durand, Olivia (2014). Canine Stifle Stabilization System For a Circular Tibial Tuberosity Advancement (cTTA) Procedure. 1–2. doi: 10.1520/F0382-99R08E01

- Wustefeld-Janssens, Brandan G.; Pettitt, Rob A.; Cowderoy, Emily C.; Walton, Myles B.; Comerford, Eithne J.; Maddox, Thomas W.; Innes, John F. (2015). Peak Vertical Force and Vertical Impulse in Dogs With Cranial Cruciate Ligament Rupture and Meniscal Injury. *Veterinary Surgery* 45(1): 60–65. doi: 10.1111/vsu.12419.
- Yahia, L. H.; Newman, N. M.; St-Georges, M. (1992). Innervation of the canine cruciate ligaments. A neurohistological study. *Anat Histol Embryol*, 21(1), 1-8.
- Yap, F. W.; Calvo, I.; Smith, K. D.; Parkin, T. (2015). Perioperative risk factors for surgical site infection in tibial tuberosity advancement: 224 stifles. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 28(3), 199-206. doi: 10.3415/vcot-14-09-0141.