

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

**U LISBOA**

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA



## **REABILITAÇÃO EM ANIMAIS DE COMPANHIA – ESTUDO DE CASO**

**RITA MORGADO SIMÃO**

ORIENTADORA:

Doutora Berta Maria Fernandes Ferreira São  
Braz

TUTORA:

Dra. Ângela Paula Neves Rocha Martins

2022

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

**U LISBOA**

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA



## REABILITAÇÃO EM ANIMAIS DE COMPANHIA – ESTUDO DE CASO

**RITA MORGADO SIMÃO**

JÚRI

PRESIDENTE:

Doutor Luís Miguel Alves Carreira

VOGAIS:

Doutora Berta Maria Fernandes Ferreira

São Braz

Doutor Fernando António da Costa Ferreira

ORIENTADORA:

Doutora Berta Maria Fernandes Ferreira

São Braz

TUTORA:

Dra. Ângela Paula Neves Rocha Martins

2022

LISBOA

## DECLARAÇÃO RELATIVA ÀS CONDIÇÕES DE REPRODUÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Nome: Rita Morgado Simão

Título da Tese ou Dissertação: Reabilitação Em Animais De Companhia – Estudo De Caso

Ano de conclusão (indicar o da data da realização das provas públicas):

Designação do curso de

Mestrado ou de

Doutoramento: Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

Área científica em que melhor se enquadra (assinale uma):

Clínica

Produção Animal e Segurança Alimentar

Morfologia e Função

Sanidade Animal

Declaro sobre compromisso de honra que a tese ou dissertação agora entregue corresponde à que foi aprovada pelo júri constituído pela Faculdade de Medicina Veterinária da ULISBOA.

Declaro que concedo à Faculdade de Medicina Veterinária e aos seus agentes uma licença não-exclusiva para arquivar e tornar acessível, nomeadamente através do seu repositório institucional, nas condições abaixo indicadas, a minha tese ou dissertação, no todo ou em parte, em suporte digital.

Declaro que autorizo a Faculdade de Medicina Veterinária a arquivar mais de uma cópia da tese ou dissertação e a, sem alterar o seu conteúdo, converter o documento entregue, para qualquer formato de ficheiro, meio ou suporte, para efeitos de preservação e acesso.

Retenho todos os direitos de autor relativos à tese ou dissertação, e o direito de a usar em trabalhos futuros (como artigos ou livros).

Concordo que a minha tese ou dissertação seja colocada no repositório da Faculdade de Medicina Veterinária com o seguinte estatuto (assinale um):

- Disponibilização imediata do conjunto do trabalho para acesso mundial;
- Disponibilização do conjunto do trabalho para acesso exclusivo na Faculdade de Medicina Veterinária durante o período de  6 meses,  12 meses, sendo que após o tempo assinalado autorizo o acesso mundial\*;

\* Indique o motivo do embargo (OBRIGATÓRIO)

Nos exemplares das dissertações de mestrado ou teses de doutoramento entregues para a prestação de provas na Universidade e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito na Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa deve constar uma das seguintes declarações (incluir apenas uma das três):

- É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.
- É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA TESE/TRABALHO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.) APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.
- DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.) NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO.

Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, 3 de janeiro de 2023

(indicar aqui a data da realização das provas públicas)

Rita Morgado Simão

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **Agradecimentos**

A elaboração desta tese não teria sido possível sem o apoio de várias pessoas que estiveram presentes no meu percurso e me permitiram crescer, não só enquanto médica veterinária, mas também enquanto pessoa.

Antes de mais, gostaria de agradecer à Professora Berta, que me acompanhou desde o início deste último ano e me abriu portas à oportunidade de estagiar no local que eu sonhei.

Não poderia deixar de agradecer à Professora Ângela, que foi o meu porto seguro nesta jornada. Com a professora Ângela aprendi o peso e privilégio da profissão que escolhi. Eternamente grata pela disponibilidade e amizade. Um agradecimento especial à Dra. Débora pela paciência e dedicação em todo este processo.

A toda a equipa do Hospital Veterinário da Arrábida e Centro de Reabilitação Animal da Arrábida, quero agradecer por tudo. Permitiram-me voltar a apaixonar por medicina e descobrir um novo amor por reabilitação animal.

Um agradecimento especial à pessoa que mais entende a importância do fechar deste ciclo, a pessoa que sempre partilhou comigo o amor por animais, que estudava comigo até à noite e que sempre me motivou a ser melhor: o meu pai. Hoje o céu está mais brilhante.

À minha família: a minha mãe, a minha irmã e a minha avó Linda. Um obrigado não chega. Permitiram-me voar. Foram as minhas melhores amigas.

Ao meu melhor amigo, Pedro, um agradecimento tão especial quanto tu. O mundo é mais bonito contigo.

Às minhas doses de alegria e motivação diárias: Tuga, Beja e Bau.

Às minhas queridas amigas: Leonor, Rita, Verónica, Mafalda, Madalena e Cláudia.

À Dra. Catarina, Dra. Susana e Dr. Paulo que me acolheram nos Veterinários da Ericeira no início desta aventura e me ensinaram o que era ser uma verdadeira médica veterinária.

## **Resumo**

### **Reabilitação em Animais de Companhia – Estudo de Caso**

A etiologia de desvios de angulação óssea em cães inclui causas congénitas e trauma, estando também associada a desequilíbrios do foro ortopédico na fase de crescimento ósseo. A sinalização está maioritariamente descrita em raças condrodistróficas e cães de grande porte com uma rápida fase de crescimento.

O caso clínico apresentado acompanhou um canídeo, Cookie, sem raça definida, que se apresentou à consulta com claudicação de grau III a IV no membro pélvico esquerdo. À realização da radiografia ao membro claudicante, foi identificada deformação óssea do tipo valgus ao nível da tíbia distal, possivelmente consequente a um encerramento prematuro da placa de crescimento, não envolvendo a articulação fémur-tíbio-patelar.

Aos 8 meses de idade, o doente foi submetido à realização de uma osteotomia corretiva, tendo sido instituído um plano terapêutico de reabilitação pós-cirúrgica que incluiu: crioterapia, realização de movimentos passivos na articulação fémur-tíbio-patelar e tarso e tapete rolante terrestre.

Na consulta pós-cirúrgica, o doente apresentou-se com claudicação de grau II no membro intervencionado. À manipulação, ao nível da articulação do tarso, o membro crepitava, tinha seroma, estava quente e tumefacto. A radiografia revelou a presença de um fragmento cartilágneo solto na articulação do tarso consequente a osteocondrite dissecante.

Discutiu-se a possível origem congénita da deformação óssea apresentada pelo doente, necessitando de exames mais aprofundados para uma conclusão mais concreta. No entanto, origem genética predispondo a patologias do foro ortopédico apresenta-se como principal origem do possível encerramento prematuro da placa de crescimento.

A câmara cinemática revelou-se útil na avaliação da marcha do doente ortopédico no período pós-cirúrgico, permitindo identificar alterações nos parâmetros espaciotemporais comparando três tempos de análise. Verificou-se uma progressiva diminuição no registo dos parâmetros espaciotemporais comprimento do passo e tempo do passo, acompanhados de um aumento da frequência do passo. Estes valores poderão traduzir consequentes processos degenerativos associados à condição congénita do doente.

Seria, no entanto, importante realizar estudos cinemáticos a longo prazo, uma vez que traduzir-se-ia, possivelmente, numa maior melhoria a nível da marcha do doente comparando com a análise cinemática do primeiro tempo de estudo.

Palavras-Chave: Valgus; Cinemática; Deformação; Óssea; Osteotomia.

## **Abstract**

### **Rehabilitation in Small Animals - Case Study**

The etiology of bone angulation deformities in dogs includes congenital causes and trauma, being also associated with orthopedic imbalances in the bone growth phase. Signaling is mostly described in chondrodystrophic breeds and large breed dogs with a fast growth phase.

The clinical case presented followed a dog, Cookie, mixed breed, who came to the consultation with claudication (grade III to IV) on the left pelvic limb. When performing an X-ray of the limping limb, a valgus bone deformity was identified at the level of the distal tibia, possibly resulting from a premature closure of the growth plate, not involving the femur-tibio-patellar joint.

When he was 8 months old, the patient underwent an osteotomy correction, having been instituted a therapeutic plan of post-surgical rehabilitation that included: cryotherapy, Passive Range of Motion (PROMs) on the femur-tibio-patellar joint and tarsus and terrestrial treadmill.

At the post-surgical consultation, the patient presented with grade II claudication on the intervened member. Upon manipulation, at the level of the tarsal joint, the limb crackled, it had seroma, was hot and swollen. The radiograph revealed the presence of a loose cartilaginous fragment in the tarsal joint, possibly consequent to osteochondritis desiccans.

It was discussed the possible congenital origin of the bone deformation presented by the patient, although it requires more in-depth examinations for a more complete conclusion. However, genetic origin predisposing to orthopedic pathologies presents itself as the main possible diagnosis for the premature closing of the growth plate.

The kinematic camera proved to be useful in evaluation of the gait analysis of the orthopedic patient in the post-surgical period, allowing to identify alterations in the spatiotemporal parameters comparing three analysis times. There was a progressive decrease in the recording of the spatiotemporal parameters that measured step length and time step, accompanied by an increase in step frequency. These values may translate consequent degenerative processes associated with the patient's congenital condition.

It would, however, be important to carry out long-term kinematic studies, as it would possibly translate into a greater improvement in the patient's gait analysis comparing with the kinematic analysis of the first study.

Key words: Valgus; Kinematics; Deformation; Bone; Osteotomy.

## Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo .....	iv
Abstract .....	v
Índice de Figuras .....	viii
Índice de Gráficos .....	x
Índice de Tabelas .....	xi
1. Relatório de Estágio .....	1
2. Revisão Bibliográfica .....	2
2.1. Fisiopatologia .....	2
2.2. Sinais Clínicos .....	6
2.3. Diagnóstico .....	7
2.3.1. Anamnese e História Clínica .....	7
2.3.2. Exame Físico .....	8
2.3.3. Análises Sanguíneas .....	9
2.3.4. Radiografia .....	10
2.3.5. Tomografia Computorizada .....	11
2.3.6. Ressonância Magnética .....	11
2.4. Escalas de Avaliação .....	11
2.4.1. Escala de Claudicação .....	11
2.4.2. Escala de Dor .....	12
2.5. Tratamento .....	14
2.5.1. Cirurgia .....	14
2.5.2. Maneio da Dor .....	15
2.5.3. Câmara Hiperbárica .....	16
2.5.4. Reabilitação .....	17
2.6. Complicações .....	18
2.7. Cinemática .....	19
3. Caso Clínico .....	20

3.1. História Clínica.....	20
3.2. Diagnóstico .....	21
3.2.1. Exame Físico Ortopédico .....	21
3.2.2. Radiografia .....	22
3.2.3. Escalas de Avaliação .....	23
3.3. Diagnósticos Diferenciais.....	24
3.4. Tratamento .....	26
3.4.1. Cirurgia .....	26
3.5. Maneio Pós-Cirúrgico .....	27
3.5.1. Maneio da Dor .....	27
3.5.2. Análises Sanguíneas e Biomarcadores.....	27
3.5.3. Câmara Hiperbárica.....	30
3.5.4. Reabilitação .....	30
3.5.5. Radiografia .....	31
3.5.6. Tomografia Computorizada .....	33
3.6. Câmara Cinemática .....	34
3.7. Complicações .....	37
4. Discussão .....	38
5. Conclusão.....	46
6. Bibliografia .....	49

## Índice de Figuras

Figura 1: Imagem histológica da constituição da placa de crescimento.....	2
Figura 2: Comparação entre o osso em formação de um cachorro (esquerda) e o osso de um cão adulto com encerramento da placa de crescimento (direita) .....	3
Figura 3: Esquema simplificado representativo do processo inflamatório articular .....	4
Figura 4: Imagem obtida por Tomografia Computorizada da tíbia do membro pélvico esquerdo de um burro na qual foram indicadas das linhas que formam o ângulo mecânico medial proximal da tíbia (mMPTA) e o ângulo mecânico medial distal da tíbia (mMDTA) .....	11
Figura 5: Doente durante o exame ortopédico em avaliação da marcha.....	20
Figura 6: Imagem ilustrativa da articulação Femorotibiopatelar.....	21
Figura 7: Radiografia Antero-Posterior ao membro pélvico esquerdo.....	22
Figura 8 Radiografia Latero-Lateral ao membro torácico direito .....	23
Figura 9: Radiografia Latero-Lateral ao membro pélvico direito na região do tarso.....	23
Figura 10: Imagem ilustrativa de duas possíveis cirurgias de osteotomia corretiva na tíbia proximal .....	26
Figura 11: Doente em reabilitação no tapete rolante terrestre .....	30
Figura 12: Radiografia Latero-Lateral ao membro pélvico esquerdo (cinco semanas após a cirurgia) .....	31
Figura 13: Radiografia Ventro-Dorsal Pélvica (cinco semanas após a cirurgia) .....	32
Figura 14: Radiografia Latero-lateral ao membro pélvico esquerdo (sete meses após a cirurgia).....	33
Figura 15: Radiografia Ventro-Dorsal pélvica (sete meses após a cirurgia) .....	33
Figura 16: Doente anestesiado em decúbito dorsal na máquina de tomografia computadorizada.....	34
Figura 17: Doente no tapete rolante terrestre, com os marcadores esféricos colocados para o estudo cinemático (esquerda); Programa de computador com o sistema de coordenadas no qual se identificam os marcadores captados pelas câmaras (direita) .....	34

Figura 18: Fotografia original do membro pélvico esquerdo do doente com os marcadores colocados (A); Representação esquemática unilateral da posição anatómica na qual foram colocados os marcadores em vista lateral (B1) e medial (B2) .....35

Figura 19: Comparação radiográfica entre a placa de crescimento um cachorro em fase de crescimento (esquerda) e um cão adulto com encerramento das placas de crescimento (direita) .....40

## Índice de Gráficos

Gráfico 1 .....	39
-----------------	----

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Pontos relevantes a focar na anamnese de um paciente ortopédico no contexto de suspeita de desvio de angulação óssea .....	7
Tabela 2: Classificação da Deformação Angular Óssea Valgus.....	9
Tabela 3: Classificação da claudicação ortopédica em estação, passo e trote.....	12
Tabela 4: Escala de dor de Glasgow Modificada.....	13
Tabela 5: Modalidades de Reabilitação disponíveis em Medicina Veterinária em Portugal.....	17
Tabela 6: Valores obtidos para cada categoria da Escala de Dor Composta de Glasgow Modificada.....	24
Tabela 7: Testes ortopédicos realizados para despiste de displasia da anca.....	25
Tabela 8: Valores das Análises Sanguíneas do Doente e Valores Padrão .....	28
Tabela 9: Comparação das variáveis espaciotemporais e respetivos desvios-padrão do doente .....	36
Tabela 10: Comparação das variáveis espaciotemporais e respetivos desvios-padrão do doente com valores padrão .....	44

## **1. Relatório de Estágio**

De forma a completar o Mestrado Integrado em Medicina Veterinária na Faculdade de Medicina Veterinária de Lisboa, completei o meu estágio curricular na área científica de Clínica de Animais de Companhia no período de seis meses no Hospital Veterinário da Arrábida e no Centro de Reabilitação Animal Veterinária da Arrábida.

O estágio decorreu no período dia 6 de setembro de 2021 a 6 de março de 2022 num sistema de estágio misto entre ambiente hospitalar e reabilitação animal.

O estágio envolveu a realização de turnos hospitalares diários e noturnos, sempre acompanhada de um médico veterinário.

Durante o meu estágio tive oportunidade de participar em várias atividades relacionadas com a área de clínica de Animais de Companhia:

- Assistir a consultas de Medicina Interna;
- Acompanhar casos clínicos e discutir o diagnóstico e terapêutica;
- Interpretar resultados laboratoriais;
- Realização de exames físicos;
- Participar na realização de exames imagiológicos de radiografia;
- Assistir a cirurgias;
- Acompanhar o trabalho no internamento hospitalar.

Adicionalmente, na componente prática de reabilitação no Centro de Reabilitação Animal da Arrábida, foi-me proporcionado integrar em atividades como:

- Acompanhar a evolução de casos clínicos e discutir plano de reabilitação a instituir;
- Realizar terapias de reabilitação como hidroterapia, laserterapia, eletromioestimulação, ondas choque e ultrasonografia;
- Participar na realização de estudos cinemáticos.

No período no qual tive oportunidade de estagiar, pude acompanhar o trabalho da Doutora Ângela Martins e aprofundar os meus conhecimentos em Medicina Interna e Cirurgia e entender a importância do cuidado intensivo e paliativo em contexto de internamento hospitalar tendo a preocupação de assegurar sempre a qualidade de vida dos nossos doentes.

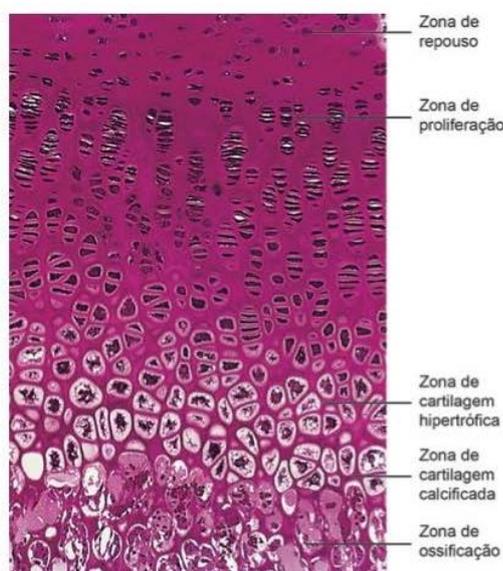
Foi-me proporcionada ainda a oportunidade de estar presente no Congresso Internacional Veterinário do Montenegro de 2021 onde assisti a palestras na área clínica de Medicina Interna.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Fisiopatologia

Os desvios de angulação óssea podem ter etiologia congénita ou surgir em consequência de um evento traumático, mas têm na sua maioria sede em desequilíbrios do foro ortopédico durante o período de crescimento, tais como: a alteração ao nível das placas de crescimento, a lassidão de ligamentos, a fraqueza muscular, a osteoartrite e a osteoporose (Gupta et al. 2020). Desvios de angulação ósseos estão descritos sobretudo em ossos longos e raças condrodistróficas, associados a uma predisposição genética que origina malformações no esqueleto apendicular e crânio (Marcellin-Little 2020 Nov).

A placa de crescimento é constituída por cinco zonas estruturais (Figura 1). Uma primeira zona de repouso de cartilagem hialina sem alteração morfológica. Na zona



**Figura 1 – Imagem Histológica da constituição da placa de crescimento**

proliferativa há um rápido crescimento dos condrócitos por mitose, formando fileiras ou colunas paralelas no sentido longitudinal do osso. Na zona hipertrófica, os condrócitos aumentam de volume, com depósitos citoplasmáticos de glicogénio e lípidos. A zona de calcificação corresponde à fase terminal de maturação dos condrócitos (com apoptose) e mineralização da matriz cartilagínea. Por fim, na zona de ossificação, há invasão de células osteoprogenitoras com origem no perióstio, que se diferenciam em osteoblastos, com deposição de matriz óssea (Ağirdil 2020).

O encerramento prematuro da placa de crescimento (Figura 2), por trauma ou deficiências nutricionais, traduz-se em deformações ósseas detetadas principalmente em cães na fase de crescimento (Kodalihart Labrador Retrievers 2018). De facto, o alongamento ósseo ocorre pela proliferação e diferenciação de células localizadas na cartilagem das placas de crescimento nas extremidades proximal e distal de ossos

longos. As placas de crescimento existem somente até à fase de maturação sexual (Karimian et al. 2012).



**Figura 2 - Comparação entre o osso em formação de um cachorro (esquerda) e o osso de um cão adulto com encerramento da placa de crescimento (direita)** (Fonte: Adaptado de “Exercise, Growth, and Joints” Kodalihart Labrador Retrievers 2018 em <https://www.kodalihartlabradors.com.au/care-health/exercise>)

Em medicina humana, os ossos longos nos quais estão maioritariamente descritas deformações de angulação são o fémur, tibia e metatarso. Pressupõem-se que as deformações de angulação se desenvolvem após o encerramento parcial ou totalmente prematuro da placa de crescimento do osso. As alterações na epífise que promovem o encerramento prematuro das placas de crescimento podem advir de trauma, de desequilíbrios nutricionais, retenção dos núcleos cartilágneos, de osteodistrofia hipertrófica ou de origem iatrogénica, como colocação imprópria de fixadores ortopédicos (Aghapour et al. 2021). A osteodistrofia hipertrófica é uma doença do foro ortopédico em cães jovens, na fase de crescimento rápido entre os 2 a 8 meses. Depreende-se que a etiologia da osteodistrofia hipertrófica, tal como a angulação óssea e a displasia da anca, poderá ter influência hereditária associada a um contexto multifactorial. Acredita-se que é subdiagnosticada, talvez pelo facto de ser pouco comum (Selman and Towle Millard 2022).

Na presente dissertação iremos abordar o caso da articulação femoro-tibio-patelar, mais precisamente, do osso da tibia, na qual um desalinhamento do ângulo articular ou deformação óssea, poderá originar angulações do tipo varus (encurtamento do ângulo) ou valgus (aumento do ângulo). Estima-se que, 10 a 15% das artroplastias do joelho sejam realizadas de forma a diagnosticar valgus com artrite concomitante (Lange and Haas 2017).

A articulação femoro-tibio-patelar classifica-se com uma diartrose ou articulação sinovial pelo facto de ser uma articulação móvel constituída por duas superfícies articulares (com cartilagem hialina) associadas a uma cápsula articular contendo líquido

sinovial. Tem a peculiaridade de incluir, por sua vez, duas articulações inter-relacionadas, mas funcionalmente distintas: femuro-tibial (bicondilartrorse) e a femuro-patelar (trocleartrose).

Varus, *genu varum*, é tipicamente bilateral, simétrico e limitado. Ao nascimento, a maior parte dos recém-nascidos humanos nasce com algum grau de angulação do tipo varus fisiológico, com maior predisposição para crianças do sexo feminino. Não é comum recorrer a correção ortopédica, uma vez que gradualmente, até aos 2 anos de idade o ângulo vai neutralizando e, posteriormente, entre os 3 a 6 anos, progride para um valgus fisiológico (Lee et al. 2020). No entanto, os adolescentes que praticam desportos de alta competição poderão desenvolver algum grau fisiológico de varus. (Rerucha et al. 2017). O varus patológico surge, por sua vez, conseqüente a raquitismo (em que há uma deficiente mineralização da cartilagem de crescimento), osteocondrodisplasias (de etiologia hereditária) ou doença de Blount. A doença de Blount é diagnosticada em crianças, até 3 anos, ou adolescentes, a partir dos 10 anos, e consiste numa paragem ou atraso no crescimento ao nível das placas de crescimento mediais da tíbia, que, havendo um crescimento normal lateralmente, resulta numa angulação medial de um ou ambos os membros (Sabharwal 2009). O varus distal femoral anormal poderá estar associado a luxação medial da patela. (Aghapour et al. 2021)

O valgus, *genu valgum* surge, descrito em medicina humana, entre os 3 e 6 anos de idade, sendo que a sua manifestação na adolescência não é comum (Rerucha et al. 2017). Define-se como um aumento do ângulo tibiofemoral maior que  $10^{\circ}$ , e, tal como o varus, envolve alterações nas estruturas ósseas e do tecido mole envolvente. A nível ósseo, verifica-se uma deficiência no côndilo lateral femoral à qual pode estar associada rotação externa por deformação da tíbia com o plateau tibial alterado. O desalinhamento articular predispõe a um desgaste articular precoce, sendo que a nível do tecido mole, há tendência a contrair lateralmente e a ficar mais laxo medialmente. As causas patológicas poderão advir de trauma ou fratura, osteomielite prévia, alterações ao nível das placas de crescimento e, possivelmente, obesidade (Lange and Haas 2017).

Desta forma, dada a sua etiologia, as deformações ósseas angulares são maioritariamente identificadas na infância e adolescência na fase de crescimento, estando intimamente ligadas às placas de crescimento. É, no entanto, importante, em contexto clínico, diferenciar se a deformação é uma angulação óssea fisiológica (como surge em atletas de alta competição) ou uma verdadeira deformação resultante de, por exemplo, uma fratura óssea cicatrizada com alteração do eixo longo do osso ou de uma alteração nas placas de crescimento (Gupta et al. 2020).

Morfologicamente, a deformação gera uma alteração na distribuição de peso no membro com desequilíbrio dos tecidos moles. Os ligamentos colaterais mediais e laterais são os principais estabilizadores anatómicos do tecido mole no plano frontal. No caso de valgus, a estabilização do ligamento colateral medial exige próteses constrictoras, mas a maioria da contractura ocorre ao nível do tecido mole lateral (Yang et al. 2022).

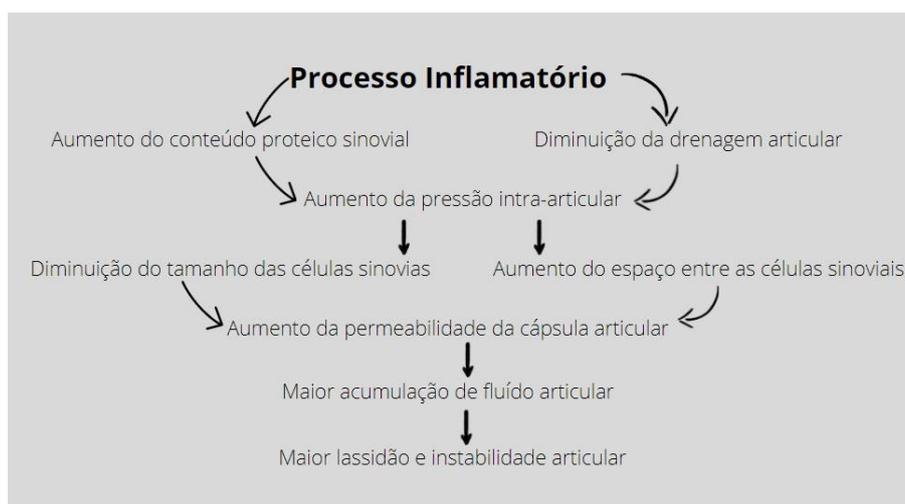
As alterações conformacionais poderão implicar alteração da marcha pela necessidade de diminuir a dor ou a carga exercida no membro, instalando-se uma marcha em que há uma distribuição de carga não fisiológica ou até imobilização de um dos membros, tendo impacto em todas as estruturas envolvidas na locomoção.

Uma marcha não fisiológica ou patológica poderá ter como consequências: a diminuição da elasticidade e resistência mecânica da cartilagem articular e do osso subcondral; a deficiente absorção de choques com aceleração dos processos degenerativos; a alteração do metabolismo dos ossos podendo levar a osteoporose ou osteossíntese frágil; a contração das cápsulas articulares, ligamentos e tendões, podendo estes sofrer esclerose com desenvolvimento de aderências e perda de mobilidade; a retração degenerativa do tecido muscular com possibilidade de se formar aderências e fibroses entre os ligamentos, levando a um aumento da fadiga muscular. Adicionalmente, poderá haver alterações nos processos de cicatrização pelo facto de a vascularização local ter sido alterada (Oliveira 2017).

A nível de distribuição de carga corporal no cão, cerca de 60% do peso é suportado pelos membros torácicos, resultando num centro de gravidade mais cranial, ao nível médio do peito atrás da cintura escapular. Assim, numa superfície sem inclinação, os membros torácicos são prioritários em forças de travagem, enquanto os pélvicos atuam mais como propulsor de movimento. As alterações da nivelação da superfície deslocam o centro de gravidade cranialmente (inclinação negativa ou descida) ou caudalmente (inclinação positiva ou subida), modificando a dinâmica. (King 2017)

O grau de expressão de uma condição é explicado pelo genótipo, sendo influenciado pelo grau de heritabilidade ( $h^2$ ). A heritabilidade, por sua vez, é modelada não só por fatores genéticos, mas também por variações fenotípicas. Os fatores ambientais, como a nutrição, por exemplo, poderão influenciar a gravidade e a expressão da doença. A título de exemplo, no caso de raças condrodistróficas, há uma predisposição genética para deformações angulares dos membros, mas um consumo excessivo de alimento, com aumento de peso, poderá predispor a desenvolvimento de doenças ortopédicas em cães de raças não predispostas a tal (King 2017).

Em desvios de angulação com alterações na conformação articular que predisponham a uma maior lassidão articular, há um maior risco para o desenvolvimento de osteoartrite (King 2017). De anotar que, processos inflamatórios ortopédicos articulares levam a aumento de conteúdo proteico no líquido sinovial e diminuição da drenagem, tendo, como consequência, aumento da pressão intra-articular (Figura 3). Este desequilíbrio tem como consequência o aumento da instabilidade e lassidão articular.



**Figura 3 – Esquema simplificado representativo do processo inflamatório articular**

## 2.2. Sinais Clínicos

Em contexto de medicina humana, o estímulo iatrotópico que surge em consulta de doente com desvio angular dos membros tem por base questões da aparência do mau alinhamento ósseo e notória alteração da marcha (Rerucha et al. 2017).

Em medicina veterinária, como foi anteriormente referido, as deformações em ossos longos estão maioritariamente sinalizadas em cães condrodistróficos, sendo também importante descartar em raças de grande porte em fase de crescimento rápido, antes do encerramento das placas de crescimento (King 2017).

A gravidade dos sinais clínicos irá depender da evolução da deformação. À observação do membro, há uma alteração na orientação óssea do osso longo que, modificando as condições de tensão e pressão exercidas ao longo do membro, poderá ser acompanhada de assimetria do tecido mole envolvente (com aumento de tensão a nível lateral no caso do valgus e medial, no caso do varus) concomitante com um atenuamento dos ligamentos mediais no caso do valgus e laterais no caso do varus (Yang et al. 2022).

À palpação e manipulação, o animal pode apresentar algum grau de dor, tumefação e crepitação articular. Caso haja degeneração óssea e cartilaginosa da articulação, surgem sinais sistémicos de inflamação como hiperemia, hipertermia,

anorexia ou relutância a exercício físico. Situações de angulação não resolvidas, como varus ou valgus, causam carga anormal das articulações do membro, predispondo a desgaste anormal das articulações e a instabilidade articular o que, eventualmente, leva a artrite degenerativa (Gupta et al. 2020).

No exame físico em movimento, poderá haver claudicação de grau variado e alteração da marcha (mais perceptível na análise cinemática).

A longo prazo, em deformações do tipo valgus a articulação do joelho pode sofrer perda óssea ou hipoplasia ao nível do côndilo lateral femoral ou do plateau lateral da tíbia, com ou sem angulação na metáfise óssea (Yang et al. 2022).

## 2.3. Diagnóstico

### 2.3.1. Anamnese e História Clínica

Uma história pregressa detalhada é essencial para a realização de um exame clínico ortopédico completo (Rerucha et al. 2017).

A tabela seguinte esquematiza alguns dos que deverão ser os focos de interesse na anamnese de um doente ortopédico no contexto de suspeita de desvio de angulação:

**Tabela 1 – Pontos relevantes a focar na anamnese de um paciente ortopédico no contexto de suspeita de desvio de angulação óssea**  
(Fonte – Adaptado de: Oliveira 2017)

Anamnese em doente ortopédico	
Idade	Cães entre os 2 a 8 meses, na fase de crescimento rápido, são mais suscetíveis à ocorrência de desvio de angulação óssea
Raça	Raças condrosdistróficas ou de grande porte têm maior predisposição a doenças do foro ortopédico
Início e duração da afeção	Quando teve início e se tem sido recorrente, permanente, intermitente, migratório ou progressivo
Meio Ambiente	Meio mais rural ou um estilo de vida mais propício a exercício físico intenso, predispõe a um maior desgaste músculo-esquelético
Alimentação	Alimentação com excesso de cálcio e energia na dieta, assim como o crescimento rápido devido a sobrealimentação, são fatores de risco para o desenvolvimento de doença ortopédica em cães com risco genético
Terapêutica que tenho sido realizada anteriormente	Incluindo medicação ou intervenções cirúrgicas
Sinais de dor e qual a localização	Os tutores poderão indicar dor ao escovar, quando há tentativa de saltar, quando o animal se levanta ou quando desce um passeio, por exemplo
Progressão dos sinais	Os tutores poderão indicar que piora após exercício físico intenso, claudica apenas depois de se levantar ou melhora após um passeio ligeiro, por exemplo

### **2.3.2. Exame Físico**

Um exame físico completo ao aparelho locomotor inclui quatro divisões: uma primeira fase de observação do animal em movimento para análise da locomoção; uma segunda fase com inspeção, palpação e manipulação com movimentos passivos com o animal em estação; repete-se a segunda fase com o animal em decúbito lateral; e, por fim, na quarta fase avalia-se a coluna vertebral.

No exame em movimento, está em análise o “passo”, ou seja, o movimento completo que o membro realiza desde que inicia o ciclo da marcha até retomar o ponto de partida. Este ciclo engloba uma fase de apoio e uma fase de oscilatória, sendo que os membros torácicos e pélvicos ipsilaterais deverão transitar em apenas um plano dimensional. Idealmente, o Médico Veterinário deverá observar o ciclo de marcha a cerca de 10 metros de distância de frente, de trás e lateralmente ao movimento. A distinguir o movimento em passo, trote, corrida, curvas apertadas e, caso seja possível para o doente, subida e descida de rampas e/ou escadas. É relevante salientar que a locomoção poderá ter variações dependendo da raça do cão (Pfeil e Duerr 2020) (Oliveira 2017).

A conformação, ou seja, a simetria, tamanho e forma da estrutura músculo-esquelética tem grande impacto na forma como o corpo se move. Isto porque, uma base estrutural do corpo inadequada irá predispor à ocorrência de lesões. As anomalias conformacionais, como angulações ósseas, geralmente levam a marcha e posicionamento anormal, ou claudicação, que, por sua vez, também predispõe a lesões. Assim, ao ser detetado um grau de claudicação, deverá à partida ser descartada causa conformacional. Depois de descartada, passam a ser considerados outros fatores, como lesões. É de ter em consideração que, enquanto quadrupede, o cão tem a capacidade de diminuir a dor ou desconforto num membro, alterando o centro da massa corporal, conseguindo, em casos mais graves, movimentar-se sem apoiar praticamente o membro afetado na superfície. Por outro lado, em casos mais ligeiros, permite-lhe alterar a marcha sem que seja perceptível detetar anomalia na marcha (Oliveira 2017).

Uma vez que existe uma angulação fisiológica nos recém-nascidos humanos até à infância, é importante distinguir se se trata de um processo patológico (Rerucha et al. 2017). Em medicina humana, de modo a diferenciar uma deformação verdadeira de uma fisiológica, coloca-se o doente em estação para uma correta medição, com recurso a um goniómetro, da distância intercondilar entre os condilos femorais mediais de ambos os membros (em caso de varus) e intermaleolar a nível do tornozelo (em caso de valgus). Os valores normais de distância intercondilar variam entre 0 a 5 cm, sendo que, quando superiores a 5 cm são suspeitos de varus. Por outro lado, valores superiores a 7 cm para distância intermaleolar poderão ser indicativos de valgus. A referir que a

presença de torção femoral poderá exagerar a aparência de varus, tal como torção tibial externa poderá sugerir a aparência de um valgus mais grave (Gupta et al. 2020).

Apesar de haver múltiplas classificações, as medidas de avaliação e classificação do valgus focam-se na gravidade da deformação e na extensão do envolvimento do tecido mole (Lange and Haas 2017).

A título de exemplo, Ranawat et al. definiram em 2004 que a deformação do tipo valgus pode ser classificada em três tipos: tipo I, com valgus coronal mínimo reversível e estiramento tecidos moles mediais; tipo II, com deformação fixa superior a 10º e atenuação dos tecidos moles mediais; e tipo III, com deformação óssea grave, comprometimento dos tecidos moles e osteotomia já realizada anteriormente.

Mais recentemente, Mullaji and Shetty 2016, adicionou à classificação a existência concomitante de deformações multi-planares ou extra-articulares, dando origem à classificação exibida na tabela 2.

**Tabela 2 – Classificação da Deformação Angular Óssea Valgus**  
(Adaptado de Lange and Haas 2017)

Tipo I	Deformação valgus reversível e ligamento colateral medial intacto
Tipo II	Deformação valgus fixa e ligamento colateral medial intacto
Tipo III	Deformação valgus e hiperextensão e ligamento colateral medial intacto
Tipo IV	Deformação valgus e flexão fixa e ligamento colateral medial intacto
Tipo V	Deformação valgus grave e ligamento colateral medial incompetente
Tipo VI	Deformação valgus secundária a deformação extra-articular

### 2.3.3. Análises Sanguíneas

Um perfil sanguíneo deve ser efetuado com as seguintes finalidades: proporcionar diagnósticos, excluir ou confirmar se o animal tem doença e auxiliar na progressão ou regressão da mesma. No caso de doentes ortopédicos, permite descartar diagnósticos diferenciais para doenças infecciosas ou identificar a instalação de uma infeção consequente a trauma ou resultado de complicações da deformação (Shumborski et al. 2020). A título de exemplo, uma contagem leucocitária que indique leucocitose com neutrófilia com desvio à esquerda é sugestivo de processo infeccioso.

Além disso, na ocorrência de infeção, a libertação de mediadores inflamatórios (citoquinas) diminui a produção de albumina (proteína de fase aguda negativa), mas aumentam a circulação de globulinas (proteína de fase aguda positiva). As situações de stress predis põem a hiperglicemia, mas em casos que surge sepsis tende a haver hipoglicémia.

Os biomarcadores são cada vez mais um apoio ao diagnóstico e monitorização de um doente. Uma vez que os biomarcadores são medidos de forma objetiva, a sua

avaliação é utilizada como indicador de processos biológicos normais, processos patológicos ou resposta farmacológicas a uma determinada terapêutica. Numa suspeita de inflamação ou infecção, os biomarcadores úteis a ter em conta são, por exemplo, a Proteína C-Reativa (proteína de fase aguda produzida no fígado) e a Interleucina-1 (citoquina pró-inflamatória, produzida em macrófagos ativados) (Strimbu and Tavel 2010).

Por outro lado, atualmente não podemos afirmar que existam parâmetros bioquímicos ou fisiológicos em que haja uma correlação fiável com a dor crónica. Os biomarcadores como a pressão arterial, a frequência cardíaca e os níveis de cortisol, apresentam baixa especificidade pelo facto de outras circunstâncias além da dor poderem afetá-los também, como o medo, a ansiedade e o stress (Alexandra Dos Santos Oliveira. Cristina 2017).

#### **2.3.4. Radiografia**

O osso tem uma densidade muito superior ao tecido mole envolvente. Dessa forma, a técnica de radiografia óssea beneficia da utilização de um contraste radiográfico maior (aumentando os mAs e reduzindo os Kv). Na análise de um membro com suspeita de desvio de angulação, deve ser feito um registo radiográfico em plano ventrodorsal, lateral e transversal do osso (Meomartino et al. 2021).

A radiografia ao membro pélvico para análise em caso de suspeita de valgus ou varus na tibia deverá idealmente incluir desde a articulação coxofemoral até ao tarso/metatarso, de forma a identificar se a deformação inclui alterações extra-articulares. Para comparação, é essencial repetir o processo em ambos os membros pélvicos (Mullaji and Shetty 2016).

De referir que, a radiografia enquanto meio de diagnóstico é suscetível a algum grau de erro em consequência de mau posicionamento. A probabilidade de erro aumenta em casos de deformações osseas, como varus ou valgus. Como exemplo, a posição do fémur na radiografia pode influenciar a posição relativa do grande trocânter, que é um ponto de referência para desenhar a linha de orientação das articulações no membro pélvico que incluem o fémur (Aghapour et al. 2021).

A nível radiográfico, é possível avaliar o alinhamento ósseo de um osso longo e a sua estrutura anatómica no processo de cura de fraturas, recorrendo à medição de ângulos anatómicos e mecânicos. O ângulo de referência da articulação é o ângulo entre o eixo do respetivo osso e a linha de orientação da articulação. O eixo ósseo pode ser mecânico ou anatómico. O eixo mecânico é a linha reta que resulta da união dos centros da extremidade proximal e distal do osso. O eixo anatómico é a linha reta ou curva que passa pelo centro do osso (Ogino et al. 2020).

A título de exemplo, no fêmur, o ângulo de anteversão (AA) corresponde à posição do colo do fêmur em relação aos côndilos femorais no plano transversal, e permite avaliar a torção femoral em torno do seu eixo anatômico. Vários estudos apontam que a incidência de varus ou valgus é maior no fêmur distal do que proximal, tendo sido identificada uma possível correlação entre o ângulo de anteversão e a luxação patelar em Poodles (Aghapour et al. 2021).

Adicionando, na tíbia, a comparação entre o eixo mecânico ósseo e a linha de orientação das articulações proximal e distal da tíbia resulta em dois ângulos (Figura 4): ângulo mecânico medial proximal da tíbia (*Mechanical Medial Proximal Tibial Angle*, *mMPTA*) e ângulo mecânico medial distal da tíbia (*Mechanical Medial Distal Tibial Angle*, *mMDTA*), respectivamente. Estudos revelaram que estes valores eram tendencialmente superiores em cães com luxação medial da patela (Aghapour et al. 2021).



**Figura 4 – Imagem obtida por Tomografia Computorizada da tíbia do membro pélvico esquerdo de um burro na qual foram indicadas das linhas que formam o ângulo mecânico medial proximal da tíbia (*mMPTA*) e o ângulo mecânico medial distal da tíbia (*mMDTA*)**

(Fonte: Adaptado de Radtke et al. 2017)

### **2.3.5. Tomografia Computadorizada**

A vantagem da tomografia computadorizada em relação a técnicas de raio-x convencionais é a diferenciação superior dos tecidos moles sem sobreposição de estruturas adjacentes. Um varrimento completo consiste em imagens em corte transversal contínuas da área de interesse. A espessura varia entre 1 a 10 mm, sendo que quanto mais fino for o corte, mais informação se obtém. Cada imagem é analisada individualmente, permitindo um maior detalhe analítico (Hathcock and Stickle 1993).

### **2.3.6. Ressonância Magnética**

Outro meio de diagnóstico complementar não invasivo é a Ressonância Magnética, em que a imagem é formada com recurso a um campo magnético. Em

ortopedia, a sua utilização assenta na avaliação de progresso no tratamento, para descartar existência de lesões ou como método de investigação pré-operatória (Grover et al. 2015).

## 2.4. Escalas de Avaliação

### 2.4.1. Escala de Claudicação

As anomalias conformacionais têm como consequência má postura, marcha anormal e/ou claudicação. Uma vez identificado que o doente apresenta claudicação, deverá primeiro ser avaliada se a etiologia é conformacional. Se não for resultado de compensação devido a anomalias conformacionais, devem ser considerados outros fatores, como a presença de lesão. No entanto, sendo o cão quadrúpede, numa tentativa de minimizar a dor, pode alterar a marcha de tal forma que a anomalia se torna impercetível. Podem estar presentes alterações de comportamento que podem levar a problemas compensatórios subsequentes (Gillette & Angle, 2014). A tabela 4 simplifica a classificação de claudicação.

**Tabela 3 - Classificação da claudicação ortopédica em estação, passo e trote**  
(Adaptado de Levine, Adamson & Bergh, 2014)

	Estação	Passo	Trote
0	Sem alteração	Sem claudicação. Há suporte de peso em todos os passos	Sem claudicação. Há suporte de peso em todos os passos
1	Ligeiramente anormal, com suporte de peso parcial	Claudicação ligeira e subtil com suporte de peso parcial	Claudicação ligeira e subtil com suporte de peso parcial
2	Moderadamente anormal com suporte de peso feito apenas pelos dedos do Membro Posterior	Claudicação perceptível com suporte de peso parcial	Claudicação perceptível com suporte de peso parcial
3	Gravemente anormal sem suporte do membro no chão	Claudicação facilmente perceptível com suporte de peso intermitente	Claudicação facilmente perceptível com suporte de peso intermitente
4	Incapaz de se manter em estação	Claudicação completa sem suporte de peso	Claudicação completa sem suporte de peso

### 2.4.2. Escala de Dor

Atualmente, não existe nenhuma forma objetiva para avaliar o nível de dor num doente. A escala de Glasgow Modificada avalia o estado de consciência do animal, a sua atividade motora e reflexos do tronco cerebral, associada a um exame neurológico completo fornece uma avaliação do animal mais completa.

A Escala de Glasgow Modificada foi elaborada de forma melhorar o manejo da dor em cães em ambiente hospitalar. Baseia-se na observação do comportamento, atribuindo um valor a cada categoria de acordo com a gravidade: comportamentos mais graves têm valores mais elevados. Devido à necessidade de rapidez de ação em clínica, foi elaborada uma variante da escala, que se traduz numa versão mais curta e rápida de utilizar com seis categorias comportamentais. A Tabela 4 sumariza esta Escala de Dor Composta de Glasgow modificada (Forma-Curta). O valor máximo de pontuação é 24, mas, caso seja impossível avaliar a mobilidade, o valor máximo é 20. No estudo, (Reid et al. 2007), considerou-se que o ponto de decisão clínica para instituir analgesia no tratamento seria na obtenção de uma pontuação final igual ou superior a 6 em 24 (5 em 20 caso não fosse possível avaliar a mobilidade). Estudos recentes sublinham a importância de que dor modifica tanto o comportamento espontâneo como o interativo. Há a reter que esta tabela deve ser tida como um complemento ao manejo da dor na decisão sobre a necessidade de analgesia, não devendo ser tomada como um método único. Desta forma, não deve ser negado tratamento analgésico a nenhum animal somente tendo como base esta tabela (Reid et al. 2007) .

**Tabela 4 – Escala de dor de Glasgow Modificada** (Adaptado de Reid et al. 2007)

<b>Escala de Dor Composta de Glasgow Modificada</b>		
<b>Categoria de Comportamento</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Vocalização</b>	0	Em silêncio
	1	Choro
	2	Gemidos, rosnar
	3	Vocalização alta, em grito
<b>Resposta ao toque</b>	0	Sem reação
	1	Olha em redor
	2	Recua
	3	Rosna
	4	Assusta-se
	5	Choro
<b>Comportamento</b>	0	Alerta
	1	Silencioso
	2	Indiferente, não responsivo ao ambiente
	3	Nervoso, ansioso, com medo
	4	Depressivo, não responsivo
<b>Postura/Atividade</b>	0	Confortável
	1	Instável
	2	Agitado
	3	Tenso
	4	Rígido
<b>Atenção à ferida</b>	0	Ignora a área da ferida ou zona com dor
	1	Olha para a área da ferida ou zona com dor
	2	Lambe a área da ferida ou zona com dor
	3	Roça a área da ferida ou zona com dor
	4	Morde a área da ferida ou zona com dor
<b>Mobilidade</b>	0	Normal
	1	Claudica
	2	Lento e relutante ao movimento

	3	Rígido
	4	Recusa movimento

## 2.5. Tratamento

### 2.5.1. Cirurgia

O principal objetivo no manejo de deformações ósseas, é restaurar o alinhamento mecânico estrutural. No entanto, reserva-se a cirurgia corretiva a casos nos quais não há limitação ou resolução espontânea do desvio, as medidas conservativas não foram eficazes ou a angulação é extrema (Rerucha et al. 2017).

Nos casos de varus ou valgus com deformação extra-articular, a cirurgia corretiva de eleição é a osteotomia aberta em cunha medial. Através desta intervenção cirúrgica, é possível aliviar a dor do doente, adiar a necessidade de eventual artroplastia e diminuir a tensão ao nível dos ligamentos, menisco e espaço osteocondral na articulação femuro-tíbio-patelar (Mootanah et al. 2014).

As vantagens relevantes desta técnica incluem o fato de não intervir na união tibiofibular proximal nem no comprimento do ligamento fibular colateral, permitindo que se realize uma correção precisa da deformação e, caso seja necessário, eventuais procedimentos concomitantes, como artroplastia. Por outro lado, desvantagens incluem o aumento do comprimento do tendão patelar, elevação da junção tibiofemoral, lateralização da tuberosidade tibial e aumento do período de recuperação (O'Malley et al. 2016).

Num ensaio cirúrgico (Barksfield and Monsell, 2015), relevou-se existir uma elevada correlação entre a distância da osteotomia ao centro de rotação de angulação (CORA – *center of rotation of angulation*) em simulações de deformações femorais distais, tibiais proximais e tibiais distais. O CORA resulta da intercepção entre o eixo proximal e o eixo distal num osso deformado, sendo, assim, considerado o centro da deformação angular (Wagner et al. 2018).

Em situações nas quais há maior distância da incisão ao CORA, é necessário realizar uma translação de forma a alinhar o osso. O ângulo da translação irá depender da distância ao CORA e poderá ser calculado, com recurso à trigonometria, através de um algoritmo matemático. Isto é de extrema importância, uma vez que o estudo revelou que os casos de correção exagerada ou insuficiente somam uma percentagem que ronda os 50%. (Barksfield and Monsell, 2015)

Para calcular o CORA, começa-se por marcar e unir um ponto no centro da cabeça do fémur com um ponto no trocânter maior. Esta será a linha de rotação da anca. Daí, um ângulo de 90° delineia uma linha em direção ao joelho. A partir do centro do fémur distal, uma linha une-se com a primeira e o ângulo formado entre elas determina

a magnitude do varus ou valgus. Este ponto, CORA, representa o centro da deformação (Gupta et al. 2020).

A alinhamento mecânico do osso pode também ser alcançado através de uma artroplastia total do joelho com colocação de implantes ósseos que poderão promover um alinhamento do plano frontal do osso se o desalinhamento tiver origem articular. Nestes casos, há um desalinhamento cingido à articulação. Estipula-se que, num joelho saudável, o ângulo femoro-tibial seja de aproximadamente 6°. No entanto, há que ter em conta que, mesmo após correção cirúrgica, poderá haver valgus residual. Revela-se ainda útil para os cirurgiões a realização de um estudo 3D cinemático da articulação femuro-tibial do joelho (Lange and Haas 2017).

Em medicina humana, uma vez detetada ainda na fase de crescimento, é possível contrariar a deformação guiando o crescimento do osso. Isto é, corrigir a deformação angular retardando o crescimento no lado convexo ou longo do osso da criança, sendo crucial para esta técnica que a localização do CORA seja perto ou na placa de crescimento ósseo. Na maioria dos casos, porque o CORA está longe da placa de crescimento ou porque já passou a fase de crescimento do doente ou quando o CORA é superior a 20°, a técnica de eleição é a realização de osteotomia corretiva. Dependendo da deformação, a osteotomia pode ser realizada com recurso a fixação interna para uma estabilização mais imediata/aguda ou a fixação externa, que atua de forma mais gradual. Apenas será necessário fazer translação dos fragmentos ósseos para corrigir o eixo mecânico, caso se realize a osteotomia longe do CORA (Gupta et al., 2020).

A osteotomia aberta requer somente uma incisão de um lado do osso, permitindo maior controlo dos fragmentos ósseos. Porém, predispõe sempre a uma possível infeção, havendo o risco de não união. Na osteotomia fechada, é removido em cunha parte do osso e posteriormente alinhado e fixado o eixo, permitindo uma fixação mais estável. Contudo, há risco de encurtar o comprimento do membro. Além destas técnicas, existe a osteotomia em cúpula (osteotomia cilíndrica com cortes em redor do eixo) e a osteotomia focal (realizada no CORA) (Chahla et al. 2016).

Posteriormente, a fixação interna é feita com recurso a placas e parafusos na metáfise óssea. No caso da fixação externa, é possível realizar correções pós-cirúrgicas (Mootanah et al. 2014).

### **2.5.2. Maneio da dor**

A dor é considerada o 5º sinal vital de bem-estar animal. Em medicina, define-se como “uma experiência sensorial e emocional desagradável associada, ou semelhante à associada, a uma real ou potencial lesão tecidual” (Malik 2020). Por sua vez, a dor pode ser aguda ou crónica. A dor aguda surge associada a lesões tecidulares. Ao

estimular alterações comportamentais no animal que evitem ou minimizem lesões, tem propriedades de proteção biológica. Segundo as linhas orientadoras da Associação Hospitalar Animal Americana (AAHA) de 2022 para manejo da dor considera-se dor crónica a partir dos 3 meses de duração após o evento traumático (Gruen et al. 2022).

O manejo da dor pode ser realizado com recurso a analgésicos (alívio de dor sem perda de sensação ou consciência) ou anestésicos periféricos ou gerais (alívio de dor com perda de sensação e/ou consciência).

Segundo as linhas orientadoras da Associação Hospitalar Animal Americana (AAHA), a primeira escolha para manejo de dor aguda com causa conhecida em cão é AINES, opioides ou anestésicos locais, associados a crioterapia. Em dor crónica como primeira linha surgem anti-inflamatórios não esteroides e o anti-corpo monoclonal anti-NGF (Gruen et al. 2022).

A administração do anti-corpo monoclonal anti-NGF é útil como fármaco biológico em animais com dor para diminuir a dor neuropática. Vários estudos evidenciam que a utilização de anti-corpo monoclonal anti-NGF como analgésico em cães e gatos com dor associada a osteoartrite é eficaz e bem tolerada. Este fármaco torna-se relevante na medida em que permite um manejo da dor sem recorrer a opióides (Enomoto et al. 2019). Em 2020, o *Librela*® (substância activa é bedinvetmab, um anticorpo monoclonal canino obtido por tecnologia recombinante) foi aprovado pela EMA (*European Medicines Agency*), estando licenciado na Europa. A dose recomendada para este fármaco é de 0.5 a 1.0 mg/kg, uma vez por mês (Pye et al. 2022).

### **2.5.3. Câmara Hiperbárica**

A incidência de feridas no contexto clínico em Medicina Veterinária é elevada. Estudos recentes revelam a eficácia da câmara hiperbárica como terapêutica complementar na resolução de feridas com difícil cicatrização (Gouveia et al. 2021), permitindo um ambiente com elevada concentração de oxigénio (100%) associado a pressão absoluta atmosférica com valores entre 1.4 e 3 (acima da qual o oxigénio toma carácter tóxico).

Quanto maior a pressão atmosférica absoluta, mais alta é a saturação em oxigénio de hemoglobina. Por conseguinte, a maior saturação de hemoglobina estimula a angiogénese, contribui para processos celulares envolvidos na cicatrização e bloqueia o desenvolvimento de micro-organismos (importante em feridas nas quais ocorre infeção, como osteomielites (Lam et al. 2017).

Os benefícios da câmara hiperbárica incluem: níveis elevados de oxigénio plasmático, hiperoxia tecidual, efeito barométrico com redução de embolismos

vasculares, imunomodulação e alívio de stress oxidativo prevenindo a ocorrência de isquemia cerebral (Birnie et al. 2018)

#### 2.5.4. Reabilitação

De forma a recuperar massa muscular perdida e auxiliar na regeneração do tecido ósseo, a realização de terapêuticas de reabilitação tem surgido como um complemento a ter em conta (Burnett and Wardlaw 2012). A tabela 5 sumariza as modalidades atualmente disponíveis em Portugal.

**Tabela 5 – Modalidades de Reabilitação disponíveis em Medicina Veterinária em Portugal**

<b>Modalidades de Reabilitação Disponíveis em Medicina Veterinária em Portugal</b>	
<b>Diatermia (Radiofrequência)</b>	Permite contrariar o desenvolvimento de contraturas, fibroses a nível do sistema músculo-tendinoso e recuperar fibroses musculares, por regeneração.
<b>Magnetoterapia</b>	Permite acelerar processos biológicos de regeneração, melhorando a cinética enzimática e promovendo uma repolarização das membranas celulares.
<b>Massagens e Alongamentos</b>	Estimula a circulação sanguínea; aumenta a hidratação e oxigenação dos tecidos, elimina toxinas do organismo; aumenta a flexibilidade muscular; e aumenta o alcance de movimento (ROM);
<b>Crioterapia por Compressão Pneumática Intermitente</b>	A combinação crioterapia em seco com compressão controlada, gera uma sinergia que intervém em alterações metabólicas e vias circulatórias, tanto em lesões agudas como crónicas.
<b>Tapete rolante Terrestre</b>	Estimula o movimento ativo.
<b>Tapete rolante aquático</b>	Além de estimular o movimento ativo, alterando o nível da altura da água, é permite realizar movimentos e exercícios que de outra forma não seriam possíveis pelo doente.
<b>Eletromioestimulação</b>	Aplicação de uma corrente elétrica de frequência inferior a 250Hz permite estimular nervos sensoriais ou motores
<b>Ondas Choque</b>	Por meio de uma onda acústica de alta energia extremamente rápida, permite aumentar a mobilidade e reduzir a dor, acelerando o processo de recuperação do doente.
<b>Laserterapia</b>	É aplicado um feixe de radiação eletromagnético colimado sobre os tecidos. Útil no controlo da dor, lesões de tendões e ligamentos, feridas superficiais e profundas.
<b>Ultrassons</b>	Previne contraturas, melhora a mobilidade articular e reduz a tensão muscular por meio da aplicação de energia com frequência superior a 20.000Hz com ação biológica tecidual.

<b>Acupuntura</b>	Adaptada da acupuntura chinesa, consiste na inserção de agulhas finas em pontos específicos cutâneos com base em princípios fisiológicos, anatômicos e patológicos
<b>Cinesoterapia</b>	Realização de um conjunto três tipos de exercícios terapêuticos: passivos, ativos assistidos e ativos.

Há a referir que, além das propriedades regenerativas destas técnicas, a versatilidade da reabilitação advém do facto de algumas das técnicas terem propriedades de manejo da dor como a diatermia, massagens e alongamentos, eletromioestimulação e acupuntura, por exemplo (Burnett and Wardlaw 2012).

## 2.6. Complicações

As deformações ósseas originam alterações mecânicas e anatômicas do esqueleto e tecido mole envolvente, predispondo a osteoartrite precoce, desgaste articular, doenças musculares, por exemplo. Caso haja intervenção cirúrgica na correção da deformação óssea, podem advir complicações que incluem osteomielite.

Em medicina veterinária, o *Staphylococcus aureus* surge como o principal agente na osteomielite (González-Martín et al. 2022). Além de instituir uma terapêutica com antibioterapia por via parenteral, em casos mais graves, poderá ser necessário recorrer a desbridamento cirúrgico do tecido ósseo necrosado (Lorimier and Fan 2010)

A osteomielite é um processo inflamatório supurativo do osso que afeta o endóstio (tecido conjuntivo da camada interna) e o perióstio (revestimento fibroso) com necrose e osteólise. Dada a resistência inerente do tecido ósseo à infeção, a osteomielite surge associada a ocorrências como trauma, corpos estranhos ou colocação de próteses com bactérias dotadas de maior capacidade de adesão e de formar biofilmes. Nestes casos, é muitas vezes necessário recorrer à associação de antibióticos na terapêutica, muitas vezes com rifampicina (Lorimier and Fan 2010).

Em Medicina Humana, há duas classificações relevantes para osteomielite. A classificação de Waldvogel permite a distinção de acordo com a fisiopatologia do processo infeccioso e duração da infeção. Por outro lado, a classificação Cierny-Mader para osteomielite em adultos, defende uma classificação com subdivisão anatômica e histológica, adicionando a importância da imunocompetência do hospedeiro, de extrema relevância no surgimento e difusão da infeção (Lorimier and Fan 2010) (González-Martín et al. 2022).

No caso específico de osteomielite pós-traumática, o osso mais afetado é a tíbia. A tíbia tem maior predisposição a infeção pelo facto de ser coberta por uma camada fina de músculo antero-medialmente, conferindo uma menor proteção óssea. Caso haja fratura concomitante, o prognóstico é mais reservado pela imprevisibilidade da

cicatrização tibial, diminuição da circulação sanguínea na tíbia distal, carência de tecido conjuntivo na tíbia proximal e a dificuldade da união da fratura (Tulner et al. 2004).

## **2.7. Cinemática**

A avaliação cinemática da marcha de um doente ortopédico permite avaliar de uma forma mais objetiva o progresso clínico e corrigir progressivamente o maneio da terapia implementada (Agostinho et al. 2011).

De uma forma não invasiva, a câmara cinemática consegue descrever a geometria do movimento, identificando a velocidade, aceleração, frequência e posicionamento com angulação das articulações (flexão e extensão) (Brauer et al. 2001). O processo é registado num modelo a três dimensões, permitindo uma análise mais precisa. Através da aplicação de marcadores em localizações anatómicas específicas, a câmara emite radiação infravermelha capaz de detetar a reflexão dos marcadores. É essencial que haja pelo menos três câmaras a detetar todos os marcadores. Dada a sensibilidade dos aparelhos é de extrema importância um bom controlo das condições ambientais tais como a luminosidade e a exposição (Silva et al. 2018).

Na realização de um estudo cinemático, revela-se necessário adequar o estudo de acordo com a raça em avaliação de forma a conseguir relacionar a conformação músculo-esqueléticas com a função. Não é de ignorar que os resultados podem ser limitados por fatores como: o tipo de locomoção que o animal adopta (andar ou trotar, por exemplo), habituação à passadeira, número de ciclos analisados e se é utilizado o método 2D ou 3D. (Correia Garcez et al.).

Doenças nas quais se comprovou útil a análise do padrão cinemático são, por exemplo, displasia da anca, ruptura do ligamento cruzado cranial, displasia do cotovelo e osteocondrose (Agostinho et. al, 2011).

### 3. Caso Clínico

O caso clínico apresentado contempla um canídeo no qual foi identificado um desvio de angulação óssea do tipo valgus, cuja etiologia foi discutida. O doente foi submetido a uma cirurgia corretiva para a qual foi elaborado um plano terapêutico pós-cirúrgico que incluiu modalidades de reabilitação animal. Adicionalmente, pretendeu-se averiguar a eficácia da inclusão do estudo cinemático no período pós-cirúrgico do doente ortopédico para avaliação da evolução da marcha.

#### 3.1. História Clínica

O presente caso clínico acompanhou um canídeo de nome Cookie, género masculino, sem raça definida. O Cookie nasceu em janeiro de 2021. Aos 6 meses, em junho de 2021, apresentou-se em consulta no Hospital Veterinário da Arrábida com claudicação no membro pélvico esquerdo, sem ocorrência de evento traumático prévio nem historial de doenças anteriores. À consulta, pesava cerca de 20kg e estava até à data a ser medicado para a dor com canabinoides (Evexia™).

À realização do exame ortopédico, quando manipulado o membro pélvico esquerdo, apresentava crepitação e reduzida amplitude de movimento do membro. Na avaliação da marcha classificou-se como claudicação de grau III a IV, permanente e progressiva (Tabela 3).

À radiografia, o membro pélvico esquerdo apresentava uma deformação óssea ao nível da tíbia do tipo valgus.



**Figura 5 – Doente durante o exame ortopédico em avaliação da marcha**

Quando o doente tinha cerca de 8 meses, em setembro de 2021, foi realizada uma cirurgia corretiva na Faculdade de Medicina Veterinária de Lisboa para a qual foi realizada uma radiografia pré-cirúrgica.

No final do primeiro mês pós-cirúrgico, o doente apresentou um pico de febre com aumento da Proteína C-reativa concomitante. A avaliação pós-cirúrgica foi feita

com recurso à escala de dor de Glasgow Modificada (Tabela 4) e à escala de claudicação (Tabela 3).

Atualmente, com 12 meses de idade, tem uma vida saudável, claudicando de forma intermitente no membro (grau II) apenas aquando exercício físico extremo.

### 3.2. Diagnóstico

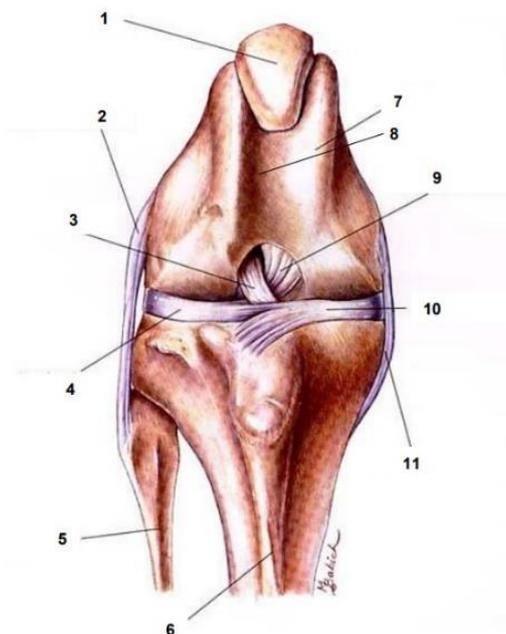
O diagnóstico para avaliação do aparelho locomotor pode ser dividido em: diagnóstico funcional (relativo à limitação mecânica ou dor associadas), diagnóstico anatómico (localiza a doença), diagnóstico patológico (aquando inflamação ou neoplasia) e diagnóstico etiológico (congénito, por trauma ou inflamação).

No caso do Cookie, identificou-se um desvio de angulação óssea do tipo valgus, na tíbia distal com ângulo mecânico medial distal da tíbia de  $126.7^\circ$  (sendo o fisiológico de  $96^\circ$ ), possivelmente consequente a encerramento prematuro da placa de crescimento, com alterações morfológicas ao nível metáfise da tíbia do membro pélvico esquerdo, que se traduzia numa claudicação permanente e progressiva de grau III a IV (Tabela 4).

#### 3.2.1. Exame Físico Ortopédico

Na realização do exame físico ortopédico, iniciou-se o exame com o doente em repouso para avaliar as alterações de conformação e/ou postura.

À manipulação, o tecido mole do membro pélvico esquerdo encontrava-se contraído lateralmente e mais laxo medialmente. No tecido mole lateral contraído, inclui-



**Figura 6 – Imagem ilustrativa da articulação Femorotibiopatelar**

(Fonte: Adaptado de Hill's Pet Nutrition, 2006)

Legenda: 1 – Patela; 2 – Ligamento colateral lateral; 3 – Ligamento cruzado anterior 4 – Menisco Lateral, 5 – Fibula, 6 – Tibia, 7 – Fémur, 8 – Fossa Intercondilar, 9 – Ligamento cruzado posterior, 10 – Menisco medial, 11 – Ligamento Colateral Medial

se o ligamento colateral lateral (Figura 6). Medialmente, identificou-se comprometimento e aumento da lassidão do ligamento colateral medial.

A nível ósseo, à observação e manipulação, a tíbia do membro pélvico esquerdo apresentava um desvio de angulação óssea sugestiva de deformação óssea do tipo valgus.

De seguida, observou-se o animal em movimento. Distinguiu-se dois tipos de movimento: em marcha, compreendendo uma série de movimentos repetitivos; e numa série de movimentos não repetitivos, não sequenciais, incluindo eventos únicos, como saltos, início do movimento e o sentar. Observou-se o doente em passo numa linha reta, de frente, de trás, do lado direito e esquerdo; tendo sido identificada a claudicação associada ao membro pélvico esquerdo, que, segundo a classificação de Levine, Adamson e Bergh, 2014, (Tabela 4), se traduzia numa claudicação de grau III a IV permanente e progressiva - o doente apresentava claudicação completa sem suporte de peso ao passo, mas era capaz de se manter em estação.

### 3.2.2. Radiografia

Uma vez identificada a claudicação e deformação angular óssea na região distal da tíbia no membro pélvico esquerdo, foram realizadas radiografias aos membros torácicos e pélvicos esquerdo e direito (Figuras 5, 6 e 7). Como identificado no exame físico e na marcha, a radiografia revelou um desvio de angulação extra-articular na tíbia

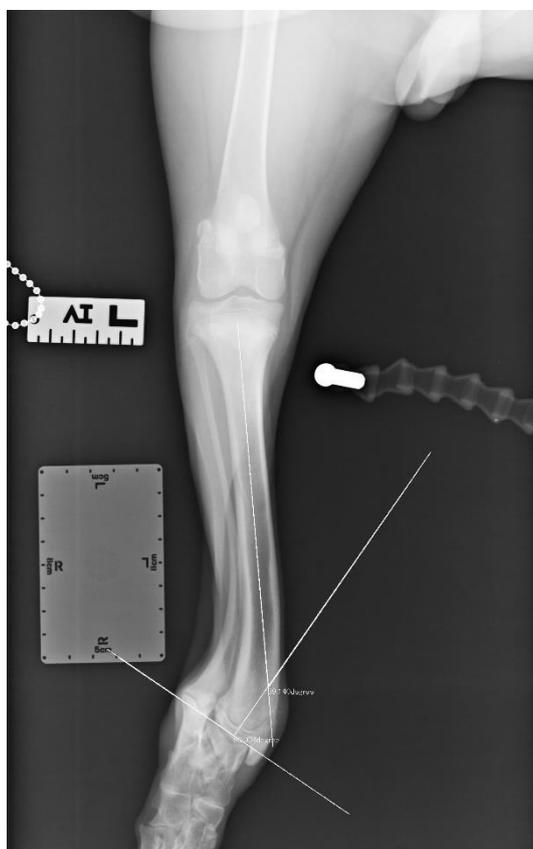


Figura 7 – Radiografia Antero-Posterior ao membro pélvico esquerdo

do membro pélvico esquerdo do tipo *valgus*. O ângulo entre o eixo mecânico ósseo da tíbia e a linha de orientação da articulação distal da tíbia (ângulo mecânico medial distal da tíbia), tinha um valor de  $126.7^\circ$ , superior ao valor fisiológico de  $96^\circ$  (Figura 7).

O médico veterinário responsável considerou que, avaliando a radiografia em conjunto com a história clínica do doente, possivelmente, teria ocorrido um encerramento prematuro da placa de crescimento da epífise distal da tíbia (presumivelmente total, com maior incidência a nível lateral).

Adicionalmente, foi confirmado em radiografia o diagnóstico de displasia bilateral do cotovelo (Figura 8 e 9) e displasia bilateral da anca.



**Figura 8 – Radiografia Latero-Lateral ao membro torácico direito**



**Figura 9 – Radiografia Latero-Lateral ao membro torácico esquerdo**

### **3.2.3. Escalas de Avaliação**

O grau de claudicação associado ao membro pélvico esquerdo foi classificado com recurso à escala de claudicação de Levine, Adamson e Berch, 2014. Classificou-se como claudicação de grau III a IV no membro pélvico esquerdo, sem suporte de peso ao passo. Esta claudicação traduzia-se num deslocamento do centro de gravidade com carga acrescida nos membros anteriores.

No sentido de avaliar o grau de dor, utilizou-se a escala de dor composta de Glasgow modificada. Os valores obtidos a cada categoria encontram-se na tabela seguinte:

**Tabela 6 – Valores obtidos para cada categoria da Escala de Dor Composta de Glasgow Modificada**

<b>Vocalização</b>	0 (em silêncio)
<b>Resposta ao toque</b>	0 (sem reação)
<b>Comportamento</b>	0 (alerta)
<b>Postura/atividade</b>	1 (instável)
<b>Atenção à ferida</b>	0 (ignora a área da ferida ou zona com dor)
<b>Mobilidade</b>	1 (claudica)

A pontuação foi de 2 num total de 24, indicando que o doente apresentava um nível de dor relativamente reduzido.

### **3.3. Diagnósticos Diferenciais**

Após a observação radiográfica do doente e pelo facto de ser um cão jovem em fase de crescimento, foi indicado como diagnóstico diferencial mais provável a ocorrência de um encerramento prematuro das placas de crescimento da epífise distal da tibia com conseqüente deformação óssea da tibia do membro pélvico esquerdo. Dada a orientação do desvio de angulação, terá sido presumivelmente um encerramento da placa de crescimento com maior incidência lateral. No entanto, dada a complexidade do caso, foram propostos como diagnósticos diferenciais e/ou concomitantes no caso em estudo: raquitismo, doença de Blount, displasia da anca, displasia do cotovelo e osteodistrofia hipertrófica.

O raquitismo resulta de uma insuficiente mineralização óssea por deficiência em Cálcio e Fósforo, e/ou desregulação do rácio Cálcio/Fósforo na dieta e/ou insuficiência em vitamina D. A nível de exame físico, justificaria a alteração da marcha, claudicação e dor óssea. De facto, o raquitismo predispõe a deformação óssea nos ossos longos do tipo varus (*bowed limbs*), mas haveria também uma maior predisposição a fraturas ósseas, que não se verificava no doente no exame físico inicial. Dado que, nas análises sanguíneas, os valores de Cálcio, Fósforo e Vitamina D se encontravam dentro dos valores de referência e que a radiografia não revelou perda de radiopacidade óssea nem padrão rosário na parede costal, o diagnóstico para raquitismo foi descartado.

O diagnóstico diferencial de Doença de Blount foi descartado uma vez que se traduz em angulação do tipo varus e o doente apresentava valgus.

A claudicação do membro pélvico levantou suspeita de possível displasia da anca que, tendo carácter genético, pode ser diagnosticado em qualquer idade. Após realização da radiografia pélvica realizada para avaliar o grau de deformação tibial, identificou-se uma incongruente articulação coxo-femoral bilateral indicativa de displasia

da anca. O diagnóstico de displasia da anca foi sustentado no exame físico ortopédico com surgimento de sinais de Barden e Ortolani positivos. Os testes realizados encontram-se na Tabela 7.

**Tabela 7 - Testes ortopédicos realizados para despiste de displasia da anca**

<b>Teste</b>	<b>Procedimento realizado</b>	<b>Resultado</b>
<b>Teste de Barden</b>	Em decúbito lateral, o médico veterinário colocou o indicador da mão direita no grande trocânter do doente, o polegar na tuberosidade isquiática, anelar na crista ilíaca dorsal. Simultaneamente, a mão esquerda segurou o fémur na região média movendo-o lateralmente de forma a induzir a saída da cabeça do fémur do acetábulo. O sinal é positivo se o indicador elevar 4 a 6 milímetros.	Positivo
<b>Teste de Ortolani</b>	Com o doente em decúbito lateral, moveu-se o fémur do doente proximalmente seguido de abdução. O sinal é positivo se na abdução a cabeça do fémur retoma ao acetábulo	Positivo

À manipulação no exame ortopédico, suspeitou-se que o doente apresentava também displasia bilateral do cotovelo, que, como referido anteriormente, foi identificado em exame radiológico.

Pelo facto de a osteodistrofia hipertrófica ser uma doença do foro ortopédico em cães jovens na fase de crescimento rápido, colocou-se como um possível diagnóstico diferencial. A etiologia ainda não é certa, mas, tal como a angulação óssea e a displasia da anca, poderá ter influência hereditária associada a um contexto multifactorial, tendo, por isso, sido proposta como diagnóstico diferencial. Em radiografia, num doente com osteodistrofia hipertrófica, o osso surge com uma linha radiolucida paralela à epífise do osso (linha dupla epifisária), sendo um sinal patognomónico. O sinal clínico mais expressivo a nível de exame físico é a tumefação simétrica da metáfise do osso longo afetado, que ao toque acusa dor e poderá estar quente. Os ossos mais afetados são a tibia, ulna e rádio. O diagnóstico foi descartado pelo clínico responsável, uma vez que não havia tumefação metafisial da tibia e a radiografia não revelou o sinal patognomónico de linha dupla epifisária.

O diagnóstico considerado pelo Médico Veterinário como a causa mais provável para o encerramento prematuro da placa de crescimento, foi etiologia genética, sendo que irá ser elaborado com mais detalhe na discussão.

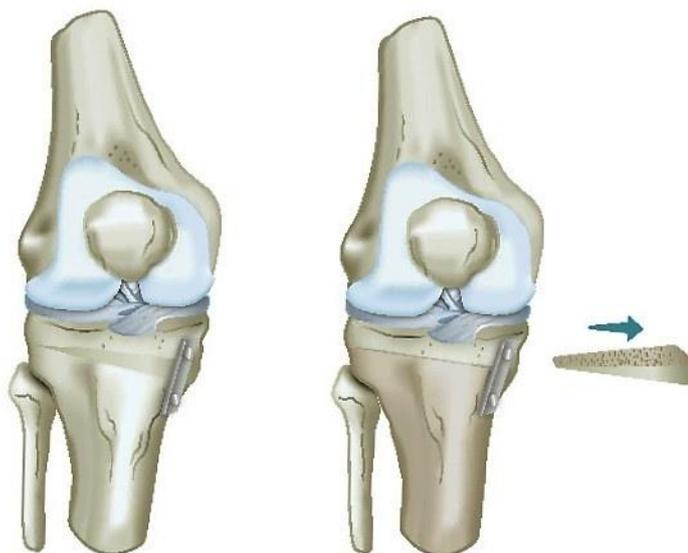
### 3.4. Tratamento

A primeira fase do tratamento consistiu numa osteotomia corretiva. O manejo pós-cirúrgico envolveu manejo da dor, uma sessão de câmara hiperbárica e reabilitação. Adicionalmente, a realização de análises sanguíneas semanais, nas quais se incluíram de biomarcadores inflamatórios, permitiu realizar um manejo pós-cirúrgico mais eficaz.

A realização de radiografia e tomografia axial após a cirurgia permitiu avaliar a cicatrização e eficácia na correção cirúrgica, bem como se existiam complicações associadas à intervenção cirúrgica.

#### 3.4.1. Cirurgia

Uma vez que a deformação angular traduzia um desvio de angulação óssea ao nível da tíbia distal do tipo valgus, a cirurgia de eleição a realizar foi uma osteotomia corretiva fechada em cunha na região medial da tíbia distal, com recurso à colocação de placas e parafusos (Figura 8).



**Figura 10 – Imagem ilustrativa de duas possíveis cirurgias de osteotomia corretiva na tíbia proximal**

(Fonte: Marcheggiani Muccioli et al. 2019)

Legenda: Osteotomia Correctiva Aberta (esquerda); Osteotomia Correctiva Fechada (direita)

A tranquilização do doente foi realizada com metadona (10mg/ml) tendo sido administrado 0,6 ml por via endovenosa. Adicionalmente, foi administrado 0,15 ml de dexmedetomidina (0,5 mg/ml) por via intramuscular. A indução anestésica foi feita com propofol (10 mg/ml). Por fim, o resgate analgésico único foi alcançado com 0,4 ml de fentanil (50 µg/ml).

Adicionalmente, foi administrado 4,4 ml de cefazolina (180 mg/ml), 2 ml de robenacoxibe (20 mg/ml) e 20 ml de paracetamol (10 mg/ml). Após a cirurgia, aplicou-se um penso transdérmico de fentanilo 50 µg/h.

O objetivo da cirurgia foi realinhar o eixo anatómico tibial do membro pélvico esquerdo. Para tal, o cirurgião realizou uma incisão medial na tibia distal, acima da articulação distal da tibia. Desviaram-se os tendões, artérias e nervos de forma a deixar o osso exposto. Foi executado um corte parcial medialmente com recurso a uma serra cirúrgica. O alinhamento do eixo anatómico tibial foi obtido removendo o corte realizado em cunha, tendo, depois, unido as margens do corte (Figura 8). Simultaneamente, foi necessário realizar uma osteotomia na fíbula distal do membro de forma a permitir um perfeito alinhamento ósseo. Além disso, caso não tivesse sido realizada a osteotomia à fíbula, esta apresentar-se-ia como um obstáculo à cicatrização pós-cirúrgica, por aumentar as forças contrárias ao alinhamento reestabelecido na tibia do membro pélvico esquerdo.

A estabilização do local intervencionado foi feita com recurso a uma placa em T *Fixin small* com 4 orifícios bloqueados na tibia distal cranial e uma placa LCP™ 2.7 medial com 1 parafuso de bloqueio em cada extremidade e 2 parafusos corticais no fragmento proximal.

Por fim, a pele foi suturada com pontos simples interrompidos.

### **3.5. Maneio Pós-Cirúrgico**

#### **3.5.1. Maneio da dor**

Previamente à cirurgia, o doente estava a ser medicado com canabinoides (Evexia™).

Durante a cirurgia, como foi referido, foi, no entanto, essencial assegurar o maneio da dor, pelo que foi administrado o analgésico opióide metadona (10mg/ml) na dose 0,6 ml.

Após a cirurgia, continuou-se a terapêutica com Evexia™, na dose 2,5 mg/Kg (duas vezes por dia), adicionando Gabapentina (5 mg/Kg) por via oral (duas vezes por dia) associada a um penso de Fentanilo transdérmico durante 3 dias (50 µg/h).

O anti-inflamatório continuou a ser administrado durante 5 dias, na dose 0,2 mg/kg (uma vez por dia).

#### **3.5.2. Análise Sanguíneas e Biomarcadores**

O maneio pós-cirúrgico foi acompanhado de análises sanguíneas semanais de forma a monitorizar biomarcadores de infeção, inflamação e dor. As datas nas quais foram recolhidas as análises foram: 3 de outubro, 7 de outubro, 13 de outubro, 20 de

outubro, 27 de outubro e 3 de novembro. A tabela seguinte (Tabela 8) inclui as análises realizadas com respetivos valores padrão:

**Tabela 8 – Valores das Análises Sanguíneas do Doente e Valores Padrão**

		Valores das Análises do Doente						Valores Padrão
		3 de outubro	7 de outubro	13 de outubro	20 de outubro	27 de outubro	3 de novembro	
<b>Hemograma</b>	Hematócrito	42,7%						41 a 58%
	Leucócitos	13,56						5.7 a 14.2 x103/μL
	Plaquetas	226						186 a 545 x103/μL
	Linfócitos	6,13						0.9 - 4.7 x103/μL
	Glucose	104						68-104 mg/dL
<b>Bioquímicas</b>	<i>Symmetric dimethylarginine (SDMA)</i>	7						<18
	Creatinina	0,7	1,4	0,7	0,7	0,9	0,9	0.6 a 1.4 mg/dL
	Ureia	35	16	23	20	26	25	9 a 26 mg/dL
	Proteínas Totais	6,5						5,5 a 7,2 g/dL
	Albumina	3,1						3.2 a 4.1 g/dL
	Globulina	3,3						1.9 a 3.7 g/dL
	Alanina Aminotransferase (ALT)	48						17 a 95 U/L
	Fosfatase Alcalina (ALP)	101						7 a 115 U/L
	Aspartato Aminotranferase (AST)		25	35	34	23	25	15 a 66
	Fósforo		5,5	5,5	5,7	6.3	10.3	2.5 mg/dL a 5.5 mg/dL
	Cálcio		9,9	10,4	10,4	10.1	25	8.4 a 11.8 mg/dL
	Creatinina Quinase		169	200	188	175	326	64 a 314 U/L
	Proteína C-Reativa (PCR)		6	0,6	0,6	1.4	0,2	0 a 1 mg/dL

Nas análises realizadas a 3 de outubro, foi selecionado um conjunto de marcadores gerais de inflamação e indicadores de doença hepática.

De uma forma geral, as análises sanguíneas estavam dentro do padrão fisiológico. Apresentou, no entanto, valores elevados de linfócitos e ureia. O médico veterinário responsável considerou o ligeiro aumento do valor de linfócitos e ureia não relevante. Dessa, forma, nas seguintes semanas apenas se incidiu nas análises bioquímicas.

O doente apresentava a 7 de outubro um bom exame físico geral, por isso, realizaram-se análises bioquímicas maioritariamente focadas em biomarcadores de lesão músculo-esquelética para avaliar a recuperação pós-cirúrgica.

Nas análises sanguíneas incluiu-se a medição da concentração sanguínea de creatinina e ureia como indicadores de função renal, sendo a sua concentração sanguínea proporcional à gravidade da lesão renal. Apresentam baixa sensibilidade, uma vez que os valores só se alteram após haver um comprometimento funcional de 75%. A medição dos íões Fósforo e Cálcio foi feita para avaliação de função renal, adrenal e óssea. A Aspartato Aminotransferase (AST) é uma enzima indicadora de lesão hepática, mas não é hepatoespecífica, pois também poderá estar aumentada em casos de lesão muscular.

Por último, incluiu-se na análise a Creatinina Quinase, uma enzima que se encontra principalmente no tecido muscular (esquelético e cardíaco), libertada em circulação em situações de trauma, lesão ou stress muscular. A Proteína C-Reativa (PCR) é uma proteína de fase aguda produzida no fígado, tendo sido incluída nas análises como um biomarcador de inflamação.

A única alteração identificada nos resultados das análises foi a concentração sanguínea da Proteína C-Reativa de 6 mg/dL, superior aos valores fisiológicos (valor padrão entre 0 e 1 mg/dL). A justificação deste aumento poderá advir da resposta inflamatória do corpo à intervenção cirúrgica (na ocorrência de trauma, processos inflamatórios e infecciosos, necrose tecidual e lesão celular, há produção de citocinas inflamatórias que induzem o aumento da produção no fígado de Proteína C-Reativa).

No dia treze de outubro, os valores das análises encontravam-se dentro dos padrões fisiológicos, incluindo a concentração sanguínea da proteína C-Reativa.

No dia vinte de outubro, valores obtidos nas análises mantiveram-se dentro dos padrões fisiológicos.

Nas análises realizadas a vinte e sete de outubro identificou-se novamente um valor de Proteína C-Reativa superior ao padrão (1,4 mg/dL), de menor grau, comparando com o valor registado nas análises de sete de outubro. O aumento da proteína C-Reativa coincidiu com um aumento da temperatura corporal acima de 39°C, sugerindo a presença de reação inflamatória novamente.

Dado que se havia realizado uma cirurgia ortopédica, incluiu-se como diagnóstico diferencial uma complicação pós-cirúrgica com osteomielite, apesar de no exame físico não se identificar nenhuma zona de fistulação. Institui-se uma terapêutica empírica com antibiótico de largo espectro (administrou-se, por via oral, um comprimido de 200 mg de Amoxicilina e 50 mg de Ácido Clavulânico, uma vez por dia, durante 5 dias) e anti-inflamatório.

Na semana seguinte as análises revelaram que o valor de Proteína C-Reativa já se encontrava dentro da normalidade.

Pelo facto de ter normalizado os valores de PCR com a administração empírica de antibiótico de largo espectro e anti-inflamatório o médico veterinário responsável considerou que não teria sido desenvolvida infeção óssea consecutiva à cirurgia, mas sim uma hiperémia consequente a um processo inflamatório dos tecidos moles evolventes.

### **3.5.3. Câmara Hiperbárica**

Foi realizada uma sessão de tratamento de câmara hiperbárica cerca 4 semanas após a cirurgia no Centro de Reabilitação Animal de Lisboa.

O protocolo realizado foi de 2 atmosfera absoluta (ATA) ou 1,520 mHg, num ambiente com 100% de oxigénio puro atmosférico. O período de manutenção terapêutica foi de 40 a 60 minutos e o tempo de descompressão foi de 20 minutos.

### **3.5.4. Reabilitação**

A importância e necessidade de realizar movimentos fisiológicos o mais cedo possível advém do facto da mobilização não fisiológica e imobilização prolongada terem efeitos nocivos para o doente.

A terapêutica de reabilitação (Figura 11) iniciou-se antes da cirurgia com estimulação da estação, mantendo-se o doente apoiado nos quatro membros com o



**Figura 11 – Doente em reabilitação no tapete rolante terrestre**

peso corporal igualmente distribuído. Adicionalmente, fez-se estimulação da marcha sem e com corpo estranho no membro contralateral (membro pélvico direito), de forma a manter a massa muscular e estimular o apoio do membro pélvico esquerdo.

Após a cirurgia, realizou-se crioterapia de seis em seis horas para diminuir edema, aplicando uma placa de gelo envolta num pano cirúrgico esterilizado na área intervencionada durante cerca de 10 a 15 minutos.

Além disso, realizaram-se movimentos de amplitude passiva (PROMs) na articulação fémur-tíbio-patelar e tarso acompanhados de alongamentos elásticos do membro para estimular a manutenção e recuperação do movimento articular. Primeiro utilizou-se um goniómetro para medir o ângulo articular (indica-nos a amplitude do movimento articular) de ambas as articulações e executaram-se movimentos passivos dentro do ângulo articular durante 20 segundos, repetindo 3 a 20 vezes. Este movimento está indicado não só para recuperação neurológica, como para afeções crónicas degenerativas. A urgência de realizar esta terapêutica no contexto pós-cirúrgico do doente ortopédico advém do facto de que evita que haja diminuição da amplitude articular. No entanto, importante referir que o PROMs não evita atrofia muscular nem promove maior força muscular.

Seis dias após a cirurgia, iniciou-se reabilitação em tapete rolante terrestre (Figura 9). Ao contrário do PROMs, a reabilitação em tapete rolante permitiu evitar atrofia e aumentar a força muscular. A velocidade utilizada foi 2 km/h, durante 20 minutos uma vez por semana.

### 3.5.5. Radiografia

Cinco semanas após a cirurgia, o doente apresentou-se à consulta para realização de radiografias de maneio pós-cirúrgico ao membro pélvico intervencionado (Figuras 12, 13, 14 e 15).



Figura 12 - Radiografia Latero-Lateral ao membro pélvico esquerdo (cinco semanas após a cirurgia)

Na consulta pós-cirúrgica, o doente apresentou-se com claudicação de grau II no membro pélvico esquerdo (membro intervencionado). O membro crepitava, tinha seroma, estava quente e tumefacto. A radiografia revelou presença de um fragmento cartilágneo na articulação do tarso do membro pélvico esquerdo, indicativo de possível desenvolvimento de osteocondrite dissecante no tarso (observou-se um defeito no osso subcondral com margem esclerótica e a presença de um fragmento solto, “*flap*”), o que justificava os sinais clínicos do doente.

A osteocondrite dissecante no tarso do membro intervencionado, possivelmente, terá sido consequente à formação de fissuras na área da cartilagem necrosada que originou o fragmento solto. Este, por sua vez, terá provocado a inflamação.

À radiografia (Figuras 11 e 12), o esqueleto não apresentava alterações de radiopacidade indicativas de osteólise, não se tendo identificado sinais de rejeição das placas e parafusos colocados para alinhamento ósseo. O eixo mecânico e eixo anatómico do osso permaneciam corrigidos, podendo concluir que não havia complicações a nível do processo de cicatrização.



**Figura 13 – Radiografia Ventro-Dorsal Pélvica (cinco semanas após a cirurgia)**

Em abril de 2022, cerca de 7 meses depois da cirurgia, foram realizadas novas radiografias para manejo pós-cirúrgico (Figuras 14 e 15).

À Radiografia identificou-se que o osso intervencionado se encontrava saudável sem sinais de osteólise ou rejeição das placas e parafusos.

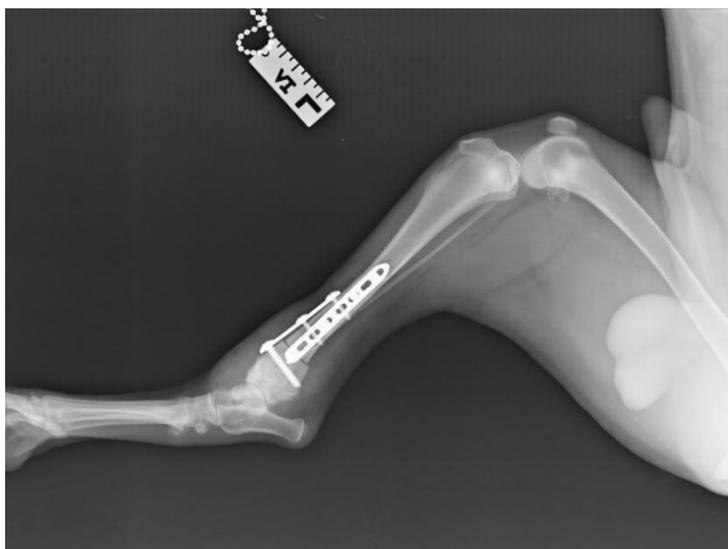


Figura 14 - Radiografia Latero-lateral ao membro pélvico esquerdo (sete meses após a cirurgia)



Figura 15 - Radiografia Ventro-Dorsal pélvica (sete meses após a cirurgia)

### 3.5.6. Tomografia Computadorizada

Cerca de 7 meses após a cirurgia foi realizada uma tomografia computadorizada (Figura 16) para avaliar a recuperação pós-cirúrgica e avaliação do tarso do membro intervencionado, onde, na radiografia, se confirmou a presença do fragmento cartilágneo consequente a osteocondrite dissecante (“flap”).

Uma vez que o doente melhorou da claudicação espontaneamente (atualmente apenas claudica aquando exercício extremo, de forma intermitente) e não apresente

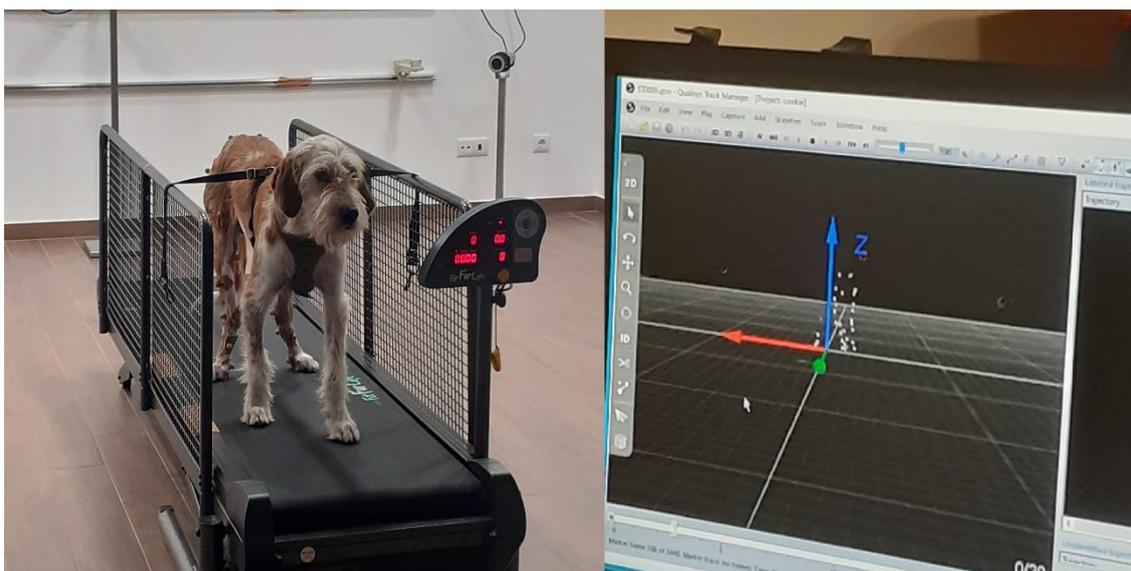
alterações físicas no membro, o médico veterinário responsável optou por não realizar a artroscopia à articulação do tarso do membro pélvico esquerdo.



**Figura 16 – Doente anestesiado em decúbito dorsal na máquina de tomografia computadorizada**

### **3.6. Câmara Cinemática**

O estudo cinemático (Figura 17) foi realizado no laboratório de análise de marcha do Centro de Reabilitação Animal da Arrábida (CRAA), em condições de sala fechada, na presença de três membros, entre os quais uma estudante de Medicina Veterinária e duas Médicas Veterinárias.

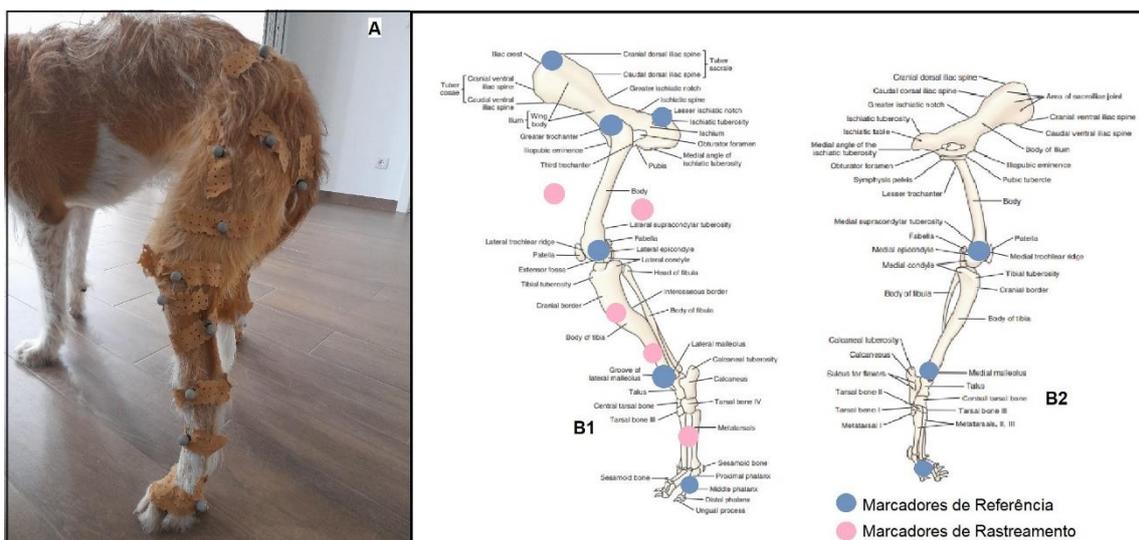


**Figura 17 - Doente no tapete rolante terrestre, com os marcadores esféricos colocados para o estudo cinemático (esquerda); Programa de Computador com o sistema de coordenadas no qual se identificam os marcadores captados pelas câmaras (direita)**

Os resultados foram obtidos através do sistema de análise Qualisys Motion Capture utilizando oito câmaras de alta velocidade Qualisys Miqus M3 fixas por meio de suportes de sustentação, ao redor da sala e em diferentes níveis de altura, com uma frequência de captura a 60Hz.

Para a calibração do sistema de modo a gerar um sistema de coordenadas XYZ global, foi utilizado um “L” posicionado numa zona central da ala e uma varinha de tamanhos conhecidos. Os dados foram processados através do software Visual 3D, sendo extraídos gráficos representativos das variáveis espaciotemporais. Para cada tempo de estudo, os resultados dos valores espaciotemporais resultaram do cálculo do valor médio registado durante os vários ciclos de marcha.

Uma vez que apenas se realizou o estudo para os membros pélvicos, a colocação dos marcadores refletivos exigiu a realização de tricotomia somente nos membros pélvicos, tendo sido aplicados os marcadores refletivos usando fita-cola dupla e adesivo (Figura 18).



**Figura 18 – Fotografia original do membro pélvico esquerdo do doente com os marcadores colocados (A); Representação esquemática unilateral da posição anatómica na qual foram colocados os marcadores em vista lateral (B1) e medial (B2).** (Adaptado de Riegger-Krugh, Millis & Weigel, 2004)

A decisão para a colocação dos marcadores teve em consideração as proeminências ósseas como referência anatómica. Foram colocados 13 marcadores esféricos retrofletivos em cada membro pélvico, ou seja, 26 no total (Figura 18).

Os locais da aplicação dos marcadores foram: região dorsal da crista ilíaca, proeminência da tuberosidade isquiática, eminência do grande trocânter do fémur, epicôndilos lateral e medial do fémur, maléolos distais medial e lateral da tíbia, processo distal do quarto metatarso, tendo sido adicionadas duas marcas de rastreamento em cada segmento, exceto a nível do metatarso no qual só se colocou uma (Figura 18).

Após o processamento, dividiram-se os resultados das variáveis espaciotemporais em: comprimento do passo, o tempo do passo, o tempo da fase de apoio, o tempo da fase de balanço e o tempo de um ciclo. A velocidade foi estabelecida pelo tapete rolante terrestre a 2 km/h, sendo que, por isso, não foi considerada como variável para estudo cinemático.

Foram realizados 3 estudos cinemáticos no total em três tempos: Tempo 1 a 16 de outubro de 2021, Tempo 2 a 6 de novembro de 2021 (três semanas depois) e, por fim, Tempo 3 a 6 de setembro de 2022 (dez meses depois). Pretendeu-se avaliar os parâmetros espaciotemporais no pós-cirúrgico do doente em três tempos de forma a verificar se se constatava evolução ou alteração na marcha do doente. Os resultados dos três estudos de câmara cinemática encontram-se na Tabela 9.

**Tabela 9 - Comparação das variáveis espaciotemporais e respetivos desvios-padrão do doente**

	Tempo 1 (16 de outubro de 2021)		Tempo 2 (6 de novembro de 2021)		Tempo 3 (6 de setembro de 2022)	
	E	D	E	D	E	D
<b>Comprimento do passo (m)</b>	0.346± 0.041	0.308± 0.035	0.354± 0.025	0.239± 0.077	0.283± 0.023	0.215± 0.067
<b>Tempo do passo (s)</b>	0.602± 0.164	0.530± 0.065	0.592± 0.116	0.443± 0.076	0.438± 0.063	0.468± 0.073
<b>Tempo da Fase de Apoio (s)</b>	0.497± 0.179	0.509± 0.145	0.453± 0.118	0.450± 0.135	0.542± 0.070	0.487± 0.059
<b>Tempo da Fase de Balanço (s)</b>	0.637± 0.064	0.625± 0.076	0.581± 0.086	0.592± 0.092	0.368± 0.043	0.415± 0.079
<b>Tempo de um ciclo (s)</b>	1.136± 0.181	1.146± 0.166	1.034± 0.111	1.044± 0.163	0.920± 0.069	0.920± 0.107
<b>Passos por minuto</b>	105± 21	115± 16	105± 18	140± 30	139± 10	132± 27

(Legenda: E – membro pélvico esquerdo; D – membro pélvico direito)

Relativamente às variáveis espaciotemporais comprimento do passo (medido em metros) e tempo do passo (medido em segundos), verificou-se que o membro pélvico direito apresentava valores inferiores relativamente ao membro pélvico esquerdo (membro intervencionado) em todos os tempos do estudo. A única exceção encontra-

se no terceiro tempo, no qual o membro pélvico direito tem valores ligeiramente superiores para a variável tempo do passo.

Relativamente às variáveis espaciotemporais referidas (tempo do passo e comprimento do passo), entre o Tempo 1 e o Tempo 2, verificou-se uma diminuição dos valores registados pelo membro pélvico direito e um aumento no membro pélvico esquerdo do valor registado no comprimento do passo. Consequentemente, houve aumento da diferença do tempo e comprimento do passo entre membro pélvico esquerdo e o membro pélvico direito.

Contudo, no Tempo 3, verificou-se uma diminuição significativa no comprimento do passo em ambos os membros pélvicos, tendo sido mais acentuada no membro esquerdo. Da mesma forma, o valor registado no tempo do passo no membro pélvico esquerdo também diminuiu significativamente. Consequentemente, a diferença de valores registados em cada membro para as variáveis espaciotemporais no Tempo 2, diminuiu no Tempo 3. Assim, os valores registados em cada membro no Tempo 3 foram mais próximos entre si.

Comparando os dois primeiros tempos de estudo, foi identificada uma diminuição do tempo dedicado à fase de apoio (medido em segundos) em ambos os membros, tal como se pode observar na Tabela 14. O membro direito tem, no entanto, um decréscimo mais acentuado. No Tempo 3 há um aumento do tempo de fase de apoio em ambos os membros, sendo maior no membro pélvico esquerdo.

Relativamente à variável espaciotemporal tempo da fase de balanço (medido em segundos), os valores registados diminuíram progressivamente entre a primeira e a terceira gravação em ambos os membros pélvicos. Os membros praticam valores semelhantes para ambas as variáveis.

Por último, os valores registados da variável espaciotemporal tempo de um ciclo (medido em segundos) diminuíram progressivamente entre o Tempo 1 e o Tempo 3 para ambos os membros pélvicos. O tempo de um ciclo no membro pélvico direito foi sempre superior ao esquerdo, exceto no Tempo 3 em que foram sensivelmente iguais.

Apreciando a tabela na totalidade, podemos constatar que, de uma forma geral, os valores de todas as variáveis diminuíram para ambos os membros pélvicos entre o primeiro e terceiro tempo de estudo. Os dados levam a supor que uma possível justificação para os valores obtidos seja que, no período de recuperação após a cirurgia realizada ao membro pélvico esquerdo, tenha havido um progressivo aumento da frequência do passo. De facto, a frequência dos passos tem uma forte correlação negativa com os parâmetros espaciotemporais em estudo, uma vez que, quanto maior o número de passos dados por minuto, menor o tempo de um ciclo e, por conseguinte, menor o tempo dedicado à fase de apoio e à fase de balanço e menor o tempo do passo

em si. Importante referir que, sendo o doente um animal de médio a grande porte, terá tendencialmente uma frequência de passada mais reduzida que um cão de porte pequeno submetido à mesma velocidade no tapete rolante terrestre.

O aumento da frequência do passo é justificado pelo aumento verificado na medição de passos por minuto (Tabela 14). Efetivamente, verificou-se um aumento do número de passos por minuto no membro esquerdo de 105 (Tempo 1) para 139 (Tempo 3) e no membro direito de 115 (Tempo 1) para 132 (Tempo 3).

### **3.7. Complicações**

O desvio de angulação do membro pélvico do tipo valgus no doente teve como complicações associadas a predisposição ao desenvolvimento de osteoartrite, desgaste articular e, por alteração da marcha, deformações do tecido mole envolvente.

A principal preocupação após a osteotomia realizada era o desenvolvimento de osteomielite consequente à intervenção cirúrgica. Caso houvesse inoculação bacteriana a nível do perióstio e/ou camada externa do endóstio, a proliferação bacteriana poderia progredir para a medula óssea. Além disso, a formação de coágulos sanguíneos, espaço morto e comprometimento do tecido conjuntivo gera o ambiente ideal para a proliferação bacteriana ou formação de biofilme. O prognóstico será tanto mais reservado quanto menor a vascularização muscular do local intervencionado, tendo sido assegurado, no caso em estudo, a vascularização muscular na articulação femuro-tibio-patelar.

Além de possível desenvolvimento de osteomielite, a cirurgia está associada riscos anestésicos a nível cardiovascular, hepático e do trato gastro intestinal. No entanto, dado que era um doente saudável e jovem, não foi considerada uma anestesia de risco.

Além disso, a intervenção cirúrgica poderia ter induzido rigidez articular pós-operatória (que foi evitada iniciando a reabilitação precocemente). Na área intervencionada, poderiam ter surgido hematomas consequentes a hemorragias, que, caso ocorresse, requeriam drenagem. Pelo facto de ser uma zona altamente irrigada e na qual se localizam nervos, caso houvesse rotura ou lesão nervosa, o doente poderia desenvolver paralisia parcial do membro. A cicatrização óssea também poderia não ocorrer, pelo que seria necessário reavaliar e, possivelmente, intervencionar de novo.

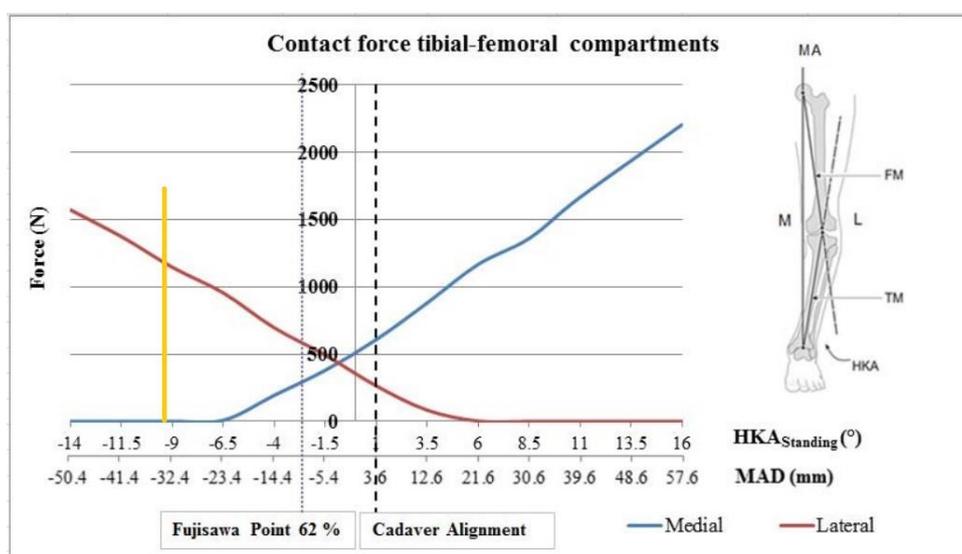
Por último, é importante referir que o estudo cinemático realizado para avaliação da recuperação do doente após a cirurgia revelou algumas dificuldades consequentes do facto de se tratar de um cão jovem não treinado nem habituado a andar no tapete rolante terrestre.

## **4. Discussão**

O relatório do caso clínico apresentado tinha como objetivo averiguar a eficácia da utilização do estudo cinemático na avaliação do pós-cirúrgico em doente ortopédico e discutir a possível origem da deformação óssea do doente.

No membro pélvico, os eixos mecânicos femoral e tibial deverão estar alinhados. Quando tal não acontece, como o caso do doente em estudo, existe um desajuste de forças com alteração da distribuição do peso e conseqüente desgaste ósseo irregular, alteração da marcha, estiramento e contração do tecido mole envolvente e, por vezes, dor (gráfico 1) (Mootanah et al. 2014).

De facto, como ilustra o Gráfico 1, um desalinhamento de  $-10^\circ$  entre o eixo mecânico tibial e o eixo mecânico femoral (linha amarela no gráfico) aumenta a força exercida pelo tecido mole lateral em três vezes (de 400 Newtons, numa condição fisiológica, para 1200 Newtons). Simultaneamente, praticamente não é exercida força no tecido mole medial.



**Gráfico 1 – Força de contacto na articulação tibiofemoral dependendo do desvio do ângulo mecânico.** Adaptado de Mootanah et al. 2014.

Legenda: HKA – Hip-Knee Angle – ângulo entre o eixo mecânico femoral e o eixo mecânico tibial; MAD – Mechanical Axis deviation – desvio do ângulo mecânico em milímetros

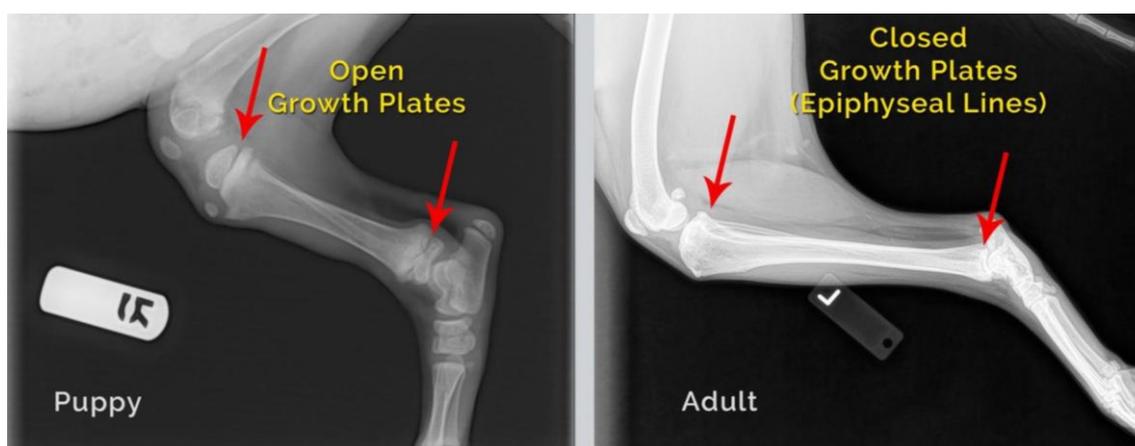
O valgus com desajuste de forças e aumento da carga lateralmente no membro pélvico esquerdo resultou em desgastes articulares e instabilidade no membro com conseqüências na marcha identificáveis no estudo cinemático.

Para o estudo do caso clínico, foi importante estudar e discutir a etiologia da deformação. Considerou-se como principal diagnóstico um eventual encerramento prematuro da placa de crescimento distal da tíbia com conseqüente deformação óssea tibial do tipo valgus. A deformação não afetava a articulação femuro-tibio-patelar nem o tarso do membro. Contudo, foi identificado na radiografia a presença de displasia

bilateral da anca, bem como displasia bilateral do cotovelo. Adicionalmente, após a cirurgia, o doente desenvolveu osteocondrite dissecante ao nível da articulação do tarso do membro intervencionado com formação de um fragmento cartilágneo solto, “flap”.

Seria relevante analisar em artroscopia a articulação do tarso, de forma a prevenir eventual desenvolvimento de osteoartrite e desgaste articular, bem como que ocorra novamente a formação de um fragmento cartilágneo solto.

Segundo a bibliografia, a placa de crescimento dos cães encerra entre os 4 e 12 meses de idade (Figura 19), variando de acordo com local anatômico e a raça do cão. Porém, as placas de crescimento de algumas raças de grande porte poderão não fechar antes dos 15 a 18 meses. Em animais de pequeno porte, as placas de crescimento fecham mais cedo. Fatores como a genética, alterações hormonais, taxa de crescimento, biomecânica, desequilíbrios alimentares e, especialmente trauma, são atualmente aceites como relevantes durante o processo de desenvolvimento do esqueleto (Ribeiro 2011).



**Figura 19 – Comparação radiográfica entre a placa de crescimento um cachorro em fase de crescimento (esquerda) e um cão adulto com encerramento das placas de crescimento (direita)**

Legenda: Esquerda: Cachorro, Placa de crescimento aberta; Direita: Cão Adulto, Placa de Crescimento encerrada com linha epifisária

(Fonte: “Exercise, Growth, and Joints” Kodalihart Labrador Retrievers 2018 em <https://www.kodalihartlabradors.com.au/care-health/exercise>)

A ossificação endocondral do osso longo exige um equilíbrio entre a velocidade de proliferação, maturação e apoptose cartilágnea, com o processo paralelo e concomitante de calcificação (Karimian et al. 2012). Quando há alteração a nível da cartilagem, o mecanismo é alterado com conseqüente degeneração e paragem da ossificação. Assim, podemos afirmar que mutações genéticas com expressão a nível da cartilagem, têm conseqüências a nível do esqueleto (Everts et al. 2000). Contudo, fatores como o ambiente, nutrição e atividade têm também influência no fenótipo final.

A título de exemplo, num artigo de medicina humana que discute a regulação genética da placa de crescimento (Karimian et al. 2012), refere-se a importância da regulação local feita pela interação *Indian Hedgehog/ Parathyroid Hormone-Related Protein* para a manutenção da placa de crescimento aberta. A produção do fator *Indian Hedgehog* pelos condrócitos mais maduros, estimula a produção da proteína *Parathyroid Hormone-Related Protein* que, por sua vez, inibe a maturação dos condrócitos, mantendo-os num estado menos diferenciado e proliferativo. Desta forma, mutações genéticas que inativem um ou ambos os fatores, tem como consequência o encerramento prematuro da placa de crescimento.

Interessante referir ainda que, no livro de Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair (DeCamp et al. 2016), é salientado que causas nutricionais de ingestão de ração em excesso em cães de raça de grande porte consequente à administração *ad libitum* de ração, pode ter como consequência: aceleração do crescimento ósseo, colapso da articulação metacarpofalângica, desvio lateral dos membros torácicos com deformação do tipo valgus a nível da articulação do carpo, deformação do tipo varus nos membros pélvicos, aumento da metáfise distal do rádio e ulna, espessamento a nível da junção costochondral, dor e coluna vertebral cifótica. Cães aos quais foi administrado dois terços da quantidade de proteína e calorias, apresentaram uma velocidade de crescimento ósseo mais lenta e melhor conformação esquelética. Esta informação tem relevância, pois os sinais à consulta de cães que ingerem ração em excesso pode ser interpretada como raquitismo, levando a que se introduza um plano nutricional impróprio.

É possível então afirmar que, apesar de ser indiscutível a importância dos fatores genéticos na conformação óssea de um cão, fatores ambientais como a nutrição também poderão influenciar a predisposição ao desenvolvimento de patologias ortopédicas.

Segundo a bibliografia (Chapman and Nakienly 2014), em medicina humana pediátrica, os diagnósticos diferenciais para encerramento prematuro da placa de crescimento incluem: hiperémia local (por artrite idiopática juvenil ou infeção, por exemplo), trauma, oclusão vascular (devido a anemia ou infarte), radioterapia, lesão por queimadura, doença de Ollier com encondromatose múltipla, hipervitaminose A e displasia esquelética (incluindo doenças com origem genética). Curiosamente, um estudo de 1997 (Woodard et al. 1997) demonstrou que a injeção de vitamina A em vitelos recém-nascidos com subsequente administração oral de vitamina A (induzindo hipervitaminose A), provocava encerramento focal da placa de crescimento.

Por outro lado, em medicina veterinária, (Aghapour et al. 2021) possíveis diagnósticos diferenciais de alterações na epífise consequentes do encerramento

premature das placas de crescimento em cães incluem: trauma, desequilíbrios nutricionais, retenção dos núcleos cartilagueos, osteodistrofia hipertr6fica, e causas iatrog6nicas. A isquemia a n6vel da cartilagem de crescimento poder6 igualmente induzir altera76es na osteog6nese (Craig et al. 1999).

Num artigo de medicina humana, (Craig et al. 1999), foi estipulado que uma altera76o exc6ntrica da placa de crescimento tende a causar deforma76es angulares 6sseas, como foi identificado no caso cl6nico em estudo. Por outro lado, um d6st6rbio a n6vel central da placa de crescimento tem como consequ6ncia um menor comprimento do osso. Acrescentam ainda que, quanto mais jovem 6 a crian7a aquando do encerramento da placa de crescimento, mais graves s6o as complica76es.

A resson6ncia magn6tica 6, em medicina humana, o meio de diagn6stico de elei76o de patologias na placa de crescimento, sendo que a utiliza76o de gad6lnio como contraste se demonstrou 6til para exames de doentes que sofreram trauma (Craig et al. 1999). Contudo, a resson6ncia magn6tica apresenta a desvantagem de requerer um longo per6odo para a sua realiza76o, tendo, por isso, algumas limita76es de uso em medicina veterin6ria. Al6m disso, existe uma menor disponibilidade de m6quinas para a realiza76o do exame em medicina veterin6ria, pelo que, no caso cl6nico em estudo se optou pela realiza76o de uma tomografia.

Uma vez que n6o havia historial de ocorr6ncia de evento traum6tico ou fratura, n6o foram identificadas altera76es sangu6neas relativas a d6st6rbios nutricionais, nem haviam sido realizadas interven76es hospitalares que levassem a les6es na ep6fise tibial, as causas que possivelmente ter6o provocado um encerramento prematuro da placa de crescimento incluem: reten76o de n6cleos cartilagueos, osteodistrofia hipertr6fica e causa gen6ticas.

A reten76o de n6cleos cartilagueos (por76o da placa de crescimento saud6vel que 6 projetada para a met6fise 6ssea distal) tem etiologia desconhecida. Contudo, aponta-se que poder6 estar relacionada com osteocondrose ou ingest6o em excesso de nutrientes ou com rapidez da velocidade de crescimento (DeCamp et al. 2016) e est6 sinalizada sobretudo em ra7as de grande porte (Kieves 2021).

Apesar de estar maioritariamente reportada a sua ocorr6ncia na ulna, j6 foram descritos casos de reten76o de n6cleo cartilagueo em c6es no c6ndilo lateral femoral (Kieves 2021). Num estudo realizado em 2006, (Johnson 2006), a apresenta76o cl6nica de reten76o do n6cleo cartilagueo a n6vel da regi6o distal da ulna traduziu-se numa deforma76o valgus a n6vel da articula76o do carpo. Apesar de n6o ter sido identificado no doente 6 radiografia a presen7a de um cone radiolucido patognom6nico da reten76o de n6cleo cartilagueo, considera-se importante referir como eventual fator predisponente 6 deforma76o 6ssea do doente em estudo.

Como descrito no caso clínico, o médico veterinário descartou a hipótese de diagnóstico diferencial de osteodistrofia hipértófica, uma vez que o doente não apresentava tumefação metafisial da tíbia (a tumefação era a nível do tarso devido à osteocondrite dissecante com formação do fragmento cartilagíneo) e a radiografia não revelou o sinal patognomónico de “*double physeal line*”.

É, no entanto, importante refletir que tanto displasia da anca como displasia do cotovelo identificadas no doente têm forte correlação com mutações genéticas, sugerindo que a origem da deformação óssea poderá estar associada a fatores genéticos. De facto, estudos confirmaram que a displasia da anca é uma doença geneticamente heterogénica com dois genes principais que levam a lassidão articular na articulação do acetábulo com a cabeça do fémur (Everts et al. 2000). A displasia do cotovelo no cão, por outro lado, pode advir de: processo coronoide fragmentado, não união do processo ancóneo, osteocondrite dissecante ou incongruência articular. Está associada a uma alteração na ossificação endocondral na fase de crescimento rápida de alguns cães de grande porte. A sua influência genética é comprovada na elevada prevalência desta afeção em cães das raças *Labrador retriever* e *Bernese Mountain dog*.

Adicionalmente, um estudo (Everts et al. 2000) revelou também existir uma influência genética para o desenvolvimento de osteocondrite dissecante, patologia que o doente desenvolveu no pós-cirúrgico. Tal como as duas condições referidas, a osteocondrite dissecante apresenta uma prevalência mais elevada em cães de raça de grande porte (como o *Labrador retriever*) com fase rápida de crescimento. Apesar de surgir frequentemente associada à displasia do cotovelo, a osteocondrite dissecante pode surgir em múltiplas articulações (no caso do doente, surgiu no tarso do membro intervencionado).

A nível da análise cinemática, comparando os valores obtidos com valores padrão estabelecidos nos artigos Itoi et al. 2021, Light et al. 2010, Kano et al. 2016 e Gonçalves 2017 é possível avaliar se os valores obtidos estão dissonantes em algum parâmetro (Tabela 10) indicando existir alterações na marcha consequentes à deformação óssea do doente.

O doente apresentou nos três tempos valores tendencialmente mais baixos, relativamente aos valores padrão, para o comprimento do passo e tempo do passo. Em contrapartida, apresentou valores mais elevados de tempo da fase de balanço, tempo de fase de apoio e tempo de um ciclo.

Nos valores que tenderam, ao longo dos três tempos de estudo, a aproximar-se progressivamente dos valores padrão incluiu-se o tempo da fase de apoio, tempo da fase de balanço e o tempo de um ciclo. A título de exemplo, o tempo registado para um

ciclo de passo do doente foi diminuindo, aproximando-se dos valores estabelecidos como padrão em Kano et al. 2016.

**Tabela 10 - Comparação das variáveis espaciotemporais e respetivos desvios-padrão do doente com valores padrão**

	Tempo 1		Tempo 2		Tempo 3		Padrão	
	E	D	E	D	E	D	E	D
<b>Comprimento do passo (m)</b>	0.346± 0.041	0.308± 0.035	0.354± 0.025	0.239± 0.077	0.283± 0.023	0.215± 0.067	0.3861± 0.0409	0.3816± 0.0225
<b>Tempo do passo (s)</b>	0.602± 0.164	0.530± 0.065	0.592± 0.116	0.443± 0.076	0.438± 0.063	0.468± 0.073	0.70± 0.21	0.71± 0.22
<b>Tempo da Fase de Apoio (s)</b>	0.497± 0.179	0.509± 0.145	0.453± 0.118	0.450± 0.135	0.542± 0.070	0.487± 0.059	0.45± 0.06	0.45± 0.06
<b>Tempo da Fase de Balanço (s)</b>	0.637± 0.064	0.625± 0.076	0.581± 0.086	0.592± 0.092	0.368± 0.043	0.415± 0.079	0.30± 0.03	0.30± 0.03
<b>Tempo de um ciclo (s)</b>	1.136± 0.181	1.146± 0.166	1.0934 ±0.111	1.044± 0.163	0.920± 0.069	0.920± 0.107	0.75± 0.09	0.75± 0.09

(Legenda: E – membro pélvico esquerdo; D – membro pélvico direito)

Por outro lado, o comprimento do passo e tempo do passo diminuíram, apresentando valores ainda mais distantes do valor padrão. A descida do valor registado acentuou-se ainda mais nas medições realizadas no Tempo 3.

Num estudo de 2016 em que foram analisados os parâmetros cinemáticos de um grupo heterogéneo de cães, concluiu-se que para um cão pequeno andar à mesma velocidade que um cão de grande porte, necessita de uma frequência de passo mais elevada. Este facto, além de ter consequências nos valores temporais como aumento da frequência do passo, também modifica a relação entre o tempo da fase de apoio e da fase de balanço. Assim, o tempo da fase de balanço diminui com o aumento da velocidade, revelando existir uma correlação fortemente negativa entre a frequência do passo com a maioria dos parâmetros espaciotemporais que foram medidos neste estudo (tempo da fase de apoio, tempo da fase de balanço, tempo de um ciclo e o comprimento do passo) (Kano et al. 2016).

Dado que o doente em estudo é um cão de médio a grande porte, seria espectável que a sua frequência de passo fosse menor que um cão de pequeno porte,

com um tempo de fase de balanço e tempo de um ciclo mais elevados. O que não justifica é o facto de o doente apresentar um tempo do passo e comprimento do passo com valores abaixo do valor do padrão.

Dos dados recolhidos, considerou-se que a alteração verificada nos valores comprimento do passo e tempo do passo foram as mais relevantes para discussão. Como acima referido, no Tempo 3 os valores registados para o comprimento do passo e tempo do passo foram ainda mais reduzidos, apresentado uma maior discrepância comparando com os valores padrão.

Atentando na medição de passos por minuto (Tabela 14), podemos observar que esta descida de valores registados no Tempo 3 foi concomitante com o aumento do número registado de passos por minuto. Como antes foi referido, verificou-se um aumento do número de passos por minuto no membro esquerdo de 105 (Tempo 1) para 139 (Tempo 3) e no membro direito de 115 (Tempo 1) para 132 (Tempo 3). Dado que, como antes mencionado, existe uma correlação negativa entre a frequência de passo e os parâmetros espaciotemporais comprimento do passo e tempo do passo, justifica-se que os valores registados no Tempo 3 sejam mais baixos.

De forma a tentar justificar o aumento verificado na frequência do passo do doente entre o primeiro tempo do estudo e o último (cerca de um ano depois), será importante lembrar que a velocidade à qual o animal foi analisado estava estabelecida pelo tapete rolante terrestre a 2 km/h. Desta forma, podemos deduzir que, para cumprir a mesma velocidade, o doente necessitou, no Tempo 3 do estudo cinemático, de realizar uma frequência de passo maior com passos mais curtos e num menor espaço de tempo.

A diminuição do comprimento do passo poderá ser consequente ao facto de que, apesar de ter sido realizada a cirurgia corretiva no membro pélvico esquerdo, existe a possibilidade de a deformação ter origem numa condição congénita associada não só à deformação do tipo valgus da tibia, mas também à displasia da anca e displasia do cotovelo. Todas estas condições estão associadas a alterações degenerativas secundárias como osteoartrite, osteocondrite dissecante com presença do fragmento cartilagíneo solto na articulação do tarso do membro pélvico esquerdo, dor e, possivelmente a uma diminuição do ângulo articular.

Num artigo de medicina humana (Schubert et al. 2014), é referido que, em contexto de corrida, um atleta aumenta a sua frequência de passos (diminuindo o comprimento do passo) de forma a controlar o pico de impacto do membro no solo, sendo considerado um mecanismo para evitar risco de lesão e a recuperação de um corredor. Podemos assim sugerir que o doente terá adaptado a marcha, adquirindo um comprimento de passo menor, de forma a diminuir o impacto nos membros.

É de referir, que o valor registado no parâmetro espaciotemporal tempo de um ciclo no Tempo 3, foi semelhante em ambos os membros, sugerindo que a marcha terá adquirido um carácter mais simétrico, e, por isso, mais próximo do fisiológico. Um fato que comprova esta melhoria na marcha do paciente é ter sido corrigida a claudicação.

A salientar ainda que, a recolha de sangue no pós-operatório para análise sanguínea pretendeu identificar alterações que fossem indicativas do desenvolvimento de um processo infeccioso ou inflamatório. Contudo, a ocorrência de infeção pós cirúrgica seria mais espectável se a cirurgia fosse para correção de uma fratura por trauma (Steinmetz et al. 2019).

A decisão de incluir a medição da Proteína C-reactiva nas análises adveio do facto de se tratar de um biomarcador de inflamação. Em 1998, o National Institutes of Health Biomarkers Definitions Working Group definiu biomarcador como: uma característica que é medida e avaliada objetivamente, como um indicador de processos biológicos normais, processos patológicos ou respostas farmacológicas a uma intervenção terapêutica (Strimbu and Tavel 2010). Assim, a Proteína C-Reativa, apresenta-se como um biomarcador de inflamação útil, uma vez que é uma proteína de fase aguda produzida pelo fígado, regulada pela IL-6, após inflamação ou danificação tecidual (Santos 2014).

Desta forma, no caso em estudo, o aumento do valor de Proteína C-reactiva (1,4 mg/dL) no dia vinte e sete de outubro concomitante com um aumento da temperatura corporal (39°C) sugeriu que o doente pudesse ter desenvolvido infeção consequente à cirurgia, por inoculação bacteriana com progressão a infeção óssea aquando da osteotomia. Foi assim incluído como diagnóstico diferencial dos sinais apresentados tendo sido instituída uma terapêutica com anti-inflamatório e antibiótico de largo espectro. Pelo facto de ter normalizado apenas com administração de antibiótico de largo espectro e anti-inflamatório, o médico veterinário responsável considerou que não teria ocorrido infeção óssea consecutiva à cirurgia, mas sim uma hiperémia consequente a um processo inflamatório dos tecidos moles evolventes, que justificaria também o aumento da Proteína C-reactiva.

O desenvolvimento de osteomielite crónica com necrose extensa do tecido mole ósseo poderá ser acompanhado de fistulação (Cunha 2002). Desta forma, a pesquisa de fistulações em doentes sujeitos a cirurgias ortopédicas é uma ferramenta importante para despiste de osteomielite pós-cirúrgica, mas também uma via para drenagem do exsudado em caso de infeção. No caso do doente em estudo, não houve formação de fístulas, sendo um facto de sustentação ao veterinário responsável de que não havia sido desenvolvida osteomielite no período pós-cirúrgico.

## **5. Conclusão**

O doente em estudo apresentou-se à consulta com claudicação no membro pélvico esquerdo. Após exame físico ortopédico e exame radiográfico, foi diagnosticada uma deformação do tipo valgus no membro claudicante, a nível da tibia distal. Adicionalmente, identificou-se displasia bilateral do cotovelo e displasia bilateral da anca.

A correção cirúrgica da deformação foi feita com recurso a uma osteotomia corretiva. À consulta de reavaliação radiográfica pós-cirúrgica, o doente apresentou-se com claudicação, tumefação e dor a nível da articulação do membro intervencionado, correspondendo a uma osteocondrite dissecante do tarso com formação de um fragmento cartilagem solto, “flap”.

O médico veterinário considerou que a origem da deformação tibial no membro pélvico esquerdo terá sido possivelmente um encerramento prematuro da placa crescimento na tibia. Dado que a deformação angular do tipo valgus foi ao nível da tibia distal com aumento do ângulo mecânico medial distal da tibia, deduz-se que o encerramento terá sido na epífise distal com maior incidência lateral. Contudo, surge a forte possibilidade da influência genética no desenvolvimento da patologia, estando provavelmente associada ao surgimento das outras condições ortopédicas concomitantes.

A cinemática revelou que, num estudo em três tempos, o doente diminuiu progressivamente o comprimento e tempo do passo, aumentando a frequência de passos por minuto. Isto poderá ser devido a alterações na marcha consequentes aos processos degenerativos associados à condição genética do doente. Por outro lado, os valores registados para os parâmetros espaciotemporais dos membros pélvicos tenderam a ficar mais semelhantes entre si, sugerindo que a marcha estará a adquirir um padrão mais simétrico e fisiológico.

Considerou-se que a realização de estudos cinemáticos para avaliação de um doente ortopédico com desvio de angulação óssea no período pós-cirúrgico poderá ser útil, uma vez que permite avaliar de uma forma mais objetiva a evolução da marcha do doente. Contudo, carece ainda de uma investigação mais aprofundada e com um maior número de casos clínicos em estudo, idealmente, incluindo casos clínicos nos quais foram realizados estudos cinemáticos previamente à cirurgia e após a mesma.

Importante salientar que a comunicação e trabalho de equipa entre a equipa cirúrgica do Hospital Escolar Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária-ULisboa e a equipa responsável pela terapia de reabilitação no Centro de Reabilitação Animal da Arrábida foi determinante para a evolução positiva do caso clínico do doente em estudo.

Seria relevante a realização de uma artroscopia ao tarso do membro intervencionado de forma a prevenir eventual desgaste articular, bem como futuros estudos cinemáticos que permitissem avaliar mais profundamente a evolução clínica do doente a longo prazo.

## 6. Bibliografia

- Aghapour, M., Bockstahler, B., & Vidoni, B. (2021). Evaluation of the femoral and tibial alignments in dogs: A systematic review. *Animals*, 11(6), 2–24.
- Ağirdil, Y. (2020). The growth plate: A physiologic overview. *EFORT Open Reviews*, 5(8), 498–507.
- Agostinho, F. S., Rahal, S. C., Miqueleto, N. S. M. L., Verdugo, M. R., Inamassu, L. R., & El-Warrak, A. O. (2011). Kinematic analysis of labrador retrievers and rottweilers trotting on a treadmill. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 24(3), 185–191.
- Barksfield, R. C., & Monsell, F. P. (2015). Predicting translational deformity following opening-wedge osteotomy for lower limb realignment. *Strategies in Trauma and Limb Reconstruction*, 10(3), 167–173.
- Birnie, G. L., Fry, D. R., & Best, M. P. (2018). Safety and tolerability of hyperbaric oxygen therapy in cats and dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 54(4), 188–194.
- Brauer, S. G., Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2001). The Interacting Effects of Cognitive Demand and Recovery of Postural Stability in Balance-Impaired Elderly Persons. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 56(8), 489–496.
- Burnett, J. M., & Wardlaw, J. L. (2012). Physical Rehabilitation for Veterinary Practices. *Today's Veterinary Practice*, March/April, 14–20.
- Chahla, J., Dean, C. S., Mitchell, J. J., Moatshe, G., Serra Cruz, R., & LaPrade, R. F. (2016). Medial Opening Wedge Proximal Tibial Osteotomy. *Arthroscopy Techniques*, 5(4), e919–e928.
- Chapman, S., & Nakienly, R. (2014). *Chapman & Nakielny's Aids to Radiological Differential Diagnosis* (S. G. Davies, Ed.; sixth).
- Concia, E., Prandini, N., Massari, L., Ghisellini, F., Consoli, V., Menichetti, F., & Lazzeri, E. (2006). Osteomyelitis: clinical update for practical guidelines. *Nuclear Medicine Communications*, 27(8), 645–660.
- Craig, J. G., Cramer, K. E., Cody, D. D., Hearshen, D. O., Ceulemans, R. Y., van Holsbeeck, M. T., & Eyler, W. R. (1999). Pediatric Imaging Premature Partial Closure and Other Deformities of the Growth Plate: MR Imaging and Three-dimensional Modeling. *Radiology*, 210, 835–843.
- Cunha, B. A. (2002). Osteomyelitis in Elderly Patients. *Aging and Infectious Diseases*, 35(3), 287–293.
- DeCamp, C., Johnston, S., Déjardin, L., & Schaefer, S. (2016). *Brinker, Piermattei and Flo's Handbook of Small Animal Orthopedics and Fracture Repair* (Fifth Edition).
- Dinh, P., Hutchinson, B., Zalavras, C., & Stevanovic, M. (2009). Reconstruction of Osteomyelitis Defects. *Seminars in Plastic Surgery*, 23(02), 108–118.

- Enomoto, M., Mantyh, P. W., Murrell, J., Innes, J. F., & Lascelles, B. D. X. (2019). Anti-nerve growth factor monoclonal antibodies for the control of pain in dogs and cats. *Veterinary Record*, 184(1), 1–14.
- Everts, R. E., Hazewinkel, H. A. W., Rothuizen, J., & van Oost, B. A. (2000). Bone disorders in the dog: A review of modern genetic strategies to find the underlying causes. *Veterinary Quarterly*, 22(2), 63–70.
- Garcez, S. M. C. (2021). *Estudo preliminar da evolução cinemática da marcha no pós-traumatismo cranioencefálico*. Universidade do Porto. Porto. p. 17-27.
- Gonçalves, L. C. V. B. (2017). *Mobility and Gait Measure Instruments for the Hindlimb Functional Assessment of the Dog*. Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto. Porto. p. 31-59.
- González-Martín, M., Silva, V., Poeta, P., Corbera, J. A., & Tejedor-Junco, M. T. (2022). Microbiological aspects of osteomyelitis in veterinary medicine: drawing parallels to the infection in human medicine. *Veterinary Quarterly*, 42(1), 1–11.
- Gordon-Evans, W. J., Evans, R. B., & Conzemius, M. G. (2009). Accuracy of Spatiotemporal Variables in Gait Analysis of Neurologic Dogs. *Journal of Neurotrauma*, 26, 1055–1060.
- Gouveia, D., Bimbarra, S., Carvalho, C., Cardoso, A., Gamboa, Ó., Teixeira, R., Ferreira, A., & Martins, Â. (2021). Effects of hyperbaric oxygen therapy on wound healing in veterinary medicine: A pilot study. *Open Veterinary Journal*, 11(4), 544–554.
- Griffiths, G. L., & Bellenger, C. R. (1979). A retrospective study of osteomyelitis in dogs and cats. *Australian Veterinary Journal*, 55, 587-591.
- Grover, V. P. B., Tognarelli, J. M., Crossey, M. M. E., Cox, I. J., Taylor-Robinson, S. D., & McPhail, M. J. W. (2015). Magnetic Resonance Imaging: Principles and Techniques: Lessons for Clinicians. *Journal of Clinical and Experimental Hepatology*, 5(3), 246–255.
- Gruen, M. E., Lascelles, B. D. X., Colleran, E., Gottlieb, A., Johnson, J., Lotsikas, P., Marcellin-Littl, D., & Wright, B. (2022). 2022 AAHA Pain Management Guidelines for Dogs and Cats. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 58(2), 55–76.
- Gupta, P., Gupta, V., Patil, B., & Verma, V. (2020). Angular deformities of lower limb in children: Correction for whom, when and how? *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 11(2), 196–201.
- Hathcock, J. T., & Stickle, R. L. (1993). Principles and concepts of computed tomography. In *The Veterinary clinics of North America: Small animal practice* (Vol. 23, Issue 2, pp. 399–415).
- Itoi, T., Kawata, S., Fukuda, Y., & Maejima, S. (2021). Effect of a corset on the gait of healthy beagle dogs. *Animals*, 11(9), 1-10.
- Johnson, K. A. (2006). Retardation of endochondral ossification at the distal ulnar growth plate in dogs. *Australian Veterinary Journal*, 57(October), 474–478.

- Kano, W. T., Rahal, S. C., Agostinho, F. S., Mesquita, L. R., Santos, R. R., Monteiro, F. O. B., Castilho, M. S., & Melchert, A. (2016). Kinetic and temporospatial gait parameters in a heterogeneous group of dogs. *BMC Veterinary Research*, 12(1).
- Karimian, E., Chagin, A. S., & Sävendahl, L. (2012). Genetic regulation of the growth plate. *Frontiers in Endocrinology*, 2(113), 1-10.
- Kieves, N. R. (2021). Juvenile Disease Processes Affecting the Forelimb in Canines. *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice*, 51(2), 365–382.
- King, M. D. (2017). Etiopathogenesis of Canine Hip Dysplasia, Prevalence, and Genetics. *Veterinary Clinics of North America - Small Animal Practice*, 47(4), 753–767.
- Kodalihart Labrador Retrievers. (2018). *Exercise, Growth, and Joints*. <https://www.kodalihartlabradors.com.au/care-health/exercise>
- Lam, G., Fontaine, R., Ross, F. L., & Chiu, E. S. (2017). Hyperbaric Oxygen Therapy: Exploring the Clinical Evidence. *Advances in Skin and Wound Care*, 30(4), 181–190.
- Lange, J., & Haas, S. B. (2017). Management Factorials in Primary Total Knee Arthroplasty - Correcting severe valgus deformity. *The Bone & Joint Journal*, 99-B(1), 60–64.
- Lee, S.-W., Song, K.-S., Lee, K.-J., Yon, C.-J., & Kwon, H.-J. (2020). Natural course of excessive genu varum without underlying pathology in children. *Surgery and Rehabilitation*, 5(1-3), 1-3.
- Light, V., Steiss, J., Montgomery, R., Rumph, P., & Wright, J. (2010). Temporal-spatial gait analysis by use of a portable walkway system in healthy Labrador Retrievers at a walk. *American Journal of Veterinary Research*, 71(9), 997–1002.
- Lorimier, L.-P. de, & Fan, T. (2010). Delayed diagnosis of fungal osteomyelitis with early scintigraphic lesions in a dog. *Canadian Veterinary Journal*, 51(12), 1394–1396.
- Mader, J. T., Cripps, M. W., & Calhoun, J. H. (1999). Adult Posttraumatic Osteomyelitis of the Tibia. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 360, 14–21.
- Malik, N. A. (2020). Revised definition of pain by “international association for the study of pain”: Concepts, challenges and compromises. *Anaesthesia, Pain and Intensive Care*, 24(5), 481–483.
- Marcellin-Little, D. (2020). Limb deformities in dogs: the role of the primary care veterinarian. *Illinois State Veterinary Medical Association*.
- Marcheggiani Muccioli, G. M., Fratini, S., Cammisa, E., Vaccari, V., Grassi, A., Bragonzoni, L., & Zaffagnini, S. (2019). Lateral Closing Wedge High Tibial Osteotomy for Medial Compartment Arthrosis or Overload. *Clinics in Sports Medicine*, 38(3), 375–386.
- Meomartino L, Greco A, Di Giancamillo M, Brunetti A, Gnudi G. (2021). Imaging techniques in Veterinary Medicine. Part I: Radiography and Ultrasonography. *European Journal Radiology Open*. 2021;8:100382.

- Mootanah, R., Imhauser, C. W., Reisse, F., Carpanen, D., Walker, R. W., Koff, M. F., Lenhoff, M. W., Rozbruch, S. R., Fragomen, A. T., Dewan, Z., Kirane, Y. M., Cheah, K., Dowell, J. K., & Hillstrom, H. J. (2014). Development and validation of a computational model of the knee joint for the evaluation of surgical treatments for osteoarthritis. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 17(13), 1502–1517.
- Mullaji, A. B., & Shetty, G. M. (2016). Correcting deformity in total knee arthroplasty: Techniques to avoid the release of collateral ligaments in severely deformed knees. *Bone Joint Journal*, 98-B(1 Suppl A), 101–105.
- O'Malley, M., Reardon, P. J., Pareek, A., Krych, A., & Stuart, M. J. (2016). Opening-Wedge Proximal Tibial Osteotomy. *Arthroscopy Techniques*, 5(4), e769–e774.
- Ogino, T., Kumagai, K., Yamada, S., Akamatsu, T., Nejima, S., Sotozawa, M., & Inaba, Y. (2020). Relationship between the bony correction angle and mechanical axis change and their differences between closed and open wedge high tibial osteotomy. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 21(1):675.
- Oliveira, C. A. dos S. (2017). *Reabilitação Física De Cães Com Doença Ortopédica No Membro Pélvico*. Faculdade de Medicina Veterinária. Lisboa.
- Paillard, P. (2008). Patient Information Sheet - A Tibial Valgus Osteotomy. *Orthopaedic Surgery and sports traumatology - Doctor Phillippe Paillard Office*. [acedido em 6 de junho de 2022] <https://www.orthopaedic-surgery-paris.com/>
- Pfeil, D. von, & Duerr, F. M. (2020). *Canine Lameness* (F. M. Duerr, Ed.; 1st ed.). John Wiley & Sons, Inc. p. 31-39.
- Piddo, C., Reed, M. H., & Black, G. B. (2000). Premature epiphyseal fusion and degenerative arthritis in chronic recurrent multifocal osteomyelitis. *Skeletal Radiol*, 29(2), 94–96.
- Pye, C., Bruniges, N., Peffers, M. and Comerford, E. (2022), Advances in the pharmaceutical treatment options for canine osteoarthritis. *J Small Anim Pract*, 63: 721-738.
- Radtke, A., Morello, S., Muir, P., Arnoldy, C., & Bleedorn, J. (2017). Application of computed tomography and stereolithography to correct a complex angular and torsional limb deformity in a donkey. *Veterinary Surgery*, 46(8), 1131–1138.
- Ranawat, A. S., Ranawat, C. S., Elkus, M., Rasquinha, V. J., Rossi, R., & Babhulkar, S. (2004). Total Knee Arthroplasty for Severe Valgus Deformity Surgical Technique. *Tje Journal of Bone and Joint Surgery*, 86-A(1), 2671–2676.
- Reid, J., Nolan, A., Hughes, J., Lascelles, D., Pawson, P., & Scott, E. (2007). Development of the short-form Glasgow Composite Measure Pain Scale (CMPS-SF) and derivation of an analgesic intervention score. *Animal Welfare*, 16(S), 97–104.
- Rerucha, C. M., Dickison, C., & Baird, D. C. (2017). Lower Extremity Abnormalities in Children. *Am Fam Physician*, 96(4), 226–233.

- Ribeiro, A. S. da C. (2011). *O uso de artroscopia no diagnóstico e tratamento da displasia do cotovelo canino*. Universidade Técnica de Lisboa. Faculdade de Medicina Veterinária. Lisboa.
- Riegger-Krugh, C., Millis, D. L., & Weigel, J. P. (2013). Canine Anatomy. In *Canine Rehabilitation and Physical Therapy: Second Edition* (2nd ed., pp. 41–78). Elsevier Inc.
- Sabharwal, S. (2009). Blount disease. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 91(7), 1758–1776.
- Santos, R. P. L. dos. (2014). *Marcadores Bioquímicos de Sepsis*. Universidade Fernando Pessoa. Faculdade de Ciências da Saúde. Porto. p. 13-15.
- Schubert, A. G., Kempf, J., & Heiderscheit, B. C. (2014). Influence of Stride Frequency and Length on Running Mechanics: A Systematic Review. *Sports Health*, 6(3), 210–217.
- Selman, J., & Towle Millard, H. (2022). Hypertrophic osteodystrophy in dogs: diagnosis and treatment. *Journal of Small Animal Practice*, 63(1), 3–9.
- Shumborski, S., Gooden, B., Salmon, L. J., O’Sullivan, M., Pinczewski, L. A., Roe, J. P., Martina, K., Chopra, S., Maclean, C., & Lyons, M. C. (2020). Utility of preoperative blood screening before hip and knee arthroplasty. *ANZ Journal of Surgery*, 90(3), 350–354.
- Silva, R., Amado, S., João, F., Morouço, P., Pascoal-Faria, P., Alves, N., & Veloso, A. (2018). Biomechanics modeling for functional analysis: Sheep model. *AIP Conference Proceedings*, 1978, p. 160002.
- Steinmetz S, Wernly D, Moerenhout K, Trampuz A, Borens O. Infection after fracture fixation. 2019 Jul 15; 4(7):468-475.
- Strimbu, K., & Tavel, J. A. (2010). What are biomarkers? *Current Opinion in HIV and AIDS*, 5(6), 463–466.
- Tulner, S. A. F., Schaap, G. R., Strackee, S. D., Besselaar, P. P., Luitse, J. S. K., & Marti, R. K. (2004). Long-Term Results of Multiple-Stage Treatment for Posttraumatic Osteomyelitis of the Tibia. *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care*, 56(3), 633–642.
- Wagner, E., Ortiz, C., & Wagner, P. (2018). Using the Center of Rotation of Angulation Concept in Hallux Valgus Correction: Why Do We Choose the Proximal Oblique Sliding Closing Wedge Osteotomy? *Foot and Ankle Clinics*, 23(2), 247–256.
- Woodard, J. C., Donovan, G. A., Fisher, L. W., & Woodard, J. C. (1997). Pathogenesis of Vitamin (A and D)-Induced Premature Growth-Plate Closure in Calves. *Bone*, 21(2), 171–182.
- Yang, D., Zhou, Y., Shao, H., & Deng, W. (2022). Different Deformity Origins and Morphological Features in Subtypes of Valgus Knees: A Radiological Classification System. *Orthopaedic Surgery*, 14(1), 96–103.