

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

CINEMÁTICA DE CÃES DA RAÇA PASTOR ALEMÃO
HÍGIDOS E COM DISPLASIA COXOFEMORAL

NÉLIDA SIMONE MARTINEZ LANDEIRA MIQUELETO

Botucatu – SP
2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

CINEMÁTICA DE CÃES DA RAÇA PASTOR ALEMÃO
HÍGIDOS E COM DISPLASIA COXOFEMORAL

NÉLIDA SIMONE MARTINEZ LANDEIRA MIQUELETO

Dissertação apresentada junto ao
Programa de Pós-Graduação em
Medicina Veterinária para obtenção do
título de Mestre.

Orientadora: Prof^ª. Titular Sheila Canevese
Rahal

Coorientador: Prof. Alexander Oliveira El-
Warrak (Faculty of Veterinary Medicine,
University of Montreal - Canada)

Nome do Autor: Nélida Simone Martinez Landeira Miqueleto

Título: CINEMÁTICA DE CÃES DA RAÇA PASTOR ALEMÃO
HÍGIDOS E COM DISPLASIA COXOFEMORAL

COMISSÃO EXAMINADORA

Profª Titular Sheila Canevese Rahal

Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Animal

FMVZ – Unesp - Botucatu

Dr. Alfredo Feio da Maia Lima

Prof. Ass. Bruno Watanabe Minto

Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária

Data da Defesa: 31 de Janeiro de 2012.

Agradecimentos

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, pela bolsa de mestrado, fundamental para o desenvolvimento da pesquisa.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo**, pelo equipamento de cinemática (Processo 2007/54518-0).

Ao **Canil Von Traum**, localizado na cidade de Bauru, pelo auxílio no fornecimento dos cães para o experimento.

Ao **Canil Setorial de Bauru** pertencente à Companhia de Força Tática do 4º Batalhão da Polícia Militar do Interior.

Ao **Dr. Guy Beauchamp** da Faculty of Veterinary Medicine, University of Montreal – Canadá, pelo auxílio nas análises estatísticas.

À **Dra. Sheila Canevese Rahal** pela orientação e apoio a mim e ao projeto de pesquisa, a quem devo minha gratidão e admiração.

Ao **Prof. Alexander Oliveira El-Warrak** pela orientação a este projeto de pesquisa.

À **Flavia Augusta de Oliveira e Danuta Pulz Doiche** Pós-graduandas da Unesp Botucatu pela parceria na realização deste projeto.

Aos amigos do **Laboratório CEVAM – Centro Veterinário de Análise do Movimento da Unesp Botucatu**: **Felipe, Fábio André, Emerson e Mirela**, por toda ajuda na execução desse trabalho.

Ao meu **esposo Kleber e minha filha Gabriela** que com apoio e compreensão, colaboraram para realização desse sonho.

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Comparação dos ângulos máximo ($^{\circ}$), mínimo ($^{\circ}$) e deslocamento angular ($^{\circ}$) dos membros pélvicos e torácicos, em cães hípidos e displásicos da raça Pastor Alemão.....	28
Tabela 2 – Comparação da velocidade angular máxima ($^{\circ}/s$) e velocidade angular mínima ($^{\circ}/s$) dos membros pélvicos e torácicos, em cães hípidos e displásicos da raça Pastor Alemão.....	29

Lista de Figuras

Figura 1 – Gráficos dos valores angulares e velocidade angular das articulações dos membros torácicos (carpo, cotovelo e ombro), em cães em cães hípidos (linha fina) e displásicos (linha grossa) da raça Pastor Alemão.....	30
Figura 2 – Gráficos dos valores angulares e velocidade angular das articulações dos membros pélvicos (tarso, joelho e coxofemoral), em cães em cães hípidos (linha fina) e displásicos (linha grossa) da raça Pastor Alemão.....	31

A B R E V I A Ç Õ E S

OFA - Orthopedic Foundation for Animals

m/s – metros por segundo

° – graus

°/s – graus por segundo

C.V. – Coeficiente de Variação

I.C. – Intervalo de Confiança

S umário

	Página
Resumo	viii
Abstract	ix
1 INTRODUÇÃO	2
2 REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1 Displasia coxofemoral.....	6
2.2 Estudos cinemáticos normativos.....	10
2.2 Estudos cinemáticos em cães com displasia coxofemoral....	16
3 OBJETIVOS	21
MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Animais e ambiente de experimentação.....	23
4.2 Análise cinemática.....	24
4.3 Análise estatística.....	25
5 RESULTADOS	27
6 DISCUSSÃO	33
7 CONCLUSÕES	38
8 BIBLIOGRAFIA	40
9 TRABALHO CIENTÍFICO	47

MIQUELETO, N.S.M.L. **Cinemática de cães da raça Pastor Alemão hígidos e com displasia coxofemoral**. Botucatu, 2012. 60p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária – Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

O trabalho teve por objetivos avaliar padrões cinemáticos dos membros torácicos e pélvicos em cães hígidos da raça Pastor Alemão, ao trote em esteira, e compará-los com cães displásicos da mesma raça sem sinais clínicos de claudicação, para determinar a viabilidade do método como contribuinte diagnóstico. Foi utilizado um total de 20 cães, divididos em dois grupos equitativos, a saber: Grupo 1 – cães hígidos, seis machos e quatro fêmeas, com peso médio de 27,3 a 46 kg (média = 35,76 kg, DP= 5,87) e idade entre 2 e 7 anos (média de 3,55 anos); Grupo 2 – cães com displasia coxofemoral, cinco machos e cinco fêmeas, com peso entre 29 e 41,6 (média = 35,33 kg; DP= 4,36) e idade variando de 1 a 5 anos (média de 3,35 anos). Os dados cinemáticos foram coletados com o emprego de três câmeras e analisados por um programa de análise de movimento. Foram registrados os valores angulares e a velocidade angular das articulações do ombro, cotovelo, do carpo, coxofemoral, joelho e do tarso. Em ambos os Grupos não foram observadas diferenças na média entre os membros pélvicos ou entre os membros torácicos em todas as variáveis analisadas. Não ocorreu diferença de valores angulares entre os Grupos. Para a velocidade angular foram observadas diferenças na velocidade angular máxima da articulação coxofemoral (displásico>hígido) e do carpo (hígido>displásico). Foi possível concluir que cães displásicos sem sinais clínicos de claudicação podem apresentar ao trote alterações cinemáticas tanto nos membros pélvicos como torácicos.

Palavras-chave: Trote; Análise da locomoção; Articulação coxofemoral; Doença degenerativa.

MIQUELETO, N.S.M.L. **Kinematic analysis in healthy and with hip dysplasia German shepherd dogs.** Botucatu, 2012. 60p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária – Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

The aim of this study was to establish kinematic patterns in clinically normal German shepherd dogs and to compare with dogs of the same breed with hip dysplasia with no clinical signs of lameness to determine the importance as auxiliary diagnosis method. Twenty intact German shepherd trotting on a treadmill at a constant speed were used. Ten clinically healthy dogs, 6 males and 4 females, weighing 27.3-46 kg (mean 35.76 kg $\pm$ 5.87 SD), and aged from 2 to 7 years (mean 3.55 years) (G1), and 10 dogs with hip dysplasia, weighing 29-41.6 kg (mean 35.33 kg $\pm$ 4.36 SD), and aged from 1 to 5 years (mean 3.35 years) (G2). Kinematic data were collected by use of a 3-camera system. Data were analyzed by use of a motion-analysis program. Flexion and extension joint angles, angular velocity and angular acceleration were determined for the shoulder, elbow, carpal, hip, stifle, and tarsal joints. Within each group, the differences between the right and left limbs in all kinematic variables were not significant. No differences were observed in joint angles (maximum, minimum, displacement) between Groups. Significant differences were observed in the maximum angular velocity of the hip joint (dysplastic>healthy) and carpal joint (healthy>dysplastic). In conclusion, dysplastic dogs with no signs of lameness trotting on a treadmill may present joint kinematic alterations in the hind limbs as well as forelimbs.

Key words: Trot; Gait analysis; Hip; Degenerative disease.

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A análise clínica da locomoção é importante no diagnóstico das afecções ortopédicas e pode ser efetuada por métodos que variam em sua precisão e interpretação (BAKER, 2006; GILLETTE e ANGLE, 2008). Os equipamentos empregados para aferir padrões de movimento são, em geral, mais exatos e eficientes do que o observador humano (ANDERSON e MANN, 1994; DeCAMP, 1997; GILLETTE e ANGLE, 2008). Em estudo efetuado por Waxman et al. (2008) para analisar a relação entre medidas subjetiva (filmagem da locomoção) e objetiva (plataforma de força) da função do membro em cães com claudicação induzida, foi detectada uma grande variação entre observadores e uma pobre concordância com as medidas objetivas. Sendo assim, os autores citaram que a avaliação subjetiva deve sempre ser interpretada com cuidado, quando usada como medida de êxito.

Para avaliações objetivas pode se utilizar, entre outros, as análises cinética e cinemática (ANDERSON e MANN, 1994; DeCAMP, 1997; GILLETTE e ANGLE, 2008). A cinética consiste no estudo das relações do movimento e as forças que o geram, sendo efetuada com o uso de plataformas de força (GARHAMMER, 1991; McLAUGHLIN, 2001; GILLETTE, 2004). Nesta metodologia, as forças ortogonais de reação ao solo são consideradas medidas da função do membro, por outro lado não identifica uma articulação específica (DeCAMP, 1997). Por sua vez, a cinemática analisa a geometria do movimento, incluindo deslocamento, velocidade e aceleração, porém sem considerar as forças atuantes sobre o corpo (GARHAMMER, 1991; McLAUGHLIN, 2001; GILLETTE e ANGLE, 2008). Os estudos podem ser desenvolvidos aplicando os dois tipos de análise ou apenas uma, conforme o interesse ou a capacidade tecnológica de cada laboratório de locomoção.

Para a realização da análise cinemática utilizam-se marcadores refletores posicionados em pontos anatômicos específicos, o movimento é

filmado por um sistema de câmeras de vídeos e o software do computador é usado para converter o movimento dos marcadores em imagens digitais (DeCAMP, 1997; McLAUGHLIN, 2001; GILLETTE, 2004; GILLETE e ANGLE, 2008). Há sistemas bidimensionais e tridimensionais, sendo que este último identifica a localização dos segmentos esqueléticos anatômicos em um espaço tridimensional por meio de algoritmos matemáticos de programas de computadores (KIM et al., 2008). O método tem ampla aplicação no diagnóstico e acompanhamento do tratamento de várias doenças ortopédicas em pequenos animais, tais como, ruptura do ligamento cruzado e displasia coxofemoral (BENNETT et al., 1996; DeCAMP et al., 1996; POY et al., 2000; MARSOLAIS et al., 2003; BOCKSTAHLER et al., 2007; LEE et al., 2007).

A displasia coxofemoral é considerada uma afecção multifatorial, tendo como fator determinante primário a hereditariedade, sendo influenciada por fatores externos que interferem na expressão dos genes envolvidos (HAAN et al., 1993; FRIES e REMEDIOS, 1995; ARNBJERG, 1999; TODHUNTER e LUST, 2003; SCHULZ, 2007). Trata-se do desenvolvimento ou crescimento anormal da articulação coxofemoral, caracterizada em cães mais velhos por doença articular degenerativa de média a severa (HAAN et al., 1993; ARNBJERG, 1999; SCHULZ, 2007). Em geral, as raças de porte médio a gigante estão entre as comumente afetadas (HAAN et al., 1993; TODHUNTER e LUST, 2003).

O diagnóstico da displasia deve ser baseado nos sinais clínicos, idade, raça, histórico, achados físicos e avaliações por métodos de imagem, tais como radiografia ventrodorsal segundo a Orthopedic Foundation for Animals (OFA), radiografia em distração conforme método PennHIP, medida da subluxação dorsolateral da cabeça femoral e tomografia computadorizada (HAAN et al., 1993; FRIES e REMEDIOS, 1995; ARNBJERG, 1999; LUST et al., 2001; PATRICELLI et al., 2002; DASSLER, 2003; SCHULZ, 2007; GINJA et al., 2010). Contudo, os sinais clínicos nem sempre se correlacionam aos achados radiográficos (SCHULZ, 2007; GINJA et al., 2010). Em animais adultos a claudicação pode estar presente desde os dois anos de idade, mas há também cães que nunca desenvolveram sinais clínicos (DASSLER, 2003).

Poucos estudos utilizaram a cinemática na avaliação de cães com displasia coxofemoral (BENNETT et al., 1996; POY et al., 2000; BOLLIGER et

al., 2002; BOCKSTAHLER et al., 2007). Ressalta-se ainda que muitas vezes não foi caracterizado o grau da displasia ou os animais avaliados apresentavam uma diversidade de raças. A variabilidade em tamanho e conformação pode promover resultados inadequados, já que o padrão de locomoção pode variar entre raças. Sendo assim, o presente estudo visou comparar cães hígidos e displásicos de uma raça de porte grande propensa à afecção, para determinar a viabilidade do método como contribuinte diagnóstico.

REVISÃO DA LITERATURA

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Displasia coxofemoral*

A displasia coxofemoral é uma afecção, geralmente bilateral, resultante do desenvolvimento ou crescimento anormal da articulação coxofemoral (FRIES e REMEDIOS, 1995; MORGAN et al., 2000; PIERMATTEI et al., 2006; SCHULZ, 2007). Caracteriza-se pela disparidade do crescimento entre os tecidos moles e a estrutura óssea da articulação, que ocasiona inicialmente instabilidade ou frouxidão articular, com eventual subluxação ou completa luxação da cabeça femoral em cães mais jovens. Com a progressão desenvolve-se a doença articular degenerativa, característica dos animais mais velhos (HAAN et al., 1993; ARNBJERG, 1999; PIERMATTEI et al., 2006; SCHULZ, 2007). Qualquer raça de cão pode ser afetada, sendo comum nos animais de porte grande e com rápido crescimento (FRIES e REMEDIOS, 1995; MORGAN et al., 2000; TODHUNTER e LUST, 2003; GINJA et al.; 2010). Ambos os sexos são atingidos, mas o estado reprodutivo é importante quando se considera os fatores genéticos envolvidos (DASSLER, 2003). A patogênese é multifatorial, porém alguns autores consideram os fatores hereditários como os determinantes primários (ARNBJERG, 1999; MORGAN et al., 2000; SCHULZ, 2007). A alimentação em excesso pode maximizar a expressão dos caracteres em indivíduos geneticamente susceptíveis (TODHUNTER e LUST, 2003).

Com o intuito de reduzir a ocorrência da doença é indicado o cruzamento apenas de cães com articulações coxofemorais radiograficamente normais (PIERMATTEI et al., 2006). Contudo, o uso apenas dos achados radiográficos para a seleção racial parece não ter obtido o resultado esperado, (ZHU et al., 2009; ROBERTS e McGREEVY, 2010). Desta forma, Zhu et al. (2009) sugeriram que uma mutação ou um marcador genético deveriam ser

combinados com as informações do pedigree e fenótipo para criar um valor racial. Além disso, Roberts e McGreevy (2010) correlacionaram escores da displasia com as medidas corpóreas de comprimento e altura de 30 raças por meio de fotografias. Foi observado que o comprimento relativo do corpo correlacionou fortemente com taxas mais altas de displasia. Segundo os autores, quando os criadores selecionam cães mais compridos do que altos estão inadvertidamente selecionando atributos que predispõe a displasia.

Os sinais clínicos podem variar com a idade do animal, podendo ser constituídos dois grupos: cães jovens entre 4 e 12 meses de idade, e aqueles acima de 15 meses de idade com doença crônica (PIERMATTEI et al., 2006; GINJA et al., 2010).

Nos cães jovens a subluxação estira a cápsula articular fibrosa, promovendo dor e claudicação, que podem ser exacerbadas com a ocorrência de microfraturas no bordo acetabular dorsal (SCHULZ, 2007). Os sinais clínicos mais frequentes são redução da atividade, dificuldade de levantar-se após o descanso e claudicação intermitente ou contínua (MORGAN et al., 2000; DASSLER, 2003; SCHULZ, 2007). Os músculos da área pélvica e da coxa, em geral, estão pouco desenvolvidos (PIERMATTEI et al., 2006). A locomoção ao correr assemelha-se a um coelho saltando e à palpação observa-se a presença de sinal de Ortolani (DASSLER, 2003; PIERMATTEI et al., 2006). Radiograficamente esses cães apresentam as cabeças femorais com conformação normal, mas algum grau de luxação pode ser observado, e o ângulo de inclinação da cabeça femoral pode aumentar além de 146° (PIERMATTEI et al., 2006). Com relação ao uso do método PennHip para complementação radiográfica diagnóstica, vale citar que há diferenças em frouxidão articular entre as raças. Por exemplo, o Pastor Alemão é bastante sensível, de forma que com baixos graus de frouxidão esses cães poderão desenvolver osteoartrite (ARNBJERG, 1999). Um outro fato a se considerado é que, a maioria dos cães displásicos do grupo jovem, quando alcançam a idade entre 12 e 14 meses, são capazes de caminhar e correr livremente e são livres de dor, a despeito da aparência radiográfica da articulação (PIERMATTEI et al., 2006).

Cães mais velhos apresentam um quadro diferente devido à doença articular degenerativa e a dor a ela associada (MORGAN et al., 2000;

PIERMATTEI et al., 2006; SCHULZ, 2007). A condição artrítica pode progredir vagarosamente e, neste caso, raramente promove uma manifestação aguda de claudicação (DASSLER, 2003). A claudicação pode ser unilateral, porém é geralmente bilateral (PIERMATTEI et al., 2006). Os cães tornam-se claudicantes após exercícios prolongados ou pesados, um modo de andar gingado e frequentemente apresentam crepitação e restrição da amplitude de movimento da articulação (DASSLER, 2003; PIERMATTEI et al., 2006). O cão prefere manter-se sentado mais do que de pé e levanta-se vagarosamente e com grande dificuldade (MORGAN et al., 2000; PIERMATTEI et al., 2006). Há tendência de o cão manter o andar como coelho saltando, semelhante ao verificado em filhotes, desde que essa forma de movimento dos membros pélvicos diminui a amplitude de movimento da cabeça femoral dentro do acetábulo malformado através da máxima utilização da articulação lombosacra (MORGAN et al., 2000). Os músculos da área pélvica e da coxa estão atrofiados e há hipertrofia compensatória dos músculos do ombro, por causa do desvio de peso para a porção cranial e uso maior dos membros torácicos (MORGAN et al., 2000; DASSLER, 2003; PIERMATTEI et al., 2006). O sinal de Ortolani é raramente presente em cães velhos de porte grande por causa do rasamento do acetábulo e fibrose da cápsula articular (PIERMATTEI et al., 2006). Pode haver uma diminuição da amplitude de movimento da articulação coxofemoral, particularmente em extensão, e a crepitação pode ser mais acentuada (DASSLER, 2003). Apesar de todas essas manifestações referidas acima, há também citações de que muitos cães com displasia não mostram sinais de dor, e outros tem apenas sinais intermediários e médios (PIERMATTEI et al., 2006).

Independente da idade, o diagnóstico da displasia deve ser baseado nos sinais clínicos, idade, raça, histórico, achados físicos e radiográficos, lembrando que os sinais clínicos nem sempre se correlacionam aos achados radiográficos (FRIES e REMEDIOS, 1995; ARNBJERG, 1999; SCHULZ, 2007; GINJA et al., 2010). Segundo Dassler (2003), a observação da locomoção auxilia na identificação da lesão, porque o paciente procura redistribuir as forças e reduzir o desconforto. De um modo geral, no caminhar e no trote há um visível balanço espinhal ou rotação pélvica, que reduz a excursão da articulação coxofemoral durante o avanço do membro. Aqueles

com doença degenerativa apresentam um passo encurtado e enrijecido. Na estação, os pacientes têm uma tendência a colocar o peso nos membros torácicos.

Com relação aos métodos de imagem, os estudos radiográficos podem ser divididos naqueles que avaliam a congruência articular e detectam sinais de osteoartrite usando a posição radiográfica ventrodorsal padrão com os membros pélvicos em extensão, ou pela frouxidão articular demonstrada em radiografias obtidas por estresse (PennHIP, subluxação dorsolateral) (MORGAN et al., 2000; FLÜCKIGER, 2007; GINJA et al.; 2010). No primeiro método as radiografias podem ser analisadas: em sete graus conforme a OFA, em cinco graus segundo a Federação Internacional Cineológica, ou em escores determinados por nove parâmetros de acordo com a Associação Veterinária Britânica, entre outros (MORGAN et al., 2000; PIERMATTEI et al., 2006; FLÜCKIGER, 2007; GINJA et al.; 2010).

A classificação radiográfica da displasia pela OFA (OFA, 2011) deve ser efetuada com o cão com idade acima de dois anos (PIERMATTEI et al., 2006). Conforme a OFA (2011), os graus excelente, bom e regular são considerados dentro do padrão de normalidade. No grau limítrofe há pequenas anormalidades na articulação coxofemoral, sendo recomendada nova radiográfica após 6 a 8 meses. Os cães displásicos estão classificados nos graus: médio (desvio mínimo do normal com apenas leve achatamento da cabeça femoral e menor subluxação), moderado (desvio óbvio do normal com evidência de um acetábulo raso, cabeça femoral achatada, pobre congruência articular e, em alguns casos, subluxação com marcadas mudanças da cabeça e colo femoral) e severo (deslocamento completo da articulação coxofemoral e severo achatamento do acetábulo e cabeça femoral). Os cães nas categorias moderada e severa são os mais prováveis de serem clinicamente afetados, muitos mostram claudicação e desconforto (PIERMATTEI et al., 2006).

Um outro método de avaliar a correlação da cabeça femoral e o acetábulo é pelo ângulo de Norberg, que mede a relação do centro da cabeça do fêmur ao aspecto craniolateral da margem dorsal acetabular, sendo considerado normal quando maior ou igual a 105° (MORGAN et al., 2000; PIERMATTEI et al., 2006). Contudo, um outro estudo mostrou haver variação do ângulo de Norberg conforme a raça, sendo para o Pastor Alemão mais

precisamente definido com 100,3° ou maior (TOMLINSON e JOHNSON, 2000). Em Pastores Alemães a consistência da avaliação radiográfica em função da idade é 70% aos 12 meses, 83% aos 18 meses e 95% aos 24 meses (PIERMATTEI et al., 2006).

2.2 *Estudos cinemáticos normativos*

A análise cinemática utiliza marcadores para localizar pontos anatômicos específicos, que permitem rastreamento dos dados por programas computadorizados avançados (DeCAMP, 1997; GILLETTE e ANGLE, 2008). O movimento é registrado por um sistema de câmeras e o software do computador é usado para converter o movimento dos marcadores em imagens digitais (GILLETTE, 2004; McLAUGHLIN, 2001; WHITTLE, 2007). Trata-se de um método objetivo de avaliação da locomoção, que possibilita quantificar velocidades, posições, acelerações, ângulos, segmentos e articulações no espaço (GARHAMMER, 1991; McLAUGHLIN, 2001; DeCAMP, 1997; GILLETTE e ANGLE, 2008). Há várias formas para se proceder ao exame, porém os métodos ópticos são os mais comuns e usam sistemas de capturas que poder ser bidimensionais ou tridimensionais (WHITTLE, 2007; GILLETTE e ANGLE, 2008). Os estudos com animais hípidos são necessários para a compreensão da locomoção normal e são a base para o entendimento nos casos de doenças; alguns deles são citados abaixo.

DeCamp et al. (1993) efetuaram a análise cinemática ao trote em oito cães hípidos da raça Greyhound, com peso corpóreo médio de 29,1 kg. Utilizaram-se 11 marcadores posicionados apenas no lado direito: crista ilíaca, trocânter maior do fêmur, no meio ponto entre o epicôndilo lateral do fêmur e a cabeça fibular, maléolo lateral, no aspecto lateral distal do quinto metatarsiano, aspecto dorsal da espinha da escápula, no tubérculo maior da articulação escápulo-umeral, no epicôndilo lateral do úmero, no processo estilóide ulnar, aspecto lateral distal do quinto osso metacarpiano e crista sagital do crânio. A velocidade foi controlada pelo condutor e mantida entre 1,8 e 2,3 m/s, pela marcação de duas células fotoelétricas e timer de milissegundos. Adicionalmente, a velocidade do cão foi determinada pelo movimento para

frente do marcador da cabeça, calculando seu deslocamento com o tempo. Foi obtido no mínimo de cinco ensaios válidos para cada cão. Os dados foram processados por um software para localizar as posições dos marcadores em um espaço tridimensional a 60-Hz de intervalos. Ocorreu maior variância do carpo em relação às outras articulações, sendo esta atribuída às diferenças entre cães. Contudo, foi também citada a dificuldade nos métodos de quantificação dos movimentos do carpo, pela proximidade dos marcadores e movimentos angulares rápidos e grandes. As articulações coxofemoral, femorotibial, tarsal, escápulo-umeral e do carpo obtiveram média de variância para repetição de 6,6 e média de diferenças entre cães de 5,1.

A análise cinemática tridimensional assistida por computador em combinação com a plataforma de força foi empregada, por Hottinger et al. (1996), para avaliar o caminhar normal de 15 cães saudáveis de raças grandes. A técnica de transformação Fourier foi adaptada para a análise da dinâmica das formas de onda dinâmica do ângulo flexão-extensão. Os cães receberam marcadores refletivos e caminharam com guia. O caminhar caracterizou-se por fases de suporte de dois e três membros. Movimentos de padrões únicos e complexos de flexão e extensão foram detectados para cada articulação. As variâncias atribuídas para diferenças intra e entre cães foram similares e de 1 a 2 ordens de magnitude menores do que a média do coeficiente de Fourier. Houve um alto grau de consistência nas variáveis tempo e distância.

A locomoção normal de seis cães adultos Greyhounds, com peso entre 23 a 32 kg, foi caracterizada, por Marghitsu et al. (1996), que empregaram medidas de estabilidade dinâmica não linear, analisadas em dados cinemáticos bidimensionais. Foram colocados marcadores refletivos apenas no lado esquerdo, sendo: aspecto craniodorsal da espinha ilíaca, trocânter maior, epicôndilo lateral do fêmur, maléolo lateral e articulação metatarsofalangeana. Cada cão foi conduzido ao trote (1,92 a 2,33 m/s) em trajeto de 10 metros, sendo a velocidade linear determinada pela análise do marcador na espinha ilíaca. A articulação femorotibial apresentou a mais alta velocidade angular e a articulação coxofemoral a menor, sendo a da articulação do tarso intermediária. O método possibilitou uma medida quantitativa adequada do padrão de locomoção.

A análise cinemática tridimensional computadorizada em combinação com a plataforma de força foi utilizada, por Schaefer et al. (1998), para avaliar diferenças de simetria dos membros pélvicos em oito cães hígidos adultos de raça grande, com peso entre 22 e 40 kg, locomovendo-se ao trote. A velocidade foi controlada pelo condutor, com o objetivo de mantê-la entre 1,80 e 2,10 m/s, determinada pelo uso de três células fotoelétricas e um timer de milissegundos. Foram calculados os ângulos dinâmicos de flexão e extensão e velocidades angulares para as articulações coxofemoral, femorotibial e tarsal. O coeficiente de Fourier foi empregado para determinar as curvas médias de flexão e extensão para todas as articulações e comparar as diferenças de movimento entre os membros pélvicos direito e esquerdo. As variâncias atribuídas ao membro, cão e trilha foram também determinadas. Os autores concluíram que o método permitiu uma análise objetiva mostrando ser o movimento do membro pélvico simétrico ao trote, fato relevante para futuros estudos avaliando a locomoção e tratamento de cães portadores de doenças musculoesqueléticas.

Gillette e Zebas (1999) avaliaram por análise cinemática bidimensional, 16 cães clinicamente normais da raça Labrador retriever puros ou mestiços, com idade entre dois e oito anos. Os marcadores foram colocados atrás da orelha, aspecto dorsal do ângulo cranial da escápula, ponto dorsal da crista ilíaca e ponto lateral da tuberosidade isquiática. Nos membros torácicos os marcadores foram aplicados no tubérculo maior da articulação escápulo-umeral, no epicôndilo lateral do úmero, no processo estilóide ulnar e no aspecto lateral distal do quinto osso metacarpiano. Nos membros pélvicos foram posicionados na proeminência do trocânter maior do fêmur, no meio ponto entre o epicôndilo lateral do fêmur e cabeça fibular, na proeminência lateral do maléolo da tíbia distal e no aspecto lateral do quinto metatarsiano. Os cães foram avaliados no trote, nos lados direito e esquerdo, e em três sequências repetidas. Após a filmagem, foi utilizado o software de análise de movimento Peak. Os parâmetros cinemáticos lineares medidos foram comprimento, frequência e tempo do passo, e a velocidade linear. Os parâmetros angulares compreenderam o deslocamento angular do ombro, cotovelo, carpo, articulação coxofemoral, joelho e tarso, e as velocidades angulares do ombro e quadril. Não ocorreram diferenças significativas entre os

movimentos de ambos os lados. Desta forma, os autores afirmaram que o trote é simétrico e o sistema bidimensional pode ser empregado como método de análise.

Nielsen et al. (2003) usaram seis cães hígidos, sem raça definida, para calcular o ângulo articular normativo, forças intersegmentais, momento da força e força mecânica das articulações do cotovelo, antebraquiocárpica e metacarpofalangeana. Os dados foram coletados utilizando plataforma de força e videografia tridimensional. Todas as forças articulares intersegmentares foram similares para as forças de reação ao solo. Os momentos flexores foram observados com as articulações radiocárpica e metacarpofalangeana e os momentos extensores foram verificados com as articulações do cotovelo e ombro.

Marsolais et al. (2003) determinaram a amplitude de movimento (máximo de extensão e de flexão) das articulações do quadril, joelho e tarso, bem como as velocidades angulares durante a natação e movimento de caminhada, em 13 cães saudáveis (G1) e sete com ruptura do ligamento cruzado cranial tratados pela estabilização extracapsular (G2). Os cães foram filmados nadando em uma piscina e enquanto caminhavam ao passo rápido (1,3 m/s) ou vagaroso (0,9 m/s) em uma esteira. Para a coleta dos dados cinemáticos, os marcadores foram colocados unilateralmente na crista ilíaca, trocânter maior do fêmur, articulação femorotibial entre o epicôndilo femoral lateral e a cabeça fibular, maléolo lateral da tíbia e aspecto distolateral do quinto metatarsiano. Três ciclos consecutivos de movimento foram computados. Em cães saudáveis a natação propiciou uma maior amplitude de movimento da articulação do quadril do que o caminhar, mas não houve diferença naqueles com ruptura do cruzado. A velocidade angular foi maior com a natação sem diferença entre grupos. Em G1 e G2 a natação resultou em maior amplitude de movimento do joelho e tarso, primariamente por causa da maior flexão do joelho. A amplitude de movimento do joelho foi menor para os cães G2, a despeito do modo de avaliação. A velocidade angular para o joelho foi maior para G1 em todas as formas de avaliação, ao passo que para ambos os grupos a natação resultou e maior velocidade angular no tarso.

Owen et al. (2004) avaliaram a locomoção em esteira de 11 cães adultos da raça Greyhound (peso entre 25 e 32 kg), utilizando as características cinemáticas das articulações do cotovelo e joelho. Marcadores refletivos auto-adesivos foram colocados na região do arco zigomático, aspecto dorsal da espinha escapular, acrômio da escápula, epicôndilo lateral do úmero, estilóide ulnar distal e quinto metacarpiano. Para os membros pélvicos, os marcadores foram aplicados na crista ilíaca dorsal, trocânter maior e articulação femorotibial lateral, maléolo lateral da fíbula e aspecto lateral do quinto metatarsiano. Após um período inicial de dois minutos em caminhada, os cães trotaram por 2 minutos e meio, sendo a velocidade de 2,2-2,4 m/s. Três trilhas de três segundos ao trote, cada uma compreendendo quatro passos completos, foram analisadas com o software Ariel Performance Analysis System. Não ocorreram diferenças na média dos ângulos articulares do cotovelo e joelho e suas respectivas velocidades angulares, dentro dos 30 segundos do trote e 2 minutos do período de teste. Isso indicou que múltiplas sessões de treinamento não são requeridas para análise cinemática dos cães da raça em estudo. Os autores ainda afirmaram que as medidas das velocidades angulares articulares permitem a detecção de disfunções articulares relevantes.

A análise cinemática de 10 cães híbridos da raça Labrador, com idade entre 12 meses e 5 anos, foi estudada por Clements et al. (2005), estando os mesmos ao trote em esteira na velocidade de 2m/s. Os marcadores foram posicionados no lado direito do cão pelo mesmo investigador, sendo: crista ilíaca, trocânter maior do fêmur, no meio ponto entre o epicôndilo lateral do fêmur e cabeça fibular, maléolo lateral e no aspecto distolateral do quinto metatarsiano, aspecto dorsal da espinha da escápula, metade do caminho entre o acrômio e trocânter maior do úmero, epicôndilo lateral do úmero, no processo estilóide ulnar e zigoma caudal do crânio. Cada cão foi estudado em diferentes períodos de trote e números de seção. Foram analisados: deslocamento angular máximo, deslocamento angular mínimo, média de deslocamento angular, e velocidades angulares máximas - positiva e negativa. Não foi constatada capacidade de repetibilidade dos dados para cães individuais durante a primeira seção ou entre seções, ou entre cães no mesmo tempo durante uma seção. Desta forma, os autores sugeriram que, antes do

exame cinemático, cães Labradores precisam estar habituados a caminhar ou trotar em esteira, mas esse tempo precisa ser ainda determinado.

Colborne et al. (2005) combinaram a análise cinemática, força e dados morfométricos em uma análise de dinâmica inversa, das funções mecânicas das articulações do joelho, tarso e metatarsofalangeana, em seis cães hípidos da raça Labrador e seis da raça Greyhound. Marcadores refletivos de 8mm de diâmetro foram aplicados na pele sobre o centro de rotação das articulações dos membros pélvicos e os cães foram conduzidos ao trote. Os dados cinemáticos foram coletados por um sistema de quatro câmeras sincronizado com uma plataforma de força. Diferenças marcantes na mecânica da locomoção foram observadas entre as duas raças. Nas articulações do joelho e tarso, o momento e a força foram similares em formato, mas as amplitudes foram maiores nos Greyhounds. A articulação metatarsofalangeana, considerada uma absorvedora de energia, foi também maior em Greyhounds. Essas diferenças foram associadas às diferenças em velocidade do trote entre as raças. Foi então concluído que as cinéticas articulares devem ser comparadas por padrões raciais específicos e, para tanto, faz-se necessário construir bancos de dados raça-específico para estudos entre cães hípidos e os com claudicação.

Colborne et al. (2006) quantificaram os efeitos da velocidade de trote (vagaroso, médio e rápido) nas excursões angulares articulares, movimentos articulares e força através das articulações dos membros pélvicos de cinco cães Greyhounds hípidos, sendo três machos e duas fêmeas, com idade média de 6 anos e meio. Os marcadores foram aplicados nos centros de rotações do quadril, joelho, tarso e metatarso, e tubérculo coxal e porção distal dos pés, nos membros direito e esquerdo. Os dados cinemáticos foram coletados por um sistema com 4 câmeras sincronizado com uma plataforma de força, ambos a 200Hz por 3s/trilha. Com o aumento da velocidade, os momentos e as forças nas articulações do quadril, joelho e tarso aumentaram em amplitude durante a fase de apoio, porém não houve mudanças na fase de balanço. Além disso, não ocorreu alteração dos padrões básicos.

Para estimar a confiança e a repetibilidade da análise cinemática bidimensional intra e entre observadores, Feeney et al. (2007) avaliaram 10 cães adultos da raça Labrador retriever com idade acima de 18 meses,

filmados durante os movimentos de caminhar e sentar-levantar. Para cada cão foram registrados cinco ciclos, três dos quais foram digitalizados, e dois observadores marcaram manualmente 15 pontos de referência em cada quadro. Os pontos foram: um ponto de referência em cada extremidade da escala linear; articulações metatarsofalangeana, tarso, joelho, coxofemoral; asa do íleo; espinha da escápula; articulações do ombro, cotovelo, carpo e metacarpo; pescoço, cabeça e nariz. Depois de uma semana, o procedimento foi repetido por cada observador. Foi possível concluir que a repetitividade do mesmo observador foi excelente, contudo essa foi aceitável entre observadores.

O movimento sagital dos membros pélvicos durante o caminhar, de seis cães hígidos (4 Labradores, 1 Golden retriever e 1 Greyhound) foi avaliado, por Kim et al. (2008), por meio de sistemas de análise cinemática bidimensional e optoeletrico tridimensional. O movimento foi registrado simultaneamente pelos dois sistemas, com os animais andando em linha reta numa plataforma de força. Marcadores refletivos foram posicionados no topo da junção toracolombar, crista ilíaca, trocânter maior do fêmur, articulação femorotibial entre o epicôndilo lateral do fêmur e a cabeça fibular, maléolo lateral do aspecto distal da tíbia e aspecto distolateral do quinto metatarsiano. Os valores dos ângulos articulares e medidas das excursões angulares obtidos com o sistema bidimensional foram concordantes com o tridimensional, sugerindo que o primeiro proporciona dados com precisão e repetibilidade do movimento angular sagital dos membros pélvicos durante o caminhar. Contudo, as medidas lineares do sistema bidimensional foram significativamente diferentes daquelas do sistema tridimensional e requerem cuidado na interpretação.

2.3 Estudos cinemáticos em cães com displasia coxofemoral

Os estudos cinemáticos com displasia coxofemoral são ainda limitados, devido à complexidade do exame e à necessidade de equipamento de alto valor, fato que restringe as avaliações aos laboratórios de locomoção. As metodologias e formas de análise variam entre os pesquisadores, o que

dificulta a comparação dos dados obtidos, como observado nas pesquisas descritas a seguir.

A análise cinemática tridimensional em conjunto com a plataforma de força foi efetuada, por Bennett et al. (1996), em 12 cães considerados clinicamente normais e em 12 portadores de displasia coxofemoral. As raças do grupo displásico foram: Pastor Alemão (3), Golden retriever (3), Labrador retriever (3), Afghan (1) e raça mista (2). A idade dos mesmos variou de 1,5 a 7 anos e o peso corpóreo foi de 32 kg em média. A classificação radiográfica das 24 articulações coxofemorais foi média (2), moderada (12), e severa (8). Cada cão trotou em um espaço de teste calibrado. A velocidade foi controlada pelo condutor e mantida entre 1,80 e 2,10 m/s, pela marcação de três células fotoelétricas e timer de milissegundos. Cada cão recebeu 11 marcadores, que foram posicionados bilateralmente nos membros, sendo: crista ilíaca, trocânter maior do fêmur, articulação femorotibial, na proeminência lateral do maléolo da tíbia distal, aspecto lateral distal do quinto metatarsiano, e espinha dorsal da junção tóracolombar. Um mínimo de cinco trilhas válidas foi efetuada para os lados direito e esquerdo de cada cão. Os ângulos dinâmicos de flexão e extensão e velocidades angulares foram calculados para as articulações coxofemoral, femorotibial e tarsal. O lado mais afetado dos cães com displasia, baseado nos sinais clínicos, radiográficos e dados da plataforma de força, foi usado para comparar com um lado dos cães controle escolhido de forma randomizada. Para construir as curvas das articulações e comparar as diferenças entre cães normais e afetados foi determinado o coeficiente essencial de Fourier. Cães com displasia apresentaram mudanças características sutis em ângulos de flexão e extensão em cada uma das articulações, o comprimento do passo estava aumentado e o pico de força diminuído. Comparado ao controle, nos cães com displasia a articulação coxofemoral tinha uma extensão aumentada no término da fase de apoio, a articulação femorotibial foi mais flexionada através da fase de apoio e início da fase de balanço, e a articulação tarsal foi mais flexionada na fase de apoio tão bem quanto nas partes iniciais e médias da fase de balanço. Não foram detectadas diferenças entre os cães quanto: velocidade subjetiva, velocidade máxima da pata, duração da passada, frequência do passo e área de impulso. Foi também observado que os cães com displasia nem sempre trotavam e sim

caminhavam até velocidade maiores serem alcançadas, provavelmente porque algumas formas de locomoção podem ser mais confortáveis do que outras. Os autores concluíram que a análise cinemática pode ser considerada uma ferramenta objetiva e não invasiva.

Poy et al. (2000) analisaram por meio de cinemática e plataforma de força 10 cães hípidos e 19 cães de raça grande com displasia coxofemoral. Marcadores foram colocados bilateralmente na crista ilíaca, trocânter maior do fêmur, articulação femorotibial entre o epicôndilo femoral lateral e a cabeça fibular, maléolo lateral da tíbia, aspecto distolateral do quinto metatarsiano e espinha dorsal na junção toracolombar. Cada cão trotou em um espaço de teste calibrado. A velocidade foi controlada pelo condutor e mantida entre 1,85 e 2,15 m/s, pela marcação de três células fotoelétricas e timer de milissegundos. No mínimo cinco ciclos válidos foram computados para os lados direito e esquerdo. Os cães com displasia apresentaram maior grau de adução da articulação coxofemoral e maior amplitude de abdução-adução, além de maior movimento pélvico lateral, quando comparado ao controle. As variáveis de movimento do pé não diferiram entre os grupos. Em cães com displasia, a aceleração angular da articulação coxofemoral foi maior da metade para o final da fase de apoio. De acordo com os autores, os achados podem sugerir uma compensação em cães displásicos, como resultado de desconforto ou efeito biomecânico atribuído à displasia e doença articular degenerativa.

Bolliger et al. (2002) efetuaram estudo prospectivo para determinar se o implante de ouro em pontos de acupuntura alivia a dor e claudicação. Foram avaliados 19 cães adultos de raças grandes com displasia coxofemoral de moderada a severa. Foram efetuados estudos cinemáticos tridimensionais em conjunto com a plataforma de força, antes e com 1 e 3 meses após o tratamento, com os animais ao trote. Cada cão recebeu 11 marcadores, que foram posicionados bilateralmente nos membros, sendo: crista ilíaca, trocânter maior, joelho entre o epicôndilo lateral do fêmur e a cabeça fibular, maléolo lateral, aspecto distal do quinto metatarsiano e espinha dorsal na junção tóracolombar. Os cães foram conduzidos ao trote, sendo a velocidade controlada pelo condutor e mantida entre 1,85 e 2,15 m/s, pela marcação de três células fotoelétricas e timer de milissegundos. No grupo acupuntura houve uma diminuição na formação do impulso de pico vertical na

avaliação realizada com um mês, o que indica um aumento da claudicação, sem qualquer diferença significativa entre este grupo e o controle aos três meses pós-tratamento.

Bockstahler et al. (2007) avaliaram mudanças cinemáticas em 20 cães da raça Pastor belga, sendo oito cães sem sinais radiográficos de displasia coxofemoral (G1) e 12 limítrofe (G2). A classificação do exame radiográfico foi baseada no estabelecido pela Federação Cineológica internacional. Marcadores refletos de 1,5 cm em diâmetro foram posicionados na crista ilíaca, trocânter maior, joelho entre o epicôndilo lateral do fêmur e a cabeça fibular, maléolo lateral e aspecto distal do quinto metatarsiano de ambos os membros pélvicos. Para determinar o ciclo de movimento, foram posicionados marcadores no aspecto distal do quinto metacarpiano e ossos metatarsianos nos quatro membros. Foram empregadas 4 câmeras posicionadas a uma distância de 2 m e 80 cm de altura ao redor da esteira, que continha quatro plataformas de força. A velocidade da esteira foi de 1,22 m/s. Para detectar diferenças na velocidade de cada cão, foi calculada a duração do ciclo do movimento do membro direito. Os ângulos das articulações coxofemoral, femorotibial e tarso foram calculadas no plano sagital. Não houve diferenças entre grupos quanto às forças de reação ao solo. Entretanto, pela análise cinemática os cães de G1 mostraram precocemente uma máxima flexão da articulação do quadril e menor flexão e amplitude de movimento do joelho quando comparados aos cães de G2. A velocidade angular máxima do joelho e articulação do tarso foi significativamente mais baixa durante a fase de balanço em G1 do que G2. Os autores concluíram que animais “bordeline” têm cinemática articular alterada e o exame pode ser uma ferramenta na seleção de cães, especialmente para os utilizados em trabalho militar.

OBJETIVOS

3 OBJETIVOS

O trabalho teve por objetivos:

- avaliar padrões cinemáticos dos membros torácicos e pélvicos em cães hígidos da raça Pastor Alemão, ao trote em esteira;
- comparar os padrões cinemáticos de cães Pastores Alemães hígidos com os displásicos sem sinais clínicos de claudicação.

MATERIAL E MÉTODOS

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Animais e ambiente de experimentação

A metodologia adotada durante o desenvolvimento do presente trabalho foi aprovada pela Câmara de Ética em Experimentação Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista (Unesp) - Botucatu, em 30/9/2009, parecer nº 158/2009-CEEA.

Foi utilizado um total de 20 cães da raça Pastor Alemão, não castrados, que foram divididos em dois grupos equitativos, a saber: Grupo 1 – cães hígidos, seis machos e quatro fêmeas, com peso médio de 27,3 a 46 kg (média = 35,76 kg, DP= 5,87) e idade entre 2 e 7 anos (média de 3,55 anos); Grupo 2 – cães com displasia coxofemoral, cinco machos e cinco fêmeas, com peso entre 29 e 41,6 (média = 35,33 kg; DP= 4,36) e idade variando de 1 a 5 anos (média de 3,35 anos). A maioria deles tratava-se de cães adestrados.

Todos os cães foram submetidos a exame físico e ortopédico específico. Foram também efetuados exames radiográficos da articulação da coxofemoral com os animais em posição ventrodorsal, conforme padronização da OFA.

Os critérios radiográficos para inclusão dos cães como hígidos foram ausência de alterações ósseas ou articulares e ângulo de Norberg maior ou igual a 105°. Para os portadores de displasia coxofemoral foram selecionados aqueles sem sinais clínicos de claudicação no caminhar ou no trote, e sem dor severa à palpação da articulação coxofemoral.

Para o adequado posicionamento radiográfico, os cães em jejum alimentar de 12 horas e hídrico de duas horas foram tranquilizados com a associação de acepromazina (0,05 mg/kg)¹ e morfina (0,5 mg/kg)², pela via

¹ ACEPRAN - Univet, Rua Clímaco Barbosa, 700 - São Paulo, SP.

² DIMORF – Cristália, Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda., Rod. Itapira-Lindóia, km 14 - Itapira, SP.

intramuscular, e anestesiados com propofol³ (5mg/kg/IV) e anestesia inalatória com isoflurano⁴.

O filme utilizado foi Kodak⁵, base verde, 30X40, com a distância foco filme de 100 cm, 65 Kv e 5,0 mAs. O equipamento de raios-x⁶ empregado tinha capacidade para 125kVp/500mA, equipado com grade antidifusora de Potter-Bucky. A revelação foi por processadora automática (Macrotec MX-2)⁷.

4.2 Análise cinemática

Antes do estudo cinemático, os cães foram treinados, conforme necessário, a andar ao trote em esteira. Para a análise da cinemática foi utilizado o Sistema Vicon com 03 câmeras MX3, frequência de 120Hz, composto de sistema digital (Oxford Metrics Group, Oxford, UK). A calibração do equipamento foi realizada de forma estática e dinâmica, sendo determinado na esteira um espaço de teste tridimensional de 3 m em comprimento X 2,5 m em largura e 2 m em altura.

Foram posicionados, sempre pelo mesmo pesquisador, 11 marcadores esféricos refletores (1.8 cm em diâmetro), usando fita adesiva de dupla face, de acordo com o utilizado por Eward et al. (2003). Os marcadores axiais foram colocados: no ponto do ângulo cranial da escápula, no ponto dorsal da crista ilíaca e na proeminência lateral da tuberosidade isquiática. No membro torácico os marcadores foram posicionados: no tubérculo maior/acrômio da articulação escápulo-umeral, no epicôndilo lateral do úmero, no processo estilóide ulnar/osso carpal ulnar do carpo e aspecto lateral distal do quinto osso metacarpiano. No membro pélvico os marcadores foram posicionados: na eminência do trocânter maior do fêmur, epicôndilo lateral do fêmur, na proeminência lateral do maléolo e aspecto lateral distal do quinto metatarsiano.

³ PROPOVAN - Cristália, Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda., Rod. Itapira-Lindóia, km 14 - Itapira, SP.

⁴ FORANE – Lab. ABBOTT, Rua Nova York, 245 - São Paulo, SP.

⁵ Kodak MXG/PLUS - KODAK Brasileira Comércio e Indústria Ltda.

⁶ Modelo D800 - TUR-DRESDEN Corporation.

⁷ MACROTEC Ind. e Com. de Equipamentos Ltda., Rua San José 676, Cotia, SP.

Os cães foram conduzidos com guia ao trote, mantendo a velocidade da esteira entre 2,1 m/s e 2,2 m/s. A análise foi efetuada primeiro com os marcadores posicionados no lado direito e depois no lado esquerdo, sendo que para cada uma a esteira foi adequadamente posicionada e o sistema calibrado. Em cada cão, no mínimo cinco ensaios válidos de 7 segundos foram completados para os lados direito e esquerdo.

Foram selecionadas 5 trilhas com 5 ciclos de passo para cada trilha e normalizadas pelo programa de análise de movimento Vicon Motus (Oxford Metrics Group, Oxford, UK) para elaboração dos gráficos. Os 11 marcadores foram identificados e marcados para construir um diagrama representativo do cão. Os valores máximos, mínimos e de deslocamento foram obtidos das trilhas normalizadas de cada animal. A passada foi definida do início da fase de apoio de um membro ao final da fase de balanço do mesmo membro. Para o membro pélvico o início da fase de apoio foi determinado pela máxima extensão do joelho e o início da fase de balanço foi determinado pela máxima extensão do tarso no final da fase de apoio. Para o membro torácico o início da fase de apoio foi determinado pela máxima extensão do cotovelo e o início da fase de balanço foi determinado pela máxima extensão do carpo no final da fase de apoio.

Foram registrados os valores angulares (máximo, mínimo e deslocamento) e a velocidade angular (máximo e mínimo) das articulações do ombro, cotovelo, do carpo, coxofemoral, joelho e do tarso.

4.3 Análise estatística

Foi utilizado um Modelo Linear para medidas repetidas, com o grupo como fator entre os indivíduos e o lado como fator repetido. Para as comparações múltiplas foi empregada a análise dos contrastes, com a correção sequencial de Bonferroni para ajustar o limiar alfa. Diferenças foram consideradas estatisticamente significantes com $p < 0.05$.

RESULTADOS

5 RESULTADOS

Nos cães hígidos o ângulo de Norberg variou de 105° a 119° e as articulações foram categorizadas entre excelente (n=3), bom (n=12) e regular (n=1). Em quatro cães, as articulações direita e esquerda apresentaram escores diferentes. As articulações dos cães displásicos foram classificadas, conforme escore estabelecido pela OFA, em grau médio (n=12), moderado (n=1) e severo (n=7). Em dois cães, as articulações direita e esquerda apresentaram escores diferentes.

O treinamento variou de três a nove seções por dia de 3 a 5 minutos, dependendo da aptidão individual, sendo efetuadas por duas a três vezes. Em geral, os cães acostumados a receber comando, rapidamente se adaptavam ao trote em esteira.

Em ambos os Grupos não foram observadas diferenças na média entre os membros pélvicos ou entre os membros torácicos em todas as variáveis analisadas. Não ocorreu diferença de valores angulares entre os Grupos (Tabela 1). Para a velocidade angular foram observadas diferenças na velocidade angular máxima da articulação coxofemoral (displásico>hígido) e do carpo (hígido>displásico) (Tabela 2).

Os gráficos dos valores angulares e velocidade angular das articulações dos membros torácicos (ombro, cotovelo e carpo) e membros pélvicos (coxofemoral, joelho e tarso) estão representados nas Figuras 1 e 2.

Tabela 1 - Comparação dos ângulos máximo (°), mínimo (°) e deslocamento angular (°) dos membros pélvicos e torácicos, em cães hígdos e displásicos da raça Pastor Alemão.

ÂNGULO MÁXIMO				ÂNGULO MÍNIMO				DESLOCAMENTO ANGULAR					
Articulação	Grupo	Média ± Desvio Padrão	C.V.	I.C.	Valor P	Média ± Desvio Padrão	C.V.	I.C.	Valor P	Média ± Desvio Padrão	C.V.	I.C.	Valor P
Tarso	hígido	143,35 ± 8,76	6,11	139,25 - 147,45	0,98	82,3 ± 9,21	11,19	77,98 - 86,61	0,97	61,05 ± 15,65	25,63	53,73 - 68,38	0,99
	displásico	143,24 ± 7,47	5,22	139,75 - 147,74		82,11 ± 11,66	14,21	76,65 - 87,57		61,13 ± 9,86	16,13	56,52 - 66,75	
Joelho	hígido	144,54 ± 6,26	4,34	141,60 - 147,47	0,50	96,11 ± 8,84	9,2	91,97 - 100,25	0,36	48,42 ± 8,02	16,58	44,66 - 52,18	0,92
	displásico	146,92 ± 9,26	6,3	142,59 - 151,26		98,77 ± 6,53	6,62	95,71 - 101,83		48,15 ± 5,90	12,27	45,38 - 50,91	
Coxofemoral	hígido	141,99 ± 6,68	4,71	138,87 - 145,12	0,11	104,04 ± 7,18	6,91	100,68 - 107,41	0,26	37,94 ± 7,33	19,32	34,51 - 41,38	0,69
	displásico	148,32 ± 9,57	6,46	143,84 - 153,81		109,20 ± 12,56	11,51	103,32 - 115,08		39,12 ± 7,54	19,28	35,59 - 42,65	
Carpo	hígido	169,71 ± 4,81	2,83	167,46 - 172,96	0,30	84,69 ± 17,08	20,18	76,70 - 92,69	0,37	85,01 ± 18,82	22,14	76,20 - 93,82	0,33
	displásico	169,30 ± 4,73	2,8	167,08 - 171,51		86,65 ± 19,29	22,27	77,62 - 95,68		82,64 ± 21,43	25,94	72,61 - 92,68	
Cotovelo	hígido	131,77 ± 7,60	5,77	128,21 - 135,32	0,64	63,60 ± 6,36	10,01	60,62 - 66,58	0,17	68,15 ± 7,19	10,55	64,79 - 71,52	0,24
	displásico	133,68 ± 11,37	8,51	128,35 - 139,00		70,13 ± 14,66	20,91	63,27 - 76,99		63,54 ± 13,53	21,29	57,21 - 69,88	
Ombro	hígido	141,54 ± 9,14	6,46	137,26 - 145,82	0,52	110,16 ± 9,01	8,19	105,94 - 114,38	0,41	31,38 ± 2,98	9,5	29,98 - 32,78	0,71
	displásico	138,40 ± 10,01	7,24	133,72 - 143,09		106,65 ± 10,46	9,81	101,75 - 111,55		31,75 ± 7,33	28,79	28,32 - 35,18	

C.V. – coeficiente de variação; I.C. – intervalo de confiança

Tabela 2 – Comparação da velocidade angular máxima (°/s) e velocidade angular mínima (°/s) dos membros pélvicos e torácicos, em cães hígidos e displásicos da raça Pastor Alemão.

VELOCIDADE ANGULAR MÁXIMA					VELOCIDADE ANGULAR MÍNIMA				
Articulação	Grupo	Média ± Desvio Padrão	C.V.	I.C.	Valor P	Média ± Desvio Padrão	C.V.	I.C.	Valor P
Tarso	hígido	586,16 ± 132,83	22,66	523,99 - 648,33	0,84	-792,85 ± 177,04	22,33	-875,72 - -709,99	0,52
	displásico	599,51 ± 166,91	27,84	521,39 - 677,62		-751,39 ± 122,25	16,27	-808,61 - -694,18	
Joelho	hígido	570,18 ± 99,59	17,47	523,57 - 616,79	0,85	-510,24 ± 151,42	29,68	-581,11 - -439,37	0,63
	displásico	576,96 ± 67,57	11,71	545,33 - 608,59		-484,93 ± 76,89	15,86	-520,92 - -448,95	
Coxofemoral	hígido	252,21 ± 74,13a	29,39	217,51 - 286,91	0,03*	-352,37 ± 73,04	20,73	-386,56 - -318,19	0,47
	displásico	322,51 ± 70,32b	21,8	289,60 - 355,43		-322,22 ± 68,40	20,59	-364,24 - -300,20	
Carpo	hígido	1078,50 ± 258,16a	23,94	975,68 - 1199,33	0,003*	-1494,86 ± 463,15	30,98	-1711,62 - -1278,10	0,15
	displásico	942,27 ± 232,68b	24,71	833,29 - 1051,26		-1352,08 ± 509,17	37,66	-1590,38 - -1113,78	
Cotovelo	hígido	697,46 ± 103,88	14,89	648,84 - 746,08	0,052	-699,20 ± 126,88	11,98	-758,59 - -639,82	0,36
	displásico	606,10 ± 168,37	27,78	527,30 - 684,90		-653,85 ± 143,00	21,87	-720,77 - -586,92	
Ombro	hígido	352,48 ± 62,06	17,61	323,43 - 381,53	0,62	-229,88 ± 62,92	27,37	-259,33 - -200,43	0,92
	displásico	334,98 ± 92,87	27,73	291,51 - 378,45		-237,48 ± 68,02	28,64	-269,32 - -205,65	

C.V. – coeficiente de variação; I.C. – intervalo de confiança
Valores seguidos por letras diferentes na coluna vertical são significativamente diferentes

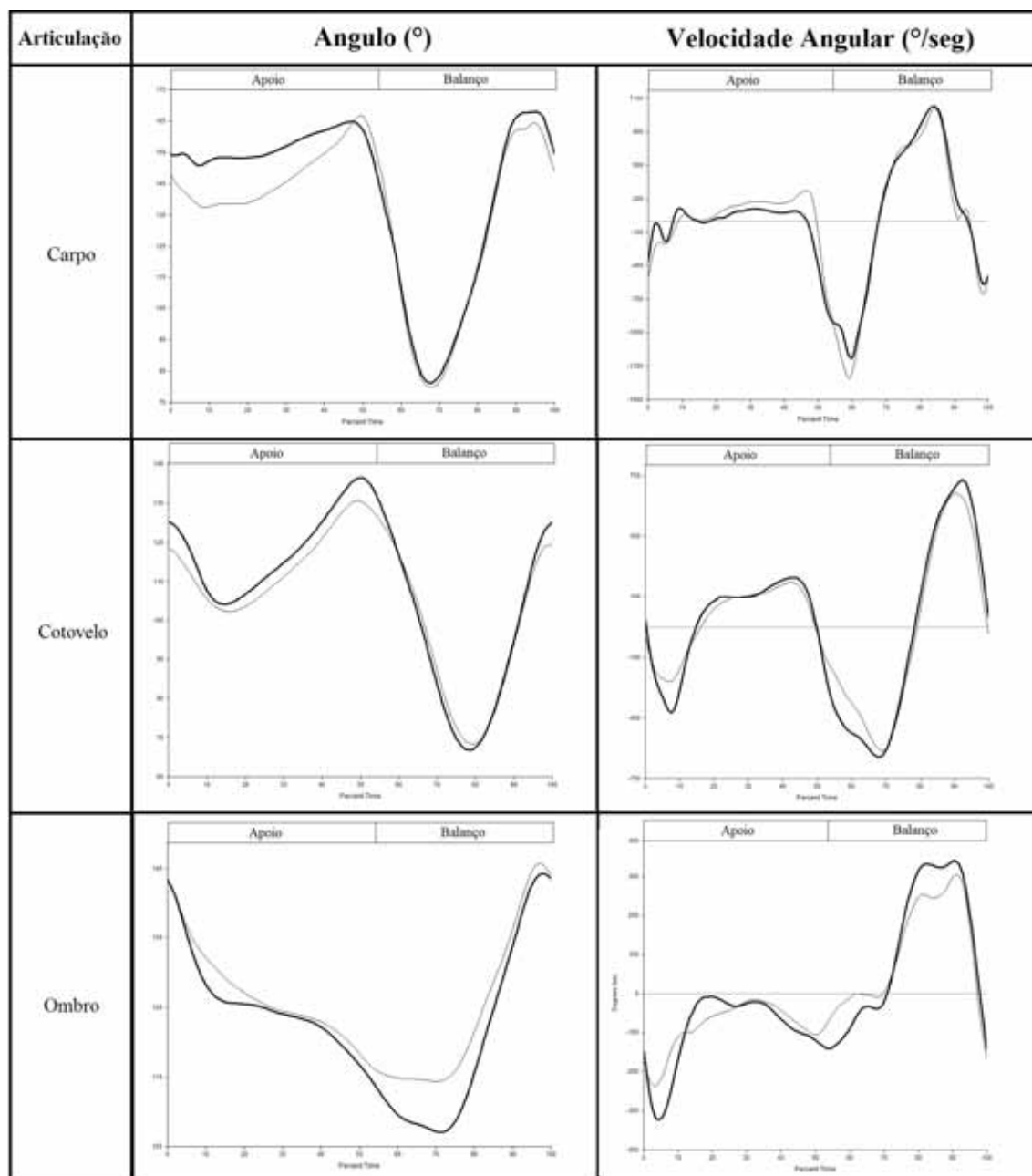


Figura 1 - Gráficos dos valores angulares e velocidade angular das articulações dos membros torácicos (carpo, cotovelo e ombro), em cães em cães hígidos (linha fina) e displásicos (linha grossa) da raça Pastor Alemão.

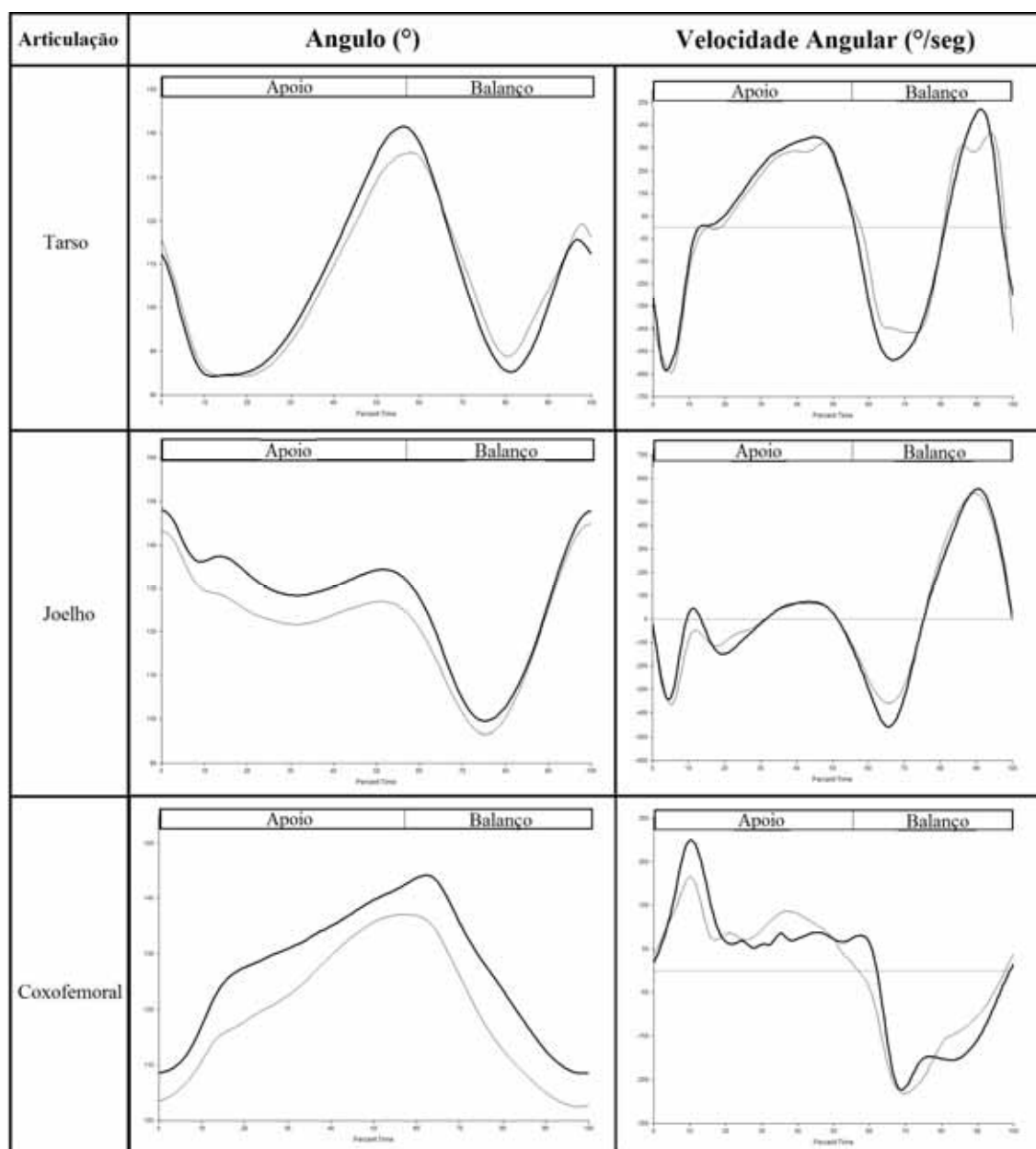


Figura 2 - Gráficos dos valores angulares e velocidade angular das articulações dos membros pélvicos (tarso, joelho e coxofemoral), em cães em cães hígidos (linha fina) e displásicos (linha grossa) da raça Pastor Alemão.

DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

Na presente pesquisa procurou-se utilizar apenas uma raça canina, a despeito de alguns estudos cinemáticos com cães displásicos terem empregado vários tipos de raças de cães de porte grande numa mesma avaliação (BENNETT et al., 1996; POY et al., 2000; BOLLIGER et al., 2002). Optou-se por analisar somente a raça Pastor Alemão, visto a especificidade de sua conformação corpórea e locomoção com trote de extremo alcance e extensão, o que requer um passo longo com máximo dobramento das articulações (BROWN, 1986). Além disso, diferenças marcantes em padrões cinemáticos das articulações dos membros pélvicos foram descritas entre cães hípidos das raças Labrador e Greyhound (COLBORNE et al., 2005), e diferenças em magnitudes em algumas articulações foram observadas entre cães hípidos das raças Labrador e Rottweiler (AGOSTINHO et al., 2011). Assim foi possível reduzir o efeito de mais uma variável no presente experimento

Há vários escores radiográficos para auxiliar no diagnóstico da presença ou não da displasia, bem como o grau de severidade (FLÜCKIGER, 2007). Optou-se por usar os critérios da OFA aliado a determinação do ângulo de Norberg. Esse último foi considerado como normal em valores igual ou maior a 105° (MORGAN et al., 2000; PIERMATTEI et al., 2006), apesar de um estudo ter provado haver variações entre raças, com valores igual ou maior a 100,3° para os cães hípidos da raça Pastor Alemão (TOMLINSON e JOHNSON, 2000). Dentre os sete graus da OFA (PIERMATTEI et al., 2006; FLÜCKIGER, 2007; OFA, 2011), os graus excelente, bom e regular são considerados dentro do padrão de normalidade. No presente estudo as articulações dos cães hípidos foram categorizadas em sua maioria entre excelente e bom, a despeito de não haver uma uniformidade na classificação entre as articulações de um mesmo animal.

Baseado na idade, cães displásicos podem ser divididos em dois grupos, ou seja, jovens entre 4 e 12 meses de idade, e aqueles acima de 15 meses de idade com doença crônica (PIERMATTEI et al., 2006; GINJA et al., 2010), no qual se insere os animais do presente estudo. Radiograficamente a maioria das articulações apresentava displasia de grau médio, embora houvesse alguns animais com grau severo. Como referido por outros autores, tratava-se de processo bilateral (TODHUNTER e LUST, 2003; PIERMATTEI et al., 2006), embora nem sempre os graus fossem os mesmos entre as articulações.

A condição artrítica pode progredir vagarosamente em cães adultos e, nestes casos, raramente promove uma manifestação aguda de claudicação. No entanto, a claudicação pode se manifestar após exercícios prolongados ou pesados (DASSLER, 2003; PIERMATTEI et al., 2006). Como se optou pela avaliação ao trote, somente foi possível incluir cães displásicos que toleravam a locomoção em esteira e não apresentavam claudicação após os treinos. Por sua vez, Bennett et al. (1996) empregou cães com sinais radiográficos de displasia de moderado a severo, que manifestaram mínima claudicação ao trote. Vale citar que muitos cães com displasia não mostram sinais de dor, e outros apresentam apenas sinais intermediários e médios (PIERMATTEI et al., 2006). Adicionalmente, os sinais clínicos nem sempre se correlacionam aos achados radiográficos e mudanças na morfologia articular (FRIES e REMEDIOS, 1995; ARNBJERG, 1999; SCHULZ, 2007; GINJA et al., 2010). Uma das vantagens do estudo da locomoção ao trote em esteira é a aferição com a mesma velocidade em ritmo constante (OWEN et al., 2004; CLEMENTS et al., 2005; AGOSTINHO et al., 2011). Contudo, isso pode ser considerado uma limitação do presente estudo, visto que cães com dor precisariam ser avaliados com um outro modo simétrico de locomoção.

A velocidade do trote foi baseada na velocidade da esteira e manteve-se entre 2,1 m/s e 2,2 m/s, assim como efetuado por Agostinho et al. (2011). Outros estudos cinemáticos em cães hígidos de porte grande (DeCAMP et al., 1993; MARGHITU et al., 1996; SCHAEFER et al., 1998; OWEN et al., 2004; CLEMENTS et al., 2005) ou com displasia coxofemoral

(BENNETT et al., 1996; POY et al., 2000) têm usado velocidades ao trote que variaram de 1,80 até 2,4 m/s, sendo vários associados à plataforma de força.

Em geral, nos cães displásicos em que os músculos da área pélvica e da coxa estão atrofiados há uma hipertrofia compensatória dos músculos do ombro, por causa do desvio de peso cranial e uso maior dos membros torácicos (MORGAN et al., 2000; DASSLER, 2003; PIERMATTEI et al., 2006). Em estudo cinético com plataformas de força seriadas em cães com osteoartrite da articulação coxofemoral e claudicação subclínica locomovendo-se ao trote, foi notado que a redistribuição da força vertical ocorreu primariamente entre pares de membros (compensação lado a lado) mais do que dentro dos pares de membros (compensação pélvico para torácico) (KENNEDY et al., 2003). Por sua vez, no presente estudo os valores cinemáticos dos membros torácicos e pélvicos não apresentaram diferenças dentro do mesmo grupo, embora tenham ocorrido diferenças entre os cães hígidos e displásicos com relação à velocidade angular.

Normalmente no plano sagital o quadril desloca-se por meio de dois arcos de movimento durante uma passada, ou seja, extensão durante o apoio e flexão no balanço (PERRY, 2005). Com o emprego do coeficiente de Fourier, Bennett et al. (1996) observaram que os cães displásicos na fase tardia do apoio tinham a articulação coxofemoral mais estendida e as articulações femorotibial e tarsal mais flexionadas quando comparados aos cães controles. Ademais, a extensão coxofemoral e a flexão femorotibial foram mais rápidas e extensão tarsal foi mais vagarosa no término da fase de apoio nos cães displásicos. No presente estudo também foi possível verificar que a velocidade angular máxima foi maior na articulação coxofemoral nos cães displásicos quando comparado aos hígidos, mas nenhuma diferença foi notada nas articulações femorotibial e tarsal, ou nos ângulos articulares. A extensão mais rápida da articulação coxofemoral, provavelmente seja um mecanismo compensatório em virtude da doença osteoartítica. Vale citar que a velocidade angular pode detectar mudanças sutis no movimento articular, muitas vezes não identificadas pelas mudanças de ângulo articular (OWEN et al., 2004).

Por outro lado, Bockstahler et al. (2007), ao empregarem cães com displasia coxofemoral com classificação limítrofe caminhando em uma plataforma, notaram que comparativamente os cães hígidos tinham um tempo

mais precoce para a máxima flexão da articulação coxofemoral com menos flexão e menor amplitude movimento do joelho, além de velocidade angular máxima inferior do joelho e articulação do tarso durante a fase de balanço. Em acréscimo, Poy et al. (2000), identificando variáveis cinemáticas adicionais em cães com displasia coxofemoral, notaram que esses animais tinham um grau maior de adução da articulação coxofemoral, mas as variáveis de movimento do pé não diferiram em relação aos cães hígidos. Salienta-se que, embora no atual estudo as variáveis cinemáticas tenham sido analisadas no plano sagital, a mobilidade multidirecional do quadril torna essa articulação sensível a disfunções em todos os três planos de movimento (PERRY, 2005).

As diferenças de achados entre os diversos estudos podem estar associadas com os sinais clínicos e severidade da displasia coxofemoral, bem como pela diversidade metodológica. Adicionalmente, no presente estudo foram também avaliados os membros torácicos, que não foram objeto de análise nas demais pesquisas (BENNETT et al., 1996; POY et al., 2000; BOCKSTAHLER et al., 2007). Foi verificado uma menor velocidade angular máxima no carpo dos cães displásicos, ou seja, a velocidade de mudança dessa articulação foi mais lenta na extensão.

Sendo assim, estudos adicionais usando outros cães com as mesmas características morfológicas e o mesmo protocolo seriam importantes para determinar as variáveis cinemáticas mais prevalentes em cães displásicos.

CONCLUSÕES

7 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos foi possível concluir que:

- não há variações dos padrões cinemáticos entre os membros torácicos ou entre os membros pélvicos em cães hígidos da raça Pastor Alemão, quando ao trote em esteira;
- cães displásicos da raça Pastor Alemão sem sinais de claudicação trotando em esteira apresentam alterações cinemáticas tanto nos membros pélvicos como torácicos.

BIBLIOGRAFIA

8 BIBLIOGRAFIA

AGOSTINHO, F.S.; RAHAL, S.C.; MIQUELETO, N.S.M.L.; VERDUGO, M.R.; INAMASSU, L.R.; EL-WARRAK, A.O. Kinematic analysis of Labrador Retrievers and Rottweilers trotting on a treadmill. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, v.24, n.3, p.185-191, 2011.

ANDERSON, M.A.; MANN, F.A. Force plate analysis: a noninvasive tool for gait evaluation. *Comp. Cont. Educ. Pract.*, v.16, n.7, p.857-867, 1994.

ARNBJERG, J. Recent information about hip dysplasia. *Vet. Clin. North Am., Small An. Pract.*, v.29, n.4, p.921-943, 1999.

BAKER, R. Gait analysis methods in rehabilitation. *J. Neuroeng. Rehab.*, v.3, n.4, p.1-10, 2006.

BENNETT, R.L.; DeCAMP, C.E.; FLO, G.L.; HAUPTMAN, J.G.; STAJICH, M. Kinematic gait analysis in dogs with hip dysplasia. *Am. J. Vet. Res.*, v.57, n.7, p.966-971, 1996.

BOCKSTAHLER, B.A.; HENNINGER, W.; MÜLLER, M.; MAYRHOFER, E.; PEHAM, C.; PODBREGAR, I. Influence of borderline hip dysplasia on joint kinematics of clinically sound Belgian Shepherd dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v.68, n.3, p.271-276, 2007.

BOLLIGER, C.; DeCAMP, C.E.; STAJICH, M.; FLO, G.L.; MARTINEZ, S.A.; BENNETT, R.L.; BEBCHUK, T. Gait analysis of dogs with hip dysplasia treated with gold bead implantation acupuncture. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, n.15, p.116-122, 2002.

BROWN, C.M. *Dog locomotion and gait analysis*. Colorado: Hoflin Publishing Ltd., 1986. 159p.

CLEMENTS, D.N.; OWEN, M.R.; CARMICHAEL, S.; REID, S.W.J. Kinematic analysis of the gait of 10 Labrador retrievers during treadmill locomotion. *Vet. Rec.*, v.156, p.478-481, 2005.

- COLBORNE, G.R.; INNES, J.F.; COMERFORD, E.J.; OWEN, M.R.; FULLER, C.J. Distribution of power across the hind limb joints in Labrador retrievers and Greyhounds. *Am. J. Vet. Res.*, v.66, n.9, p.1563-1571, 2005.
- COLBORNE, G.R.; WALKER, A.M.; TATTERSALL, A.J.; FULLER, C.J. Effect of trotting velocity on work patterns of the hind limbs of Greyhounds. *Am. J. Vet. Res.*, v.67, n.8, p.1293-1298, 2006.
- DASSLER, C.L. Canine hip dysplasia: diagnosis and nonsurgical treatment. In: SLATTER, D. *Textbook of small animal surgery*. 3ed. Philadelphia: Saunders, 2003. chap.144, p.2019-2029.
- DeCAMP, C.E.; SOUTAS-LITTLE, R.W.; HAUPTMAN, J.; OLIVIER, B.; BRADEN, T.; WALTON, A. Kinematic gait analysis of the trot in healthy Greyhounds. *Am. J. Vet. Res.*, v.54, n.4, p.627-634, 1993.
- DeCAMP, C.E.; RIGGS, C.M.; OLIVIER, B.; HAUPTMAN, J.G.; HOTTINGER, H.A.; SOUTAS-LITTLE, R.W. Kinematic evaluation of gait in dogs with cranial cruciate ligament rupture. *Am. J. Vet. Res.*, v.57, n.1, p.120-126, 1996.
- DeCAMP, C.E. Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog. *Vet. Clin. North Am., Small Anim. Pract.*, v.27, n.4, p.825-840, 1997.
- EWARD, C.; GILLETTE, R.; EWARD, W. Effects of unilaterally restricted carpal range of motion on kinematic gait analysis of the dog. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, p.158-163, 2003.
- FEENEY, L.C.; LIN, C-F.; MARCELLIN-LITTLE, D.J.; TATE, A.R.; QUEEN, R.M.; YU, B. Validation of two-dimensional kinematic analysis of walk and sit-to-stand motions in dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v.68, n.3, p.277-282, 2007.
- FLÜCKIGER, M. Scoring radiographs for canine hip dysplasia – The big three organizations in the world. *European J. Companion Anim. Pract.*, v.17, p.135-140, 2007.
- FRIES, C.L.; REMEDIOS, A.M. The pathogenesis and diagnosis of canine hip dysplasia: a review. *Can. Vet. J.*, v.36, p.494-502, 1995.
- GARHAMMER, J. Biomecânica II. In: RASCH, P.J. *Cinesiologia e anatomia aplicada*. 7ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. cap.6. p.70-77.

- GILLETTE, R.L.; ZEBAS, C.J. A two-dimensional analysis of limb symmetry in the trot of Labrador retrievers. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, n.35, p.515-520, 1999.
- GILLETTE, R.L. Gait analysis. In: MILLIS, D.L.; LEVINE, D.; TAYLOR, R.A. *Canine rehabilitation and physical therapy*. Philadelphia: Saunders, 2004. chap.11, p.201-210.
- GILLETTE, R.L.; ANGLE, T.C. Recent developments in canine locomotor analysis: a review. *Vet. J.*, n.178, p.165-176, 2008.
- GINJA, M.M.D.; SILVESTRE, A.M.; GONZALO-ORDEN, J.M.; FERREIRA, A.J.A. Diagnosis, genetic control and preventive management of canine hip dysplasia. *Vet. J.*, v.184, p.269-276, 2010.
- HAAN, J.J.; BEALE, B.S.; PARKER, R.B. Diagnosis and treatment of canine hip dysplasia. *Canine Pract.*, v.18, n.3, p.24-28, 1993.
- HOTTINGER, H.A.; DeCAMP, C.E.; OLIVIER, B.N.; HAUPTMAN, J.G.; SOUTAS-LITTLE, R.W. Noninvasive kinematic analysis of the walk in healthy large-breed dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v.57, n.3, p.381-388, 1996.
- KENNEDY, S.; LEE, D.V.; BERTRAM, J.E.A.; LUST, G.; WILLIAMS, A.J.; SODERHOLM, L.V.; HAMILTON, S.; BLISS, S.P.; DYKES, N.L.; TODHUNTER, R.J. Gait evaluation in hip osteoarthritic and normal dogs using a serial force plate system. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, v.16, p.170-176, 2003.
- KIM, J.; RIETDYK, S.; BREUR, G.J. Comparison of two-dimensional and three-dimensional systems for kinematic analysis of the sagittal motion of canine hind limbs during walking. *Am. J. Vet. Res.*, v.69, n.9, p.1116-1122, 2008.
- LEE, J.Y.; KIM, G.; KIM, J.-H.; CHOI, S.H. Kinematic gait analysis of the hind limb after tibial plateau leveling osteotomy and cranial tibial wedge osteotomy in ten dogs. *J. Vet. Med. A.*, v.54, p.579-584, 2007.
- LUST, G.; TODHUNTER, R.J.; ERB, H.N.; DYKES, N.L.; WILLIAMS, A.J.; BURTON-WURSTER, N.I.; FARESE, J.P. Comparison of three radiographic methods for diagnosis of hip dysplasia in eight-month-old dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v.219, n.9, p.1242-1246, 2001.
- MARGHITU, D.B.; KINCAID, S.A.; RUMPH, P.F. Nonlinear dynamics stability measurements of locomotion in healthy Greyhounds. *Am. J. Vet. Res.*, v.57, n.11, p.1529-1535, 1996.

- MARSOLAIS, G.S.; McLEAN, S.; DERRICK, T.; CONZEMIUS, M.G. Kinematic analysis of the hind limb during swimming and walking in healthy dogs and dogs with surgically corrected cranial cruciate ligament rupture. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, v.222, n.6, p.739-743, 2003.
- McLAUGHLIN, R.M. Kinetic and kinematic gait analysis in dogs. *Vet. Clin. North Am, Small Anim. Pract.*, v.31, n.1, p.193-201, 2001.
- MORGAN, J.P.; WIND, A.; DAVIDSON, A.P. Hip dysplasia. In:____. *Hereditary bone and joint diseases in the dog*. Hannover: Schlütersche, 2000. chap.5, p.109-208.
- NIELSEN, C.; STOVER, S.M.; SCHULZ, K.S.; HUBBARD, M.; HAWKINS, D.A. Two-dimensional link-segment model of the forelimb of dogs at a walk. *Am. J. Vet. Res.*, v.64, n.5, p.609-617, 2003.
- OWEN, M.R.; RICHARDS, J.; CLEMENTS, D.N.; DREW, S.T.; BENNETT, D.; CARMICHAEL, S. Kinematics of the elbow and stifle joints in Greyhounds during treadmill trotting – an investigation of familiarisation. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, v.17, p.141-145, 2004.
- OFA. Missouri, 2011. Disponível em: <http://www.offa.org/hd_grades.html>. Acesso em: 28 jan. 2011.
- PATRICELLI, A.J.; DUELAND, R.T.; ADAMS, W.M.; FIALKOWSKI, J.P.; KATHLEEN A.L., NORDHEIM, E.V. Juvenile pubic symphysiodesis in dysplastic puppies at 15 and 20 weeks of age. *Vet. Surg.*, v.31, p.435-444, 2002.
- PERRY, J. *Análise de marcha: marcha normal*. In:_. São Paulo: Manole, 2005. 200p.
- PIERMATTEI, D.L.; FLO, G.; DeCAMP, C. The hip joint. In:____. *Brinker, Piermattei and Flo's handbook of small animal orthopedics and fracture repair*. 4 ed. Philadelphia: Saunders, 2006. chap.16, p.461-511.
- POY, N.S.J.; DeCAMP, C.E.; BENNETT, R.L.; HAUPTMAN, J.G. Additional kinematic variables to describe differences in the trot between clinically normal dogs and dogs with hip dysplasia. *Am. J. Vet. Res.*, v.61, n.8, p.974-978, 2000.
- ROBERTS, T.; McGREEVY, P.D. Selection for breed-specific long-bodied phenotypes is associated with increased expression of canine hip dysplasia. *Vet. J.*, v.183, p.266–272, 2010.

SCHAEFER, S.L.; DeCAMP, C.E.; HAUPTMAN, J.G.; WALTON, A. Kinematic gait analysis of hind limb symmetry in dogs at the trot. *Am. J. Vet. Res.*, v.59, n.6, p.680-685, 1998.

SCHULZ, K. Hip dysplasia. In: FOSSUM, T.W. *Small animal surgery*. 3ed. St. Louis: Mosby, 2007. p.1233-1246.

TOMLINSON, J.L.; JOHNSON, J.C. Quantification of measurement of femoral head coverage and Norberg angle within and among four breeds of dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v.61, n.12, p.1492–1500, 2000.

TODHUNTER, R.J.; LUST, G. Hip dysplasia: pathogenesis. In: SLATTER, D. *Textbook of small animal surgery*. 3ed. Philadelphia: Saunders, 2002. chap.143, p.2009-2019.

WAXMAN, A.S.; ROBINSON, D.A.; EVANS, R.B.; HULSE, D.A.; INNES, J.F.; CONZEMIUS, M.G. Relationship between objective and subjective assessment of limb function in normal dogs with an experimentally induced lameness. *Vet. Surg.*, v.37, p.241-246, 2008.

WHITTLE, M.W. *Gait analysis: an introduction*. 4 ed. Elsevier: Edinburgh, 2007. 255p.

ZHU, L.; ZHANG, Z.; FRIEDENBERG, S.; JUNG, S-W.; PHAVAPHUTANON, J.; VERNIER-SINGER, M.; COREY, E.; MATEESCU, R.; DYKES, N.; SANDLER, J.; ACLAND, G.; LUST, G.; TODHUNTER, R. The long (and winding) road to gene discovery for canine hip dysplasia. *Vet. J.*, v.181, p.97-110, 2009.

TRABALHO CIENTÍFICO

Trabalho enviado para a revista *Veterinária e Zootecnia*

Normas da revista disponíveis em:

<http://www.fmvz.unesp.br/rvz/index.php/rvz/search/authors>

DISPLASIA COXOFEMORAL E A ANÁLISE CINEMÁTICA**HIP DYSPLASIA AND KINEMATIC ANALYSIS**

Nélida Simone Martinez Landeira Miqueleto^{8*}

Sheila Canevese Rahal^{9*}

Felipe Stefan Agostinho¹⁰

Emerson Gonçalves Martins de Siqueira¹¹

Fábio André Pinheiro de Araújo¹²

André Marcelo Conceição Meneses¹³

Alexander Oliveira El-Warrak¹⁴

⁸ *Médica Veterinária mestranda em Cirurgia Veterinária, bolsista CAPES, Univ Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, SP, Brazil

⁹ Profa. Titular do Departamento de Cirurgia e Anestesiologia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP, Botucatu, SP, Brazil

¹⁰ Pós-graduando da FMVZ-UNESP Botucatu, São Paulo, Brasil

¹¹ Aluno da FMVZ-UNESP Botucatu, São Paulo, Brasil

¹² Pós-graduando da FMVZ-UNESP Botucatu, São Paulo, Brasil

¹³ Prof. Dr. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém do Pará, Brasil

¹⁴ Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Montreal, Canada

*Correspondência: Distrito de Rubião Jr, s/n, CEP 18618-000 Botucatu – SP

DISPLASIA COXOFEMORAL E A ANÁLISE CINEMÁTICA

RESUMO

A displasia coxofemoral é uma afecção resultante do desenvolvimento ou crescimento anormal da articulação coxofemoral. Visto a importância da enfermidade na população canina, o presente artigo tem por objetivo discorrer sobre alguns aspectos da doença considerando-se os sinais clínicos e os métodos diagnósticos por imagem, além de salientar os resultados de estudos que utilizaram a análise cinemática como ferramenta de avaliação.

Palavras-chave: análise da locomoção, articulação coxofemoral, cão

HIP DYSPLASIA AND KINEMATIC ANALYSIS

ABSTRACT

Hip dysplasia is a disorder resulting from the abnormal growth or development of the coxofemoral joint. Due to the importance of disease in dog population, this article aims to describe some aspects of the lesion considering the clinical signs and diagnostic imaging techniques. In addition, the results of studies that used kinematic analysis as a tool for evaluation will be described.

Key-words: gait analysis, hip joint, dog

DISPLASIA DE CADERA Y ANÁLISIS CINEMÁTICO

RESUMEN

La displasia de cadera es una enfermedad resultante de crecimiento o desarrollo anormal de la articulación coxofemoral. Debido a la importancia de la enfermedad en la población canina, este artículo pretende describir algunos aspectos de la lesión, teniendo en cuenta los signos clínicos y técnicas de diagnóstico por imagen. Además, los resultados de estudios que utiliza análisis cinemático como una herramienta para la evaluación será descritos.

Palavras-clave: análisis del movimiento, cadera, perro

INTRODUÇÃO

A displasia coxofemoral é uma afecção, geralmente bilateral, resultante do desenvolvimento ou crescimento anormal da articulação coxofemoral (1-4). Caracteriza-se pela disparidade do crescimento entre os tecidos moles e a estrutura óssea da articulação, que ocasiona inicialmente instabilidade ou frouxidão articular, com eventual subluxação ou completa luxação da cabeça femoral em cães mais jovens. Com a progressão desenvolve-se a doença articular degenerativa, característica dos animais mais velhos (3-6).

Qualquer raça de cão pode ser afetada, sendo comum nos animais de porte grande e com rápido crescimento (1,2,7,8). Ambos os sexos são atingidos, mas o estado reprodutivo é importante quando se considera os fatores genéticos envolvidos (9). A patogênese é multifatorial, porém alguns autores consideram os fatores hereditários

como os determinantes primários (2,4,6). Além disso, a alimentação em excesso pode maximizar a expressão dos caracteres em indivíduos geneticamente susceptíveis (7).

Visto a importância da enfermidade na população canina, o presente artigo tem por objetivo discorrer sobre alguns aspectos da doença considerando-se os sinais clínicos e os métodos diagnósticos por imagem, além de salientar os resultados de alguns estudos que utilizaram a análise cinemática como ferramenta de avaliação.

Aspectos da displasia coxofemoral

Os sinais clínicos da displasia coxofemoral podem variar com a idade do animal, podendo ser constituídos dois grupos: cães jovens entre 4 e 12 meses de idade, e aqueles acima de 15 meses de idade com doença crônica (3,8).

Nos cães jovens a subluxação estira a cápsula articular fibrosa, promovendo dor e claudicação, que podem ser exacerbadas com a ocorrência de fraturas do osso esponjoso acetabular (4). Os sinais clínicos mais frequentes são redução da atividade, dificuldade de levantar-se após o descanso e claudicação intermitente ou contínua (2,4,9). Os músculos da área pélvica e da coxa, em geral, estão pouco desenvolvidos (3). A locomoção ao correr assemelha-se a um coelho saltando e à palpação observa-se a presença de sinal de Ortolani (3,9). Radiograficamente esses cães apresentam as cabeças femorais com conformação normal, mas algum grau de luxação pode ser observado, e o ângulo de inclinação da cabeça femoral pode aumentar além de 146° (3). Com relação ao método PennHip, há diferenças em frouxidão articular entre as raças. O Pastor Alemão é bastante sensível, de forma que com baixos graus de frouxidão esses cães poderão desenvolver osteoartrite (6). Ressalta-se ainda que, entre 12 e 14 meses de idade, a maioria dos cães displásicos caminha e corre livremente e são livres de dor, a despeito da aparência radiográfica da articulação (3).

Cães mais velhos apresentam um quadro diferente devido à doença articular degenerativa e a dor a ela associada (2,3,4). A condição artrítica é vagarosamente progressiva e raramente promove uma manifestação aguda de claudicação (9). A claudicação pode ser unilateral, porém é geralmente bilateral (3). Os cães tornam-se claudicantes após exercícios prolongados ou pesados, um modo de andar gingado e frequentemente apresentam crepitação e restrição da amplitude de movimento da articulação (3,9). O cão prefere manter-se sentado mais do que de pé e levanta-se vagarosamente e com grande dificuldade (2,3). Há tendência de o cão manter o andar como coelho saltando, semelhante ao verificado em filhotes, desde que essa forma de movimento dos membros pélvicos diminui a amplitude de movimento da cabeça femoral dentro do acetábulo malformado através da máxima utilização da articulação lombosacra (2). Os músculos da área pélvica e da coxa estão atrofiados e há hipertrofia compensatória dos músculos do ombro, por causa do desvio de peso cranial e uso maior dos membros torácicos (2,3,9). O sinal de Ortolani é raramente presente em cães velhos de porte grande por causa do rasamento do acetábulo e fibrose da cápsula articular (3). Pode haver uma diminuição da amplitude de movimento da articulação coxofemoral, particularmente em extensão, e a crepitação pode ser mais acentuada (9). Muitos cães com displasia não mostram sinais de dor, outros tem apenas sinais intermediários e médios (3).

Independente da idade, o diagnóstico da displasia deve ser baseado nos sinais clínicos, idade, raça, histórico, achados físicos e radiográficos, lembrando que os sinais clínicos nem sempre se correlacionam aos achados radiográficos (1,4,6,8). Segundo Dassler (9), a observação da locomoção auxilia na identificação da lesão, porque o paciente procura redistribuir as forças e reduzir o desconforto. De um modo geral, no caminhar e no trote há um observável balanço espinhal ou rotação pélvica, que reduz a

excursão da articulação coxofemoral durante o avanço do membro. Aqueles com doença degenerativa apresentam um passo encurtado e enrijecido. Na estação, os pacientes têm uma tendência a colocar o peso nos membros torácicos.

Com relação aos métodos de imagem, os estudos radiográficos podem ser divididos naqueles que avaliam a congruência articular e detectam sinais de osteoartrite usando a posição radiográfica ventrodorsal padrão com os membros pélvicos em extensão, ou pela frouxidão articular demonstrada em radiografias obtidas por estresse (PennHIP, subluxação dorsolateral, entre outras) (2,8,10). No primeiro método as radiografias podem ser analisadas: em sete graus conforme a OFA, em cinco graus segundo a Federação Internacional Cineológica, ou em escores determinados por nove parâmetros de acordo com a Associação Veterinária Britânica, entre outros (2,3,8,10).

A classificação radiográfica da displasia pela OFA (11) deve ser efetuada com o cão com idade acima de dois anos (3). Conforme a OFA (11), os graus excelente, bom e regular são considerados dentro do padrão de normalidade. No grau limítrofe há pequenas anormalidades na articulação coxofemoral, sendo recomendada nova radiográfica após 6 a 8 meses (12). Os cães displásicos estão classificados nos graus: médio (desvio mínimo do normal com apenas leve achatamento da cabeça femoral e menor subluxação), moderado (desvio óbvio do normal com evidência de um acetábulo raso, cabeça femoral achatada, pobre congruência articular e, em alguns casos, subluxação com marcadas mudanças da cabeça e colo femoral) e severo (deslocamento completo da articulação coxofemoral e severo achatamento do acetábulo e cabeça femoral). Os cães nas categorias moderada e severa são os mais prováveis de serem clinicamente afetados, muitos mostram claudicação e desconforto (3).

Um outro método de avaliar a correlação da cabeça femoral e o acetábulo é pelo ângulo de Norberg, que mede a relação do centro da cabeça do fêmur ao aspecto

craniolateral da margem dorsal acetabular, sendo considerado normal quando maior ou igual a 105° (2,3). Contudo, um outro estudo mostrou haver variação do ângulo de Norberg conforme a raça, sendo para o Pastor Alemão mais precisamente definido com $100,3^\circ$ ou maior (13). Em Pastores Alemães a consistência da avaliação radiográfica em função da idade é 70% aos 12 meses, 83% aos 18 meses e 95% aos 24 meses (3).

Com o intuito de reduzir a ocorrência da doença é indicado o cruzamento apenas de cães com articulações coxofemorais radiograficamente normais (3). Contudo, o uso apenas dos achados radiográficos para a seleção racial parece não ter obtido o resultado esperado, (14,15). Desta forma, Zhu et al. (14) sugeriram que uma mutação ou um marcador genético deveriam ser combinados com as informações do pedigree e fenótipo para criar um valor racial. Além disso, Roberts e McGreevy (15) correlacionaram escores da displasia com as medidas corpóreas de comprimento e altura de 30 raças por meio de fotografias. Foi observado que o comprimento relativo do corpo correlacionou fortemente com taxas mais altas de displasia. Segundo os autores, quando os criadores selecionam cães mais compridos do que altos estão inadvertidamente selecionando atributos que predispõe a displasia.

Estudos cinemáticos

A análise cinemática utiliza marcadores para localizar pontos anatômicos específicos, que permitem rastreamento dos dados por programas computadorizados avançados (16,17). o movimento é registrado por um sistema de câmeras e o software do computador é usado para converter o movimento dos marcadores em imagens digitais (18-20). Trata-se de um método objetivo de avaliação da locomoção, que possibilita quantificar velocidades, posições, acelerações, ângulos, segmentos e articulações no espaço (16,17,19,21). Há várias formas para se proceder ao exame, porém os métodos

ópticos são os mais comuns e usam sistemas de capturas que poder ser bidimensionais ou tridimensionais (17,20).

Os estudos cinemáticos em cães com displasia coxofemoral são ainda limitados, devido à complexidade do exame e à necessidade de equipamento de alto valor, fato que restringe as avaliações aos laboratórios de locomoção. As metodologias e formas de análise variam entre os pesquisadores, o que dificulta a comparação dos dados obtidos, como observado nas pesquisas descritas a seguir.

A análise cinemática tridimensional em conjunto com a plataforma de força foi efetuada, por Bennett et al. (22), em 12 cães considerados clinicamente normais e em 12 portadores de displasia coxofemoral. A velocidade ao trote foi mantida entre 1,80 e 2,10 m/s e cada cão recebeu 11 marcadores. Os ângulos dinâmicos de flexão e extensão e velocidades angulares foram calculados para as articulações coxofemoral, femorotibial e tarsal. O lado mais afetado dos cães com displasia, baseado nos sinais clínicos, radiográficos e dados da plataforma de força, foi usado para comparar com um lado dos cães controle escolhido de forma randomizada. Cães com displasia apresentaram mudanças características sutis em ângulos de flexão e extensão em cada uma das articulações, o comprimento do passo estava aumentado e o pico de força diminuído. Comparado ao controle, nos cães com displasia a articulação coxofemoral tinha uma extensão aumentada no término da fase de apoio, a articulação femorotibial foi mais flexionada através da fase de apoio e início da fase de balanço, e a articulação tarsal foi mais flexionada na fase de apoio tão bem quanto nas partes iniciais e médias da fase de balanço. Foi também observado que os cães com displasia nem sempre trotavam e sim caminhavam até velocidade maiores serem alcançadas, provavelmente porque algumas formas de locomoção podem ser mais confortáveis do que outras. Os autores

concluíram que a análise cinemática pode ser considerada uma ferramenta objetiva e não invasiva.

Poy et al. (23) analisaram por meio de cinemática e plataforma de força 10 cães hígidos e 19 cães de raça grande com displasia coxofemoral. Marcadores foram colocados bilateralmente na crista ilíaca, trocânter maior do fêmur, articulação femorotibial entre o epicôndilo femoral lateral e a cabeça fibular, maléolo lateral da tíbia, aspecto distolateral do quinto metatarsiano e espinha dorsal na junção toracolombar. A velocidade ao trote foi mantida entre 1,85 e 2,15 m/s. Os cães com displasia apresentaram maior grau de adução da articulação coxofemoral e maior amplitude de abdução-adução, além de maior movimento pélvico lateral, quando comparado ao controle. As variáveis de movimento do pé não diferiram entre os grupos. Em cães com displasia, a aceleração angular da articulação coxofemoral foi maior da metade para o final da fase de apoio. De acordo com os autores, os achados podem sugerir uma compensação em cães displásicos, como resultado de desconforto ou efeito biomecânico atribuído à displasia e doença articular degenerativa.

Um estudo prospectivo foi efetuado, por Bolliger et al. (24), para determinar se o implante de ouro em pontos de acupuntura alivia a dor e claudicação. Foram avaliados 19 cães adultos de raças grandes com displasia coxofemoral de moderada a severa. Foram efetuados estudos cinemáticos em conjunto com a plataforma de força, antes e com 1 e 3 meses após o tratamento. Cada cão recebeu 11 marcadores e foi conduzido ao trote na velocidade de 1,85 a 2,15 m/s. No grupo acupuntura houve uma diminuição na formação do impulso de pico vertical na avaliação realizada com um mês, o que indica um aumento da claudicação, sem qualquer diferença significativa entre este grupo e o controle aos três meses pós-tratamento.

Bockstahler et al. (25) avaliaram mudanças cinemáticas em 20 cães da raça Pastor belga, sendo oito cães sem sinais radiográficos de displasia coxofemoral (G1) e 12 limítrofe (G2). Marcadores foram posicionados na crista ilíaca, trocânter maior, joelho entre o epicôndilo lateral do fêmur e a cabeça fibular, maléolo lateral e aspecto distal do quinto metatarsiano de ambos os membros pélvicos. A velocidade da esteira foi de 1,22 m/s. Os ângulos das articulações coxofemoral, femorotibial e tarso foram calculadas no plano sagital. Não houve diferenças entre grupos quanto às forças de reação ao solo. Entretanto, pela análise cinemática os cães de G1 mostraram precocemente uma máxima flexão da articulação do quadril e menor flexão e amplitude de movimento do joelho quando comparados aos cães de G2. A velocidade angular máxima do joelho e articulação do tarso foi significativamente mais baixa durante a fase de balanço em G1 do que G2. Os autores concluíram que animais de G2 têm cinemática articular alterada e o exame pode ser uma ferramenta na seleção de cães, especialmente para os utilizados em trabalho militar

Miqueleto (26) avaliou padrões cinemáticos dos membros torácicos e pélvicos em cães hígidos (n=10) da raça Pastor Alemão, ao trote em esteira, e os comparou com cães displásicos (n=10) da mesma raça sem sinais clínicos de claudicação. Foram registrados os valores angulares e a velocidade angular das articulações do ombro, cotovelo, do carpo, coxofemoral, joelho e do tarso. Em ambos os Grupos não foram observadas diferenças na média entre os membros pélvicos ou entre os membros torácicos em todas as variáveis analisadas. Não ocorreu diferença de valores angulares entre os Grupos. Para a velocidade angular foram observadas diferenças na velocidade angular máxima da articulação coxofemoral (displásico>hígido) e do carpo (hígido>displásico). Foi possível concluir que cães displásicos sem sinais clínicos de claudicação podem apresentar ao trote alterações cinemáticas tanto nos membros pélvicos como torácicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisas sobre a dinâmica articular, tais como a análise cinemática, em cães com displasia coxofemoral, podem contribuir tanto para caracterizar a doença como avaliar a progressão do tratamento, seja esse clínico ou cirúrgico. A variabilidade nas metodologias e equipamentos dificulta a comparação dos resultados entre os estudos, sendo assim um fator limitante.

REFERÊNCIAS

1. FRIES CL, REMEDIOS AM. The pathogenesis and diagnosis of canine hip dysplasia: a review. Can. Vet. J. 1995; 36:494-502.
2. MORGAN JP, WIND A, DAVIDSON AP. Hip dysplasia. In: Hereditary bone and joint diseases in the dog. Hannover: Schlütersche, 2000:109-208.
3. PIERMATTEI DL, FLO G, DeCAMP C. The hip joint. In: Brinker, Piermattei and Flo's handbook of small animal orthopedics and fracture repair. Philadelphia: Saunders. 2006;4:461-511.
4. SCHULZ K. Hip dysplasia. In: FOSSUM, T.W. Small animal surgery. St. Louis: Mosby, 2007;3:1233-46.
5. HAAN J.J, BEALE B.S, PARKER R.B. Diagnosis and treatment of canine hip dysplasia. Canine Pract. 1993;18:24-8.
6. ARNBJERG, J. Recent information about hip dysplasia. Vet. Clin. North Am., Small An. Pract. 1999;29: p.921-43.
7. TODHUNTER, R.J.; LUST, G. Hip dysplasia: pathogenesis. In: SLATTER, D. Textbook of small animal surgery. Philadelphia: Saunders; 2002;3: p.2009-19.

8. GINJA MMD, SILVESTRE A.M., GONZALO-ORDEN JM, FERREIRA AJA. Diagnosis, genetic control and preventive management of canine hip dysplasia. *Vet. J.* 2010;184: 269-76.
9. DASSLER C.L. Canine hip dysplasia: diagnosis and nonsurgical treatment. In: SLATTER, D. Textbook of small animal surgery. 3ed. Philadelphia: Saunders; 2003. p.2019-29.
10. FLÜCKIGER M. Scoring radiographs for canine hip dysplasia – The big three organizations in the world. *European J. Companion Anim. Pract.* 2007;17: p.135-40.
11. OFA. Missouri, 2011. Disponível em: <http://www.offa.org/hd_grades.html>. Acesso em: 28 jan. 2011.
12. LUST G, TODHUNTER R.J, ERB HN, DYKES NL, WILLIAMS A.J, BURTON-WURSTER NI, FARESE JP. Comparison of three radiographic methods for diagnosis of hip dysplasia in eight-month-old dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2001; 219: p.1242-46.
13. TOMLINSON JL, JOHNSON JC. Quantification of measurement of femoral head coverage and Norberg angle within and among four breeds of dogs. *Am. J. Vet. Res.* 2000; 61: p.1492–1500.
14. ZHU L, ZHANG Z, FRIEDENBERG S, JUNG S-W, PHAVAPHUTANON J, VERNIER-SINGER M, COREY E, MATEESCU R, DYKES N, SANDLER J, ACLAND G, LUST G, TODHUNTER, R. The long (and winding) road to gene discovery for canine hip dysplasia. *Vet. J.* 2009;181:97-110.
15. ROBERTS T, McGREEVY PD. Selection for breed-specific long-bodied phenotypes is associated with increased expression of canine hip dysplasia. *Vet. J.* 2010;183:266–72.

16. DeCAMP, C.E. Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog. *Vet. Clin. North Am., Small Anim. Pract.*1997;27:825-40.
17. GILLETTE, R.L.; ANGLE, T.C. Recent developments in canine locomotor analysis: a review. *Vet. J.*2008;178:165-76.
18. GILLETTE, R.L. Gait analysis. In: MILLIS, D.L.; LEVINE, D.; TAYLOR, R.A. *Canine rehabilitation and physical therapy*. Philadelphia: Saunders.2004;11:201-10.
19. McLAUGHLIN, R.M. Kinetic and kinematic gait analysis in dogs. *Vet. Clin. North Am, Small Anim. Pract.*2001;31:193-201.
20. WHITTLE, M.W. *Gait analysis: an introduction*. 4 ed. Elsevier: Edinburgh, 2007;4:255.
21. GARHAMMER, J. Biomecânica II. In: RASCH, P.J. *Cinesiologia e anatomia aplicada*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.1991;7:70-7.
22. BENNETT, R.L.; DeCAMP, C.E.; FLO, G.L.; HAUPTMAN, J.G.; STAJICH, M. Kinematic gait analysis in dogs with hip dysplasia. *Am. J. Vet. Res.*1996;57:966-71.
23. POY, N.S.J.; DeCAMP, C.E.; BENNETT, R.L.; HAUPTMAN, J.G. Additional kinematic variables to describe differences in the trot between clinically normal dogs and dogs with hip dysplasia. *Am. J. Vet. Res.* 2000;61:974-78.
24. BOLLIGER, C.; DeCAMP, C.E.; STAJICH, M.; FLO, G.L.; MARTINEZ, S.A.; BENNETT, R.L.; BEBCHUK, T. Gait analysis of dogs with hip dysplasia treated with gold bead implantation acupuncture. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*2002;15:116-22.
25. BOCKSTAHLER, B.A.; HENNINGER, W.; MÜLLER, M.; MAYRHOFER, E.; PEHAM, C.; PODBREGAR, I. Influence of borderline hip dysplasia on joint kinematics of clinically sound Belgian Shepherd dogs. *Am. J. Vet. Res.* 2007;68:271-76.

26. MIQUELETO, N.S.M.L. Cinemática de cães da raça Pastor Alemão hípidos e com displasia coxofemoral [dissertação]. Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista; 2012.