

FELIPE STEFAN AGOSTINHO

AVALIAÇÃO CINEMÁTICA EM CÃES

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado
à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade

“Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP,

para obtenção do grau de médico veterinário.

Preceptora: *Profa. Adj. Sheila Canevese Rahal*

Botucatu

2009

FELIPE STEFAN AGOSTINHO

AVALIAÇÃO CINEMÁTICA EM CÃES

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado
à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade

“Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP,

para obtenção do grau de médico veterinário.

Área de Concentração: Clínica Médica de Pequenos Animais

Preceptora: *Profa. Adj. Sheila Canevese Rahal*

Coordenador de Estágios: *Prof. Adj. Francisco José Teixeira Neto*

Botucatu

2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA
INFORMAÇÃO
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Agostinho, Felipe Stefan.

Avaliação cinemática em cães: revisão / Felipe Stefan
Agostinho. – Botucatu : (s.n.), 2009.

Trabalho de conclusão (bacharelado – Medicina Veterinária)
– Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2009

Preceptor:

1. Cão - Doenças 2. Cinemática

Palavras-chave: Análise da marcha; Cães; Cinemática

SUMÁRIO

Resumo.....	5
<i>Abstract</i>	6
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	8
3. CONCLUSÃO.....	14
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15

RESUMO

AGOSTINHO, FELIPE STEFAN. *Avaliação cinemática em cães. Revisão*. Botucatu, 2009. 20p. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Medicina Veterinária, Área de Atuação: Clínica Médica de Pequenos Animais) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO

A cinemática é a geometria do movimento, que inclui o deslocamento, a velocidade e aceleração, sem levar em conta as forças atuantes sobre um corpo. O uso da cinemática é ainda limitado em cães em virtude do alto custo do equipamento, contudo as informações obtidas permitem obter dados objetivos e precisos, essenciais para uma avaliação fidedigna. Sendo assim, a presente revisão teve por objetivo descrever algumas pesquisas que empregaram o método e para qual finalidade. Conclui-se que estudos cinemáticos padronizando as características raciais são necessários para esclarecer como a conformação e a estrutura podem afetar a função. Além disso, baseado nos padrões normativos de uma população é possível estudo de doenças e evoluções de tratamento.

Palavras-chave: Cinemática, análise da marcha, cães.

ABSTRACT

AGOSTINHO, FELIPE STEFAN. *Kinematic evaluation in dogs. A review*. Botucatu, 2009. 20p. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Medicina Veterinária, Área de Atuação: Clínica Médica de Pequenos Animais) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

ABSTRACT

Kinematics is the geometry of motion, including displacement, speed and acceleration, without considering the forces acting over a body. The use of kinematics is still very limited when we are evaluating dogs because of the high cost of the equipment, but the information obtained is objective and precise, what is essential for a trustful evaluation. Taking all this into consideration, this evaluation will describe some researches that used the method, specifying the final objective for each of them. By this analysis, we can conclude that kinematic studies, according to the characteristics of dog races, are necessary to explain how body structure and conformance may affect the function. Besides that, according to normative patterns of a population it is possible to study some diseases and treatment evolution.

Key words: Kinematics, gait analysis, dogs.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com DeCamp (1997), o modo de andar do cão pode ser dividido em dois grupos principais: simétrico e assimétrico. O modo simétrico, como caminhar, trote e passo, caracteriza-se por movimentos dos membros de um lado do corpo que repetem os movimentos do lado oposto. O modo assimétrico, como galope rotatório e transverso, caracteriza-se pelos movimentos do membro que não repetem os movimentos do lado oposto. O ciclo de movimento ao caminhar inclui o suporte de dois e três membros, ao passo que no trote há o suporte de dois membros, com pares diagonais de membros em estação.

A maneira que o cão trota e anda, segundo Hildebrand (1968), se assemelha a de outros carnívoros de tamanho e conformação similar. Muitos cães precisam virar levemente o eixo do corpo no trote para prevenir a interferência entre as patas da frente e de trás. No cão em posição de estação o centro de gravidade é localizado na região média do tórax atrás da escápula, sendo 60% do peso suportado pelos membros torácicos e 40% pelos membros pélvicos (GILLETTE, 2004).

O estudo do movimento qualitativo ou quantitativo dos animais é alvo de grande interesse (GILLETTE, 2004). Contudo, em qualquer método de análise do movimento é fundamental a mensuração precisa e, para tanto, se faz necessário o uso de hardwares e softwares complexos (SUTHERLAND, 2002).

A cinesiologia é a ciência do movimento e pode ser dividida em cinemática e cinética (ANDERSON e MANN, 1994; DeCAMP, 1997). A cinemática é a geometria do movimento, que inclui o deslocamento, velocidade e aceleração sem levar em conta as forças atuantes sobre um corpo (GARHAMMER, 1991). A cinética é o estudo das relações do movimento e as forças que o geram (GARHAMMER, 1991; GILLETE, 2004).

A análise cinética é efetuada com o uso da plataforma de força, que mede as forças ortogonais de reação ao solo resultante da colocação do membro no movimento (DeCAMP, 1997; McLAUGHLIN, 2001). As forças de reação ao solo são medidas da função do membro, mas não aferem a função músculo-esquelética

de uma articulação específica (DeCAMP, 1997). Uma única plataforma de força não permite a medida de sucessivas passadas durante a locomoção, para isso, torna-se necessário uma série de plataformas ou uma plataforma construída dentro de uma esteira (McLAUGHLIN, 2001). No estudo cinemático, os movimentos de flexão e extensão são representados por uma onda que descreve a passada total (DeCAMP, 1997). A forma da onda é uma curva gerada por computador de centenas de dados acumulados de marcadores foto-reflectores posicionados nos membros em pontos anatômicos específicos (DeCAMP, 1997; McLAUGHLIN, 2001).

O uso da cinemática é ainda limitado em cães (HOTTINGER et al., 1996; BENNETT et al., 1996; DeCAMP, 1996; MARGHITU et al., 1996; VILENSKY et al., 1997; SCHAEFER et al., 1998; GILLETTE e ZEBAS, 1999; BOLLIGER et al., 2002; EWARD et al., 2003; NIELSEN et al., 2003; OWEN et al., 2004; TASHMAN et al., 2004; FEENEY et al., 2007) em virtude do alto custo do equipamento, contudo as informações obtidas permitem obter dados objetivos e precisos, essenciais para uma avaliação fidedigna. Sendo assim, a presente revisão teve por objetivo descrever algumas pesquisas que empregaram o método e para qual finalidade.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Modelos matemáticos das formas das ondas são usados para facilitar a avaliação estatística do movimento na análise cinemática, tais como equações polinomiais e transformação de Fourier (DeCAMP, 1997). Além das formas de onda, a cinemática usa variáveis separadas para descrever o movimento, como o comprimento e a frequência da passada, máxima velocidade da pata e duração da fase apoio/fase de balanço, que não requerem modelos matemáticos (De CAMP, 1997; McLAUGHLIN, 2001). Em um sistema tridimensional o computador mede os movimentos de flexão e extensão das articulações e as variáveis tempo e

distância (McLAUGHLIN, 2001). Em muitos casos a análise cinemática é efetuada junto com a análise da plataforma de força, de forma que as características tridimensionais do movimento do membro possam ser correlacionadas às medidas de força de reação ao solo (DeCAMP et al., 1996; BENNETT et al., 1996; HOTTINGER et al., 1996; McLAUGHLIN, 2001; BOLLIGER et al., 2002).

DeCamp (1997) afirmou que estudos empregando a plataforma de força, para avaliar cães com ruptura do ligamento cruzado, mostraram um retorno das forças de reação ao solo dentro de cinco a seis meses do tratamento cirúrgico. Entretanto, levando em consideração que a osteoatrose progride em casos de ruptura do ligamento cruzado, a despeito do método cirúrgico utilizado, o uso da plataforma de força torna-se questionável. Por sua vez, a análise cinemática mostrou que, no trote, em modelos crônicos de desmotomia do cruzado cranial, a articulação femorotibial permanece mais flexionada através da passada, especialmente em postura tardia e movimento precoce, quando desenvolve a propulsão do membro. A claudicação melhora seis meses após a cirurgia, mas não retorna aos níveis pré-injúria, sugerindo que a descrição cinemática da claudicação é mais sensível para descrever as disfunções articulares em comparação com a análise pela plataforma de força.

Para avaliar o caminhar normal de 15 cães saudáveis de raça grande, Hottinger et al. (1996) realizaram a análise cinemática tridimensional assistida por computador em combinação com a plataforma de força. A técnica de transformação Fourier foi adaptada para a análise da dinâmica das formas de onda dinâmica do ângulo flexão-extensão. Cada cão recebeu marcadores reflectores e caminharam com guia. Para cada articulação foram observados movimentos de padrões únicos e complexos de flexão e extensão. Houve um alto grau de consistência nas variáveis tempo e distância.

Bennett et al. (1996) realizaram análise cinemática tridimensional em conjunto com a plataforma de força em cães clinicamente normais (n=12) e com displasia coxofemoral (n=12). Os dados foram colhidos no trote. Ângulos dinâmicos de flexão e extensão e velocidades angulares foram calculados para as

articulações coxofemoral, femorotibial e tarsal. 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 em ângulos de flexão e extensão em cada uma das articulações, o comprimento do passo estava aumentado e o pico de força diminuído. Não foram detectadas diferenças entre os cães quanto velocidade subjetiva, velocidade máxima da pata, duração da passada, frequência do passo e área de impulso. Os autores concluíram que a análise cinemática pode ser considerada uma ferramenta objetiva e não invasiva.

Vilensky et al. (1997) estudaram as mudanças cinemáticas da locomoção de seis cães submetidos à secção do ligamento cruzado cranial. Todos os cães foram filmados ao trote em esteira com uma, três, seis, nove e 13 semanas após a cirurgia. A extensão das articulações coxofemoral, joelho e tibiotársica aumentou no membro lesado. Quando sacrificados, cinco dos seis cães mostraram uma úlcera que atingia toda a espessura cartilaginosa e localizava-se na superfície cranial ou caudal do côndilo femoral medial. Apenas um cão tinha uma úlcera pequena. Contudo, a severidade das lesões individuais não mostrou diferenças entre os cães na análise cinemática pós-cirúrgica.

A análise cinemática tridimensional computadorizada foi utilizada, por Schaefer et al. (1998), para avaliar diferenças de simetria dos membros pélvicos em oito cães hígidos adultos. Foram calculados os ângulos dinâmicos de flexão e extensão e velocidades angulares para as articulações coxofemoral, femorotibial e tarsal ao trote. As variáveis tempo e distância foram computadas. O coeficiente de Fourier foi utilizado 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. Os autores concluíram que o método permitiu uma análise objetiva mostrando ser o movimento do membro pélvico simétrico ao trote, fato relevante para estudos de cães portadores de doenças musculoesqueléticas.

DeCamp et al. (1996) empregaram a avaliação cinemática tridimensional assistida por computador, combinada a plataforma de força, para descrever a claudicação em um modelo crônico de ruptura do ligamento cruzado cranial. Sete

cães de porte grande foram avaliados antes e com um, três e seis meses após a desmotomia do cruzado cranial. Os marcadores reflectores foram colocados na pele da crista ilíaca, trocanter maior do fêmur, articulação femorotibial entre o epicôndilo lateral do fêmur e cabeça fibular, maléolo lateral da porção distal da tíbia, aspecto lateral do quinto metatarsiano e crista sagital do crânio. Os marcadores foram colocados apenas no lado em que o joelho foi operado. A velocidade foi controlada e cinco ciclos foram coletados de cada cão. Ângulos de flexão e extensão dinâmicos e velocidades angulares foram calculadas para as articulações coxofemoral, femorotibial e do tarso. Adicionalmente foram determinadas a distância e as variáveis temporais. O coeficiente essencial de Fourier foi empregado para desenvolver as curvas de flexão-extensão para todas as articulações. Foi observado um padrão de movimento articular em que as articulações coxofemoral e tarsal compensaram por maior extensão a disfunção da articulação femorotibial. Esta última apresentou aumento do ângulo de flexão e diminuição da extensão durante a fase de postura. Além disso, houve variação do comprimento e frequência da passada.

Marghitu et al. (1996) caracterizaram a locomoção normal de seis cães greyhounds usando medidas de estabilidade dinâmica não linear, que foram analisadas em dados cinemáticos bidimensionais. Marcadores reflectores foram colocados no aspecto craniodorsal da espinha ilíaca, trocanter maior, epicôndilo lateral do fêmur, maléolo lateral e articulação metatarsofalangeana. Cada cão foi repetitivamente levado ao trote em trajeto de 10 metros. Os cães foram considerados como um sistema não linear e foram representados de acordo o movimento articular e velocidade. A maior velocidade angular foi da articulação femorotibial e a menor a da articulação coxofemoral. Segundo os autores, o método permitiu uma medida quantitativa adequada do padrão de locomoção.

Um estudo de sistema de análise de movimento bidimensional foi efetuado, por Gillette e Zebas (1999), em 16 cães clinicamente normais da raça labrador retriever puros ou mestiços, com idade entre dois e oito anos. Para estabilizar os marcadores foi aplicada cola adesiva. Estes foram colocados atrás da orelha, aspecto dorsal do ângulo cranial da escápula, ponto dorsal da crista ilíaca, 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 aspecto lateral distal do quinto osso metacarpiano. Nos membros pélvicos foram posicionados na eminência do trocanter 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 seqüências repetidas. Após a filmagem, empregou-se 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 incluíram deslocamento angular do ombro, cotovelo, carpo, coxal, joelho e tarso, e velocidades angulares do ombro e quadril. Não foram observadas 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.

Um estudo prospectivo foi realizado, por Bolliger et al. (2002), para determinar se o implante de ouro em pontos de acupuntura alivia a dor e claudicação em 19 cães com displasia de moderada a severa. Foram efetuados estudos cinemáticos tridimensionais em conjunto com a plataforma de força. 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 significante entre este grupo e o controle aos três meses pós-tratamento.

Eward et al. (2003) avaliaram alterações do movimento em oito cães com restrição artificialmente induzida da articulação do carpo, por meio de análise cinemática bidimensional. As medidas foram calculadas durante um ciclo completo de movimento. Para analisar os dados cinemáticos foi utilizado um filtro Butterworth, que é incorporado dentro do software de análise Performance Peak. Diferenças significativas foram observadas no deslocamento angular, não apenas no carpo que estava sob restrição, mas também no ombro ipsilateral e joelho contralateral, demonstrando a necessidade de monitoração de outras articulações

quando a articulação carpal é restringida unilateralmente por doença, coaptação ou artrodese.

O sistema de análise tridimensional optoeletrônico foi utilizado, por Georgoulis et al. (2003), em pacientes humanos com ruptura do cruzado cranial (n=13), naqueles submetidos à reconstrução ligamentar do cruzado cranial (n=21) e em indivíduos com joelhos normais (n=10). Todos os indivíduos mantiveram padrões normais de extensão-flexão do joelho, abdução-adução, e rotação interna-externa durante o ciclo da marcha. No entanto, pacientes com ruptura do cruzado cranial experimentaram episódios repetidos de instabilidade rotacional durante a marcha, ao passo que os com reconstrução a rotação tibial estava mais próxima ao normal.

Nielsen et al. (2003) empregaram seis cães hígidos 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. Momentos flexores foram observados com as articulações antebraquiocárpica e metacarpofalangeana e momentos extensores foram verificados com as articulações do cotovelo e ombro.

A locomoção em esteira de 11 cães adultos da raça greyhound foi avaliada por Owen et al. (2004) utilizando as características cinemáticas das articulações do cotovelo e joelho. Marcadores reflectores auto-adesivos foram colocados no zigoma, 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, trocanter 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. A análise foi com o software Ariel Performance Analysis System. A média dos ângulos articulares do cotovelo e joelho e suas respectivas velocidades angulares não diferiram aos 30 segundos e aos 2 minutos com trote na esteira, sugerindo que múltiplas sessões de

treinamento não são requeridas para análise cinemática dos cães da raça em estudo. Segundo o autor, medidas das velocidades angulares articulares podem possibilitar a detecção de disfunções articulares relevantes.

Tashman et al. (2004) caracterizaram o movimento tridimensional do joelho canino durante a locomoção em esteira, antes e periodicamente por dois anos após a ruptura do ligamento cruzado. Foram constituídos dois grupos: com desmotomia do cruzado (n=18) e grupo controle (n=5). Os dados cinemáticos foram colhidos usando um sistema vídeo-radiográfico biplanar. O pico de translação anterior da tíbia e a instabilidade no plano coronal aumentaram imediatamente após a desmotomia do cruzado cranial. Com o passar do tempo, o pico de translação anterior da tíbia e a média da adução do joelho tornaram-se progressivamente piores, sendo as maiores alterações observadas entre seis e 12 meses após a desmotomia. O fato provavelmente esteja correlacionado à falha dos restritores secundários, tais como o menisco medial.

Para estimar a repetibilidade bidimensional de um observador e entre observadores, Feeney et al. (2007) avaliaram 10 cães adultos da raça labrador retriever, que foram filmados durante os movimentos de caminhar e sentar-levantar. Foram registrados cinco ciclos para cada animal, três dos quais foram digitalizados. Dois observadores marcaram manualmente 15 pontos de referência em cada quadro durante os movimentos de interesse. O procedimento foi repetido por cada observador uma semana mais tarde. Os autores concluíram que a repetitividade do mesmo observador foi excelente, porém aceitável entre observadores.

3. CONCLUSÃO

Estudos cinemáticos padronizando as características raciais dos cães são necessários para esclarecer como a conformação e a estrutura podem afetar a função. Além disso, baseado nos padrões normativos de uma população é possível estudo de doenças e evoluções de tratamento.

4. REFERENCIAS

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.

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.

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.

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.

GARHAMMER, J. Biomecânica II. In: RASCH, P.J. *Cinesiologia e anatomia aplicada*. 7ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. cap.6. p.70 -77.

GEORGOULIS, A.D.; PAPADONIKOLAKIS, A.; PAPAGEORGIOU, C.D.; MITSOU, A.; STERGIOU, N. Three-dimensional tibiofemoral kinematics of the anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knee during walking. *Am. J. Sports Med.*, v.31, n.1, p.75-79, 2003.

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.

HILDEBRAND, M. Symmetrical gaits of dogs in relation to body build. *J. Morph.*, n.124, p.353-360, 1968.

HOTTINGER, H.A.; DeCAMP, C.E.; OLIVIER, B.; 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.

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.

McLAUGHLIN, R.M. Kinetic and kinematic gait analysis in dogs. *Vet. Clin. North Am, Small Anim. Pract.*, p.193-201, 2001.

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.; BENNET, D.; CARMICHAEL, S. Kinematics of the elbow and stifle joints in greyhounds during treadmill trotting – an investigation of familiarization. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, v.17, p.141-145, 2004.

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.680-695, 1998.

SUTHERLAND, D.H. The evolution of clinical gait analysis. Part II Kinematics. *Gait and Posture*, n.16, p.159-179, 2002.

ZAR, J.H. *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 663p.

TASHMAN, S.; ANDERST, W.; KOLOWICH, P.; HAVSTAD, S.; ARNOCK, S. Kinematics of the ACL-deficient canine knee during gait: serial changes over two years. *J. Orthop. Res.*, v.22, n.5, p.931-941, 2004.

VILENSKY, J.A.; O'CONNOR, B.L.; BRANDT, K.D.; DUNN, K.D.; ROGERS, P.I. Serial kinematic analysis of the canine hindlimb joints after deafferentation and anterior cruciate ligament transaction. *Osteoarthritis & Cartilage*, v.5, n.3, p.173-182, 1997.