

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO DOS MÚSCULOS *QUADRICEPS FEMORIS* DE
CÃES DIAGNOSTICADOS COM DISPLASIA
COXOFEMORAL APÓS O USO DE PLATAFORMA
VIBRATÓRIA**

MAYARA VIANA FREIRE GOMES

Botucatu – SP
Junho de 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO DOS MÚSCULOS *QUADRICEPS FEMORIS* DE
CÃES DIAGNOSTICADOS COM DISPLASIA
COXOFEMORAL APÓS O USO DE PLATAFORMA
VIBRATÓRIA**

MAYARA VIANA FREIRE GOMES

Dissertação apresentada junto ao Programa de
Pós-Graduação em Biotecnologia Animal para a
obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^ª. Titular Sheila Canevese Rahal

Co-orientador: Prof. Dr. Ivan F. Charas dos Santos

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: LUCIANA PIZZANI-CRB 8/6772

Gomes, Mayara Viana Freire.

Avaliação dos músculos quadriceps femoris de cães diagnosticados com displasia coxofemoral após o uso de plataforma vibratória / Mayara Viana Freire Gomes. - Botucatu, 2019

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Sheila Canevese Rahal

Coorientador: Ivan Felismino Charas dos Santos

Capes: 50501070

1. Articulação de quadril. 2. Vibração. 3. Osteoartrite.

Palavras-chave: Articulação; Doença articular degenerativa; Hipotrofia muscular; Vibração mecânica.

Nome do autor: **Mayara Viana Freire Gomes**

**TÍTULO: AVALIAÇÃO DOS MÚSCULOS *QUADRICEPS FEMORIS* DE CÃES
DIAGNOSTICADOS COM DISPLASIA COXOFEMORAL APÓS O USO DE
PLATAFORMA VIBRATÓRIA**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Titular Sheila Canevese Rahal
Presidente e Orientadora
Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária
FMVZ – UNESP – BOTUCATU

Prof. Joel Mesa Hormaza
Membro
Departamento de Física e Biofísica
IBB – UNESP – BOTUCATU

Dr^a. Luciane dos Reis Mesquita
Membro
Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária
FMVZ – UNESP – BOTUCATU

Agradecimentos

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)** pelo suporte financeiro na forma de Bolsa de Estudo no País (17/02795-1) e Bolsa de Estágio de Pesquisa no Exterior (18/01445-0).

Aos meus orientadores, Prof^a. Dr^a. Sheila C. Rahal e Prof. Dr. Ivan F. C. Santos pela oportunidade de trabalhar nesse projeto, pelo suporte e ensinamentos ao longo dessa trajetória de conhecimento.

À minha mãe, Aurea V. Freire e aos meus familiares, em especial minha vó Regina V. Freire pelo apoio, suporte e incentivo nessa jornada de conhecimento.

Ao meu cachorro, Lupi pelo amor incondicional e carinho durante essa trajetória.

Aos tutores e seus cães por aceitarem participar dessa jornada e pela colaboração durante todo o processo de coleta de dados.

À Prof^a. Dr^a. Maria Jaqueline Mamprim, à doutoranda Carmel R. Dadalto e a Dr^a. Letícia R. Inamassu pelo auxílio no diagnóstico por imagem e pelas contribuições que enriqueceram tanto o projeto de pesquisa.

À Prof^a. Dr^a. Constanza B. G. Álvarez e ao Dr. Alex Humphries pela oportunidade de realizar o estágio de pesquisa no exterior, pelos ensinamentos em análise cinética e pelas contribuições no presente trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Regina K. Takahira e ao residente da patologia clínica Ivânio T. Borba Jr. pelo suporte e auxílio nos exames laboratoriais.

À Prof^a. Dr^a. Miriam H. Tsunemi pelo suporte e auxílio nas análises estatísticas.

À doutoranda Roberta R. Negrão pelo auxílio no processamento e análises da eletromiografia de superfície.

Aos alunos do curso de medicina veterinária da UNESP, Barbara W. D. F. Camargo, Filipe C. I. Tannus, Amanda L. Santos e Frederico M. D. Gois pelo auxílio e participação no manejo dos cães durante a coleta dos dados.

À Dr^a. Luciane R. Mesquita pelos ensinamentos e auxílio na coleta e análise de dados com os equipamentos de análise cinética e eletromiografia de superfície.

Aos funcionários e servidores da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista campus Botucatu pelo suporte técnico.

Aos amigos que tive o prazer de conhecer nessa jornada, Barbara Bárbara W. D. F. Camargo, Rafael H. S. Siragusi, Mariana Z. Gava, Carmel R. Dadalto, Letícia R. Inamassu, Whítara F. Lima, André R. Mota e Carolina L. Paula pelo suporte e incentivo que foram tão importantes ao longo dessa jornada de conhecimento.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIACÕES	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
Resumo	xi
Abstract	xii
CAPÍTULO 1	
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 Displasia coxofemoral.....	3
2.1.1 Anatomia da articulação coxofemoral.....	3
2.1.2 Etiopatogenia.....	6
2.1.3 Sinais clínicos e diagnóstico.....	8
2.1.4 Tratamentos não cirúrgicos.....	11
2.2 Vibração de corpo inteiro.....	13
2.3 Avaliação muscular.....	14
2.3.1 Mensuração da circunferência do membro.....	14
2.3.2 Ultrassonografia da musculatura.....	15
2.3.3 Eletromiografia de superfície.....	16
2.4 Análise da locomoção.....	18
2.4.1 Análise cinética.....	18
2.4.2 Avaliação visual da claudicação e de dor.....	19
3 REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 2	
Trabalho científico 1: Efeitos da Vibração de Corpo Inteiro em Cães com Displasia Coxofemoral	35
CAPÍTULO 3	
Trabalho científico 2: Applicability of Whole-Body Vibration Exercises as a new tool in Veterinary Medicine	68
ANEXO 1.....	74
ANEXO 2.....	75
ANEXO 3.....	76
APÊNDICE	78

Lista de Abreviaturas

CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
DAD	Doença Articular Degenerativa
DCF	Displasia Coxofemoral
DP	Desvio Padrão
ECC	Escore de Condição Corporal
EMG	Eletromiografia
EMGim	Eletromiografia intra-muscular
EMGs	Eletromiografia de superfície
ID	Índice de Distração
IMC	Índice de Massa Corporal
MPd	Membro Pélvico direito
MPe	Membro Pélvico esquerdo
MTd	Membro Torácico direito
MTe	Membro Torácico esquerdo
OFA	<i>Orthopedic Foundation for Animals</i>
VCI	Vibração de Corpo Inteiro
WBV	Whole-Body Vibration

Lista de Tabelas

Tabela 1. Identificação do cão (raça, idade, sexo e massa corpórea), escore de condição corporal (ECC) e índice de massa corporal (IMC) em 10 cães portadores de displasia coxofemoral, antes do início do tratamento.....	46
Tabela 2. Média $\pm$ desvio padrão dos valores dos exames hematológicos obtidos antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12 ^a e 16 ^a de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral.....	47
Tabela 3. Média $\pm$ desvio padrão dos valores médios da creatina quinase sérica (UI/L) obtidos antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12 ^a e 16 ^a semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral.....	47
Tabela 4. Escore radiográfico segundo classificação da OFA, escore de claudicação (durante a caminhada) e exame ortopédico dos membros pélvicos de 10 cães portadores de displasia coxofemoral, avaliados antes do início do tratamento (semana 0).....	48
Tabela 5. Média $\pm$ desvio padrão das mensurações ultrassonográficas (cm) dos músculos <i>glutei</i> , <i>sartorius</i> , <i>vasti</i> , <i>quadriceps femoris</i> e <i>biceps femoris</i> antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12 ^a e 16 ^a semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral.....	52
Tabela 6. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso (%) nos membros torácicos e pélvicos, direito e esquerdo, antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na oitava e 16 ^a semanas das aplicações dos protocolos, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral.....	54
Tabela 7. Média $\pm$ desvio padrão da área de contato das mãos/pés e separadamente do coxim palmar/plantar e dos dedos (cm ²) nos quatro membros antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro e na oitava e 16 ^a semanas de tratamento, em 10 cães diagnosticados com displasia coxofemoral.....	55
Tabela 8. Escores da eletromiografia de superfície de 10 cães portadores de displasia coxofemoral, avaliados antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.....	57

Lista de Figuras

- Figura 1.** Média e desvio padrão dos escores de claudicação durante o caminhar, antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12^a e 16^a semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral. MTe: membro torácico esquerdo; MTd: membro torácico direito; MPe: membro pélvico esquerdo; MPd: membro pélvico direito..... 49
- Figura 2.** Média e desvio padrão dos escores de claudicação durante o trote, antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12^a e 16^a semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral. MTe: membro torácico esquerdo; MTd: membro torácico direito; MPe: membro pélvico esquerdo; MPd: membro pélvico direito..... 49
- Figura 3.** Média e desvio padrão do escore da avaliação de dor dos questionários preenchidos pelos tutores, antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12^a e 16^a semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral..... 50
- Figura 4.** Média e desvio padrão da circunferência (cm) dos membros pélvicos esquerdo (MPe) e direito (MPd) antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12^a e 16^a semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral. Asterisco (*) indica diferença significativa ($p < 0,05$) entre avaliações..... 51
- Figura 5.** Imagens ultrassonográficas dos músculos *glutei*, obtidas na região caudal do membro pélvico esquerdo de um cão com displasia coxofemoral. a) Antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0); b) Semana 16 de Vibração de Corpo Inteiro, na qual se observa o aumento da espessura do músculo..... 53
- Figura 6.** Atividade muscular do músculo *vastus lateralis* nas fases de apoio e balanço de um cão com displasia coxofemoral na semana 0 (antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro) = t(1); na semana 8 (após 24 sessões de VCI) = t(2); e na semana 16 (após 48 sessões de VCI) = t(3). a) membro pélvico esquerdo; b) membro pélvico direito..... 56

GOMES, M.V.F. Avaliação dos músculos *quadriceps femoris* de cães diagnosticados com displasia coxofemoral após o uso de plataforma vibratória. Botucatu, 2019. 111p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Animal – Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da Vibração de Corpo Inteiro (VCI) em cães diagnosticados com displasia coxofemoral. Dez cães diagnosticados com displasia coxofemoral foram submetidos a 48 sessões de VCI, por um período de 16 semanas. Foram avaliadas a musculatura dos membros pélvicos utilizando-se a mensuração da circunferência da coxa, ultrassom muscular e eletromiografia de superfície; a claudicação e os sinais de dor por meio de avaliação visual da claudicação, e questionários preenchidos pelos tutores; análise cinética por meio da plataforma de pressão. A circunferência da coxa em ambos os membros pélvicos e a mensuração ultrassonográfica dos músculos *glutei* no membro pélvico esquerdo e *quadriceps femoris* bilateral mostraram aumento significativo ao longo do tratamento. Os escores da eletromiografia de superfície do músculo *vastus lateralis* e os questionários de dor ficaram mais próximos dos padrões de normalidade após 48 sessões de VCI. Por outro lado, a avaliação visual de claudicação e a análise cinética não apresentaram diferenças significativas. Foi possível concluir que o emprego da plataforma vibratória em longo período promoveu melhora da hipotrofia muscular dos membros pélvicos e dos sinais de dor em cães com displasia coxofemoral, mesmo que sem alteração na porcentagem da distribuição de peso ou dos sinais de claudicação.

Palavras-chave: Articulação; Doença articular degenerativa; Hipotrofia muscular; Vibração mecânica.

GOMES, M.V.F. Assessment of *quadriceps femoris* muscle after whole-body vibration in dogs with hip dysplasia. Botucatu, 2019. 111p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Animal – Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of Whole-body Vibration (WBV) in dogs with hip dysplasia. Ten dogs with hip dysplasia were submitted to 48 sessions of WBV for a period of 16 weeks. The muscles of the hind limbs were evaluated using measurement of thigh circumference, muscle ultrasound and surface electromyography. Lameness and clinical signs of pain were assessed by visual lameness scoring and owner-based questionnaire, respectively. Kinetic analysis was performed by using a pressure-sensitive walkway. Thigh circumference measurements of both hind limbs and ultrasound measurements of the left hind limb *glutei* muscles and both right and left *quadriceps femoris* muscles showed a significant increase. Surface electromyography scores of the *vastus lateralis* muscle and results of pain questionnaires were close to normal patterns after 48 WBV sessions. On the other hand, no significant differences were observed in visual lameness scoring and kinetic analysis. In conclusion, the use of long term WBV caused improvement of muscle atrophy of the hind limbs and the pain signs in dogs with hip dysplasia, even though alterations in percentage of body weight distribution and lameness signs were not observed.

Key words: Degenerative joint disease; Joint; Mechanic vibration; Muscle atrophy.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A displasia coxofemoral (DCF) é considerada a doença ortopédica de maior incidência no cão (Smith et al., 2001; Smith et al., 2012). As causas da displasia coxofemoral ainda não estão totalmente esclarecidas; contudo, há suposições de que consista de variados graus de frouxidão articular, com subsequente remodelamento progressivo das estruturas da articulação que resultam, inevitavelmente, em doença articular degenerativa (DAD) (Smith et al., 2012; Syrcle, 2017).

Os episódios agudos de claudicação uni ou bilateral de membros pélvicos, associados à frouxidão articular comumente são observados em cães jovens (Smith et al., 2012; Schulz, 2013). Acredita-se que com a evolução da lesão articular ocorra espessamento da cápsula articular, fibrose e resolução das microfraturas no acetábulo, sendo que nesse estágio o paciente pode não apresentar sinais clínicos, havendo inclusive melhora da instabilidade articular (Fry e Clark, 1992; Smith et al., 2012). Por outro lado, no cão idoso, é possível observar alteração da locomoção, relutância à prática de exercícios, hipotrofia muscular e sinais de fraqueza nos membros pélvicos, os quais podem estar associados à cronicidade da lesão e ao desenvolvimento de DAD (Schulz, 2013; Syrcle, 2017).

O diagnóstico deve incluir o histórico, o exame físico minucioso e o exame radiográfico, para avaliar a frouxidão articular e/ou os sinais de DAD (Fry e Clark, 1992; Smith et al., 2012; Allan e Davies, 2018). A displasia coxofemoral pode ser manejada com o tratamento conservador ou com terapias cirúrgicas (Davidson e Kerwin, 2014). O tratamento conservador consiste em restrição de exercícios, controle da massa corpórea, analgésicos e fisioterapia para reduzir ou eliminar a dor e a hipotrofia muscular (Anderson, 2011; Dycus et al., 2017).

Estudos na aplicação terapêutica da vibração de corpo inteiro (VCI) em pacientes humanos têm mostrado efeitos benéficos no aumento da força muscular, melhora no desempenho de atletas, no equilíbrio e mobilidade

funcional, entre outros (Roelants et al., 2006; Annino et al., 2007). Apesar de a VCI ainda ser pouco avaliada na medicina veterinária de pequenos animais (Freire et al., 2015; Santos et al., 2017a; Santos et al., 2017b), em cavalos há um estudo mostrando os efeitos benéficos na aplicação relativa a curto prazo para doença musculoesquelética crônica (Halsberghe et al., 2016) e outro no aumento da musculatura do *m. multifidus* (Halsberghe et al., 2017).

Sendo assim, o presente estudo se justificou visto que avaliou os efeitos da VCI nos sinais clínicos de claudicação e na hipotrofia muscular de cães diagnosticados com displasia coxofemoral, empregando protocolo a longo prazo. Aparentemente, até o momento não existem trabalhos prévios sobre a aplicação da VCI em cães diagnosticados com displasia coxofemoral.

Para tanto, além do Capítulo 1 que inclui Introdução e Justificativa, Revisão da Literatura e Referências Bibliográficas, foram estabelecidos o Capítulo 2 correspondente ao artigo científico “Efeitos da Vibração de Corpo Inteiro em Cães com Displasia Coxofemoral” e o Capítulo 3 correspondente ao artigo científico “Applicability of Whole-Body Vibration Exercises as a new tool in Veterinary Medicine”.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Displasia coxofemoral*

2.1.1 *Anatomia da articulação coxofemoral*

Quatro ossos compõem o osso coxal, ou seja, o ílio, o ísquio, o púbis e o osso acetabular (Henry, 1992; Liebich et al., 2004; Evans e de Lahunta, 2010). Durante a 12^a semana pós-natal, estes ossos se fundem formando a porção articular do quadril, o qual recebe a cabeça do fêmur, criando a articulação coxofemoral (Sisson, 1986a; Henry, 1992; Evans e de Lahunta, 2010). Em um cão de porte médio, o acetábulo tem aproximadamente 1,0 cm de profundidade e 2,0 cm de diâmetro (Evans e de Lahunta, 2013a). A faceta lunar é a circunferência articular, a qual apresenta uma falha na porção medial do acetábulo, denominada incisura acetabular (Liebich et al., 2004; Evans e de Lahunta, 2013a).

O fêmur articula com o osso coxal proximalmente, formando um ângulo flexor de 110° cranialmente (Evans e de Lahunta, 2010; Evans e de Lahunta, 2013a). A porção proximal do fêmur consiste em cabeça, colo e dois trocânteres (Liebich et al., 2004; Budras et al., 2007; Evans e de Lahunta, 2013a). A cabeça do fêmur é lisa e hemisférica e engloba a porção dorsocaudal e medial do colo femoral (Sisson, 1986a; Dyce e Wensing, 2010; Evans e de Lahunta, 2013a). Na porção medial, a cabeça do fêmur apresenta uma fôvea rasa, circular e moderadamente rugosa, onde o ligamento da cabeça do fêmur está inserido (Liebich et al., 2004; Budras et al., 2007; Dyce e Wensing, 2010; Evans e de Lahunta, 2010).

O colo femoral une a cabeça do fêmur ao restante da extremidade proximal, sendo quase do mesmo diâmetro da cabeça do fêmur, levemente achatado craniocaudalmente e reforçado pela crista óssea, o qual se prolonga da cabeça ao trocânter maior, localizado lateralmente (Evans e de Lahunta, 2010; Evans e de Lahunta, 2013a). O trocânter maior é uma tuberosidade de formato piramidal, o qual geralmente se estende até o plano dorsal à cabeça do fêmur (Sisson, 1986a; Dyce e Wensing, 2010; Evans e de Lahunta, 2013a). Entre o trocânter maior e o colo femoral, caudal a crista óssea que conecta os

dois está a fossa trocantérica (Liebich et al., 2004; Budras et al., 2007; Evans e de Lahunta, 2010). Os músculos piriforme, glúteo médio e profundo se inserem no trocânter maior (Budras et al., 2007; Evans e de Lahunta, 2013a).

A articulação coxofemoral é uma articulação esferoidal formada pela superfície lunar do acetábulo e a cabeça do fêmur (Liebich et al., 2004; Dyce e Wensing, 2010). Embora flexão e extensão sejam os principais movimentos da articulação, por se tratar de uma articulação esferoidal, é ainda capaz de realizar uma série de movimentos (Liebich et al., 2004; Dyce e Wensing, 2010; Evans e de Lahunta, 2010; Evans e de Lahunta, 2013b). O acetábulo é recoberto por uma camada de fibrocartilagem, o lábio acetabular, o qual se estende até as bordas acetabulares (Sisson, 1986b; Liebich et al., 2004; Evans e de Lahunta, 2013b). Na incisura acetabular, se prolonga como um ligamento livre, o ligamento transverso do acetábulo (Liebich et al., 2004; Evans e de Lahunta, 2010; Evans e de Lahunta, 2013b).

A cápsula articular é espaciosa e tem espessura variada e está inserida medialmente a poucos milímetros da borda do lábio acetabular e lateralmente, no colo femoral, a 1,0 ou 2,0 cm da cartilagem que recobre a cabeça do fêmur (Sisson, 1986b; Liebich et al., 2004; Evans e de Lahunta, 2013b). O ligamento da cabeça do fêmur é curto, grosso e achatado, o qual se estende da fôvea da cabeça femoral à fossa acetabular (Sisson, 1986b; Liebich et al., 2004; Dyce e Wensing, 2010; Evans e de Lahunta, 2010). Em cães de grande porte tem aproximadamente 1,5 cm de comprimento e 5,0 mm de espessura, na porção que se liga a cabeça do fêmur (Evans e de Lahunta, 2013b).

Os músculos pélvicos que se prolongam entre a pélvis e a coxa, na porção lateral, estão dispostos em camadas e incluem o músculo glúteo médio (Budras et al., 2007; Hermanson, 2013). O músculo glúteo médio está localizado na face glútea do ílio, de onde sai sua principal origem (Budras et al., 2007; Dyce e Wensing, 2010; Evans e de Lahunta, 2010). Também tem como origem a crista ilíaca e o tuber sacral, segue na direção caudodistal, até terminar em um grosso tendão no trocânter maior (St. Clair, 1986; Liebich et al., 2004; Dyce e Wensing, 2010; Evans e de Lahunta, 2010). O músculo tem 2,5 a 3,5 cm de espessura e 7,0 a 9,0 cm de largura (Hermanson, 2013). Tem como ação a extensão e a rotação medial do quadril e previne a rotação lateral

durante o suporte de peso (Liebich et al., 2004; Dyce e Wensing, 2010; Evans e de Lahunta, 2010; Hermanson, 2013).

Os músculos da porção cranial da coxa se prolongam entre a pélvis e a porção proximal do fêmur e a patela e a tuberosidade da tíbia e incluem, principalmente, as quatro subdivisões do quadríceps femoral (Liebich et al., 2004; Budras et al., 2007; Dyce e Wensing, 2010; Hermanson, 2013). O músculo quadríceps consiste do reto femoral (cranial), vasto lateral (lateral), vasto medial (medial) e vasto intermédio (profundo ao reto femoral) (St. Clair, 1986; Liebich et al., 2004; Hermanson, 2013). Sua ação compreende a extensão da articulação do joelho, tensão da fáscia crural e flexão da articulação coxofemoral (Liebich et al., 2004; Dyce e Wensing, 2010; Hermanson, 2013).

O músculo reto femoral tem 2,0 a 3,0 cm de espessura em cães de grande porte, é redondo em corte transversal, proximalmente, e lateralmente achatado distalmente (Evans e de Lahunta, 2010; Hermanson, 2013). Se origina por um curto e grosso tendão no corpo do osso ílio, cranial ao acetábulo, se estende entre os vastos lateral e medial até a patela, a qual está incluída no seu largo tendão como um osso sesamóide (St. Clair, 1986; Liebich et al., 2004). Esse tendão continua distalmente como o ligamento da patela e se insere na tuberosidade da tíbia (Evans e de Lahunta, 2010; Hermanson, 2013).

O músculo vasto medial tem 4,0 a 5,0 cm de largura e até 2,5 cm de espessura e é lateralmente achatado (Hermanson, 2013). Origina-se na parte craniomedial do terço proximal do fêmur e finaliza na patela, recoberto pelos ventres craniais dos músculos sartório e tensor da fáscia lata (St. Clair, 1986; Evans e de Lahunta, 2010; Hermanson, 2013).

O músculo vasto lateral tem origem na parte craniolateral do terço proximal do fêmur na linha transversal e na linha do vasto lateral, e termina na cápsula articular da articulação do joelho pela sua porção tendínea (St. Clair, 1986; Evans e de Lahunta, 2010; Hermanson, 2013). O músculo vasto intermédio é a menor porção do quadríceps, e se origina junto com o vasto lateral e também na parte lateral do terço proximal do fêmur, e termina numa fáscia tendínea dentro do músculo vasto medial (Evans e de Lahunta, 2010; Hermanson, 2013).

Os músculos adutores são um grupo de músculos na porção medial da coxa (Hermanson, 2013). Dentre os músculos superficiais se inclui o músculo sartório, o qual é longo e achatado, e se estende como duas faixas (parte cranial e caudal), cada uma com 3,0 a 4,0 cm de largura (Liebich et al., 2004; Dyce e Wensing, 2010; Evans e de Lahunta, 2010). Este se origina na região da crista ilíaca e tuberosidade do ílio até a inserção na superfície medial da articulação do joelho (St. Clair, 1986; Liebich et al., 2004; Budras et al., 2007; Dyce e Wensing, 2010). Tem como ação a flexão do quadril e do joelho, enquanto o membro está sendo estendido, e contribui para a extensão do joelho durante o apoio (St. Clair, 1986; Liebich et al., 2004; Dyce e Wensing, 2010; Evans e de Lahunta, 2010; Hermanson, 2013).

Na porção caudal da coxa os músculos se estendem da tuberosidade isquiática até a porção lateral ou medial do joelho, dentre os quais está o bíceps femoral (Evans e de Lahunta, 2010; Hermanson, 2013). O músculo bíceps femoral é largo e longo, o qual está localizado na face lateral da coxa e se estende da região de tuberosidade isquiática até o tendão do calcâneo (St. Clair, 1986; Liebich et al., 2004; Budras et al., 2007; Evans e de Lahunta, 2010). Origina-se como duas partes desiguais, uma cranial (superficial) e uma caudal (profunda e muito menor) (Liebich et al., 2004; Evans e de Lahunta, 2013). A ação da parte cranial está associada com um papel antigravitacional, como a extensão do quadril, e em menor grau a extensão do joelho, enquanto a parte caudal está associada a flexão do joelho no começo da fase de balanço (Budras et al., 2007; Evans e de Lahunta, 2010; Hermanson, 2013).

2.1.2 Etiopatogenia

A displasia coxofemoral (DCF) é uma doença biomecânica, na qual uma instabilidade da articulação do quadril altera a concentração de forças na cabeça do fêmur e no acetábulo, resultando no desenvolvimento anormal da articulação (Priour, 1980; Fries and Remedios, 1995). A DCF é considerada uma das doenças ortopédicas com maior incidência em cães, especialmente nas raças de grande porte (Smith et al., 2001; Smith et al., 2012). A causa da DCF ainda não está totalmente esclarecida; no entanto, acredita-se que a frouxidão da articulação coxofemoral leve a transferência de força anormal durante o suporte de peso, ocasionando alterações na conformação da

articulação, resultando inevitavelmente em uma doença articular degenerativa (DAD) (Prieur, 1980; Smith et al., 2001; Smith et al., 2012). A frouxidão da articulação coxofemoral sozinha parece ser necessária, mas não suficiente, para o desenvolvimento da DAD (Smith et al., 2001).

A frouxidão da articulação coxofemoral tem sido estimada com o índice de distração (ID) obtido em radiografia em estresse em cães jovens (Smith et al., 1993; Ginja et al., 2008; Allan e Davies, 2018). Estudos com o ID demonstraram que cães com baixo ID da articulação do quadril tem menor probabilidade de ter DAD, e cães com alto ID são mais suscetíveis a ter DAD; portanto, de modo geral, quanto maior o índice de distração ($ID > 0,30$) maior a probabilidade de os cães terem DAD (Smith et al., 2001; Ginja et al., 2008; Smith et al., 2012).

A DAD é resultante da diminuição da resistência da cartilagem pelo aumento do estresse, causado pela arquitetura anormal do quadril (Prieur, 1980). Essa alteração na conformação da articulação resulta em uma pressão excessiva no tecido ósseo e na cartilagem, levando a reabsorção óssea (osteoesclerose), além de erosões, fissuras, substituição por tecido fibroso e perda de cartilagem (Prieur, 1980; Brass, 1989; Smith et al., 2012).

Com a evolução da DAD ocorre perda da cartilagem que recobre a cabeça do fêmur e o acetábulo; consequentemente, a articulação passa a ter contato osso com osso (Prieur, 1980). Além disso, a deformação da articulação e a subluxação do quadril resultam na formação de osteófitos e em aumento da pressão na cápsula articular, que leva ao espessamento da cápsula, tendo como consequência a redução da mobilidade (Prieur, 1980; Brass, 1989).

Em um estudo com 15.742 cães de quatro raças (Pastor Alemão, Golden Retriever, Labrador Retriever e Rottweiler) foi concluído que, para cães da raça Pastor Alemão, a probabilidade de ter DAD associada à DCF foi quase cinco vezes a probabilidade de cães das outras três raças combinadas (Smith et al., 2001).

2.1.3 Sinais clínicos e diagnóstico

A manifestação dos sinais clínicos geralmente é diferente em cães jovens e adultos/idosos (Brass, 1989; Fry e Clark, 1992; Smith et al., 2012; Schulz, 2013). Os cães jovens apresentam episódios agudos de claudicação uni ou bilateral de membros pélvicos, que pioram com a prática de exercícios físicos ou pequenos traumas (Fry e Clark, 1992; Schulz, 2013). Os sinais iniciais podem incluir dificuldade de levantar, andar, correr e subir escadas, com marcada dor nos membros pélvicos (Brass, 1989; Smith et al., 2012; Schulz, 2013). Acredita-se que pode haver um estágio intermediário da doença, na qual o paciente não demonstre sinais clínicos e realize atividades sem sinais de dor (Fry e Clark, 1992; Smith et al., 2012; Syrcle, 2017). Esse estágio pode durar meses a anos, antes do desenvolvimento da DAD (Fry e Clark, 1992).

Os cães idosos, por outro lado, geralmente apresentam claudicação com troca de peso para o membro menos acometido, ou ainda para os membros torácicos, desconforto na articulação coxofemoral, hipertrofia muscular nos membros torácicos e pode apresentar leve a grave, e simétrica ou assimétrica, hipotrofia nos membros pélvicos (Brass, 1989; Fry e Clark, 1992; Demko e McLaughlin, 2005; Schulz, 2013). Pode haver ainda sinais de fraqueza nos membros pélvicos e locomoção cambaleante, relutância à exercícios, preferência em ficar sentado e abrasão das unhas no chão (Brass, 1989; Fry e Clark, 1992; Smith et al., 2012; Schulz, 2013).

A claudicação é um sinal característico, mas não exclusivo da displasia coxofemoral (Fry e Clark, 1992). São observados variados graus de claudicação, que podem variar de leve e intermitente nos estágios iniciais à não deambulação em estágios graves (Fry e Clark, 1992; Schulz, 2013). O clima frio e úmido pode acentuar os sinais de dor na articulação (Brass, 1989). Substancial número de pacientes com DCF não apresenta sinais clínicos, mesmo aqueles que apresentam sinais radiológicos (Fry e Clark, 1992; Smith et al., 2012; Schulz, 2013). Pouca correlação foi observada entre sinais clínicos e morfológicos (Fry e Clark, 1992).

O método diagnóstico mais usado para a displasia coxofemoral é o exame radiográfico (Brass, 1989). Contudo é recomendado realizar outros procedimentos diagnósticos, como exame ortopédico e neurológico para

diferenciar outras possíveis causas de claudicação (Brass, 1989; Fry e Clark, 1992; Smith et al., 2012). Além disso, pacientes com DCF podem ter outras doenças articulares concomitantes (Fry e Clark, 1992; Schulz, 2013).

A lista de diagnósticos diferenciais para claudicação em membros pélvicos inclui doenças articulares, como ruptura do ligamento cruzado cranial, luxação de patela, lesão de menisco e artropatia imunomediada, entre outras (Smith et al., 2012; Schulz, 2013). As doenças ósseas do desenvolvimento (osteocondrite dissecante e panosteíte), as doenças da medula espinhal (doença do disco intervertebral, mielopatia degenerativa e instabilidade lombossacral) e as neoplasias também devem ser consideradas como diferenciais de claudicação em cães (Smith et al., 2012; Schulz, 2013; Syrcle, 2017).

O exame ortopédico inclui observação do paciente descansando, caminhando, correndo e o reexame após a prática de exercício (Fry e Clark, 1992; Smith et al., 2012). Deve-se palpar os membros torácicos e pélvicos e observar para sinais de assimetria, incongruência, crepitação, instabilidade e amplitude de movimento (Brass, 1989; Fry e Clark, 1992; Syrcle, 2017). A amplitude de movimento do membro pode estar reduzida por presença de fibrose da cápsula articular e dor à manipulação (Demko e McLaughlin, 2005; Smith et al., 2012; Schulz, 2013). As anormalidades na locomoção podem incluir andar/correr saltitante como coelho e a redução do comprimento do passo, e podem estar ausentes em estágios iniciais da doença (Fry e Clark, 1992; Smith et al., 2012).

O teste de Ortolani promove subluxação da articulação coxofemoral, quando a frouxidão articular está presente (Smith et al., 2012). Quando é possível induzir a subluxação da cabeça do fêmur e a repentina redução de volta a posição normal dentro do acetábulo o teste de Ortolani é considerado positivo (Fry e Clark, 1992; Smith et al., 2012). Os cães com displasia coxofemoral podem ser Ortolani negativos, isso porque a cápsula articular pode estar fibrosada, não tendo assim frouxidão articular, ou por uma luxação completa irreduzível que não permite a redução da cabeça do fêmur (Fry e Clark, 1992; Syrcle, 2017).

O exame radiográfico da articulação coxofemoral deve ter boa qualidade técnica para que as alterações correspondentes com a DCF possam ser

identificadas e que se obtenha o correto diagnóstico (Brass, 1989; Henry, 1992). O paciente deve ser posicionado em decúbito dorsal com os membros pélvicos estendidos e paralelos, a articulação do joelho deve estar rotacionada medialmente de forma que as patelas estejam centralizadas nos sulcos trocleares (Rendano e Ryan, 1985; Brass, 1989; Henry, 1992; Allan e Davies, 2018). Na imagem radiográfica deve estar incluso as duas últimas vertebrae lombares, até a articulação do joelho, com a pélvis simetricamente posicionada (Rendano e Ryan, 1985; Brass, 1989; Allan e Davies, 2018). O posicionamento correto permite detectar pequenas diferenças na conformação anatômica de cada raça e evitar falsos positivos (Brass, 1989).

No exame radiográfico de pacientes com DCF podem ser observadas alterações no acetábulo, na cabeça e colo femorais (Henry, 1992; Allan e Davies, 2018). As mudanças observadas são dependentes da idade em que a instabilidade articular ocorre e da gravidade da instabilidade (Brass, 1989; Henry, 1992). As alterações radiográficas do acetábulo incluem: arrasamento do acetábulo, remodelamento da borda craniodorsal, formação de osso na borda craniodorsal, achatamento da borda cranial e preenchimento da fossa acetabular com osso (Henry, 1992; Mayhew et al., 2002; Allan e Davies, 2018). Na cabeça do fêmur dentre as alterações radiográficas pode-se destacar a mudança na posição em cães jovens, perda do formato esférico, formação de osso na borda articular e no colo femoral a formação de osso no local de fixação da cápsula articular é visualizado como um anel radiopaco (linha de Morgan) (Henry, 1992; Mayhew et al., 2002; Allan e Davies, 2018).

A gravidade da displasia coxofemoral é classificada em diferentes graus nos diferentes sistemas adotados em cada país (Brass, 1989). O sistema de classificação da *Orthopedic Foundation for Animals* (OFA) - EUA classifica radiograficamente a DCF em sete graduações (Henry, 1992; Flückiger, 2007). A articulação é classificada como normal nas graduações “excelente”, “bom” e “quase normal” e displásico nas graduações “leve”, “moderado” e “grave” (Brass, 1989; Henry, 1992; Flückiger, 2007; Schulz, 2013). A OFA considera a idade mínima de 24 meses para a classificação radiográfica da articulação coxofemoral (Brass, 1989).

2.1.4 *Tratamentos não cirúrgicos*

O tratamento da DCF pode ser dividido em cirúrgico e manejo não cirúrgico (Smith et al., 2012; Schulz, 2013; Davidson e Kerwin, 2014). O tratamento cirúrgico inclui sinfisiodesse púbica juvenil, osteotomia pélvica tripla, osteotomia da cabeça e colo femorais e prótese total de quadril (Berzon et al., 1980; Bernardé, 2010; Anderson, 2011; Borostyankoi et al., 2013). O manejo não cirúrgico geralmente envolve uma abordagem multimodal, o qual inclui mudança na rotina de atividade física, redução de peso por meio de controle da alimentação, controle de dor e modulação farmacológica da doença articular (Barr et al., 1987; Impellizeri et al., 2000; Teixeira et al., 2016; Vilar et al., 2016).

A escolha do tratamento deve ser efetuada com base no caso individual de cada paciente, na expectativa do tutor, na condição física do paciente, na disponibilidade financeira do tutor, na experiência do cirurgião, no comportamento do paciente e na resposta ao tratamento não cirúrgico (Kirkby e Lewis, 2011; Schulz, 2013). Cabe ao médico veterinário apresentar as opções disponíveis e dar assistência ao tutor na escolha do tratamento mais apropriado para o bem-estar do paciente (Kirkby e Lewis, 2011).

A obesidade é um fator importante de risco para o desenvolvimento de osteoartrite, além de contribuir para a evolução dos sintomas associados à DAD em pacientes humanos (Felson e Chaisson, 1997; Cooper et al., 1998; Oliveria et al., 1999). Estudos em cães demonstraram que o controle do consumo calórico, durante a fase de crescimento, reduziu ou retardou o aparecimento dos sinais radiográficos de DAD na articulação coxofemoral (Kealy et al., 1997; Smith et al., 2006). A redução de peso também teve efeito benéfico em um estudo com cães com sobrepeso e que apresentavam claudicação associada à DAD da articulação coxofemoral; a redução de 11% a 18% do peso inicial mostrou redução da claudicação (Impellizeri et al., 2000).

Diversas pesquisas têm focado em alterar os processos moleculares que levam a lesão da cartilagem articular, por meio da inibição de etapas na cascata inflamatória, ou administração de substâncias que restauram a matriz da cartilagem para o tratamento da DAD associada à DCF (De Haan et al., 1994; Fujiki et al., 2007). Estudos envolvendo a aplicação de glicosaminoglicanos, antioxidantes, plasma rico em plaquetas, células tronco

mesenquimais e até mesmo “shockwave” têm mostrado melhora nos sinais de dor e claudicação nas avaliações subjetiva (questionários e escalas de claudicação) e objetiva (análise cinética), em pacientes com DAD da articulação coxofemoral (De Haan et al., 1994; Impellizeri et al., 1998; Mueller et al., 2007; Upchurch et al., 2016; Vilar et al., 2016).

A dor associada à DAD é um dos principais sinais clínicos observada em cães diagnosticados com DCF (Smith et al., 2012; Schulz, 2013). Portanto, o tratamento medicamentoso se faz necessário como tratamento inicial (antes do tratamento definitivo ou do início do efeito de outras terapias), de resgate (quando o paciente está sendo tratado mas apresenta episódios esporádicos de dor), ou contínuo (como adjuvante de outras terapias ou manutenção do controle de dor) (Mansa et al., 2007; Payne-Johnson et al., 2014). Os analgésicos, como o cloridrato de tramadol, ou anti-inflamatórios, como o carprofeno, têm sido estudados e mostrado resultados satisfatórios como opções no controle da dor (Malek et al., 2012; Teixeira et al., 2016).

A fisioterapia, as terapias preventivas e a reabilitação têm como principal objetivo proporcionar uma melhora nos componentes muscular e esquelético da articulação coxofemoral, a fim de reduzir a dor e desacelerar o processo de DAD (Dycus et al., 2017). O bom funcionamento dos grupos musculares do quadril é importante na habilidade de caminhar, na simetria da locomoção e na prevenção da DAD (Edge-Hughes, 2007). A prática de exercícios como caminhada com a guia curta, caminhada em hidro-esteira, exercício de sentar e levantar e caminhada em plano inclinado são indicados para ganho de força muscular, controle e coordenação motora (Edge-Hughes, 2007). O objetivo da fisioterapia em cães com DAD associada à DCF é principalmente o alívio da dor associada ao espasmo muscular, o qual pode ser alcançado com modalidades como o ultrassom, o laser, o campo eletromagnético pulsado, a estimulação neuromuscular transcutânea, a compressa fria e a massagem, a quais aumentam a tolerância à dor e estimulam a liberação de endorfinas (Edge-Hughes, 2007; Millis e Ciuperca, 2015; Dycus et al., 2017).

2.2 Vibração de corpo inteiro

A vibração de corpo inteiro (VCI) tem sido estudada há algumas décadas em humanos (Rauch et al., 2010). Na década de 1970, o Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional nos Estados Unidos identificou alguns tipos de VCI, encontrados em diversas situações de trabalho, e as possíveis implicações para saúde e segurança da exposição à vibração industrial (Wasserman e Badger, 1973). Nas décadas seguintes a VCI começou a ser amplamente estudada na tentativa de entender os seus efeitos e mecanismos (Meister et al., 1984; Pope et al., 1990; Rothmuller e Cafarelli, 1995; Bosco et al., 1999; Cardinale e Wakeling, 2005). Contudo, foi especialmente durante os anos 2000 que os benefícios terapêuticos da VCI em pacientes humanos começaram a ser pesquisados.

O uso das plataformas vibratórias e seus diversos benefícios em pacientes humanos têm sido descritos por diversos estudos, os quais incluem aumento da força muscular (Bosco et al., 1999; Cardinale e Lim, 2003; Roelants et al., 2006), melhora na performance de exercícios (Rønnestad, 2004; Annino et al., 2007), melhora no equilíbrio e mobilidade funcional (Runge et al., 2000; Bautmans et al., 2005), entre outros. Apesar da VCI estar sendo estudada e aplicada em muitas terapias em pacientes humanos, existem apenas alguns poucos estudos das aplicações da VCI como modalidade terapêutica em animais (Carstanjen et al., 2010; Carstanjen et al., 2013; Freire et al., 2015; Halsberghe, 2016; Santos et al., 2017a; Halsberghe et al., 2017).

Alguns estudos têm mostrado que a VCI entre 10 e 15 minutos por sessão com frequências de 15 a 50 Hz não apresentaram efeitos deletérios no índice de resistividade renal em cães e nos parâmetros hematológicos e bioquímicos em cães e cavalos (Carstanjen et al., 2013; Freire et al., 2015; Santos et al., 2017b). Alguns efeitos terapêuticos da VCI em animais têm sido descritos, bem como uma melhora na claudicação em cavalos e em um bezerro tratado por até 30 dias com VCI (Carstanjen et al., 2010; Halsberghe, 2016). Além disso, um significativo resultado em simetria e hipertrofia muscular foi observado em cavalos com dor na coluna (Halsberghe et al., 2017).

Por outro lado, a VCI pode não promover nenhum benefício, ou mesmo malefícios, como observado em dois estudos em efeito imediato depois de

sessões de VCI, que não apresentaram diferenças significativas nos membros pélvicos de cavalos com claudicação e na temperatura nos pés de pinguins com pododermatite (Halsberghe, 2016; Santos et al., 2016).

2.3 Avaliação muscular

2.3.1 Mensuração da circunferência do membro

A avaliação da massa muscular é importante para identificar alterações e para acompanhar o resultado da reabilitação do sistema musculoesquelético (Reeves et al., 2004; Millis e Ciuperca, 2015). Diversas doenças podem induzir hipotrofia muscular por desuso ou neurogênica, como doenças ortopédicas (displasia coxofemoral ou de cotovelo), doenças neurológicas central ou periférica (síndrome da cauda equina ou doença do disco intervertebral), ou ainda após tratamentos cirúrgicos (Fry e Clark, 1992; Millis e Ciuperca, 2015). A fisioterapia e a reabilitação têm sido desenvolvidas para manter e melhorar a massa muscular, a função e a força dos músculos (Edge-Hughes, 2007; Dycus et al., 2017).

Um instrumento ideal para a avaliação da massa muscular deve ser objetivo, fácil de aplicar, barato e não invasivo (Sakaeda e Shimizu, 2016). A mensuração da circunferência do membro tem sido frequentemente usada, tanto em pacientes humanos quanto em cães, como uma forma indireta de mensurar mudanças da massa muscular ao longo do tempo (Doxey, 1987a; Doxey, 1987b; Jarvela et al., 2002). Esse método tem sido aplicado na detecção de hipotrofia muscular por desuso, após afecções ortopédicas, e subsequente resposta ao tratamento cirúrgico e ou fisioterápico (Gordon-Evans et al., 2011; Eskelinen et al., 2012; Gordon-Evans et al., 2013; McCarthy et al., 2018).

As variações entre o posicionamento anatômico da fita métrica, a falta de familiarização com o equipamento e as diferenças no posicionamento do paciente podem contribuir para inconsistência dos resultados (Baker et al., 2010; Smith et al., 2013; Bascuñán et al., 2016). Um estudo prévio observou consistência e confiabilidade nos resultados da comparação de quatro equipamentos comerciais de mensuração da circunferência do membro (Baker et al., 2010).

Por outro lado, foram relatadas inconsistências e baixa confiabilidade nos resultados da mensuração da circunferência do membro com variações entre medidas pelo mesmo observador e entre observadores (Smith et al., 2013; Bascuñán et al., 2016). Portanto, a padronização da técnica, posicionamento, o equipamento utilizado, o tamanho da cobertura de pelo e a repetição pelo mesmo avaliador podem minimizar variabilidade dos resultados (Baker et al., 2010; McCarthy et al., 2018).

2.3.2 *Ultrassonografia da musculatura*

Os métodos práticos que têm sido aplicados na avaliação dos músculos em cães incluem a mensuração da circunferência do membro e o exame radiográfico (Baker et al., 2010; Millis e Ciuperca, 2015). Contudo, esses métodos podem ser imprecisos e inconsistentes, ou falhos na diferenciação do músculo em relação ao tecido adiposo e osso (Millis e Ciuperca, 2015; Bascuñán et al., 2016).

Técnicas diagnósticas avançadas de imagem como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética, têm sido estudadas na medicina para avaliar massa muscular (Marquis et al., 2002; Reeves et al., 2004; Mathur et al., 2008). No entanto, a exposição repetida à radiação ionizante, alto custo, acesso limitado aos equipamentos, longo tempo necessário para realizar os exames e a necessidade de submeter os cães a anestesia geral são fatores considerados limitantes ao uso dessas técnicas (Sage e Gavin, 2016).

O ultrassom tem sido aplicado com sucesso para medir o tamanho e a espessura dos músculos em humanos e cães, bem como para a avaliação de doenças musculoesqueléticas em humanos e equinos (Mortari et al., 2005; Fukumoto et al., 2012; Skeie et al., 2015; Cook, 2016). As mudanças no tamanho do músculo são usadas como índice de fraqueza ou hipotrofia muscular, ou ainda de fortalecimento e hipertrofia em pacientes humanos (Marquis et al., 2002; Reeves et al., 2004).

A ultrassonografia em tempo real modo B é um método adequado para avaliação da espessura muscular e permite a diferenciação do tecido adiposo e muscular em humanos, assim como a tomografia e a ressonância magnética (Fukumoto et al., 2012). Adicionalmente, a ultrassonografia é uma técnica não invasiva e aplicável na área clínica que apresenta também maior

disponibilidade, rapidez no procedimento, custo mais acessível e permite avaliações seriadas sem uso de anestesia (Cook, 2016; Sakaeda e Shimizu, 2016). As estruturas que geralmente são avaliadas com ultrassom do sistema musculoesquelético incluem tendões, ligamentos, músculos e superfície óssea (Cook, 2016).

A maioria dos músculos tem características hipoecóicas com finas estriações longitudinais hiperecóicas (Cannon e Puchalski, 2008; Cook, 2016). O exame de ultrassom da musculatura pode ser limitado pela profundidade da estrutura, da sobreposição de estruturas ósseas e pela experiência do ultrassonografista (Cook, 2016). Estudos comparando a mensuração dos músculos entre a ultrassonografia e a ressonância magnética ou a tomografia computadorizada revelaram resultados promissores da mensuração da musculatura com o exame de ultrassom (Sakaeda e Shimizu, 2016; Bullen et al., 2017). Um estudo recente mostrou que a ultrassonografia é uma ferramenta útil para avaliação da espessura da musculatura da região femoral em cães, particularmente os músculos quadríceps femoral, bíceps femoral e sartório (Sakaeda e Shimizu, 2016).

2.3.3 Eletromiografia de superfície

A locomoção dos animais se deve a integração dos sistemas ósseo e muscular sob o controle do sistema nervoso (Tokuriki, 1973). Diversos métodos têm sido estudados e usados para a análise da locomoção em cães com o objetivo diferenciar a deambulação normal e anormal (Clark et al., 2014; Vassalo et al., 2015). A avaliação visual da locomoção, análise cinética e análise cinemática tem permitido caracterizar a deambulação fisiológica e patológica; e observar como as doenças ortopédicas afetam biomecanicamente a locomoção (Bockstahler et al., 2009).

Para melhor entender a biomecânica da locomoção dos cães é essencial compreender a atuação e a atividade dos músculos esqueléticos (Tokuri, 1973; Bockstahler et al., 2009). A eletromiografia (EMG) mensura a ativação muscular pela detecção de sinais elétricos associados com a contração muscular (De Luca, 2006). Existem dois tipos principais de eletrodos usados para detectar a EMG, de superfície (EMGs), onde os eletrodos são aplicados na pele sob o músculo de interesse ou intramuscular (EMGim), que

requer a inserção no músculo de uma agulha acoplada ao eletrodo (De Luca, 2006). A EMGs tem três principais aplicações: indicador do início da atividade muscular, a sua relação com a força produzida com músculo e indicador do processo de fadiga (De Luca, 1997).

Na medicina veterinária, o uso da EMGs como ferramenta para a análise da locomoção ainda tem sido pouco usada, especialmente quando comparada com a literatura em pacientes humanos (Bockstahler et al., 2009; Valentin e Zsoldos, 2016). Dentre as principais razões para a limitação de estudos na veterinária, estão os muitos desafios adicionais que a coleta e a análise dos dados em animais apresentam para os pesquisadores da área (Gomes et al., 2018). Para obtenção de um sinal de qualidade o eletrodo deve estar em contato direto e bem fixado à pele para que as interferências e artefatos sejam minimizados, nos cães o preparo da pele para colocação dos eletrodos pode representar um maior desafio, uma vez que apresentam uma cobertura densa de pelo e uma pele mais oleosa (Valentin e Zsoldos, 2016; Gomes et al., 2018).

Adicionalmente, para se coletar o sinal EMG é necessário que haja uma atividade muscular; em humanos pode se coletar dados a partir de contrações estáticas ou dinâmicas (Farina, 2006). Contudo, em cães se obter a contração voluntária isométrica para a normalização dos dados de EMG é impossível, limitando à análise de contrações dinâmicas, para as quais é preciso que o animal se movimente com precisão e consistência (Valentin e Zsoldos, 2016). Os desafios são ainda maiores para a análise da EMG em contrações dinâmicas que em contrações estáticas (Farina, 2006).

Apesar das dificuldades extras na coleta e análise da EMGs em animais, o número de estudos tem crescido ao longo da última década, sendo a maioria dos estudos em equinos (Cottrill et al., 2008; Harrison et al., 2012; Kienapfel, 2015) e em cães (Bockstahler et al., 2009; Bockstahler et al., 2012; Garcia et al., 2014). A EMGs tem sido usada em animais saudáveis para identificar e caracterizar a atividade muscular em cada grupo muscular durante a contração dinâmica (Bockstahler et al., 2009; Lauer et al., 2009; Breitfuss et al., 2014). Por outro lado, alguns estudos têm tentando avaliar as mudanças na atividade muscular na adaptação biomecânica de cães com afecções ortopédicas (Fischer et al., 2013a; Bockstahler et al., 2012).

2.4 Análise da locomoção

2.4.1 Análise cinética

A análise da locomoção é uma ferramenta importante que permite o médico veterinário clínico e pesquisador avaliar a claudicação, a progressão de doenças ortopédicas e a eficiência de tratamentos médicos e cirúrgicos (Gillette e Angle, 2008; Clark et al., 2014; Vassalo et al., 2015). O método mais usado é a avaliação subjetiva, como a observação visual da locomoção (Quinn et al., 2007).

Durante a avaliação subjetiva, o médico veterinário tem como objetivo observar a deambulação do paciente para diagnosticar afecções ortopédicas e avaliar a progressão ou a resposta ao tratamento (Clark et al., 2014). No entanto, a habilidade humana de detectar e avaliar mudanças sutis durante a locomoção do cão é limitada; mesmo médicos veterinários especialistas são capazes de perceber poucas variáveis por vez (Quinn et al., 2007; Gillette e Angle, 2008). Com o objetivo de melhorar a análise da locomoção, nos últimos 35 anos, muitas ferramentas têm sido desenvolvidas e estudadas para tornar essa análise mais objetiva e reproduzível (Gillette e Angle, 2008; Clark et al., 2014).

A locomoção do cão pode ser avaliada objetivamente utilizando a análise cinética e/ou cinemática. A análise cinética quantifica as forças do ciclo da locomoção (Clark et al., 2014). Os sistemas de análise cinética são capazes de mensurar e avaliar diferentes variáveis, tais como a distribuição de pressão no membro, forças vertical e horizontal, impulso vertical e características têmporo-espaciais (Light et al., 2010; Fischer et al., 2013b).

As ferramentas mais comuns para analisar as variáveis cinéticas são as plataformas de força e de pressão (Clark et al., 2014). As plataformas de pressão têm sido usadas para avaliar as forças de reação do solo (pico de força vertical e impulso vertical) e as características têmporo-espaciais (duração do ciclo de locomoção, tempo da fase de apoio, tempo da fase de balanço, comprimento do passo e velocidade) (Light et al., 2010; Kim et al., 2011). As plataformas de pressão podem ser usadas para avaliar alterações no suporte de peso, acrescentar informações no diagnóstico de claudicação e avaliar a eficácia de tratamentos cirúrgicos e fisioterápico (Weigel et al., 2005).

Diversos fatores podem influenciar nos resultados da análise cinética, tais como a calibração do sistema, a habituação do paciente, a massa corporal do paciente e a velocidade da locomoção (Gillette e Angle, 2008).

As plataformas de pressão têm sido usadas com animais saudáveis com o objetivo de padronizar a coleta de dados, analisar as características das variáveis cinéticas e têmporo-espaciais em cães hígidos, caracterizar as diferenças entre cães de grande e pequeno porte e comparar os resultados entre as plataformas de pressão e força, entre outros (Besancon et al., 2003; Lascelles et al., 2006; Light et al., 2010; Kim et al., 2011). Cães sem alterações na locomoção apresentam simetria entre esquerda/direita nos membros torácicos e pélvicos e maior distribuição de peso nos membros torácicos quando comparado com os membros pélvicos (Lascelles et al., 2006; LeQuang et al., 2009).

A análise cinética da locomoção também tem sido empregada para avaliar cães com afecções ortopédicas, bem como os resultados de tratamentos conservadores e cirúrgicos (Seibert et al., 2012; Vassalo et al., 2015; Vilar et al., 2016). Cães que apresentam claudicação apresentam redução no pico de força vertical e no impulso vertical no membro acometido e o aumento das forças no membro contralateral e no membro ipsilateral, indicando redistribuição de peso para os membros não acometidos (Oosterlinck et al., 2011; Fischer et al., 2013b).

2.4.2 Avaliação visual da claudicação e de dor

A dor é caracterizada como experiência sensorial adversa que resulta em ações motoras protetoras, resultando em mudanças no comportamento na tentativa de reduzir ou evitar o início ou agravamento da resposta sensorial nociceptiva (Hansen, 2003). Quando aplicada à locomoção, o comportamento adotado na tentativa de reduzir ou evitar dor é conhecido como claudicação (Renberg, 2001; Hudson et al., 2004). A claudicação pode ser definida como uma mudança na locomoção normal do cão, a qual pode ter origem em uma condição dolorosa, como a DAD, ou ainda uma disfunção mecânica, como a luxação de patela (Renberg, 2001; Hudson et al., 2004).

A claudicação pode ser utilizada na avaliação da dor; por outro lado, quantificar a claudicação pode ser difícil, até mesmo para médicos veterinários

experientes em análise da locomoção (Renberg, 2001; Quinn et al., 2007; Gillette e Angle, 2008). Nas últimas décadas, sistemas de pontuação vêm sendo desenvolvidos e estudados na tentativa de padronizar e tornar mais objetiva a avaliação da claudicação (Hudson et al., 2004; Quinn et al., 2007).

Os sistemas de pontuação são uma forma subjetiva, porém útil na avaliação clínica da locomoção de cães, em especial quando outras técnicas objetivas, como as plataformas de força ou pressão, não estão disponíveis (Quinn et al., 2007; Oosterlinck et al., 2011). Alguns estudos encontraram boa relação entre as escalas de claudicação e as técnicas objetivas de avaliação da locomoção (Oosterlinck et al., 2011; Upchurch et al., 2016). As escalas de claudicação têm sido aplicadas para avaliar o resultado de tratamentos cirúrgicos e conservadores (Borostyankoi et al., 2003; Black et al., 2007; Upchurch et al., 2016; Vilar et al., 2016).

Outros sinais clínicos como mudanças na postura, vocalização, relutância em se mover, brincar ou correr, e relutância em subir escadas, nos móveis, como por exemplo, sofá ou cama, ou no carro, podem ser observados em cães com dor musculoesquelética (Brown et al., 2007; Hielm-Björkman et al., 2009; Vilar et al., 2016). O médico veterinário fica limitado a avaliar a locomoção do paciente dentro do consultório médico, onde muitas vezes não é possível observar todos os sinais clínicos referentes a dor (Brown et al., 2013). Portanto, a avaliação do proprietário quanto ao paciente na rotina diária pode acrescentar importantes informações na avaliação de dor (Hudson et al., 2004; Brown et al., 2007; Brown et al., 2013).

Os questionários têm sido desenvolvidos e estudados como um instrumento de avaliação, que procura acessar a percepção dos proprietários quanto à dor dos cães (Wiseman-Orr et al., 2006; Brown et al., 2007; Brown et al., 2008; Brown et al., 2013; Vilar et al., 2016). Esses questionários geralmente são aplicados para avaliar resultados e a evolução de diferentes tratamentos de cães com dor crônica associada à DAD (Hielm-Björkman et al., 2009; Teixeira et al., 2016; Upchurch et al., 2016; Vilar et al., 2016).

3 REFERÊNCIAS*

- Allan G, Davies S. Radiographic Signs of Joint Disease in Dogs and Cats. In: Thrall DE. (ed.) *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. 7^a ed. Missouri, USA: Elsevier; 2018. p. 403-433.
- Anderson A. Treatment of hip dysplasia. *Journal of Small Animal Practice*. 2011;52: 182-189.
- Annino G, Padua E, Castagna C, Di Salvo V, Minichella S, Tsarpela O, Manzi V, D'Ottavio S. Effect of whole-body vibration training on lower limb performance in selected high-level ballet students. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2007;21(4): 1072-1076.
- Baker SG, Roush JK, Unis MD, Wodiske T. Comparison of four commercial devices to measure limb circumference in dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2010;6: 406-410.
- Barr ARS, Denny HR, Gibbs C. Clinical hip dysplasia in growing dogs: the long-term results of conservative management. *Journal of Small Animal Practice*. 1987;28: 243-252.
- Bascuñán AL, Kieves N, Goh C, Hart J, Regier P, Rao S, Foster S, Palmer R, Duerr FM. Evaluation of factors influencing thigh circumference measurement in dogs. *Veterinary Evidence*. 2016;11(2): 1-13.
- Bautmans I, van Hees E, Lemper J-C, Mets T. The feasibility of whole-body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. *BioMed Central Geriatrics*. 2005;5(17): 1-8.
- Bernardé A. Juvenile pubic symphysiodesis and juvenile pubic symphysiodesis associated with pectineus myotomy: short-term outcome in 56 dysplastic puppies. *Veterinary Surgery*. 2010;39: 158-164.
- Berzon JL, Howard PE, Covell SJ, Trotter EJ, Dueland R. A retrospective study of the efficacy of femoral head and neck excisions in 94 dogs and cats. *Veterinary Surgery*. 1980;9(3): 88-92.
- Besancon MF, Conzemius MG, Derrick TR, Ritter MJ. Comparison of vertical forces in normal greyhounds between force platform and pressure walkway

measurement systems. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2003;16: 153-157.

Black LL, Gaynor J, Gahring D, Adams C, Aron D, Harman S, Gingerich DA, Harman R. Effect of adipose-derived mesenchymal stem and regenerative cells on lameness in dogs with chronic osteoarthritis of the coxofemoral joints: a randomized, double-blinded, multicenter, controlled trial. *Veterinary Therapeutics Archive*. 2007;8(4): 272-284.

Bockstahler BB, Gesky R, Mueller M, Thalhammer JG, Podregar I. Correlation of Surface Electromyography of the Vastus Lateralis Muscle in Dogs at a Walk with Joint Kinematics and Ground Reaction Forces. *Veterinary Surgery*. 2009; 38:754–761.

Bockstahler BB, Kräutle C, Holler P, Kotschwar A, Vobornik A, Peham C. Pelvic limb kinematics and surface electromyography of the vastus lateralis, biceps femoris, and gluteus medius muscle in dogs with hip osteoarthritis. *Veterinary Surgery*. 2012; 41:54–62.

Borostyankoi F, Rooks RL, Kobluk CN, Reed AL, Littledike ET. Results of single-session bilateral triple pelvic osteotomy with an eight-hole iliac bone plate in dogs: 95 cases (1996–1999). *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2003;222(1): 54–59.

Bosco C, Colli R, Introini E, Cardinale M, Tsarpela O, Madella A, Tihanyi J, Viru A. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*. 1999;19(2): 183-187.

Brass W. Hip Dysplasia in dogs. *Journal of Small Animal Practice*. 1989;30: 166-170.

Breitfuss K, Franz M, Peham C, Bockstahler BB. Surface electromyography of the vastus lateralis, biceps femoris, and gluteus medius muscle in sound dogs during walking and specific physiotherapeutic exercises. *Veterinary Surgery*. 2014; 1–8.

Brown DC, Bell M, Rhodes L. Power of treatment success definitions when the Canine Brief Pain Inventory is used to evaluate carprofen treatment for the control of pain and inflammation in dogs with osteoarthritis. *American Journal of Veterinary Research*. 2013;74(12): 1467-1473.

- Brown DC, Boston RC, Coyne JC, Farrar JT. Development and psychometric testing of an instrument designed to measure chronic pain in dogs with osteoarthritis. *American Journal of Veterinary Research*. 2007;68(6): 631–637.
- Brown DC, Boston RC, Coyne JC, Farrar JT. Ability of the Canine Brief Pain Inventory to detect response to treatment in dogs with osteoarthritis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2008;233(8): 1278–1283.
- Budras K-D, McCarthy PH, Fricke W, Richter R. *Anatomy of the Dog*. 5^a ed. Hannover, Germany: Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co; 2007. p. 62-86.
- Bullen LE, Evola MG, Griffith EH, Seiler GS, Saker KE. Validation of ultrasonographic muscle thickness measurements as compared to the gold standard of computed tomography in dogs. *Peer Journal*. 2017;5: 1-13.
- Cannon MS, Puchalski SM. ultrasonographic evaluation of normal canine iliopsoas muscle. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2008;49(4): 378-382.
- Cardinale M, Lim J. Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2003;17(3): 621-624.
- Cardinale M, Wakeling J. Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *British Journal of Sports Medicine*. 2005;39: 585–589.
- Carstanjen B, Pennecke J, Boehart S, Müller KE. Unilateral polydactylism in a German Holstein-Friesian calf - A case report. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*. 2010;40(1): 69-74.
- Castanjen B, Balali M, Gajewski Z, Furmanczyk K, Bondzio A, Remy B, Hartmann H. Short-term whole-body vibration exercise in adult healthy horses. *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2013;16(2): 403–405.
- Clark K, Caraguel C, Leahey L, Béraud R. Evaluation of a novel accelerometer for kinetic gait analysis in dogs. *Canadian Journal of Veterinary Research*. 2014;78: 226–232.
- Cook CR. Ultrasound imaging of the musculoskeletal system. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2016;46: 355-371.
- Cooper C, Inskip H, Croft P, Campbell L, Smith G, McLaren M, Coggon D. Individual risk factors for hip osteoarthritis: obesity, hip injury, and physical activity. *American Journal of Epidemiology*. 1998;147(6): 516-522.

Cottrill S, Rituechai P, Wakeling J. The effects of training aids on the longissimus dorsi in the equine back. *Comparative Exercise Physiology*. 2008;5(3–4):111–114.

Davidson JR, Kerwin S. Common orthopedic conditions and their physical rehabilitation. In: Millis DL, Levine D. (eds.) *Canine rehabilitation and physical therapy*. 2nd edition. Philadelphia, USA: Elsevier Saunders; 2014. p. 543–81.

De Haan JJ, Goring RL, Beale BS. Evaluation of polysulfated glycosaminoglycans for the treatment of hip dysplasia in dogs. *Veterinary Surgery*. 1994;23: 177-181.

De Luca, C.J. Electromyography. In: Webster JG (ed.) *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*. New Jersey, USA: John Wiley Publisher; 2006. p. 98-109.

De Luca CJ. The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*. 1997; 13:135-163.

Demko J, McLaughlin R. Developmental Orthopedic Disease. *Veterinary Clinics Small Animal Practice*. 2005;35: 1111–1135.

Doxey GE. Assessing quadriceps femoris muscle bulk with-girthmeasurements in subjects with patellofemoral pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1987a;8(9): 177-183.

Doxey GE. The Association of anthropometric measurements of thigh size and B-mode ultrasound scanning of muscle thickness. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1987b;8(9): 462-468.

Dyce KM, Wensing CJG. The Locomotor Apparatus. In: Dyce KM, Wensing CJG. (eds.) *Textbook of veterinary anatomy*. 4^a ed. Missouri, USA: Elsevier; 2010. p. 32-99.

Dycus DL, Levine D, Marcellin-Little DJ. Physical rehabilitation for the management of canine hip dysplasia. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2017;47: 823-850.

Edge-Hughes L. Hip and sacroiliac disease: selected disorders and their management with physical therapy. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*. 2007;22: 183-194.

Eskelinen EV, Liska WD, Hyytiäinen HK, Hielm-Björkman A. Canine total knee replacement performed due to osteoarthritis subsequent to distal femur fracture

osteosynthesis two-year objective outcome. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 2012;5: 427-432.

Evans H, de Lahunta A. The Skeletal and Muscular Systems. In: Evans H, de Lahunta A. (eds.) *Guide to the Dissection of the Dog*. 7^a ed. Missouri, USA: Elsevier; 2010. p. 6-92.

Evans H, de Lahunta A. The Skeleton. In: Evans H, de Lahunta A. (eds.) *Miller's anatomy of the dog*. 4^a ed. Missouri, USA: Elsevier; 2013a. p. 141-157.

Evans H, de Lahunta A. Arthrology. In: Evans H, de Lahunta A. (eds.) *Miller's anatomy of the dog*. 4^a ed. Missouri, USA: Elsevier; 2013b. p. 176-177.

Farina D. Interpretation of the surface electromyogram in dynamic contractions. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2006; 34(3):121-127.

Felson DT, Chaisson CE. Understanding the relationship between body weight and osteoarthritis. *Baillière's Clinical Rheumatology*. 1997;11(4): 671-681.

Fischer S, Nolte I, Schilling N. Adaptations in muscle activity to induced, short-term hindlimb lameness in trotting dogs. *PLoS ONE*. 2013a; 8(11): e80987.

Fischer S, Anders A, Nolte I, Schilling N. Compensatory load redistribution in walking and trotting dogs with hind limb lameness. *The Veterinary Journal*. 2013b;197: 746–752.

Flückiger M. Scoring radiographs for canine Hip Dysplasia - The big three organisations in the world. *European Journal of Companion Animal Practice*. 2007;17(2): 135-140.

Freire L, Rahal SC, Santos IFC, Teixeira CR, Inamassu LR, Mamprim MJ. Renal resistive index of adult healthy dogs submitted to short-term whole-body vibration exercise. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2015;10(11): 797-802.

Fries CL, Remedios AM. The pathogenesis and diagnosis of canine hip dysplasia: A review. *The Canadian Veterinary Journal*. 1995;36: 494-502.

Fry TR, Clark DM. Canine hip dysplasia: clinical signs and physical diagnosis. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1992;22(3): 551-558.

Fujiki M, Shineha J, Yamanokuchi K, Misumi K, Sakamoto H. Effects of treatment with polysulfated glycosaminoglycan on serum cartilage oligomeric matrix protein and C-reactive protein concentrations, serum matrix

metalloproteinases 2 and 9 activities, and lameness in dogs with arthritis. *American Journal of Veterinary Research*. 2007;68(8): 827–833.

Fukumoto Y, Ikezoe T, Yamada Y, Tsukagoshi R, Nakamura M, Mori N, Kimura M, Ichihashi N. Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. *European Journal of Applied Physiology*. 2012;112: 1519-1525.

Garcia TC, Sturges BK, Stover SM, Aoki K, Liang JM, Reinhardt KB, Kapatkin AS. Forelimb brachial muscle activation patterns using surface electromyography and their relationship to kinematics in normal dogs walking and trotting. *Comparative Exercise Physiology*. 2014;10(1):13–22.

Gillette RL, Angle TC. Recent developments in canine locomotor analysis: A review. *The Veterinary Journal*. 2008;178: 165–176.

Ginja MMD, Gonzalo-Orden JM, Melo-Pinto P, Bulas-Cruz J, Orden MA, San Roman F, Llorens-Pena MP, Ferreira AJA. Early hip laxity examination in predicting moderate and severe hip dysplasia in Estrela mountain dog. *Journal of Small Animal Practice*. 2008;49: 641–646.

Gomes MVF, Santos IFC, Rahal SC, Camargo BWDF, Santos AL, Gois FMD. Challenges in surface electromyography in Dogs. *Anais do V Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia e X Simpósio de Engenharia Biomédica*. 2018; 988-989.

Gordon-Evans WJ, Dunning D, Johnson AL, Knap KE. Effect of the use of carprofen in dogs undergoing intense rehabilitation after lateral fabellar suture stabilization. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2011;239(1): 75-80.

Gordon-Evans WJ, Griffon DJ, Bubbs C, Knap KM, Sullivan M, Evans RB. Comparison of lateral fabellar suture and tibial plateau leveling osteotomy techniques for treatment of dogs with cranial cruciate ligament disease. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2013;243(5): 675-681.

Halsberghe BT. Long-term and immediate effects of whole-body vibration on chronic lameness in the horse: a pilot study. *Journal of Equine Veterinary Science*. 2016;20: 1–8.

Halsberghe BT, Gordon-Ross P, Peterson R. Whole body vibration affects the cross-sectional area and symmetry of the m. multifidus of the thoracolumbar spine in the horse. *Equine Veterinary Education*. 2017;29(9): 493-499.

- Hansen BD. Assessment of pain in dogs: veterinary clinical studies. *Institute for Laboratory Animal Research Journal*. 2003;44(3): 197-204.
- Harrison SM, Whitton RC, King M, Haussler KK, Kawcak CE, Stover SM, Pandy MG. Forelimb muscle activity during equine locomotion. *Journal of Experimental Biology*. 2012;215 (17):2980–2991.
- Henry GA. Radiographic development of canine hip dysplasia. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1992;22(3): 559-578.
- Hermanson JW. The Muscular System. In: Evans H, de Lahunta A. (eds.) *Miller's anatomy of the dog*. 4^a ed. Missouri, USA: Elsevier; 2013. p. 185-280.
- Hielm-Björkman AK, Rita H, Tulamo R-M. Psychometric testing of the Helsinki chronic pain index by completion of a questionnaire in Finnish by owners of dogs with chronic signs of pain caused by osteoarthritis. *American Journal of Veterinary Research*. 2009;70(6): 727-734.
- Hudson JT, Slater MR, Taylor L, Scott HM, Kerwin SC. Assessing repeatability and validity of a visual analogue scale questionnaire for use in assessing pain and lameness in dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2004;65(12):1634-1643.
- Impellizeri JA, Lau RE, Azzara F. Fourteen weeks clinical evaluation of an oral antioxidant as a treatment for osteoarthritis secondary to canine hip dysplasia. *Veterinary Quarterly*. 1998;20(Supp. 1): 107-108.
- Impellizeri JA, Tetrack MA, Muir P. Effect of weight reduction on clinical signs of lameness in dogs with hip osteoarthritis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2000;216: 1089-1091.
- Järvelä T, Kannus P, Latvala K, Järvinen M. Simple measurements in assessing muscle performance after an ACL reconstruction. *International Journal of Sports Medicine*. 2002;23: 196-201.
- Kealy RD, Lawler DF, Ballam JM, Lust G, Smith GK, Biery DN, Olsson SE. Five-year longitudinal study on limited food consumption and development of osteoarthritis in coxofemoral joints of dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1997;210(2): 222-225.
- Kienapfel K. The effect of three different head-neck positions on the average EMG activity of three important neck muscles in the horse. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2015;99(1):132–138.

- Kim J, Kazmierczak KA, Breur GJ. Comparison of temporospatial and kinetic variables of walking in small and large dogs on a pressure-sensing walkway. *American Journal of Veterinary Research*. 2011;72(9): 1171-1177.
- King MD. Etiopathogenesis of canine hip dysplasia, prevalence, and genetics. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2017;47(4): 753-767.
- Kirkby KA, Lewis DD. Canine hip dysplasia: reviewing the evidence for nonsurgical management. *Veterinary Surgery*. 2012;41: 2-9.
- Lascelles BDX, Roe SC, Smith E, Reynolds L, Markham J, Marcellin-Little D, Bergh MS, Budsberg SC. Evaluation of a pressure walkway system for measurement of vertical limb forces in clinically normal dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2006;67(2): 277-282.
- Lauer SK, Hillman RB, Li L, Hosgood GL. Effects of treadmill inclination on electromyographic activity and hind limb kinematics in healthy hounds at a walk. *American Journal of Veterinary Research*. 2009;70: 658–664.
- LeQuang T, Maitre P, Roger T, Viguier E. Is a pressure walkaway system able to highlight a lameness in dog? *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2009;8(10): 1936-1944.
- Liebich H-G, König HE, Maierl J. Hindlimb or pelvic limb (membra pelvina). In: König HE, Liebich H-G. *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals*. Stuttgart, Germany: Schattauer GmbH; 2004. p. 197-256.
- Light VA, Steiss JE, Montgomery RD, Rumph PF, Wright JC. Temporal-spatial gait analysis by use of a portable walkway system in healthy Labrador Retrievers at a walk. *American Journal of Veterinary Research*. 2010;71(9): 997-1002.
- Malek S, Sample SJ, Schartz Z, Nemke B, Jacobson PB, Cozzi EM, Schaefer SL, Bleedorn JA, Holzman G, Muir P. Effect of analgesic therapy on clinical outcome measures in a randomized controlled trial using client-owned dogs with hip osteoarthritis. *BioMed Central Veterinary Research*. 2012;8(185): 1-17.
- Mansa S, Palmér E, Grøndahl C, Lønaas L, Nyman G. Long-term treatment with carprofen of 805 dogs with osteoarthritis. *Veterinary Record*. 2007;160: 427-430.
- Marquis K, Debigaré R, Lacasse Y, LeBlanc P, Jobin J, Carrier G, Maltais F. Midthigh muscle cross-sectional area is a better predictor of mortality than body

- mass index in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2002;166: 809-813.
- Mathur S, Takai KPR, MacIntyre DL, Reid D. Estimation of thigh muscle mass with magnetic resonance imaging in older adults and people with chronic obstructive pulmonary disease. *Physical Therapy*. 2008;88(2): 219-230.
- Mayhew PD, McKelvie PJ, Biery DN, Shofer FS, Smith GK. Evaluation of a radiographic caudolateral curvilinear osteophyte on the femoral neck and its relationship to degenerative joint disease and distraction index in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2002;220(4): 472-476.
- McCarthy DA, Millis DL, Levine D, Weigel JP. Variables affecting thigh girth measurement and observer reliability in dogs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2018;5: 1-8.
- Meister A, Brauer D, Kurerova NN, Metz A-M, Mucke R, Rothe R, Seidel H, Starozuk IA, Suvorov GA. Evaluation of responses to broad-band whole-body vibration. *Ergonomics*. 1984;27(9): 959-980.
- Millis DL, Ciuperca IA. Evidence for canine rehabilitation and physical therapy. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2015;45: 1-27.
- Mortari AC, Rahal SC, Resende LAL, Dal-pai-silva M, Mamprim MJ, Corrêa MA, Antunes SHS. Electromyographical, ultrasonographical and morphological modifications in semitendinous muscle after transposition as ventral perineal muscle flap. *Journal of Veterinary Medicine Series A*. 2005;52: 359-365.
- Mueller M, Bockstahler B, Skalicky M, Mlacnik E, Lorinson D. Effects of radial shockwave therapy on the limb function of dogs with hip osteoarthritis. *Veterinary Record*. 2007;160: 762-765.
- Oliveria SA, Felson DT, Cirillo PA, Reed JI, Walker AM. Body weight, body mass index and incident symptomatic osteoarthritis of the hand, hip and knee. *Epidemiology*. 1999;10: 161-166.
- Oosterlinck M, Bosmans T, Gasthuys F, Polis I, Van Ryssen B, Dewulf J, Pille F. Accuracy of pressure plate kinetic asymmetry indices and their correlation with visual gait assessment scores in lame and nonlame dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2011;72(6): 820-825.
- Payne-Johnson M, Becskei C, Chaudhry Y, Stegemann MR. Comparative efficacy and safety of mavacoxib and carprofen in the treatment of canine osteoarthritis. *Veterinary Record*. 2015;176(11): 1-6.

- Pope MH, Magnusson M, Lindell V, Svensson M, Andersson GBJ. The measurement of oxygen uptake under whole body vibration. *The Iowa Orthopaedic Journal*. 1990;10: 85-88.
- Prieur WD. Coxarthrosis in the Dog Part I: Normal and abnormal biomechanics of the hip joint. *Veterinary Surgery*. 1980;9(4): 145-149.
- Quinn MM, Keuler NS, Lu Y, Faria MLE, Muir P, Mark D, Markel MD. Evaluation of agreement between numerical rating scales, visual analogue scoring scales, and force plate gait analysis in dogs. *Veterinary Surgery*. 2007;36: 360–367.
- Rauch F, Sievanen H, Boonen S, Cardinale M, Degens H, Felsenberg D, Roth J, Schoenau E, Verschueren S, Rittweger J. Reporting whole-body vibration intervention studies: recommendations of the international society of musculoskeletal and neuronal interactions. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*. 2010;10(3): 193-198.
- Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *European Journal of Applied Physiology*. 2004;91: 116-118.
- Renberg WC. Evaluation of the Lamé Patient. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2001;31(1): 1-16.
- Rendano VT, Ryan G. Canine hip dysplasia evaluation: a positioning and labelling guide for radiographs to be submitted to the Orthopedic Foundation for Animals. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 1985;26(6): 170-186.
- Roelants M, Verschueren SM, Delecluse C, Levin O, Stijnen V. Whole-body vibration-induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2006;20(1): 124-129.
- Rønnestad BR. Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2004;18(4): 839-845.
- Rothmüller C, Cafarelli E. Effect of vibration on antagonist muscle coactivation during progressive fatigue in humans. *The Journal of Physiology*. 1995;485(3): 857-864.
- Runge M, Rehfeld G, Resnick E. Balance training and exercise in geriatric patients. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*. 2000;1: 61-65.

- Sage JE, Gavin P. Musculoskeletal MRI. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2016;46: 421-451.
- Sakaeda K, Shimizu M. Use of B-mode ultrasonography for measuring femoral muscle thickness in dogs. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2016;78(5): 803-810.
- Santos IFC, Rahal SC, Freire L, Teixeira CR, Inamassu LR, Mamprim MJ, Gomes MVF, Tannus FCI. Acute effect of whole-body vibration in a female dog with metritis. *Acta Scientiae Veterinariae*. 2017a;45(Suppl 1): 185.
- Santos IFC, Rahal SC, Shimono J, Tsunemi M, Takahira R, Teixeira CR. Whole-body vibration exercise on hematology and serum biochemistry in healthy dogs. *Topics in Companion Animal Medicine*. 2017b;32: 86–90.
- Santos IFC, Sakata S, Rahal SC, Nascimento CL, Melchert A, Teixeira CR. Plantar thermographic evaluation after short-term whole-body vibration in magellanic penguins with and without bumblefoot. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2016;1(5): 309-313.
- Schulz KS. Afecções Articulares. In: Fossum TW. (ed.) *Cirurgia de Pequenos Animais*. Tradução Manetti A et al. 4ª ed. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier; 2013. p. 1215-1375.
- Seibert R, Marcellin-Little DJ, Roe, SC, DePuy V, Lascelles DX. Comparison of body weight distribution, peak vertical force, and vertical impulse as measures of hip joint pain and efficacy of total hip replacement. *Veterinary Surgery*. 2012;41: 443-447.
- Sisson S. Osteologia do Carnívoro. In: Getty R. (ed.) *Sisson e Grossman Anatomia dos Animais Domésticos*. Tradução Oliveira A. et al. vol. 2, 5ª ed. Rio de Janeiro, Brasil: Guanabara Koogan S. A; 1986a p.1337-1391.
- Sisson S. Articulações dos Equinos. In: Getty R. (ed.) *Sisson e Grossman Anatomia dos Animais Domésticos*. Tradução Oliveira A. et al. vol. 1, 5ª ed. Rio de Janeiro, Brasil: Guanabara Koogan S. A; 1986b p. 324-349.
- Skeie EJ, Borge JA, Leboeuf-Yde C, Bolton J, Wedderkopp N. Reliability of diagnostic ultrasound in measuring the multifidus muscle. *Chiropractic & Manual Therapies*. 2015;23(15): 1-12.
- Smith GK, Gregor TP Rhodes WH, Biery DN. Coxofemoral joint laxity from distraction radiography and its contemporaneous and prospective correlation with laxity, subjective score, and evidence of degenerative joint disease from

conventional hip-extended radiography in dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 1993;54(7): 1021-1042.

Smith GK, Karbe GT, Agnello KA, McDonald-Lynch MB. Pathogenesis, diagnosis, and control of canine hip dysplasia. In: Tobias KM, Jonhson SA. (eds.) *Veterinary Small Animal Surgery*. vol. 1, Missouri, USA: Elsevier; 2012. p. 824-848.

Smith GK, Mayhew PD, Kapatkin AS, McKelvie PJ, Shofer FS, Gregor TP. Evaluation of risk factors for degenerative joint disease associated with hip dysplasia in German Shepherd dogs, Golden Retrievers, Labrador Retrievers, and Rottweilers. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2001;219: 1719–1724.

Smith GK, Paster ER, Powers MY, Lawler DF, Biery DN, Shofer FS, McKelvie PJ, Kealy RD. Life-long diet restriction and radiographic evidence of osteoarthritis of the hip joint in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2006;229: 690-693.

Smith TJ, Baltzer WI, Jelinski SE, Salinardi BJ. Inter- and intratester reliability of anthropometric assessment of limb circumference in Labrador Retrievers. *Veterinary Surgery*. 2013;42: 316-321.

St. Clair LE. Músculos dos Carnívoros. In: Getty R. (ed.) *Sisson e Grossman Anatomia dos Animais Domésticos*. Tradução Oliveira A. et al. vol. 2, 5ª ed. Rio de Janeiro, Brasil: Guanabara Koogan S. A; 1986. p.1416-1441.

Syrcele J. Hip dysplasia clinical signs and physical examination findings. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. 2017;47: 769–775.

Teixeira LR, Luna SPL, Matsubara LM, Cápuia MLB, Santos BPCR, Mesquita LR, Faria LG, Agostinho FS, Hielm-Björkman A. Owner assessment of chronic pain intensity and results of gait analysis of dogs with hip dysplasia treated with acupuncture. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2016;249(9): 1031-1039.

Tokuriki M. Electromyographic and Joint-Mechanical Studies in Quadrupedal Locomotion. *Japanese Journal of Veterinary Science*. 1973; 35:433-446.

Upchurch DA, Renberg WC, Roush JK, Milliken GA, Weiss ML. Effects of administration of adipose-derived stromal vascular fraction and platelet-rich plasma to dogs with osteoarthritis of the hip joints. *American Journal of Veterinary Research*. 2016;77(9): 940-951.

- Valentin S, Zsoldos RR. Surface electromyography in animal biomechanics: A systematic review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2016; 28: 167–183.
- Vassalo FG, Rahal SC, Agostinho FS, Mamprim MJ, Melchert A, Kano WT, Mesquita LR, Doiche DP. Gait analysis in dogs with pelvic fractures treated conservatively using a pressure-sensing walkway. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2015;57(68): 1-7.
- Vilar JM, Cuervo B, Rubio M, Sopena J, Domínguez JM, Santana A, Carrillo JM. Effect of intraarticular inoculation of mesenchymal stem cells in dogs with hip osteoarthritis by means of objective force platform gait analysis: concordance with numeric subjective scoring scales. *BioMed Central Veterinary Research*. 2016;12(223): 1-10.
- Wasserman DE, Badger DW. Vibration and its relation to occupational health and safety. *The Bulletin of the New York Academy of Medicine*. 1973;49(10): 887-894.
- Weigel JP, Arnold G, Hicks DA, Millis DL. Biomechanics of rehabilitation. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2005;35: 1255–1285.
- Wiseman-Orr ML, Scott EM, Reid J, Nolan AM. Validation of a structured questionnaire as an instrument to measure chronic pain in dogs on the basis of effects on health-related quality of life. *American Journal of Veterinary Research*. 2006;67(11): 1826–1836.

CAPÍTULO 2

TRABALHO CIENTÍFICO

Revista a ser enviado: Journal of the American Veterinary Medical Association
(JAVMA)
<https://avmajournals.avma.org/loi/javma>

EFEITOS DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM CÃES COM DISPLASIA COXOFEMORAL

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos da Vibração de Corpo Inteiro (VCI) em cães portadores de displasia coxofemoral. Foram incluídos 10 cães adultos com idade entre 1,5 e 9,0 anos e massa corpórea de 14,5 até 53,0 kg. O programa de VCI consistiu de sessões de 15 minutos, três vezes por semana, durante 16 semanas. Foram efetuados exames laboratoriais e clínicos na semana zero (antes da primeira sessão de VCI), na quarta, oitava, 12ª e 16ª semanas de VCI; a análise cinética e a eletromiografia de superfície foram realizadas na semana zero (antes do início do protocolo de VCI) e repetidas na oitava e 16ª semana. Todos os pacientes foram diagnosticados com displasia coxofemoral em diferentes graus, com base nos exames radiográficos e clínicos. Não foram encontradas diferenças significativas para o escore visual de claudicação (ao caminhar e ao trote), no percentual de distribuição de peso e na área de contato dos mãos/pés ou nos coxins palmar/plantar e dedos entre as avaliações para cada membro. Quando comparados com os escores obtidos na semana zero, a avaliação de dor pelos proprietários indicou redução dos sinais de dor na semana 12 e na semana 16. Foi verificada diferença significativa nas medidas da circunferência do terço médio da coxa de ambos membros pélvicos entre as avaliações, sendo esta mais evidente a partir da oitava semana de VCI. Foram observadas diferenças

significativas entre avaliações na mensuração ultrassonográfica da espessura dos músculos *glutei* no membro pélvico esquerdo e *quadriceps femoris* bilateral, mas não nos músculos *sartorius*, *vasti* e *biceps femoris*. Os escores da eletromiografia de superfície do músculo *vastus lateralis* ficaram mais próximos dos padrões de normalidade após 48 sessões de VCI. Foi possível concluir que o protocolo de longo tempo de VCI promoveu melhora da hipotrofia muscular dos membros pélvicos e da dor em cães com displasia coxofemoral, porém sem alteração na porcentagem da distribuição de peso ou da claudicação.

Palavras-chave: Articulação; Doença articular degenerativa; Hipotrofia muscular; Vibração mecânica.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of Whole-body Vibration (WBV) in dogs with hip dysplasia. Ten client-owned dogs ranging in age from 1.5 to 9.0 years and weighing 14.5 to 53.0 kg were enrolled. The WBV training program consisted of 15-minutes sessions three times weekly for 16 weeks. Clinical exams, complete blood count and serum biochemistry were performed before WBV session (baseline - week 0), and after four, eight, 12 and 16 weeks of WBV training program. Kinetics analysis and surface electromyography were performed at zero, eight and 16 weeks of treatment. All patients were diagnosed with canine hip dysplasia in different grades, based on radiographic and clinical exams. No significant differences were observed at the lameness score (walking and trotting), percentage of body weight distribution and metacarpus pad, metatarsus pad, toes and paw contact area among evaluations for each limb. Owner's pain assessments showed decrease of the pain signs at 12-week and 16-week compared to baseline. Thigh circumference measurements of both hind limbs showed significant differences among evaluations more evident after 8-week. Ultrasound measurements of left hind limb *glutei* muscles and both hind limbs *quadriceps femoris* muscles showed significant differences in thickness among evaluations, but not in the measurements of *sartorius*, *vasti* or *biceps femoris* muscles. Surface electromyography scores of the *vastus lateralis* muscle were closer to normal patterns after 48 WBV sessions. In conclusion, the long-term WBV program improved hind limb muscle atrophy and pain in dogs with hip dysplasia, but with no change in percentage of body weight distribution or lameness.

Key words: Degenerative joint disease; Joint; Mechanic vibration; Muscle atrophy.

INTRODUÇÃO

A displasia coxofemoral canina é uma afecção do desenvolvimento esquelético que frequentemente resulta em degeneração articular, tendo como consequência a dor articular, a limitação da locomoção, a redução da atividade e a hipotrofia dos músculos da coxa (Demko e McLaughlin, 2005; Vince, 2007; Gladstein, 2012). Há várias intervenções não cirúrgicas para melhorar a condição, seja farmacológica, por manejo, redução do peso, uso de nutracêuticos, bem como a reabilitação por modalidade fisioterápica (Impellizeri et al., 2000; Fujiki et al., 2007; Mansa et al., 2007; Teixeira et al., 2016). O intuito é reduzir ou eliminar a dor e a hipotrofia muscular (Anderson, 2011; Dycus et al., 2017).

A Vibração de Corpo Inteiro (VCI) tem sido usada, especialmente em pacientes humanos, para diversas circunstâncias, tais como uma modalidade de exercício para melhora do desempenho muscular e também como método alternativo dentro da fisioterapia e reabilitação (Johnson et al., 2010; Rittweger, 2010; Constantino et al., 2014). Estudos em humanos sobre a validade do método na melhora do desempenho e da força-velocidade têm sido contraditórios, particularmente ao se confrontar com o treino convencional em atletas altamente treinados (Cochrane e Stannard, 2005; Delecluse et al., 2005; Bullock et al., 2008; Cloak et al., 2014). Por outro lado, um estudo sistemático apontou que a VCI em longo período parece ter efeitos positivos mais efetivos em pessoas não treinadas e mulheres idosas, ao passo que o estímulo em curto período parece não ser tão evidente (Rehn et al., 2007).

Um aumento involuntário da atividade eletromiográfica na maioria dos músculos da perna e quadril tem sido detectado em pacientes humanos expostos à VCI em postura abaixada (Tankisheva et al., 2013). Além disso, a atividade muscular tem sido observada pela eletromiografia de superfície, tanto em pacientes humanos fisicamente ativos como naqueles considerados inativos (Lienhard et al., 2015). Contudo, o mecanismo pelo qual a VCI pode aumentar a performance e a força muscular não está totalmente esclarecido, havendo hipóteses de uma potenciação via neurogênica baseada no reflexo de vibração tônica, fatores neurais responsáveis pelo aumento da função muscular, e aumento das atividades de fusos musculares, entre outros (Chanou et al., 2012; Constantino et al., 2014).

A frequência da vibração e amplitudes, bem como o número de sessões são fatores relevantes e devem ser estabelecidos de acordo com o propósito de uso da VCI (Constantino et al., 2014; Chen et al., 2017; Chung et al., 2017). A adaptação neuromuscular pode variar de acordo com as configurações de frequência e amplitude, bem como o posicionamento na plataforma vibratória (Perchthaler et al., 2013; Chung et al., 2017). A VCI tem sido aplicada e tem mostrado efeitos terapêuticos na redução da dor e na melhora da função, particularmente em pacientes humanos com osteoartrite do joelho (Zafar et al., 2015). Além disso, foi observada melhora da força do quadríceps, após oito semanas de VCI, em mulheres com osteoartrite do joelho (Trans et al., 2009).

Em cães, o emprego da VCI como modalidade terapêutica ainda não está adequadamente estabelecido, sendo a maioria dos relatos relacionados à influência da terapia em diferentes aspectos biológicos em animais saudáveis (Freire et al., 2015; Santos et al., 2017a; Santos et al., 2017b). Desta forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos a longo prazo da VCI em cães diagnosticados com displasia coxofemoral. A hipótese foi que a VCI propicia um efeito benéfico muscular, com consequente melhora dos sinais clínicos da afecção. Até o momento, pelo conhecimento dos autores, esse é o primeiro trabalho a avaliar alterações na massa muscular e locomoção de cães diagnosticados com displasia coxofemorais submetidos à VCI.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais e ambiente de experimentação

A metodologia adotada no presente trabalho foi analisada e aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Botucatu, São Paulo (CEUA 125/2016) (Anexo 1).

Foram analisados 28 cães adultos de porte médio a grande, atendidos no Hospital Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) - UNESP, Botucatu, São Paulo. Os tutores foram esclarecidos de todos os procedimentos e autorizaram a realização do experimento, por meio de assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 2). Cada paciente teve sua evolução registrada em uma ficha de acompanhamento.

Os cães foram selecionados de acordo com os sinais clínicos, exame físico (geral, ortopédico e neurológico), exames laboratoriais (hemograma completo e exame bioquímico sérico com dosagens de alanina aminotransferase, creatina quinase, uréia e creatinina) e avaliação radiográfica positiva para displasia coxofemoral. Os critérios de inclusão foram: não ter sido submetido a procedimento cirúrgico ortopédico prévio, não estar recebendo qualquer tipo de medicação e não apresentar afecções neurológicas. Os critérios de exclusão foram: estar gestante, apresentar alterações hematológicas e sero-bioquímicas, tutor não ter disponibilidade para realizar todo o protocolo e animais que não permitissem a manipulação regular.

Exames radiográficos

Os exames radiográficos da articulação coxofemoral foram efetuados antes do início do protocolo da VCI, nas projeções radiográficas ventrodorsal e lateral. Para a projeção ventrodorsal, os cães foram posicionados em decúbito dorsal com os membros pélvicos mantidos em extensão e paralelos entre si. As articulações de ambos os joelhos foram rotacionadas medialmente, com as patelas dispostas nos respectivos sulcos trocleares. A técnica variou entre 60 e 90KV e 5,0 e 6,4 mAs, com distância foco-filme de um metro, com o uso de equipamento digital (GE Health, DR-F®).

A classificação radiográfica da displasia coxofemoral foi de acordo com a *Orthopedic Foundation for Animals* (OFA) (OFA, 2018). Seguindo a classificação adotada pela OFA foram atribuídos escores de 0 a 4 para cada articulação coxofemoral, sendo 0 - representava as categorias não displásicas (excelente, bom e regular) e 1, 2, 3 e 4 representavam as categorias limítrofe, leve, moderado e grave, respectivamente.

Adicionalmente foram efetuados exames radiográficos dos membros torácicos, nos cães que apresentaram sinais de dor pelo exame físico.

Vibração de Corpo Inteiro (VCI) em plataforma vibratória

Para a VCI, os cães foram mantidos em posição ortostática, no centro de uma plataforma vibratória tri-planar (movimento de vibração em três eixos) de 92 cm de comprimento, 62 cm de largura e 16 cm de altura (TheraPlate®), em sala climatizada (22° C). Todos os cães foram submetidos ao mesmo protocolo, como o previamente descrito (Santos et al., 2017b), o qual incluiu frequência de 30 Hz (amplitude de 3,09 mm; aceleração de 11,15 m/s²) por 5 minutos, seguido de um aumento da frequência para 50 Hz (amplitude de 3,97 mm; aceleração de 39,75 m/s²) por 5 minutos e finalizando na frequência de 30 Hz (amplitude de 3,09 mm; aceleração de 11,15 m/s²) por 5 minutos. Cada sessão de VCI teve um total 15 minutos de duração, três vezes por semana (em dias intercalados), durante 16 semanas (48 sessões).

Determinação do tamanho corpóreo e condição corporal

A altura foi determinada pela medida (cm) entre a região da borda dorsal da escápula até o solo, e o comprimento entre a porção cranial da articulação escápulo-umeral até a porção caudal da tuberosidade isquiática.

A condição corporal dos cães foi determinada pela massa corpórea mensurada em balança digital, Índice de Massa Corporal (IMC) e Escore de Condição Corporal (ECC). O IMC foi calculado pela equação: massa corporal (kg)/(estatura em m²), sendo esta mensurada entre a articulação atlânio-occipital, passando por toda a coluna até o solo no ponto imediatamente atrás dos membros pélvicos. Para o ECC empregou-se a escala de 9 pontos (LaFlamme, 1997).

A condição corporal foi avaliada: antes da VCI e na quarta, oitava, 12^a e 16^a semanas da VCI.

Exames laboratoriais e avaliação muscular

Os exames laboratoriais incluíram o hemograma completo e o exame bioquímico sérico da dosagem de creatina quinase. A avaliação muscular constou de mensuração da circunferência da coxa e de exames ultrassonográficos.

A mensuração da circunferência da coxa foi realizada no ponto médio entre a distância do trocânter maior do fêmur e o côndilo lateral do fêmur, como previamente descrito (Monk et al., 2006), após tricotomia do membro, por um único avaliador. Foram analisados os membros pélvicos direito e esquerdo, com os animais em posição quadrupedal e utilizando-se de uma fita métrica.

Os exames ultrassonográficos da musculatura foram efetuados com aparelho ultrassonográfico de alta definição, equipado com transdutor linear multifrequencial de 3 MHz - 13 MHz (Esaote MyLab™ Alpha). Foram aferidos os músculos *glutei*, *sartorius*, *vasti*, *quadriceps femoris* e *biceps femoris*, com os cães posicionados em decúbito lateral, apenas com contenção física. Um único avaliador experiente foi responsável por todas as análises. Após tricotomia, foram utilizados álcool isopropílico e o gel acústico para evitar artefatos de imagem.

As mensurações (cm) foram efetuadas nos planos transversal e longitudinal, em três regiões. As aferições dos músculos *glutei* foram obtidas pela distância do tecido subcutâneo ao osso do ílio (até a fáscia muscular ventral) no corte longitudinal em três regiões: cranial, médio e caudal. Nas regiões cranial (inserção dos músculos próximos a asa do íleo) e média foram mensurados os músculos *gluteus medius* e *profundus*; na região caudal (próximo a base da cauda até a fáscia muscular cranial ao trocânter maior do fêmur) foram mensurados os músculos *gluteus superficialis* e *profundus*.

As aferições dos músculos *sartorius*, *vasti* (*vastus lateralis* e *vastus intermedius*) e *biceps femoris* foram obtidas pela distância do tecido subcutâneo ao osso do fêmur em três regiões: proximal, médio e distal; nos cortes transversal e longitudinal, respectivamente. O músculo *quadriceps femoris* foi mensurado passando uma linha reta do tecido subcutâneo,

atravessando o músculo *rectus femoris* até o osso do fêmur na região média, baseado no previamente descrito (Sakaeda and Shimizu, 2016).

Os exames laboratoriais e a avaliação muscular foram executados em quatro momentos distintos: antes da VCI, e na quarta, oitava, 12^a e 16^a semanas da VCI.

Avaliação da dor e claudicação

Foram aplicados aos proprietários questionários referentes à avaliação da dor, baseado em um modelo previamente descrito para cães com displasia coxofemoral (Teixeira et al., 2016) (Anexo 3).

A análise visual do escore de claudicação de todos os quatro membros foi baseada no previamente descrito (Millis e Levine, 2014), sendo: 0 - normal; 1 - claudicação intermitente; 2 - evidente claudicação com suporte de peso; 3 - grave claudicação com suporte de peso; 4 - claudicação intermitente sem suporte de peso; 5 - sem apoio; sinais de dor (leve, moderada ou grave). Cada animal foi conduzido no caminhar e no trote. Adicionalmente, os cães foram avaliados por exame ortopédico completo.

Foram realizadas filmagens da locomoção dos cães para melhor avaliação. As avaliações foram realizadas uma vez a cada quatro semanas durante o período da VCI.

Análise cinética

A análise cinética foi conduzida em uma plataforma de pressão (Walkway™ High Resolution HRV4 - Teckscan®). Os sensores do equipamento foram calibrados conforme especificações do fabricante. Antes da coleta dos dados, os cães foram familiarizados ao ambiente e a plataforma de pressão. Cada animal foi conduzido caminhando em linha reta sobre a plataforma de pressão, na velocidade de 0,9 - 1,1m/s e aceleração de -0,15 - 0,15m/s². Foram capturadas aproximadamente 20 trilhas, das quais foram selecionadas as cinco primeiras trilhas válidas. A trilha foi considerada válida desde que os quatro membros mantivessem contato com a superfície da plataforma em cada ciclo de locomoção, e o cão não realizasse tração ou movimento excessivo de cabeça. A porcentagem da distribuição de peso entre os quatro membros na locomoção foi determinada por: $(\text{Pico de Força Vertical do membro} / \sum \text{Pico de Força Vertical de todos os membros}) \times 100$.

Força Vertical dos quatro membros)X100. Também foi mensurada a área de contato das mãos/pés e separadamente do coxim palmar/plantar e dos dedos a partir das trilhas válidas. A mesma foi comparada entre os três momentos de avaliação cinética de cada animal.

As avaliações foram conduzidas em três momentos distintos: antes da VCI, e na oitava e 16ª semanas da VCI.

Eletromiografia de superfície (EMGs)

O exame de EMGs foi realizado com o sistema eletromiográfico de superfície (TrignoTM Wireless EMG Mini Sensor; Delsys, Massachusetts, USA), com oito canais. Foram avaliados os músculos *vastus lateralis* direito e esquerdo. A obtenção dos sinais relativos à EMGs e ao acelerômetro foi efetuada com os animais locomovendo-se na plataforma de pressão. Após a tricotomia e limpeza da área com álcool, os eletrodos foram posicionados por um único avaliador, baseado no previamente descrito (Bockstahler et al., 2012). Para tanto, foram estabelecidas a distância entre a crista ilíaca e a patela, bem como a distância entre a patela e o trocânter maior. Em seguida, foram estabelecidos os pontos médios destas linhas, os quais foram conectados. Posicionou-se o sensor eletromiográfico longitudinalmente, aproximadamente 1 cm do ponto médio desta linha.

As análises dos sinais de EMGs, relacionados com sensores inerciais (acelerometria), foram efetuadas em três momentos: antes de VCI e na oitava e 16ª semanas de VCI, baseado no padrão de normalidade determinado por Negrão (2019). Foram determinados os escores: 0 – gráfico nas fases de balanço e apoio se enquadram no padrão de normalidade; 1 – curva do gráfico similar ao padrão de normalidade, porém com picos acentuados; 2 – uma das fases (balanço ou apoio) não condiz com o gráfico do padrão de normalidade; 3 – nenhuma das fases condizem com o gráfico do padrão de normalidade.

Análise estatística

Para avaliação da normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. O teste de Friedmann foi usado com o teste post-hoc Wilcoxon signed-rank aplicado com correção de Bonferroni. Valor *p* menor que 0,05 indica diferença significativa.

A análise estatística foi realizada com o R Core Team, R: Language and environment for statistical computing (Vienna, Austria 2018). Os valores descritivos foram expressos como Média $\pm$ Desvio-padrão.

RESULTADOS

Dez cães atenderam os critérios de inclusão (Tabela 1), sendo sete cães sem raça definida e três cães de raça pura, incluindo um Rottweiler, um Labrador Retriever e um Pastor Alemão. Destes, havia quatro fêmeas e um macho castrados e três fêmeas (n^{os} 1, 2 e 6) e dois machos (n^{os} 4 e 5) não castrados. A idade variou de 1,5 a 9,0 anos (Média $\pm$ Desvio Padrão: 5,50 anos $\pm$ 3,06), a massa corpórea de 14,5 até 53,0 kg (33,27 kg $\pm$ 11,82), o escore de condição corporal foi entre 4,0 e 8,0 (Média de 6,0) e o índice de massa corporal foi de 14 até 27 (Média de 19,79 $\pm$ 4,25). Incluindo todos os cães, não foram detectadas diferenças significativas na massa corporal (kg) ($p = 0,87$) e no IMC ($p = 0,90$) entre as avaliações.

TABELA 1. Identificação do cão (raça, idade, sexo e massa corpórea), escore de condição corporal (ECC) e índice de massa corporal (IMC) em 10 cães portadores de displasia coxofemoral, antes do início do tratamento.

Número do cão	Identificação	ECC	IMC
1	Sem raça definida, 1,5 anos, fêmea, 20,5 kg	4	15,50
2	Rottweiler, 2 anos, fêmea, 33,5 kg	6	18,65
3	Sem raça definida, 8 anos, fêmea, 42,5 kg	7	22,98
4	Labrador Retriever, 9 anos, macho, 38,5 kg	8	26,74
5	Pastor Alemão, 8 anos, macho, 39,4 kg	5	15,39
6	Sem raça definida, 8 anos, fêmea, 53,2 kg	8	24,62
7	Sem raça definida, 2 anos, fêmea, 23,4 kg	6	18,99
8	Sem raça definida, 3 anos, fêmea, 14,5 kg	4	13,53
9	Sem raça definida, 6 anos, macho, 40,6 kg	6	21,04
10	Sem raça definida, 8 anos, fêmea, 20,6 kg	8	20,47

Os parâmetros dos exames hematológicos não apresentaram diferenças estatísticas entre as avaliações (Tabela 2). A exceção foi a contagem de plaquetas que apresentou redução significativa entre todas as avaliações ($p = 0,04$), porém dentro dos valores de referência.

TABELA 2. Média $\pm$ desvio padrão dos valores dos exames hematológicos obtidos antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12ª e 16ª de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral.

Parâmetros	Valores de referência	Semana 0 (Média $\pm$ DP)	Semana 4 (Média $\pm$ DP)	Semana 8 (Média $\pm$ DP)	Semana 12 (Média $\pm$ DP)	Semana 16 (Média $\pm$ DP)	Valor de p
Hemácias /uL (10^6)	5,50 a 8,50	6,61 $\pm$ 0,92	6,58 $\pm$ 0,81	6,52 $\pm$ 0,51	6,51 $\pm$ 0,46	6,56 $\pm$ 0,64	0,85
Hemoglobina (g/dL)	12,00 a 18,00	15,34 $\pm$ 2,32	15,52 $\pm$ 1,60	15,04 $\pm$ 1,43	15,57 $\pm$ 1,63	15,41 $\pm$ 1,82	0,38
Hematócrito (%)	37,00 a 55,00	43,60 $\pm$ 5,94	44,00 $\pm$ 4,05	42,70 $\pm$ 3,74	44,30 $\pm$ 4,16	44,20 $\pm$ 4,64	0,41
Plaquetas /uL (10^5)	1,60 a 4,30	3,26 $\pm$ 1,13	3,01 $\pm$ 0,77	2,48 $\pm$ 0,93	2,68 $\pm$ 0,60	2,47 $\pm$ 0,92	0,04
Leucócitos /uL (10^4)	0,60 a 1,7	1,13 $\pm$ 0,30	1,03 $\pm$ 0,33	0,95 $\pm$ 0,27	0,96 $\pm$ 0,30	0,93 $\pm$ 0,20	0,36
PT (plasma) (g/dL)	6,00 a 8,00	7,74 $\pm$ 1,45	7,82 $\pm$ 1,33	8,02 $\pm$ 1,32	8,18 $\pm$ 1,65	7,76 $\pm$ 1,23	0,79

Não foram detectadas diferenças significativas nos valores de creatina quinase entre os 5 momentos de avaliações ($p = 0,76$) (Tabela 3). Por outro lado, pode-se observar que o valor médio aumentou em quase 50% ao longo das semanas de VCI. Além disso, foram observados valores abaixo dos valores de referência em um cão (n^o 4) na primeira avaliação, no cão n^o 2 na segunda, no cão n^o 4 na quarta e no cão n^o 1 na quinta avaliação. Nos cães n^os 3 e 10 ocorreram valores acima dos valores de referência na terceira e quinta avaliações, respectivamente.

TABELA 3. Média $\pm$ desvio padrão dos valores médios da creatina quinase sérica (UI/L) obtidos antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12ª e 16ª semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral.

Valor de referência	Semana 0 (Média $\pm$ DP)	Semana 4 (Média $\pm$ DP)	Semana 8 (Média $\pm$ DP)	Semana 12 (Média $\pm$ DP)	Semana 16 (Média $\pm$ DP)	Valor de p
20 a 220	71,37 $\pm$ 45,80	59,34 $\pm$ 36,36	89,10 $\pm$ 60,71	76,20 $\pm$ 44,87	139,90 $\pm$ 184,94	0,76

Um paciente (n^o 7) mostrou sinais radiográficos limítrofes de displasia coxofemoral bilateral, o cão n^o 6 teve a articulação direita classificada como grau leve e a esquerda como limítrofe; os demais foram classificados com DCF bilateral com graduação variada (Tabela 4). Um cão (n^o 6) apresentou

claudicação unilateral no membro pélvico direito. Os demais apresentaram claudicação bilateral, dos quais quatro (n^{os} 1, 3, 4 e 8) apresentaram sinais mais intensos de claudicação no membro esquerdo; e os outros seis (n^{os} 2, 5, 6, 7, 9 e 10) no lado direito (Tabela 4). Um cão (n^o 3) apresentou sinais de desconforto à palpação e sinais radiográficos de lesão no cotovelo bilateral, mais acentuado no lado esquerdo.

TABELA 4. Escore radiográfico segundo classificação da OFA, escore de claudicação (durante a caminhada) e exame ortopédico dos membros pélvicos de 10 cães portadores de displasia coxofemoral, avaliados antes do início do tratamento (semana 0).

Paciente	Escore radiográfico		Escore de claudicação		Exame ortopédico	
	MPe	MPd	MPe	MPd	MPe	MPd
1	2	2	2	1	2	1
2	3	3	2	3	2	3
3	4	4	3	2	3	3
4	2	2	3	2	2	2
5	4	4	2	3	3	3
6	1	2	0	2	1	3
7	1	1	2	3	2	2
8	4	4	4	3	4	4
9	4	4	2	3	*	*
10	4	4	1	3	1	3

MPe: membro pélvico esquerdo; MPd: membro pélvico direito. Classificação radiográfica para displasia coxofemoral (OFA): 0= ausente (excelente, bom e razoável); 1= limítrofe; 2= leve; 3= moderado; 4= grave. Escore de claudicação: 0 - normal; 1 - claudicação intermitente; 2 - evidente claudicação com suporte de peso; 3 - grave claudicação com suporte de peso; 4 - claudicação intermitente sem suporte de peso; 5 - sem apoio. Escore do exame ortopédico da articulação coxofemoral (sinais de crepitação, dor a palpação e limitações na amplitude movimento): 1 - ausentes; 2 - leves; 3 - moderados; 4 - graves. Asterisco (*) indica paciente que não permitiu manipulação dos membros pélvicos durante a primeira avaliação.

Não foram encontradas diferenças significativas para o escore de claudicação entre avaliações para cada membro ao caminhar (membros pélvicos $p = 0,85$ e membros torácicos $p = 0,95$) (Figura 1) e ao trote (membros pélvicos $p = 0,43$ e membros torácicos $p = 0,56$) (Figura 2).

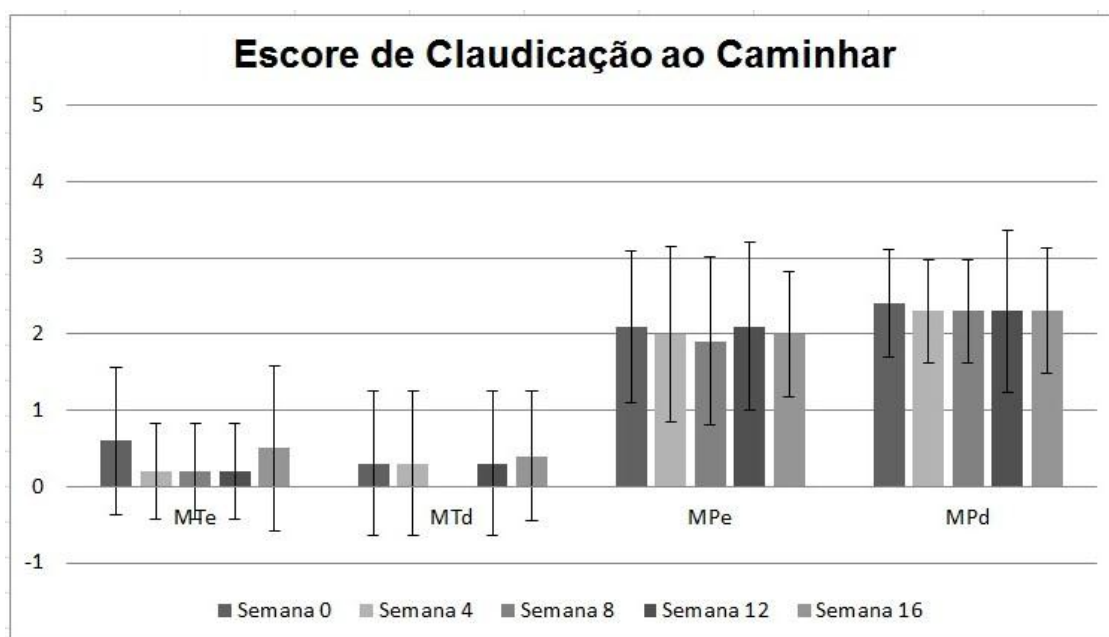


FIGURA 1. Média e desvio padrão dos escores de claudicação durante o caminhar, antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12^a e 16^a semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral. MTe: membro torácico esquerdo; MTd: membro torácico direito; MPe: membro pélvico esquerdo; MPd: membro pélvico direito.

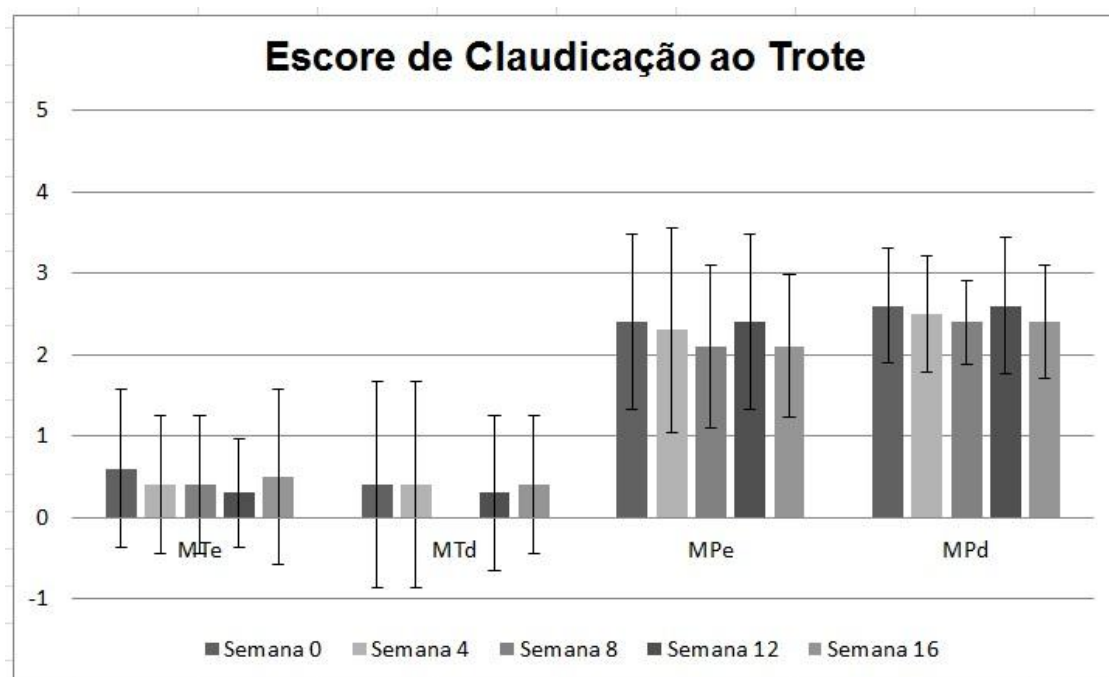


FIGURA 2. Média e desvio padrão dos escores de claudicação durante o trote, antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12^a e 16^a semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral. MTe: membro torácico esquerdo; MTd: membro torácico direito; MPe: membro pélvico esquerdo; MPd: membro pélvico direito.

Os escores obtidos nos questionários preenchidos pelos tutores para os sinais de dor, desconforto e dificuldade de locomoção reduziram significativamente ($p = 0,03$) entre as avaliações (Figura 3). Melhora na avaliação de dor pelos tutores igual ou superior a 25% quando comparados com a semana zero foi evidente na semana 12 em 4 cães (n^{os} 2, 5, 7 e 10); e na semana 16 em cinco cães (n^{os} 2, 5, 7 e 10). Melhora menor que 25% e maior que 5% foram evidentes na semana 12 (n^{os} 1, 3 e 8); e na semana 16 (n^{os} 1, 3 e 6).

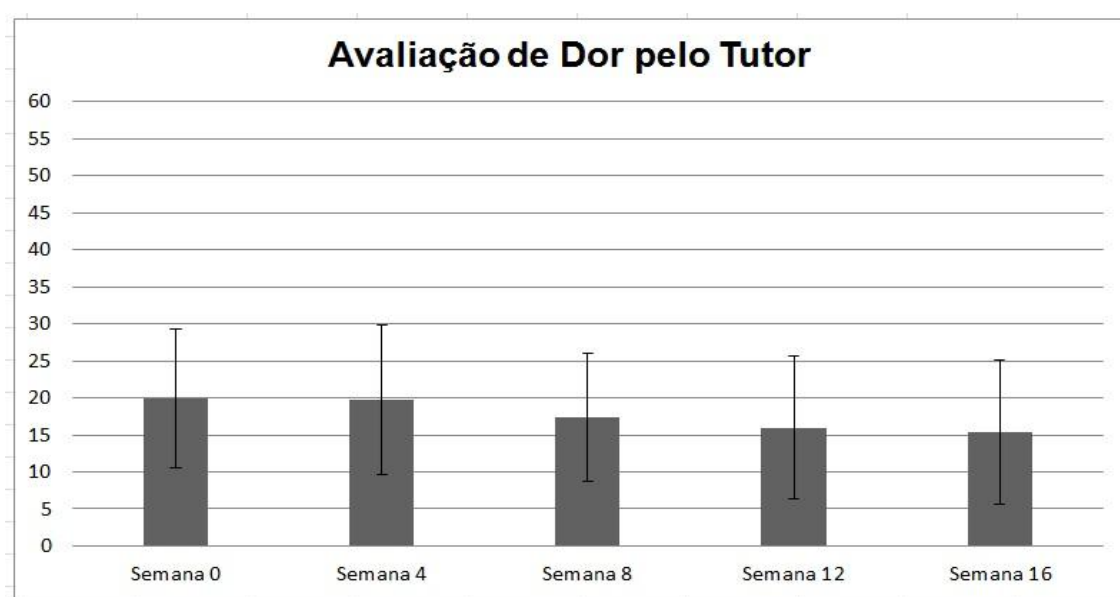


FIGURA 3. Média e desvio padrão do escore da avaliação de dor dos questionários preenchidos pelos tutores, antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12^a e 16^a semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral.

Foi verificada diferença significativa ($p < 0,01$) nas medidas da circunferência do terço médio da coxa, em ambos os membros pélvicos, entre as avaliações (Figura 4). O aumento da circunferência de ambos os membros foram mais evidentes a partir da oitava semana de VCI.

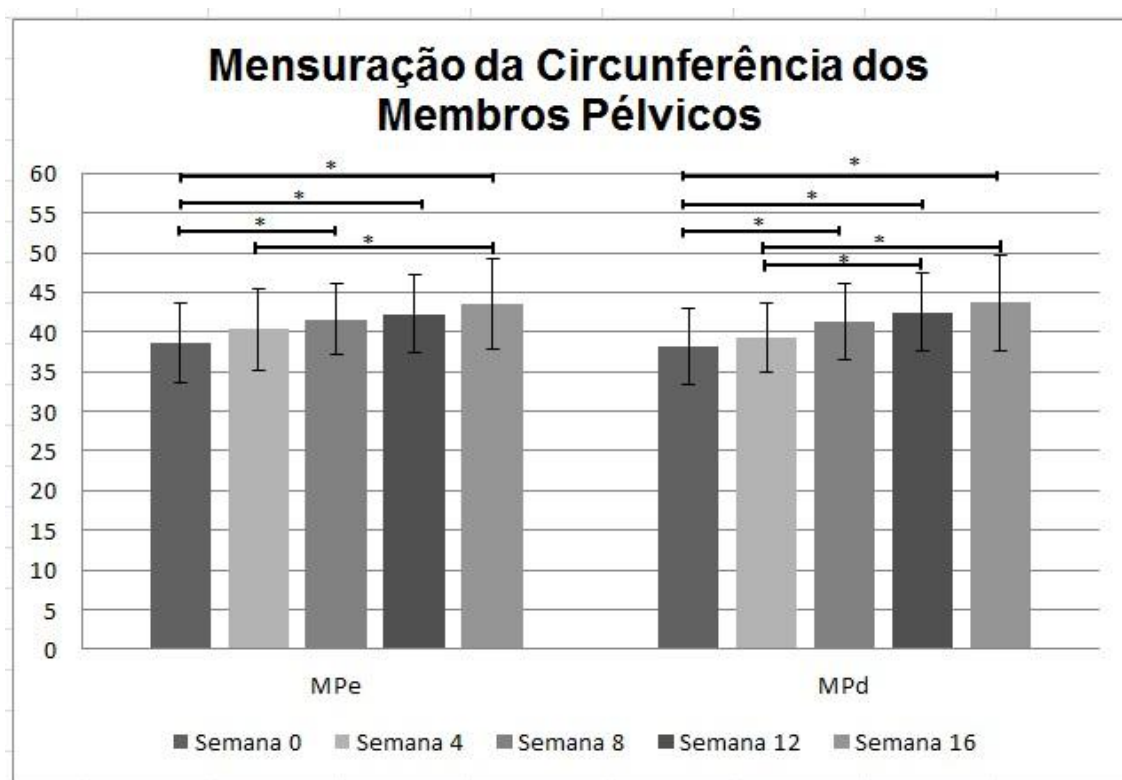


FIGURA 4. Média e desvio padrão da circunferência (cm) dos membros pélvicos esquerdo (MPe) e direito (MPd) antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12^a e 16^a semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral. Asterisco (*) indica diferença significativa ($p < 0,05$) entre avaliações.

Foram observadas diferenças significativas entre avaliações na mensuração ultrassonográfica da espessura dos músculos *glutei* (região cranial do MPe, $p = 0,04$; região caudal do MPe, $p = 0,01$) e *quadriceps femoris* (Mpe, $p = 0,03$; MPd, $p < 0,01$) (Figura 5). Não foram detectadas diferenças significativas entre avaliações nos músculos *sartorius*, *vasti* e *biceps femoris* (Tabela 5).

TABELA 5. Média $\pm$ desvio padrão das mensurações ultrassonográficas (cm) dos músculos *glutei*, *sartorius*, *vasti*, *quadriceps femoris* e *biceps femoris* antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12^a e 16^a semanas de tratamento, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral.

Músculo	Área de mensuração	Semana 0 (Média $\pm$ DP)	Semana 4 (Média $\pm$ DP)	Semana 8 (Média $\pm$ DP)	Semana 12 (Média $\pm$ DP)	Semana 16 (Média $\pm$ DP)	Valor de <i>p</i>
<i>Glutei</i> (membro pélvico esquerdo)	Cranial	2,16 $\pm$ 0,54	2,10 $\pm$ 0,30	2,11 $\pm$ 0,42 ^a	2,12 $\pm$ 0,25	2,42 $\pm$ 0,26 ^b	0,04
	Médio	2,35 $\pm$ 0,45	2,29 $\pm$ 0,50	2,29 $\pm$ 0,40	2,32 $\pm$ 0,28	2,57 $\pm$ 0,28	0,17
	Caudal	2,26 $\pm$ 0,53 ^a	2,29 $\pm$ 0,50	2,49 $\pm$ 0,33	2,28 $\pm$ 0,46 ^a	2,83 $\pm$ 0,36 ^b	0,01
<i>Glutei</i> (membro pélvico direito)	Cranial	2,01 $\pm$ 0,33	2,14 $\pm$ 0,43	2,10 $\pm$ 0,44	2,01 $\pm$ 0,42	2,32 $\pm$ 0,32	0,31
	Médio	2,21 $\pm$ 0,61	2,42 $\pm$ 0,21	2,31 $\pm$ 0,41	2,15 $\pm$ 0,49	2,42 $\pm$ 0,34	0,09
	Caudal	2,33 $\pm$ 0,43	2,41 $\pm$ 0,42	2,49 $\pm$ 0,38	2,42 $\pm$ 0,57	2,51 $\pm$ 0,28	0,68
<i>Sartorius</i> (membro pélvico esquerdo)	Proximal	2,16 $\pm$ 0,56	2,05 $\pm$ 0,42	2,04 $\pm$ 0,50	1,98 $\pm$ 0,33	2,03 $\pm$ 0,52	0,68
	Médio	1,66 $\pm$ 0,42	1,76 $\pm$ 0,39	1,67 $\pm$ 0,54	1,59 $\pm$ 0,37	2,79 $\pm$ 0,41	0,07
	Distal	1,27 $\pm$ 0,61	1,20 $\pm$ 0,28	1,22 $\pm$ 0,38	1,25 $\pm$ 0,22	1,25 $\pm$ 0,30	0,24
<i>Sartorius</i> (membro pélvico direito)	Proximal	1,86 $\pm$ 0,45	2,08 $\pm$ 0,36	1,86 $\pm$ 0,47	1,95 $\pm$ 0,39	1,95 $\pm$ 0,38	0,14
	Médio	1,52 $\pm$ 0,45	1,63 $\pm$ 0,42	1,55 $\pm$ 0,36	1,58 $\pm$ 0,42	1,77 $\pm$ 0,32	0,06
	Distal	1,12 $\pm$ 0,21	1,20 $\pm$ 0,18	1,21 $\pm$ 0,36	1,16 $\pm$ 0,17	1,23 $\pm$ 0,23	0,60
<i>Vasti</i> (membro pélvico esquerdo)	Proximal	1,93 $\pm$ 0,27	1,82 $\pm$ 0,54	1,60 $\pm$ 0,40	1,64 $\pm$ 0,31	1,72 $\pm$ 0,46	0,94
	Médio	1,89 $\pm$ 0,27	1,58 $\pm$ 0,46	1,62 $\pm$ 0,37	1,67 $\pm$ 0,31	1,65 $\pm$ 0,46	0,94
	Distal	1,66 $\pm$ 0,57	1,48 $\pm$ 0,43	1,34 $\pm$ 0,42	1,26 $\pm$ 0,27	1,27 $\pm$ 0,30	0,66
<i>Vasti</i> (membro pélvico direito)	Proximal	1,47 $\pm$ 0,38	1,62 $\pm$ 0,40	1,59 $\pm$ 0,31	1,40 $\pm$ 0,35	1,61 $\pm$ 0,49	0,31
	Médio	1,50 $\pm$ 0,33	1,53 $\pm$ 0,36	1,55 $\pm$ 0,38	1,48 $\pm$ 0,36	1,61 $\pm$ 0,54	0,88
	Distal	1,40 $\pm$ 0,54	1,33 $\pm$ 0,39	1,22 $\pm$ 0,35	1,39 $\pm$ 0,42	1,39 $\pm$ 0,47	0,29
<i>Quadriceps femoris</i> (membro pélvico esquerdo)	Médio	3,00 $\pm$ 0,43 ^a	3,15 $\pm$ 0,41	3,25 $\pm$ 0,43	3,16 $\pm$ 0,45	3,46 $\pm$ 0,29 ^b	0,03

<i>Quadriceps femoris</i> (membro pélvico esquerdo)	Médio	3,00 ± 0,47 ^a	3,12 ± 0,45	3,22 ± 0,35	3,15 ± 0,44	3,49 ± 0,27 ^b	0,00
	Proximal	2,00 ± 0,34	1,99 ± 0,34	2,04 ± 0,27	1,93 ± 0,18	1,87 ± 0,29	0,44
<i>Biceps femoris</i> (membro pélvico esquerdo)	Médio	2,19 ± 0,48	1,99 ± 0,34	2,11 ± 0,33	2,06 ± 0,13	1,99 ± 0,37	0,41
	Distal	2,23 ± 0,53	2,05 ± 0,32	2,12 ± 0,35	1,94 ± 0,11	1,97 ± 0,41	0,41
<i>Biceps femoris</i> (membro pélvico direito)	Proximal	1,84 ± 0,33	1,87 ± 0,26	1,90 ± 0,20	1,95 ± 0,16	1,86 ± 0,13	0,66
	Médio	1,93 ± 0,28	1,93 ± 0,21	2,16 ± 0,21	1,99 ± 0,30	1,99 ± 0,28	0,10
	Distal	2,09 ± 0,67	1,92 ± 0,34	2,10 ± 0,22	1,86 ± 0,29	2,08 ± 0,42	0,44

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

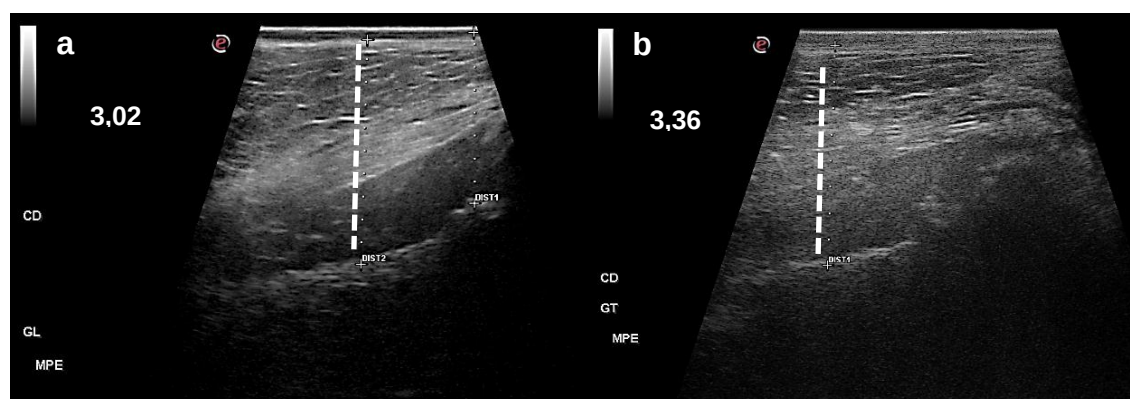


FIGURA 5. Imagens ultrassonográficas dos músculos *glutei*, obtidas na região caudal do membro pélvico esquerdo de um cão com displasia coxofemoral. a) Antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0); b) Após 16 semanas de Vibração de Corpo Inteiro, na qual se observa o aumento da espessura do músculo.

Não houve diferenças significativas na massa corporal (kg) entre as avaliações ($p = 0,55$), sendo a média ($\pm$ DP): 33,27 ($\pm$ 11,82); 33,76 ($\pm$ 12,43) e 33,67 ($\pm$ 13,08) para as semanas zero, oito e 16, respectivamente. Não ocorreram diferenças significativas entre avaliações no percentual de distribuição de peso (Tabela 6).

TABELA 6. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso (%) nos membros torácicos e pélvicos, direito e esquerdo, antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro (semana 0) e na oitava e 16ª semanas das aplicações dos protocolos, em 10 cães portadores de displasia coxofemoral.

Membro	Semana 0 (Média $\pm$ DP)	Semana 8 (Média $\pm$ DP)	Semana 16 (Média $\pm$ DP)	Valor de <i>p</i>
Torácico esquerdo	31,81 $\pm$ 1,11	32,14 $\pm$ 2,65	32,72 $\pm$ 2,46	0,57
Torácico direito	32,12 $\pm$ 3,16	31,82 $\pm$ 3,45	32,12 $\pm$ 2,97	0,97
Pélvico esquerdo	17,38 $\pm$ 1,67	17,90 $\pm$ 2,51	16,90 $\pm$ 2,63	0,60
Pélvico direito	18,69 $\pm$ 2,14	18,14 $\pm$ 2,22	18,26 $\pm$ 2,27	0,83

Não foram encontradas diferenças significativas na área de contato nos coxins palmar/plantar, dedos e mãos/pés entre avaliações (Tabela 7). Foi possível observar que as áreas de contato entre os membros torácicos e entre os membros pélvicos estão mais simétricas na terceira avaliação (semana 16).

TABELA 7. Média $\pm$ desvio padrão da área de contato das mãos/pés e separadamente do coxim palmar/plantar e dos dedos (cm²) nos quatro membros antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro e na oitava e 16^a semanas de tratamento, em 10 cães diagnosticados com displasia coxofemoral.

Área de contato	Semana 0 (Média $\pm$ DP)	Semana 8 (Média $\pm$ DP)	Semana 16 (Média $\pm$ DP)	Valor de <i>p</i>
Mãos/pés (cm²)				
Membro torácico esquerdo	26,89 $\pm$ 7,80	27,84 $\pm$ 8,34	27,54 $\pm$ 8,72	0,96
Membro torácico direito	28,53 $\pm$ 8,97	27,80 $\pm$ 8,43	27,19 $\pm$ 8,73	0,94
Membro pélvico esquerdo	20,06 $\pm$ 5,78	20,17 $\pm$ 5,83	20,10 $\pm$ 5,96	0,99
Membro pélvico direito	22,37 $\pm$ 7,11	21,61 $\pm$ 5,58	21,08 $\pm$ 5,86	0,89
Coxins (palmar/plantar) (cm²)				
Membro torácico esquerdo	9,51 $\pm$ 3,43	9,78 $\pm$ 3,39	9,73 $\pm$ 3,78	0,98
Membro torácico direito	9,60 $\pm$ 3,86	9,60 $\pm$ 3,74	9,50 $\pm$ 4,13	0,99
Membro pélvico esquerdo	4,66 $\pm$ 1,72	4,74 $\pm$ 2,01	4,61 $\pm$ 1,74	0,98
Membro pélvico direito	5,76 $\pm$ 2,39	5,61 $\pm$ 2,04	5,18 $\pm$ 2,09	0,81
Dedos (cm²)				
Membro torácico esquerdo	17,39 $\pm$ 4,70	18,06 $\pm$ 5,09	17,82 $\pm$ 5,14	0,95
Membro torácico direito	18,93 $\pm$ 5,26	18,20 $\pm$ 4,87	17,67 $\pm$ 4,88	0,84
Membro pélvico esquerdo	15,77 $\pm$ 4,27	15,82 $\pm$ 4,18	15,83 $\pm$ 4,37	0,99
Membro pélvico direito	16,61 $\pm$ 5,01	16,01 $\pm$ 3,75	15,90 $\pm$ 4,13	0,92

De modo geral não foram observadas diferenças significativas entre as avaliações das variáveis da análise cinética. Por causa das diferentes massas corporais e da variação de membro ou membros afetados foi realizada uma avaliação individual baseada na distribuição de peso, tempo de apoio relativo e tempo de balanço para comparar cada cão ao longo do protocolo de tratamento (Apêndice). Com base na avaliação individual foi possível observar que todos os cães mudaram o suporte de peso e o tempo de apoio nos quatro membros ao longo do tratamento. O cão nº 10 apresentou uma distribuição de peso mais próxima do padrão nos quatro membros na última avaliação (após 48 sessões de VCI).

Foi possível observar que o músculo *vastus lateralis* estava ativo durante a fase de apoio; sendo o início da atividade muscular durante o final da fase de balanço. Nas avaliações da semana zero (antes do início do protocolo de VCI) e na semana oito (após 24 sessões de VCI) observou-se que a porcentagem de atividade muscular na fase de apoio estava reduzida, o pico de atividade ocorreu no final da fase de apoio e durante a fase de balanço houveram variações de atividade muscular. Na avaliação da semana 16 foi possível observar um aumento da porcentagem de atividade muscular e um deslocamento do pico para o terço médio da fase de apoio (Figura 6).

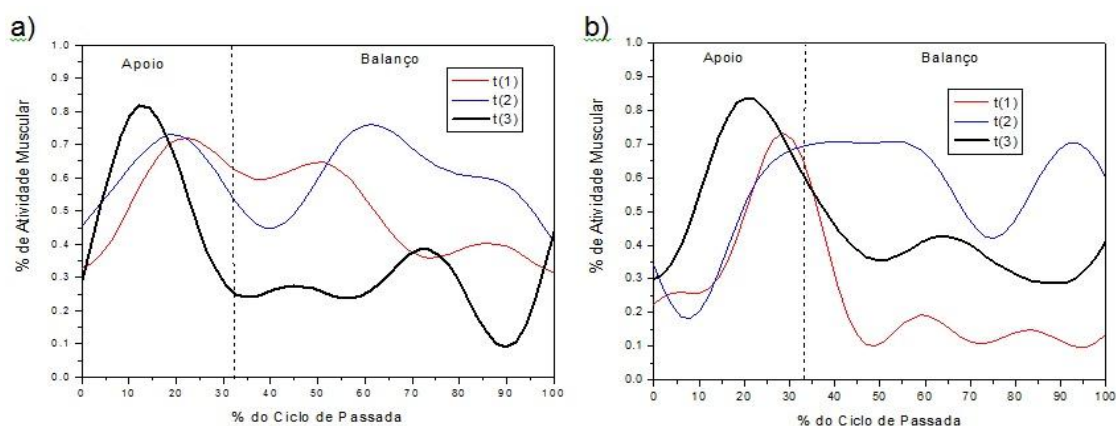


FIGURA 6. Atividade muscular do músculo *vastus lateralis* nas fases de apoio e balanço de um cão com displasia coxofemoral na semana 0 (antes do início do protocolo de Vibração de Corpo Inteiro) = t(1); na semana 8 (após 24 sessões de VCI) = t(2); e na semana 16 (após 48 sessões de VCI) = t(3). a) membro pélvico esquerdo; b) membro pélvico direito.

Com base no escore da eletromiografia de superfície observou-se que ao longo do tratamento os gráficos da análise eletromiográfica dos cães submetidos ao tratamento na plataforma vibratória ficaram mais próximos do padrão de normalidade. Após 48 sessões (semana 16) foram observadas melhora em ambos os membros pélvicos em cinco cães (n^{os} 1, 2, 4, 6 e 7) e no membro pélvico esquerdo em três cães (n^{os} 3, 5 e 9) (Tabela 8).

TABELA 8. Escores da eletromiografia de superfície de 10 cães portadores de displasia coxofemoral, avaliados antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

Paciente	Semana 0		Semana 8		Semana 16	
	MPe	MPd	MPe	MPd	MPe	MPd
1	1	3	2	2	0	1
2	3	3	1	*	2	2
3	3	2	2	3	2	2
4	3	2	2	3	2	1
5	3	3	3	2	2	3
6	3	3	3	3	1	2
7	3	3	3	2	2	2
8	3	2	2	3	3	2
9	3	3	3	2	2	3
10	2	2	3	3	3	3

MPe: membro pélvico esquerdo; MPd: membro pélvico direito. Escores da eletromiografia de superfície: 0 – gráfico nas fases de balanço e apoio se enquadram no padrão de normalidade; 1 – curva do gráfico similar ao padrão de normalidade, porém com picos acentuados; 2 – uma das fases (balanço ou apoio) não condiz com o gráfico do padrão de normalidade; 3 – nenhuma das fases condizem com o gráfico do padrão de normalidade. Asterisco (*) indica que dado que não foi possível avaliar por falha na coleta do sinal eletromiográfico.

DISCUSSÃO

De modo geral as medidas da massa muscular, eletromiografia e os sinais de dor dos cães submetidos à VCI mostraram melhora ao longo de 16 semanas de tratamento. Por outro lado, não foram observadas melhoras na análise da claudicação tanto objetiva quanto subjetiva.

No presente trabalho foram observadas mudanças significativas na mensuração da circunferência dos membros pélvicos e na medida ultrassonográfica nos músculos *glutei* no lado esquerdo e *quadriceps femoris* bilateral. A redução da hipotrofia muscular dos músculos *gastrocnemius*, *soleus* e *vasti* após sessões de VCI também foi observada em um estudo com 20 pacientes humanos saudáveis que foram submetidos a 56 dias de repouso na cama divididos em dois grupos, inativo ou que praticou exercícios de resistividade juntamente com VCI (Belavy et al., 2009). Por outro lado, um recente ensaio clínico randomizado com 33 jovens adultos mostrou melhora no desempenho de salto, mas não foram observadas mudanças significativas na massa muscular após 6 semanas VCI (Rubio-Arias et al., 2017). Um estudo de revisão identificou 27 trabalhos que analisaram os efeitos de VCI em idosos, destes foram observados nove estudos que examinaram a força muscular e encontraram melhora estatisticamente significativa e outros três que sugerem que a VCI é tão efetiva quanto exercício de resistência tradicional (Lachance et al., 2012).

Os sinais radiográficos, o escore de claudicação e a avaliação ortopédica apresentaram pouca correlação entre si nos sinais de displasia coxofemoral em alguns dos pacientes. A discrepância entre os sinais radiográficos e clínicos em cães displásicos têm sido relatadas em diversos estudos ao longo dos anos (Fry e Clark, 1992; Smith et al., 2012; Schulz, 2013). Em um estudo recente foram descritas as modalidades de diagnóstico por imagem mais utilizadas para avaliação de cães com displasia coxofemoral e mesmo as técnicas avançadas, como a ressonância magnética, apresentam limitações para avaliar o grau de lesão articular (Butler e Gambino, 2017). Além disso, alguns cães inicialmente não demonstram sinais clínicos até a evolução da doença com o desenvolvimento da doença articular degenerativa (Smith et al., 2012; Syrcle, 2017).

Com base na análise cinética foi possível observar claudicação predominante nos membros pélvicos; contudo, sinais de dor também estavam presentes nos membros torácicos de dois cães (n^{os} 1 e 4). A apresentação de sinais de dor em outras articulações nos membros pélvicos e também nos torácicos de pacientes diagnosticados com displasia coxofemoral foi reportada em outro estudo (Farrell et al., 2007). Na análise cinética de cães diagnosticados com displasia coxofemoral tem sido reportado suporte de peso menor nos membros pélvicos quando comparado com os membros torácicos (LeQuang et al., 2009). A redistribuição de peso pode ser um fator associado às alterações articulares e hipertrofia muscular nos membros torácicos de cães com doença articular degenerativa nos membros pélvicos (Demko e McLaughlin, 2005; Schulz, 2013).

Diversos estudos têm sido realizados na tentativa de padronizar e validar a avaliação de locomoção com uso do escore de claudicação uma vez que equipamentos para a análise objetiva (ex. análise cinética e cinemática) nem sempre estão disponíveis para uso clínico (Hudson et al., 2004; Quinn et al., 2007). Alguns autores encontraram boa correlação entre as escalas de claudicação e as avaliações objetivas da locomoção (Hudson et al., 2004; Oosterlinck et al., 2011). Contudo, estudos que avaliaram a evolução de pacientes com osteoartrite antes e após tratamento não observaram diferenças significativas com o escore de claudicação ao longo do tratamento, assim como no presente estudo (Upchurch et al., 2016; Vilar et al., 2016). O grupo estudado apresentou localização da claudicação em diferentes membros e com diferentes graus; portanto, a heterogenicidade do grupo pode ter sido um fator que contribuiu para a ausência de sinais de melhora no escore de claudicação.

Na análise cinética observou-se predominante distribuição de peso em cada membro torácico (> 31,81 %) em comparação com cada membro pélvico (< 18,69 %) em todos os momentos avaliados. A distribuição de peso em cães clinicamente saudáveis ao caminhar na plataforma de pressão foi descrita como sendo aproximadamente 30 % em cada membro torácico e 20 % em cada membro pélvico (Kim et al., 2011; Fischer et al., 2013a; Kano et al., 2016). Essa distribuição predominante nos membros torácicos pode ser explicada pela localização do centro de gravidade dos cães ser deslocada cranialmente (na região do tórax) (Fischer e Lilje, 2014). Assim como no

presente estudo, a redistribuição de peso com aumento nos membros torácicos e redução nos membros pélvicos tem sido observada em cães com sinais de claudicação nos membros pélvicos (LeQuang et al., 2009; Carr e Dycus, 2016).

No presente estudo observou-se a média ($\pm$ desvio padrão) da área de contato nos membros torácicos ($26,68 \pm 8,66 \text{ cm}^2$) foi maior que nos membros pélvicos ($20,62 \pm 6,43 \text{ cm}^2$). Dados semelhantes foram observados em outro estudo, a área de contato média ($\pm$ desvio padrão) em cães de grande porte clinicamente saudáveis ao caminhar na plataforma de pressão foi $25,73 (\pm 2,55) \text{ cm}^2$ nos membros torácicos e $19,34 (\pm 2,51) \text{ cm}^2$ nos membros pélvicos (Kim et al., 2011). Adicionalmente, a área de contato no membro afetado é menor quando comparado com o membro contralateral. Do mesmo modo que o descrito em um estudo anterior, que sugere que a redução da área de contato do membro afetado esteja relacionada com a redução de carga no membro, assim como o aumento de carga no membro colateral esteja associada ao aumento da área de contato (Oosterlinck et al., 2011). A área de contato dos membros, bem como a área dos dedos e coxins palmar/plantar, separadamente, foram pouco reportados na literatura; contudo acredita-se que esses dados possam acrescentar informações à caracterização da distribuição de peso nos membros em cães saudáveis, bem como em cães que apresentam afecções ortopédicas.

O sinal eletromiográfico do músculo *vastus lateralis* apresentou variações ao longo do tratamento, especialmente na terceira avaliação (semana 16). Com base nos gráficos e no escore da eletromiografia, a atividade muscular ficou mais próxima dos padrões de normalidade. O presente estudo mostrou resultados semelhantes na atividade muscular durante as fases de apoio e balanço a um estudo realizado com sete Beagles hípidos, no qual foram coletados dados eletromiográficos do músculo *vastus lateralis* antes e depois de claudicação temporária induzida (Fischer et al., 2013b). Os resultados das avaliações da semana zero e oito foram semelhantes ao encontrado na claudicação temporária, ao passo que os resultados na semana 16 foram semelhantes à atividade sem claudicação. Outros dois estudos com cães saudáveis de grande porte mostraram pico de atividade muscular durante a fase de apoio e início da atividade no terço final da fase de balanço no músculo *vastus lateralis* ao caminhar na esteira,

semelhante ao encontrado na última avaliação (semana 16) em 5 dos 10 cães avaliados no presente estudo (Bockstahler et al, 2012; Breitfuss et al., 2014).

CONCLUSÃO

Foi possível concluir que o protocolo de longo tempo de Vibração de Corpo Inteiro promoveu melhora da hipotrofia e na atividade muscular dos membros pélvicos e nos sinais de dor em cães com displasia coxofemoral, porém sem alteração na distribuição de peso ou da claudicação.

REFERÊNCIAS

- Anderson A. Treatment of hip dysplasia. *Journal of Small Animal Practice*. 2011;52: 182-189.
- Belavý DL, Miokovic T, Armbrecht G, Rittweger J, Felsenberg D. Resistive vibration exercise reduces lower limb muscle atrophy during 56-day bed-rest. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*. 2009;9(4): 225-235.
- Bockstahler B, Kräutler C, Holler P, Kotschwar A, Vobornik A, Peham C. Pelvic Limb kinematics and surface electromyography of the vastus lateralis, biceps femoris, and gluteus medius muscle in dogs with hip osteoarthritis. *Veterinary Surgery*. 2012;41: 54-62.
- Breitfuss K, Franz M, Peham C, Bockstahler BB. Surface electromyography of the vastus lateralis, biceps femoris, and gluteus medius muscle in sound dogs during walking and specific physiotherapeutic exercises. *Veterinary Surgery*. 2014; 1–8.
- Bullock N, Martin DT, Ross A, Rosemond CD, Jordan MJ, Marino FE. Acute effect of whole-body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008;22: 1371–1374.
- Butler JR, Gambino J. Canine hip dysplasia diagnostic imaging. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2017;47: 777-793.
- Carr BJ, Dycus DL. Canine gait analysis. *Today's Veterinary Practice*. 2016: 93-100.
- Chanou K, Gerodimos V, Karatrantou K, Jamurtas A. Whole-body vibration and rehabilitation of chronic diseases: A review of the literature. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2012;11: 187-200.
- Chen H, Ma J, Lu B, Ma X-L. The effect of whole-body vibration training on lean mass A PRISMA-compliant meta-analysis. *Medicine*. 2017;96(45): e8390.
- Chung P, Liu C, Wang H, Liu Y, Chuang L, Shiang T-Y. Various performance-enhancing effects from the same intensity of whole-body vibration training. *Journal of Sport and Health Science*. 2017;6: 333-339.
- Cloak R, Nevill A, Wyon M. The acute effects of vibration training on balance and stability amongst soccer players. *European Journal of Sport Science*. 2014: 1-7.

- Cochrane DJ, Stannard SR. Acute whole-body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *British Journal of Sports Medicine*. 2005;39: 860-865.
- Costantino C, Gimigliano R, Olvirri S, Gimigliano F. Whole body vibration in sport: a critical review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2014;54: 757-764.
- Delecluse C, Roelants M, Diels R, Koninckx E, Verschueren S. Effects of whole-body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 2005; 26: 662-668
- Demko J, McLaughlin R. Developmental orthopedic disease. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. 2005;35: 1111–1135.
- Dycus DL, Levine D, Marcellin-Little DJ. Physical rehabilitation for the management of canine hip dysplasia. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2017;47: 823-850.
- Farrell M, Clements DN, Mellor D, Gemmill T, Clarke SP, Arnott JL, Bennett D, Carmichael S. Retrospective evaluation of the long-term outcome of non-surgical management of 74 dogs with clinical hip dysplasia. *The Veterinary Record*. 2007;160: 506-511.
- Fischer MS, Lilje KE. *Dogs in Motion*. 2^a ed. Dortmund, Germany: VDH Service; 2014. p. 43-50.
- Fischer S, Anders A, Nolte I, Schilling N. Compensatory load redistribution in walking and trotting dogs with hind limb lameness. *The Veterinary Journal*. 2013a;197: 746-752.
- Fischer S, Nolte I, Schilling N. Adaptations in muscle activity to induced, short-term hindlimb lameness in trotting dogs. *PLoS ONE*. 2013b; 8(11): e80987.
- Freire L, Rahal SC, Santos IFC, Teixeira CR, Inamassu LR, Mamprim MJ. Renal resistive index of adult healthy dogs submitted to short-term whole-body vibration exercise. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2015;10(11): 797-802.
- Fry TR, Clark DM. Canine hip dysplasia: clinical signs and physical diagnosis. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1992;22(3): 551-558.

- Fujiki M, Shineha J, Yamanokuchi K, Misumi K, Sakamoto H. Effects of treatment with polysulfated glycosaminoglycan on serum cartilage oligomeric matrix protein and C-reactive protein concentrations, serum matrix metalloproteinases 2 and 9 activities, and lameness in dogs with arthritis. *American Journal of Veterinary Research*. 2007;68(8): 827–833.
- Gladstein B. A case for prolotherapy and its place in veterinary medicine. *Journal of Prolotherapy*. 2012;4: 870-885.
- Hudson JT, Slater MR, Taylor L, Scott HM, Kerwin SC. Assessing repeatability and validity of a visual analogue scale questionnaire for use in assessing pain and lameness in dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2004;65(12):1634-1643.
- Impellizeri JA, Tetrack MA, Muir P. Effect of weight reduction on clinical signs of lameness in dogs with hip osteoarthritis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2000;216: 1089-1091.
- Johnson AW, Myrer JW, Hunter I, Feland JB, Hopkins JT, Draper DO, Eggett D. Whole-body vibration strengthening compared to traditional strengthening during physical therapy in individuals with total knee arthroplasty. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2010;26(4): 215-225.
- Kano WT, Rahal SC, Agostinho FS, Mesquita LR, Santos RR, Monteiro FOB, Castilho MS, Melchert A. Kinetic and temporospatial gait parameters in heterogeneous group of dogs. *BioMed Central Veterinary Research*. 2016;12(2): 1-9.
- Kim J, Kazmierczak KA, Breur GJ. Comparison of temporospatial and kinetic variables of walking in small and large dogs on a pressure-sensing walkway. *American Journal of Veterinary Research*. 2011;72(9): 1171-1177.
- Lachance C, Weir P, Kenno K, Horton S. Is whole-body vibration beneficial for seniors? *European Review of Aging and Physical Activity*. 2012;9: 51–62.
- Laflamme DP. Development and validation of a body condition score system for dogs: a clinical tool. *Canine Practice*. 1997;22(3): 10-15.
- LeQuang T, Maitre P, Roger T, Viguier E. Is a pressure walkaway system able to highlight a lameness in dog? *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2009;8(10): 1936-1944.

- Lienhard K, Vienneau J, Friesenbichler B, Nigg S, Meste O, Nigg BM, Colson SS. The effect of whole-body vibration on muscle activity in active and inactive subjects. *International Journal of Sports Medicine*. 2015;36: 585-591.
- Mansa S, Palmér E, Grøndahl C, Lønaas L, Nyman G. Long-term treatment with carprofen of 805 dogs with osteoarthritis. *Veterinary Record*. 2007;160: 427-430.
- Millis DL, Levine D. *Canine rehabilitation and physical therapy*. 2nd edition. Philadelphia, USA: Elsevier Saunders; 2014. p. 543–81.
- Monk ML, Preston CA, McGowan CM. Effects of early intensive postoperative physiotherapy on limb function after tibial plateau leveling osteotomy in dogs with deficiency of the cranial cruciate ligament. *American Journal of Veterinary Research*. 2006;67: 529-536.
- Negrão RR. Analysis of time series of surface electromyography and accelerometry in dogs. Botucatu, 2018. 82p. Dissertation.
- Oosterlinck M, Bosmans T, Gasthuys F, Polis I, Van Ryssen B, Dewulf J, Pille F. Accuracy of pressure plate kinetic asymmetry indices and their correlation with visual gait assessment scores in lame and nonlame dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 2011;72(6): 820-825.
- Orthopedic Foundation for Animals (OFA). An examination of hip grading. Available from: <https://www.ofa.org/diseases/hip-dysplasia> [Accessed 10th November 2018].
- Perchthaler D, Horstmann T, Grau S. Variations in neuromuscular activity of thigh muscles during whole-body vibration in consideration of different biomechanical variables. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2013;12: 439-446.
- Quinn MM, Keuler NS, Lu Y, Faria MLE, Muir P, Mark D, Markel MD. Evaluation of agreement between numerical rating scales, visual analogue scoring scales, and force plate gait analysis in dogs. *Veterinary Surgery*. 2007;36: 360–367.
- Rehn B, Lidström J, Skoglund J, Lindström B. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2007;17: 2-11.
- Rittweger J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *European Journal of Applied Physiology*. 2010;108: 877-904.

Rubio-Arias JA, Ramos-Campo DJ, Esteban P, Martínez F, Jiménez JF. Effect of 6-weeks WBVT on the behaviour of the lower limb muscle fibres during vertical jumping. *Journal of Sports Sciences*. 2017: 1-9.

Sakaeda K, Shimizu M. Use of B-mode ultrasonography for measuring femoral muscle thickness in dogs. *Journal of Veterinary Medical Science*. 2016;78(5): 803-810.

Santos IFC, Rahal SC, Freire L, Teixeira CR, Inamassu LR, Mamprim MJ, Gomes MVF, Tannus FCI. Acute effect of whole-body vibration in a female dog with metritis. *Acta Scientiae Veterinariae*. 2017a;45(Suppl 1): 185.

Santos IFC, Rahal SC, Shimono J, Tsunemi M, Takahira R, Teixeira CR. Whole-body vibration exercise on hematology and serum biochemistry in healthy dogs. *Topics in Companion Animal Medicine*. 2017b;32: 86-90.

Schulz KS. Afecções articulares. In: Fossum TW. (ed.) *Cirurgia de Pequenos Animais*. Tradução Manetti A et al. 4ª ed. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier; 2013. p. 1215-1375.

Smith GK, Karbe GT, Agnello KA, McDonald-Lynch MB. Pathogenesis, diagnosis, and control of canine hip dysplasia. In: Tobias KM, Johnson SA. (eds.) *Veterinary Small Animal Surgery*. vol. 1, Missouri, USA: Elsevier; 2012. p. 824-848.

Syricle, J. Hip dysplasia clinical signs and physical examination findings. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2017;47: 769-775.

Tankisheva E, Jonkers I, Boonen S, Delecluse C, van Lenthe GH, Druyts HLJ, Sapaen P, Verschoren SMP. Transmission of whole-body vibration and its effects on muscle activation. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2013;27(9): 2533-2541.

Teixeira LR, Luna SPL, Matsubara LM, Cápuia MLB, Santos BPCR, Mesquita LR, Faria LG, Agostinho FS, Hiem-Björkman A. Owner assessment of chronic pain intensity and results of gait analysis of dogs with hip dysplasia treated with acupuncture. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2016;249(9): 1031-1039.

Trans T, Aaboe J, Henriksen M, Christensen R, Bliddal H, Lund H. Effect of whole-body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *The Knee*. 2009;16: 256-261.

Upchurch DA, Renberg WC, Roush JK, Milliken GA, Weiss ML. Effects of administration of adipose-derived stromal vascular fraction and platelet-rich plasma to dogs with osteoarthritis of the hip joints. *American Journal of Veterinary Research*. 2016;77(9): 940-951.

Vilar JM, Cuervo B, Rubio M, Sopena J, Domínguez JM, Santana A, Carrillo JM. Effect of intraarticular inoculation of mesenchymal stem cells in dogs with hip osteoarthritis by means of objective force platform gait analysis: concordance with numeric subjective scoring scales. *BioMed Central Veterinary Research*. 2016;12(223): 1-10.

Vince KJ. Canine hip dysplasia: surgical treatment for the military working dog. *Army Medical Department Journal*. 2007: 44-50.

Zafar H, Alghadir A, Anwer S, Al-Eisa E. Therapeutic effects of whole-body vibration training in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2015;96(8):1525-1532.

CAPÍTULO 3

TRABALHO CIENTÍFICO

Artigo científico publicado em:
Revista HUPE, Rio de Janeiro, 2018;17(1):34-38

Applicability of Whole-Body Vibration Exercises as a new tool in Veterinary
Medicine

Applicability of Whole-Body Vibration Exercises as a new tool in Veterinary Medicine

Mayara V. F. Gomes,¹ Ivan F. C. Santos,^{1*} Sheila C. Rahal,¹ Bruna M. Silva¹

Abstract

Whole body vibration (WBV) is generated by devices which produce oscillations - vibratory platforms. Several benefits of the use of vibrating platforms have been described, such as increase of muscle strength, improvement of exercise performance and improvement of balance and functional mobility. Although WBVE has been studied and used in many applications in human subjects, there are only a few studies published about whole-body vibration as a therapeutic modality in animals. The present review aimed to summarize the findings of original articles about the effects of WBVE on animals. Veterinary Medicine articles published in international journals were selected, and small animals, large animals, and wild animals were included. Few studies related to WBVE were identified, and fewer publications still about wild animals. The use of wrong vibration parameters, including vibration intensity, exposure time, amplitude, and acceleration also causes adverse effects in animals. More studies are needed to determine an adequate protocol and the efficacy of whole body vibration in each species, as well as to explore other therapeutic applications.

Keywords: Vibrating platform; Mechanic vibrations; Veterinary.

Resumo

Aplicabilidade dos Exercícios de Vibração de Corpo Inteiro como nova ferramenta da Medicina Veterinária

As vibrações de corpo inteiro são geradas por dispositivos capazes de gerar oscilações - plataformas vibratórias. Diversos benefícios do uso de plataformas vibratórias têm sido descritos, como aumento da força muscular, melhora do desempenho físico e melhora do equilíbrio e da mobilidade funcional. A vibração de corpo inteiro tem sido estudada e usada em muitas aplicações em seres humanos, existindo apenas alguns estudos publicados sobre vibração de corpo inteiro como modalidade terapêutica em animais. A presente revisão teve como objetivo resumir os resultados de artigos originais que investigaram os efeitos da vibração de corpo inteiro em animais. Foram utilizados artigos publicados em revistas internacionais em Medicina Veterinária, e foram incluídos pequenos animais, animais de grande porte e animais silvestres. Poucos estudos relacionados ao uso da vibração de corpo inteiro foram identificados e as publicações sobre animais silvestres foram escassas. O uso de parâmetros de vibração errados, incluindo a intensidade de vibração, tempo de exposição, amplitude e aceleração, também causa efeitos adversos em animais. Mais

1. Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ). Campus de Botucatu, São Paulo. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Brasil.

*Endereço para correspondência:

Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária.
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Rua Prof. Doutor Walter Maurício Correa, s/n
Unesp Campus de Botucatu
Botucatu, SP, Brasil. CEP: 18618-681.
E-mail: ivansantos7@hotmail.com

Revista HUPE, Rio de Janeiro, 2018;17(1):34-38

Recebido em 26/04/2018. Aprovado em 09/11/2018.

estudos são necessários para determinar um protocolo adequado e a eficácia da vibração de corpo inteiro em cada espécie, como também para explorar outras aplicações terapêuticas.

Descritores: Plataforma vibratória; Vibrações mecânicas; Veterinária.

Resumen

Aplicabilidad de los Ejercicios de Vibración de Cuerpo Entero como nueva herramienta de la Medicina Veterinaria

La vibración de todo el cuerpo es generada por dispositivos que producen oscilaciones - plataformas vibratorias. Se han descrito varios beneficios del uso de plataformas vibratorias, como el aumento de la fuerza muscular, la mejora del rendimiento del ejercicio y la mejora del equilibrio y la movilidad funcional. La vibración de todo el cuerpo ha sido estudiado y utilizado en muchas aplicaciones en sujetos humanos, solo hay unos pocos estudios publicados con vibración de todo el cuerpo como modalidad terapéutica en animales. La presente revisión tuvo como objetivo resumir los hallazgos de artículos originales que investigan los efectos de la vibración de todo el cuerpo en animales. Se utilizaron artículos publicados por revistas internacionales en un área específica - Medicina Veterinaria, y se incluyeron animales pequeños, animales grandes y animales salvajes. Se identificaron pocos estudios relacionados con el ejercicio de WBVE, y pocas publicaciones en animales salvajes. El uso de parámetros de vibración incorrectos, incluyendo la intensidad de la vibración, el tiempo de exposición, la amplitud y la aceleración, también causa efectos adversos en los animales. Más estudios son necesarios

para determinar un protocolo adecuado y la eficacia de la vibración de todo el cuerpo en cada especie, así como para explorar otras aplicaciones terapéuticas.

Palabras clave: Plataforma vibratoria; Vibraciones mecánicas; Veterinaria.

Introduction

Whole body vibration (WBV) has been studied for a few decades. In 1970's the National Institute of Occupational Safety and Health in the USA identified some of the types of WBV and found in several work situations potential health and safety implications of industrial vibration exposure.¹ In the following decades many studies have been done to understand the effects of WBV.²⁻⁶ And it was especially during the 2000's that therapeutic benefits of whole body vibration exercises (WBVE) started to be researched.

Several different benefits of the use of vibrating platforms have been described, such as improvement of exercise performance,^{7,8} an increase in muscle strength,^{5,9,10} and improvements in balance and functional mobility.^{11,12} Review papers and systematic reviews with or without meta-analyses have been used to compare WBVE studies and suggest the best protocols to achieve different benefit to each patient.¹³⁻¹⁶ Although WBVE has been studied and used in many applications in human subjects, there are only a few studies published with whole-body vibration as a therapeutic modality in animals. The present review aims to summarize the findings of original articles that investigate effects of WBVE on animals.

There are three main types of oscillating vibrating

platforms that allow the transmission of these mechanical vibrations. They differ according to the movement of their base, which may have alternating or vertical displacement (synchronous or triplanar). In addition, in order to establish the intervention protocol through mechanical vibrations, it is necessary to understand all variables, such as physical parameters, exposure time, and position on the oscillating vibrating platform.

Whole-body vibration exercise in animals

A study with seven healthy adult horses conducted by Carstanjen and others analysed the effects of WBVE on clinical parameters and blood values after a single WBVE session (Table 1).¹⁷ Heart and respiratory rate were measured by auscultation and venous blood samples were obtained before and immediately after the WBVE session. A statically significance decrease in serum cortisol and creatine kinase values were observed, which may relate to a low-stress condition and low intensity exercise response, respectively. A 10 minutes WBVE session was well tolerated in adult horses and did not cause any sign of measured discomfort.

Another study evaluated the renal resistivity index

Table 1. Overview of Whole-Body Vibration studies in healthy animals

Study	Subjects	Duration	Parameters	Study design
Carstanjen et al. ¹⁷	7 healthy adult horses, 4 geldings, 3 mares, age range from 8-27 years	Single session (10 minutes)	15 to 21 Hz, for 10 minutes	Horses were standing on four separate platforms; heart and respiratory rate were measured and blood samples were collected before and immediately after a WBVE session.
Freire et al. ¹⁸	10 intact healthy dogs, 6 males and 4 females, age range from 1.7-3.5 years and weight range from 20.5-41 kg; Dog breeds were Pit Bull (n = 5), Labrador retriever (n = 3), Rottweiler (n=1) and one crossbreed	Single session (15 minutes)	30 Hz for 5 min, followed by 50 Hz for 5 min and finishing with 30 Hz for 5 min; velocity from 12-40 ms ⁻² and amplitude varied 1.7-2.5 mm	Dog were placed at the center of the vibrating platform standing on all four feet; ultrasound exams were performed before and immediately after the WBVE platform session.
Santos et al. ¹⁹	10 healthy intact Beagle dogs, 3 females and 7 males, age range from 2-4 years old and body mass range from 10.1-17.9 kg	5 days (15 minutes/day)	30 Hz for 5 min, followed by 50 Hz for 5 min and finishing with 30 Hz for 5 min; velocity from 12-40 ms ⁻² and amplitude varied 1.7-2.5 mm	Dog were placed at the center of the vibrating platform standing on all four feet; blood samples were collected before, immediately after, 1 h and 6 h after the end of each session, and 24 h and 48 h after the last WBVE session.

Artigo original

in 10 healthy dogs after a single WBVE session (table 1) was performed by Freire and colleagues.¹⁸ Ultrasound exams were performed to identify and evaluate each kidney and the renal vascular tree before and immediately after the vibration session. No significant differences were observed between the resistivity index values obtained before and immediately after the session, suggesting that WBVE single session does not alter the renal resistivity index.

A recent study that subjected 10 healthy Beagle dogs to a WBVE protocol of 15 minutes session per day during 5 consecutive days (table 1) was conducted by Santos and others.¹⁹ Blood samples were collected from each dog once before and 3 times after each session, and also 24 and 48 hours after the last WBVE session. Hemogram and serum biochemistry were analyzed for each blood sample and results showed all haematological and serum biochemical values within the reference range. Results from this study suggest that daily sessions of 30 Hz followed by 50 Hz and finishing with 30 Hz for 5 minutes each during 5 consecutive days of WBVE do not cause adverse effects on haematology and serum biochemistry.

Whole-body vibration exercise as therapeutic modality for animals

Whole-body vibration was described as an adjuvant in the postoperative physiotherapy protocol in a calf.²⁰ A six-week-old female calf was diagnosed with deformation of the right forelimb associated with supernumerary digits (Table 2). The calf was submitted to surgical removal of both supplementary distal digits and rehabilitation starting 21 days after surgery with WBVE using a vibrating platform daily at 15 to 21 Hz, for 10 minutes.

Prior to surgery the right forelimb showed a hyperflexion of the fetlock and carpal joints and weight bearing on the dorsal aspect of the fetlock joint. The removal of both additional digits allowed full weight-bearing and full extension of the affected limb, and the carpus valgus formation, which was improved during the rehabilitation phase.

Long-term and immediate effects of WBVE were assessed in eight horses with chronic lameness (table 2).²¹ Horses were submitted to a WBVE session of 30 minutes twice a day, five days per week, during 60 days. Lameness was evaluated subjectively by a veterinarian and objectively by using a lameness locator (computer system). Long-term evaluations were made at days 0, 30 and 60 of WBVE sessions and immediate evaluations

at day 30, 35, 55 and 60 immediate before and within 30 min after the WBVE sessions. Horses with primary forelimb lameness show a significant improvement in long-term evaluations after the first 30 days and a significant worsening after the second 30 days. The immediate effect of WBVE showed a significant worsening in forelimbs lameness and no statistically significant difference in lameness in hindlimbs.

A study performed by Santos and colleagues with 12 penguins evaluated the effects of WBVE training in healthy penguins and penguins with bumblefoot (table 2).²² Penguins were submitted to a single 15 minutes session of WBVE, which was divided in three moments of five minutes. The temperature of penguins' feet was measured with an infrared thermography camera before and after each moment of the session. An increase in temperature in the plantar surface of the feet was observed, and penguins with bumblefoot did not presented a significant increase in temperature.

Effects of WBVE sessions were shown on the multifidus muscle in nine horses with clinical signs of back pain associated with lameness.²³ WBVE protocol was 30 minutes, twice a day, five days a week for 60 days. Lameness was subjectively evaluated by a veterinarian and ultrasound images were used to measure the cross-section area of the multifidus muscle, captured at days 0, 30 and 60 of treatment. A significant increase of the total (left and right) cross-section area and an improvement in symmetry of the multifidus muscle were observed after WBVE sessions.

WBVE as described as an adjuvant therapy in a case of metritis in a dog (Table 2).²⁴ A two-years-old female American Pitt Bull terrier was diagnosed with metritis. Physical and complementary examination detected a slight vulvar edema, an enlarged uterus with hypoechoic luminal content on ultrasound exam, and no significant alterations at blood exams. A single session of WBVE exercise was performed, and after 6 minutes a purulent vulvar discharge was observed and remained throughout the session. Ultrasound and blood exams after 7 days showed no sign of abnormalities.

Discussion

Use of WBVE as a therapeutic modality has been studied for the past 20 years in human patients. Therefore why not apply this modality also to animals? A few studies have shown that WBVE between 10 to 15 minutes/session and frequencies from 15 to 50 Hz have no deleterious effects in renal resistive index in dogs

and haematological and biochemistry parameters in dogs and horses.¹⁷⁻¹⁹ More studies are necessary to assure safety parameters for the use of WBVE in animals; nevertheless these results are important to guide future studies. Therapeutic effects of WBVE in animals have been shown in a few papers. Some positive effects have been reported, such as improvement in the conditions of lame horses and of a calf treated up to 30 days with WBVE.^{20,21} Additionally, a significant outcome in muscle symmetry and hypertrophy was observed in horses with back pain.²³ Positive outcomes of WBVE as a therapeutic adjuvant or modality in animals have been promising, warranting further study. On the other hand, WBVE may provide no benefits or negative effects, as observed in two studies on immediate effects of WBVE sessions which presented no significance difference in hindlimb of lame horses

and in temperature of the feet of penguins with bumblefoot.^{21,22} In addition, a significant worsening was observed in forelimb lameness in horses immediately after sessions and after 60 days of WBVE.¹⁹ Therefore, caution is essential, for the wrong WBVE protocol may cause adverse effects.

Final considerations

WBVE provides benefits to animals as well as to human patients. However, the use of wrong vibration parameters also causes adverse effects in animals. Therefore, more studies are required to determine the effectiveness and safety of WBVE protocols in each species and to explore other therapeutic applications.

References

1. Wasserman DE, Badger DW. Vibration and its Relation to Oc-

Table 2. Overview of Whole-Body Vibration studies as a therapeutic modality in domestic animals.

Study	Subjects	Duration	Parameters	Study design
Carstanjen et al. ²⁰	A 6-week-old female German Holstein-Friesian calf, weighting 67 kg, with deformation of the right forelimb associated with two supernumerary digits	—	15 to 21Hz, for 10 minutes	Calf had the supernumerary digits surgically removed; rehabilitation started 21 days after surgery, including passive manipulation of the limb, the application of dorsal claw extensions, walking exercise and WBVE sessions - training
Halsberghe ²¹	8 adult horses, age range from 6.7-15.4 years; horses breeds were Warmblood geldings (n=4), Irish sport horse geldings (n=2), Thoroughbred gelding (n=1), and Thoroughbred mare (n=1)	60 days (30 minutes/2x per day) 5 days per week	40 Hz for 30 minutes; amplitude of 0.8 millimeter, and an acceleration of 4.9 m/s ² (0.5 g)	A hay net was provide to keep horses occupied; lameness was evaluated subjectively by a veterinarian using a lameness scale and objectively lameness by using a real-time handheld computer system using body-mounted inertial sensors (lameness locator)
Santos et al. ²²	12 captive adult magellanic penguins (<i>Spheniscus magellanicus</i>), weighting from 2.52-3.88 kg	Single session (15 minutes)	20 Hz for 3 moments of 5 minutes; velocity and amplitude varied from 12-40 m sec ⁻² and 1.7-2.5 mm, respectively	Penguins were kept inside a plastic box placed over the platform; infrared thermography was performed before and after each moment of WBVE training (0, 5, 10 and 15 minutes of session)
Halsberghe et al. ²³	9 adult horses, age range from 6.0-14.4 years; horses breeds were Warmblood geldings (n=5), Irish sport horse geldings (n=2), Thoroughbred (one gelding and one mare)	60 days (30 minutes/2x per day) 5 days per week	40 Hz for 30 minutes; amplitude of 0.8 millimeter, and an acceleration of 4.9 m/s ² (0.5 g)	Lameness was evaluated subjectively by a veterinarian using a lameness scale and ultrasound images of the m. multifidus were captured and used to measure the cross-section area.
Santos et al. ²⁴	A 2-year-old, intact female American Pit Bull Terrier dog, weighting 32 kg, with slight vulvar edema	Single session (15 minutes)	30 Hz for 5 min, followed by 50 Hz for 5 min and finishing with 30 Hz for 5 min; velocity from 12-40 m/s ² and amplitude varied 1.7-2.5 mm	A purulent vulvar discharge was observed 6 min following the exposure to WBVE and remained continuous throughout the session; antibiotic therapy was prescribed for 15 days.

Artigo original

- cupational Health and Safety. *J Urban Health*. 1973;49(10):887-894.
2. Meister A, Brauer D, Kurerova NN, et al. Evaluation of responses to broad-band whole-body vibration. *Ergonomics*. 1984;27(9):959-980.
 3. Pope MH, Magnusson M, Lindell V, et al. The Measurement of Oxygen Uptake Under Whole Body Vibration. *Iowa Orthop J*. 1990;10:85-88.
 4. Rothmuller C, Cafarelli E. Effects of vibration on antagonist muscle coactivation and isometric rate of force development tests. *J Hum Mov Stud*. 1995;27:153-172.
 5. Bosco C, Colli R, Intorini E, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*. 1999;19(2):83-187.
 6. Cardinale M, Wakeling J. Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med*. 2005;585-589.
 7. Ronnestad BR. Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men. *J Strength Cond Res*. 2004;18(4):839-845.
 8. Annino G, Padua E, Castagna C, et al. Effect of whole body vibration training on lower limb performance in selected high-level ballet students. *J Strength Cond Res*. 2007;21(4):1072-1076.
 9. Cardinale M, Lim J. Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *J Strength Cond Res*. 2003;17(3):621-624.
 10. Roelants M, Verschueren SM, Delecluse C, et al. Whole-body vibration-induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *J Strength Cond Res*. 2006;20(1):124-129.
 11. Runge M, Rehfeld G, Resnick E. Balance training and exercise in geriatric patients. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2000;1:61-65.
 12. Bautmans I, Van Hees E, Lemper JC, et al. The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*. 2005; 5(17).
 13. Nordlund MM, Thorstensson A. Strength training effects of whole-body vibration? *Scand J Med Sci Sports*. 2007;17:12-17.
 14. Dolny DG, Reyes GFC. Whole Body Vibration Exercise: Training and Benefits. *Curr Sport Med Rep*. 2008; 7(3): 152-157.
 15. Stijà-Rabert M, Rigau D, Vanmeerghaege AF, et al. Efficacy of whole body vibration exercise in older people: a systematic review. *Disability & Rehabilitation*. 2012;34(11):883-893.
 16. Chen H, Ma J, Lu B, et al. The effect of whole-body vibration training on lean mass, A PRISMA-compliant meta-analysis. *Medicine*. 2017;96(45):121-129.
 17. Carstanjen B, Balali M, Gajewski Z, et al. Short-term whole body vibration exercise in adult healthy horses. *Pol J Vet Sci*. 2013;16(2):403-405.
 18. Freire L, Rahal SC, Santos IFC, et al. Renal Resistive Index of Adult Healthy Dogs Submitted to Short-Term Whole-Body Vibration Exercise. *Asian J Anim Vet Adv*. 2015;10(11):797-802.
 19. Santos IFC, Rahal SC, Shimono J, et al. Whole-Body Vibration Exercise on Hematology and Serum Biochemistry in Healthy Dogs. *Top Companion Anim Med*. 2017a;32:86-90.
 20. Carstanjen B, Pennecke J, Boehart S, et al. Unilateral Polydactylism in a German Holstein-Friesian Calf - A case report. *Thai J Vet Med* 2010;40(1):69-74.
 21. Halsberghe BT. Long-Term and Immediate Effects of Whole Body Vibration on Chronic Lameness in the Horse: A Pilot Study. *J Equine Vet Sci*. 2016;20:1-8.
 22. Santos IFC, Sakata S, Rahal SC, et al. Plantar Thermographic Evaluation After Short-term Whole Body Vibration in Magellanic Penguins with and without Bumblefoot. *Asian J Anim Vet Adv*. 2016;1(5):309-313.
 23. Halsberghe BT, Gordon-Ross P, Peterson R. Whole body vibration affects the cross-sectional area and symmetry of the multifidus of the thoracolumbar spine in the horse. *Equine Vet Educ*. 2017; 29(9): 493-499.
 24. Santos IFC., Rahal SC, Freire L, et al. Acute Effect of Whole-Body Vibration in a Female Dog with Metritis. *Acta Scientiae Veterinariae*. 2017b; 45(185)

ANEXOS

Anexo 1

Atestado de análise e aprovação do projeto pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Botucatu, São Paulo (CEUA 125/2016).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



fmvz - unesp
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Campus de Botucatu

A T E S T A D O

Atesto que o Projeto de Pesquisa "Avaliação dos músculos *quadriceps femoris* de cães com displasia coxofemoral após o uso da plataforma vibratória" **Protocolo CEUA 125/2016**, a ser conduzido por **Ivan Felismino Charas dos Santos**, orientadora Profa. Sheila Canevese Rahal, para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA.

Vigência do projeto	01/08/2016 a 01/12/2017
Finalidade	Pesquisa Científica
Espécie/Linhagem	Canina/ <i>Canis lupus familiaris</i>
Raça	Variável
Nº de animais	10
Peso/Idade	30kg/24 a 60 meses
Sexo	5 machos e 5 fêmeas
Origem	Proprietários

Projeto de Pesquisa aprovado em reunião da CEUA em 18/08/2016

Profª. Ass. Drª. Ibiara Correia de Lima Almeida Paz

Presidente da CEUA da FMVZ, UNESP - Campus de Botucatu

Anexo 2

Modelo do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelos proprietários antes do início do protocolo de Exercício de Vibração no Corpo Inteiro (semana 0).



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Declaro para os devidos fins que estou ciente e autorizo a participação do animal de nome _____, RG _____ no projeto de pesquisa intitulado *Avaliação dos músculos Quadriceps femoris de cães com displasia coxofemoral após o uso da plataforma vibratória*, de responsabilidade da mestranda Mayara Viana Freire Gomes e supervisionada pelos pesquisadores/ orientadores Profa. Dra. Sheila Canevese Rahal e Pós-doutorando Ivan F. C. Santos. O animal acima citado será submetido ao teste da plataforma vibratória (15 minutos, uma vez por dia), três vezes por semana, durante o mínimo de 16 semanas. Será coletado sangue, urina e realizado o exame ultrassonográfico muscular, a cada quatro semanas, para determinação da higidez do paciente. Serão realizadas filmagens e fotografias do animal para registro da evolução do tratamento, podendo essas serem utilizadas no artigo científico e demais materiais de divulgação do projeto.

Estou ciente que os exames acima citados não serão cobrados e o não comparecimento do animal nos dias pré-determinados implicará em advertências de justa causa.

Obs.: Concordo em realizar tricotomia em membros pélvicos para colocação do sensor Delsys sobre a pele.

NOME DO RESPONSÁVEL: _____

RG: _____ Data: ____/____/____

Assinatura: _____

Anexo 3

Modelo do questionário de dor preenchido pelos proprietários antes do início do protocolo de Exercício de Vibração no Corpo Inteiro (semana 0) e na quarta, oitava, 12^a e 16^a de tratamento.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Campus de Botucatu

Data _____ Questionário número 1 2 3 4 5 MV _____

Nome do(a) proprietário(a) _____

RG do(a) paciente _____

Numero de IDENTIFICACAO do(a) paciente _____

Nome do(a) paciente _____

Idade _____ Peso _____

Raça _____ Sexo _____

Assinatura da pessoa que completa o questionário _____

Estado geral do/a paciente agora

Marque com um "X" apenas uma resposta para cada pergunta: aquela que melhor explica o estado de seu/sua cachorro/cadela na semana passada.

1. Estado de ânimo está:

muito ativo	ativo	nem ativo, nem abatido	abatido	muito abatido
()	()	()	()	()

2. O cachorro/a cadela brinca:

com muita vontade	com vontade	com má vontade	com muita má vontade	não brinca
()	()	()	()	()

3. O cachorro/a cadela chora de dor:

nunca	raramente	às vezes	frequentemente	muito frequentemente
()	()	()	()	()

4a. O cachorro/a cadela anda:

com muita vontade	com vontade	com dificuldade	com muita dificuldade	não anda
()	()	()	()	()

4b. O cachorro/a cadela anda:

muito facilmente	facilmente	razoavelmente	dificilmente	muito dificilmente
()	()	()	()	()

5a. O cachorro/a cadela trota:

com muita vontade	com vontade	com dificuldade	com muita dificuldade	não trota
()	()	()	()	()

5b. O cachorro/a cadela trota:

muito facilmente	facilmente	difícilmente	muito difícilmente	não trota
()	()	()	()	()

6a. O cachorro/a cadela galopa:

com muita vontade	com vontade	com dificuldade	com muita dificuldade	não galopa
()	()	()	()	()

6b. O cachorro/a cadela galopa:

muito facilmente	facilmente	difícilmente	muito difícilmente	não galopa
()	()	()	()	()

7a. O cachorro/ a cadela pula (por exemplo no sofá, no carro):

com muita vontade	com vontade	com dificuldade	com muita dificuldade	não pula
()	()	()	()	()

7b. O cachorro/ a cadela pula (por exemplo no sofá, no carro):

muito facilmente	facilmente	difícilmente	muito difícilmente	não pula
()	()	()	()	()

8. O cachorro/ a cadela se deita:

muito facilmente	facilmente	razoavelmente	difícilmente	muito difícilmente
()	()	()	()	()

9. O cachorro/a cadela se levanta de uma posição deitada:

muito facilmente	facilmente	razoavelmente	difícilmente	muito difícilmente
()	()	()	()	()

10. Após um longo descanso, o cachorro/a cadela se move:

muito facilmente	facilmente	razoavelmente	difícilmente	muito difícilmente
()	()	()	()	()

11. Após um esforço físico ou esforço intenso, o cachorro/a cadela se move:

muito facilmente	facilmente	razoavelmente	difícilmente	muito difícilmente
()	()	()	()	()

Apêndice

Avaliação individual baseada na distribuição de peso, tempo de apoio relativo e tempo de balanço para comparar cada cão ao longo do protocolo de tratamento.

Cão nº 1: Durante o exame ortopédico, na avaliação inicial, foi possível observar claudicação do membro pélvico direito, com sinais de dor e diminuição na amplitude de movimento do membro à palpação. O exame radiográfico mostrou incongruência bilateral da articulação coxofemoral, sem sinais de DAD, caracterizando uma DCF de grau leve bilateral.

Na avaliação cinética com a plataforma de pressão anterior ao protocolo de VCI observou-se que o cão nº 1 suportava menos peso corporal e por menos tempo no membro torácico direito, redistribuindo o peso no MTe e no MPe (Tabela 1). Após 24 sessões de VCI foi possível observar que passou a suportar menos peso corporal e por menos tempo no MPd, e manter os membros pélvicos mais tempo suspensos.

Tabela 1. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso, do tempo de apoio relativo e do tempo de balanço em cada membro do cão nº 1, avaliado antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

	Semana 0			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	31,98 $\pm$ 2,50	27,71 $\pm$ 1,46	20,29 $\pm$ 2,02	20,02 $\pm$ 2,33
Tempo de apoio relativo (%)	62,76 $\pm$ 2,78	59,28 $\pm$ 1,44	61,54 $\pm$ 2,67	60,54 $\pm$ 4,61
Tempo de balanço (s)	0,27 $\pm$ 0,02	0,29 $\pm$ 0,01	0,28 $\pm$ 0,02	0,29 $\pm$ 0,02
	Semana 8			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	29,11 $\pm$ 2,14	31,15 $\pm$ 3,94	20,25 $\pm$ 2,24	19,49 $\pm$ 2,30
Tempo de apoio relativo (%)	60,40 $\pm$ 2,20	59,01 $\pm$ 7,12	56,10 $\pm$ 4,11	54,02 $\pm$ 3,50
Tempo de balanço (s)	0,26 $\pm$ 0,03	0,28 $\pm$ 0,02	0,31 $\pm$ 0,06	0,31 $\pm$ 0,03
	Semana 16			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	30,93 $\pm$ 1,88	29,70 $\pm$ 1,61	20,88 $\pm$ 2,61	18,49 $\pm$ 2,41
Tempo de apoio relativo (%)	62,70 $\pm$ 6,68	60,33 $\pm$ 3,50	64,24 $\pm$ 4,34	64,17 $\pm$ 9,40
Tempo de balanço (s)	0,26 $\pm$ 0,02	0,29 $\pm$ 0,02	0,30 $\pm$ 0,03	0,36 $\pm$ 0,04

MTE= Membro torácico esquerdo; MTD= Membro torácico direito; MPE= Membro pélvico esquerdo; MPD= Membro pélvico direito.

Na terceira avaliação o paciente apresentou menor suporte de peso corporal e maior tempo de suspensão no MPd, e redistribuição do peso no MTe e no MPe. Os dados obtidos nas avaliações cinética mostraram acentuação da claudicação no MPd. A variação percentual mostrou melhora na distribuição de peso nos membros torácicos, principalmente no MTd (Figura 1).

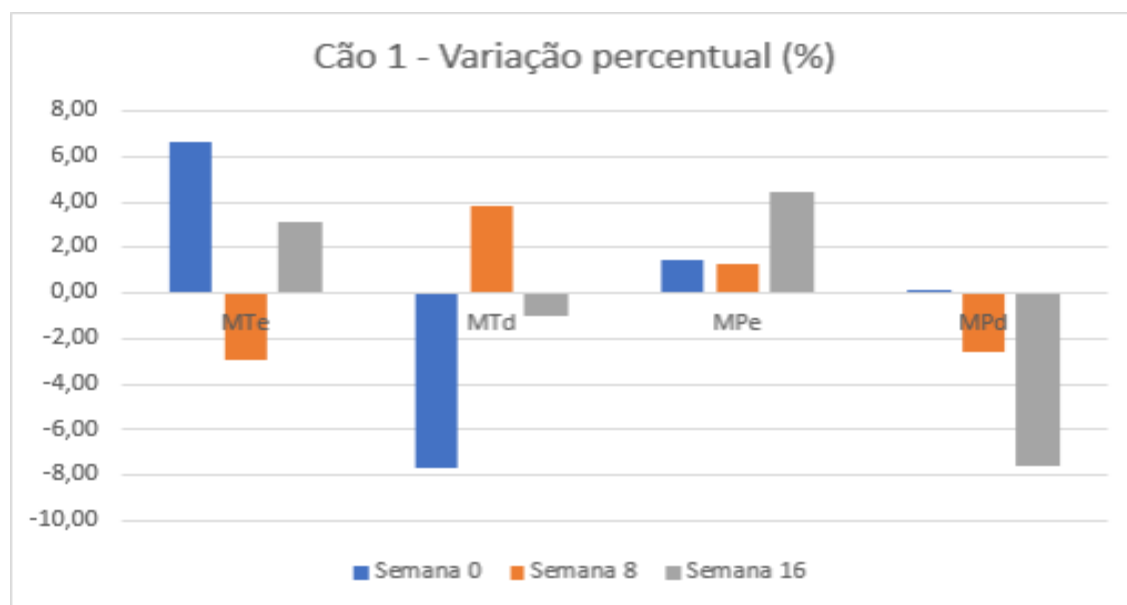


Figura 1. Variação percentual da distribuição de peso no cão nº 1 tendo como base na distribuição de 30% do peso corporal em cada membro torácico e 20% em cada membro pélvico. Na avaliação antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

Cão nº 2: O exame ortopédico inicial mostrou sinais de crepitação, dor e redução na amplitude de movimento moderado no membro pélvico esquerdo e leve no membro pélvico direito. Ao caminhar o cão apresentou sinais de claudicação bilateral de membros pélvicos; o exame radiográfico mostrou subluxação bilateral da articulação coxofemoral com remodelamento e formação de osteófitos na cabeça e colo femoral, caracterizando uma DCF bilateral de grau moderado.

Observou-se que na primeira avaliação a distribuição de peso e o tempo de apoio relativo indicaram menor suporte de peso e por menos tempo nos membros pélvicos, mais evidente no lado esquerdo, com redistribuição de peso nos membros torácicos, principalmente no lado direito (Tabela 2). Após 8 semanas de VCI foi possível observar que o cão ainda suportava menos peso

corporal e por menos tempo no MPE, e manteve os membros pélvicos mais tempo suspensos.

Tabela 2. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso, do tempo de apoio relativo e do tempo de balanço em cada membro do cão nº 2, avaliado antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

	Semana 0			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	32,57 $\pm$ 2,73	33,09 $\pm$ 2,65	16,71 $\pm$ 1,04	17,63 $\pm$ 2,02
Tempo de apoio relativo (%)	68,86 $\pm$ 2,93	70,48 $\pm$ 1,33	58,13 $\pm$ 2,40	63,54 $\pm$ 2,97
Tempo de balanço (s)	0,28 $\pm$ 0,02	0,27 $\pm$ 0,01	0,38 $\pm$ 0,03	0,33 $\pm$ 0,03
	Semana 8			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	30,37 $\pm$ 3,04	32,84 $\pm$ 2,65	16,91 $\pm$ 0,83	19,87 $\pm$ 2,02
Tempo de apoio relativo (%)	67,93 $\pm$ 1,08	69,07 $\pm$ 3,26	58,90 $\pm$ 2,07	61,11 $\pm$ 6,08
Tempo de balanço (s)	0,27 $\pm$ 0,02	0,27 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,01	0,31 $\pm$ 0,02
	Semana 16			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	33,97 $\pm$ 1,31	32,45 $\pm$ 2,54	16,79 $\pm$ 2,52	16,79 $\pm$ 2,15
Tempo de apoio relativo (%)	70,09 $\pm$ 4,64	66,56 $\pm$ 2,17	57,70 $\pm$ 1,94	59,25 $\pm$ 1,03
Tempo de balanço (s)	0,26 $\pm$ 0,04	0,28 $\pm$ 0,02	0,34 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,02

MTE= Membro torácico esquerdo; MTD= Membro torácico direito; MPE= Membro pélvico esquerdo; MPD= Membro pélvico direito.

Na avaliação cinética após 48 sessões de VCI o paciente apresentou menor suporte de peso corporal e maior tempo de suspensão em ambos membros pélvicos, com redistribuição do peso para os membros torácicos. A variação percentual mostrou melhora na distribuição de peso no MTe e no MPd na segunda avaliação, após 24 sessões de VCI (Figura 2). Após 48 sessões houve uma acentuação da claudicação nos membros pélvicos e aumento do suporte de peso nos membros torácicos.

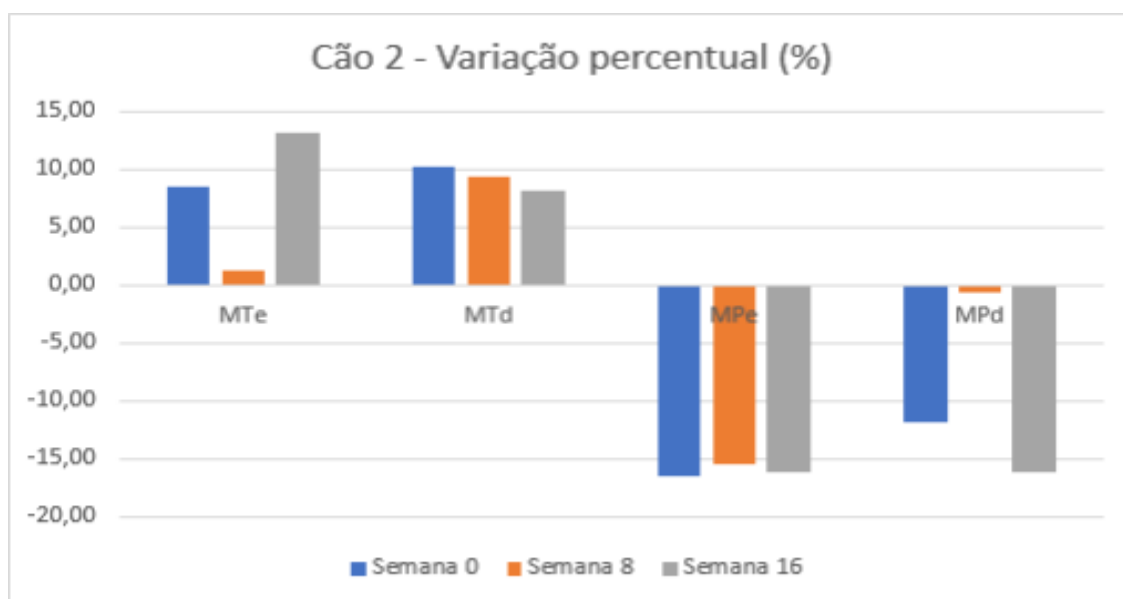


Figura 2. Variação percentual da distribuição de peso no cão nº 2 tendo como base na distribuição de 30% do peso corporal em cada membro torácico e 20% em cada membro pélvico. Na avaliação antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

Cão nº 3: O exame ortopédico inicial mostrou sinais de crepitação, dor e redução na amplitude de movimento moderado em ambos membros pélvicos. Ao caminhar o cão apresentou sinais de claudicação bilateral de membros pélvicos. O exame radiográfico mostrou luxação da articulação coxofemoral do lado direito e subluxação no lado esquerdo com remodelamento e formação de osteófitos generalizado na cabeça e colo femoral bilateral, caracterizando uma DCF bilateral de grau severo; e lesão bilateral de cotovelo, mais acentuada no lado esquerdo.

Na avaliação cinética inicial foi possível observar que o cão nº 3 suportava menos peso e por menos tempo nos membros pélvicos que nos membros torácicos (Tabela 3). Na segunda avaliação cinética mostrou que o paciente passou a suportar ainda menos peso corporal e por menos tempo no MPe, e manteve os membros pélvicos mais tempo suspensos.

Tabela 3. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso, do tempo de apoio relativo e do tempo de balanço em cada membro do cão nº 3, avaliado antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

	Semana 0			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	32,43 $\pm$ 3,01	37,71 $\pm$ 2,88	14,70 $\pm$ 1,24	15,16 $\pm$ 1,83
Tempo de apoio relativo (%)	74,54 $\pm$ 1,85	75,93 $\pm$ 1,64	70,84 $\pm$ 2,88	69,26 $\pm$ 1,25
Tempo de balanço (s)	0,23 $\pm$ 0,02	0,21 $\pm$ 0,02	0,27 $\pm$ 0,01	0,27 $\pm$ 0,01
	Semana 8			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	33,53 $\pm$ 2,56	37,12 $\pm$ 1,45	13,43 $\pm$ 0,78	15,93 $\pm$ 1,83
Tempo de apoio relativo (%)	75,19 $\pm$ 1,59	75,00 $\pm$ 2,27	69,23 $\pm$ 3,69	70,52 $\pm$ 2,96
Tempo de balanço (s)	0,22 $\pm$ 0,01	0,22 $\pm$ 0,02	0,29 $\pm$ 0,02	0,28 $\pm$ 0,00
	Semana 16			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	36,86 $\pm$ 2,52	35,42 $\pm$ 1,59	12,18 $\pm$ 1,06	15,54 $\pm$ 1,85
Tempo de apoio relativo (%)	72,39 $\pm$ 1,92	74,42 $\pm$ 1,02	66,39 $\pm$ 2,20	69,59 $\pm$ 2,41
Tempo de balanço (s)	0,24 $\pm$ 0,01	0,23 $\pm$ 0,01	0,30 $\pm$ 0,02	0,28 $\pm$ 0,01

MTE= Membro torácico esquerdo; MTD= Membro torácico direito; MPE= Membro pélvico esquerdo; MPD= Membro pélvico direito.

Após 48 sessões de VCI, o cão nº 3 diminuiu o suporte de peso e o tempo de apoio nos membros pélvicos, principalmente no lado esquerdo, e redistribuiu o peso para os membros torácicos. Foi possível observar que ao longo do protocolo houve acentuação da claudicação no membro pélvico esquerdo e aumento do suporte de peso no membro torácico esquerdo. A variação percentual mostrou uma melhora na distribuição de peso no MTd na segunda e terceira avaliações (Figura 3).

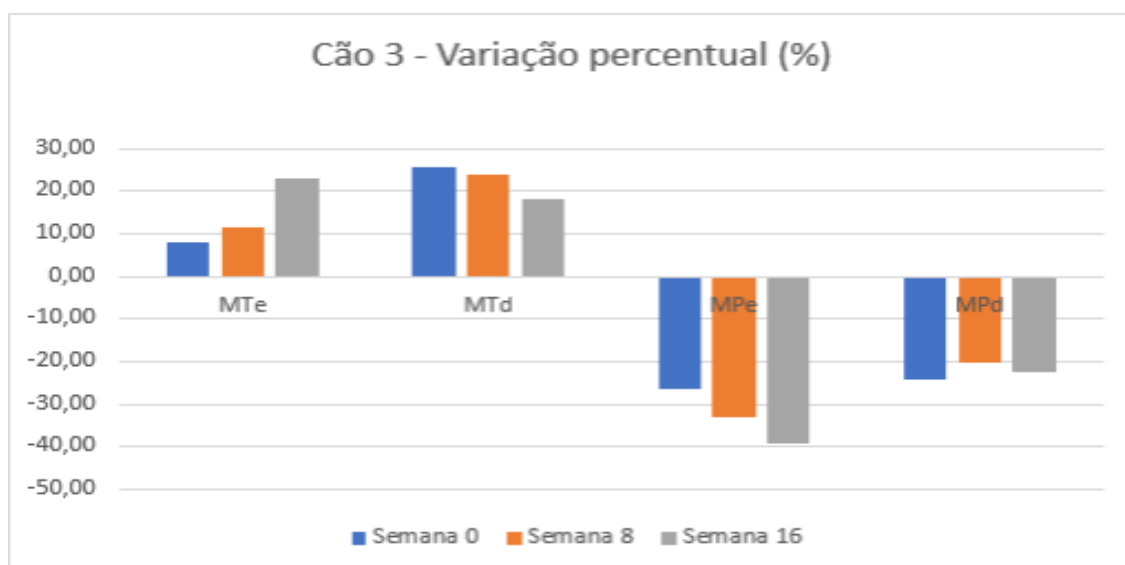


Figura 3. Variação percentual da distribuição de peso no cão nº 3 tendo como base na distribuição de 30% do peso corporal em cada membro torácico e 20% em cada membro pélvico. Na avaliação antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

Cão nº 4: Na avaliação inicial foi possível observar sinais de dor moderada e leve redução na amplitude de movimento moderado em ambos membros pélvicos. Ao caminhar o cão apresentou sinais de claudicação dos membros pélvicos, mais acentuado no lado esquerdo. O exame radiográfico mostrou doença articular degenerativa bilateral da articulação coxofemoral com formação de osteófitos no colo femoral esquerdo, caracterizando uma DCF bilateral de grau leve.

Na primeira avaliação cinética (antes do início do protocolo de VCI) o cão nº 4 apresentou menor suporte de peso e menor tempo de apoio no MPe do que no membro contralateral e no MTe, indicando claudicação com redistribuição de peso (Tabela 4). Após 24 sessões a distribuição de peso aumentou no MPe e no MTe; e reduziu no MPd e no MTd, mostrando uma mudança na distribuição de peso.

Tabela 4. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso, do tempo de apoio relativo e do tempo de balanço em cada membro do cão nº 4, avaliado antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

	Semana 0			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	32,25 $\pm$ 2,30	27,56 $\pm$ 1,58	18,11 $\pm$ 1,07	22,09 $\pm$ 0,79
Tempo de apoio relativo (%)	63,47	63,70	59,38	61,89
Tempo de balanço (s)	0,23 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,02	0,25 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,02
	Semana 8			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	36,20 $\pm$ 1,36	25,68 $\pm$ 1,18	19,48 $\pm$ 1,58	18,64 $\pm$ 0,67
Tempo de apoio relativo (%)	63,55 $\pm$ 1,80	62,58 $\pm$ 2,59	57,05 $\pm$ 2,78	60,86 $\pm$ 1,93
Tempo de balanço (s)	0,24 $\pm$ 0,01	0,25 $\pm$ 0,01	0,28 $\pm$ 0,02	0,27 $\pm$ 0,03
	Semana 16			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	35,72 $\pm$ 2,71	25,83 $\pm$ 1,85	18,99 $\pm$ 1,09	19,46 $\pm$ 1,49
Tempo de apoio relativo (%)	63,51 $\pm$ 2,52	61,67 $\pm$ 2,69	61,24 $\pm$ 4,85	62,22 $\pm$ 1,40
Tempo de balanço (s)	0,24 $\pm$ 0,00	0,26 $\pm$ 0,01	0,26 $\pm$ 0,06	0,27 $\pm$ 0,01

MTE= Membro torácico esquerdo; MTD= Membro torácico direito; MPE= Membro pélvico esquerdo; MPD= Membro pélvico direito.

Na terceira análise cinética observou-se que o paciente suporta menos peso e por menos tempo no membro pélvico esquerdo e no membro torácico direito. Na avaliação cinética, foi possível observar que ao longo do protocolo houveram mudanças no suporte e redistribuição do peso corporal. A variação percentual da distribuição de peso mostrou melhora na distribuição de peso nos membros pélvicos, sobrecarga no MTe e redução no suporte de peso no MTd entre a primeira e terceira avaliação (Figura 4).

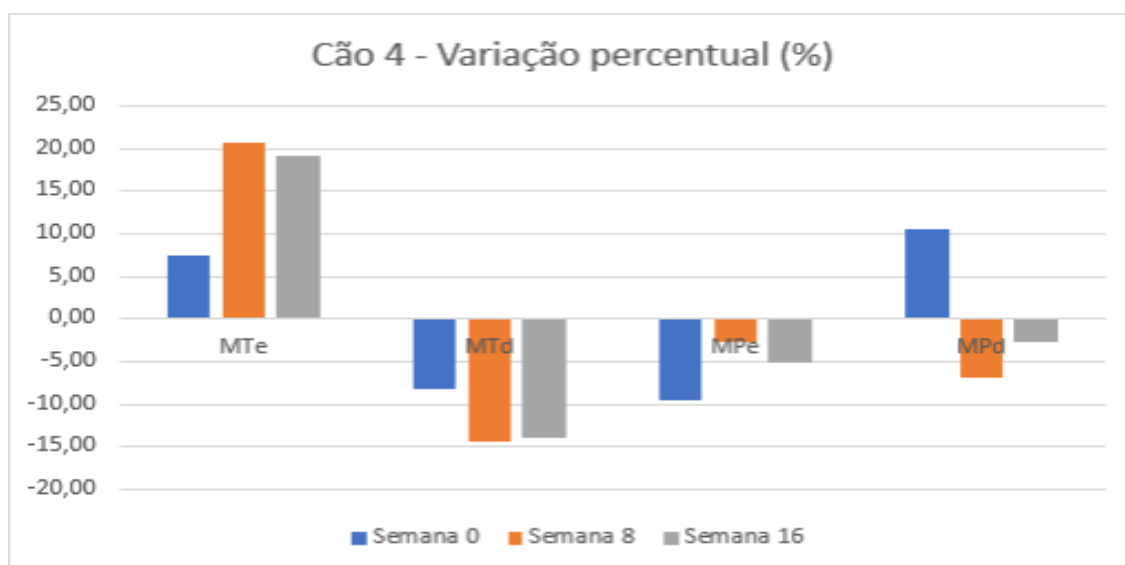


Figura 4. Variação percentual da distribuição de peso no cão nº 4 tendo como base na distribuição de 30% do peso corporal em cada membro torácico e 20% em cada membro pélvico. Na avaliação antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

Cão nº 5: O exame ortopédico prévio ao início do protocolo de VCI mostrou sinais de dor, crepitação e redução na amplitude de movimento moderados em ambos membros pélvicos. Ao caminhar o cão apresentou sinais de claudicação bilateral de membros pélvicos. O exame radiográfico mostrou doença articular degenerativa bilateral severa da articulação coxofemoral com remodelamento da cabeça e colo femoral, formação de osteófitos e arrasamento acetabular bilateral, caracterizando uma DCF bilateral de grau severo.

Na avaliação cinética antes do início do protocolo de VCI o paciente suportava menos peso nos membros pélvicos e redistribuía o peso corporal nos membros torácicos (Tabela 5). Na segunda avaliação observou-se acentuação da redução de suporte e por menor tempo no membro pélvico direito, com redistribuição para os torácicos, principalmente no lado esquerdo. Após 48 sessões de VCI foi possível observar acentuada redução de suporte e por menor tempo no membro pélvico esquerdo, com redistribuição para os membros torácicos, principalmente no lado direito.

Tabela 5. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso, do tempo de apoio relativo e do tempo de balanço em cada membro do cão nº 5, avaliado antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

	Semana 0			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	31,30 $\pm$ 1,42	31,66 $\pm$ 4,03	18,45 $\pm$ 2,84	18,60 $\pm$ 1,14
Tempo de apoio relativo (%)	65,64 $\pm$ 3,84	68,21 $\pm$ 1,19	61,51 $\pm$ 3,04	61,06 $\pm$ 5,39
Tempo de balanço (s)	0,29 $\pm$ 0,02	0,28 $\pm$ 0,03	0,30 $\pm$ 0,02	0,33 $\pm$ 0,03
	Semana 8			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	32,62 $\pm$ 4,95	31,08 $\pm$ 5,28	19,95 $\pm$ 2,84	16,34 $\pm$ 1,14
Tempo de apoio relativo (%)	68,78 $\pm$ 3,91	63,10 $\pm$ 2,81	58,90 $\pm$ 3,47	55,25 $\pm$ 5,39
Tempo de balanço (s)	0,27 $\pm$ 0,03	0,29 $\pm$ 0,04	0,32 $\pm$ 0,04	0,36 $\pm$ 0,05
	Semana 16			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	31,52 $\pm$ 2,11	33,15 $\pm$ 2,19	16,41 $\pm$ 2,78	18,92 $\pm$ 1,64
Tempo de apoio relativo (%)	74,37 $\pm$ 15,97	72,68 $\pm$ 12,05	63,16 $\pm$ 6,75	62,32 $\pm$ 3,93
Tempo de balanço (s)	0,20 $\pm$ 0,22	0,21 $\pm$ 0,18	0,33 $\pm$ 0,02	0,34 $\pm$ 0,03

MTE= Membro torácico esquerdo; MTD= Membro torácico direito; MPE= Membro pélvico esquerdo; MPD= Membro pélvico direito.

As avaliações cinéticas mostraram mudanças no suporte e distribuição do peso corporal; com claudicação variável nos membros pélvicos, mais evidentes no lado direito e no lado esquerdo na segunda e terceira avaliação, respectivamente. A variação percentual da distribuição de peso mostrou melhora na distribuição de peso no MPE e no MPd na segunda e terceira avaliação, respectivamente (Figura 5).

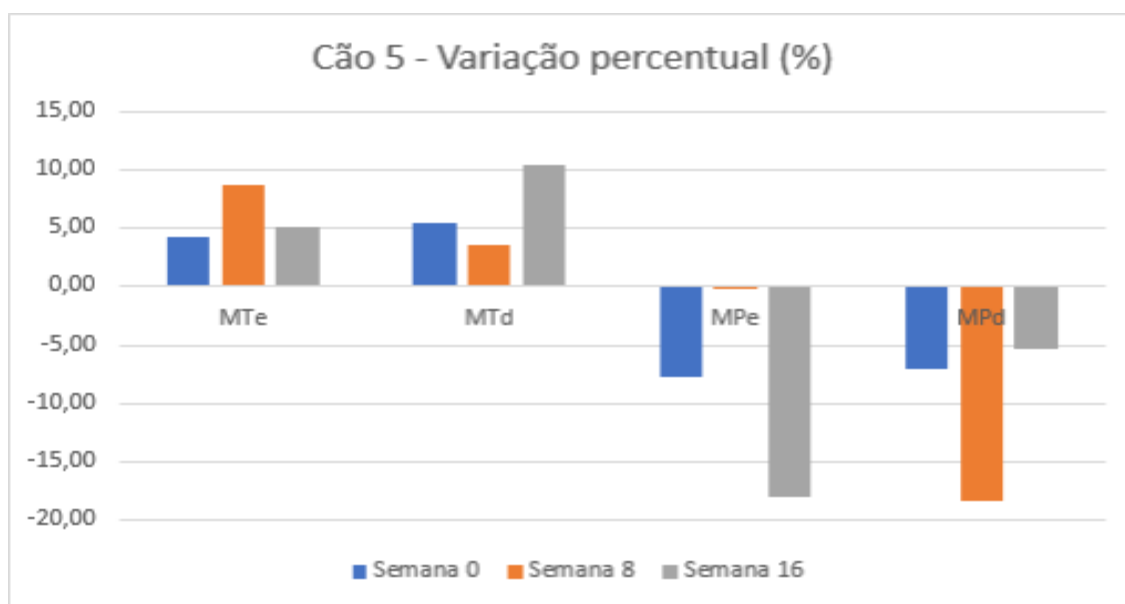


Figura 5. Variação percentual da distribuição de peso no cão nº 5 tendo como base na distribuição de 30% do peso corporal em cada membro torácico e 20% em cada membro pélvico. Na avaliação antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

Cão nº 6: No exame ortopédico inicial foram observados sinais de dor e redução na amplitude de movimento moderados em ambos membros pélvicos. Ao caminhar o cão apresentou sinais de claudicação bilateral de membros pélvicos. O exame radiográfico mostrou subluxação com remodelamento da cabeça e colo femoral da articulação coxofemoral no lado direito; e remodelamento da cabeça femoral do lado esquerdo, caracterizando uma DCF no lado direito de grau leve e limítrofe no lado esquerdo.

Na primeira análise cinética indicou que o cão nº 6 suportava menos peso e por menos tempo nos membros pélvicos, principalmente no lado esquerdo; e redistribuía o peso para os membros torácicos (Tabela 6). Após 24 sessões, a avaliação cinética mostrou redução do suporte de peso e por menos tempo nos membros pélvicos, mais evidente no lado direito; e redistribuição do peso para os membros torácicos.

Tabela 6. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso, do tempo de apoio relativo e do tempo de balanço em cada membro do cão nº 6, avaliado antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

	Semana 0			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	32,98 $\pm$ 0,95	31,85 $\pm$ 1,73	16,61 $\pm$ 1,14	18,56 $\pm$ 0,66
Tempo de apoio relativo (%)	65,19 $\pm$ 1,58	64,34 $\pm$ 2,73	60,04 $\pm$ 1,00	60,16 $\pm$ 2,26
Tempo de balanço (s)	0,30 $\pm$ 0,02	0,32 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,02
	Semana 8			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	34,14 $\pm$ 1,51	35,40 $\pm$ 0,46	15,95 $\pm$ 2,42	14,50 $\pm$ 1,19
Tempo de apoio relativo (%)	67,52 $\pm$ 5,92	67,00 $\pm$ 2,91	64,47 $\pm$ 1,63	64,09 $\pm$ 5,06
Tempo de balanço (s)	0,28 $\pm$ 0,02	0,29 $\pm$ 0,02	0,31 $\pm$ 0,05	0,33 $\pm$ 0,02
	Semana 16			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	34,61 $\pm$ 2,81	35,86 $\pm$ 2,79	15,57 $\pm$ 1,91	13,97 $\pm$ 0,75
Tempo de apoio relativo (%)	70,38 $\pm$ 2,30	70,88 $\pm$ 1,46	68,20 $\pm$ 2,19	68,13 $\pm$ 6,10
Tempo de balanço (s)	0,29 $\pm$ 0,01	0,29 $\pm$ 0,02	0,34 $\pm$ 0,01	0,37 $\pm$ 0,02

MTE= Membro torácico esquerdo; MTD= Membro torácico direito; MPE= Membro pélvico esquerdo; MPD= Membro pélvico direito.

A avaliação cinética após 16 semanas de VCI foi possível observar menor suporte e por menos tempo nos membros pélvicos, principalmente no lado direito, com redistribuição do peso nos membros torácicos. A variação percentual da distribuição de peso mostrou que ao longo do protocolo houve redução do suporte de peso nos membros pélvicos, principalmente no lado direito e aumento do suporte de peso nos membros torácicos (Figura 6).

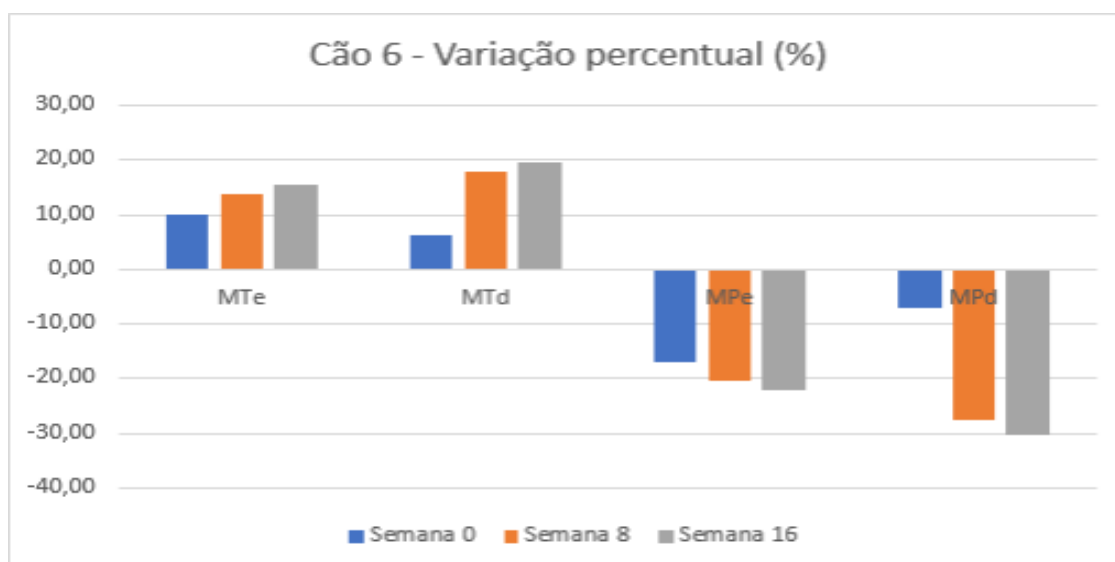


Figura 6. Variação percentual da distribuição de peso no cão nº 6 tendo como base na distribuição de 30% do peso corporal em cada membro torácico e 20% em cada membro pélvico. Na avaliação antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

Cão nº 7: Na avaliação inicial o exame ortopédico mostrou sinais de dor e redução na amplitude de movimento leve em ambos os membros pélvicos. Ao caminhar o cão apresentou sinais de claudicação intermitente bilateral de membros pélvicos. O exame radiográfico mostrou incongruência acetabular da articulação coxofemoral bilateral, caracterizando a articulação como limítrofe para DCF bilateral.

Na primeira avaliação cinética foi possível observar menor suporte e por menos tempo no membro pélvico esquerdo, e redistribuição para os membros torácico direito e pélvico direito (Tabela 7). Após 24 sessões de VCI observou-se redistribuição em todos os membros com aumento do suporte nos membros pélvicos e redução nos torácicos.

Tabela 7. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso, do tempo de apoio relativo e do tempo de balanço em cada membro do cão nº 7, avaliado antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

	Semana 0			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	29,47 $\pm$ 3,33	31,46 $\pm$ 2,54	17,94 $\pm$ 2,10	21,13 $\pm$ 3,02
Tempo de apoio relativo (%)	65,68 $\pm$ 1,94	68,12 $\pm$ 3,07	61,62 $\pm$ 1,71	63,35 $\pm$ 3,96
Tempo de balanço (s)	0,25 $\pm$ 0,03	0,25 $\pm$ 0,03	0,29 $\pm$ 0,02	0,27 $\pm$ 0,01
	Semana 8			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	28,90 $\pm$ 4,59	29,05 $\pm$ 1,04	19,64 $\pm$ 2,54	22,40 $\pm$ 2,88
Tempo de apoio relativo (%)	63,80 $\pm$ 3,75	66,36 $\pm$ 2,10	60,13 $\pm$ 1,95	64,13 $\pm$ 0,95
Tempo de balanço (s)	0,29 $\pm$ 0,03	0,27 $\pm$ 0,01	0,32 $\pm$ 0,02	0,29 $\pm$ 0,02
	Semana 16			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	31,37 $\pm$ 2,33	30,97 $\pm$ 1,66	16,76 $\pm$ 0,94	20,89 $\pm$ 1,84
Tempo de apoio relativo (%)	63,89 $\pm$ 1,67	66,58 $\pm$ 2,40	59,56 $\pm$ 2,65	60,93 $\pm$ 4,19
Tempo de balanço (s)	0,30 $\pm$ 0,01	0,27 $\pm$ 0,03	0,34 $\pm$ 0,01	0,33 $\pm$ 0,05

MTE= Membro torácico esquerdo; MTD= Membro torácico direito; MPE= Membro pélvico esquerdo; MPD= Membro pélvico direito.

Na análise cinética após 48 sessões de VCI o cão nº 7 apresentou menor suporte e por menos tempo no membro pélvico esquerdo; e redistribuição para os demais membros, principalmente MTe. A variação percentual da distribuição de peso mostrou uma melhora na distribuição de peso no MPe na segunda avaliação; e melhora no MTd e no MPd na terceira avaliação (Figura 7).

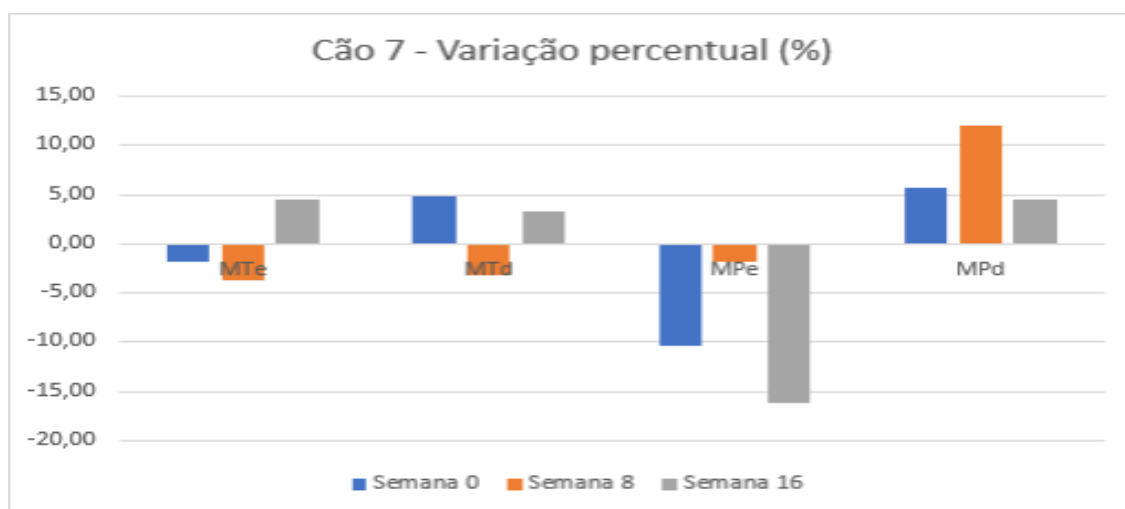


Figura 7. Variação percentual da distribuição de peso no cão nº 7 tendo como base na distribuição de 30% do peso corporal em cada membro torácico e 20% em cada membro pélvico. Na avaliação antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

Cão nº 8: O exame ortopédico antes do início do protocolo mostrou sinais de dor, crepitação articular e redução na amplitude de movimento severos em ambos membros pélvicos. Ao caminhar o cão apresentou sinais de claudicação bilateral de membros pélvicos. O exame radiográfico mostrou doença articular degenerativa e luxação da articulação coxofemoral bilateral, caracterizando uma DCF bilateral de grau severo.

A análise cinética na semana zero mostrou menor suporte e por menos tempo nos membros pélvicos, principalmente no lado esquerdo; e redistribuição para os membros torácicos (Tabela 8). Na segunda avaliação cinética o cão nº 8 apresentou aumento no suporte do MPd e redução no MTd. Após 48 sessões a análise cinética mostrou que houve menor suporte e por menos tempo no MPe, e redistribuição do peso para os membros torácicos.

Tabela 8. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso, do tempo de apoio relativo e do tempo de balanço em cada membro do cão nº 8, avaliado antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

	Semana 0			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	33,24 $\pm$ 3,97	36,00 $\pm$ 2,29	15,01 $\pm$ 0,85	15,75 $\pm$ 3,03
Tempo de apoio relativo (%)	59,07 $\pm$ 5,39	64,64 $\pm$ 2,15	57,52 $\pm$ 1,83	60,31 $\pm$ 2,88
Tempo de balanço (s)	0,26 $\pm$ 0,01	0,23 $\pm$ 0,02	0,28 $\pm$ 0,02	0,26 $\pm$ 0,03
	Semana 8			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	33,05 $\pm$ 2,03	33,65 $\pm$ 3,40	15,56 $\pm$ 2,87	17,73 $\pm$ 3,03
Tempo de apoio relativo (%)	61,98 $\pm$ 4,14	67,90 $\pm$ 4,08	59,68 $\pm$ 3,44	62,14 $\pm$ 0,90
Tempo de balanço (s)	0,25 $\pm$ 0,03	0,23 $\pm$ 0,02	0,29 $\pm$ 0,02	0,27 $\pm$ 0,01
	Semana 16			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	32,03 $\pm$ 3,23	34,62 $\pm$ 2,42	14,46 $\pm$ 2,93	18,89 $\pm$ 2,99
Tempo de apoio relativo (%)	59,18 $\pm$ 2,56	61,77 $\pm$ 4,97	57,48 $\pm$ 3,98	58,07 $\pm$ 7,81
Tempo de balanço (s)	0,24 $\pm$ 0,03	0,22 $\pm$ 0,03	0,27 $\pm$ 0,03	0,24 $\pm$ 0,01

MTE= Membro torácico esquerdo; MTD= Membro torácico direito; MPE= Membro pélvico esquerdo; MPD= Membro pélvico direito.

A variação percentual da distribuição de peso mostrou melhora na distribuição de peso em todos os membros na segunda avaliação, principalmente no MPd e MTd (Figura 8). Após 48 sessões foi possível observar melhora no MTe e MPd; contudo, houve acentuação da claudicação no membro pélvico esquerdo e aumento do suporte de peso no MTd.

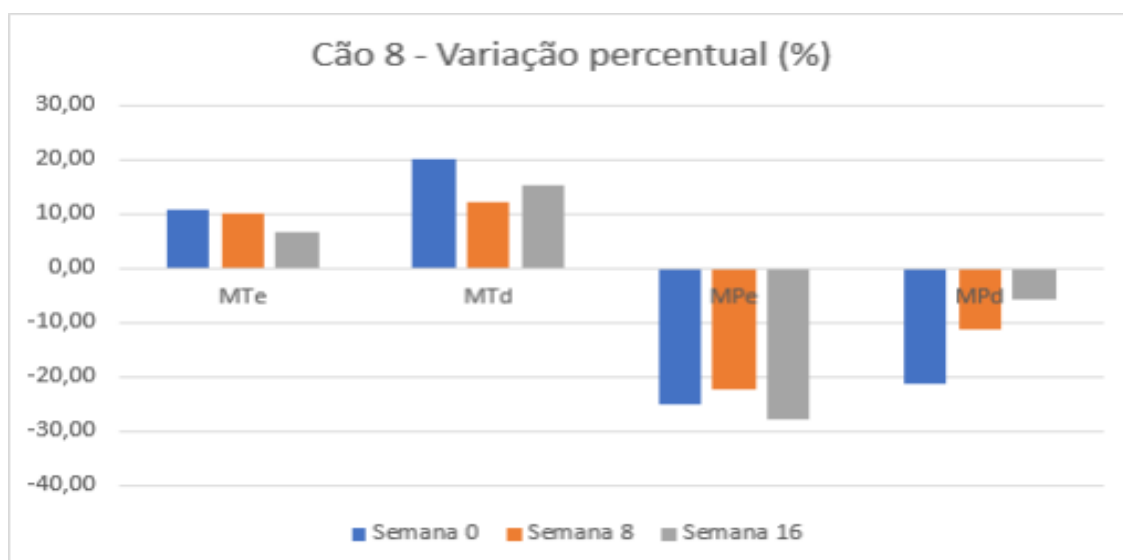


Figura 8. Variação percentual da distribuição de peso no cão nº 8 tendo como base na distribuição de 30% do peso corporal em cada membro torácico e 20% em cada membro pélvico. Na avaliação antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

Cão nº 9: Não foi possível exame ortopédico antes do início do protocolo por sinais de agressividade do paciente. Ao caminhar o cão apresentou sinais de claudicação bilateral de membros pélvicos, mais acentuado no lado direito. O exame radiográfico mostrou sinais de remodelamento severo da cabeça e colo femoral bilateral e formação de osteófitos na cabeça do fêmur direito, caracterizando uma DCF bilateral de grau severo.

Na primeira avaliação cinética foi possível observar menor suporte de peso nos membros pélvicos, principalmente no lado esquerdo; e redistribuição para os membros torácicos (Tabela 9). A análise cinética na semana 8 mostrou redução do suporte de peso nos membros pélvicos, principalmente no lado esquerdo; e redistribuição para os membros torácicos. Após 48 sessões de VCI observou-se redução do suporte de peso e menor tempo de apoio no membro pélvico esquerdo, e redistribuição para o membro torácico direito.

Tabela 9. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso, do tempo de apoio relativo e do tempo de balanço em cada membro do cão nº 9, avaliado antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

	Semana 0			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	31,22 $\pm$ 2,72	31,52 $\pm$ 3,67	18,18 $\pm$ 2,25	19,08 $\pm$ 0,70
Tempo de apoio relativo (%)	62,82 $\pm$ 5,46	63,43 $\pm$ 10,83	60,28 $\pm$ 4,60	58,23 $\pm$ 1,70
Tempo de balanço (s)	0,31 $\pm$ 0,05	0,32 $\pm$ 0,05	0,31 $\pm$ 0,05	0,33 $\pm$ 0,04
	Semana 8			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	30,94 $\pm$ 2,90	33,90 $\pm$ 1,91	16,88 $\pm$ 2,13	18,28 $\pm$ 2,42
Tempo de apoio relativo (%)	64,35 $\pm$ 2,90	66,14 $\pm$ 2,14	60,36 $\pm$ 1,56	59,27 $\pm$ 3,12
Tempo de balanço (s)	0,30 $\pm$ 0,01	0,28 $\pm$ 0,02	0,34 $\pm$ 0,02	0,36 $\pm$ 0,03
	Semana 16			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	30,40 $\pm$ 3,09	32,90 $\pm$ 3,90	16,76 $\pm$ 1,17	19,94 $\pm$ 2,66
Tempo de apoio relativo (%)	66,46 $\pm$ 3,17	68,11 $\pm$ 3,24	58,75 $\pm$ 2,44	62,87 $\pm$ 3,16
Tempo de balanço (s)	0,29 $\pm$ 0,02	0,28 $\pm$ 0,01	0,35 $\pm$ 0,03	0,32 $\pm$ 0,03

MTE= Membro torácico esquerdo; MTD= Membro torácico direito; MPE= Membro pélvico esquerdo; MPD= Membro pélvico direito.

A variação percentual da distribuição de peso mostrou melhora na distribuição de peso no MTe e no MPd na terceira avaliação, após 48 sessões de VCI (Figura 9). Contudo, houve acentuação da claudicação no membro pélvico esquerdo e aumento do suporte de peso no MTd.

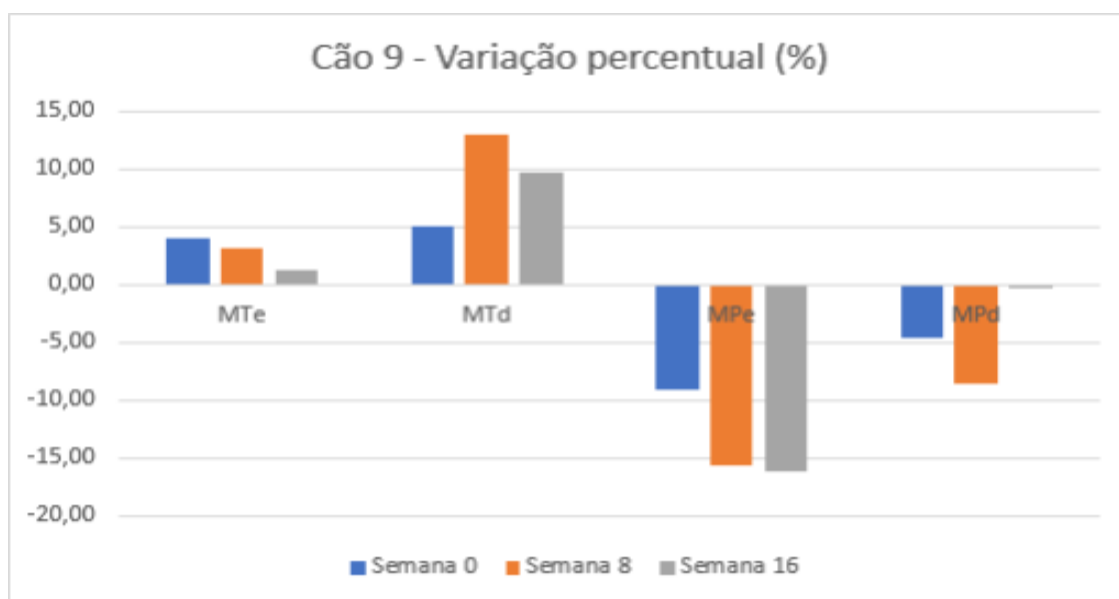


Figura 9. Variação percentual da distribuição de peso no cão nº 9 tendo como base na distribuição de 30% do peso corporal em cada membro torácico e 20% em cada membro pélvico. Na avaliação antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

Cão nº 10: O exame ortopédico inicial mostrou sinais de dor, crepitação articular e redução na amplitude de movimento moderados no membro pélvico direito e leves no lado esquerdo. Ao caminhar o cão apresentou sinais de claudicação bilateral de membros pélvicos, mais acentuado no lado direito. O exame radiográfico mostrou sinais de DAD severa da articulação femoral com arrasamento acetabular e remodelamento da cabeça e colo femoral bilateral, caracterizando uma DCF bilateral de grau severo.

A análise cinética na semana 0 mostrou menor suporte de peso nos membros pélvicos, principalmente no lado esquerdo; e redistribuição para os membros torácicos (Tabela 10). Após 24 sessões de VCI, a análise cinética mostrou mudança na distribuição de peso, menor suporte e por menos tempo no membro pélvico direito, e redistribuição para os membros torácico esquerdo e pélvico esquerdo.

Tabela 10. Média $\pm$ desvio padrão da distribuição de peso, do tempo de apoio relativo e do tempo de balanço em cada membro do cão nº 10, avaliado antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.

	Semana 0			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	30,69 $\pm$ 3,52	32,49 $\pm$ 3,76	18,01 $\pm$ 1,02	18,81 $\pm$ 1,63
Tempo de apoio relativo (%)	63,79 $\pm$ 2,97	66,64 $\pm$ 4,04	65,60 $\pm$ 2,93	67,22 $\pm$ 6,70
Tempo de balanço (s)	0,25 $\pm$ 0,03	0,22 $\pm$ 0,03	0,24 $\pm$ 0,03	0,24 $\pm$ 0,04
	Semana 8			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	31,87 $\pm$ 2,45	28,55 $\pm$ 1,98	21,03 $\pm$ 1,61	18,55 $\pm$ 2,46
Tempo de apoio relativo (%)	64,21 $\pm$ 2,10	66,73 $\pm$ 4,67	73,23 $\pm$ 7,09	60,92 $\pm$ 4,04
Tempo de balanço (s)	0,24 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,02	0,30 $\pm$ 0,05
	Semana 16			
	MTE	MTD	MPE	MPD
Distribuição de peso (%)	30,08 $\pm$ 1,16	30,38 $\pm$ 1,75	20,32 $\pm$ 0,95	19,22 $\pm$ 1,17
Tempo de apoio relativo (%)	64,21 $\pm$ 2,75	66,73 $\pm$ 2,92	73,23 $\pm$ 4,56	60,92 $\pm$ 2,60
Tempo de balanço (s)	0,24 $\pm$ 0,01	0,23 $\pm$ 0,02	0,24 $\pm$ 0,01	0,25 $\pm$ 0,01

MTE= Membro torácico esquerdo; MTD= Membro torácico direito; MPE= Membro pélvico esquerdo; MPD= Membro pélvico direito.

Na terceira análise cinética o cão nº 10 apresentou redistribuição de peso em todos os membros próximos à proporção 30% em cada membro torácico e 20% em cada pélvico. A variação percentual da distribuição de peso mostrou melhora na distribuição de peso de todos os membros na terceira avaliação, após 48 sessões de VCI (Figura 10).

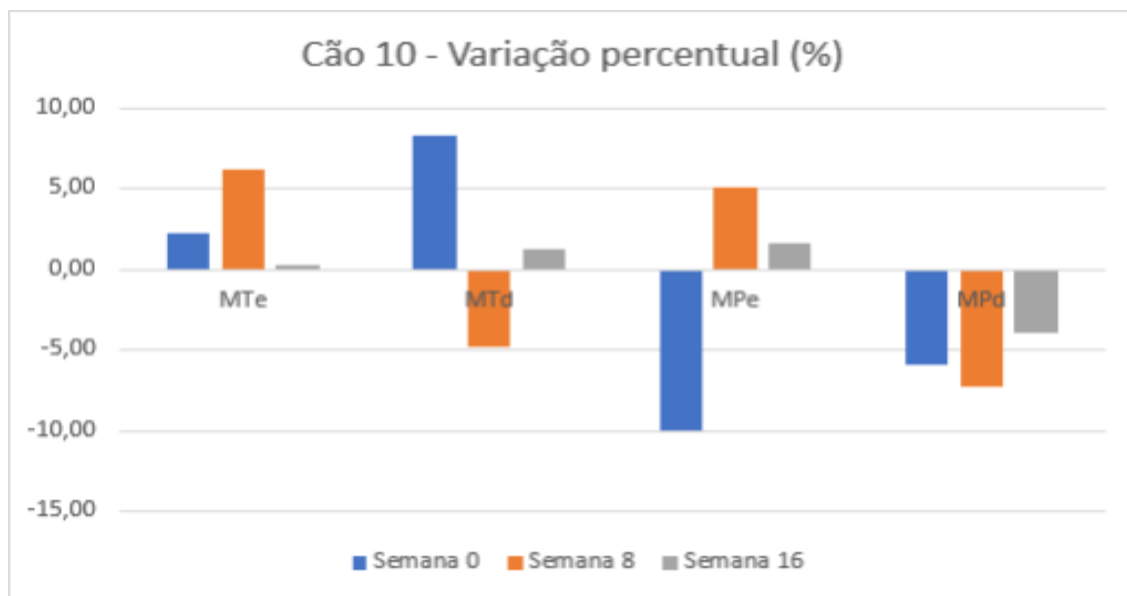


Figura 10. Variação percentual da distribuição de peso no cão nº 10 tendo como base na distribuição de 30% do peso corporal em cada membro torácico e 20% em cada membro pélvico. Na avaliação antes do início do tratamento (semana 0) e com 24 sessões (semana 8) e 48 sessões (semana 16) do emprego da plataforma vibratória.