

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ELASTOGRAFIA ARFI NA AVALIAÇÃO DA ARTICULAÇÃO
COXOFEMORAL E MUSCULATURAS DO QUADRIL EM
CÃES COM DISPLASIA COXOFEMORAL**

Rafael Kretzer Carneiro
Médico Veterinário, Mestre

2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ELASTOGRAFIA ARFI NA AVALIAÇÃO DA ARTICULAÇÃO
COXOFEMORAL E MUSCULATURAS DO QUADRIL EM
CÃES COM DISPLASIA COXOFEMORAL**

Discente: Rafael Kretzer Carneiro

Orientador: Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano

Coorientadores: Prof. Dr. Bruno Watanabe Minto

Prof. Dr. Ricardo Andrés Ramirez Uscategui

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutor em Ciências
Veterinárias.**

2022

C289e	Carneiro, Rafael Kretzer Elastografia arfi na avaliação da articulação coxofemoral e musculaturas do quadril em cães com displasia coxofemoral / Rafael Kretzer Carneiro. -- Jaboticabal, 2022 59 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Marcus Antônio Rossi Feliciano Coorientador: Bruno Watanabe Minto 1. Ultrassonografia. 2. Ortopedia. 3. Cães. 4. Diagnóstico por imagem. 5. Medicina veterinária. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ELASTOGRAFIA ARFI NA AVALIAÇÃO DA ARTICULAÇÃO COXOFEMORAL E MUSCULATURAS DO QUADRIL EM CÃES COM DISPLASIA COXOFEMORAL

AUTOR: RAFAEL KRETZER CARNEIRO

ORIENTADOR: MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO

COORDENADOR: BRUNO WATANABE MINTO

COORDENADOR: RICARDO ANDRES RAMIREZ USCATEGUI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências Veterinárias, área: Saúde Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO (Participação Presencial)
Diagnostico por Imagem / Universidade de São Paulo USP FZEA Pirassununga/SP

Prof. Dr. MÁRCIO POLETTI FERREIRA (Participação Presencial)
Departamento de Medicina Animal / Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre/RS

Profa. Dra. DANUTA PULZ DOICHE (Participação Presencial)
Depto. de Medicina Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Prof. Dr. CRISTIANO GOMES (Participação Presencial)
Depto. de Medicina Veterinária / Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre/RS

Profa. Dra. LIZANDRA AMOROSO (Participação Presencial)
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 09 de dezembro de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Rafael Kretzer Carneiro – Nascido em 27 de agosto de 1991, na cidade de São José/SC, filho de Ieda Kretzer Carneiro e Joaquim Domingues Carneiro Neto. Obteve o título de Bacharel em Medicina Veterinária em 18 de julho de 2015, pela Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC), Câmpus de Lages/SC. Em julho de 2018 concluiu Residência Médica em Cirurgia Veterinária pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e em fevereiro de 2020, obteve título de mestre em ciência animal pela mesma universidade, tendo defendido a dissertação intitulada “Artrodese em Joelho Canino: Estudo Descritivo”. Ingressou no curso de Doutorado na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, em março de 2020 com ênfase em ortopedia e métodos ultrassonográficos avançados em pequenos animais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por orientar meus passos e me direcionar para o melhor caminho me proporcionando encontros com pessoas incríveis e conhecimento para ajudar os pacientes.

Agradeço a toda minha família por proporcionar apoio durante toda a minha trajetória e me possibilitar uma base sólida para que fosse possível construir toda a estrutura intelectual e profissional.

Aos amigos, que de longe e de perto tornaram essa trajetória mais leve e harmoniosa.

Ao Hospital Veterinário Governador Lauro Natel – UNESP/Jaboticabal – e toda a sua equipe de funcionários, incluindo quadro docente e discente, pela troca de conhecimento e parceria fundamental para realização do projeto de pesquisa e do meu crescimento profissional e pessoal.

A minha amiga, namorada e mulher Taiane que se manteve firme me apoiando durante toda a trajetória participando, ativamente, de todas as minhas conquistas e dificuldades.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano, que possibilitou uma ascensão científica fora da curva e possibilitou realizar sonhos que estavam até então distantes.

Por fim, o meu muito obrigado a todos que fizeram parte desta conquista.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
Referências bibliográficas	4
CAPÍTULO 2– Anatomia Ultrassonográfica da Musculatura Lateral e Medial dos Membros Pélvicos em Cães.....	8
Resumo	8
Introdução	10
Materiais e Método	10
Estudo “ <i>Ex vivo</i> ”	11
Estudo “ <i>In vivo</i> ”	17
Resultados	17
Músculo Glúteo médio.....	18
Músculo Vasto lateral	19
Músculo Tensor da fáscia lata.....	19
Músculo Sartório	20
Músculo Pectíneo	20
Músculo Grácil.....	22
Músculo Adutor	22
Músculo Reto femoral.....	22
Discussão.....	23
Agradecimentos	24
Declaração de interesse.....	24
Manufaturados	24
Referencias	24
CAPÍTULO 3 - Acurácia da ultrassonografia modo-B e elastografia ARFI na avaliação da articulação coxofemoral e musculaturas do quadril para diagnóstico precoce e tardio da displasia coxofemoral em cães	27
Resumo.....	27
Introdução	28

Resultados	30
Achados Radiográficos – Índice de distração (ID).....	30
Achados Radiográficos – Fundação Ortopédica dos Animais (OFA)	30
Ultrassonografia modo-B.....	31
Elastografia ARFI	33
Associação dos métodos de imagem para auxílio diagnóstico	34
Discussão.....	34
Conclusões.....	37
Métodos.....	37
Delineamento experimental e Animais	37
Exame radiográfico	37
Avaliação ultrassonográfica.....	39
Ultrassonografia modo-B.....	39
Elastografia ARFI	41
Análise estatística	42
Declarações	43
Aprovação ética e consentimento de participação	43
Disponibilidade de dados e materiais	43
Conflito de interesses	43
Fundos	43
Contribuição dos autores.....	43
Agradecimentos	44
Referências	44

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **"Acurácia da Elastografia ARFI na avaliação de cápsula articular coxofemoral em caninos com e sem sinais de displasia coxofemoral"**, protocolo nº 3770/20, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Marcus Antonio Rossi Feliciano, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 25 de agosto de 2020.

Vigência do Projeto	02/08/2020 a 01/03/2024
Espécie / Linhagem	<i>Canis familiaris</i>
Nº de animais	Experimento 1: 40 animais Experimento 2: 30 animais
Peso / Idade	Experimento 1: 10 – 25 kg / 4 – 10 meses Experimento 2: 15 – 35 kg / idade mínima 2 anos
Sexo	Machos e fêmeas
Origem	Rotina hospitalar do Hospital Veterinário "Governador Laudo Natel" (Unesp – Jaboticabal) e Criadores Certificados

Jaboticabal, 25 de agosto de 2020.


Profª Drª Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal - SP - Brasil
Tel: (16) 3209-7100 - www.fca.unesp.br

RESUMO - A displasia coxofemoral é caracterizada por proporcionar instabilidade do quadril em animais jovens e doença articular degenerativa nos adultos. Desde a primeira descrição em 1935, a radiologia tem sido o principal método diagnóstico em cães. As diferentes projeções do quadril, além de diagnosticar a doença articular, auxiliam na escolha adequada do tratamento e na triagem do paciente, mas não possibilita avaliar características capsulares e musculares, atributos esses que podem ser examinados no exame de ultrassonografia. O objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia da ultrassonografia modo-B e elastografia ARFI na avaliação da cápsula articular e musculaturas periarticulares de cães associadas a avaliação Fundação Ortopédica dos animais (OFA) e índice de distração (ID) para o diagnóstico tardio e precoce da displasia coxofemoral. Além disso, objetivou-se propor um protocolo de avaliação ultrassonográfica das estruturas do quadril. Verificou-se que o aumento da rigidez do pectíneo (valor de corte $>2,77$ m/s) pela elastografia e a espessura da cápsula (valor de corte $>0,9$ mm), ao modo-B, foram associados à animais jovens com índice de distração $>0,5$ e ambos possuindo correlação positiva. Na avaliação ultrassonográfica modo-B, a presença de sinais de doença articular degenerativa como irregularidades da borda cranial do acetábulo e cabeça femoral foram associados a animais com índice de distração $>0,5$ com especificidade de 94%. Nos adultos, os achados de doença articular degenerativa pela ultrassonografia foram associados com pacientes classificados como doentes pela OFA ($P<0,05$). A mensuração da cápsula articular $>1,10$ mm foi diagnóstica para displasia em cães não saudáveis pela OFA. Concluiu-se que os métodos ultrassonográficos podem ser utilizados como adjuvante no diagnóstico da displasia coxofemoral em associação com a avaliação radiográfica em animais jovens e adultos.

Palavras-chave: articulação, canino, ortopedia, ultrassonografia

ABSTRACT - Hip dysplasia is characterized by hip instability in young animals and degenerative joint disease in adults. Since the first description in 1935, radiology has been the main diagnostic method in dogs. The different projections of the hip, in addition to diagnosing joint disease, help in choosing the right treatment and screening the patient, but it does not make it possible to evaluate capsular and muscular characteristics, attributes that can be examined in the ultrasound examination. The objective of this study was to evaluate the accuracy of B-mode ultrasonography and ARFI elastography in the evaluation of the joint capsule and periarticular musculature of dogs associated with the evaluation of the Orthopedic Foundation of the animals (OFA) and index of distraction (DI) for the late and early diagnosis of hip dysplasia. In addition, the objective was to propose a protocol for ultrasonographic evaluation of hip structures. It was verified that the increase in pectinate stiffness (cut-off value >2.77 m/s) by elastography and capsule thickness (cut-off value >0.9 mm), in B-mode, were associated with young animals with distraction index >0.5 and both having a positive correlation. In the B-mode ultrasonographic evaluation, the presence of signs of degenerative joint disease such as irregularities of the cranial edge of the acetabulum and femoral head were associated with animals with a distraction index >0.5 with a specificity of 94%. In adults, findings of degenerative joint disease on ultrasound were associated with patients classified as diseased by OFA ($P<0.05$). The measurement of the joint capsule >1.10 mm was diagnostic for dysplasia in unhealthy dogs by OFA. It was concluded that the ultrasonographic methods can be used as an adjuvant in the diagnosis of hip dysplasia in association with radiographic evaluation in young and adult animals.

Keywords: joint, canine, orthopedics, ultrasonography

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

A displasia coxofemoral é uma anormalidade ortopédica frequente nos cães (SMITH et al., 2001) que normalmente acomete animais de grande porte (LEIGHTON et al., 2019). A prevalência nas diferentes raças é extremamente variável, podendo diferir de 1% para alguns galgos a 70,9% nos bulldogs ingleses (OFA, 2017). É uma enfermidade de cunho genético com alta herdabilidade, sendo a exclusão de cães afetados da criação o método mais expressivo para reduzir a prevalência da doença (STOCK & DISTL, 2010). Foi reportada, primeiramente, por Schnelle em 1935, sendo caracterizada fenotipicamente pela instabilidade do quadril em animais jovens, resultando em adultos e idosos a ocorrência de doença articular degenerativa (SOO & WORTH, 2015).

A osteoartrite é caracterizada por deterioração progressiva e perda de cartilagem articular com afecção óssea subcondral, formação de osteófitos, espessamento da cápsula articular, incongruência articular, achatamento acetabular e sinovite que cursam com desconforto e dor na articulação afetada. Além disso, esta é uma doença incapacitante que diminui a qualidade de vida dos pacientes e da articulação afetada (MALEK et al., 2012).

O exame radiográfico pélvico, juntamente com a avaliação clínica, são os principais métodos diagnósticos da displasia coxofemoral em cães (MANLEY et al., 2007). Inúmeras abordagens radiográficas podem ser utilizadas para auxiliar na investigação das alterações articulares (BUTLER & GAMBINO, 2017), contudo, o diagnóstico definitivo é feito quando os sinais radiográficos característicos de osteoartrose forem evidenciados em uma projeção ventro-dorsal da pelve em animais adultos (JANUTTA & DISTL, 2006). Essa posição radiográfica é a mais utilizada no mundo como triagem pela Fundação Ortopédica para Animais (BUTLER & GAMBINO, 2017).

Atualmente algumas triagens fenotípicas concentram-se na metodologia alternativa da frouxidão articular (TIKEKAR et al., 2018). Dentre elas, destaca-se o PennHip, desenvolvido na Universidade da Pensilvânia, é uma abordagem aceita e validada (KAPATKIN et al., 2004) para animais imaturos com 16 semanas ou mais de vida (SMITH et al., 2001; MAYHEW et al., 2002). É baseado em três radiografias, ventro-dorsal para avaliar alterações degenerativas, de compressão para observar

congruência e determinar medidas de pontos de referência e uma de distração para mensurar a frouxidão da articulação do quadril (CULP et al., 2006). Essa técnica relata um índice de distração (ID), medido na projeção de distração, que é uma escala contínua (entre 0 e 1) e relaciona o ID do animal com os escores de frouxidão articular e consequentemente com o desenvolvimento da displasia (VERHOEVEN, et al., 2012). O PennHIP é bastante popular nos Estados Unidos, mas não ganhou aceitação no resto do mundo por múltiplas razões: processo obrigatório de treinamento e certificação, taxas de avaliação, obrigação de radiografia digital e aguardar o relatório oficial para o diagnóstico (BROECKX et al., 2018).

Para que ocorra a adução femoral uma série de músculos devem sofrer contração, incluindo o músculo adutor magno, adutor longo, grácil e pectíneo. A abdução é alcançada principalmente pela contração dos músculos glúteos (superficial, médio e profundo). Esses são considerados os grupos musculares mais importantes para a estabilidade da articulação do quadril (KOWALESKI, 2013). O exame ultrassonográfico tem sido utilizado para realizar varredura na musculatura iliopsoas (CANNON & PUCHALSKI, 2008) no intuito de aprimorar o entendimento de suas lesões. Entretanto, o real papel da musculatura periarticular na patogenia da displasia coxofemoral é pouco entendido e estudos adicionais devem ser estimulados.

A metodologia de avaliação ultrassonografica do quadril desenvolvida por Graf é utilizada desde 1980 como técnica de triagem para displasia coxofemoral em crianças recém-nascidas (MAHAN et al., 2009). Uma técnica semelhante também foi descrita em cães, entretanto com resultados conflitantes ao desenvolvimento da displasia em cães adultos. A abordagem utilizada possibilitou avaliar de forma satisfatória a cápsula articular e a região cranial do acetábulo (ROCHA & TÔRRES, 2007; FISCHER et al., 2010).

A elastografia foi descrita pela primeira vez na década de 1990 e consiste em uma extensão tecnicada de uma das mais antigas ferramentas da clínica médica, a palpação, na qual se mensura a rigidez do órgão de interesse (GENNISSON et al., 2013) avaliando a deformação conforme a lei de Hooke. De modo geral, a elastografia pode ser usada para diferenciar tecidos mais rígidos (com possíveis alterações morfoestruturais) de tecidos menos rígidos (SIGRIST et al., 2017) auxiliando no direcionamento diagnóstico de algumas enfermidades como avaliação hepática em

humanos (NACIF et al., 2020) ou caracterização de lesões mamárias em cães (FELICIANO et al., 2017).

A imagem elastográfica fornece informações complementares aos exames ultrassonográficos convencionais, adicionando a rigidez como outra propriedade mensurável (KAMAYA et al., 2013). Dentre suas modalidades, a Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) é capaz de fornecer informações quantitativas e qualitativas pela geração de ondas de cisalhamento (CARVALHO et al., 2015). Na avaliação qualitativa, ocorre a formação de um mapa de cores estático conhecido como elastograma, que avalia a deformabilidade, onde tons azulados correspondem a tecidos deformáveis e avermelhados a tecidos não deformáveis (SILVA et al., 2018). Para análise quantitativa, são selecionadas áreas de interesse (ROI) e ondas de cisalhamento são direcionadas as regiões selecionadas promovendo a formação de ondas de pressão em propagação que fazem a deformação tecidual e assim, ondas que apresentam maior velocidade caracterizam mais tecidos rígidos (COMSTOCK, 2011).

A elastografia é um exame seguro, não invasivo e que permite resultados com menor variabilidade interobservador (FELICIANO et al., 2016). Na veterinária, já há descrição desta técnica em inúmeros tecidos (FELICIANO et al., 2016; FERNANDEZ et al., 2017; ABREU et al., 2018), entretanto, não foram encontradas pesquisas contemplando cápsula articular ou estruturas do quadril canino. Além disso, sua aplicação clínica no sistema musculoesquelético é limitada e considera-se em desenvolvimento. Na medicina, a elastografia é capaz de avaliar alterações e acompanhar a cicatrização em estruturas tendíneas (WASHBURN et al., 2018; CILOGLU & GÖRGÜLÜ, 2020), analisar a rigidez normal da cápsula articular do joelho em vários ângulos de flexão (WADUGODAPITIYA et al., 2019) e identificar modificações na elasticidade da fáscia plantar de corredores (CHEN et al., 2019).

Devido as características fenotípicas da displasia coxofemoral (aumento da frouxidão da articulação do quadril) (SOO & WORTH, 2015) mudanças estruturais na capsula articular e musculaturas adjacentes são descritas. Tais alterações não são visualizadas radiograficamente e a elastografia, pela sua característica em avaliar elasticidade tecidual, e a ultrassonografia modo-b podem contribuir no diagnóstico precoce e crônico da doença articular e, correlacionada com os métodos de distração

articular, trazer resultados mais fidedignos para a população canina com o objetivo de ser um exame exequível na rotina veterinária

O presente trabalho foi redigido em forma de capítulos. O capítulo 2 teve como objetivo realizar revisão anatômica ultrassonográfica das musculaturas do quadril, sendo redigido conforme as diretrizes da Revista *Acta Scientiae Veterinariae*. O capítulo 3 fornece resultados de pesquisa sobre a aplicabilidade e acurácia da elastografia ARFI na avaliação da articulação coxofemoral e musculaturas do quadril em cães com e sem displasia coxofemoral, além de fornecer informações diagnósticas, tendo sido redigido nas diretrizes da revista *BMC Veterinary Research*.

Referências bibliográficas

- ABREU, T.G.M.; FELICIANO, M.A.R.; RENZO, R.; KOBASHIGAWA, K.K.; CHACALTANA, F.D.Y.C.; CRIVELARO, R.M.; SILVEIRA, C.P.B.; CRUZ, N.R.N.; ALDROVANI, M.; MARONEZI, M.C.; SILVA, P.A.; THIESEN, R.; LAUS, J.L. Acoustic radiation force impulse elastography of the eyes of brachycephalic dogs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.70, n.4, p.1045-1052, 2018.
- BUTLER, J.R.; GAMBINO, J. Canine Hip Dysplasia: Diagnostic Imaging. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. v.47, n.4, p.777-793, 2017.
- CANNON, M.S.; PUCHALSKI, S.M. Ultrasonographic evaluation of normal canine iliopsoas muscle. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, v.49, n.4, p.378-382, 2008.
- CARVALHO, C.F.; CINTRA, T.C.F.; CHAMMAS, M. Elastography: principles and considerations for clinical research in veterinary medicine. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, v.7, n.3, p.99-110, 2015.
- CHEN, T.L.; AGRESTA, C.E.; LIPPS, D.B.; PROVENZANO, S.G.; HAFER, J.F.; WONG, D.W.; ZHANG, M.; ZERNICKE, R.F. Ultrasound elastographic assessment of plantar fascia in runners using rearfoot strike and forefoot strike. *Journal of Biomechanics*, v.89, p. 65-71, 2019.
- CILOGLU, O.; GÖRGÜLÜ, F.F. Evaluation of a Torn Achilles Tendon After Surgical Repair. *Journal of Ultrasound in Medicine*, v.39, n.7, p.1-7, 2020.
- COMSTOCK, C. Ultrasound elastography of breast lesions. *Ultrasound Clinics*, v.6, p.407-415, 2011.
- CULP, W.T.; KAPATKIN, A.S.; GREGOR, T.P.; POWERS, M.Y.; MCKELVIE, P.J.; SMITH, G.K. Evaluation of the Norberg angle threshold: a comparison of Norberg angle and distraction index as measures of coxofemoral degenerative joint disease susceptibility in seven breeds of dogs. *Veterinary Surgery*, v.35, p.453-459, 2006.

FELICIANO, M.A.R.; USCATEGUI, R.A.R.; MARONEZI, M.C.; SIMÕES, A.P.R.; SILVA, P.; GASSER, B.; PAVAN, L.; CARVALHO, C.F.; CANOLA, J.C.; VICENTE, W.R.R. Ultrasonography methods for predicting malignancy in canine mammary tumors. *PLOS ONE*, v.12, n.5, p.e0178143, 2017.

FELICIANO, M.A.R.; MARONEZI, M.C.; SIMOES, A.P.R.; MACIEL, G.S.; PAVAN, L.; GASSER, B.; SILVA, P.; USCATEGUI, R.R.; CARVALHO C.F.; CANOLA, J.C.; VICENTE, W.R.R. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of testicular disorders in dogs: preliminary results. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.68, n.2, p.283-291, 2016.

FERNANDEZ, S.; FELICIANO, M.A.R.; BORIN-CRIVELLENTI, S.; CRIVELLENTI, L.Z.; MARONEZI, M.C.; SIMOES, A.P.R.; SILVA, P.D.A.; USCATEGUI, R.R.; CRUZ, N.R.N.; SANTANA, A.E.; VICENTE, W.R.R. et al. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of adrenal glands in healthy adult dogs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.69, n.2, p.340-346, 2017.

FISCHER, A.; FLÖCK, A.; TELLHELM, B.; FAILING, K.; KRAMER, M.; THIEL, C. Static and dynamic ultrasonography for the early diagnosis of canine hip dysplasia. *Journal of Small Animal Practice*, v.51, n.11, p.582-588, 2010.

GENNISSON, J.L.; DEFFIEUX, T.; FINK, M.; TANTER, M. Ultrasound elastography: principles and techniques. *Diagnostic and interventional imaging*, v.94, n.5, p.487-495, 2013.

JANUTTA, V.; DISTL, O. Inheritance of canine hip dysplasia: review of estimation methods and of heritability estimates and prospects on further developments. *Dtsch TierärztlWochenschr*, v.113, p.6-12, 2006.

KAMAYA, A.; MACHTALER, S.; SAFARI SANJANI, S.; NIKOOZADEH, A.; GRAHAM SOMMER, F.; PIERRE KHURI-YAKUB, B.T.; WILLMANN, J.K.; DESSER, T.S. New technologies in clinical ultrasound. *Seminars in roentgenology*, v.48, n.3, p.214-223, 2013.

KAPATKIN, A.S.; GREGOR, T.P.; HEARON, K.; RICHARDSON, R.W.; MCKELVIE, P.J.; FORDYCE, H.H.; SMITH, G.K. Comparison of two radiographic techniques for evaluation of hip joint laxity in 10 breeds of dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v.224, n.4, p.542-546, 2004.

KOWALESKI, M.P. Biomechanical Considerations in Total Hip Replacement. In: PECK J.N., MARCELLIN-LITTLE D.J. *Advances in Small Animal Total Joint Replacement*. 1ed. Iowa: Wiley-Blackwell. p.53-67, 2013.

LEIGHTON, E.A.; HOLLE, D.; BIERY, D.N.; GREGOR, T.P.; MCDONALD-LYNCH, M.B.; WALLACE, M.L.; REAGAN, J.K.; SMITH, G.K. Genetic improvement of hip-extended scores in 3 breeds of guide dogs using estimated breeding values: Notable progress but more improvement is needed. *PloS One*, v.14, n.2, 2019.

MAHAN, S.T.; KATZ, J.N.; KIM, Y.J. To Screen or Not to Screen? A Decision Analysis of the Utility of Screening for Developmental Dysplasia of the Hip. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*. v.91, n.7, p.1705-1719, 2009.

MALEK, S.; SAMPLE, S.J.; SCHWARTZ, Z.; NEMKE, B.; JACOBSON, P.B.; COZZI, E.M.; SCHAEFER, S.L.; BLEEDORN, J.A.; HOLZMAN, G.; MUIR, P. Effect of analgesic therapy on clinical outcome measures in a randomized controlled trial using client-owned dogs with hip osteoarthritis. *BMC Veterinary Research*, v.8, p.185, 2012.

MANLEY, P.A.; ADAMS, W.M.; DANIELSON, K.C.; DUELAND, R.T.; LINN, K.A. Long-term outcome of juvenile pubic symphysiodesis and triple pelvic osteotomy in dogs with hip dysplasia. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v.230, n.2, p.206-210, 2007.

MAYHEW, P.D.; MCKELVIE, P.J.; BIERY, D.N.; SHOFER, F.S.; SMITH, G.K. 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*, v.220, n.4, p.472-476, 2002.

NACIF, L.S.; DE CASSIA GOMES, C.; PARANAGUÁ-VEZOZZO, D.; FLORES CASSENOTE A.J.; PINHEIRO, R.S.; WAISBERG, D.R.; ROCHA-SANTOS, V.; BRONZE DE MARTINO, R.; ARANTES, R.M.; DUCATTI, L.; HADDAD, L.; GALVÃO, F.; ANDRAUS, W.; CARRILHO, F.J.; D'ALBUQUERQUE, L.C. Liver Elastography in Acute Cellular Rejection After Liver Transplantation. *Transplantation Proceedings*, v.52, n.5, p.1340-1343, 2020.

ORTHOPEDIC FOUNDATION FOR ANIMALS (OFA). Hip dysplasia by breed (breeds having at least 100 evaluations January 1974 through December 2014.). Available at: <https://www.ofa.org/diseases/breed-statistics#detail>. Acesso maio 02, 2018.

ROCHA, B.D.; TÔRRES, R.C.S. Ultrasonic and radiographic study of laxity in hip joints of young dogs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.1, p.90-96, 2007.

SIGRIST, R.M.S.; LIAU, J.; KAFFAS, A.E.; CHAMMAS, M.C.; WILLMANN, J.K. Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. *Theranostics*, v.7, n.5, p.1303-1329, 2017.

SILVA, P.; USCATEGUI, R.A.R.; MARONEZI, M.C.; GASSER, B.; PAVAN, L.; GATTO, I.R.H.; ALMEIDA, V.T.; VICENTE, W.R.R.; FELICIANO, M.A.R. Ultrasonography for lymph nodes metastasis identification in bitches with mammary neoplasms. *Scientific Reports*, v.8, n.1, p.17708, 2018.

SMITH, G.K.; MAYHEW, P.D.; KAPATKIN, A.S.; MCKELVIE, P.J.; SHOFER, F.S.; GREGOR, T.P. 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*, v.219, n.12, p.1719-1724, 2001.

SOO, M.; WORTH, A.J. Canine hip dysplasia: phenotypic scoring and the role of estimated breeding value analysis. *New Zealand Veterinary Journal*, v.63, p.69-78, 2015.

STOCK, K.F.; DISTL, O. Simulation study on the effects of excluding offspring information for genetic evaluation versus using genomic markers for selection in dog breeding. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, v.127, p.42-45, 2010.

TIKEKAR, A.; SOO, M.; LOPEZ-VILLALOBOS, N.; WORTH, A.J. Provisional heritability estimates of four distraction index traits in a breeding population of German Shepherd dogs. *New Zealand Veterinary Journal*, v.66, n.6, p.319-324, 2018.

VERHOEVEN, G.; FORTRIE, R.; VAN RYSSEN, B.; COOPMAN, F. Worldwide screening for canine hip dysplasia: where are we now? *Veterinary Surgery*, v.41, p.10-19, 2012.

BROECKX, B.J.G.; VEZZONI, A.; BOGAERTS, E.; BERTAL, M.; BOSMANS, T.; STOCK, E.; DEFORCE, D.; PEELMAN, L.; SAUNDERS, J.H. Comparison of Three Methods to Quantify Laxity in the Canine Hip Joint. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. v.31, n.1, p.23-29, 2018.

WADUGODAPITIYA, S.; SAKAMOTO, M.; SUGITA, K.; MORISE, Y.; TANAKA, M.; KOBAYASHI, K. Ultrasound elastographic assessment of the stiffness of the anteromedial knee joint capsule at varying knee angles. *Bio-Medical Materials and Engineering*, v.30, n.2, p.219-230, 2019.

WASHBURN, N.; ONISHI, K.; WANG, J.H. Ultrasound elastography and ultrasound tissue characterisation for tendon evaluation. *Journal of Orthopaedic Translation*, v.15, p.9-20, 2018.

CAPÍTULO 2¹– Anatomia Ultrassonográfica da Musculatura Lateral e Medial dos Membros Pélvicos em Cães

Rafael Kretzer Carneiro¹, Igor Cezar Kniphoff da Cruz¹, Bruna Lima¹, José Aloizio Gonçalves Neto¹, Beatriz Gasser¹, Ricardo Andres Ramirez Uscategui², Eduarda Mazzardo Bortoluzzi³, Luiz Paulo Nogueira Aires¹, Bruno Watanabe Minto¹ & Marcus Antônio Rossi Feliciano^{4*}

¹Departamento de Cirurgia Veterinária, UNESP, Jaboticabal/SP, Brazil.

²Departamento de Medicina Veterinária, Universidad CES, Medellin, Colombia,

³Departamento de Zootecnia e Indústria, Kansas State University/Kansas, United States. ⁴Departamento de Medicina Veterinária, USP, Pirassununga/SP, Brazil.

CORRESPONDÊNCIA: M.A.R. Feliciano [marcusfeliciano@yahoo.com - Tel.: +55 (16) 98111-0504]. Universidade de São Paulo – FZEA/USP. R. Duque de Caxias, 225 - Jardim Elite, Pirassununga - SP, 13635-000, Pirassununga, SP, Brazil.

Resumo

Resumo: A claudicação dos membros pélvicos é um problema comum em cães. No entanto, determinar a localização da lesão pode ser um desafio. O diagnóstico por imagem é essencial para identificar e avaliar lesões musculares. A avaliação ultrassonográfica é frequentemente realizada para identificar lesões musculares. Embora algumas alterações musculares já tenham sido descritas como achados ultrassonográficos em estudos veterinários, pouco se sabe sobre a padronização dessas estruturas musculares, principalmente nos músculos do quadril. O objetivo deste estudo foi descrever a anatomia ultrassonográfica normal dos músculos laterais e mediais do membro pélvico e estabelecer um protocolo inédito para avaliação dessas estruturas.

Materiais, Métodos e Resultados: Quatro musculaturas laterais e quatro mediais do membro pélvico de cães foram avaliadas por meio de ultrassonografia. Um estudo inicial “*ex vivo*” (primeira fase) foi realizado para delinear as avaliações anatômicas e ultrassonográficas. A segunda fase experimental prosseguiu com a aplicação do

¹ Este capítulo corresponde ao artigo científico publicado na *Acta Scientiae Veterinariae* 50:1892, 2022

escaneamento “*in vivo*”. O mesmo operador realizou todas as avaliações anatômicas e ultrassonográficas. Os músculos glúteo médio, vasto lateral, tensor da fáscia lata, sartório, pectíneo, grácil, adutor e reto femoral foram avaliados nos planos longitudinal e transversal. Dez quadris pareados de cinco cadáveres constituídos por três fêmeas (60%) e dois machos (40%) foram avaliados durante a fase “*ex vivo*”. A média de idade e peso dos cães foi de $3,6 \pm 0,87$ anos e $21,9 \pm 5,2$ kg, respectivamente. O estudo “*in vivo*” incluiu quatro fêmeas (40%) e 6 machos (60%), para um total de 10 animais saudáveis consistindo em 20 quadris; o peso médio foi de $30,11 \pm 7,45$ kg e a idade média foi de $4,5 \pm 2,75$ anos. Todos os músculos mantiveram o padrão ultrassonográfico quando comparados entre si e entre os diferentes grupos no estudo “*in vivo*”. O corte longitudinal apresentou estrutura hipoecóica permeada por finas estrias longitudinais hiperecóicas. O aspecto hipoecogênico foi mantido, com estrias identificadas como pontos hiperecogênicos no corte transversal.

Discussão: A avaliação ultrassonográfica modo B com transdutor de alta frequência facilitou a identificação dos músculos laterais e mediais dos membros pélvicos de cães de médio e grande porte “*ex vivo*” e “*in vivo*”. Essa abordagem é uma forma eficaz e segura de acessar esses músculos e auxilia no estabelecimento de um protocolo inédito de avaliação ultrassonográfica dessa região. Compreender a anatomia ultrassonográfica normal é essencial para identificar lesões musculares como contraturas, tumores, rupturas e estiramento, que podem levar à perda de ecogenicidade e ecotextura muscular. Além disso, a padronização ultrassonográfica reduz o erro interobservador, facilita a reprodutibilidade da técnica, auxilia na avaliação mais assertiva e direciona a terapêutica mais adequada ao paciente. Além disso, a dissecação anatômica com auxílio da injeção de gel acústico na musculatura avaliada é essencial para orientar o exame, pois permite a confirmação das estruturas. Neste estudo, foram padronizados os exames ultrassonográficos de seis músculos fundamentais (glúteo médio, tensor da fáscia lata, grácil, adutor, pectíneo e reto femoral) para a mobilidade do quadril e dois músculos do joelho (sartório e vasto lateral). As avaliações “*ex vivo*” facilitaram a aplicação de técnicas “*in vivo*”, e não foram encontradas dificuldades durante essas avaliações.

Palavras-chave: canino, imagem, diagnóstico, articulação

Introdução

O diagnóstico por imagem é essencial para identificar e avaliar lesões musculares em humanos e cães [3,10]. Exames como tomografia computadorizada, ressonância magnética e ultrassonografia podem auxiliar no diagnóstico e, consequentemente, contribuir para uma abordagem terapêutica precisa e precoce, o que favorece o prognóstico dos pacientes acometidos [5,9,11].

As lesões musculares em humanos foram estudadas pela literatura, que observou sensibilidade de 100% ao utilizar a IRM para identificar casos positivos [7]. Embora a IRM tenha excelentes resultados na medicina humana, seu uso ainda é limitado na veterinária devido ao seu alto custo financeiro. Pelo contrário, a ultrassonografia é um exame não invasivo prontamente disponível, no qual não há exposição à radiação e a anestesia do paciente não é necessária. Além disso, o custo financeiro da ultrassonografia é menor e o aparelho pode ser portátil [6].

Na medicina, a avaliação ultrassonográfica é frequentemente feita para identificar lesões musculares causadas por trauma esportivo [2]. Embora avaliações musculares com ultrassonografia já tenham sido descritas na veterinária [6,12], pouco se sabe sobre a padronização das estruturas musculares durante o exame ultrassonográfico, principalmente sobre os músculos do quadril. O objetivo deste estudo foi descrever a anatomia ultrassonográfica normal dos músculos laterais e mediais do membro pélvico.

Materiais e Método

Quatro musculaturas lateral e medial do membro pélvico do cão foram avaliadas por ultrassonografia¹. Um estudo inicial “*ex vivo*” foi realizado para delinear a avaliação anatômica e ultrassonográfica. A segunda fase prosseguiu com a aplicabilidade do escaneamento “*in vivo*”. O mesmo operador realizou todas as avaliações anatômicas e ultrassonográficas. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – sob protocolo nº 3770/20.

Estudo “Ex vivo”

Foram utilizados dez pares de membros pélvicos de animais que morreram sem correlação com o presente estudo. A avaliação clínica e radiográfica incluiu cães com peso superior a 15 kg sem comorbidades musculoesqueléticas no quadril.

Uma peça anatômica foi utilizada para identificar os músculos laterais e mediais. Os estudos ultrassonográficos foram realizados simultaneamente com cadáveres para correlacionar as estruturas em avaliação e foi realizada a depilação, a pele foi impregnada com gel acústico na região de interesse (Figura 1, Figura 2).

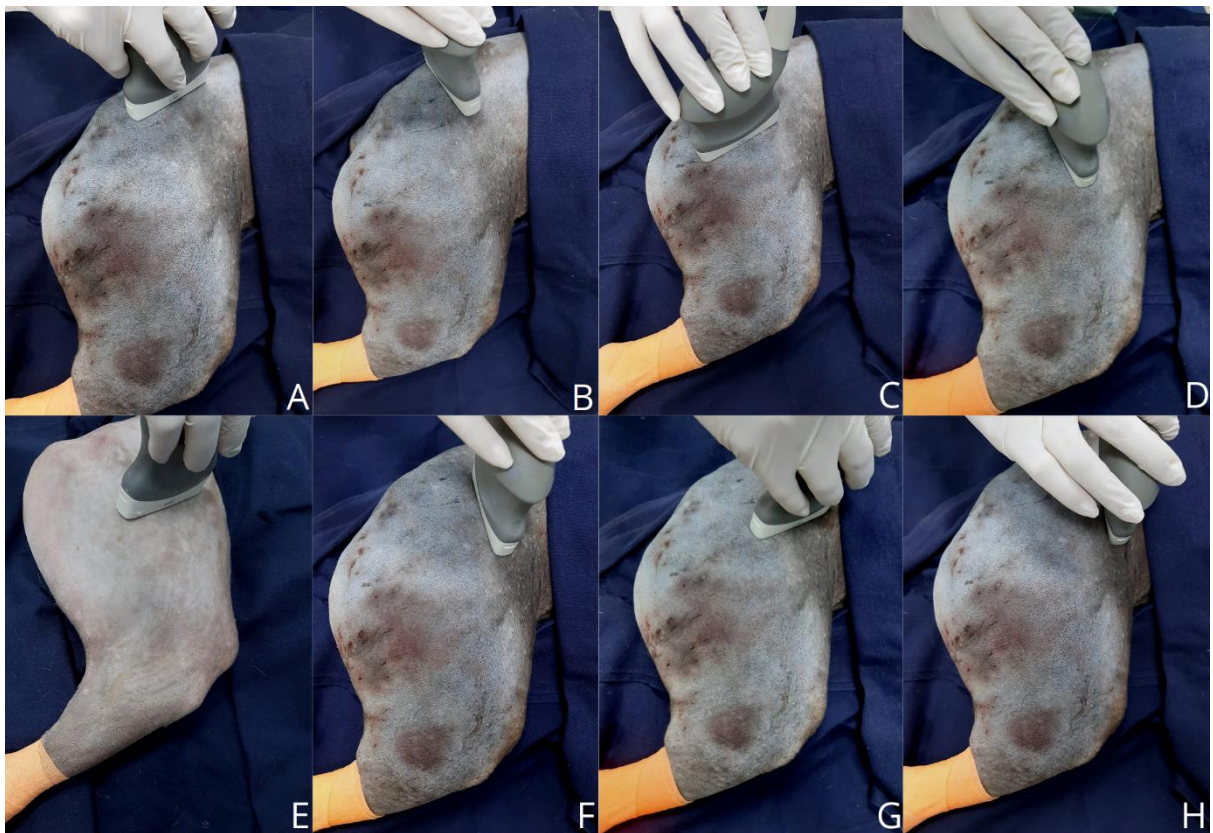


Figura 1. Avaliação da musculatura lateral em cães. A) Avaliação longitudinal do músculo glúteo médio. B) Avaliação transversal do músculo glúteo médio. C) Avaliação transversal do músculo vasto lateral. D) Avaliação longitudinal do músculo vasto lateral. E) Avaliação transversal do músculo tensor da fáscia lata. F) Avaliação longitudinal do músculo tensor da fáscia lata. G) Avaliação transversal do músculo Sartório. H) Avaliação longitudinal do músculo Sartório.

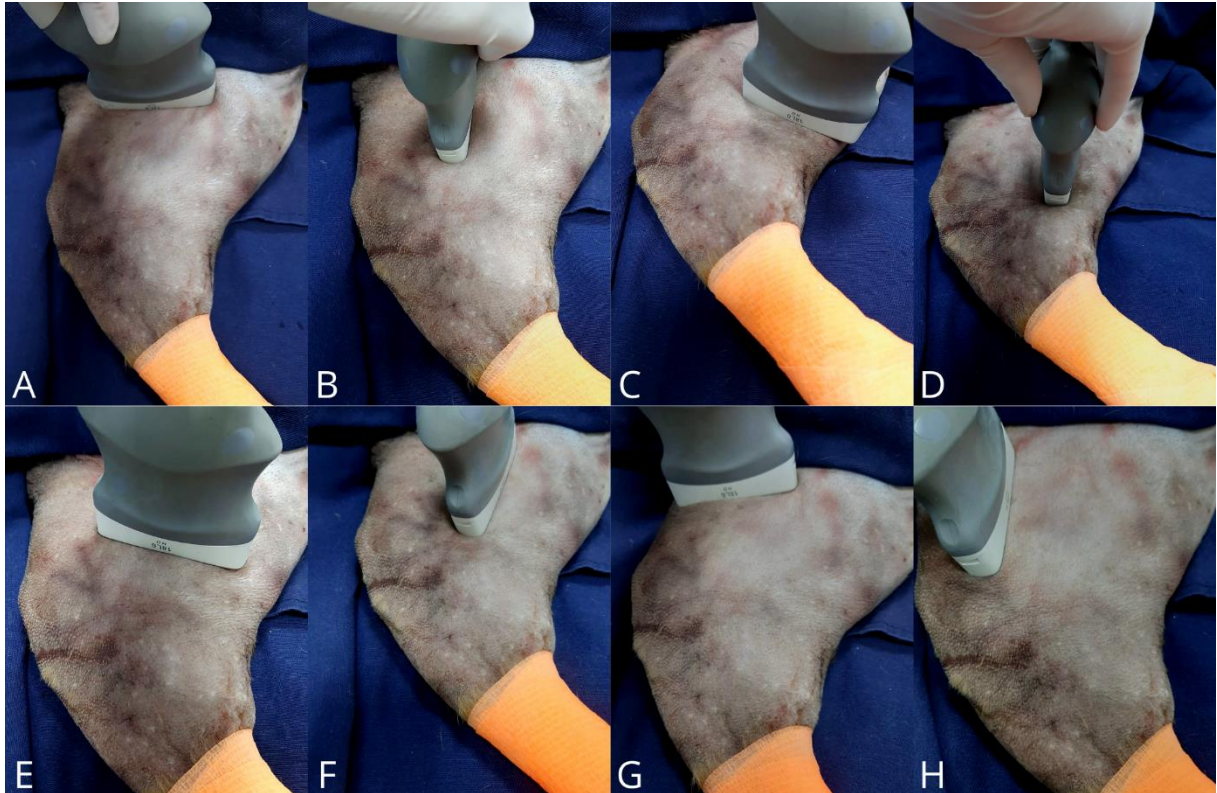


Figura 2. Avaliação da musculatura medial em cães. A) Avaliação transversal do músculo pectíneo. B) Avaliação longitudinal do músculo pectíneo. C) Avaliação transversal do músculo Grácil. D) Avaliação longitudinal do músculo Grácil. E) Avaliação transversal do músculo adutor. F) Avaliação longitudinal do músculo adutor. G) Avaliação transversal do músculo reto femoral. H) Avaliação longitudinal do músculo reto femoral.

Os músculos foram avaliados com um aparelho de ultrassom¹ e um transdutor HD multifrequencial com frequência de 18 MHz. A região da pele e do membro foi dissecada, mantendo todas as estruturas preservadas. Para cada estrutura avaliada, foram registrados dados relevantes do exame ultrassonográfico (Figura 3, Figura 4). Após a identificação anatômica, o gel acústico foi injetado em cada musculatura utilizando-se uma seringa (3 mL) e uma agulha hipodérmica (40/12). Com isso, foi possível visualizar áreas anecóicas para confirmar a musculatura no estudo (Figura 5, Figura 6). Os músculos foram avaliados nos planos longitudinal e transversal. A ordem de avaliação foi glúteo médio, vasto lateral, tensor da fáscia lata, sartório, pectíneo, grácil, adutor e reto femoral.

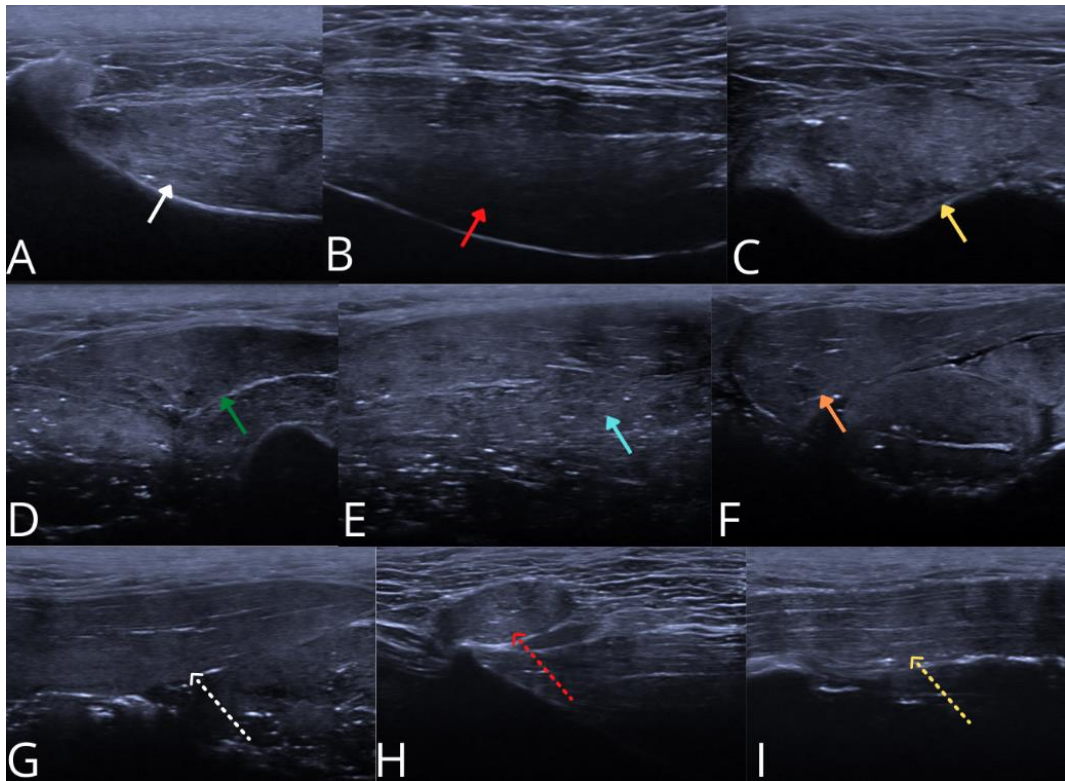


Figura 3. Ultrassonografia da musculatura lateral em um canino “*ex vivo*”. A) Glúteo médio: avaliação longitudinal, porção cranial (seta branca). B) Glúteo médio: avaliação longitudinal, porção média (seta vermelha). C) Glúteo médio: avaliação transversal (seta amarela). D) Vastus lateralis: avaliação transversal (seta verde). E) Vastus lateralis: avaliação longitudinal (seta azul). F) Tensor fasciae latae: avaliação transversal (seta laranja). G) Tensor da fáscia lata: avaliação longitudinal (seta branca pontilhada). H) Sartório: avaliação transversal (seta vermelha pontilhada). I) Sartório: avaliação longitudinal (seta pontilhada amarela).

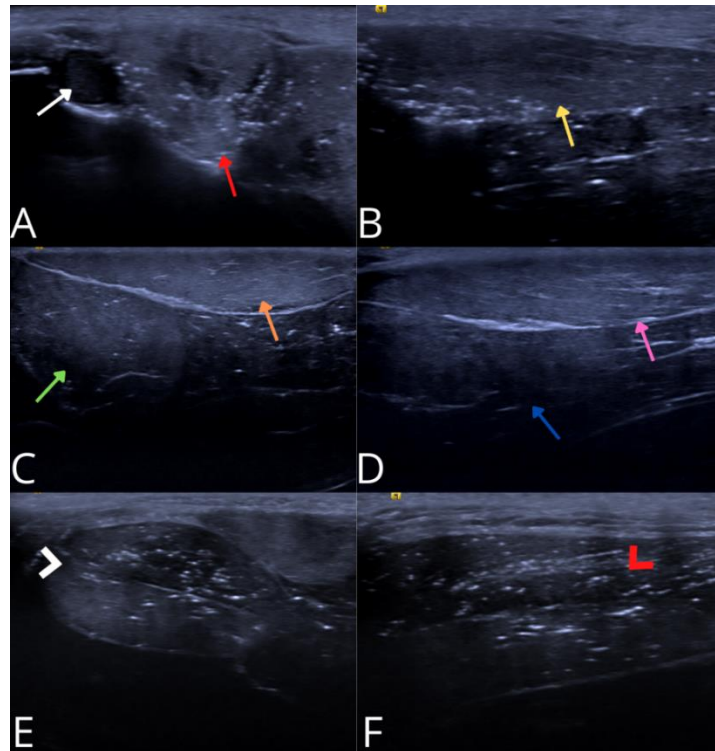


Figura 4. Ultrassonografia da musculatura medial em um canino “*ex vivo*”. A) Pectíneo: avaliação transversal (seta vermelha) e vaso femoral (seta branca). B) Pectíneo: avaliação longitudinal (seta amarela). C) Grácil: avaliação transversal (seta laranja). Adutor: avaliação transversal (seta verde). D) Grácil: avaliação longitudinal (seta rosa). Adutor: avaliação longitudinal (seta azul). E) Reto femoral: avaliação transversal (ponta de seta branca). F) Reto femoral: avaliação longitudinal (ponta de seta vermelha).

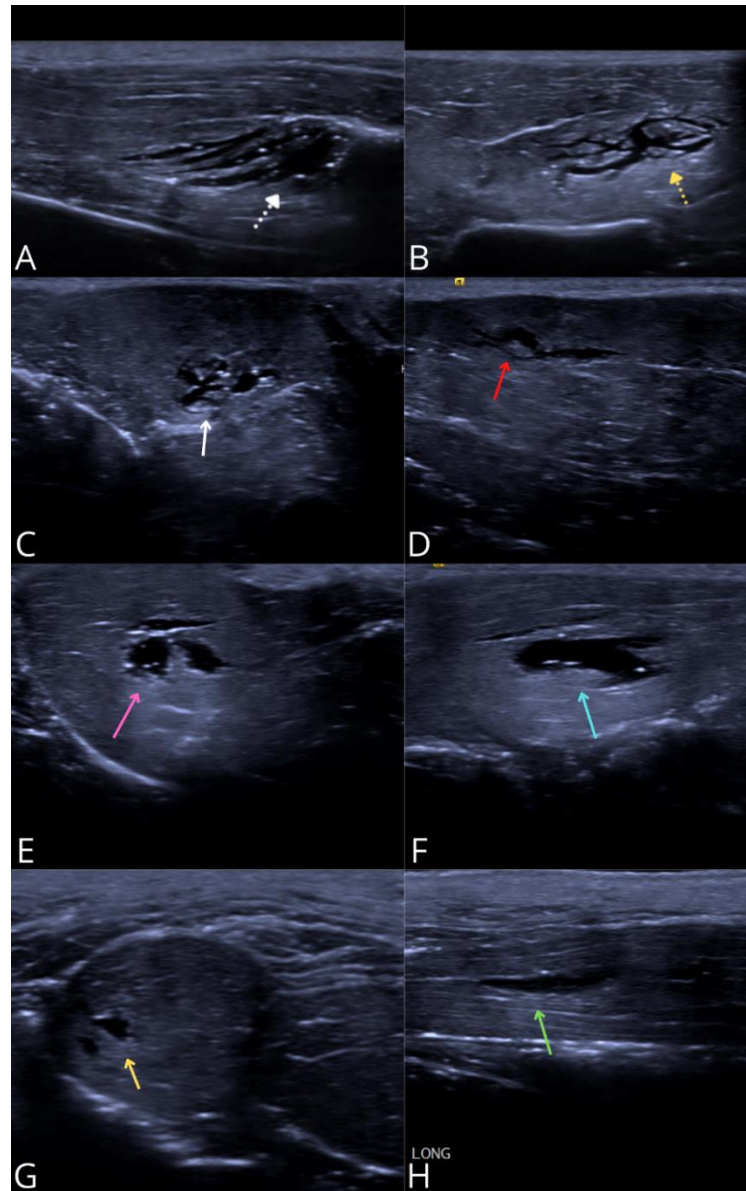


Figura 5. Ultrassonografia canina “ex vivo” da musculatura lateral após aplicação de gel de ultrassom. A) Glúteo médio: avaliação longitudinal (seta pontilhada branca). B) Glúteo médio: avaliação transversal (seta pontilhada amarela). C) Vastus lateralis: avaliação transversal (seta branca). D) Vastus lateralis: avaliação longitudinal (seta vermelha). E) Tensor fasciae latae: avaliação transversal (seta rosa). F) Tensor da fáscia lata: avaliação longitudinal (seta azul). G) Sartório: avaliação transversal (seta amarela). H) Sartório: avaliação longitudinal (seta verde).

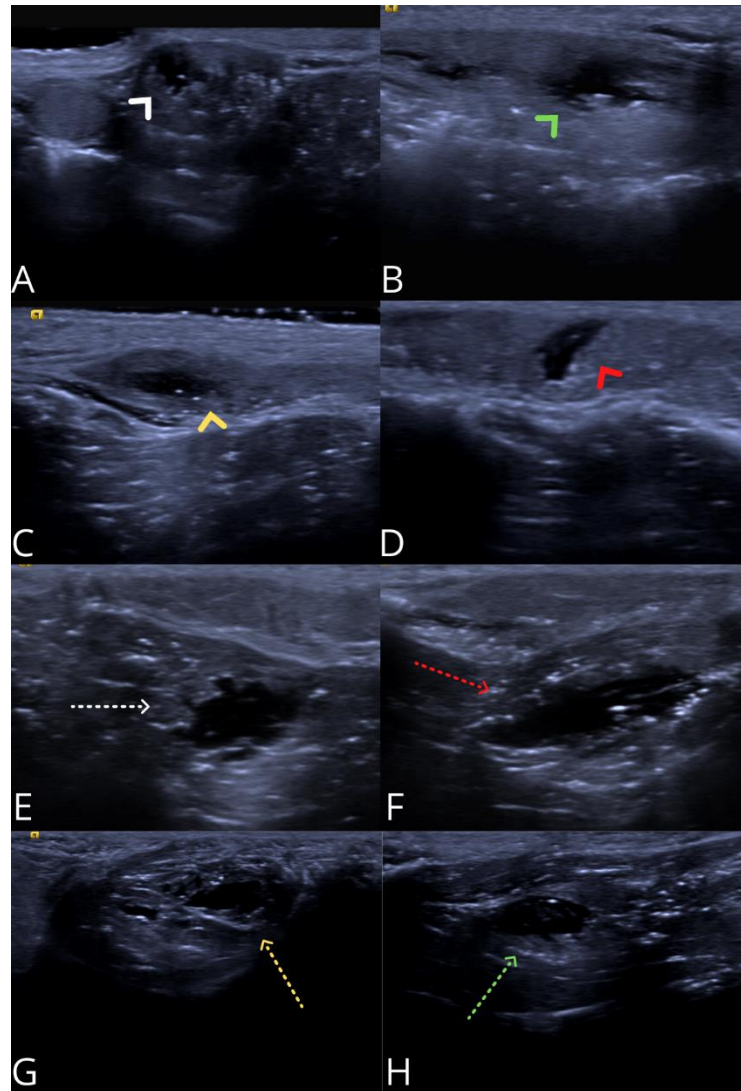


Figura 6. Ultrassonografia canina “*ex vivo*” da musculatura medial após aplicação de gel de ultrassom. A) Pectineus: avaliação transversal (ponta de seta branca). B) Pectineus: avaliação longitudinal (ponta de seta verde). C) Grácil: avaliação longitudinal (ponta de seta amarela). D) Grácil: avaliação transversal (ponta de seta vermelha). E) Adutor: avaliação transversal (seta pontilhada branca). F) Adutor: avaliação longitudinal (seta vermelha pontilhada). G) Reto femoral: avaliação transversal (seta pontilhada amarela). H) Reto femoral: avaliação longitudinal (seta verde pontilhada).

Estudo “*In vivo*”

Para esta etapa, foi utilizada a mesma sequência de avaliação muscular aplicada aos cadáveres. Foram incluídos 10 animais hígidos, maiores de 2 anos, com peso superior a 15 kg, sem registros de distúrbios musculoesqueléticos e sem alterações nas imagens radiográficas do quadril. Todos os cães foram sedados com acepromazina² (0,02 mg/kg), butorfanol³ (0,3 mg/kg) e midazolam⁴ (0,2 mg/kg) antes dos exames radiográficos e ultrassonográficos⁵.

Os animais foram tricotomizados nas faces lateral e medial da região do quadril para avaliação ultrassonográfica e identificação dos músculos dos lados esquerdo e direito dos membros pélvicos. Durante o exame, o gel acústico foi aplicado na região de estudo. O paciente foi posicionado em decúbito lateral para examinar os músculos laterais (glúteo médio, sartório, tensor da fáscia lata e vasto lateral), com os músculos de interesse posicionados lateralmente, proximal ao transdutor e distal da mesa de procedimento. Para identificar os músculos mediais da coxa (pectíneo, grácil, adutor e reto femoral), o animal permaneceu na mesma posição com o membro contralateral levemente abduzido de modo que o membro a ser avaliado ficasse proximal à mesa com os músculos dispostos medial e proximal para o transdutor.

Resultados

Dez quadris pareados de cinco cadáveres foram avaliados durante a fase “*ex vivo*”, sendo três fêmeas (60%) e dois machos (40%). A média de idade e peso dos cães foi de 3,6 anos ($\pm 0,87$ anos) e 21,9 kg ($\pm 5,2$ kg), respectivamente. No estudo “*in vivo*”, foram incluídos dez animais saudáveis e 20 quadris, sendo quatro fêmeas (40%) e 6 machos (60%), com peso médio de 30,11 kg ($\pm 7,45$ kg) e idade média de 4,5 anos ($\pm 2,75$ anos).

Nenhum paciente apresentou complicações decorrentes da sedação, e o protocolo foi satisfatório para manipulação dos pacientes durante os exames. Não foram encontradas restrições ou limitações na realização dos exames em nenhum dos procedimentos ultrassonográficos. Todos os músculos “*in vivo*” mantiveram o padrão ultrassonográfico quando comparados entre si e entre os diferentes grupos. O corte longitudinal apresentou estrutura hipoecóica permeada por finas estrias longitudinais

hiperecóicas. O aspecto hipoecóico foi mantido com as estrias identificadas como pontos hiperecogênicos no corte transversal.

Musculo Glúteo médio

A palpação do trocânter maior e crista ilíaca foi realizada inicialmente para avaliar o glúteo médio e determinar o início da avaliação ultrassonográfica. O transdutor foi posicionado no sentido craniocaudal no terço médio entre o trocânter maior e a crista, identificando as fibras musculares em sua porção longitudinal. Em seguida, o transdutor foi posicionado a 90° graus em relação às fibras avaliadas transversalmente.

A imagem ultrassonográfica sagital mostrou, na superfície proximal, uma linha hiperecoica referente à fáscia da musculatura glútea. Na região distal foi possível identificar uma linha hiperecogênica com sombreamento acústico posterior indicando o corpo do ílio (Figura 7A). Na avaliação transversal (Figura 7B), também foi possível observar a região da escavação do ílio, hiperecogênica, formando uma sombra acústica.

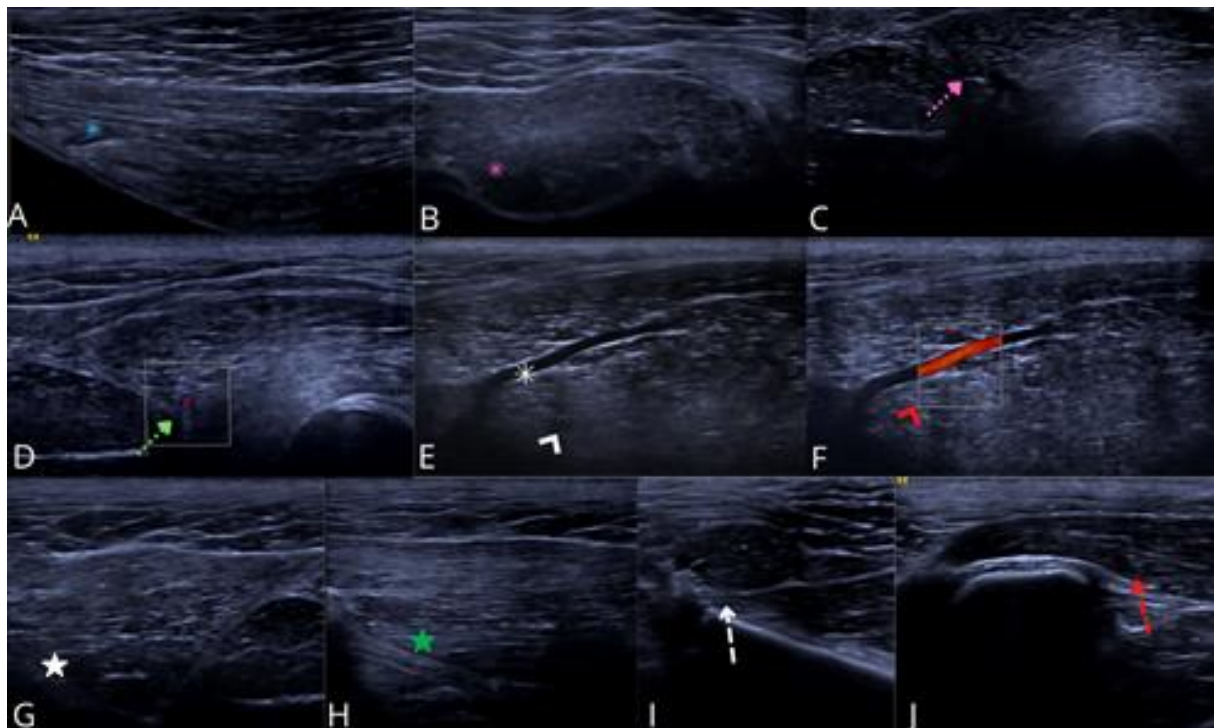


Figura 7. Ultrassonografia de músculo lateral “*in vivo*” em cão. A) Glúteo médio: avaliação longitudinal (asterisco azul). B) Glúteo médio: avaliação transversal (asterisco rosa). C) Vasto lateral: avaliação transversal (seta rosa pontilhada). D)

Artéria e veia circunflexa femoral lateral ao Doppler (seta verde pontilhada). E) Vasto lateral: avaliação longitudinal (ponta de seta branca) e vaso circunflexo femoral lateral (asterisco branco). F) Vaso circunflexo femoral lateral ao Doppler (ponta de seta vermelha). G) Tensor fasciae latae: avaliação transversal (estrela branca). H) Tensor fasciae latae: avaliação longitudinal (estrela verde). I) Sartório: avaliação transversal (seta pontilhada branca) J) Sartório: avaliação longitudinal (seta pontilhada vermelha).

Posteriormente, o transdutor foi novamente posicionado craniocaudal, no sentido longitudinal das fibras, e movido cranialmente para avaliar a origem da musculatura glútea na porção cranial da crista ilíaca juntamente com a origem do músculo sartório. Em seguida, o transdutor foi movido caudalmente ao trocanter maior para identificar a inserção da musculatura no trocanter.

Músculo Vasto lateral

A musculatura vasta lateral foi a segunda estrutura a ser avaliada. Após a identificação do glúteo médio, o transdutor foi movido ventrocaudalmente até a porção proximal da coxa (trocanter maior) para identificação do vasto. O transdutor foi mantido no sentido craniocaudal, avaliando a musculatura no corte transversal, que se caracteriza por sua forma triangular (Figura 7C). Durante a avaliação transversal *“in vivo”*, foi possível observar a artéria e veia circunflexa femoral lateral pelo modo Doppler (Figura 7D). O uso do doppler é importante porque pode ajudar a identificar a musculatura.

Para a avaliação longitudinal (Figura 7E), a sonda foi girada proximodistal para identificar a vascularização da artéria circunflexa femoral no modo Doppler (Figura 7F). Devido à sua convergência distal com outros músculos (reto femoral, vasto intermediário e medial) que compõem o quadríceps femoral, não foi possível individualizar o ponto de inserção do vasto lateral (patela e terminação no ligamento patelar).

Músculo Tensor da fáscia lata

Ao final da avaliação do vasto lateral, o transdutor foi movido cranialmente, na orientação craniocaudal, passando pelo reto femoral e identificando o tensor. Na

porção mais proximal ao trocanter e vasto lateral, sua avaliação fica comprometida pela dificuldade de separar suas fibras musculares dos músculos adjacentes. O tensor é mais bem visualizado em sua porção cranial, margeando caudalmente com o reto femoral. A musculatura foi avaliada em sua totalidade, contemplando seu ponto de origem (tuberosidade da coxa) e inserção (região distal da coxa com fáscia lata).

Na avaliação ultrassonográfica transversa, o músculo apresenta característica triangular circundado por uma linha hiperecoica que corresponde à fáscia muscular (Figura 7G). Na imagem longitudinal (Figura 7H), a linha hiperecoica também pode ser observada.

Músculo Sartório

A palpação da crista ilíaca foi realizada para avaliação do músculo sartório. A sonda foi posicionada conforme orientação na avaliação do glúteo médio, onde foi identificada a região de origem da musculatura. Dessa forma, foi possível avaliar a musculatura em seu padrão transversal. Para avaliação longitudinal, a sonda foi girada 180° graus, proximodistal, de modo que ficasse paralela ao membro e às fibras musculares. O músculo foi observado como uma estrutura única devido à dificuldade em avaliar as porções cranial e caudal.

Na avaliação transversal (Figura 7I), o sartório aparece como uma forma redonda circundada por uma linha hiperecoica característica da fáscia muscular. No corte longitudinal (Figura 7J), a estrutura alonga-se, tomando forma semelhante a uma faixa hipoeicoica com finas linhas longitudinais hiperecoicas.

Músculo Pectíneo

O músculo pectíneo é fácil de palpar na porção interna da coxa. Foi necessário identificar o pulso arterial da artéria femoral, e caudalmente o músculo já era identificável. Na ultrassonografia, o transdutor foi posicionado transversalmente a 90° da musculatura e proximal à parte interna da coxa. A artéria femoral foi identificada e serviu de guia para avaliação muscular. A vascularização femoral apresentou-se como estrutura anecoica e arredondada. “*In vivo*”, o fluxo da vascularização femoral pôde ser avaliado pelo modo Doppler (Figura 8A). Caudalmente a essas estruturas, o pectíneo foi avaliado em seus padrões transversal e longitudinal. O pectíneo

apresentou características circulares e fusiformes nas avaliações transversal (Figura 8B) e longitudinal (Figura 8C), respectivamente.

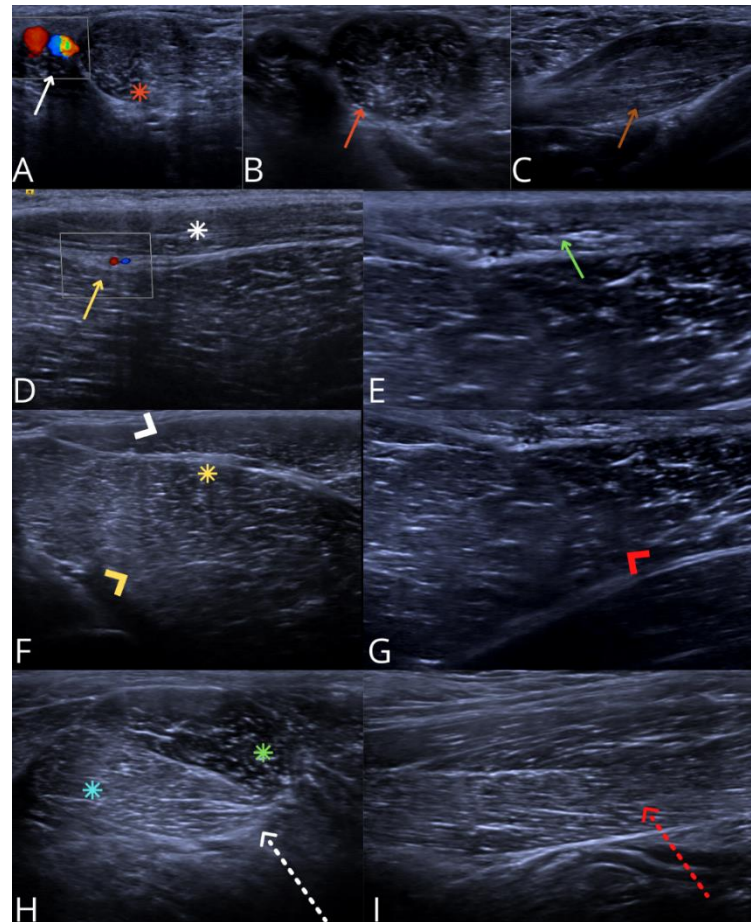


Figura 8. Ultrassonografia do músculo medial em cão “*in vivo*”. A) Avaliação transversal da artéria e veia femorais com Doppler (seta branca) e músculo pectíneo (asterisco vermelho). B) Pectineus: Avaliação transversal (seta vermelha). C) Pectíneo: avaliação longitudinal (seta laranja). D) Avaliação transversal do ramo proximal caudal da artéria e veia femorais com Doppler (seta amarela) e músculo Grácil (asterisco branco). E) Músculo grácil: avaliação longitudinal (seta verde). F) Músculo grácil: avaliação transversal (ponta de seta branca), Músculo adutor: avaliação transversal (ponta de seta amarela) e ramo proximal caudal do vaso femoral (asterisco amarelo). G) Músculo adutor: avaliação longitudinal (ponta de seta vermelha). H) Músculo reto femoral: avaliação transversal (seta branca pontilhada). Área muscular hipoecogênica (asterisco verde) e área muscular hiperecogênica (asterisco azul). I) Músculo reto femoral: avaliação longitudinal (seta vermelha pontilhada).

Músculo Grácil

O grácil é um músculo extenso localizado superficialmente e ocupando a maior parte da face medial da coxa. Essa musculatura foi avaliada após a identificação do pectíneo. O transdutor na orientação craniocaudal foi movido distal e caudalmente para avaliação do corte transversal. Na avaliação *“in vivo”*, o ramo proximal caudal da artéria e veia femorais foram avaliados pelo modo Doppler e serviram como ponto de referência (Figura 8D).

A musculatura grácil apresenta estrias longitudinais discretamente fusiformes, hipoecogênicas e hiperecogênicas finas na avaliação longitudinal (Figura 8E). No corte transversal (Figura 8F), seu padrão é semelhante à outra musculatura já descrita. É possível identificar uma linha hiperecoica na porção ventral, característica da fáscia muscular como visto em outras musculaturas.

Músculo Adutor

Após avaliação do grácil, o transdutor foi levemente movido cranialmente para avaliação do adutor. O ponto de referência *“in vivo”* para análise do adutor foi o mesmo utilizado para o grácil, ramo acessório da artéria e veia femoral proximal caudal que passa sobre a musculatura adutora no sentido caudal do membro (Figura 8F). Embora a musculatura adutora seja dividida em adutor longo, magno e curto, a avaliação ultrassonográfica considerou-a uma estrutura única devido à dificuldade de isolar os diferentes segmentos. No corte transversal (Figura 8F) e no corte longitudinal (Figura 8G), apresenta padrão de ecogenicidade e ecotextura semelhante ao grácil.

Músculo Reto femoral

O pectíneo foi utilizado como referência para identificar o reto femoral e, em seguida, o transdutor foi movido cranialmente ao membro. O músculo avaliado apresenta aspecto ultrassonográfico peculiar; é circular em seu aspecto transversal com uma faixa hiperecogênica dividindo a musculatura em suas regiões proximal e distal (Figura 8H). A região proximal é hipoecóica em relação à distal. O músculo apresenta uma banda hiperecoica central com porção cranial hipoecóica e porção caudal hiperecóica no padrão longitudinal (Figura 8I). Além disso, os arranjos das

fibras musculares associados à distribuição do padrão de eco lembram a aparência de uma "pena".

Discussão

A avaliação ultrassonográfica modo B com transdutor de alta frequência facilitou a identificação dos músculos laterais e mediais dos membros pélvicos de cães de médio e grande porte utilizando “*ex vivo*” e “*in vivo*”. Essa abordagem é uma forma eficaz e segura de acessar esses músculos e auxiliou no estabelecimento de um protocolo inédito de avaliação ultrassonográfica dessa região. Além disso, a dissecação anatômica com auxílio da injeção de gel acústico na musculatura avaliada foi fundamental para orientar o exame, pois permitiu a confirmação das estruturas.

A compreensão da anatomia ultrassonográfica normal é essencial para identificar lesões musculares que podem levar à perda de ecogenicidade e ecotextura muscular [4,12]. Além disso, a padronização ultrassonográfica reduz o erro interobservador, facilitando a reprodutibilidade da técnica, auxiliando em uma avaliação mais assertiva e direcionando a terapia mais adequada ao paciente. Neste estudo, foram padronizados os exames ultrassonográficos de seis músculos fundamentais (glúteo médio, tensor da fáscia lata, grácil, adutor, pectíneo e reto femoral) para a mobilidade do quadril e dois dos joelhos (sartório e vasto lateral). [8,16]. As avaliações “*ex vivo*” facilitaram a aplicação da técnica “*in vivo*”, e não foram encontradas dificuldades durante essas avaliações.

Estudos de medicina humana mostraram que na avaliação ultrassonográfica de músculos de adultos jovens e idosos, eles podem encontrar diferenças no padrão de ecotextura e ecogenicidade devido ao volume muscular e diferenças de deposição de gordura [1,13]. Os padrões ultrassonográficos neste estudo foram semelhantes entre os músculos avaliados em pacientes saudáveis, embora não houvesse padronização entre raça, idade e escore corporal. No entanto, acreditamos que essas diferenças devem ser consideradas durante uma avaliação para minimizar as interferências de lesões diagnósticas.

A displasia coxofemoral e a insuficiência do ligamento cruzado cranial são doenças que acometem o membro pélvico [14,15]. Ainda há muita incerteza sobre a etiologia da displasia coxofemoral e da insuficiência do ligamento cruzado cranial. No

entanto, sabe-se que cães que apresentam displasia coxofemoral podem desenvolver alterações na elasticidade pectínea dependendo do grau de displasia coxofemoral [12]. Além disso, cães com insuficiência do ligamento cruzado cranial podem ter o grupo muscular do quadríceps atrofiado [11]. Com o maior número de estruturas disponíveis para avaliação pelo nosso protocolo, novos estudos podem ser desenvolvidos para entender melhor a interferência dessas patologias na musculatura abordada. Em conclusão, este estudo fornece informações sobre o aspecto ultrassonográfico normal de músculos importantes na região do quadril de cães. Além disso, o exame ultrassonográfico pode complementar outros exames diagnósticos ou pode se tornar a modalidade de primeira escolha para distúrbios musculares.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (305182/2020-0).

Declaração de interesse

Os autores informam que não há conflitos de interesse. Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo e redação do artigo.

Manufaturados

¹ Acuson S2000, Siemens, Munique, BY, Germany.

² Acepran 0,2%, Vetnil, Louveira, SP, Brazil.

³ Torbugesic, Zoetis, Parsippany-Troy Hills, NJ, United States.

⁴ Dorime, Cristália Laboratórios, Fortaleza, CE, Brazil

⁵ Siemens Medicals Solutions, Erlangen, BY, Germany.

Referencias

1 Berger J., Bunout D., Barrera G., Maza M.P., Henriquez S., Leiva L. & Hirsch S. 2015. Rectus femoris (RF) ultrasound for the assessment of muscle mass in older people. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 61(1):33-38.

- 2 Bright J.M., Fields K.B. & Draper R. 2017.** Ultrasound Diagnosis of Calf Injuries. *Journal Sports Health*. 9(4):352-355.
- 3 Draghi F., Zacchino M., Canepari M., Nucci P. & Alessandrino F. 2013.** Muscle injuries: ultrasound evaluation in the acute phase. *Journal of Ultrasound*. 16(4):209-214.
- 4 Fabbi M., Di Palma S., Manfredi S., Gnudi G., Miduri F., Daga E., Melis G.C., Bianchi E., Voccia S. & Volta A. 2017.** Imaging diagnosis-ultrasonographic appearance of skeletal muscle metastases in a dog with hemangiosarcoma. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 58(6):E64-E67.
- 5 Frank I., Mann K. & Duerr F. 2019.** Fluorine-18-fluoro-2- deoxy-d-glucose PET-CT aids in detection of soft-tissue injuries for dogs with thoracic or pelvic limb lameness. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 60(5):575-585.
- 6 González-Rellán S., Fdz-de-Trocóniz P. & Barreiro A. 2021.** Ultrasonographic anatomy of the dorsal region of the carpus of the dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 62(5):591-601.
- 7 Hotfiel T., Heiss R., Swoboda B., Kellermann M., Gelseet K., Grim C., Strobel D. & Wildner D. 2018.** Contrast-Enhanced Ultrasound as a New Investigative Tool in Diagnostic Imaging of Muscle Injuries - A Pilot Study Evaluating Conventional Ultrasound, CEUS, and Findings in MRI. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 28(4):332-338.
- 8 Hughes L.E. 2007.** Hip and Sacroiliac Disease: Selected Disorders and Their Management with Physical Therapy. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*. 22(4):183-194.
- 9 Kaiser S.M., Harms O., Konar M., Staudacher A., Langer A., Thiel C., Kramer M., Schaub S. & Pückler K.H.V. 2016.** Clinical, radiographic, and magnetic resonance imaging findings of gastrocnemius musculotendinopathy in various dog breeds. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. 29(6):515-521.
- 10 Moretti G., Biretoni F., Caivano D., Nannarone S., Crovace A., Porciello F. & Bufalari A. 2021.** Mini-invasive approach for removal of iliopsoas migrating grass awns with an atraumatic wound retractor. *Journal of Small Animal Practice*. 62(2):150-155.

- 11 Mostafa A.A., Griffon D.J., Thomas M.W. & Constable P.D. 2010.** Morphometric Characteristics of the Pelvic Limb Musculature of Labrador Retrievers with and without Cranial Cruciate Ligament Deficiency. *Veterinary Surgery*. 39(3):380-389.
- 12 Rossignoli P.P., Feliciano M.A.R., Minto B.W., Maronezi M.C., Uscategui R.A., Ido C.K., Rolemberg D.S., Faria, L.G., Da Cruz I.C.K. & Aires L.P.N. 2020.** B mode ultrasonography and elastography in the evaluation of the pectineus muscle in dogs with hip dysplasia. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*. 44(5):1142-1149.
- 13 Song M.Y., Ruts E., Kim J., Janumala I., Heymsfield S. & Gallagher D. 2004.** Sarcopenia and increased adipose tissue infiltration of muscle in elderly African American women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 79(5):874-880.
- 14 Tinga S., Kim S.E., Banks S.A., Jones S.C., Park B.H., Pozzi A. & Lewis DD. 2018.** Femorotibial kinematics in dogs with cranial cruciate ligament insufficiency: a three-dimensional in-vivo fluoroscopic analysis during walking. *BMC Veterinary Research*. 14(1): 85.
- 15 Willemsen K., Möring M.M., Harlianto N.I., Tryfonidou M.A., Wal B.C.H. Weinans H., Meji B.P. Sakkers R.J.B. 2021.** Comparing Hip Dysplasia in Dogs and Humans: A Review. *Frontiers in Veterinary Science*. 15(8):1-10.
- 16 Yoshikawa K., Tsubakishita S., Sano T., Ino T., Miyasaka T. & Kitazawa T. 2021.** Functional assessment of the gluteus medius, cranial part of the biceps femoris, and vastus lateralis in Beagle dogs based on a novel gait phase classification. *The Journal of Veterinary Medical Science*. 83(1):116-124.

CAPÍTULO 3² - Acurácia da ultrassonografia modo-B e elastografia ARFI na avaliação da articulação coxofemoral e musculaturas do quadril para diagnóstico precoce e tardio da displasia coxofemoral em cães

Rafael Kretzer Carneiro^{1*}, Igor Cezar Kniphoff da Cruz², Beatriz Gasser¹, Bruna Lima¹, Luiz Paulo Nogueira Aires¹, Márcio Poletto Ferreira³, Ricardo Andres Ramirez Uscategui⁴, Robson Fortes Giglio⁵, Bruno Watanabe Minto¹, Marcus Antônio Rossi Feliciano⁶

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal/SP, Brasil.

² Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre/ES, Brasil.

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, Brasil.

⁴ Universidade CES, Medellín, Colômbia.

⁵ Universidade da Georgia, Athens/GA, Estados Unidos.

⁶ Universidade de São Paulo, Pirassununga/SP, Brasil.

*Autor correspondente – mvkretzer@outlook.com. Endereço: Via de acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n, Vila Industrial, Jaboticabal/Brasil. CEP 14884-900.

Resumo

Introdução: A displasia coxofemoral é uma das doenças ortopédicas mais frequentes na rotina veterinária, é caracterizada por causar instabilidade do quadril em animais filhotes e doença articular degenerativa secundária nos adultos. Desde a primeira descrição em 1935, o exame radiográfico tem sido o principal método diagnóstico em cães. Os diferentes estudos radiográficos do quadril, além de diagnosticar a frouxidão articular e a doença articular degenerativa, auxiliam na escolha adequada do tratamento e na triagem do paciente. A radiografia não possibilita avaliar características capsulares e musculaturas adjacentes, atributos esses que podem ser examinados no exame ultrassonográfico. Além disso, os exames radiográficos necessitam de manejo anestésico causando, muitas vezes, desconforto aos

²Este artigo foi redigido com base nas normas da revista BMC Veterinary Research

proprietários. O objetivo deste estudo foi avaliar a acurácia da ultrassonografia modo-B e elastografia ARFI na avaliação da cápsula articular e musculaturas periarticulares de cães associadas a classificação da Fundação Ortopédica dos animais (OFA) e índice de distração (ID) no diagnóstico tardio e precoce da displasia coxofemoral. Além disso, objetivou-se propor um protocolo de avaliação ultrassonográfica das estruturas envolvidas na movimentação do quadril.

Resultados: 108 articulações coxofemorais de 54 cães foram avaliadas pelo exame radiográfico e ultrassonográfico. 30 cães tinham mais de 2 anos e 24 entre 4 e 10 meses. Verificou-se que o aumento da rigidez do pectíneo (valor de corte $>2,77$ m/s) pela elastografia e a espessura da cápsula (valor de corte $>0,9$ mm), ao modo-B, foram associados nos animais filhotes com índice de distração $>0,5$ e ambos possuindo correlação positiva. Na avaliação ultrassonográfica modo-B, a presença de sinais de doença articular degenerativa como irregularidades da borda cranial do acetábulo e cabeça femoral foram associados a animais com índice de distração $>0,5$ com especificidade de 94%. Nos adultos, os achados de doença articular degenerativa pela ultrassonografia foram associados com pacientes classificados como doentes pela OFA ($P<0,05$). A mensuração da cápsula articular $>1,10$ mm foi diagnóstica para displasia em cães não saudáveis pela OFA.

Conclusões: Os métodos ultrassonográficos podem ser utilizados como adjuvante no diagnóstico da displasia coxofemoral em associação com a avaliação radiográfica em animais jovens e adultos.

Palavras-chave: ortopedia, ultrassonografia, articulação, canino.

Introdução

A displasia coxofemoral é uma doença progressiva caracterizada pela instabilidade articular devido a má formação da articulação do quadril [1]. Ocorre sob influência de fatores hereditários e ambientais [2,3] e é mais prevalente em cães de raças médias e grandes [4,5]. Animais afetados podem apresentar sinais clínicos como claudicação nos membros pélvicos, intolerância ao exercício, andar de coelho e atrofia musculares que causam dor e alterações deletérias no comportamento do cão [6].

O exame radiográfico do quadril é o padrão ouro para o diagnóstico da displasia [5,7,8]. Inúmeras abordagens radiográficas podem ser realizadas para auxiliar na investigação das alterações secundárias da doença [9]. Projeções estendidas do quadril são utilizadas pela Fundação Ortopédica para Animais (OFA) para avaliar doença articular degenerativa em cães com ≥ 24 meses idade [9,10]. Atualmente, algumas triagens fenotípicas concentram-se na metodologia alternativa da frouxidão articular [11]. Dentre elas, destaca-se o PennHip, desenvolvido na Universidade da Pensilvânia, sendo uma abordagem aceita e validada [12] para animais imaturos com 16 semanas ou mais de vida que avalia o índice de distração da articulação [13,14].

Para que ocorra a movimentação do quadril inúmeros músculos são acionados auxiliando a estabilidade articular [15], mas o real papel das musculaturas periarticulares na patogenia da displasia coxofemoral ainda é pouco entendido. Na medicina, a avaliação ultrassonográfica do quadril é utilizada desde 1980, quando foi desenvolvida por Graf, tendo como objetivo identificar instabilidades na articulação coxofemoral em crianças recém-nascidas [16]. Na veterinária, uma técnica semelhante também foi descrita em cães, mas até o presente os resultados foram discordantes com o desenvolvimento da displasia em cães adultos [17].

A elastografia “Acoustic Radiation Force Impulse” (ARFI) é técnica ultrassonográfica que permite mensurar de forma quantitativa e qualitativa alterações da rigidez tecidual [18-20] avaliando a deformação conforme a lei de Hooke. De modo geral, a elastografia pode ser usada para diferenciar tecidos afetados (com alterações morfoestruturais) de tecidos normais [21]. Esta técnica tem sido explorada para várias finalidades clínicas e introduzida na rotina para usos específicos, como avaliação de transplante hepático em humanos [22], alterações esplênicas [20] e caracterização de lesões mamárias em cães [23,24].

Quanto as alterações correlacionadas a displasia coxofemoral, há poucos estudos demonstrando a aplicabilidade da elastografia ARFI no auxílio diagnóstico. Em estudo preliminar, ao comparar a musculatura do pectíneo de animais saudáveis com doentes, verificou-se que cães displásicos possuem maior rigidez da musculatura do pectíneo (3.49 ± 1.00 m/s) do que os pacientes não doentes (2.41 ± 0.59 m/s) demonstrando que há uma sobrecarga na musculatura interna do quadril tornando-a menos elástica nos animais doentes [25].

Acreditando ser possível direcionar o diagnóstico precoce da displasia coxofemoral com auxílio da ultrassonografia, este estudo teve como objetivo avaliar a cápsula articular e musculaturas periarticulares do quadril de cães doentes e saudáveis por meio técnica de elastografia ARFI e ultrassonografia modo-B, a fim de determinar valores preditores de alteração na elasticidade tecidual e espessura da cápsula que fossem correlacionados com achados radiográficos do quadril pela avaliação do índice de distração e da Fundação Ortopédica dos Animais (OFA), determinando a aplicabilidade dos métodos ultrassonográficos no diagnóstico e triagem da displasia coxofemoral.

Resultados

Foram avaliadas 108 articulações coxofemorais de 54 cães. A idade média dos pacientes filhotes, 24 cães, foi de 7,29 meses $\pm$ 2,18 com peso médio de 20,08 $\pm$ 6,16 kg. Já nos animais adultos, 30 cães, a média de idade foi de 5,38 anos $\pm$ 2,99 com peso médio de 34,31 $\pm$ 7,05 kg. Não foram encontradas dificuldades durante a realização das imagens radiográficas e exames ultrassonográficos. Além disso, não houve intercorrências durante os procedimentos anestésicos.

Achados Radiográficos – Índice de distração (ID)

O índice de distração foi o método utilizado como padrão ouro para avaliação da frouxidão articular nos animais filhotes. 17 articulações foram graduadas como saudáveis ($ID \leq 0,5$) tendo uma média de 0,42 $\pm$ 0,12. 31 articulações foram pontuadas como doentes ($ID > 0,5$) com média de 0,84 $\pm$ 0,17. Os pacientes com $ID \leq 0,5$ tiveram idade média de 7,41 meses $\pm$ 2,43 e peso médio de 17,49kg $\pm$ 3,76. Os doentes tiveram idade média de 7,23 meses $\pm$ 2,03 e peso médio de 21,49kg $\pm$ 6,70.

Achados Radiográficos – Fundação Ortopédica dos Animais (OFA)

A avaliação OFA foi utilizada nos animais adultos como padrão ouro para determinar se a articulação do cão era saudável ou doente pelas alterações de doença articular degenerativa secundária a displasia coxofemoral.

29 articulações foram consideradas saudáveis (≤ 3) e 28 foram graduadas como doentes (≥ 5) pela concordância de pelo menos dois avaliadores. Três articulações

foram descartadas por não haver concordância entre a classificação saudável ou doente por pelo menos dois radiologistas. Os animais que foram pontuados como saudáveis e doentes por dois ou três avaliadores tiveram uma média da graduação com o objetivo de orientar os testes estatísticos.

Os pacientes saudáveis tiveram idade média de anos $5,17 \pm 3,45$ anos e peso médio de $34,65 \pm 6,97$ kg. Os doentes tiveram idade média de $5,54 \pm 2,39$ anos e peso médio $35,15 \pm 5,64$ kg.

Ultrassonografia modo-B

Nos filhotes, verificou-se que os achados de irregularidade óssea da borda cranial acetabular e da cabeça femoral foram associados a articulações com índice de distração $>0,5$ ($p=0,009$). Todas as articulações com alterações ultrassonográficas ($n=10$) foram classificadas radiograficamente como doentes ($ID >0,5$) (Figura 1). Nos animais adultos, os achados de irregularidades ósseas também foram associados a quadris doentes classificações pela OFA ($p=0,001$) (Figura 1). Os valores de média, desvio padrão, prevalência, sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo encontram-se demonstrados na Tabela 1.

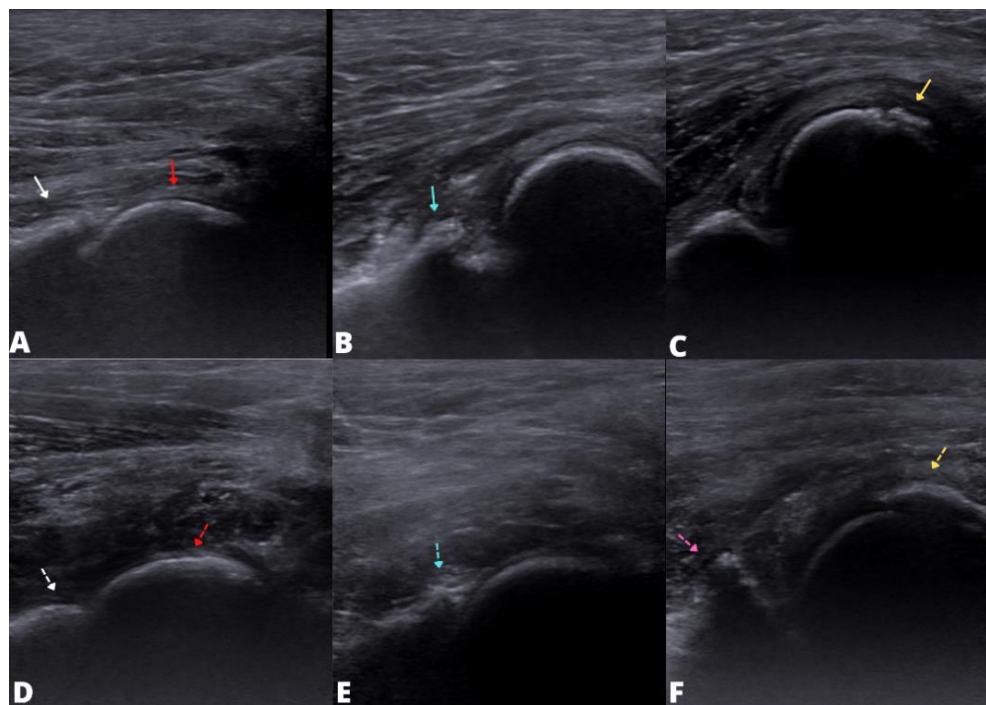


Fig. 1 Imagens ultrassonográficas modo-B da articulação coxofemoral de pacientes caninos filhotes (entre 4 e 10 meses) (A, B e C) e adultos (≥ 2 anos) (D, E e F). Nota-

se (A) e (D) borda cranial acetabular (seta branca e seta branca pontilhada) e cabeça femoral (seta vermelha e seta vermelha pontilhada) sem alterações ultrassonográficas. Em (B), (E) e (F) observa-se irregularidade óssea em borda cranial do acetábulo (seta azul, seta azul pontilhada e seta rosa pontilhada). (C) e (F) é possível visualizar irregularidade na cabeça femoral (seta amarela).

A mensuração da espessura da cápsula articular nos animais jovens se mostrou característica diagnóstica (Figura 2) ($p\text{-diag.} < 0,0001$), com ponto de corte $> 0,9\text{mm}$ como indicativo de frouxidão articular ($ID > 0,5$) apresentando 70,6% de sensibilidade, 83,9% de especificidade, AUC 85,2% e Odds Ratio 4,6 com ambas as variáveis correlacionadas apresentando correlação positiva (0,79) (Tabela 2).

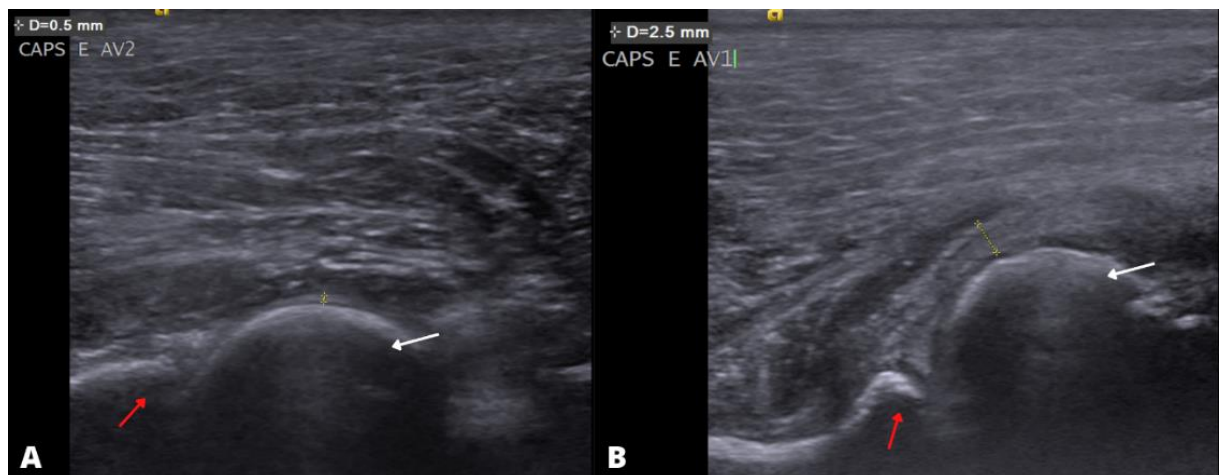


Fig. 2 Imagens ultrassonográficas modo-B da mensuração da cápsula articular da articulação coxofemoral de um cão filhote saudável (A) e doente (B). Em (A) e (B) nota-se a cabeça femoral (seta branca) e a borda cranial do acetábulo (seta vermelha) e a cápsula articular mensurada (linha amarela). Observa-se em (A) a cápsula de uma articulação saudável ($ID \leq 0,5$) medindo 0,5mm e em (B) a cápsula de uma articulação doente ($ID > 0,5$) medindo 2,5mm.

Nos animais adultos, assim como nos filhotes, mensuração da espessura capsular possibilitou direcionar o diagnóstico para animais saudáveis e doentes quando comparado com a classificação OFA com ponto de corte $> 1,10\text{mm}$ como indicativo de animais displásico. Além disso, houve correlação positiva entre as duas

variáveis (0,63). Os valores de sensibilidade, especificidade, AUC e Odds Ratio estão demonstrados na Tabela 3.

Durante a avaliação de ecotextura e ecogenicidade das estruturas musculares, não foram encontradas alterações no grupo 1. Além disso, apenas o músculo pectíneo apresentou áreas hiperecogênicas com alteração da ecotextura dos fascículos musculares e alteração do perimísio em cinco articulações dos pacientes adultos que foram classificados como doentes pela OFA (Figura 3).

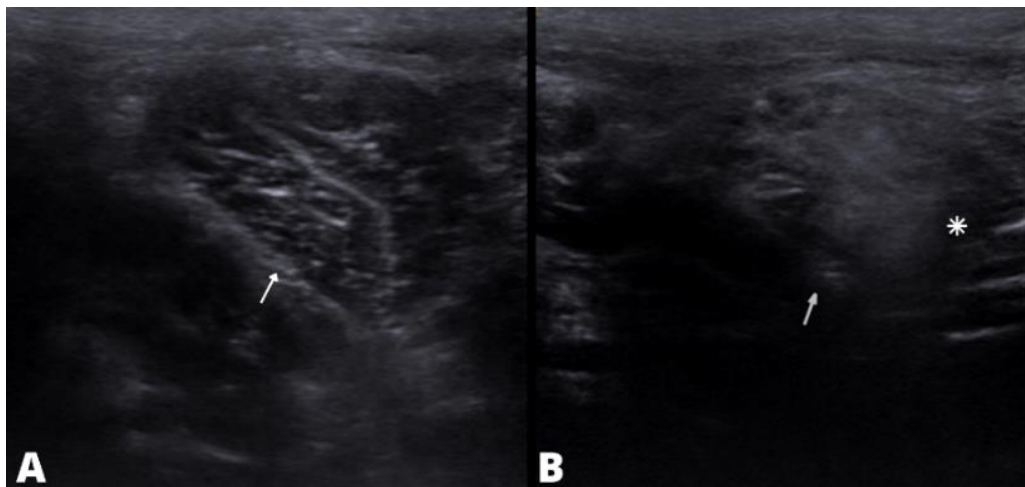


Fig. 3 Avaliação ultrassonográfica modo-B da musculatura do pectíneo de um cão sem áreas de contratura muscular (A) e um cão com áreas de contratura muscular (B). Em (A) e (B) observa-se o pectíneo (seta branca). Em (B) nota-se área hiperecogênica (asterístico) com perda dos padrões dos fascículos musculares e do perimísio, não observados na estrutura em (A), compatível com contratura muscular.

Elastografia ARFI

No estudo elastográfico quantitativo observou-se maior rigidez apenas na musculatura do pectíneo nos animais jovens ($p=0,048$) em articulações com $ID>0,5$ ($3,65\pm1,37\text{m/s}$) em relação aos quadris com $ID\leq0,5$ ($3,01\pm0,70\text{m/s}$). Contudo, não foi indicativo de diagnóstico para displasia coxofemoral ($p.\text{diag}=0,20$). Não foram observadas associações entre a velocidade de cisalhamento das demais estruturas musculares e cápsula articular com o ID pela elastografia ($P>0,05$) (Tabela 2).

Nos animais adultos (≥ 2 anos) não foi encontrada nenhuma diferença estatística entre a elastografia ARFI e as estruturas periarticulares dos cães saudáveis e doentes (Tabela 3).

Associação dos métodos de imagem para auxílio diagnóstico

Com base nos achados de espessura da cápsula articular e irregularidades ósseas no exame ultrassonográfico, criou-se um organograma para auxiliar na orientação diagnóstica da displasia coxofemoral em cães filhotes e adultos em associação com os exames padrão ouro (ID e OFA) (Figura 4).

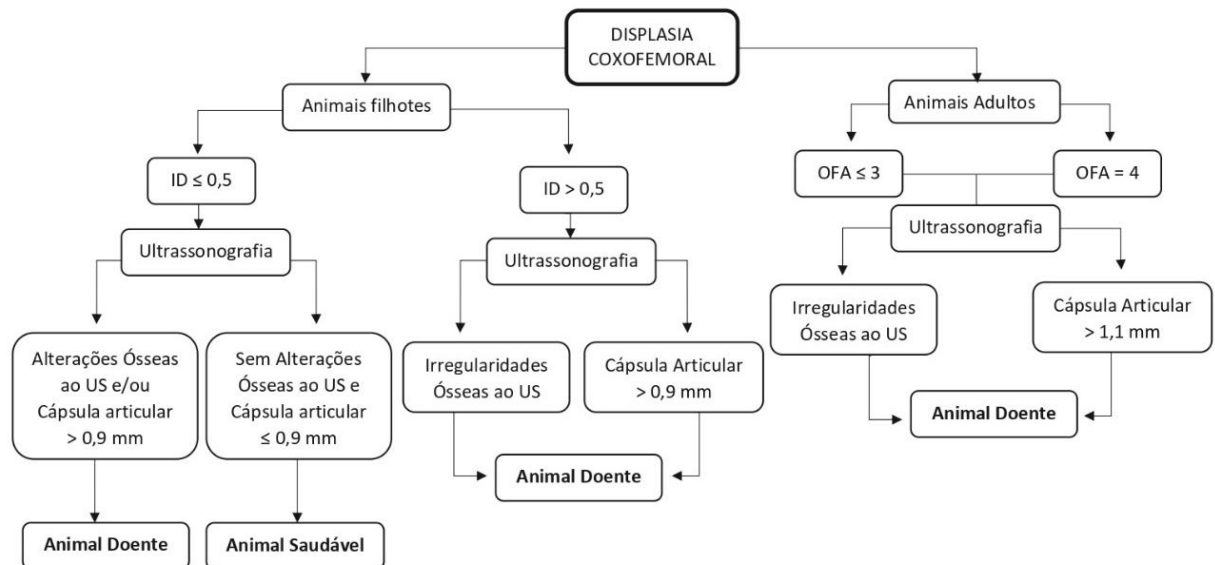


Fig. 4 Organograma de associação dos métodos de imagem para displasia coxofemoral com o objetivo de aumentar a acurácia no diagnóstico da doença nos cães utilizando o índice de distração (ID) e a graduação da Fundação Ortopédica dos Animais (OFA) como padrão ouro inicial.

Discussão

O presente estudo traz informações inéditas quanto aos achados ultrassonográficos das estruturas articulares e periarticulares da articulação coxofemoral de pacientes com e sem displasia coxofemoral (DCF) avaliados pelo método de distração articular e OFA. Além disso, o protocolo de avaliação ultrassonográfica estabelecido poderá contribuir com a investigação da displasia em cães filhotes e adultos devidos as características diagnósticas estabelecidas pela alteração da espessura da cápsula articular.

Embora o diagnóstico padrão ouro da DCF em cães seja o exame radiográfico [8,10], os resultados deste estudo demonstraram que a avaliação ultrassonográfica

pode ser utilizada como triagem e auxílio diagnóstico para a DCF e que a associação dos métodos de imagem pode trazer maior acurácia na investigação da doença.

Na medicina, a ultrassonografia da articulação coxofemoral é utilizada para direcionar o diagnóstico da DCF em bebês recém-nascidos [26]. Até o presente momento os autores não tiveram conhecimento de pesquisas que trouxessem informações diagnósticas para DCF em cães filhotes e adultos pela abordagem ultrassonográfica. Neste trabalho a espessura da cápsula foi associada a animais doentes possibilitando determinar um valor diagnóstico quando correlacionada a avaliação radiográfica por distração e OFA. Essa associação pode ser justificada pelo fato de a DCF gerar uma frouxidão articular [3] intensificando o estresse sofrido pela cápsula articular ao longo do tempo corroborando com a piora das estruturas articulares.

Os autores sugerem que o espessamento da cápsula seja progressivo, pois os fatores inflamatórios continuam presentes na articulação doente [27] o que contribui para as alterações das estruturas articulares. Além disso, o ponto de corte dos cães jovens foi menor em relação aos adultos sendo observado correlação positiva entre as variáveis.

Alguns estudos têm demonstrado que a graduação OFA pode subestimar a osteoartrite em cães adultos quando comparado ao método de distração [10,28]. A interpretação dos achados da cápsula e alterações ósseas são importantes uma vez que alterações nessas estruturas podem estar correlacionadas a animais com menor frouxidão articular na vida adulta o que torna a utilização do método de diagnóstico radiográfico por distração duvidoso quanto aos pontos de corte nesta faixa etária. Assim, os autores acreditam que a ultrassonografia pode ser implementada como método auxiliar no diagnóstico da displasia coxofemoral principalmente naqueles pacientes limítrofes ou sem concordância entre os avaliadores pela graduação OFA. Além disso, elimina novos exames radiográficos mitigando a exposição à radiação e riscos anestésicos aos pacientes.

Embora não se tenha realizado uma análise estatística das avaliações de ecotextura e ecogenicidade pela subjetividade da avaliação e o limitado tamanho amostral, a avaliação ultrassonográfica do pectíneo torna-se importante para a conduta terapêutica visto que há correlação positiva entre a presença de fibrose

muscular e pacientes doentes [29] e que está musculatura tem papel fundamental na biomecânica do quadril [15] justificando a mudança do padrão das fibras identificados ao modo B em alguns pacientes deste estudo.

A elastografia ARFI vem demonstrando informações importantes sobre o comportamento morfoestrutural dos tecidos possibilitando diferenciar estruturas saudáveis de doentes em cães pela alteração da rigidez tecidual [18-20]. Embora este estudo não tenha possibilitado obter resultados diagnósticos com elastografia para DCF nas estruturas articulares e periarticulares, foi possível identificar alteração na elasticidade da musculatura do pectíneo entre animais jovens saudáveis e doentes. A mudança da rigidez do pectíneo em cães já foi correlacionada com displasia em cães adultos [25], mas com base em nossos achados acreditamos que o pectíneo não seja a principal estrutura do quadril comprometida com a DCF, mas sim a cápsula articular pelo fato de ser a principal estrutura relacionada a estabilização e movimentação da articulação do quadril [30].

Neste estudo não houve diferença na elasticidade da cápsula articular pelo método ARFI em animais saudáveis e doentes nos grupos avaliados. Os autores acreditam que isso pode estar relacionado com o tamanho do calípter utilizado para obter os resultados da SWV, visto que a cápsula é uma estrutura pequena e que a área de interesse pode ter abordado as estruturas adjacentes a avaliação capsular superestimando ou subestimando os resultados. Com isso, estudos histopatológicos da cápsula articular devem ser incentivados com o intuito de avaliar as alterações estruturais em cães doentes trazendo informações mais concretas sobre a interferência da DCF na estrutura capsular.

Demonstramos neste estudo a importância da avaliação das estruturas articulares e periarticulares na displasia coxofemoral de cães possibilitando verificar que, a ultrassonografia pode ser auxiliar na triagem e diagnóstico da DCF contribuindo para o controle de animais doentes. Além disso, o exame ultrassonográfico é indolor, não é invasivo e não necessita de sedação o que traz maior segurança aos pacientes.

Dentre as limitações do estudo deve-se considerar a dificuldade em realizar uma amostragem homogênea (peso, sexo, raça e idade) entre os grupos o que pode alterar as características das estruturas articulares e periarticulares interferindo nos valores da elastografia. Além disso, alguns valores da elastografia se sobrepuseram,

como os achados da elasticidade do pectíneo em animais jovens, o que pode estar relacionado com a impossibilidade diagnóstica pelo método ARFI para alterações de elasticidade tecidual em pacientes com displasia coxofemoral.

Conclusões

Os métodos ultrassonográficos podem ser utilizados como adjuvante no diagnóstico da displasia coxofemoral em associação com a avaliação radiográfica em animais jovens e adultos.

Métodos

Delineamento experimental e Animais

Foi realizada coleta de dados de forma prospectiva, entre agosto de 2020 e março de 2022. Foram incluídos cães de diferentes raças e idades, provenientes da rotina hospitalar, que apresentavam ou não histórico de displasia coxofemoral. Os animais foram divididos em dois grupos sendo o grupo 1 composto por cães jovens entre quatro e dez meses com mais de 10kg e o grupo 2 por animais adultos com idade ≥ 2 dois anos e mais de 15kg. Todos os pacientes foram avaliados previamente pelo setor de ortopedia veterinária para que os animais com outra morbidade ortopédica fossem excluídos da avaliação.

Exame radiográfico

Todos os cães foram avaliados clinicamente e realizaram exames de sangue (hemograma completo, albumina, creatinina e fosfatase alcalina) previamente ao estudo radiográfico. Pacientes com alterações nos exames clínicos ou laboratoriais foram excluídos da avaliação. Todos os cães foram sedados para realização dos exames radiográficos e encaminhados, ainda sob sedação, para avaliação ultrassonográfica. Em ambos os grupos, os animais receberam por via intramuscular acepromazina (0,02mg/kg), butorfanol (0,3mg/kg) e midazolan (0,2mg/kg). Após dez minutos, realizou-se a venóclise com cateter 22g e quando necessário, foi realizado um bólus intravenoso de propofol ao efeito. Ao longo do procedimento anestésico os animais foram monitorados com oximetria de pulso, doppler vascular e receberam oxigênio 100% via máscara facial.

Os exames radiográficos, foram realizados com o aparelho de raio-x convencional (Siemens® RG150/100gl), sendo as imagens obtidas a partir de chassis para leitura computadorizada (Imaging plate) de tamanho 35 x 43cm da marca AGFA e scanner digitalizador da marca AGFA, modelo CR-30 e avaliados com uma estação de trabalho equipada com leitura DICOM. Os pacientes foram posicionados, pelo mesmo operador, com o objetivo de avaliar as articulações coxofemorais. Se realizaram três projeções radiográficas: ventrodorsal, distração e compressão articular.

Todos os pacientes (grupo 1 e 2) foram posicionados para a projeção ventrodorsal. Durante o exame radiográfico os cães foram posicionados em decúbito dorsal sobre a mesa de raios-X, com os membros pélvicos totalmente estendidos, fêmures paralelos e rotacionados medialmente com as patelas centralizadas na tróclea [31].

As projeções radiográficas de distração e compressão foram realizadas apenas nos pacientes filhotes (grupo 1). Os cães foram posicionados em decúbito dorsal e um distrator, de barras paralelas, posicionado entre os fêmures proximais sendo os membros posicionados com as articulações do quadril e do joelho em 90°. Uma força de adução foi aplicada no joelho, pelo manipulador, para se obter o afastamento entre a cabeça femoral e o acetábulo [32]. A projeção compressão neutra foi obtida com uma abdução dos membros pélvicos seguida de uma leve compressão interna nas articulações do joelho no intuito de reorientar a cabeça femoral no acetábulo com o paciente posicionado em decúbito dorsal [7].

Embora a projeção ventrodorsal tenha sido realizada em todos os pacientes, somente as articulações dos cães do grupo 2 foram avaliadas e classificadas conforme graduação da OFA. As imagens radiográficas foram avaliadas por três radiologistas independentes com vasta experiência em interpretação de displasia coxofemoral que não tiveram conhecimento do histórico do paciente. As articulações foram classificadas individualmente, conforme graduação da OFA, como excelente (1), bom (2), regular (3), limítrofe (4), leve (5), moderado (6) e grave (7) sendo até a pontuação 3 articulações consideradas saudáveis. As articulações foram classificadas como saudáveis quando dois ou três avaliadores concordaram em classificar a articulação como saudável (≤ 3) ou doente quando concordaram com a classificação

doente (≥ 5). Articulações que foram classificados como limítrofes ou sem a concordância, entre saudável e doente por pelo menos 2 avaliadores, foram excluídas da análise estatística.

As projeções radiográficas de distração e compressão foram avaliadas no grupo dos animais filhotes por um veterinário certificado pelo PennHIP. O índice de distração (ID) foi mensurado conforme descrito por Smith et al. [32] sendo 0 representando congruência total da articulação do quadril e 1 representando luxação completa. Animais com índice de distração $\leq 0,5$ foram classificados como saudáveis, pois conforme Fluckiger et al. [33] este é um valor crítico correlacionado ao surgimento de sinais de doença articular degenerativa secundária a displasia coxofemoral.

Avaliação ultrassonográfica

Todos os exames radiográficos foram realizados por um veterinário ultrassonografista com experiência em avaliação musculoesquelética. Para realização dos exames ultrassonográficos articulares e das musculaturas periarticulares do quadril, foi realizada tricotomia da região lateral e medial de ambas as articulações. Inicialmente os pacientes foram posicionados em decúbito lateral, com o membro a ser avaliado voltado para cima, com o objetivo de manter o conforto e posição neutra do paciente. Para todas as técnicas realizadas, foi utilizado equipamento ACUSSON S2000™ (Siemens®, Munich, Germany), com transdutor linear e frequência variando de 8 a 10Mhz. Ainda, utilizou-se gel condutor ultrassonográfico durante todo o exame. Todos os grupos realizaram avaliação ultrassonográfica do quadril bilateral.

Ultrassonografia modo-B

As estruturas avaliadas foram as musculaturas do glúteo médio, vasto lateral, pectíneo, grácil, adutor, reto femoral seguindo o protocolo de avaliação sugerido por Carneiro et al. [34]. Além disso, foi avaliada a espessura da cápsula articular e superfícies ósseas da cabeça femoral e borda cranial acetabular. Durante o exame o foco, o ganho e a profundidade foram ajustados conforme necessidade. Foram avaliadas características de ecogenicidade (hipoecogênica ou hiperecogênica) e ecotextura (homogênea ou heterogênea) das musculaturas.

Para avaliar o glúteo médio o transdutor foi posicionado no sentido craniocaudal no terço médio entre o trocânter maior e a crista ilíaca, identificando as fibras musculares em seu eixo longitudinal. Em seguida, o transdutor foi posicionado a 90° graus em relação às fibras para a varredura transversal. Após a identificação do glúteo médio, o transdutor foi movido distal e caudalmente até a porção proximal da coxa (trocânter maior) para identificação do vasto. O transdutor foi mantido no sentido craniocaudal, avaliando a musculatura no corte transversal. Para a avaliação longitudinal, o transdutor foi girado proximodistal.

Para a avaliação do músculo pectíneo o transdutor foi posicionado transversalmente a 90° da musculatura e proximal à parte interna da coxa. A artéria femoral foi identificada, cranialmente a musculatura, servindo de guia para avaliação. Na sequência, o transdutor foi girado proximodistal avaliando a musculatura em seu aspecto longitudinal.

O grácil foi avaliado após a identificação do pectíneo. O transdutor na orientação craniocaudal foi movido distal e caudalmente para avaliação do corte transversal. O ramo proximal caudal da artéria e veia femorais foram avaliados pelo modo Doppler e serviram como ponto de referência. Após, o transdutor foi girado proximodistal para avaliar a estrutura longitudinalmente. Em seguida, o transdutor foi levemente deslocado cranialmente para avaliação do adutor. A musculatura foi avaliada nos planos longitudinal e transversal.

O pectíneo foi utilizado como referência para identificar o reto femoral. Ao identificar o pectíneo, o transdutor foi movido cranialmente ao membro. A musculatura do reto femoral é bipenar possibilitando diferenciar das demais. Para a avaliação transversal o transdutor foi mantido 90 graus com o membro e girado proximodistal para avaliação longitudinal.

A inspeção da articulação coxofemoral foi realizada com o transdutor posicionado dorsal e medialmente ao trocânter maior em direção craniocaudal com rotação dorsoventral de aproximadamente 20° em sentido horário a articulação. Irregularidades na superfície da cabeça femoral e do acetábulo foram contabilizadas sendo considerado doente aquele animal com qualquer alteração identificada na inspeção ultrassonográfica e saudável os que não tiveram alterações ao modo B. A

cápsula articular foi mensurada de acordo com sua espessura (altura) para comparar com as classificações da OFA nos animais adultos e Índice de distração nos filhotes.

Elastografia ARFI

A avaliação elastográfica foi realizada com método VTIQ (virtual touch tissue imaging quantification, 2D-SWE technique). No estudo qualitativo, foram realizados elastogramas em cores, onde as cores azuis representaram áreas mais elásticas, as verdes e amarelas representaram rigidez intermediária e as vermelhas corresponderam às áreas mais rígidas (Figura 5). Adicionalmente, a qualidade do exame foi avaliada por meio do próprio aparelho, no qual imagens homogêneas e esverdeadas indicam alta qualidade da técnica, enquanto imagens heterogêneas e amareladas, baixa qualidade (Figura 5). Quando imagens de baixa qualidade eram identificadas, o exame era repetido. Para análise quantitativa, foram utilizados os mesmos elastogramas e selecionadas regiões de interesse (ROI's), escolhidas de forma aleatória, para obtenção da média de velocidade de onda de cisalhamento (SWV – m/s), quantificada pelo software VTIQ, sendo o valor representativo total da rigidez [23]. Foram selecionados nove ROI's para avaliação da musculatura glútea e adutora, seis para o vasto lateral, pectíneo, grácil e reto femoral e três para a cápsula articular (Figura 5).

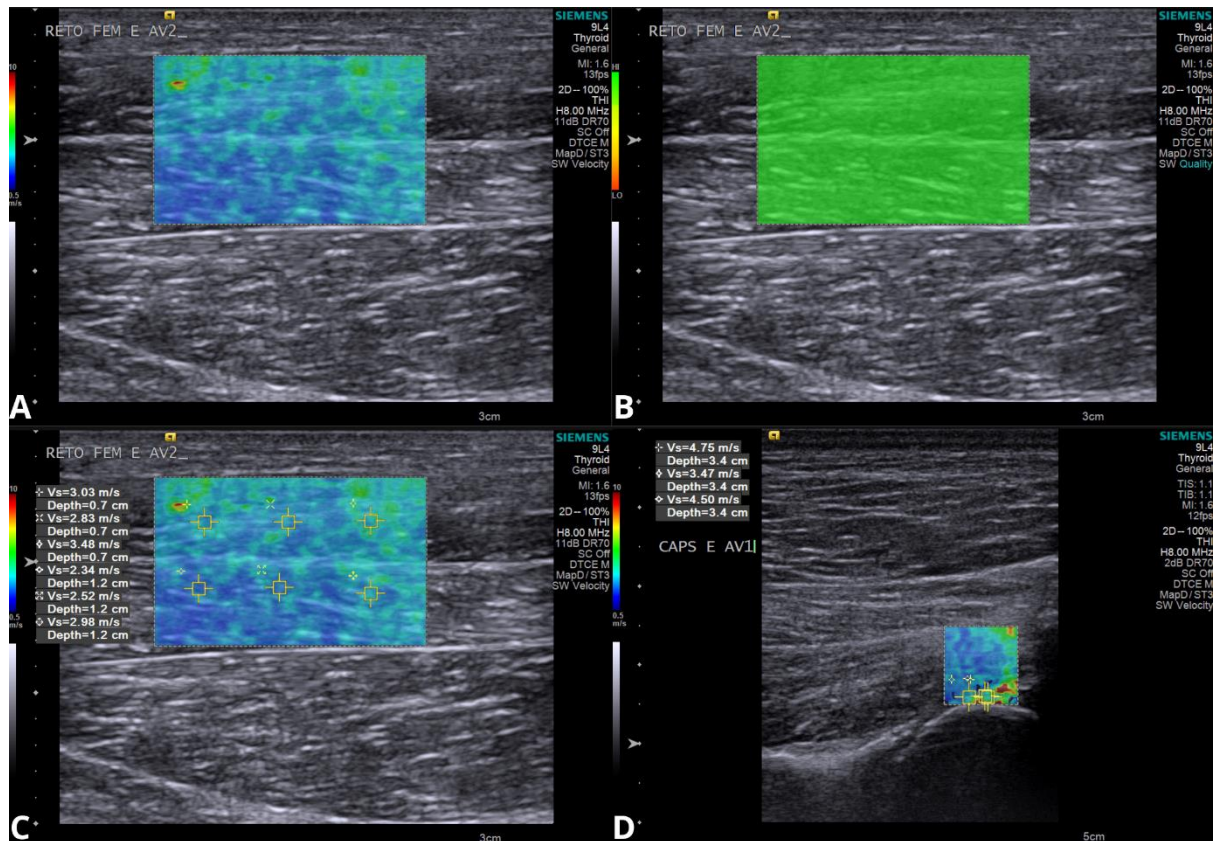


Fig. 5 Imagens ultrassonográficas da elastografia ARFI em musculatura do reto femoral (A, B, C) e cápsula articular (D) da articulação coxofemoral de um cão. Estudo qualitativo (A) demonstrando o elastograma em cores, onde cores frias representam áreas mais elásticas e cores quentes áreas mais rígidas. Avaliação da qualidade do elastograma (B) indicando alta qualidade pela homogeneidade da coloração esverdeada. Em (C) elastograma do músculo retofemoral, em corte longitudinal, mostrando predomínio do azul (pouca rigidez) e com velocidade da onda de cisalhamento (SWV) média de 2,86 m/s. Em (D) elastograma da cápsula articular demonstrando predomínio das cores amarela e verde (rigidez intermediária) e com SWV média de 4,24 m/s.

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o software R versão 3.3.0 (R® foundation for estatístico computacional, Áustria). Antes de realizar os testes foram comprovados os supostos matemáticos de distribuição normal (Teste Shapiro-Wilk) e homocedasticidade das variâncias (teste Barlett). As medidas reais ou transformadas das variáveis diagnósticas estudadas foram comparadas entre as ferramentas de

diagnóstico pelo teste T-Student. Posteriormente as variáveis ultrassonográficas objeto de este estudo, foram comparadas entre pacientes displásicos e não displásicos diagnosticados pelo ID e OFA pelo teste T-Student. Quando os valores de estes testes resultassem $P < 0,05$ eram considerados estatisticamente significativos e para essas variáveis foi estudada a capacidade diagnóstica construindo ponto de corte, sensibilidade, especificidade, likelihood ratio e área sob a curva (AUC) usando o diagnóstico ID e OFA como referência por meio da curva característica de operação do receptor (ROC) em um modelo de regressão logística. Adicionalmente e querendo associar ou determinar fatores prognósticos, foi estudada a correlação entre todas as variáveis pelo teste de Spearman. Os dados se apresentam como a média $\pm$ DP (desvio padrão) e a significância foi fixada para todos os testes como $P < 0,05$.

Declarações

Aprovação ética e consentimento de participação

Este experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Instituição em que foi realizado (protocolo 3770/20) e todos os proprietários autorizaram formalmente a inclusão de seus animais no estudo, por meio de termos de responsabilidade.

Disponibilidade de dados e materiais

Não aplicável.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Fundos

Os autores declaram ausência de fundos.

Contribuição dos autores

RKC, ICKC, MARF, BWM e RARU planejaram o delineamento experimental. RKC, BG, BL e LPN contribuíram para a realização dos exames ultrassonográficos. RKC e RARU realizaram a análise estatística. ICKC e MARF foram responsáveis pela

escrita e tradução do manuscrito. MARF, RARU e BWM revisaram a escrita do trabalho. MPF, RFG e ICKC realizaram as avaliações radiográficas. Todos os autores aprovaram a versão final deste artigo.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo” (FAPESP, protocolos nº 2017/14957-6 e 2019/15282-8), “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior” (CAPES) e ao “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” (CNPQ, protocolos nº 305182/2020-0). Os autores também gostariam de agradecer ao Jair Matos e à Siemens Healthineers pela assistência técnica.

Referências

- 1 Comhaire FH, Schoonjans FA. Canine hip dysplasia: the significance of the Norberg angle for healthy breeding. *J. Small Anim. Pract.* 2011; 52(10):536-542. doi: 10.1111/j.1748-5827.2011.01105.x.
- 2 Lavrijsen IC, Leegwater PA, Martin AJ, Harris SJ, Tryfonidou MA et al. Genome wide analysis indicates genes for basement membrane and cartilage matrix proteins as candidates for hip dysplasia in Labrador Retrievers. *PLoS One.* 2014; 9(1):e87735. doi: 10.1371/journal.pone.0087735.
- 3 Soo M, Worth AJ. Canine hip dysplasia: phenotypic scoring and the role of estimated breeding value analysis. *New Zealand Veterinary Journal.* 2015; 63(2):69-78. doi: 10.1080/00480169.2014.949893.
- 4 Babá AY, de Oliveira CAL, Yoshida GM, Costa MTC, Ribeiro LB et al. Heritability of hip dysplasia: Preliminary results for German Shepherd dogs in Brazil. *Prev Vet Med.* 2019; 171:104745. doi: 10.1016/j.prevetmed.2019.104745.
- 5 Ács V, Kövér G, Farkas J, Bokor Á, Nagy I. Effects of Long-Term Selection in the Border Collie Dog Breed: Inbreeding Purge of Canine Hip and Elbow Dysplasia. *Animals (Basel).* 2020; 10(10):1743. doi: 10.3390/ani10101743.
- 6 Schachner ER, Lopez MJ. Diagnosis, prevention, and management of canine hip dysplasia: a review. *Vet Med (Auckl).* 2015; 19(6):181-192. doi: 10.2147/VMRR.S53266.

- 7** Verhoeven G, Fortrie R, Van Ryssen B, Coopman F. Worldwide screening for canine hip dysplasia: where are we now? *Vet Surg.* 2012; 41(1):10-19. doi: 10.1111/j.1532-950X.2011.00929.x.
- 8** Meomartino L, Greco A, Mennonna G, Auletta L, Pasolini MP et al. Joint laxity in canine hip dysplasia assessed using the hip flexed not distracted ventrodorsal view. *J Small Anim Pract.* 2021; 62(3):187-193. doi: 10.1111/jsap.13270.
- 9** Butler JR, Gambino J. Canine Hip Dysplasia: Diagnostic Imaging. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2017;47(4): 777-793. doi: 10.1016/j.cvsm.2017.02.002.
- 10** Haney PS, Lazarowski L, Wang X, Wang X, Hathcock J et al. Effectiveness of PennHIP and Orthopedic Foundation for Animals measurements of hip joint quality for breeding selection to reduce hip dysplasia in a population of purpose-bred detection dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2020; 257(3):299-304. doi: 10.2460/javma.257.3.299.
- 11** Tikekar A, Soo M, Lopez-Villalobos N, Worth AJ. Provisional heritability estimates of four distraction index traits in a breeding population of German Shepherd dogs. *N Z Vet J.* 2018; 66(6):319-324. doi: 10.1080/00480169.2018.1512429.
- 12** Kapatkin AS, Gregor TP, Hearon K, Richardson RW, McKelvie PJ et al. Comparison of two radiographic techniques for evaluation of hip joint laxity in 10 breeds of dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2004; 224(4):542-546. doi: 10.2460/javma.2004.224.542.
- 13** Smith GK, Mayhew PD, Kapatkin AS, McKelvie PJ, Shofer FS et al. Evaluation of risk factors for degenerative joint disease associated with hip dysplasia in German Shepherd Dogs, Golden Retrievers, Labrador Retrievers, and Rottweilers. *J Am Vet Med Assoc.* 2001; 219(12):1719-24. doi: 10.2460/javma.2001.219.1719.
- 14** 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. *J Am Vet Med Assoc.* 2002; 220(4):472-476. doi: 10.2460/javma.2002.220.472.
- 15** Kowaleski MP. in: Peck JN, Marcellin-Little DJ. *Advances in Small Animal Total Joint Replacement: Biomechanical Considerations in Total Hip Replacement.* 1 ed. Iowa: WILEY-BLACKWELL, 2013 p.53-67.
- 16** Liu D, Mou X, Yu G, Liang W, Cai C et al. The feasibility of ultrasound Graf method in screening infants and young children with congenital hip dysplasia and follow-up of treatment effect. *Transl Pediatr.* 2021; 10(5):1333-1339. doi: 10.21037/tp-21-137.

- 17** Fischer A, Flöck A, Tellhelm B, Failing K, Kramer M et al. Static and dynamic ultrasonography for the early diagnosis of canine hip dysplasia. *J Small Anim Pract.* 2010; 51(11):582-588. doi: 10.1111/j.1748-5827.2010.00995.x.
- 18** Facin AC, Uscategui RAR, Maronezi MC, Pavan L, Menezes MP et al. Liver and spleen elastography of dogs affected by brachycephalic obstructive airway syndrome and its correlation with clinical biomarkers. *Sci Rep.* 2020; 10(1):16156. doi: 10.1038/s41598-020-73209-7.
- 19** da Cruz ICK, Carneiro RK, de Nardi AB, Uscategui RAR, Bortoluzzi EM et al. Malignancy prediction of cutaneous and subcutaneous neoplasms in canines using B-mode ultrasonography, Doppler, and ARFI elastography. *BMC Vet Res.* 2022;18(1):10. doi: 10.1186/s12917-021-03118-y.
- 20** Maronezi MC, Carneiro RK, da Cruz ICK, de Oliveira APL, de Nardi AD et al. Accuracy of B-mode ultrasound and ARFI elastography in predicting malignancy of canine splenic lesions. *Sci Rep.* 2022; 12:4252. doi: 10.1038/s41598-022-08317-7.
- 21** Sigrist RMS, Liao J, Kaffas AE, Chammas MC, Willmann JK. Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. *Theranostics.* 2017; 7(5):1303-1329. doi: 10.7150/thno.18650.
- 22** Nacif LS, de Cassia Gomes C, Paranaguá-Vezozzo D, Flores Cassenote AJ, Pinheiro RS et al. Liver Elastography in Acute Cellular Rejection After Liver Transplantation. *Transplant Proc.* 2020; 52(5):1340-1343. doi: 10.1016/j.transproceed.2020.02.026.
- 23** Feliciano MAR, Uscategui RAR, Maronezi MC, Simões APR, Silva P et al. Ultrasonography methods for predicting malignancy in canine mammary tumors. *PLoS One.* 2017;12(5):e0178143. doi: 10.1371/journal.pone.0178143.
- 24** Pastor N, Espadas L, Santella M, Ezquerro LJ, Tarazona R et al. Comparison between Histological Features and Strain Elastographic Characteristics in Canine Mammary Carcinomas. *Vet Sci.* 2021; 9(1):9. doi: 10.3390/vetsci9010009.
- 25** Rossignoli PP, Feliciano MAR, Minto BW, Maronezi MC, Uscategui RA et al. B mode ultrasonography and elastography in the evaluation of the pectineus muscle in dogs with hip dysplasia. *J. Vet. Anim. Sci. Turk J Vet Anim Sci.* 2020; 44(5): 1142-1149. doi: 10.3906/vet-2004-109.

- 26** Chavoshi M, Mirshahvalad SA, Mahdizadeh M, Zamani F. Diagnostic Accuracy of Ultrasonography Method of Graf in the detection of Developmental Dysplasia of the Hip: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Arch Bone Jt Surg.* 2021; 9(3):297-305. doi: 10.22038/abjs.2021.55292.2755.
- 27** Martel-Pelletier J, Wildi LM, Pelletier JP. Future therapeutics for osteoarthritis. *Bone.* 2012; 51(2):297-311. doi: 10.1016/j.bone.2011.10.008.
- 28** Powers MY, Karbe GT, Gregor TP, McKelvie P, Culp WT et al. Evaluation of the relationship between Orthopedic Foundation for Animals' hip joint scores and PennHIP distraction index values in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2010; 237(5):532-541. doi: 10.2460/javma.237.5.532.
- 29** Padua PPM, Mendez PPM, Padua IRM, Guerrero DME. Atrophy of pectineus muscle as etiological factor of hip dysplasia in dogs. In: *Proceedings of the World Small Animal Veterinary Association Congress.* Cartagena, Colombia. 2016. <https://www.vin.com/apputil/content/defaultadv1.aspx?pId=19840&catId=105930&id=8250153&ind=264&objTypeID=17>. Accessed 09 out 2022.
- 30** Ng KCG, Jeffers JRT, Beaulé PE. Hip Joint Capsular Anatomy, Mechanics, and Surgical Management. *J Bone Joint Surg Am.* 2019; 101(23):2141-2151. doi: 10.2106/JBJS.19.00346.
- 31** Ginja MM, Silvestre AM, Gonzalo-Orden JM, Ferreira AJ. Diagnosis, genetic control and preventive management of canine hip dysplasia: a review. *Vet J.* 2010; 184(3):269-276. doi: 10.1016/j.tvjl.2009.04.009.
- 32** Smith GK, Biery DN, Gregor TP. New concepts of coxofemoral joint stability and the development of a clinical stress-radiographic method for quantitating hip joint laxity in the dog. *J Am Vet Med Assoc.* 1990; 196(1):59-70.
- 33** Flückiger MA, Friedrich GA, Binder H. A radiographic stress technique for evaluation of coxofemoral joint laxity in dogs. *Vet Surg.* 1999; 28(1):1-9. doi: 10.1053/jvet.1999.0001.
- 34** Carneiro RK, Cruz ICK, Lima B, Gonçalves JA, Gasser B et al. Lateral and Medial Musculatures of Pelvic Limbs in Dogs - Normal Ultrasonographic Anatomy. *Acta Sci Vet.* 2022; 50:1892-1903. doi: 10.22456/1679-9216.126638.

Tabela 1. Resultados dos achados das alterações ósseas da irregularidade da borda cranial do acetábulo e cabeça femoral pela ultrassonografia modo-B em comparação ao índice de distração em animais com idade entre quatro e 10 meses (cães filhotes) e animais com idade superior a 2 anos (adultos).

Avaliação	Nº Quadris Saudáveis	Nº Quadris Doentes	média ± DP Saudáveis	média ± DP Doentes	IC de 95% Saudáveis	IC de 95% Doentes	P-value	Prev	Se (%)	Es (%)	VPP (%)	VPN (%)
Cães filhotes	38	10	0,64 ± 0,24	0,87 ± 0,19	0,56 - 0,72	0,72 - 1,03	0,009	65	29	94	90	42
Cães adultos	37	20	3,52 ± 1,54	5,19 ± 1,82	2,98 - 4,07	4,45 - 5,92	0,001	52	45	79	70	57

Nº - número; DP – desvio padrão; IC – intervalo de confiança; Prev – prevalência; Se – sensibilidade; Es – especificidade; VPP – valor preditivo positivo; VPN – valor preditivo negativo.

Tabela 2. Resultados da espessura da cápsula articular pela ultrassonografia modo-B e elastografia ARFI das estruturas periarticulares do quadril em comparação ao índice de distração (ID) nos cães filhotes com idade entre quatro e 10 meses.

Estruturas	Esp. (mm) média $\pm$ DP (ID $\leq$ 0,5)	Esp. (mm) média $\pm$ DP (ID>0,5)	SWV (m/s) média $\pm$ DP (ID $\leq$ 0,5)	SWV (m/s) média $\pm$ DP (ID>0,5)	P- value	P- diagnóstico	Ponto de Corte (mm)	Se (%)	Es (%)	AUC (%)	Odds Ratio	Cor.
Esp. Cápsula	0,89 $\pm$ 0,57	1,70 $\pm$ 0,75	-	-	0	<0,0001	>0,9	70,6	83,90	85,2	4,6	0,79
Cápsula	-	-	5,05 $\pm$ 0,79	4,99 $\pm$ 0,77	0,82	-	-	-	-	-	-	-
Glúteo médio	-	-	2,60 $\pm$ 0,53	2,51 $\pm$ 0,60	0,61	-	-	-	-	-	-	-
Vasto Lateral	-	-	3,42 $\pm$ 0,50	3,38 $\pm$ 0,66	0,84	-	-	-	-	-	-	-
Pectíneo	-	-	3,01 $\pm$ 0,70	3,65 $\pm$ 1,37	0,04	0,20	>2,77	41,2	77,4	61,2	1,82	0,32
Grácil	-	-	2,48 $\pm$ 0,42	2,54 $\pm$ 0,47	0,68	-	-	-	-	-	-	-
Adutor Reto	-	-	1,93 $\pm$ 0,33	1,92 $\pm$ 0,36	0,89	-	-	-	-	-	-	-
Femoral	-	-	2,58 $\pm$ 0,47	2,43 $\pm$ 0,43	0,30	-	-	-	-	-	-	-

Esp – Espessura; SWV – velocidade de onda de cisalhamento; DP – desvio padrão; ID – índice de distração; Se – sensibilidade; Es – especificidade; AUC – área sob a curva; Cor – correlação.

Tabela 3. Resultados da espessura da cápsula articular pela ultrassonografia modo-B e elastografia ARFI das estruturas periarticulares do quadril em comparação a graduação OFA em cães adultos com idade ≥ 2 anos.

Estruturas	Esp. (mm) média $\pm$ DP (Saudáveis)	Esp. (mm) média $\pm$ DP (Doentes)	SWV (m/s) média $\pm$ DP (Saudáveis)	SWV (m/s) média $\pm$ DP (Doentes)	P- value	P- diagnóstico	Ponto de Corte (mm)	Se (%)	Es (%)	AUC (%)	Odds Ratio	Cor
Esp. Cápsula	1,05 $\pm$ 0,54	2,05 $\pm$ 1,24	-	-	0	<0,0002	>1,10	72,4	78,57	78,26	3,21	0,63
Cápsula	-	-	4,99 $\pm$ 1,15	5,14 $\pm$ 1,36	0,65	-	-	-	-	-	-	-
Glúteo médio	-	-	2,47 $\pm$ 0,48	2,42 $\pm$ 0,79	0,77	-	-	-	-	-	-	-
Vasto Lateral	-	-	3,26 $\pm$ 0,66	3,13 $\pm$ 0,76	0,48	-	-	-	-	-	-	-
Pectíneo	-	-	3,24 $\pm$ 0,52	3,14 $\pm$ 0,70	0,57	-	-	-	-	-	-	-
Grácil	-	-	2,49 $\pm$ 0,50	2,53 $\pm$ 0,46	0,73	-	-	-	-	-	-	-
Adutor	-	-	2,08 $\pm$ 0,39	2,13 $\pm$ 0,44	0,65	-	-	-	-	-	-	-
Reto	-	-	2,50 $\pm$ 0,33	2,52 $\pm$ 0,34	0,82	-	-	-	-	-	-	-
Femoral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Esp – Espessura; SWV – velocidade de onda de cisalhamento; DP – desvio padrão; Se – sensibilidade; Es – especificidade; AUC– área sob a curva; Cor – Correlação.