

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 09/12/2024.

**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

COORIENTADOR: BRUNO WATANABE MINTO

COORIENTADOR: 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.

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/nº 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*.

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.