

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

**AVALIAÇÃO ELASTOGRÁFICA DO MÚSCULO PECTÍNEO  
EM CÃES HÍGIDOS E COM DISPLASIA COXOFEMORAL**

**Pedro Paulo Rossignoli**

Médico Veterinário

**2019**

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

**AVALIAÇÃO ELASTOGRÁFICA DO MÚSCULO PECTÍNEO  
EM CÃES HÍGIDOS E COM DISPLASIA COXOFEMORAL**

**Pedro Paulo Rossignoli**

**Orientador: Prof. Dr. Bruno Watanabe Minto**

**Coorientador: Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano**

**Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,  
Campus de Jaboticabal, como parte das  
exigências para a obtenção do título de  
Mestre em Cirurgia Veterinária**

**2019**

R834a

Rosignoli, Pedro Paulo

Avaliação elastográfica do músculo pectíneo em cães hípidos e com displasia coxofemoral / Pedro Paulo Rosignoli. -- Jaboticabal, 2019  
50 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Bruno Watanabe Minto

Coorientador: Mascus Antônio Rossi Feliciano

1. ortopedia. 2. cães. 3. ultrassonografia veterinária. 4. osteoartrose.  
5. articulação de quadril. 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.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO ELASTOGRÁFICA DO MÚSCULO PECTÍNEO EM CÃES HÍGIDOS E COM DISPLASIA COXOFEMORAL

**AUTOR: PEDRO PAULO ROSSIGNOLI**

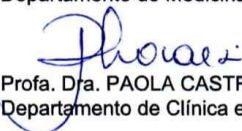
**ORIENTADOR: BRUNO WATANABE MINTO**

**COORIENTADOR: MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIRURGIA VETERINÁRIA, pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. BRUNO WATANABE MINTO  
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

  
Prof. Dr. FERNANDO YÓITI KITAMURA KAWAMOTO  
Departamento de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Lavras / Lavras/MG

  
Profa. Dra. PAOLA CASTRO MORAES  
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / Unesp - Jaboticabal

Jaboticabal, 26 de fevereiro de 2019

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

PEDRO PAULO ROSSIGNOLI - nascido em 28 de julho de 1990, na cidade de Varginha, Minas Gerais. Graduiu-se em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Lavras, em janeiro de 2015. Aprimoramento profissional em medicina veterinária e saúde pública com ênfase em clínica cirúrgica de pequenos animais pela Universidade Estadual Paulista, câmpus de Jaboticabal (2015-2017). Atualmente, é bolsista FAPESP, aluno regular do Programa de Pós-graduação em Cirurgia Veterinária, nível mestrado, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Bruno Watanabe Minto e coorientação do Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Bruno Watanabe Minto pelos ensinamentos e orientação durante os últimos 4 anos de ensino, sem você eu não chegaria até aqui.

Agradeço também ao meu coorientador Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano por ter aceito me coorientar e ajudado na elaboração desse projeto em todas as etapas.

Agradeço a todos do laboratório de ortopedia, aprendi muito com todos e fiz grandes amizades.

Gostaria também de agradecer a minha esposa Thais. Você é meu porto seguro e meu mestrado só foi possível pois eu tinha você ao meu lado. Todos os dias conquistamos o mundo juntos.

À minha família CCPA. Passamos por muitas coisas juntos e com certeza levo todas as histórias guardadas no coração, vocês são uma inspiração diária para mim.

Agradeço aos órgãos de fomento: CNPq e FAPESP (processo nº2017/02900-0), por apoiar meu projeto de pesquisa e pela concessão de bolsa, permitindo minha dedicação exclusiva ao programa de Pós-Graduação.

Agradeço à Reitoria e ao Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Veterinária da Unesp/Jaboticabal por incentivar a pesquisa de qualidade sem detrimento dos conceitos e normas éticas com as quais elas devem ser executadas.

## SUMÁRIO

	Página
Certificado da Comissão de Ética no Uso de Animais - .....	ii
RESUMO - .....	iii
ABSTRACT - .....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais .....	1
1. Introdução .....	1
2. Revisão de Literatura .....	2
2.1. Anatomia do quadril .....	2
2.2. Displasia coxofemoral.....	2
2.3. Músculo pectíneo .....	3
2.4. Ultrassonografia musculoesquelética .....	4
2.5. Elastografia .....	5
2.5.1. “Acoustic Radiation Force Impulse – ARFI” .....	7
3. Referências.....	9
CAPÍTULO 2 – Avaliação elastográfica do músculo pectíneo em cães hígidos e com displasia coxofemoral.....	15
RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	16
INTRODUÇÃO.....	17
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
RESULTADOS.....	21
DISCUSSÃO.....	26
REFERÊNCIAS.....	31



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




## CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

### CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Ultrassonografia modo B e elastografia *Acoustic Radiation Force Impulse* (ARFI) na avaliação do músculo pectíneo em cães displásicos", protocolo nº 3212/17, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Bruno Watanabe Minto, 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 junho 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 02 de março de 2017.

Vigência do Projeto	06/03/2017 a 28/02/2019
Espécie / Linhagem	Canina
Nº de animais	46
Peso / Idade	20-50 Kg / 2-6 anos
Sexo	Machos e fêmeas
Origem	Rotina do serviço de ortopedia e neurocirurgia de pequenos animais – Hospital Veterinário FCAV-Unesp, Câmpus de Jaboticabal.

Jaboticabal, 02 de março de 2017.

  
Prof.ª Dr.ª Lizandra Amoroso  
Coordenadora – CEUA

## **AVALIAÇÃO ELASTOGRÁFICA DO MÚSCULO PECTÍNEO EM CÃES HÍGIDOS E COM DISPLASIA COXOFEMORAL**

**RESUMO** – Objetivou-se verificar e comparar as características qualitativas (achados modo B e elastograma) e quantitativas (shear wave velocity) do músculo pectíneo de cães saudáveis e de pacientes com displasia do quadril. Trinta e um cães com displasia coxofemoral e dezessete cães saudáveis tiveram seus músculos pectíneos avaliados bilateralmente. O diagnóstico da displasia coxofemoral foi realizado em conjunto da sinais clínicos e imagens radiográficas. O grau de displasia foi definido seguindo as diretrizes estabelecidas pela Fédération Cynologique Internationale. Ecotextura e ecogenicidade de diferentes regiões musculares foram avaliados pela ultrassonografia modo B. A presença de deformidade e rigidez tecidual (tons distintos de cores e homogêneo ou heterogêneo) das mesmas regiões foram avaliadas pela acoustic radiation force impulse qualitativa. A shear wave velocity foi avaliada quantitativamente. Os achados de modo-B demonstraram padrões musculares hiperecogênico e heterogêneo em animais com displasia com comprometimento da delimitação muscular e perda do padrão ultrassonográfico normal do músculo, sendo tal característica um significativo indicador da afecção ( $p < 0,0006$ ). À elastografia qualitativa observou-se que animais portadores de displasia coxofemoral apresentavam menor deformidade (maior rigidez) do músculo pectíneo e com cores mais avermelhadas. À avaliação quantitativa, as diferentes regiões avaliadas do músculo apresentaram valores de shear wave velocity similares. Pacientes com displasia tiveram a shear wave velocity do pectíneo superior do que em normais sendo que valores acima de 2,85 m/s demonstrou ser indicativo de displasia de quadril. A shear wave velocity também foi influenciada pelo grau da displasia e não houve correlação com a profundidade de avaliação e peso corpóreo, mas sim uma correlação com a idade. Concluiu-se que o músculo pectíneo se apresenta como uma estrutura mais rígida em cães com displasia coxofemoral e que existe relação entre o grau de displasia e a rigidez deste músculo quando avaliados pela elastografia.

**Palavras-chave:** displasia do quadril, elastografia, displasia pélvica canina.

## ELASTOGRAPHIC EVALUATION OF PECTINEUS MUSCLE IN DOGS WITH AND WITHOUT HIP DYSPLASIA

**ABSTRACT** - The objective of this study was to verify and compare the qualitative characteristics (B-mode and elastogram findings) and quantitative (shear wave velocity) of the pectineus muscle of healthy dogs and patients with hip dysplasia. Thirty-one dogs with hip dysplasia and seventeen healthy dogs had their pectineus muscles evaluated bilaterally. The diagnosis of coxofemoral dysplasia was performed with clinical symptoms and radiographic images. The degree of dysplasia was defined following the guidelines established by the Fédération Cynologique Internationale. Ecotexture and echogenicity of different muscle regions were evaluated by ultrasonography mode B. The presence of tissue deformity and stiffness (different color tones and homogeneous or heterogeneous) from the same regions were evaluated by the acoustic radiation force qualitative impulse. The shear wave velocity was evaluated quantitatively. The B-mode findings demonstrated hyperechogenic and heterogeneous muscular patterns in animals with dysplasia with impaired muscle delimitation and loss of the normal ultrasound pattern of the muscle, a characteristic indicator of the condition ( $p < 0.0006$ ). To qualitative elastography, it was observed that animals with hip dysplasia presented less deformity of the pectineus muscle and with redder colors. At the quantitative evaluation, the different evaluated regions of the muscle presented similar shear wave velocity values. Patients with dysplasia had a shear wave velocity of the upper pectineus than in normal, and values above 2.85 m / s were indicative of hip dysplasia. Shear velocity was also influenced by the degree of dysplasia and there was no correlation with depth of assessment and body weight, but rather a correlation with age. It was concluded that the pectineus muscle presents as a more rigid structure in dogs with hip dysplasia and that there is a relationship between the degree of dysplasia and the stiffness of this muscle when evaluated by elastography.

**Keywords:** hip dysplasia, elastography, canine pelvic dysplasia.

## LISTA DE ABREVIATURAS

**ARFI** - *Acoustic Radiation Force Impulse*

**AUC** - Área Sob a Curva

**ALT** - Alanino Aminotransferase

**CEUA** - Comissão de Ética no Uso de Animais

**DCF** - Displasia Coxofemoral

**MHz** - Megahertz

**m/s** - Metros por Segundo

**mg/kg** - Miligramas por quilo

**SWV** - *Shear Wave Velocity*

**UNESP** - Universidade Estadual Paulista

**VC** - Valor de Coorte

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Avaliação estatística referente às análises qualitativas da ultrassonografia modo B e elastografia ARFI do músculo pectíneo em cães normais e displásicos (Jaboticabal, 2018).....	26
---	----

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** (A) Posicionamento e realização do exame de ultrassonografia e elastografia. A probe era colocada diretamente sobre o músculo pectíneo para a elaboração do exame após sua identificação por palpação. (B) Imagem fotográfica com ilustração demonstrando as três regiões musculares em que foram realizadas a captação de imagens. M – região medial; C – região central; L – região lateral..... 20
- Figura 2:** (A) Imagem ultrassonográfica da região medial do músculo pectíneo de paciente selecionado para o projeto de pesquisa e classificado como Grau A (articulação coxofemoral normal). Nota-se, pelo corte transversal, hipocogenicidade do músculo em relação aos tecidos adjacentes, fáscia hiperecoica e fibras dispostas como pontos hiperecoicos (\*). (B) Imagem ultrassonográfica da região central do músculo pectíneo de paciente selecionado para o projeto de pesquisa e classificado como Grau D (displasia coxofemoral moderada). Nota-se a hiperecogenicidade do músculo em relação aos tecidos adjacentes, com ausência do padrão normal de disposição das fibras musculares, áreas hiperecoicas e hipocóicas, dando um aspecto heterogêneo para imagem (\*)..... 22
- Figura 3:** Ilustração gráfica demonstrando sensibilidade e especificidade da SWV do músculo pectíneo em animais normais e displásicos por meio da técnica elastográfica ARFI..... 23
- Figura 4:** Avaliação estatística da SWV do músculo pectíneo em cães com diferentes graus de displasia de acordo com a Fédération Cynologique Internationale..... 24

**Figura 5:** (A) Imagem da elastografia ARFI do músculo pectíneo de pacientes selecionados para o projeto de pesquisa, demonstrando a análise qualitativa formada por imagens de tons de cores diferentes, sendo (A) Grau A; (B) Grau B; (C) Grau C; (D) Grau D; (E) Grau E. Notar gradual mudança do padrão de cor azul para as cores verde e vermelho sinalizando o aumento da rigidez das estruturas..... 25

## **CÁPITULO 1 – Considerações Gerais**

### **1. INTRODUÇÃO**

Os cães acometidos com displasia coxofemoral (DCF) perfazem grande percentual dos pacientes atendidos na rotina clínico-cirúrgica que apresentam alterações no quadril (Smith et al., 2012). Dentre as anormalidades, observam-se notadamente inflamação articular e osteoartrite secundária, culminando em diferentes quadros de desconforto e disfunção, potencialmente debilitante. Tal afecção é considerada anormalidade do desenvolvimento, manifestando-se bilateralmente e envolvendo estruturas como o acetábulo, cabeça e colo femorais (Schulz e Dejardin, 2007; Anderson, 2011)

Os ensaios biomecânicos na ortopedia estão frequentemente relacionados à avaliação do componente ósseo, podendo ser realizados com várias finalidades, como comparar ou avaliar a eficácia de diferentes métodos de fixação (Bernardé et al., 2012; Schmaedecke, 2007; Mesquita et al., 2010), testar a resistência de diferentes implantes (Mesquita et al., 2010), estudar a distribuição das forças atuantes no osso, bem como o deslocamento entre os fragmentos da fratura, dada a aplicação de determinado método de estabilização (Schmaedecke, 2007; Bernardé et al., 2012).

A avaliação biomecânica de tecidos orgânicos geralmente é estudada por meio de modelos *in vivo* (Prendergast et al., 2005) e *ex vivo* (Antunes, 2007). Considerando os métodos para estudos biomecânicos, a elastografia apresenta-se como uma técnica não invasiva e segura, permitindo avaliação da rigidez ou elasticidade tecidual de modo qualiquantitativo dos tecidos em humanos e animais (Carvalho et al., 2015). Apresentam-se relatos médicos, quanto ao estudo da rigidez, à elastografia, de órgãos como rins, glândula tireóide, fígado, glândulas mamárias, testículos, útero e pâncreas (Feliciano et al., 2014; Holdsworth et al., 2014; Feliciano et al., 2015; Jeon et al., 2015; Maronezi et al., 2015). Entretanto, existem poucos relatos que tratam da técnica para avaliação de estruturas musculoesqueléticas na veterinária.

O real papel da musculatura periarticular na patogenia da displasia coxofemoral ainda é pouco compreendida (Kowaleski, 2013) e estudos adicionais devem ser estimulados, uma vez que estas estruturas possuem importante função no mecanismo estabilizador do quadril.

Tendo em vista que o músculo pectíneo é uma estrutura que, durante a palpação, demonstra-se, em muitos casos, rígida em pacientes displásicos (Padilha Filho, 1992), decidiu-se estudar a aplicabilidade da elastografia “*Acoustic Radiation Force Impulse - ARFI*” para avaliar possíveis alterações na rigidez do músculo pectíneo de cães displásicos.

Acredita-se, hipoteticamente que os pacientes caninos com osteoartrose ou frouxidão, secundários à displasia coxofemoral, apresentem achados ultrassonográficos e de elastografia ARFI quali-quantitativos do músculo pectíneo diferentes dos animais saudáveis.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 ANATOMIA DO QUADRIL**

O quadril é uma articulação diartrodial entre a cabeça do fêmur e acetábulo, cuja configuração provê estabilidade e permite amplos ângulos de movimento (Denny e Butterworth, 2006). Os estabilizadores primários desta articulação incluem o ligamento da cabeça femoral, cápsula articular e borda acetabular dorsal (Smith et al., 2012). Os estabilizadores auxiliares incluem o lábio acetabular, músculos glúteos superficial, médio e profundo; e uma combinação de músculos adutores e abdutores da articulação (Schulz e Dejardin, 2007).

### **2.2 DISPLASIA COXOFEMORAL**

A displasia coxofemoral (DCF), na medicina veterinária, consiste na afecção mais comumente observada desta articulação e, dentre suas consequências, observam-se inflamação articular e osteoartrite secundária, culminando em diferentes quadros de desconforto e disfunção, potencialmente debilitante (Smith et

al., 2012). É considerada anormalidade do desenvolvimento, geralmente manifestando-se bilateralmente e envolvendo estruturas como o acetábulo, cabeça e colo femorais. Apesar de possuir forte correlação genética, tal enfermidade também é influenciada por fatores ambientais, como nutrição e exercícios. Os cães de médio a grande porte são mais predispostos a apresentar as formas clínicas da doença (Schulz e Dejardin, 2007; Anderson, 2011).

A frouxidão articular é considerada o principal fator anatômico desencadeante dos mecanismos fisiopatológicos da displasia coxofemoral, afetando fortemente a estabilidade articular. Dessa forma, a condição anormal da articulação tende a causar subluxação, erosão da cartilagem e doença articular degenerativa secundária, em fases tardias (Schulz e Dejardin, 2007, Smith et al., 2012).

Tanto o método radiográfico quanto o exame ortopédico representam o padrão ouro para diagnóstico da osteartrose secundária a displasia coxofemoral em cães. Outras modalidades de diagnóstico, tais como a ultrassonografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética, têm potencial utilidade nesses pacientes, porém não foi demonstrada superioridade significativa na qualidade diagnóstica (Smith et al., 2012).

### **2.3 MÚSCULO PECTÍNEO**

Para que ocorra a movimentação do fêmur em direção à linha média do corpo, uma série de músculos deve 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). Apesar de serem músculos reativamente pequenos, são considerados os grupos musculares mais importantes para a estabilidade da articulação do quadril (Kowaleski, 2013).

O músculo pectíneo no cão tem aspecto fusiforme e se origina da eminência iliopectineal do púbis, se estendendo distalmente até a região distal do fêmur. A borda lateral fina do tendão é inserida ao longo da superfície poplíteia do fêmur, com a borda medial espessa continuando distalmente ao seu ponto de inserção próximo a extremidade do côndilo femoral medial (Wallace, 1992). Este músculo é classificado como uma musculatura mista, por possuir em sua composição três tipos

de fibras musculares, que podem ser caracterizadas por imunohistoquímica como tipo I (contração lenta), tipo II (contração rápida) e intermediária (Ihemelandu, 1980).

Animais displásicos possuem limitação na abdução do membro devido à tensão nos músculos adutores, sendo o pectíneo um deles. Observa-se melhora na abdução do membro após a liberação da tensão muscular com a técnica de pectinectomia (Wallace, 1992). Entretanto, segundo Cardinet (1974), a miectomia do músculo pectíneo pode agravar a severidade da osteoartrose e, apesar de existir a possibilidade de alívio temporário da dor, atualmente o procedimento tornou-se obsoleto por possuir caráter pós-cirúrgico imprevisível (Wallace, 1992; Raghuvir et al., 2013).

A técnica de miotomia ou miectomia do músculo pectíneo foi muito discutida como medida paliativa no alívio de dor de animais displásicos na década de 70 e 80 (Wallace, 1971; Bowen et al., 1972; Cardinet et al., 1974; Vaughan et al., 1975; Wallace, 1992;). Acreditava-se que a liberação do músculo pectíneo diminuía a força de impacto da cabeça femoral no acetábulo, pois haveria redução da tensão na cápsula articular, adicionalmente, ocorre diminuição da tensão muscular e da dor. Acredita-se ainda que a técnica pudesse ser responsável por melhor recobrimento da cabeça femoral pelo acetábulo, entretanto essa afirmação não foi provada. A analgesia pode ser temporária e as alterações degenerativas não foram interrompidas (Bowen et al., 1972).

Apesar da técnica de miectomia ter caído em desuso é notável a rigidez do músculo pectíneo em animais displásicos e não se tem até o momento informações a respeito do grau de rigidez do músculo pectíneo e sua correlação com os achados referentes a displasia coxofemoral.

## **2.4 ULTRASSONOGRAFIA MUSCULOESQUELÉTICA**

O uso da ultrassonografia para avaliação do sistema musculoesquelético em humanos e equinos é rotineiro, com inúmeros benefícios descritos para o diagnóstico de anormalidades nos pacientes (Kramer et al., 1997). Em pequenos animais sua utilização é relativamente recente, e vem ganhando destaque por conta dos avanços tecnológicos de aparelhos e transdutores, maior conhecimento dos

ultrassonografistas e importância observada nos achados deste método em injúrias de tecidos moles nas lesões ortopédicas (Cook, 2016).

A ultrassonografia de tecidos musculoesqueléticos tem como vantagens sua rapidez de execução, baixa invasividade e considerável efetividade. Ademais, tem-se a possibilidade de utilizar o membro contralateral para comparação com os achados encontrados durante os exames (Cook, 2016). O uso da técnica não exclui a necessidade da realização de projeções radiográficas na avaliação de alterações ortopédicas, porém pode ser utilizada como diagnóstico complementar, com paciente acordado ou leve sedação (Kramer et al., 1997).

Especificamente quanto à articulação coxofemoral, a ultrassonografia torna-se útil na avaliação da frouxidão articular, osteoartrose e outras alterações morfológicas articulares de caninos (Greshake e Ackerman, 1993; O'brien et al., 1997; Lonsdale et al., 1998). Alguns músculos de cães já foram avaliados por exames ultrassonográficos, com o objetivo de aprimorar o entendimento de suas lesões, como o iliopsoas (Cannon e Puchalski, 2008), supra e infraespinhoso (Zwingenberger et al., 2015) e gastrocnêmio (Kramer et al., 2001; Caine et al., 2009). Diversas estruturas participam como estabilizadores auxiliares da articulação do quadril, como os músculos glúteos superficial, médio e profundo; e uma combinação de músculos adutores e abdutores da articulação (Schulz e Dejardin, 2007).

## **2.5 ELASTOGRAFIA**

Os ensaios biomecânicos em ortopedia estão frequentemente relacionados à avaliação do componente ósseo, podendo ser realizados com várias finalidades, como comparar ou avaliar a eficácia de diferentes métodos de fixação (Bernardé et al., 2002; Schmaedecke, 2007; Mesquita et al., 2010), testar a resistência de diferentes implantes (Mesquita et al., 2010) ou estudar a distribuição das forças atuantes no osso, bem como o deslocamento entre os fragmentos da fratura dada a aplicação de determinado método de estabilização (Bernardé et al., 2002; Schmaedecke, 2007).

Considerando os métodos para estudos biomecânicos, a elastografia apresenta-se como uma técnica não invasiva e seguro, disponível em medicina e veterinária, visto que permite avaliação da rigidez ou elasticidade tecidual de modo qualiquantitativo dos tecidos animais (Carvalho et al., 2015). De forma geral, este método baseia-se na capacidade de um tecido sofrer deformação por compressão, retornando ao tamanho e à forma original, interrompendo a força de compressão inicial. Consequentemente quanto maior for a rigidez tecidual, menor a deformação observada (Shina et al., 2015; Barr et al., 2015; Pepin et al., 2015).

Na medicina, a elastografia vem sendo utilizada para medir as propriedades mecânicas do tecido musculoesquelético, tanto para fins diagnósticos quanto para monitoramento de pacientes em diferentes afecções. Suas aplicações já foram demonstradas em diversas morbidades tendíneas, musculares e ligamentares (Klauser et al., 2014). Exemplificando, Shinoharam et al. (2010) quantificaram a rigidez muscular dos músculos gastrocnêmico, sóleo e tibial cranial durante o repouso e contração, demonstrando a aplicabilidade do método para detecção de desordens do movimento e injúrias musculares. Em outro estudo, a técnica foi utilizada para avaliar alterações degenerativas como a distrofia muscular congênita, caracterizada por fraqueza e contratura muscular em humanos, com resultados iniciais demonstrando sensibilidade maior do que a ressonância magnética e ultrassonografia convencional, principalmente na diferenciação precoce das alterações distróficas (Drakonaki e Allen, 2010). Adicionalmente, Faqin et al. (2012) quantificaram lesões de esmagamento muscular em coelhos, apresentando-se como método para diagnóstico precoce de alterações musculares pós-trauma em humanos.

Poucos estudos foram realizados na veterinária utilizando a elastografia como método de avaliação do sistema musculoesquelético. Ellison et al. (2014) avaliaram a rigidez do tendão flexor digital superficial de equinos saudáveis, demonstrando a técnica como factível e passível de reprodutibilidade para mensuração da rigidez tecidual destes tecidos. Da mesma maneira, foi possível a obtenção de informações valiosas sobre a mecânica do tendão dos equinos em estudo realizado por Lustgarten et al. (2014) os quais evidenciaram a eficácia do método. Um estudo realizado em equinos com afecções ligamentares e tendíneas da região distal dos

membros demonstrou que a elastografia é capaz de avaliar a cronicidade e a severidade de lesões tendíneas, podendo ter implicações a longo prazo sobre o manejo das lesões, reabilitação e retorno precoce ao treinamento (Lustgarten et al, 2015). Em cães apenas dois trabalhos foram publicados utilizando elastografia para avaliação de estruturas do sistema musculoesquelético, incluindo a avaliação de tendões patelares de cães hígdos (Piccionelo et al., 2018) e de estruturas intra-articulares de joelhos de pacientes também hígdos (Diogo et al., 2018), demonstrando a aplicabilidade da técnica e a possibilidade de desenvolvimento de pesquisas para avaliação de tecidos musculoesqueléticos com injúrias nesta espécie.

Os métodos elastográficos podem ser classificados como dinâmicos ou estáticos (Treece et al., 2011; Shiina et al., 2015). O método dinâmico fornece informações quantitativas referentes ao grau de rigidez tecidual a partir de uma *Shear Wave Velocity* (SWV), e o estático permite a avaliação da rigidez tecidual por meio de um elastograma no qual diferentes cores representam diferentes graus de rigidez (Konofagou, 2004).

No método quantitativo ocorre à transmissão de um pulso, induzindo uma onda de compressão que se propaga por meio do tecido avaliado, que por sua vez produz uma onda de cisalhamento cuja velocidade é diretamente relacionada com a rigidez do tecido, ou seja, quanto maior a velocidade maior a rigidez (Stock et al., 2010; Feliciano et al., 2014).

### **2.5.1 “Acoustic Radiation Force Impulse – ARFI”**

A *Acoustic Radiation Force Impulse - ARFI* é considerada um método de imagem que fornece características qualitativas e valores quantitativos da rigidez tecidual com reduzida variabilidade interobservador. Por meio de impulsos acústicos curtos e de alta densidade, esta elastografia promove deformação dos elementos do tecido e cria um mapa de rigidez elástica relativa tecidual (elastograma), realizando a análise qualitativa (Goddi et al., 2012). As imagens fornecidas são correlacionadas com as de ultrassonografia convencional, permitindo evidenciar a rigidez tecidual segundo uma escala de cores, na qual áreas com tonalidade enegrecidas

correspondem a regiões de maior rigidez. Os parâmetros elastográficos quantitativos são obtidos pela mensuração da velocidade de cisalhamento (*shear wave velocity* - SWV; m/s) produzida a partir de um impulso acústico primário. A SWV correlaciona-se com rigidez e viscoelasticidade teciduais, sendo que quanto maior a rigidez, maior a SWV (Dudea et al.,2011).

A avaliação de tecidos em condições patológicas pela técnica ARFI, tem sido alvo de pesquisas recentes na veterinária, sendo aplicada com relevante sucesso para predição de malignidade em neoplasmas mamários de cadelas (Feliciano et al., 2014; Feliciano et al., 2017), bem como de doenças testiculares (Feliciano et al., 2015) em cães. Os resultados obtidos nestes trabalhos demonstram a singular sensibilidade e especificidade da elastografia no diagnóstico e diferenciação de anormalidades malignas e benignas nos tecidos avaliados. Adicionalmente, a modalidade ARFI já foi utilizada para avaliações dos parênquimas hepático, renal e esplênico (Holdsworth et al., 2014; Jeon et al., 2015; Maronezi et al., 2015) e, mais recentemente, foi utilizada na padronização das características da rigidez de estruturas do bulbo do olho de cães braquicefálicos (Abreu et al., 2016; Abreu et al., 2018).

### 3. Referências:

Abreu TGM, Feliciano MAR, Renzo R, Kobashigawa KK, Claros Chacaltana FDI, Crivelaro RM, Silveira CBP, Cruz NRN, Androvani M, Maronezi MC, Silva PA, Thiesen R, Laus JL (2018) Acoustic radiation force impulse elastography of the eyes of brachycephalic dogs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 70, 1045-1052.

Abreu TGM, Feliciano MAR, Renzo R, Kobashigawa KK, Claros Chacaltana FDI, Silveira CBP, Thiesen R, Barros Sobrinho AA, Androvani M, Laus JL (2016) **Elastografia ARFI do bulbo ocular de cães braquicefálicos saudáveis**. In: Jornada Paulista de Oftalmologia, Ribeirão Preto.

Anderson A (2011) Treatment of hip dysplasia. **Journal of Small Animal Practice** 52, 182-189.

Antunes A, Ozzo FV, Nakamura M, Safatle AMV, Morelhão SL, Toma HE, Barrzos PSM (2007) Analysis of the healthy lens surface using MAC Mode atomic force microscopy. **Micron** 38, 286-290.

Barr RG, Nakashima K, Amy D, Cosgrove D, Farrokh A, Schafer F, Bamber JC, Castera L, Choi BI, Chou YH, Dietrich CF, Ding H, Ferraioli G, Filice C, Friedrich-rust M, Hall TJ, Nightingale KR, Palmeri ML, Shiina T, Suzuki S, Sporea I, Wilson S, Kudo M (2015) WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 2: Breast. **Ultrasound in Medicine and Biology** 41, 1148-1160.

Bernardé A, Diop A, Maurel N, Viguier E (2002) An in vitro biomechanical comparison between bone plate and interlocking nail. 3-D interfragmentary motion and bone strain analysis. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 15, 57-66.

Bowen JM, Lewis RE, Kneller SK, Wilson RC, Arnold RA (1972) Progression of hip dysplasia in german shepherd dogs after unilateral pectineal myotomy. **J. Am. Vet. Med. Assoc** 161, 899-904.

Caine A, Agthe P et al. (2009) Sonography of the soft tissue structures of the canine tarsus. **Veterinary Radiology & Ultrasound** 50, 304-308.

Cannon MS, Puchalski SM (2008) Ultrasonographic evaluation of normal canine iliopsoas muscle. **Veterinary Radiology & Ultrasound** 49, 378-382.

Cardinet GH, Guffy MM, Wallace LJ (1974) Canine hip dysplasia; effects of pectineal tenotomy in the coxofemoral joints of German shepherds dogs. **Journal of American Veterinary Medical Association** 164, 591-598.

Carvalho CF, Cintra TCF, Chammas MC (2015) Elastography principle and considerations for clinical research in veterinary medicine cibeles. **Journal of Veterinary Medicine and Animal Health** 7, 99-110.

Cook CR (2016) Ultrasound Imaging of the Musculoskeletal System. **Veterinary Clinics Small Animal** 46, 355–371.

Denny HR, Butterworth SJ (2006) Quadril. In: \_\_\_\_\_. **Cirurgia ortopédica em cães e gatos**. 4.ed. São Paulo: Roca, p. 352-382.

Diogo LI, Minto BW, Dias LGGG, Feliciano MAR, Andrade C, Cerqueira J, Maronezi M (2018) Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) elastography of canine stifle structures. In: **5th World Veterinary Orthopaedic Congress ESVOT-VOS 19th ESVOT Congress**. Barcelona, september 12th-15th, p. 715-716.

Drakonaki, EE, Allen, GM. (2010) Magnetic resonance imaging, ultrasound and real-time ultrasound elastography of the thigh muscles in congenital muscle dystrophy. **Skeletal Radiology** 39 (4), 391-396.

Dudea SM, Giurgiu CR, Dumitriu D (2011) Value of ultrasound elastography in the diagnosis and management of prostate carcinoma. **Medical Ultrasonography** 13, 45-53.

Ellison ME, Duenwald-kuehl, S, Forrest LJ, Vanderby jr R, Brounts SH (2014) Reproducibility and feasibility of acoustoelastography in the superficial digital flexor tendons of clinically normal horses. **American Journal of Veterinary Research** 75, 581-587.

Faqin, L, Jie T, Yukun L, et al. (2012) Muscle Crush Injury of Extremity: Quantitative Elastography with Supersonic Shear Imaging. **Ultrasound in Medicine and Biology** 38 (5), 795-802.

Feliciano MA, Maronezi MC, Simões APR, Maciel GS, Pavan L, Gasser B, Silva P, Usategui RAR, Carvalho CF, Canola JC, Vicente WRR (2015) Acoustic radiation force impulse elastography of prostate and testes of healthy dogs: preliminary results. **Journal of Small Animal Practice** 56, 320-324.

Feliciano MAR, Maronezi MC, Pavan L, Castanheira TL, Simoes APR, Carvalho CF, Canola JC, Vicente WRR (2014) ARFI elastography as complementary diagnostic method of mammary neoplasm in female dogs – preliminary results. **Journal of Small Animal Practice** 55, 504-508.

Feliciano MAR, Uscategui RAR et al. (2017) Ultrasonography methods for predicting malignancy in canine mammary tumors. **Plos one** 12, 1-14.

Goddi A, Bonardi M, Alessi S (2012) Breast elastography: a literature review. **Journal of Ultrasound** 15, 192-198.

Greshake RJ, Ackerman N (1993) Ultrasound evaluation of the coxofemoral joints of the canine neonate. **Veterinary Radiology & Ultrasound** 34, 99-104.

Holdsworth A, Bradley K, Birch S, Browne WJ, Barberet V (2014) Elastography of the normal canine liver, spleen and kidneys. **Veterinary Radiology & Ultrasound** 55, 620-627.

Ihemelandu EC (1980) Loss of type 1 fibres in canine pectineus muscle hypotrophy. **Acta Anatomy** 107, 66-71.

Jeon S, Lee G, Lee SK, Kim H, Yu D, Choi J (2015) Ultrasonographic elastography of the liver, spleen, kidneys and prostate in clinically normal beagle dogs. **Veterinary Radiology & Ultrasound** 56, 425-431.

Klauser AS, Miyamoto H, Bellmann-Weiler R, Feuchtner GM, Wick MC, Jaschke WR (2014) Sonoelastography: musculoskeletal applications. **Radiology** 272(3), 622–33.

Konofagou EE (2004) Quo vadis elasticity imaging? **Ultrasonics** 42, 331-336.

Kowaleski MP (2013) Biomechanical Considerations in Total Hip Replacement. In: Peck JN, Marcellin-little DJ **Advances in Small Animal Total Joint Replacement**. 1. ed. Iowa: Wiley-Blackwell, p. 53-67.

Kramer M, Gerwing M et al. (1997) Sonography of the musculoskeletal system in dogs and cats. **Veterinary Radiology & Ultrasound** 38, 139-149.

Kramer M, Gerwing M et al. (2001) Ultrasonographic examination of injuries to the Achilles tendon in dogs and cats. **Journal Small Animal Practice** 42, 531-535.

Lonsdale R, Todhunter R et al. (1998) Ultrasound assessment of femoral head epiphyseal mineralization and subluxation in labrador retrievers. **Veterinary Radiology & Ultrasound** 39, 595.

Lustgarten M, Redding WR, Labens R, Davis W, Daniel TM, Griffith E, Seiler GS (2015) Elastographic evaluation of naturally occurring tendon and ligament injuries of the equine distal limb. **Veterinary Radiology and Ultrasound** 56, 670-679.

Lustgarten M, Redding WR, Labens R, Morgan M, Davis W, Seiler GS (2014) Elastographic characteristics of the metacarpal tendon in horses without clinical evidence of tendon injury. **Veterinary Radiology and Ultrasound** 55, 92–101.

Maronezi MC, Feliciano MAR, Crivellenti LZ, Simões AP, Bartlewski PM, Gill I, Canola JC, Vicente WR (2015) Acoustic radiation force impulse elastography of the spleen in healthy dogs of different ages. **Journal of Small Animal Practice** 7, 99-110.

Mesquita LR, Muzzi LAL, Muzzi RAL, Silva WG, Coutinho AJCA, Monteiro JF (2010) Atuação das forças de compressão e flexão sobre fraturas experimentalmente induzidas em fêmures de caninos estabilizados com a associação da haste intramedular bloqueada e placa óssea(plate-nail) e com a associação do pino intramedular e placa óssea(plate-rod) - estudo comparativo. In: **XIX Congresso de Pós Graduação da UFLA**.

O'brien RT, Dueland RR et al. (1997) Dynamic ultrasonographic measurement of passive coxofemoral joint laxity in puppies. **Journal American Animal Hospital Association** 33, 275-281.

Padilha Filho, JG (1992) Patologias da bacia e articulação coxofemoral de cães e gatos. In: Daleck, CR, Baptista, LC, Mukai LS. **Tópicos em Cirurgia de Cães e Gatos**. Funep-Unesp Jaboticabal. pp. 15-26.

Pepin KM, Ehman RL, Mcgee KP (2015) Magnetic resonance elastography (MRE) in cancer: Technique, analysis and applications. **Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy** 90, 32-38.

Piccione AP, Serrani D, Busoni V, Salvaggio A, Bonazzi M, Bergamino C, Volta A (2018) Sonoelastographic Features of the Patellar Ligament in Clinically Normal Dogs. **Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology** 31, 279-284.

Prendergast PJ, Van der helm FCT, Duda GN (2005) Analysis of muscle and joint loads. In: Mow VC, Huijskes R. **Basic orthopaedic biomechanics and mechanobiology**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, Cap.2, p.29-90.

Raghuvir HB, Shivrajsinh KJ, Dipak NS, Harit DB, Chirag AB, Naresh HK (2013) Treatment of canine hip dysplasia: A review. **Journal Animal Science Adv** 3, 589-597.

Schmaedecke A (2007) Avaliação biomecânica de diferentes bloqueios transcorticais de interlockingnail em relação as forças de torção, encurvamento e axiais atuantes em fraturas diafiárias de fêmur de cães - estudo in vitro. 144f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Programa de Pós-graduação em Cirurgia Veterinária. USP, SP.

Schulz KS, Dejardin LM (2007) Tratamento cirúrgico da displasia coxofemoral canina. In: Slatter D. **Manual de cirurgia de pequenos animais**. 3. ed. São Paulo: Manole, p. 2029-2058.

Shiina T, Nightingale KR et al. (2015) WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: Basic principles and terminology. **Ultrasound in Medicine and Biology** 41, 1126-1147.

Shinohara M, Sabra K, Gennisson JL, Fink M, Tanter M (2010) Realtime visualization of muscle stiffness distribution with ultrasound shear wave imaging during muscle contraction. **Muscle Nerve** 42(3), 438–41.

Smith GK, Karbe GT, Agnello KA, Mcdonald-lynch MB (2012) Pathogenesis, diagnosis, and control of canine hip dysplasia. In: Tobias KM, Johnston SA. **Veterinary Surgery: Small Animal**. 1.ed. Canada: Saunders, p. 824-848.

Stock KF, Klein BS, Vo Cong MT, Sarkar O, Romisch M, Rogenbogen C, Buttner M, Schuster T, Matevossian E, Amann K, Clevert DA, Heemann U, Kuchle C (2010) ARFI-based tissue elasticity quantification in comparison to histology for the diagnosis of renal transplant fibrosis. **Clinical Hemorheology and Microcirculation** 46,139-148.

Treece G, Lindop J, Chen L, Housden J, Prager R, Gee A (2011) Real-time quasi-static ultrasound elastography. **Interface focus** 1, 540-552.

Vaughan LC, Clayton Jones DG, Lane JG (1975) Pectineus muscle resection as a treatment for hip dysplasia in dogs. **Veterinary Record** 96, 145-148.

Wallace LJ (1971) Pectineus tendonectomy or tenotomy for treating clinical canine hip dysplasia. **Veterinary Clinics North American** 1, 455-465.

Wallace LJ (1992) Pectineus tendon surgery for the management of canine hip dysplasia **Veterinary Clinics North American** 3, 607-621.

Zwingenberger A, Benigni L, Lamb CR (2015) Musculoskeletal system. In: Mattoon JS, Nyland TG. **Small animal diagnostic ultrasound**. 3. ed. St Louis: Elsevier Saunders, p. 517–540.

## **CÁPITULO 2 – Avaliação elastográfica do músculo pectíneo em cães hígdios e com displasia coxofemoral<sup>1</sup>**

[Elastography evaluation of the pectineus muscle in dogs with hip dysplasia]

### **RESUMO**

**OBJETIVOS:** Verificar e comparar as características qualitativas (achados modo B e elastograma) e quantitativas (shear wave velocity) do músculo pectíneo de cães saudáveis e de pacientes com displasia do quadril. **MATERIAL E MÉTODOS:** Trinta e um cães com displasia coxofemoral e dezessete cães saudáveis tiveram seus músculos pectíneos avaliados bilateralmente. Diagnóstico da displasia coxofemoral foi realizado em conjunto dos sinais clínicos e imagens radiográficas. O grau de displasia foi definido seguindo as diretrizes estabelecidas pela Fédération Cynologique Internationale. A ecotextura e ecogenicidade de diferentes regiões musculares foram avaliados pela ultrassonografia modo B. A presença de deformidade e rigidez tecidual (tons distintos de cores e homogêneo ou heterogêneo) das mesmas regiões foram avaliadas pela acoustic radiation force impulse qualitativa. A shear wave velocity foi avaliada quantitativamente. **RESULTADOS:** Os achados de modo-B demonstraram padrões musculares hiperecogênico e heterogêneo em animais com displasia com comprometimento da delimitação muscular e perda do padrão ultrassonográfico normal do músculo, sendo tal característica um significativo indicador da afecção ( $p < 0,0006$ ). À elastografia qualitativa observou-se que animais portadores de displasia coxofemoral apresentavam menor deformidade do músculo pectíneo e com cores mais avermelhadas. À avaliação quantitativa, as diferentes regiões avaliadas do músculo apresentaram valores de shear velocity similares. Pacientes com displasia tiveram a shear velocity do pectíneo superior do que em normais sendo que valores acima de 2,85 m/s demonstrou ser indicativo de displasia de quadril. A shear wave velocity também foi influenciada pelo grau da displasia e não houve correlação com a profundidade de avaliação e peso corpóreo, mas sim uma correlação com a idade. **IMPORTÂNCIA CLÍNICA:** A Elastografia acoustic radiation force impulse e ultrassonografia Modo B do músculo pectíneo de cães demonstrou ser de fácil execução e este estudo pode fornecer dados que podem auxiliar no diagnóstico da displasia coxofemoral e permitir o uso futuro da técnica para controle de reabilitação e avaliação pós-operatório.

**PALAVRAS-CHAVE** – displasia do quadril, elastografia, displasia pélvica canina.

---

<sup>1</sup> Este capítulo corresponde ao artigo científico que será submetido à revista Journal of Small Animal Practice.

## ABSTRACT

**OBJECTIVES:** To verify and compare qualitative characteristics (B mode and elastogram findings) and quantitative (shear wave velocity) of the pectineus muscle of healthy dogs and patients with hip dysplasia. **MATERIAL AND METHODS:** Thirty-one dogs with coxofemoral dysplasia and seventeen health dogs had their pectineus muscles evaluated bilaterally. Diagnosis of hip dysplasia was performed in conjunction with clinical symptoms and radiographic images. The degree of displacement was defined following the guidelines of the Fédération Cynologique Internationale. Ecotexture and echogenicity of different muscle regions were determined by ultrasonography mode B. The presence of tissue deformity and stiffness (color tons and homogeneous or heterogeneous) of the regions were evaluated by the acoustic radiation force qualitative impulse. A shear wave velocity was evaluated quantitatively. **RESULTS:** The B-mode findings demonstrated hyperechogenic and heterogeneous muscular patterns in animals with dysplasia with muscle impairment and loss of the normal ultrasound pattern of the muscle, that characteristic is an indication of the hip dysplasia ( $p < 0.0006$ ). The qualitative elastography showed that the animals with coxofemoral dysplasia had the smallest deformity of the pectineus muscle and with reddish color. Patients with dysplasia had a shear velocity greater than the health ones and values above 2.85 m / s were indicated to hip dysplasia. The shear wave velocity was also influenced by the degree of dysplasia and it was not with the depth of evaluation and body weight, but with a change of age. **CLINICAL RELEVANCE:** The acoustic radiation impulse elastography and the ultrasonography mode B of the pectineum muscle was easily performed and this study can be used help the diagnostic of dysplasia. The finds can help the future use of technique for rehabilitation and postoperative control.

**KEY WORDS** - hip dysplasia, elastography, canine pelvic dysplasia.

## Introdução

A displasia coxofemoral tem sido considerada foco de muita controvérsia, debate e publicações científicas. Não existe consenso em relação a doença, à não ser o fato de ser multifatorial e envolver componentes genéticos associados à lassidão articular (Read, 2000). A biomecânica do quadril canino é complexa e envolve a interação de diversas estruturas ligamentares, ósseas e musculares, além de mecanismos neuromusculares importantes (Kowaleski 2013). Em cães com displasia coxofemoral, nota-se limitação na abdução do membro acometido, devido à tensão nos músculos adutores (Wallace 1992). É descrito que para ocorrer a movimentação do fêmur em direção à linha média do corpo (posição de redução articular), uma série de músculos deve sofrer contração, incluindo o músculo adutor magno, adutor longo, grácil e pectíneo (Kowaleski 2013). Utilizando a técnica de pectinectomia, Wallace (1992) observou melhora na abdução do membro após a liberação da tensão muscular em paciente displásicos. Apesar de existir a possibilidade de alívio temporário da dor, atualmente o procedimento tornou-se obsoleto diante da falta de evidências dos benefícios com a realização da técnica (Wallace 1992, Raghuvir *et al.* 2013).

A avaliação biomecânica de tecidos orgânicos pode ser estudada por meio de modelos *in vivo* (Prendergast *et al.* 2005) e *ex vivo* (Antunes 2007), seja pela impossibilidade da execução ou para simplificar um sistema real. Considerando os métodos para estudos biomecânicos, a elastografia apresenta-se como uma técnica não invasiva e segura, disponível na medicina e veterinária, permitindo a avaliação da rigidez ou elasticidade tecidual de modo quali-quantitativo dos tecidos animais. A técnica baseia-se na capacidade de um tecido sofrer deformação por compressão, retornando ao tamanho e à forma original. Uma vez cessada a força de compressão inicial sob o tecido, quanto maior for a rigidez, menor a deformação observada (Carvalho *et al.* 2015, Shina *et al.* 2015, Barr *et al.* 2015; Pepin *et al.* 2015).

Tendo em vista que o músculo pectíneo é uma estrutura que durante a palpação demonstra-se, em muitos casos, proeminente e rígido em pacientes displásicos (Padilha Filho 1992), propôs-se estudar a aplicabilidade da elastografia

“acoustic radiation force impulse - ARFI” na avaliação de possíveis alterações na rigidez do músculo pectíneo de cães displásicos e fornecer mais informações sobre estruturas de estabilização secundária do quadril, visto que a etiopatogenia da displasia coxofemoral em cães não é totalmente elucidada.

O objetivo do presente estudo foi verificar e comparar as características qualitativas (achados modo B e elastograma) e quantitativas (*Shear Wave Velocity*) do músculo pectíneo de cães saudáveis e de pacientes displásicos, utilizando, com ineditismo, a ultrassonografia modo B e elastografia ARFI para avaliação deste tecido.

## **Material e Métodos**

Este estudo foi realizado após a aprovação da Comissão de Ética no uso de Animais - CEUA da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Brasil, sob o número 3212/17. O estudo prospectivo incluiu 48 cães sendo 9 com 2 anos, 6 com 3 anos, 10 com 4 anos, 6 com 5 anos e 17 com 6 anos (média de  $4,3 \pm 1,5$  anos), machos (50%) e fêmeas (50%), com peso de 20,2 a 49,9 kg (média de  $31,2 \pm 8,3$  kg) de 16 diferentes raças das quais destacam-se 13 cães sem raça definida (SRD), 9 da raça Labrador Retriever, 5 Australian Cattle Dog e 4 Golden Retrievers. Todos os tutores dos pacientes concordaram e assinaram um formulário consentindo a participação do seu animal no estudo.

Antes da seleção dos pacientes foi realizado exame físico completo, testes laboratoriais (hemograma, alanino aminotransferase e creatinina) e exame ortopédico. Este último incluiu a palpação, extensão e flexão de todas as articulações, teste de gaveta e compressão tibial de ambas as articulações fêmoro-tíbio-patelares e avaliação de possível instabilidade patelar, excluindo-se enfermidades ortopédicas concomitantes à DCF. Os pacientes sem alterações nestes exames foram incluídos como potenciais integrantes para o grupo saudável (controle). Os pacientes com teste de ortolani positivo, dor/desconforto durante manipulação da articulação do quadril, histórico de parentes displásicos, raças predispostas, dor ao se levantar, intolerância ao exercício, claudicação dos membros

pélvicos e agressividade durante manipulação de região pélvica em conjunto com alterações radiográficas do quadril foram inclusos no estudo como pacientes displásicos.

Para realização do diagnóstico definitivo, os pacientes foram submetidos à anestesia geral para obtenção de imagens radiográficas do quadril. Foi administrada clorpromazina 0,5 mg/kg, por via intramuscular, como medicação pré-anestésica e propofol, pela via intravenosa, para indução e manutenção do plano anestésico.

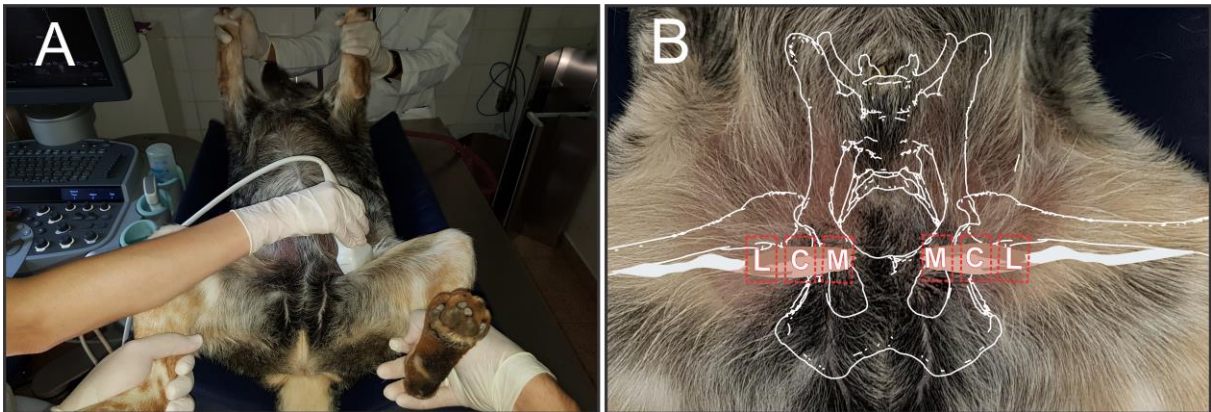
Os pacientes foram submetidos às exposições radiográficas específicas para as articulações coxofemorais, utilizando aparelho gerador de raios-x SIEMENS modelo Tridoros 812E de 800 miliamperes e digitalizador Agfa, modelo CR 30-X. Utilizou-se as projeções radiográficas mediolateral e ventrodorsal como preconizado pela Orthopedic Foundation for Animals (OFA) e Colégio Brasileiro de Radiologia Veterinária.

A avaliação das imagens foi realizada por um profissional com experiência na área de diagnóstico por imagem (Rolemberg D.S. - 10 anos), que desconhecia os sinais clínicos ou hígidez do paciente e rigidez do músculo pectíneo (avaliação cega).

Os sinais radiográficos de cada articulação foram classificados de acordo com a *Fédération Cynologique Internationale* (FCI) em cinco graus: A (HD -) = sem sinais de displasia coxofemoral, B (HD +/-) = articulação coxofemoral próxima do normal, C (HD +) = displasia coxofemoral leve, D (HD ++) = displasia coxofemoral moderada, E (HD +++)= displasia coxofemoral grave (Wigger *et al.* 2008).

Após o exame radiográfico e recuperação anestésica a ultrassonografia do músculo pectíneo foi realizada por um único e experiente ultrassonografista (Feliciano M.A.R. - 15 anos). O paciente era contido, sem sedação, em decúbito dorsal e com os membros pélvicos em posição semi-flexionada. A ultrassonografia modo B foi realizada utilizando aparelho ACUSON S2000/SIEMENS, com transdutor matricial multifrequencial e linear de 9,0MHz (Siemens, Munich, Germany). A avaliação do músculo pectíneo (direito e esquerdo) foi realizada e categorizada (avaliação subjetiva), verificando-se as características de ecogenicidade (comparada ao tecido adjacente) e ecotextura (homogêneo ou heterogêneo). Foram obtidas

imagens referentes a três regiões diferentes de cada músculo sendo denominadas regiões: medial, central e lateral (Figura 1).



**Figura 1.** (A) Posicionamento e realização do exame de ultrassonografia e elastografia. A probe era colocada diretamente sobre o músculo pectíneo para a elaboração do exame após sua identificação por palpação. (B) Imagem fotográfica com ilustração demonstrando as três regiões musculares em que foram realizadas a captação de imagens. M – região medial; C – região central; L – região lateral.

Para a avaliação elastográfica foi utilizado o mesmo aparelho com software para caracterização qualitativa e quantificação com método ARFI (VTIQ method of ARFI - Virtual Touch Tissue Imaging Quantification, 2D-SWE technique) e transdutor padrão de 9,0MHz (Feliciano *et al.* 2017).

Para a ARFI quantitativa dos músculos pectíneos, foram obtidas no mínimo cinco amostragens da técnica para cada uma das porções musculares (medial, central e lateral), sendo que os valores médios da avaliação foram expressos em *Shear Wave Velocity* (SWV m/s).

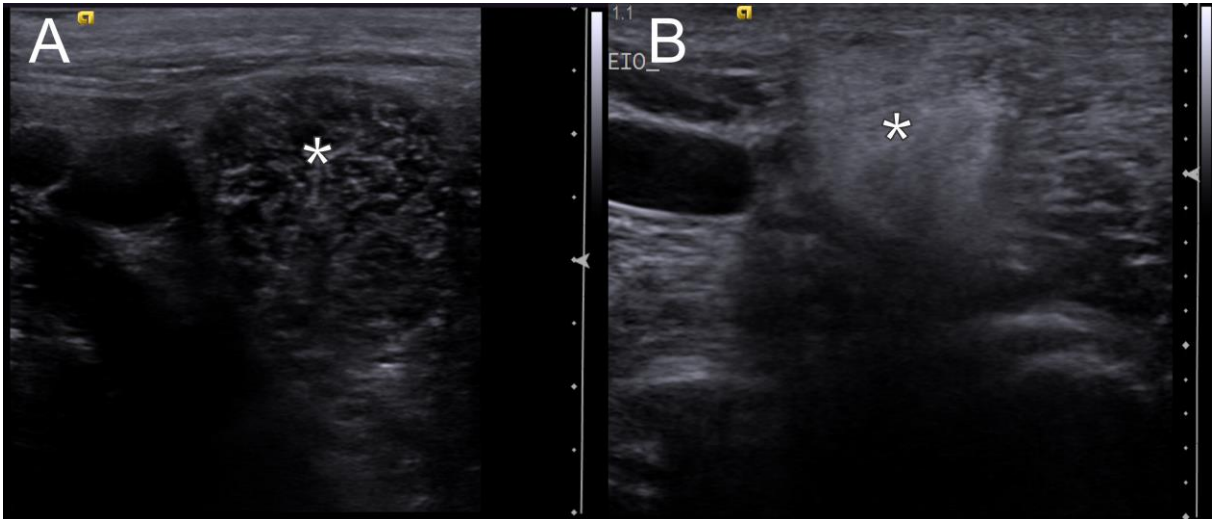
Utilizando a técnica elastográfica ARFI qualitativa, foram formadas imagens em tons de cores dos tecidos pectíneos dos pacientes com e sem alterações para avaliação da rigidez tecidual relativa (elastograma) e sua deformidade (deformável ou não deformável). Esta informação foi calculada por meio da análise dos deslocamentos relativos de elementos teciduais devido a um pulso de pressão acústica. Quanto à interpretação da imagem elastográfica formada, as regiões azuis demonstraram que o tecido é mais elástico (menos rígido e deformável) do que as regiões verdes (rigidez intermediária, não deformável) e vermelhas (mais rígidas e não deformável). Adicionalmente foram avaliadas a presença de homogeneidade ou heterogeneidade do elastograma dos tecidos musculares. Em média a duração total

para a realização do exame de ultrassonografia e elastografia foi de 15 minutos por paciente.

A análise estatística foi realizada com a ajuda do software R (RTM Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). As medidas das diferentes áreas do músculo avaliadas foram comparadas pelo método de concordância de Bland & Altman. As variáveis qualitativas do exame elastográfico foram comparadas entre a classificação clínica do quadril (displasia, normal) pelo teste Qui-quadrado, e a SWV pelo teste T-Student. Subsequentemente os parâmetros que apresentaram diferenças significativas foram submetidos a uma análise de poder discriminativo utilizando o diagnóstico radiográfico de displasia como padrão ouro, através de curvas ROC e calculado o valor de corte (VC), sensibilidade, especificidade, área sob a curva (AUC) e acurácia utilizando o modelo de regressão logística. A SWV também foi comparada entre os graus da afeção pelo teste de ANOVA e correlacionada com as variáveis, peso corporal, idade e profundidade de avaliação pelo teste de Spearman. A significância foi fixada para todos os testes em 5% ( $p < 0,05$ ).

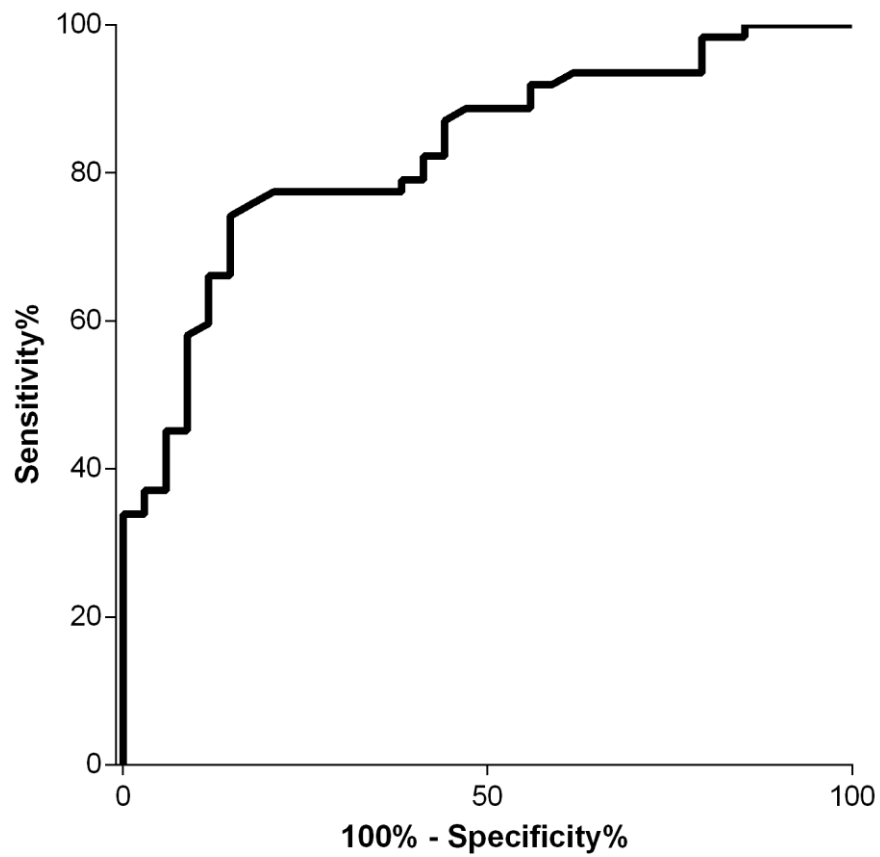
## **Resultados**

Em pacientes hígidos, verificou-se pela ultrassonografia modo B padrão ultrassonográfico homogêneo como sendo aquele cujo músculo apresenta-se hipoecogênico, circundado por fáscia hiperecoica e as fibras dispostas como pontos hiperecoicos, pelo corte transversal. Padrões heterogêneos foram apresentados por animais displásicos, no qual notou-se comprometimento da delimitação muscular e perda do padrão ultrassonográfico normal do músculo, sendo tal característica um significativo indicador da afecção ( $p < 0,0006$ ). Outra característica encontrada como indicativo de displasia foi a mudança de padrão de imagem muscular hipoecogênico para hiperecogênico ( $p < 0,0011$ ) (Figura 2); (Tabela 1).



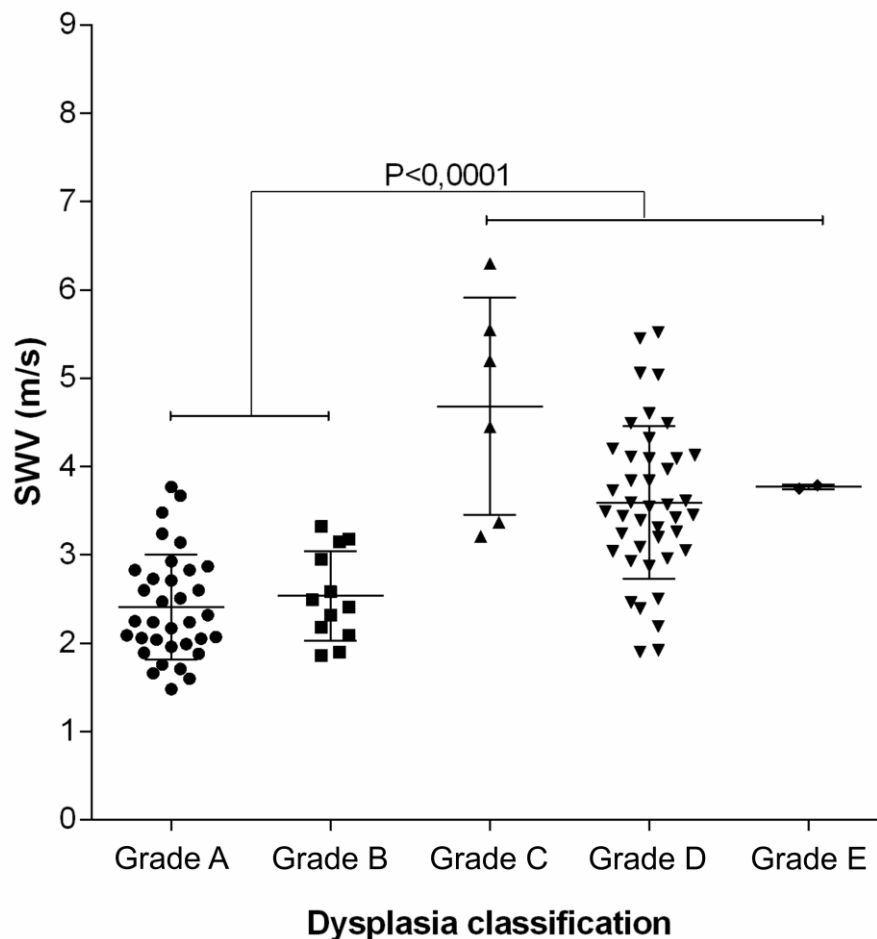
**Figura 2.** (A) Imagem ultrassonográfica da região medial do músculo pectíneo de paciente selecionado para o projeto de pesquisa e classificado como Grau A (articulação coxofemoral normal). Nota-se, pelo corte transversal, hipocogenicidade do músculo em relação aos tecidos adjacentes, fáscia hiperecoica e fibras dispostas como pontos hiperecoicos (\*). (B) Imagem ultrassonográfica da região central do músculo pectíneo de paciente selecionado para o projeto de pesquisa e classificado como Grau D (displasia coxofemoral moderada). Nota-se a hiperecogenicidade do músculo em relação aos tecidos adjacentes, com ausência do padrão normal de disposição das fibras musculares, áreas hiperecoicas e hipocóicas, dando um aspecto heterogêneo para imagem (\*).

À avaliação quantitativa, as diferentes regiões avaliadas do músculo apresentaram valores de SWV similares ( $p=0,7705$ ) com diferença média entre as regiões de  $0,079\pm 0,036$  m/s, utilizando o valor médio de SWV para o estudo de acurácia diagnóstica. Nos animais com displasia, a SWV do pectíneo  $3,49\pm 1,00$  m/s foi superior ( $p<0,0001$ ) do que em normais  $2,41\pm 0,59$  m/s, sendo que pelo estudo de valor discriminativo é possível afirmar que uma  $SWV > 2,85$  m/s é indicativa de displasia de quadril com sensibilidade de 77%, especificidade de 79%, AUC 83% e acurácia de 78% (Figura 3).



**Figura 3.** Ilustração gráfica demonstrando sensibilidade e especificidade da SWV do músculo pectíneo em animais normais e displásicos por meio da técnica elastográfica ARFI.

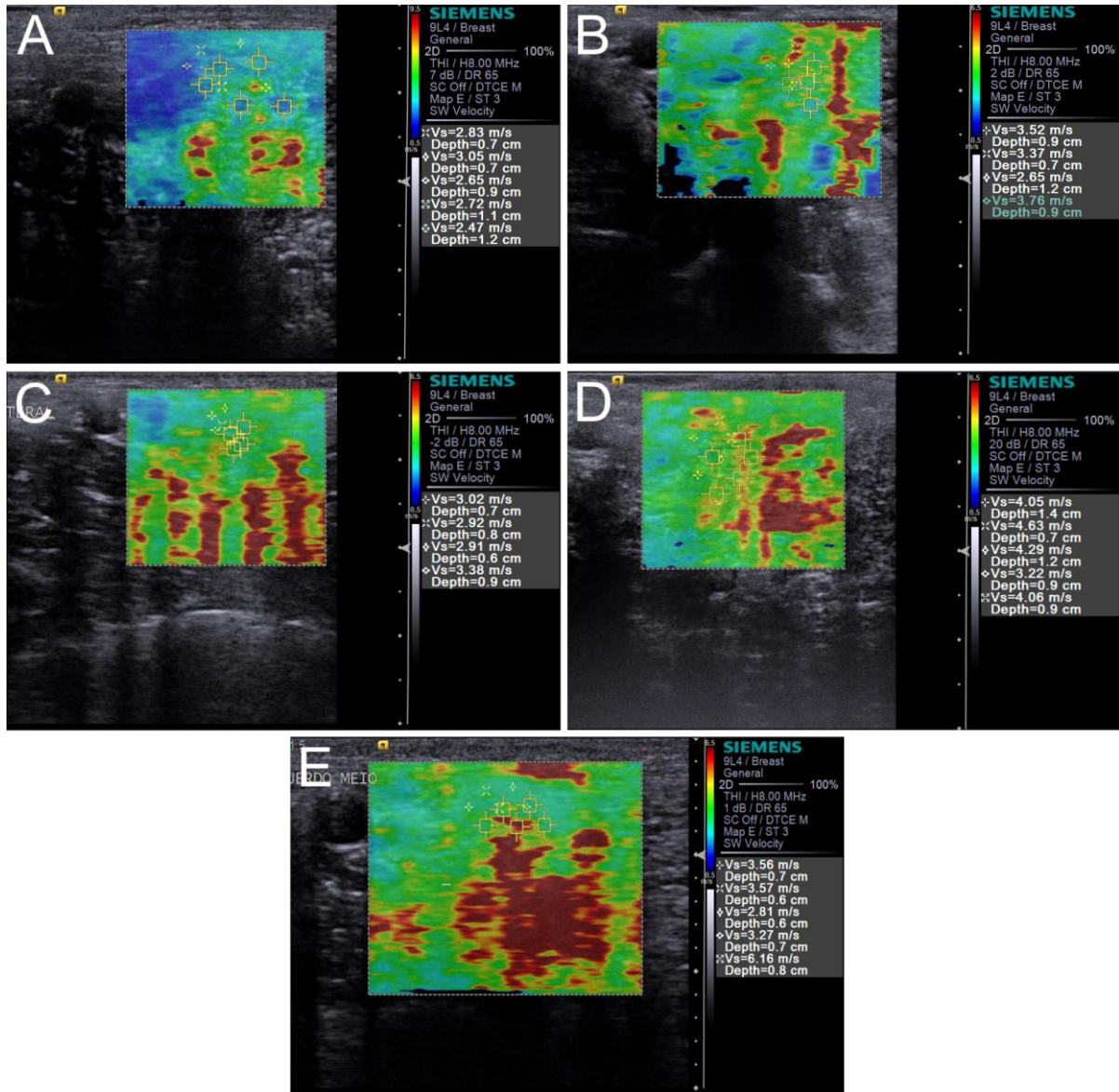
A SWV do pectíneo também foi influenciada pelo grau da displasia ( $p < 0,0001$ ) sendo significativamente maior nos graus C, D e E do que no grau B (Figura 4).



**Figura 4.** Avaliação estatística da SWV do músculo pectíneo em cães com diferentes graus de displasia de acordo com a *Fédération Cynologique Internationale*.

A SWV não apresentou correlação com a profundidade de avaliação ( $p=0,3780$ ) nem com o peso corpóreo ( $p=0,1728$ ), mas sim uma correlação ( $P=0,0376$ ) direta e fraca ( $r=0,2124$ ) com a idade. Não houve diferença estatística entre membros direito e esquerdo ( $p=0,6247$ ).

À elastografia qualitativa observou-se um gradual aumento da rigidez do músculo estudado, com predomínio da cor vermelha para pacientes com grau de displasia avançado (Figura 5). Observou-se também que animais portadores de displasia coxofemoral apresentavam menor deformidade do músculo pectíneo, ou seja, tal estrutura apresentava-se com menor elasticidade (Tabela 1)



**Figura 5.** (A) Imagem da elastografia ARFI do músculo pectíneo de pacientes selecionados para o projeto de pesquisa, demonstrando a análise qualitativa formada por imagens de tons de cores diferentes, sendo (A) Grau A; (B) Grau B; (C) Grau C; (D) Grau D; (E) Grau E. Notar gradual mudança do padrão de cor azul para as cores verde e vermelho sinalizando o aumento da rigidez das estruturas.

**Tabela 1.** Avaliação estatística referente às análises qualitativas da ultrassonografia modo B e elastografia ARFI do músculo pectíneo em cães normais e displásicos (Jaboticabal, 2018).

Qualitativos		p-Value	Indicador			Acurácia
			displasia	Sensibilidade	Especificidade	
Ecogenicidade	Hiperecoico	0,0011	Hiperecoico	44	91	60
	Hipoecoico					
Ecotextura	Heterogêneo	0,0006	Heterogêneo	45	91	62
	Homogêneo					
Deformabilidade	Sim	0,0001	Não	81	71	77
	Não					

## Discussão

Apesar da técnica radiográfica com o quadril estendido ser questionável para o diagnóstico de displasia coxofemoral (Verhoeven *et al.* 2009), esta foi suficiente para a determinação e discriminação entre pacientes displásicos ou não. A idade do paciente no momento da avaliação está fortemente relacionada com os sinais de osteoartrose para o diagnóstico definitivo da DCF, segundo Wood e Lakhani (2003). Animais acima de dois anos de idade avaliados pela técnica radiográfica com o quadril estendido apresentam 92% a 95% de diagnósticos corretos para a afecção (Smith *et al.* 2012).

As alterações ultrassonográficas e elastográficas do músculo pectíneo obtidas sugerem alterações correlacionadas com a displasia coxofemoral e suportam os dados encontrados por Martinez *et al.* (2016) que indicaram a participação do músculo pectíneo na patofisiologia da doença. Os achados também podem vir a ser uma maneira de auxiliar o diagnóstico da DCF, uma vez demonstrado que uma Shear Wave Velocity acima de 2,85 m/s pode indicar a afecção com moderada sensibilidade, especificidade e acurácia.

À imagem modo B, as musculaturas apresentavam uma superfície hiperecólica, correspondente ao epimísio e à fáscia que a envolvem, sendo grande parte do parênquima muscular de padrão hipoecoico e pontos hiperecoicos distribuídos pela estrutura ao corte transversal (Cannon & Puchalski 2008, Cook 2016, Cullen *et al.* 2017). As imagens obtidas em cães saudáveis neste estudo

foram compatíveis com os achados considerados normais para estruturas musculares, demonstrando ser uma técnica de fácil execução.

Mudanças do padrão ultrassonográfico do pectíneo mostrou-se um fator significativo em pacientes afetados com displasia coxofemoral. Achados semelhantes como perda do padrão hipocógeno normal muscular, desaparecimento dos pontos hiperecóticos e mudança para um padrão hiperecótico e heterogêneo são relatados em estruturas musculares com formação cicatricial cujo desenvolvimento dessas áreas são dependentes da extensão da ruptura das fibras musculares (Kramer *et al.* 1997). Em estudo realizado por Cullen *et al.* (2017), foram observadas mudanças da hiperecogenicidade do músculo iliopsoas de cães praticantes de agility como resultado de lesões crônicas causadas pela atividade. Considerando que o músculo pectíneo é um dos músculos adutores do quadril (Kowaleski 2013) e pacientes displásicos demonstram limitação na abdução do membro (Wallace 1992) é possível que os achados ultrassonográficos indiquem lesão das fibras musculares deste músculo, levando à formação cicatricial causadas pela sua maior exigência e causando alterações crônicas com similar mudança da ecogenicidade. Em um estudo histológico realizado em músculos pectíneos de cães displásicos foi encontrado correlação positiva entre dificuldade de deambulação e abdução do membro com fibrose deste musculo (Martinez *et al.* 2016).

A técnica de elastografia por *Shear Wave Velocity* demonstrou ser viável e repetível em músculos de paciente humanos (Baumer *et al.* 2017). Em cães, quando nos referimos ao sistema musculoesquelético, foram avaliados a rigidez de tendões patelares em cães hípidos (Piccionelo *et al.* 2018) e estruturas intra-articulares de joelhos também de paciente saudáveis (Diogo *et al.* 2018). No presente estudo a técnica demonstrou-se de fácil execução, considerando que o pectíneo é um músculo superficial e de fácil palpação, rápida, não invasiva e dispensou uso de sedativos ou anestesia geral.

Estruturas musculares finas, profundas e largas apresentaram baixa confiabilidade à mensuração pela elastografia, demonstrando limitações de seu uso em estruturas profundas e com anatomia complexa (MacDonald *et al.* 2016, Tran *et al.* 2016). Neste estudo a SWV não apresentou correlação com a profundidade de avaliação, os autores acreditam que isso se dê ao fato do músculo pectíneo ser

facilmente palpável e se encontrar muito superficial em todos os animais submetidos aos exames.

Apesar do controle do peso ser um fator muito importante no desenvolvimento da displasia coxofemoral em cães predispostos e manejo da prevalência, gravidade e sinais clínicos da osteoartrite (Kealy *et al.* 1992, Kealy *et al.* 2000, Smith *et al.* 2006), o peso não teve correlação com rigidez encontrada nos músculos dos animais avaliados. A ausência desta correlação foi similarmente encontrada por Ithemelandu (1980a) ao comparar essa característica corpórea de cães portadores de hipotrofia do músculo pectíneo com cães normais.

A idade demonstrou correlação direta e fraca com a SWV do músculo pectíneo em cães, porém, na medicina, alterações da rigidez muscular comparadas com idade possuem resultados controversos (Akagi *et al.* 2015, Eby *et al.* 2015). O envelhecimento foi associado ao aumento da rigidez do músculo bíceps braquial em humanos (Eby *et al.* 2015), mas o contrário foi observado em músculos da perna (Akagi *et al.* 2015). Em cães o grau de displasia coxofemoral está positivamente correlacionado com a idade (Vieira *et al.* 2010), além disso, Ithemelandu (1980b) demonstrou a existência de considerável diminuição no número totais de fibras do músculo pectíneo em cães hípidos com o envelhecimento.

A ultrassonografia permite a possibilidade de utilizar o membro contralateral para comparação com os achados encontrados durante os exames (Cook 2016). A elastografia também pode ser utilizada para avaliar e comparar músculos do membro contralateral e melhorar o entendimento do paciente de forma individual (Bar-on & Slane 2016, Brandenburg *et al.* 2016). Em nosso estudo não houve diferença estatística entre as avaliações da SWV dos membros direito e esquerdo. Sendo a displasia coxofemoral uma afecção geralmente bilateral (McLaughlin Jr. & Tomlinson 1996) são esperadas intensidades semelhantes de frouxidão articular e artrose coxofemorais direita e esquerda (Cook *et al.* 1996, Citi *et al.* 2005).

Ao contrário do que é demonstrado em alguns estudos, as regiões musculares avaliadas apresentaram valores similares de SWV. Como exemplo, existem estudos demonstrando que a rigidez de alguns músculos não é uniforme, apresentando regiões com heterogenicidade difusa e diferenças de rigidez ao longo do eixo longitudinal e transversal muscular (Nordez & Hug 2010, Hatta *et al.* 2016a,

Carpenter *et al.* 2015). Porém, avaliações feitas em músculos dos pescoço e ombro também não demonstraram alterações de rigidez entre os diferentes pontos avaliados (Akagi & Kusama 2015).

Considerando que o músculo pectíneo é uma estrutura que durante a palpação demonstra-se, em muitos casos, proeminente e rígido em pacientes com DCF (Padilha Filho 1992), os achados encontrados foram compatíveis com essa hipótese ao demonstrar SWV superior em animais com displasia do quadril do que em pacientes saudáveis. O aumento da rigidez encontrado nos músculos dos animais com displasia coxofemoral é compatível com as limitações clínicas na abdução do membro observada por Wallace (1992) em cães com displasia coxofemoral devido à tensão dos músculos adutores e melhora após a liberação da tensão muscular com a técnica de pectinectomia.

A progressão da displasia coxofemoral resulta em alterações inflamatórias, degenerativas e o desenvolvimento progressivo da osteoartrite em cães adultos (Dassler 2003). Isso pode justificar a relação encontrada entre a SWV e elastograma com o grau de displasia, sendo significativamente maior nos graus C, D e E do que no B (articulação coxofemoral próxima do normal) e graus C, D e E em comparação com os A e B, respectivamente. Diversas musculaturas participam não só da movimentação como também auxiliando na estabilidade do quadril, sendo o músculo pectíneo uma delas (Kowaleski 2013). As forças atuantes no quadril de pacientes que apresentam subluxação geram maior sobrecarga da musculatura adjacente na tentativa de compensar a lateralização do centro de rotação da articulação (Smith *et al.* 2012). A relação entre anormalidade do músculo pectíneo e displasia do quadril foi descrita como indefinida (Riser *et al.* 1985), porém em um estudo realizado por Martinez *et al.* (2016) foi demonstrado através de avaliações histológicas de fragmentos de músculo pectíneos de cães diagnosticados com DCF uma forte correlação entre o grau de displasia coxofemoral e alterações morfológicas do músculo. Os resultados indicaram que a atrofia muscular do pectíneo está altamente envolvido na patofisiologia da doença.

O método radiográfico e o exame clínico ainda representam o padrão ouro para o diagnóstico da osteoartrose secundária à displasia do quadril (Smith *et al.* 2012), porém, resultados como os obtidos podem melhorar o entendimento do papel

do músculo pectíneo na DCF, auxiliar no diagnóstico com dados objetivos e favorecer monitorações mais objetivas de tratamento, reabilitação ou pós-operatório. Alguns trabalhos já demonstraram a utilização da elastografia por *Shear Wave* para avaliação biomecânica musculoesquelética de técnicas cirúrgicas para reparo de alterações do ombro em humanos (Hatta *et al.* 2016a, Hatta *et al.* 2016b, Hatta *et al.* 2016c) e sua aplicação para quantificar a eficácia em técnicas de reabilitação (Yamauchi *et al.* 2016, MacDonald *et al.* 2016). Os achados podem também auxiliar na escolha do paciente para realização da técnica de miectomia do músculo pectíneo, procedimento este que se tornou obsoleto por possuir um caráter pós-cirúrgico imprevisível (Wallace 1992, Raghuvir *et al.* 2013).

Concluimos que o músculo pectíneo se apresenta como uma estrutura mais rígida em cães com displasia coxofemoral e que existe relação entre o grau de displasia e a rigidez deste músculo quando avaliados pela elastografia.

## Referências

Akagi, R., Kusama, S. (2015) Comparison between neck and shoulder stiffness determined by shear wave ultrasound elastography and a muscle hardness meter. *Ultrasound in Medicine and Biology* 41 (8), 2266–2271.

Akagi, R., Yamashita, Y., Ueyasu, Y. (2015) Age-related differences in muscle shear moduli in the lower extremity. *Ultrasound in Medicine and Biology* 41 (11), 2906–2912.

Antunes, A., Ozzo, F. V., Nakamura, M., *et al.* (2007) Analysis of the healthy lens surface using MAC Mode atomic force microscopy. *Micron* 38, 286-290.

Bar-On, L., Slane, L. C. (2016) Shear wave elastography for the assessment of muscle stiffness in children with CP: insights and challenges. *Developmental Medicine & Child Neurology* 58, 1209-1210.

Barr, R. G., Nakashima, K., Amy, D., *et al.* (2015) WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 2: Breast. *Ultrasound in Medicine and Biology* 41, 1148-1160.

Baumer, T. G., Davis, L., Dischler, J., *et al.* (2017) Shear wave elastography of the supraspinatus muscle and tendon: Repeatability and preliminary findings. *Journal of Biomechanics* 53, 201-204.

Brandenburg, J. E., Eby, S. F., Song, P., *et al.* (2016) Quantifying passive muscle stiffness in children with and without cerebral palsy using ultrasound shear wave elastography. *Developmental Medicine and Child Neurology* 58, 1288-1294.

- Cannon, M. S., Puchalski, S. M. (2008) Ultrasonographic evaluation of normal canine iliopsoas muscle. *Veterinary Radiology and Ultrasound* 49, 378-382.
- Carpenter, E. L., Lau, H. A., Kolodny, E. H., *et al.* (2015) Skeletal muscle in healthy subjects versus those with GNE-related myopathy: evaluation with shear-wave US—A pilot study. *Radiology* 277 (2), 546–54.
- Carvalho, C. F., Cintra, T. C. F., Chammas, M. C. (2015) Elastography principle and considerations for clinical research in veterinary medicine. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health* 7, 99-110.
- Citi, S., Vignoli, M., Modenato, M., *et al.* (2005) A radiological study of the incidence of unilateral canine hip dysplasia. *Schweiz Archiv Tierheilkund* 147, 173-178.
- Cook, C. R. (2016) Ultrasound Imaging of the Musculoskeletal System. *Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice* 46, 355–371.
- Cook, J. L., Tomlinson, J. L., Constantinescu, G. M. (1996) Pathophysiology, diagnosis, and treatment of canine hip dysplasia. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian* 18, 853-867.
- Cullen, R., Canapp, D., Dycus, D., *et al.* (2017) Clinical Evaluation of Iliopsoas Strain with Findings from Diagnostic Musculoskeletal Ultrasound in Agility Performance Canines – 73 Cases. *Veterinary Evidence* 2 (2), 1-17.
- Dassler, C. L. (2003) Canine hip dysplasia: diagnosis and nonsurgical treatment. In: *Textbook of small animal surgery*. 3th edn. Slatter, D. Saunders, Philadelphia. pp 2019–2020.

Diogo, L. I., Minto, B. W., Dias, L. G. G. G., *et al.* (2018) Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) elastography of canine stifle structures. Proceedings of 5th World Veterinary Orthopaedic Congress ESVOT-VOS 19th ESVOT Congress. September 12 to 15, Barcelona. pp 715-716.

Eby, S. F., Cloud, B. A., Brandenburg, J. E., *et al.* (2015) Shear wave elastography of passive skeletal muscle stiffness: influences of sex and age throughout adulthood. *Clinical Biomechanics* 30(1), 22–27.

Feliciano, M. A. R., Uscategui, R. A. R., Maronezi, M. C., *et al.* (2017) Ultrasonography methods for predicting malignancy in canine mammary tumors. *Plos one* 12, 1-14.

Hatta, T., Giambini, H., Sukegawa, K., *et al.* (2016) Quantified mechanical properties of the deltoid muscle using the shear wave Elastography: potential implications for reverse shoulder Arthroplasty. *PLoS One* 11 (5), 1-11. a.

Hatta, T., Giambini, H., Zhao, C., *et al.* (2016) Biomechanical effect of margin convergence techniques: quantitative assessment of supraspinatus muscle stiffness. *PLoS One* 11 (9), 1-10. b.

Hatta, T., Giambini, H., Hooke, AW., *et al.* (2016) Comparison of passive stiffness changes in the supraspinatus muscle after double-row and knotless transosseous-equivalent rotator cuff repair techniques: a cadaveric study. *Arthroscopy: Journal of Arthroscopic and Related Surgery* 32 (10), 1973–1981. c.

Ihemelandu, E. C. (1980) Decrease in fibre numbers of dog pectineus muscle with age. *Journal of Anatomy* 130, 69-73.a

Ihemelandu, E. C. (1980) Loss of type 1 fibres in canine pectineus muscle hypotrophy. *Acta Anatomica* 107, 66-71.b

Kealy, R. D., Lawler, D. F., Ballam, J. M., *et al.* (2000) Evaluation of the effect of limited food consumption on radiographic evidence of osteoarthritis in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 217, 1678-1680.

Kealy, R. D., Olsson, S. E., Monti, K. L., *et al.* (1992) Effects of limited food consumption on the incidence of hip dysplasia in growing dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 201, 857-863.

Kowaleski, M. P. (2013) Biomechanical Considerations in Total Hip Replacement. In: *Advances in Small Animal Total Joint Replacement*. 1th edn. Peck, J. N., Marcellin-little, D. J. Wiley-Blackwell, Iowa. pp 53-67.

Kramer, M., Gerwing, M., Hach, V., *et al.* (1997) Sonography of the musculoskeletal system in dogs and cats. *Veterinary Radiology and Ultrasound* 38 (2), 139-149.

MacDonald. D., Wan, A., McPhee, M., *et al.* (2016) Reliability of abdominal muscle stiffness measured using elastography during trunk rehabilitation exercises. *Ultrasound in Medicine and Biology* 42 (4), 1018–1025.

Martinez, P. P. P., Martinez, M. P. P., Martinez, P. I. R., *et al.* (2016) Atrophy of pectineus muscle as etiological factor of hip dysplasia in dogs. *Proceedings of the World Small Animal Veterinary Association Congress*. September 21 to 30, Cartagena, Colombia. pp 846.

Mclaughlin Jr, R., Tomlinson, J. (1996) Radiographic diagnosis of canine hip dysplasia. *Veterinary Medicine* 91, 36-47.

Nordez, A., Hug, F. (2010) Muscle shear elastic modulus measured using supersonic shear imaging is highly related to muscle activity level. *Journal of Applied Physiology* 108 (5), 1389-1394.

Padilha Filho, J. G. (1992) Patologias da bacia e articulação coxofemoral de cães e gatos. In: Tópicos em Cirurgia de Cães e Gatos. C.R. Daleck., L.C. Baptista and L.S. Mukai, Funep-Unesp Jaboticabal. pp. 15-26.

Pepin, K. M., Ehman, R. L., Mcgee, K. P. (2015) Magnetic resonance elastography (MRE) in cancer: Technique, analysis and applications. *Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy* 90, 32-38.

Piccionello, A. P., Serrani, D., Busoni, V., *et al.* (2018) Sonoelastographic Features of the Patellar Ligament in Clinically Normal Dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology* 31, 279-284.

Prendergast, P. J., Van der helm, F. C. T., Duda, G. N. (2005) Analysis of muscle and joint loads. In: Basic orthopaedic biomechanics and mechano-biology. Mow, V. C., Huiskes, R. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia. Cap.2. pp 29-90.

Raghuvir, H. B., Shivrajsinh, K. J., Dipak, N. S., *et al.* (2013) Treatment of canine hip dysplasia: A review. *Journal of Animal Science* 3, 589-597.

Read, R. A. (2000) Conservative management of juvenile canine hip dysplasia. *Australian Veterinary Journal* 78 (12), 818-819.

Riser, W. H., Rhodes, W. H., Newton, C.D. (1985) Hip dysplasia. In: Textbook of Small Animal Orthopaedics. 1th edn. Newton, C. D., Nunamaker, D. M. Lippincott, Philadelphia. pp 953–980.

Shiina, T., Nightingale, K. R., Palmeri, M. L., *et al.* (2015) WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: Basic principles and terminology. *Ultrasound in Medicine and Biology* 41, 1126-1147.

Smith, G. K., Karbe, G. T., Agnello, K. A., *et al.* (2012) Pathogenesis, diagnosis, and control of canine hip dysplasia. In: *Veterinary Surgery: Small Animal*. 1th edn. Tobias, K. M., Johnston, S. A. Saunders, Canada. pp 824-848.

Smith, G. K., Paster, E. R., Powers, M. Y., *et al.* (2006) Lifelong diet restriction and radiographic evidence of osteoarthritis of the hip joint in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 229, 690-693.

Tran, D., Podwojewski, F., Beillas, P., *et al.* (2016) Abdominal wall muscle elasticity and abdomen local stiffness on healthy volunteers during various physiological activities. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 60, 451–459.

Verhoeven, G. E. C., Coopman, F., Duchateau, L., *et al.* (2009) Interobserver agreement on the assessability of standard ventrodorsal hip-extended radiographs and its effect on agreement in the diagnosis of canine hip dysplasia and on routine FCI scoring. *Veterinary Radiology and Ultrasound* 50 (3), 259-263.

Vieira, G. L. T., Tôrres, R. C. S., Barros, G. S., *et al.* (2010) Associação entre o ângulo de Norberg, o percentual de cobertura da cabeça femoral, o índice cortical e o ângulo de inclinação em cães com displasia coxofemoral. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 62(5), 1094-1101.

Wallace, L. J. (1992) Pectineus tendon surgery for the management of canine hip dysplasia. *Veterinary Clinics of North America Small Animal Practice* 3, 607-621.

Wigger, A., Tellhelm, B., Kramer, M., *et al.* (2008) Influence of femoral head and neck conformation on hip dysplasia in the German Shepherd Dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound* 49 (3), 243-248.

Wood, J. L. N., Lakhani, K. H. (2003) Hip dysplasia in Labrador retrievers: the effects of age at scoring. *The Veterinary Record* 152 (2), 37-40.

Yamauchi, T., Hasegawa, S., Nakamura, M., *et al.* (2016) Effects of two stretching methods on shoulder range of motion and muscle stiffness in baseball players with posterior shoulder tightness: a randomized controlled trial. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 25 (9), 1395–1403.