

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 09/03/2020.

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

**ELASTOGRAFIA ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE  
(ARFI) DAS ESTRUTURAS DO JOELHO CANINO**

**Lúcia Maria Izique Diogo  
Médica Veterinária**

**2018**

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

**ELASTOGRAFIA ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE  
(ARFI) DAS ESTRUTURAS DO JOELHO CANINO**

**Lúcia Maria Izique Diogo**

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

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

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

**2018**

D591e Diogo, Lúcia Maria Izique  
Elastografia Acosutic Radiation Force Impulse (ARFI) das  
estruturas do joelho canino / Lúcia Maria Izique Diogo -- Jaboticabal,  
2018  
v, 38 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018  
Orientador: Bruno Watanabe Minto  
Coorientador: Marcus Antônio Rossi Feliciano  
Banca examinadora: Luís Gustavo Gosuen Gonçalves Dias, Sílvio  
Henrique de Freitas  
Bibliografia

1. Cão. 2. Ligamento cruzado caudal. 3. Ligamento cruzado cranial.  
4. Ligamento patelar. 5. Menisco. 6. Ultrassonografia articular. I. Título.  
II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 619:617.583:636.7

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

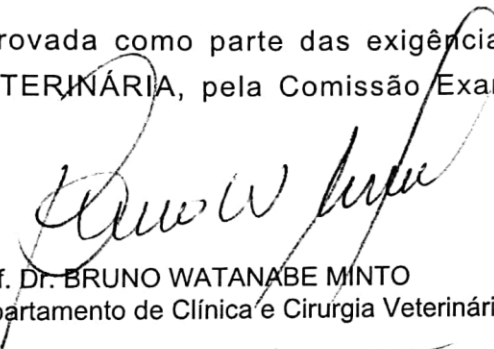
**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ELASTOGRAFIA ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE (ARFI) DAS ESTRUTURAS DO JOELHO CANINO**

**AUTORA: LUCIA MARIA IZIQUE DIOGO**

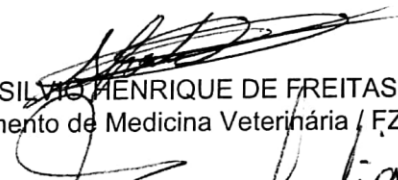
**ORIENTADOR: BRUNO WATANABE MINTO**

**COORIENTADOR: MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO**

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



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



Prof. Dr. SILVIO HENRIQUE DE FREITAS  
Departamento de Medicina Veterinária / FZEA / USP / Pirassununga / SP



Prof. Dr. LUIS GUSTAVO GOSSUEN GONÇALVES DIAS  
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 09 de março de 2018

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**Lúcia Maria Izique Diogo** - Nascida em 06 de novembro de 1991, no município de Manaus, capital do estado do Amazonas, ingressou no curso de Medicina Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), Campus Botucatu, em março de 2009. Durante a graduação, foi bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET), membro ativo do Projeto de Extensão Banco de Sangue Canino, diretora e presidente do Grupo de Estudos de Pequenos Animais (GEPA) e da Associação Atlética Acadêmica, além de representante discente do setor de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária. Formou-se em dezembro 2013 e em março do ano seguinte foi selecionada para o Programa de Residência em Cirurgia de Pequenos Animais na mesma instituição, sob orientação da Prof. Dra. Juliany Gomes Quitzan, o qual foi concluído em dois anos. De março de 2016 a março de 2018 realizou o curso de Mestrado pelo Programa de Cirurgia Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), Câmpus Jaboticabal, sob orientação do Prof. Adj. Dr. Bruno Watanabe Minto e coorientação do Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano. Neste período, foi membro do Serviço de Ortopedia e Neurocirurgia Veterinária do Hospital Veterinário Universitário "Governador Lauro Natel", monitora de cursos de aprimoramento em cirurgia veterinária e auxiliou na execução de diversos projetos de iniciação científica, mestrado e doutorado.

Na vida, nada é em vão: ou é benção, ou é lição!

(Autor desconhecido)

Dedico este trabalho à minha mãe, Maura Izique e ao meu irmão, Ayres Neto.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de aprendizado e por, como sempre, ter colocado tantas pessoas boas no meu caminho, as quais terão minha gratidão não só neste papel, mas sim eternamente.

Sou grata por ter uma família que me apoia e me incentiva em todas as minhas escolhas desde que me entendo por gente, e não foi diferente desta vez. Obrigada mãe, Maura Izique e irmão, Ayres Neto, por encarar comigo mais esta aventura. Não poderia deixar de agradecer minhas tias, Ângela Izique e Luciana Izique que também foram primordiais na minha educação, a qual me permitiu aqui chegar.

Agradecimento especial cabe ao meu orientador e amigo, Professor Bruno Minto. Talvez eu não tenha demonstrado muito bem, mas, por mais que eu tenha demorado, percebi sua atenção a cada pequeno detalhe em relação ao meu projeto e à minha estadia como um todo, e sou muito grata por isso!

Não menos importante foi meu coorientador, Professor Marcus Feliciano. Paciente e otimista não só com os imprevistos durante o projeto, mas também comigo e minhas dificuldades! Obrigada por todo o estímulo e inspiração! Sem dúvida nenhuma, a melhor parte de adentrar nesse mundo da elastografia foi conhecer o senhor!

Sempre digo, e não é da boca para fora, que no nosso grupo mal dá para separar quem é de qual orientador! rs Professor Luís Gustavo Gosuen Gonçalves Dias com certeza se tornou muitíssimo importante nesses dois anos, em todos os quesitos. Levarei seus ensinamentos da veterinária e da vida para sempre! E não teria como não o ter em minhas bancas, muito obrigada!!

Agradeço o Prof. Sílvio Henrique de Freitas pelo aceite do convite para compor minha banca. Tenho certeza que trará grandes melhorias ao trabalho.

Professora Paola Moraes: estou para conhecer alguém mais alto astral e solícita! Agradeço a ajuda na qualificação e por todos os socorros acadêmicos e não acadêmicos, que não foram poucos!

Agradeço ao Prof. Sílvio Henrique de Freitas pelo aceite do convite para ser membro da banca de defesa e o intuito de colaborar e engrandecer o trabalho.

Sou grata por ter tido tão bons companheiros no Laboratório de Ortopedia e Traumatologia (Fernando Kawamoto, Guilherme Faria, Paula Gomide, Guilherme Galhardo, Lívia Coelho, Matheus Seixas, Maria Eduarda Coutinho, Rafael Dreibi, Caroline Ribeiro, Felipe Rocha e Pedro Rosignoli) e pelas experiências, conhecimentos e risadas trocadas! É nítido o quanto crescemos em cada experimento, curso, discussão de casos ou dia de rotina. E o melhor: juntos!

Agradeço também a todos os residentes (em especial: Gabriel Montanhim, Andréia Coutinho, Mareliza Menezes e Rodrigo Casarin) que compartilharam os dias no Serviço de Ortopedia e Neurocirurgia.

Marjury Maronezi, mais um presente que a elastografia me deu! Não vou nunca conseguir agradecer todo o apoio e auxílio que me proporcionou! Obrigada principalmente por essa energia tão boa que você transmite a todos!

Agradeço ao Laboratório de Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos da FCAV e todos os seus pós-graduandos e funcionários (em especial: Prof. Aulus Cavalieri, Thaila Putarov, Fernanda Mendonça, Diego Nogueira e Elaine Vitta) não só por permitirem que usássemos os Beagles neste trabalho, mas principalmente por cuidarem deles de forma tão ética, atenciosa e carinhosa o tempo inteiro!

Agradeço aos Beagles (Ariel, Bola, Brad, Dara, Café, Channel, Chaves, Chokito, Churros, Coragem, Luigi, Major, Manolo, Maya, Mel, Napoleão, Nenezico, Peninha, Pepita, Peri, Pituca, Polain, Rímel, Scooby, Scott, , Sivi, Tobias, Zagalo, Zeca, Zezinho e Zulu) que com sua doçura tornaram o projeto possível e, na sua pureza, ainda agradeciam o "passeio".

Agradeço a cada colega que conduziu, carregou, identificou, fez tricotomia ou conteve um dos beagles, em especial à Juliana Cerqueira e Caroline Ribeiro.

Agradecimento especial também ao amigo Guilherme Faria, quem teve a ideia inicial e quem me ajudou muito na fase de elaboração do projeto.

Agradeço ao Ricardo Uescategui, braço direito do Prof. Marcus, que auxiliou na execução dos ultrassons e no início da parte estatística e ao Ricardo Perecin que a concluiu.

À Gabriela Bueno e Prof. José Antônio Marques por auxiliarem na execução de todas as radiografias dos animais do projeto.

Sou grata pela oportunidade de passar um período do mestrado no Rio de Janeiro acompanhando as atividades do Médico Veterinário Wanderley Severo, que tanto me ensinou sobre cirurgia, relação com clientes e vida! Foi de grande crescimento profissional e pessoal, obrigada a todos os envolvidos!! Agradeço também por ter conhecido lá os colegas de profissão que se tornaram grandes amigos: Thiago Brito e Laura Volpiano.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), Câmpus Jaboticabal, pelo espaço e oportunidade.

A todos os funcionários, estagiários e pós-graduandos, que tornam o funcionamento do hospital possível: minha constante gratidão.

Agradecimento especial cabe às companheiras de casa e de vida aqui em Jaboticabal: Caroline Ribeiro, Erika Santos, Eveline Azenha, Flávia Fagundes, Gabriela Noronha e Juliana Cerqueira. Além de todas as risadas, podem ter certeza que, cada uma com seu jeitinho, muito me ensinou e inspirou. Desejo e sei que nossa relação será vitalícia e continuará tão especial quanto nesses intensos 1 ano e 4 meses.

À família que Botucatu me deu: minhas amadas irmãs da República da Mãe Joana, minhas parceiras de residência e minha amiga e eterna orientadora Juliany Quitzan, meus sinceros e saudosos agradecimentos pelo companheirismo de sempre e pela compreensão das minhas ausências.

Ao meu amigo de outras vidas e anjinho da guarda Fábio Henrique de Lima, que sempre me salva com as palavras certas nas horas certas, minha mais especial gratidão.

Sou abençoada e grata por ter meus cães como inspiração e válvulas de escape de todo o estresse, Campari e Jagger, além dos sobrinhos Bolt e Fred e do passarinho Bento!

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Capítulo 1</b>	
Figura 1. Imagens fotográficas de Beagle sendo submetido a exame ortopédico. Em "A" está sendo realizado teste de compressão tibial de joelho esquerdo; em "B", teste de gaveta com o mesmo membro estendido e em "C", palpação patelar deste.....	4
Figura 2. Imagens radiográficas de articulação do joelho de Beagle, sendo "A" uma projeção médio lateral com membro em posição anatômica e "B" a projeção ventro dorsal do mesmo animal.....	4
Figura 3. Imagens fotográficas mostrando a realização da tricotomia do joelho esquerdo de Beagle em "A" e o seu aspecto final em "B" .....	6
Figura 4. Imagem fotográfica de Beagles acomodados em duplas nas gaiolas, com água disponível, no intervalo de tempo entre a tricotomia e o exame elastográfico. É notável a tranquilidade destes.....	6
Figura 5. Imagens fotográficas de mensurações de angulações de joelho esquerdo de Beagle por meio de goniometria. Em "A" o joelho encontra-se em flexão completa, posição em que a avaliação do menisco medial era realizada; em "B", joelho estendido totalmente e em "C", joelho com angulação considerada anatômica, calculada a partir da média entre as duas anteriores e na qual era feita avaliação dos ligamentos patelar, cruzado cranial e cruzado caudal.....	8
Figura 6. Imagens fotográficas da realização de ultrassonografia de joelho esquerdo de Beagle, em corte longitudinal. Em "A", imagem gerada é de ultrassom modo B tradicional e em "B", elastograma é associado à esta.....	9
Figura 7. Imagens elastográficas de cortes longitudinais mediais de joelhos caninos distintos (A e B). Em "A", o círculo branco delimita um ligamento cruzado caudal homogêneo, pois só possui tons de azul; já em "B" o círculo branco demarca um ligamento cruzado caudal heterogêneo, pois abrange tons de vermelho/amarelo e verde.....	10

Figura 8. Imagem elastográfica obtida em plano longitudinal de joelho canino semi flexionado. Superficialmente, nota-se região linear de tonalidade avermelhada, representando o ligamento patelar. Sob este, tecido de rigidez intermediária (verde) refere-se o coxim gorduroso, dentre o qual encontram-se os ligamentos cruzados, estruturas de menor rigidez (tons de azul); sendo o cranial de formato filiforme e localizado mais próxima à tíbia (T) e o caudal arredondado e mais próximo ao fêmur (F). As caixas de interesse são os contornos quadrangulares amarelos cujos valores são identificadas na caixa, através de legenda de símbolos. (FCAV – Jaboticabal, 2017)..... 11

## Capítulo 2

Figura 1. Imagens fotográficas de mensurações de angulações de joelho esquerdo de Beagle por meio de goniometria. Em "A" o joelho encontra-se em flexão completa, posição em que a avaliação do menisco medial era realizada; em "B", joelho estendido totalmente e em "C", joelho com angulação considerada anatômica, calculada a partir da média entre as duas anteriores e na qual era feita avaliação dos ligamentos patelar, cruzado cranial e cruzado caudal..... 20

Figura 2. Imagens fotográficas da realização de ultrassonografia de joelho esquerdo de Beagle, em corte longitudinal. Em "A", imagem gerada é de ultrassom modo B tradicional e em "B", elastograma é associado à esta..... 21

Figura 3. Imagens elastográficas de cortes longitudinais mediais de joelhos caninos distintos (A e B). Em "A", o círculo branco delimita um ligamento cruzado caudal homogêneo, pois só possui tons de azul; já em "B" o círculo branco demarca um ligamento cruzado caudal heterogêneo, pois abrange tons de vermelho/amarelo e verde..... 22

Figura 4. Imagem elastográfica obtida em plano longitudinal de joelho canino semi flexionado. Superficialmente, nota-se região linear de tonalidade avermelhada, representando o ligamento patelar. Sob este, tecido de rigidez intermediária (verde) refere-se o coxim gorduroso, dentre o qual encontram-se os ligamentos cruzados, estruturas de menor rigidez (tons de azul); sendo o cranial de formato filiforme e localizado mais próxima à tíbia (T) e o caudal arredondado e mais próximo ao fêmur (F). As caixas de interesse são os contornos quadrangulares amarelos cujos valores são identificadas na caixa, através de legenda de símbolos. (FCAV – Jaboticabal, 2017)..... 23

Figura 5. Gráfico mostrando a média da velocidade de cisalhamento de cada estrutura (CCR = ligamento cruzado cranial, CCD= ligamento cruzado caudal, M = menisco, P= ligamento patelar) dos joelhos de Beagles saudáveis, determinadas utilizando a elastografia quantitativa *Acosutic radiation force impulse* (ARFI)..... 25

Figura 6. Gráfico mostrando a média da velocidade de cisalhamento de cada estrutura (CCR = ligamento cruzado cranial, CCD= ligamento cruzado caudal, M = menisco, P= ligamento patelar) dos joelhos de Beagles saudáveis, relacionadas aos gêneros dos animais.....	26
Figura 7. Gráfico mostrando a média da velocidade de cisalhamento de cada estrutura (CCR = ligamento cruzado cranial, CCD= ligamento cruzado caudal, M = menisco, P= ligamento patelar) dos joelhos de Beagles saudáveis relacionados à condição reprodutiva (inteiros ou castrados) dos animais.....	27
Figura 8. Gráfico mostrando a média da velocidade de cisalhamento de cada estrutura (CCR = ligamento cruzado cranial, CCD= ligamento cruzado caudal, M = menisco e P= ligamento patelar) dos joelhos de Beagles saudáveis relacionados à faixa etária (G1 = filhotes, G2= adultos e G3 = idosos) dos animais.....	28

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
<b>Capítulo 2</b>	
Tabela 1. Média ( $\pm$ desvio padrão) da idade e do peso dos 30 Beagles submetidos à elastografia dos joelhos, divididas por grupo, sendo G1- animais jovens (6 meses a 1 ano de idade); G2 – adultos (1 a 7 anos) e G3 - animais idosos (acima de 7 anos de idade) .....	24
Tabela 2. Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) das velocidades de cisalhamento de cada estrutura (ligamento patelar, ligamento cruzado caudal, menisco e ligamento cruzado cranial) dos joelhos de Beagles saudáveis, determinadas utilizando a elastografia quantitativa <i>Acoustic radiation force impulse</i> (ARFI).....	25
Tabela 3. Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) das velocidades de cisalhamento de cada estrutura (ligamento patelar, ligamento cruzado caudal, menisco e ligamento cruzado cranial) dos joelhos de Beagles saudáveis relacionados ao gênero dos animais.....	26
Tabela 4. Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) das velocidades de cisalhamento de cada estrutura (ligamento patelar, ligamento cruzado caudal, menisco e ligamento cruzado cranial) dos joelhos de Beagles saudáveis relacionados à condição reprodutiva dos animais (castrado/inteiro) .....	27
Tabela 5. Valores médios ( $\pm$ desvio padrão) das velocidades de cisalhamento de cada estrutura (ligamento patelar, ligamento cruzado caudal, menisco e ligamento cruzado cranial) dos joelhos de Beagles saudáveis relacionados à faixa etária dos animais.....	28

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**ARFI** – Acoustic Radiation Force Impulse

**CCD** – ligamento cruzado caudal

**CCR** – ligamento cruzado cranial

**FCAV** – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias

**G1** – grupo 1 (filhotes)

**G2** - grupo 2 (adultos)

**G3** – grupo 3 (idosos)

**kg** – quilograma

**M** – Menisco medial

**MHz** – mega-hertz

**m/s** - Metros por segundo

**P**- Ligamento patelar

**Unesp** – Universidade Estadual Paulista

**VS** – Velocidade de cisalhamento



## SUMÁRIO

	Página
<b>CERTIFICADO DE COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Objetivos gerais.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>2</b>
<b>3. HIPÓTESES.....</b>	<b>2</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>4.1 Animais.....</b>	<b>3</b>
4.1.1 Seleção dos animais.....	3
4.1.2 Critérios de exclusão.....	5
<b>4.2 Aspectos éticos.....</b>	<b>5</b>
<b>4.3 Protocolo experimental.....</b>	<b>5</b>
4.3.1 Grupos experimentais.....	5
4.3.2 Preparo dos animais.....	5
4.3.3 Avaliação elastográfica.....	7
4.3.3.1 <i>Aparelho.....</i>	<i>7</i>
4.3.3.2 <i>Examinador.....</i>	<i>7</i>
4.3.3.3 <i>Posicionamento do animal.....</i>	<i>7</i>
4.3.3.4 <i>Janelas ultrassonográficas.....</i>	<i>7</i>
4.3.3.5 <i>Sequência das imagens.....</i>	<i>8</i>
4.3.3.6 <i>Análise qualitativa.....</i>	<i>9</i>
4.3.3.7 <i>Análise quantitativa.....</i>	<i>10</i>
<b>4.4 Análise dos resultados.....</b>	<b>11</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 2 – Elastografia acoustic radiation force impulse (ARFI) das estruturas do joelho canino.....</b>	<b>13</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>13</b>

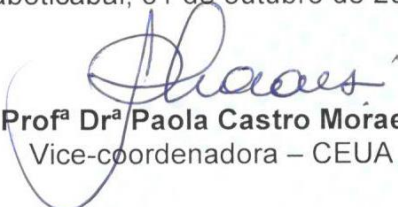
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Animais.....</b>	<b>17</b>
3.1.1 Seleção dos animais.....	18
3.1.2 Critérios de exclusão.....	18
<b>3.2 Aspectos éticos.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 Protocolo experimental.....</b>	<b>18</b>
3.3.1 Grupos experimentais.....	18
3.3.2 Preparo dos animais.....	19
3.3.3 Avaliação elastográfica.....	19
3.3.3.1 <i>Aparelho.....</i>	19
3.3.3.2 <i>Examinador.....</i>	19
3.3.3.3 <i>Posicionamento do animal.....</i>	19
3.3.3.4 <i>Janelas ultrassonográficas.....</i>	20
3.3.3.5 <i>Sequência das imagens.....</i>	21
3.3.3.6 <i>Análise qualitativa.....</i>	21
3.3.3.7 <i>Análise quantitativa.....</i>	22
<b>4.4 Análise dos resultados.....</b>	<b>23</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
<b>6. DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>8. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO 3 – Considerações Finais.....</b>	<b>34</b>
<b>1. ASPECTO RELEVANTES.....</b>	<b>34</b>
<b>2. DIFICULDADES ENCONTRADAS.....</b>	<b>34</b>
<b>3. PERSPECTIVAS.....</b>	<b>35</b>

## CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **“Elastografia Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) da articulação fêmorotibiopatelar em cães”**, protocolo nº 016524/17, 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 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 31 de outubro de 2017.

Vigência do Projeto	01/11/2017 a 24/11/2017
Espécie / Linhagem	<i>Canis familiaris</i>
Nº de animais	32
Peso / Idade	9,9 a 15,7 kg / 7 meses a 16 anos
Sexo	21 Machos e 11 Fêmeas
Origem	Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prado”

Jaboticabal, 31 de outubro de 2017.

  
**Profª Drª Paola Castro Moraes**  
 Vice-coordenadora – CEUA

## ELASTOGRAFIA ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE (ARFI) DAS ESTRUTURAS DO JOELHO CANINO

**RESUMO** - O presente estudo objetiva estabelecer padrões elastográficos normais das principais estruturas da articulação femorotibiopatelar (joelho) de cães saudáveis, em diferentes faixas etárias. Foram examinados 30 cães (60 articulações) da raça Beagle sem alterações musculoesqueléticas, os quais foram distribuídos em três grupos: jovens, adultos e idosos. Realizou-se elastografia ARFI do ligamento patelar, menisco medial, ligamento cruzado caudal e ligamento cruzado cranial de cada articulação. Análises qualitativas e quantitativas detectaram correlação positiva da velocidade de cisalhamento, ou seja, da rigidez das estruturas, com a idade dos cães. O ligamento patelar apresentou aumento gradual de sua rigidez em relação à idade; já o menisco e os ligamentos cruzados mostraram-se mais rígidos nos filhotes do que nos adultos, mas também revelaram suas maiores rigidezes nos animais idosos. Avaliou-se também a diferença de elasticidade das estruturas de acordo com o gênero e a condição reprodutiva dos animais. As fêmeas apresentaram todas as estruturas mais rígidas que os machos, com velocidades de cisalhamento diferindo entre 0,30 e 0,36 m/s dentre os dois gêneros; e apenas o menisco medial não se mostrou mais rígido nos animais castrados em relação aos inteiros, sendo a diferença daquele de apenas 0,02 m/s e a dos ligamentos de 0,40 a 0,47 m/s entre os grupos. Já quanto ao peso, não houve significância estatística em relação à elasticidade das estruturas. Tais achados corroboram os dados literários de maior prevalência de insuficiência ligamentar em cães mais idosos, em fêmeas e em animais castrados. Conclui-se, portanto, que a elastografia ARFI é exequível em joelhos caninos e que sua aplicação se mostra potencialmente efetiva não só como método de diagnóstico precoce de alterações ligamentares e meniscais, mas também para avaliação da repercussão de instabilidades no membro contralateral e do impacto de tratamentos cirúrgicos e fisioterápicos sobre tais estruturas. Acredita-se que a elastografia será um divisor de águas na insuficiência do ligamento cruzado cranial, possibilitando a elucidação de questões importantíssimas e ainda tão polêmicas da afecção, desde sua fisiopatogenia, fatores predisponentes e agravantes até o real sucesso terapêutico desta.

**Palavras-chave:** cão, ligamento cruzado caudal, ligamento cruzado cranial, ligamento patelar, menisco, ultrassonografia articular

## ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE (ARFI) ELASTOGRAPHY OF CANINE STIFLE STRUCTURES

**ABSTRACT** - The aim of this study is to establish normal elastographic patterns of the main knee structures of healthy dogs in different age groups. Thirty Beagles (60 joints) without musculoskeletal diseases were divided into three groups: young, adult and elderly. We performed ARFI elastography of the patellar ligament, medial meniscus, caudal cruciate ligament and cranial cruciate ligament. Qualitative and quantitative analyzes were performed, detecting a positive correlation of the shear velocity (rigidity of the structures) and the age of the dogs ( $p = 0.012$ ). The patellar ligament showed a gradual increase in its rigidity in relation to age; the meniscus and the cruciate ligaments were more rigid in the pups than in adults, but also showed greater rigidity in elderly animals. The difference in elasticity of structures according to sex and reproductive condition was also evaluated. The females had all the structures more rigid than the males, with shear velocities differing between 0.30 and 0.36 m / s between the two groups. Only the medial meniscus did not appear to be more rigid in castrated animals. There was no statistical significance regarding the elasticity of the structures, according to weight. ARFI elastography is feasible technique in canine knees, not only as a method for the early diagnosis of ligament and meniscal alterations, but also to evaluate repercussion of instability in the contralateral limb and the impact of surgical and physiotherapeutic treatments. It is believed that elastography can bring important information about cranial cruciate ligament insufficiency, enabling the elucidation of extremely important and still controversial issues of the condition.

**Keywords:** dog, cruciate ligament, patellar ligament, meniscus, articular ultrasonography

## CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

### 1. INTRODUÇÃO

As complexas conformações estruturais do joelho e morfológicas de todos os seus componentes somadas à quantidade de forças a que está submetido, justificam a grande prevalência de lesões nesta articulação em cães. O ligamento cruzado cranial tem responsabilidade majoritária na estabilidade articular e sua insuficiência assume papel de gatilho para uma cascata de eventos que, cronicamente, culminam na doença articular degenerativa (EVANS, 1993).

Estudos recentes dão importância à ocorrência de inflamação articular prévia ao rompimento ligamentar, promovendo degeneração central da estrutura e diminuição do seu poder de elasticidade. Existem duas hipóteses da causa desta inflamação, uma envolvendo fatores imunológicos e outra englobando fatores que alterem o metabolismo ligamentar, como idade, condições hormonais e conformações anatômicas dos animais (MUIR, 2010). Ambas as teorias sugerem predisposição individual à ruptura do ligamento cruzado cranial, ideia corroborada pela alta incidência de insuficiência ligamentar bilateral (22% a 54%) (MUIR et al., 2011).

Os exames de imagem atualmente utilizados para diagnóstico conseguem avaliar apenas a descontinuidade física do ligamento, suas consequências físicas e biomecânicas, ou ambas. Entretanto, nem radiografia, ultrassonografia, tomografia computadorizada, ressonância magnética ou artroscopia são capazes de avaliar a composição e modificação estrutural do ligamento em si (DOMINIC, 2010).

A elastografia é um método diagnóstico recentemente desenvolvido que permite realizar aferições e mensurações quantitativas e qualitativas das propriedades mecânicas do tecido, especificamente sua rigidez. Esta técnica foi introduzida pela primeira vez, *in vitro*, no início de 1990 e, posteriormente, evoluiu para se tornar ferramenta útil, em tempo real, na visualização da imagem de tecidos *in vivo*, averiguando a distribuição de tensão e módulo de elasticidade das estruturas (HOLDSWORTH et al., 2014).

Na medicina veterinária, o uso da elastografia ARFI é recente e experimental, sendo utilizada principalmente na avaliação de neoplasias mamárias em cadelas (FELICIANO et al., 2014), rim (HOLDSWORTH et al., 2014; GARCIA et al., 2015),

fígado e baço (HOLDSWORTH et al., 2014), testículos e próstata (FELICIANO, 2015). Estudos envolvendo elastografia no sistema musculoesquelético ainda são os menos frequentes. Apenas um deles não se refere à Medicina Equina, e avalia a rigidez do tendão patelar em cães (PALUMBO et al., 2016). Porém, acredita-se no potencial da técnica na avaliação articular de cães, proporcionando valores de referência qualiquantitativos que possam auxiliar na detecção precoce de alterações osteoarticulares, além de subsidiar a tomada de decisão no tratamento das artropatias em pequenos animais.

## REFERÊNCIAS

1. Evans HE. The skeleton, arthrology, the muscular system. *Miller's anatomy of the dog*. ed 3. Saunders: Philadelphia; 1993:122.
2. Muir P, Advances in the Canine Cruciate Ligament Rupture, Wiley-Blackwell, Iowa, 2010.
3. Muir P, Schwartz Z, Malek S, et al. Contralateral cruciate survival in dogs with unilateral non-contact cranial cruciate ligament rupture. *PLoS ONE*. 2011;6(10).
4. Dominic J; Marino DVM. Diagnostic Imaging of the Canine Stifle: A Review Veterinary Surgery. 2010.
5. Holdsworth A. Bradley K, Birch S, Willian J, Barberet B. Elastography of the normal canine liver, spleen and kidneys. *Vet Radiol Ultrasound*, Vol. 00, No. 0, p 1–8, 2014.
6. Feliciano MAR, Maronezi MC, Pavan, L. ARFI Elastography as complementary Diagnostic Method of Mamary Neoplasm in Female Dogs. *Journal of Small Animal Practice*, v47, p 189-207, 2014.
7. Garcia PHS, Uscagueti RR, Vicente WRR. Acoustic Radiation force impulse (ARFI) elastography of kidneys in healthy adult cats. *Journal of Small Animal Practice*, v 56, n. 8, p 505-509, 2015.
8. Feliciano MR. Acoustic Radiation Force Impulse Elastography as a complementary diagnostic method of prostate and testicle of healthy dogs. *Journal of Small Animal Practice*, v 58, n. 5, p 320-324, 2015.
9. Palumbo A, Piccionelo DVM, Serrani D, Busoni V, Salvaggio A, Bonazi M, Bergamino C. Sonoelastography of the canine patellar tendo: feasibility, reability and reproducibility. 18° ESVOT Congress, London, 2016.



## REFERÊNCIAS

1. Wingfield C, Amis AA, Stead AC, et al. Cranial cruciate stability in the Rottweiler and racing Grayhound: an in vitro study. *Journal of Small Animal Practice*, v41, pag 193-197 – 2009..
2. Reed AL, Payne JT, Constantinescu GM. Ultrasonography anatomy of the normal canine stifle. *Vet Radiol Ultrasound*, v36, p 315-321, 1995.
3. Evans HE. The skeleton, arthrology, the muscular system. *Miller's anatomy of the dog*. ed 3. Saunders: Philadelphia; 1993:122.
4. Muir P, *Advances in the Canine Cruciate Ligament Rupture*, Wiley-Blackwell, Iowa, 2010.
5. Ramírez - Flores, G, Del Angel-Caraza, J, Quijano-Hernández, A, Hulse DA, Beale BS, Victoria, JM. Correlation between osteoarthritic changes in the stifle joint in dogs and the results of orthopedic, radiographic, ultrasonographic and arthroscopic examinations. *Vet Res Commun. Holanda*; 41(2):129-137, 2017.
6. Bennett D, Tennant B, Lewis DG, et al. A reappraisal of anterior cruciate ligament disease in the dog. *J Small Animal Pract.* 29: 275, 1988.
7. Duval JM, Budsberg SC, Flo GI, et al. Breed, sex and body weight as risk factors for rupture of the cranial cruciate ligament in young dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 215:811, 1992.
8. Whitehair JG, Vasseur PB, Willits NH. Epidemiology of cranial cruciate ligament rupture in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 203:1016, 1993.
9. Wingfield C, Amis AA, Stead AC, et al. Comparison of the biomechanical properties of rottweiler and racing greyhound cranial cruciate ligaments. *J Small Anim Practice*, 41:303, 2000.
10. Hayes GM, Langley-Hobbs SJ, Jeffery ND. Risk factors for medial meniscal injury in association with cranial cruciate ligament rupture. *Journal of Small Animal Practice*, v51, n38, p 630-634, 2010.

11. Tobias KM, Johnston SA. *Veterinary Surgery: Small Animal*. (1ed) Saunders. Canada, 2011.
12. Marino DJ, Catherine A. Diagnostic Imaging of the Canine Stifle: a review. *Veterinary Surgery*. v 39, p 284-285, 2010.
13. Pickerell DM. Elastography: Imaging of tomorrow? *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 26 (3), p 109-113, 2010.
14. Nightingale K. Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) Imaging: a Review. *Current Medical Imaging Reviews*, v. 7, p 328-339, 2011.
15. Holdsworth A, Bradley K, Birch S, Willian J, Barberet B. Elastography of the normal canine liver, spleen and kidneys. *Vet Radiol Ultrasound*, Vol. 00, No. 0, p 1–8, 2014.
16. Feliciano MAR, Maronezi MC, Pavan, L. ARFI Elastography as complementary Diagnostic Method of Mammary Neoplasm in Female Dogs. *Journal of Small Animal Practice*, v47, p 189-207, 2014.
17. Garcia PH, Feliciano MA, Carvalho CF, Crivellenti LZ, Maronezi MC, Almeida VT, Uscategui RR, Vicente WR. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of kidneys in healthy adult cats: preliminary results. *J Small Anim Pract.*56(8):505-9, 2015.
18. Feliciano MA, Maronezi MC, Crivellenti LZ, Crivellenti SB, Simões AP, Brito MB, Garcia PH, Vicente WR. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of the spleen in healthy adult cats--a preliminary study. *J Small Anim Pract.*;56(3):180-3, 2015.
19. Maronezi MC, Feliciano MA, Crivellenti LZ, Simões AP, Bartlewski PM, Gill I, Canola JC, Vicente WR. Acoustic radiation force impulse elastography of the spleen in healthy dogs of different ages. *J Small Anim Pract.*56(6):393-7, 2015.
20. Feliciano MR. Acoustic Radiation Force Impulse Elastography as a complementary diagnostic method of prostate and testicle of healthy dogs. *Journal of Small Animal Practice*, v58, n. 5, p 320-324, 2015.

21. Fernandez S, Feliciano MAR, Borin-Crivellenti S, Crivellenti LZ, Maronezi MC, Simões APR, et al. Elastografia acoustic radiation force impulse (ARFI) das glândulas adrenais de cães adultos saudáveis. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* vol.69 no.2 , 2017.
22. Palumbo A, Piccionelo DVM, Serrani D, Busoni V, Salvaggio A, Bonazi M, Bergamino C. Sonoelastography of the canine patellar tendo: feasibility, reapility and reproducibility. 18º ESVOT Congress, London, 2016.
23. SarahF.Eby AE, PengfeiSong BC, ShigaoChen C, QingshanChen C, James F.Greenleaf CD, Kai-Nan AN. Validation of shear wave elastography in skeletal muscle S.F. Eby et al. / *Journal of Biomechanics* 46 2381–2387, 2013.
24. Vasseur PB, Pool RR, Arnoczky SP, et al. Correlative Biomechanical and histologic study of the cranial cruciate ligament in dogs. *Am J Vet Res*, V46, p 184-197, 1985.
25. Muir P, Schwartz Z, Malek S, et al. Contralateral cruciate survival in dogs with unilateral non-contact cranial cruciate ligament rupture. *PLoS ONE*. 2011;6(10).
26. Tahman S, Aderst W, Kolowich P, et al. Kinemtics of the ACL – deficient canine during gait: Serial changes over two years. *J Orthop Res*. 22:931, 2004

## **CAPÍTULO 3 - Considerações finais**

### **ASPECTOS RELEVANTES**

Uma das cadelas apresentou sensibilidade dolorosa em um joelho, outra apresentou luxação patelar medial grau I e mais uma revelou desconforto em articulação coxofemoral e, conforme critérios de exclusão, não participaram do trabalho. Porém, o exame elastográfico do joelho foi realizado e alterações de elasticidade em pelo menos uma das estruturas dos membros acometidos foram percebidas, reafirmando a viabilidade e confiabilidade da elastografia ARFI.

### **DIFICULDADES ENCONTRADAS**

O intuito inicial deste estudo era o de já padronizar os valores elastográficos de uma raça notadamente predisposta à ruptura do ligamento cruzado cranial para num futuro próximo associar a um trabalho com os animais apresentando a afecção. Porém, pela limitação de dias para realização dos exames elastográficos devido a imprescindibilidade de que o mesmo experiente avaliador fizesse todos eles, o uso dos Beagles de um Laboratório da própria Universidade se fez necessário.

Esta dificuldade de arrecadação de animais colaboradores se associa ao fato da obrigatoriedade da ausência de problemas musculo esqueléticos nos cães, pois os proprietários não têm consciência dos benefícios futuros que o estudo pode trazer para o âmbito veterinário, já que não tem relação direta e atual com a situação de seu animal. Estudos envolvendo animais doentes que oferecem não só exames complementares, mas também contribuem especificamente para a afecção do animal costumam ser mais atrativos e convincentes.

Outro limitador da escolha da raça foi o tamanho do transdutor disponível. A posse de tamanhos variáveis do transdutor multi frequencial matricial e linear de 9,0 MHz torna o exame mais versátil.

<sup>1</sup> Formatação segundo as normas da revista *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology – Original Research*

## PERSPECTIVAS

Estudos de padronização desempenham, sobretudo, papel de fornecer dados base para diversos trabalhos que justifiquem e valorizem seus novos conceitos. As propostas de pesquisas abaixo narradas fundamentam, portanto, a standardização dos valores elastográficos das estruturas do joelho canino.

Como discutido, a predisposição racial à ruptura do ligamento cruzado cranial ainda não está esclarecida. Portanto, a realização da padronização dos valores elastográficos das estruturas do joelho de diferentes raças, tanto das predispostas quanto das não, auxiliaria na elucidação da real relação deste fator. Seria interessante a mensuração da angulação do joelho por meio de goniometria com o animal em estação e a determinação do ângulo do platô tibial para associar a conformação anatômica aos valores elastográficos. Mapeamento genético destes animais poderia colaborar para avaliação da vinculação de fatores hereditários à elasticidade das estruturas. Além disso, a regulamentação dos valores elastográficos de mais raças tornaria o exame um método de diagnóstico mais preciso e fidedigno.

Estes dados poderiam também examinar a defluência do grau da atividade física do animal e ambiente/piso que o mesmo vive na elasticidade ligamentar e meniscal.

Realização de dosagens hormonais, cálculos de massa muscular e de porcentagem de gordura nestes animais, ajudariam nas pesquisas sobre a atuação destes aspectos e a interpelação deles na insuficiência do ligamento cruzado cranial.

O impacto de nefropatias, cardiopatias e endocrinopatias na elasticidade dos elementos do joelho também merecem investigação, haja visto seus efeitos no metabolismo musculo esquelético.

Estudos averiguando a importância dos diferentes graus de luxação patelar e dos desvios angulares na mudança da elasticidade do ligamento cruzado cranial explanaria a predisposição à ruptura ligamentar que as afecções apresenta. Assim como demais acometimentos ortopédicos e neurológicos são dignos de atenção.

Verificação das rigidezes das estruturas do joelho no membro contralateral ao com instabilidade ligamentar esclareceria a alta taxa de ocorrência bilateral da afecção e sua ligação com todos estes fatores já citados.

Interessantíssimo seria o acompanhamento seriado elastográfico do joelho de cães a longo prazo, para que as questões individuais não mascarassem as variações do comportamento mecânico das estruturas realmente relacionadas à idade e obtivéssemos maiores elucidações a esse respeito.

Possivelmente, análise do líquido sinovial vinculada a alterações elastográficas ligamentares e meniscais poderia confirmar a existência e desvendar a origem da suposta inflamação articular prévia à ruptura do ligamento cruzado cranial.

Avaliações histopatológicas dos ligamentos cruzados, ligamento patelar e menisco lateral de animais saudáveis e de animais com insuficiência do ligamento cruzado cranial comparadas aos seus valores elastográficos ratificariam a fidedignidade do exame. Meniscos lesionados e cotos ligamentares cranias retirados cirurgicamente de cães são passíveis ao exame histopatológico. Tal estudo das demais estruturas e dos elementos saudáveis provavelmente precisariam ser de modelos experimentais.

Definidos os padrões, a análise da existência de alteração de rigidez do ligamento patelar, ligamento cruzado caudal e menisco medial após os diversos tipos de técnicas cirúrgicas corretoras para ruptura do ligamento cruzado cranial, tanto as osteotomias quanto as envolvendo suturas extra ou intra capsulares, auxiliaria na ainda tão polêmica questão da adequabilidade de cada método cirúrgico. Também neste contexto, permitiria a avaliação dos benefícios e das repercussões dos tratamentos conservativos como fisioterapia, ozonioterapia, entre outros. Da mesma forma que, em animais com insuficiência do ligamento cruzado cranial que não tenham recebido nenhum tipo de tratamento, o exame de rigidez do cruzado caudal, patelar e menisco em joelhos sendo correlacionado ao tempo de evolução e gravidade da doença articular degenerativa traria informações valiosas.

Como já dito, é possível e válida a realização da elastografia do joelho em diferentes angulações dos membros dos animais examinados e, inclusive, a avaliação com o animal em posição quadrupedal. Situações estas que garantem dados em diferentes tensões ligamentares, tendíneas e musculares e são relevantes tanto em animais saudáveis quanto nos doentes e nos tratados cirurgicamente ou não.

Almeja-se que a relevância e o potencial clínico deste estudo tenha se elucidado diante de todas estas moções.