

**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

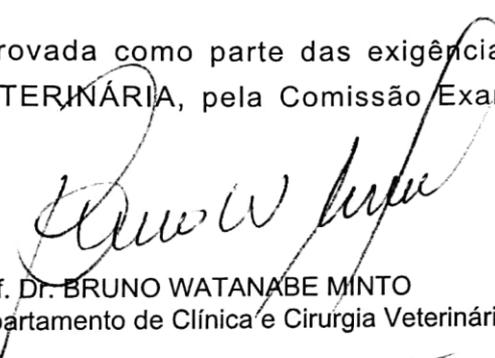
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ELASTOGRAFIA ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE (ARFI) DAS ESTRUTURAS DO JOELHO CANINO

AUTORA: LUCIA MARIA IZIQUE DIOGO

ORIENTADOR: BRUNO WATANABE MINTO

COORIENTADOR: MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO

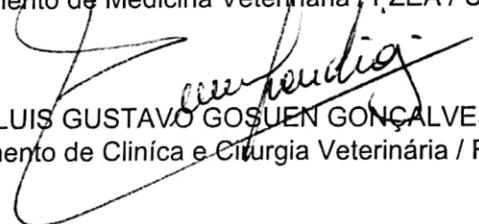
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIRURGIA VETERINÁRIA, pela Comissão Examinadora:



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 GOSUEN 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, Livia 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.
Capítulo 1	
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.
Capítulo 2	
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
CERTIFICADO DE COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivos gerais.....	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
3. HIPÓTESES.....	2
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
4.1 Animais.....	3
4.1.1 Seleção dos animais.....	3
4.1.2 Critérios de exclusão.....	5
4.2 Aspectos éticos.....	5
4.3 Protocolo experimental.....	5
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>
4.4 Análise dos resultados.....	11
5. REFERÊNCIAS.....	12
CAPÍTULO 2 – Elastografia acoustic radiation force impulse (ARFI) das estruturas do joelho canino.....	13
Resumo.....	13

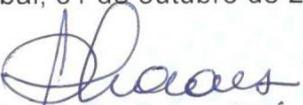
1. INTRODUÇÃO.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Animais.....	17
3.1.1 Seleção dos animais.....	18
3.1.2 Critérios de exclusão.....	18
3.2 Aspectos éticos.....	18
3.3 Protocolo experimental.....	18
3.3.1 Grupos experimentais.....	18
3.3.2 Preparo dos animais.....	19
3.3.3 Avaliação elastográfica.....	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
4.4 Análise dos resultados.....	23
5. RESULTADOS.....	24
6. DISCUSSÃO.....	28
7. CONCLUSÃO.....	30
8. REFERÊNCIAS.....	31
CAPÍTULO 3 – Considerações Finais.....	34
1. ASPECTO RELEVANTES.....	34
2. DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	34
3. PERSPECTIVAS.....	35

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.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Os objetivos gerais deste projeto foram as padronizações dos valores elastográficos das estruturas do joelho (ligamento patelar, menisco medial, ligamento cruzado cranial e ligamento cruzado caudal) de cães saudáveis da raça Beagle em três diferentes faixas etárias.

2.2 Objetivos específicos

- Investigar a viabilidade da execução da elastografia ARFI nas estruturas do joelho de cães.
- Avaliar a relação entre perda de elasticidade das estruturas e envelhecimento dos animais.
- Relacionar os valores elastográficos encontrados com o gênero dos cães.
- Comparar a rigidez das estruturas entre animais castrados e animais inteiros.
- Avaliar a existência de correlação da elasticidade das estruturas com o peso dos cães.

3. HIPÓTESES

A principal hipótese deste trabalho é que, uma vez padronizados os valores elastográficos das estruturas do joelho canino saudável em diferentes faixas etárias,

seja possível detectar, por meio da elastografia, alterações morfológicas dos ligamentos e do menisco medial precocemente, a ponto de permitir intervenção (cirúrgica ou conservadora) prévia à instalação da doença articular degenerativa, melhorando assim o prognóstico do animal.

Adicionalmente, acredita-se que ao detectar alterações de rigidez de tais estruturas em fêmeas frente a machos e de animais castrados em relação aos inteiros, os estudos epidemiológicos relacionados à insuficiência do ligamento cruzado cranial sejam não só corroborados como também elucidados.

Supõe-se ainda que tal padronização permita estudos futuros envolvendo fisiopatologia da doença, fatores predisponentes e impacto no membro contralateral, além de eficácia e efeitos adversos de métodos terapêuticos da doença do ligamento cruzado cranial.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Animais

Foram utilizados 30 animais da espécie *Canis familiaris* e da raça Beagle pertencentes ao Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prado” do Hospital Veterinário da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP). – Câmpus Jaboticabal (SP).

Dos 30 animais, 21 eram machos, sendo apenas 4 castrados; e 9 eram fêmeas, destas, 5 castradas.

4.1.1 Seleção dos animais

Não houve seleção por gênero ou condição reprodutiva.

Realizou-se exame ortopédico completo de todos os animais, desde avaliação da deambulação até palpação de todas as articulações. Analisou-se presença de dor, alteração em amplitude de movimento, edema, crepitação e cisalhamento lateral.

Importância foi dada aos testes de compressão tibial cranial e de gaveta (com membro estendido e flexionado) e palpação patelar (Figura 1).

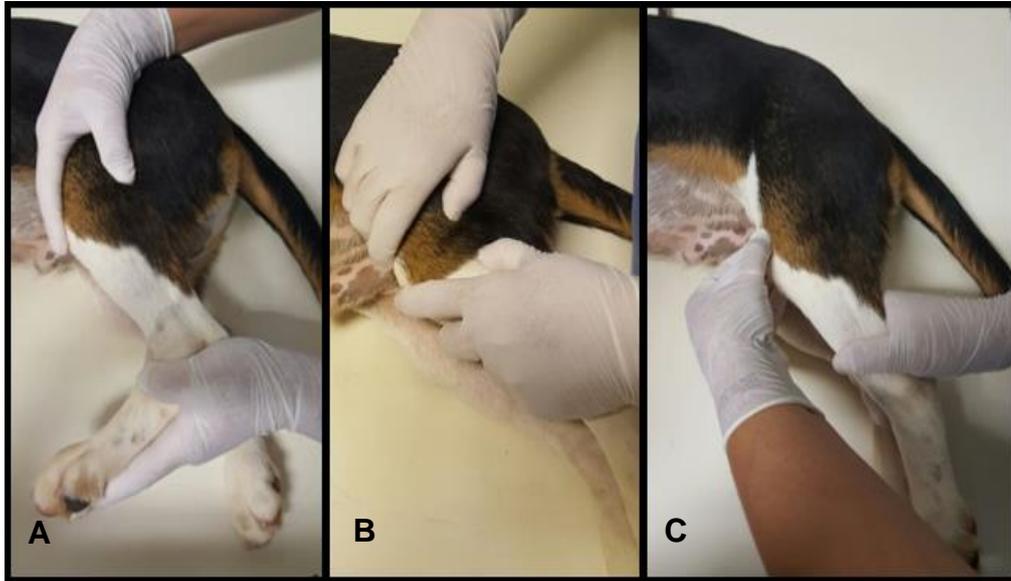


Figura 1. Imagens fotográficas de Beagle sendo submetido a exame ortopédico. Em "A" está sendo realizado teste de compressão tibial de joelho esquerdo; em "B", teste de gaveta com o mesmo membro estendido e em "C", palpação patelar.

Todos os cães foram submetidos a exames radiográficos bilaterais de joelho, em projeções craniocaudal e mediolaterais (Figura 2).

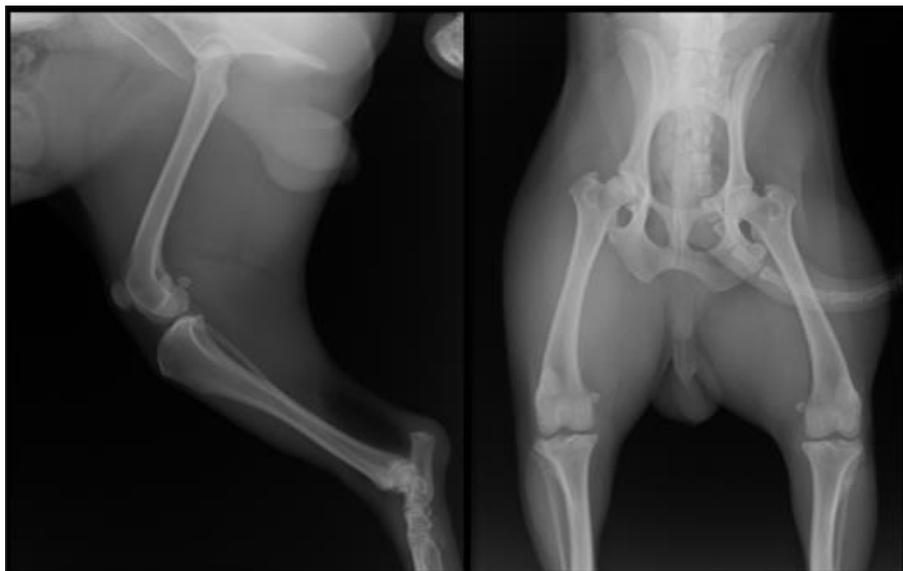


Figura 2. Imagens radiográficas de articulação do joelho de Beagle, sendo "A" uma projeção médio lateral com membro em posição anatômica e "B" a projeção ventrodorsal do mesmo animal.

4.1.2 Critérios de exclusão

Animais que apresentaram qualquer alteração em membros pélvicos no exame ortopédico, mesmo que apenas dor, assim como nas radiografias foram excluídos do estudo.

4.2 Aspectos éticos

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Câmpus Jaboticabal SP (protocolo 016524/17).

4.3 Protocolo experimental

4.3.1 Grupos experimentais

Os 30 cães foram distribuídos em três grupos, de acordo com a idade. O Grupo 1 (G1) incluiu animais entre 6 e 12 meses de idade e foi formado por 6 cães; já o Grupo 2 (G2) consistiu em animais entre um e seis anos de idade, possuindo 12 cães e Grupo 3 (G3) compreendeu animais acima de 7 anos de idade, sendo composto também por 12 cães.

4.3.2 Preparo dos animais

O único preparo necessário foi a tricotomia das faces cranial, medial e lateral de ambas as articulações dos animais (Figura 3), que foi realizada com máquina de tricotomia.

Uma vez que os animais são adaptados a este tipo de manejo e o procedimento era rápido, não invasivo e não doloroso, a contenção física se fez suficiente, não sendo necessário, portanto, jejum algum.

No intervalo entre a tricotomia e o exame, o qual não perdurava 30 minutos, os animais eram mantidos em duplas em gaiolas, com água à disposição (Figura 4).



Figura 3. Imagens fotográficas mostrando a realização da tricotomia do joelho esquerdo de Beagle em "A" e o seu aspecto final em "B".



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.

4.3.3 Avaliação Elastográfica

4.3.3.1 *Aparelho*

Utilizou-se o aparelho ultrassonográfico ACUSON S2000/SIEMENS¹, com software para caracterização qualitativa e quantitativa utilizando o método Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) e transdutor multi frequencial matricial e linear de 9,0 MHz.

4.3.3.2 *Examinador*

Todos os exames foram realizados pelo mesmo avaliador, sendo este um profissional com atuação de mais de 11 anos na área.

4.3.3.3 *Posicionamento do animal*

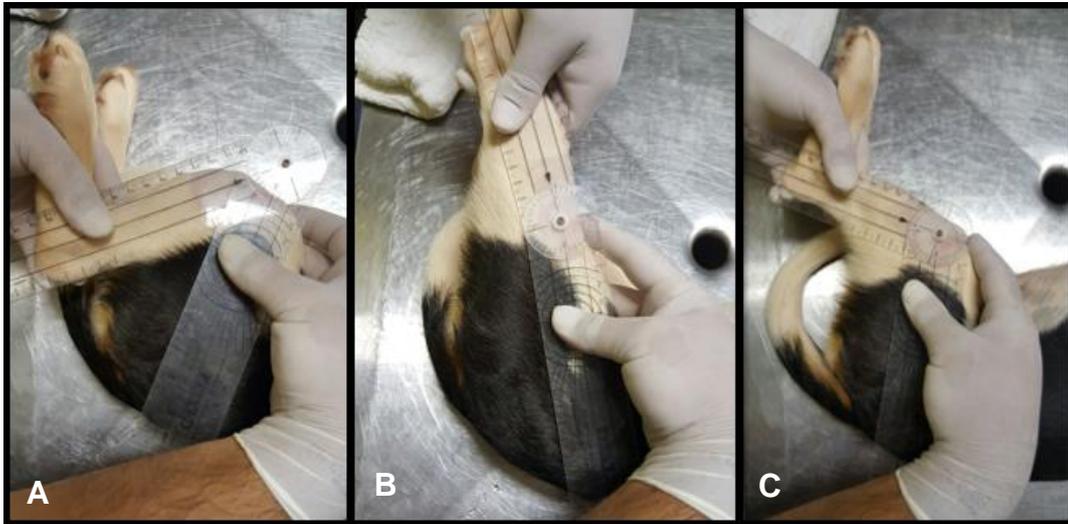
Os cães foram mantidos em decúbito lateral, com o membro a ser examinado contrário à mesa.

Por meio de goniometria, mensurou-se a angulação do joelho de cada animal em flexão (Figura 5A) e extensão máxima (Figura 5B), e considerou-se a média destes valores como angulação anatômica (Figura 5C), a ser mantida durante a avaliação ligamentar. Já o menisco medial foi avaliado em total flexão.

4.3.3.4 *Janelas ultrassonográficas*

¹ ACUSON S2000 – SIEMENS Ltda, São Paulo - SP

As avaliações ultrassonográficas dos ligamentos foram feitas em corte longitudinal, com a probe posicionada paralelamente e medialmente ao ligamento



patelar, com angulação variando entre 0° e 20° em direção lateral. Enquanto o menisco medial foi avaliado em corte transversal, com a probe perpendicular e ligeiramente medial ao ligamento patelar.

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.

4.3.3.5 Sequência de imagens

A elastografia é sempre associada ao tradicional ultrassom modo B (Figura 6A), sendo deste a primeira imagem obtida. Em seguida aplicava-se o software para obtenção dos elastogramas (Figura 6B) a serem avaliados qualitativa e quantitativamente.

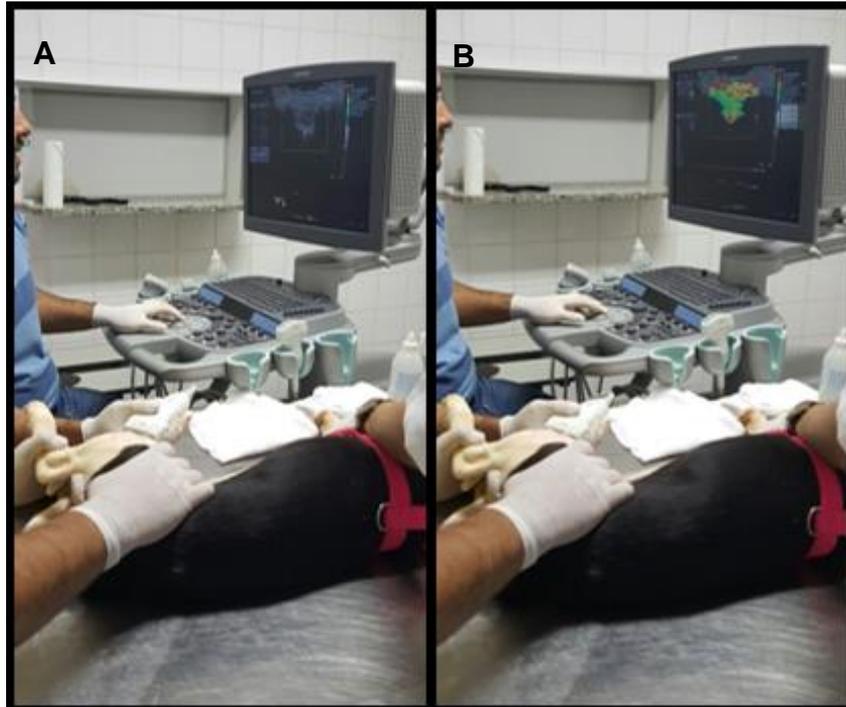


Figura 6. Imagens fotográficas da realização de ultrassonografia de joelho esquerdo de Beagle, em corte longitudinal. Em "A", imagem gerada é de ultrassom modo B tradicional e em "B", elastograma é associado à esta.

4.3.3.6 Análise qualitativa

Na avaliação elastográfica qualitativa, uma estrutura é classificada entre homogênea e heterogênea, de acordo com as cores presentes no seu elastograma. O significado das cores do software é ajustável conforme a preferência do examinador. Neste estudo, tons de azul indicam elasticidade, tons de vermelho e de amarelo determinam rigidez e o verde é a cor intermediária. Se a estrutura compreender apenas uma categoria de cores, é definida como homogênea (Figura 7A); se abranger mais de uma classificação de cor, heterogênea (Figura 7B). Todas as análises qualitativas foram realizadas por um mesmo avaliador.

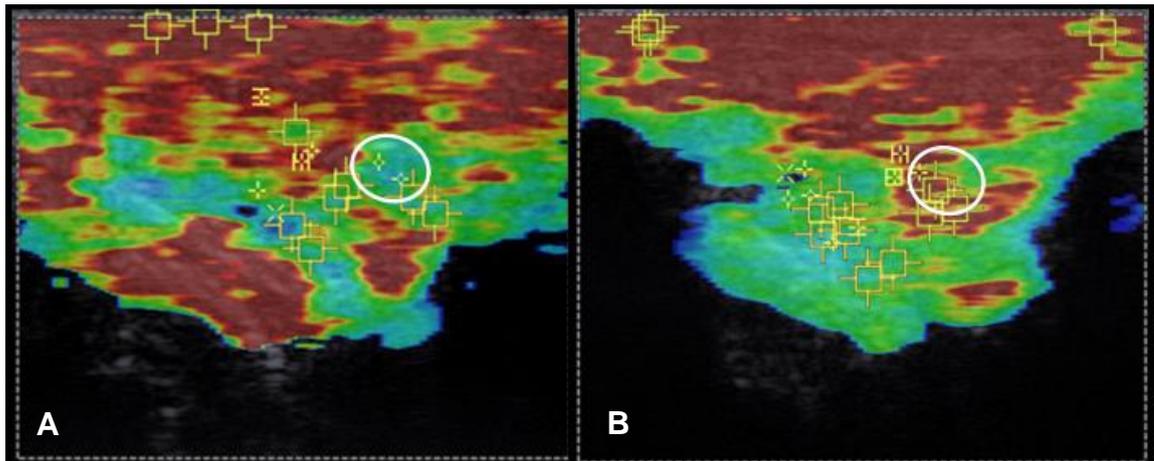


Figura 7. Imagens elastográficas de cortes longitudinais mediais de joelhos caninos distintos (A e B). Em "A", o círculo branco delimita um ligamento cruzado caudal homogêneo, pois só possui tons de azul; já em "B" o círculo branco demarca um ligamento cruzado caudal heterogêneo, pois abrange tons de vermelho/amarelo e verde.

4.3.3.7 Análise quantitativa

A análise quantitativa consiste na mensuração da velocidade de cisalhamento de cada estrutura. Para adquiri-la, o examinador posiciona uma "caixa" de interesse, e o software informa a velocidade de cisalhamento e a profundidade de tal área em uma "caixa" informativa lateral, com legendas de símbolos. Padroniza-se que cada estrutura receba no mínimo 3 caixas de interesse, para que seja possível fazer média dos valores (Figura 8). A caixa de interesse mede 10mm² e a velocidade de cisalhamento máxima detectada pelo software é 10 m/s, acima disso, é legendada com "high".

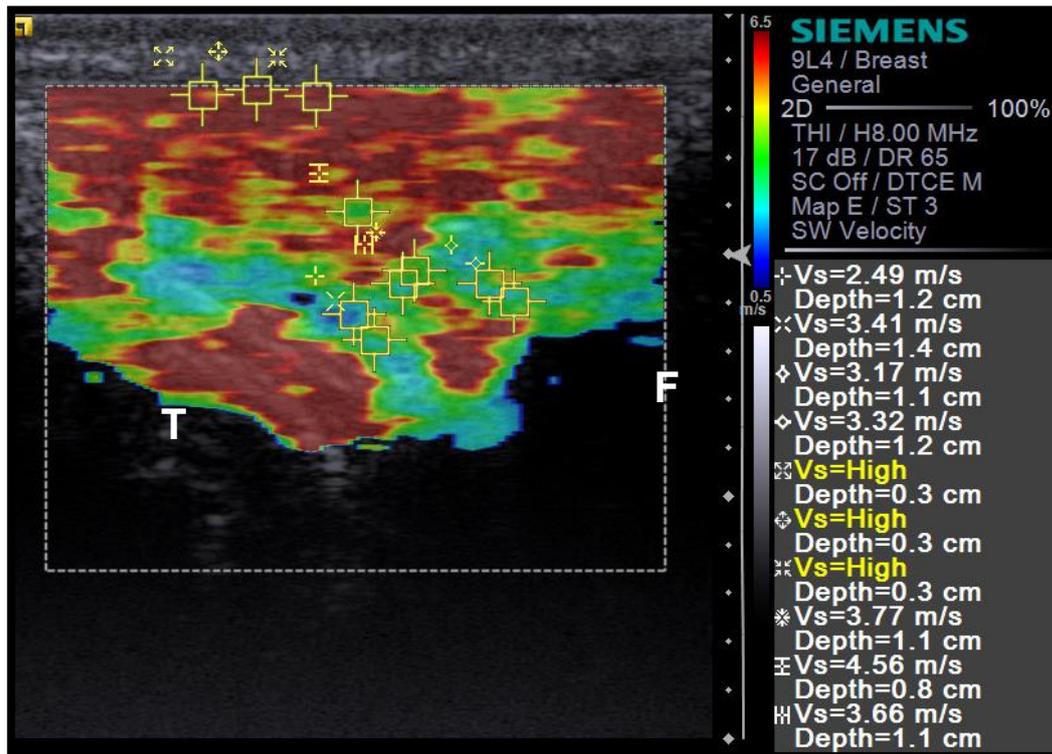


Figura 8. Imagem elastográfica obtida em plano longitudinal de joelho canino semi flexionado. Superficialmente, nota-se região linear de tonalidade avermelhada, representando o ligamento patelar. Sob este, tecido de rigidez intermediária (verde) refere-se o coxim gorduroso, dentre o qual encontram-se 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).

4.4 Análise dos resultados

As análises estatísticas foram feitas com auxílio do software R e o pacote Agricolae e os gráficos com o pacote ggplot2, foi feito o teste de Kruskal Wallis seguido (post hoc) de comparação múltipla dos tratamentos com teste de Benjamini-Hochberg (CHEN & PEACE, 2010; AVRIVA & WATSON, 2013).

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.

CAPÍTULO 2 - Elastografia Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) das estruturas do joelho canino^a

Resumo

Objetivos: O estudo objetiva estabelecer padrões elastográficos normais das principais estruturas do joelho de cães saudáveis, em diferentes faixas etárias.

Método: Distribuiu-se 30 cães da raça Beagle sem alterações musculoesqueléticas 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 e análises qualitativas e quantitativas foram desenvolvidas. Avaliou-se também a diferença de elasticidade das estruturas de acordo com o gênero e a condição reprodutiva dos animais.

Resultado: Detectou-se correlação positiva da rigidez das estruturas com a idade dos cães. As fêmeas apresentaram todas as estruturas mais rígidas que os machos e apenas o menisco medial não se mostrou mais rígido nos animais castrados em relação aos inteiros. Já quanto ao peso, não houve significância estatística em relação à elasticidade das estruturas.

Significância Clínica: Acredita-se que a elastografia seja um divisor de águas da 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, ligamento patelar, menisco, ultrassonografia articular

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

1. INTRODUÇÃO

O joelho consiste em uma complexa diartrose, cujos componentes ósseos incluem a patela, os côndilos femorais e os platôs ou côndilos tibiais proximais. As articulações femoropatelar, tíbiofibular e fêmoro-tibial são interdependentes, sendo a última a principal responsável pelo suporte de peso do membro, e parcialmente ocupada por dois meniscos, o medial e o lateral (1).

Os meniscos compreendem estruturas fibrocartilaginosas semilunares e bicôncavas que melhoram a congruência entre os côndilos femorais e o platô tibial e auxiliam na estabilidade craniocaudal e rotacional do joelho (2).

A sustentação ligamentosa da articulação do joelho é conferida majoritariamente pelos quatro ligamentos femorotibiais, os quais podem ser divididos em extra e intra-articulares. Os extra articulares se referem aos ligamentos colaterais medial e lateral, que proporcionam sustentação à cápsula articular ao se unirem à esta. Os ligamentos cruzados invaginam-se na cápsula articular pela face caudal da articulação, porém são revestidos por membrana sinovial, se tratando então de ligamentos intra capsulares, mas extra sinoviais. A denominação de ligamentos cruzados se dá pela decussação que ocorre entre eles, e a designação de cranial e caudal pelos seus locais de inserção no platô tibial (3).

O ligamento cruzado cranial é dividido em dois componentes funcionais, as chamadas bandas, cujas nomenclaturas também se relacionam ao local de inserção ao platô tibial. São elas: banda crânio medial e a caudo lateral. Esta mantém-se tensa apenas quando em extensão; enquanto aquela encontra-se tensa durante todas as amplitudes de movimento, tendo, portanto, maior responsabilidade na estabilidade da articulação e sofrendo conseqüentemente maior sobrecarga (4).

O ligamento cruzado caudal é mais longo e mais espesso do que o ligamento cruzado cranial. Apresenta também divisão funcional em porções cranial e caudal, que se revezam no momento de tensão: flexão e extensão, respectivamente (5).

O ligamento cruzado cranial é o principal responsável por restringir a translação cranial da tíbia (movimento de gaveta cranial). É também o limitador primário da hiperextensão e dos movimentos varo e valgo da articulação fêmoro-tibial. O ligamento cruzado caudal age de forma secundária à estabilização de todas estas

forças e impede a translação caudal da tíbia em relação ao fêmur (movimento de gaveta caudal). O entrelace dos ligamentos cruzados cranial e caudal proporciona estabilidade à rotação interna do joelho (6).

Por muito tempo, a ruptura do ligamento cruzado cranial foi relacionada exclusivamente a fatores traumáticos; porém hoje já se sabe que se trata de doença degenerativa na qual a cronicidade de lesões como hialinização e mineralização; perda de fibroblastos e metaplasia condroide dos remanescentes, além de rompimento das matrizes de colágeno levam à dilaceração inter parenquimatosa do ligamento. (7)

Estudos recentes mostram a relação da ruptura do ligamento cruzado cranial com inflamação articular pregressa, havendo duas hipóteses centrais. A primeira diz se tratar de resposta autoimune ao ligamento cruzado, pelo fato deste ser extra sinovial. Nesta, defende-se que a ativação de imuno complexos sinoviais desenvolveria sinovite crônica que interferiria negativamente na nutrição e metabolismo do ligamento cruzado cranial. A outra, diz que um defeito primário no ligamento cruzado cranial ou em seu metabolismo resultaria em micro lesões em tal estrutura, estando a origem deste defeito supostamente relacionada aos fatores citados a seguir (4).

A resistência do ligamento cruzado cranial do cão é inversamente proporcional à idade deste, devido perda da organização dos feixes de fibras e alterações celulares já citadas (8). Estas transformações são mais pronunciadas e mais precoces em cães de grande porte, justificando a ocorrência de ruptura nestes animais de forma mais frequente e em idade mais jovem do que nos de pequeno porte (9).

Fatores hormonais tem se mostrado com importante função no metabolismo ligamentar. Estrógenos diminuem a proliferação de fibroblastos e a progesterona contrabalança esta influência do estrógeno na estrutura. Análise epidemiológica corrobora tais informações, uma vez que cães castrados apresentam maior prevalência de ruptura do ligamento cruzado cranial do que inteiros (10).

No mesmo sentido, fêmeas são mais predispostas à lesão do que machos. Alguns estudos correlacionam a castração com sobrepeso, que sobrecarrega as articulações e conseqüentemente os ligamentos (8).

Predisposição racial pode ser relacionada a fatores hereditários; porém, poucos são os estudos que indicam influência genética. Acredita-se que a conformação anatômica das raças seja a premissa para a ruptura do ligamento cruzado cranial. Animais com configuração da articulação do joelho mais estendida e/ou com inclinação anormal do platô tibial expõe o ligamento cruzado a maior e mais constante tensão, assim como os que apresentam rotação interna da tibia. Condições ambientais devem ser consideradas, haja vista a influência de micro lesões no joelho como agentes primários da inflamação articular (9).

A ruptura do ligamento cruzado cranial aumenta o risco de lesão meniscal, uma vez que o polo caudal de tal estrutura passa a ser o limitador mecânico (“calço”) da translação cranial da tibia. É presuntivo, portanto, que a gravidade da lesão meniscal está correlacionada com o tempo e grau de instabilidade articular, assim como com o peso do animal (10).

No mesmo sentido, a instabilidade do joelho que apresenta ruptura do ligamento cruzado cranial faz com que o cruzado caudal sofra alterações morfológicas geradas tanto pela degradação enzimática, devido inflamação articular; quanto pela sobrecarga mecânica ao ter que suportar maior deslocamento caudal da tibia (11).

Os exames de imagem atualmente utilizados para diagnóstico conseguem avaliar apenas a descontinuidade física do ligamento, suas consequências físicas e biomecânicas, ou ambas. Nem radiografia, ultrassonografia, tomografia computadorizada, ressonância magnética ou artroscopia são capazes de avaliar a composição e modificação estrutural do ligamento em si (12).

A elastografia é um exame de imagem recentemente desenvolvido que permite realizar aferições das propriedades mecânicas do tecido, especificamente sua rigidez e pode ser comparada ao exame de palpação, tão importante desde os primórdios da medicina. Seu software pode ser associado à ultrassonografia, tomografia computadorizada e ressonância magnética. Sendo a primeira a mais realizada devido acessibilidade e versatilidade do exame (13).

A rigidez é inversamente proporcional à elasticidade, sendo esta definida como a habilidade de um tecido recuperar seu tamanho e formato originais após recebimento de estresse (14).

A elastografia é dividida em duas categorias principais, de acordo com a forma de aplicação do estresse. Sua versão original é a “*Strain*” na qual o estresse é gerado por compressão da probe, gerada pelo examinador. A técnica “*Shear-wave*” veio superar a imprecisão e dependência do examinador da “*Strain elastography*”, uma vez que o estresse se dá por impulsos acústicos curtos e de alta intensidade e as velocidades da propagação destes nas estruturas são quem determinam a rigidez destas. Como quando uma bola lançada numa mesa quica mais rápido do que quando lançada em um colchão, quanto maior a rigidez do tecido, maior a velocidade de cisalhamento nele (15).

Em veterinária, o uso da elastografia ARFI é recente e experimental, sendo utilizada na avaliação de neoplasias mamárias em cadelas (16), padronização de valores de referência para avaliação hepática, renal e esplênica em cães adultos (15); renal (17) e esplênica em gatos (18), análise do baço em cães de diferentes idades (19), observações de testículos e próstata canina (20), além de estudo com adrenais (21) e outros.

Estudos envolvendo elastografia no sistema musculoesquelético ainda são os menos frequentes. Na Medicina Veterinária, apenas um deles não se refere à Medicina Equina, e avalia a rigidez do tendão patelar em cães (22).

2. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Animais

Foram utilizados 30 animais da espécie *Canis familiaris* e da raça Beagle pertencentes ao Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prado” do Hospital Veterinário da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP). – Câmpus Jaboticabal (SP).

Dos 30 animais, 21 eram machos, sendo apenas 4 castrados; e 9 eram fêmeas, destas, 5 castradas.

3.1.1 Seleção dos animais

Não houve seleção por gênero ou condição reprodutiva.

Realizou-se exame ortopédico completo de todos os animais, desde avaliação da deambulação até palpação de todas as articulações. Analisou-se presença de dor, alteração em amplitude de movimento, edema, crepitação e cisalhamento lateral. Importância foi dada; teste de compressão tibial cranial; ao teste de gaveta (com membro estendido e flexionado) e palpação patelar.

Todos os cães foram submetidos a exames radiográficos bilateral de joelho, em projeções craniocaudal e mediolaterais em angulação anatômica (135°) quanto sob estresse (90°).

3.1.2 Critérios de exclusão

Animais que apresentaram qualquer alteração em membros pélvicos no exame ortopédico, mesmo que apenas dor; assim como nas radiografias, foram excluídos do estudo.

3.2 Aspectos éticos

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Câmpus Jaboticabal SP (protocolo 016524/17).

3.3 Protocolo experimental

3.3.1 Grupos experimentais

Os 30 cães foram distribuídos em três grupos, de acordo com a idade. O Grupo 1 (G1) incluiu animais entre 6 e 12 meses de idade e foi formado por 6 cães; Grupo 2 (G2) consistiu em animais entre um e 6 anos de idade, possuindo 12 cães e Grupo 3

(G3) compreendeu animais acima de 7 anos de idade, sendo composto também por 12 cães.

3.3.2 Preparo dos animais

O único preparo necessário foi a tricotomia das faces cranial, medial e lateral de ambas as articulações dos animais.

Uma vez que os animais são adaptados a este tipo de manejo e o procedimento era rápido, não invasivo e não doloroso, a contenção física se fez suficiente, não sendo necessário, portanto, jejum algum.

No intervalo entre a tricotomia e o exame, o qual não perdurava 30 minutos, os animais eram mantidos em duplas em gaiolas, com água à disposição.

3.3.3 Avaliação Elastográfica

3.3.3.1 *Aparelho*

Utilizou-se o aparelho ultrassonográfico ACUSON S2000/SIEMENS¹, com software para caracterização qualitativa e quantificação utilizando o método Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) e transdutor multi frequencial matricial e linear de 9,0 MHz.

3.3.3.2 *Examinador*

Todos os exames foram realizados pelo mesmo avaliador, sendo este um profissional com atuação de mais de 11 anos na área.

3.3.3.3 *Posicionamento do animal*

Os cães eram mantidos em decúbito lateral, com o membro a ser examinado contrário à mesa.

¹ ACUSON S2000 – SIEMENS Ltda, São Paulo - SP

Por meio de goniometria, mensurou-se a angulação do joelho de cada animal em flexão (Figura 1A) e extensão máxima (Figura 1B), e considerou-se a média destes valores como angulação anatômica (Figura 1C), a ser mantida durante a avaliação ligamentar. Já o menisco foi avaliado em total flexão.

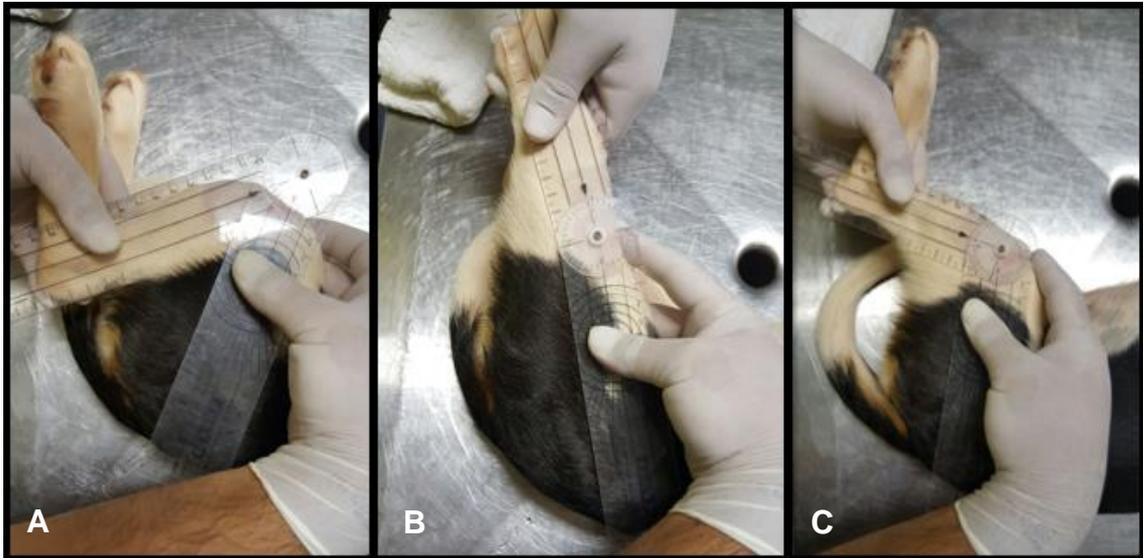


Figura 1. Imagens fotográficas de mensurações de angulações de joelho esquerdo de Beagle por meio de goniometria. Em "A" o joelho encontra-se em flexão completa, posição em que a avaliação do menisco medial era realizada; em "B", joelho estendido totalmente e em "C", joelho com angulação considerada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

3.3.2.4 Janelas ultrassonográficas

As avaliações ultrassonográficas dos ligamentos foram feitas em corte longitudinal, com a probe posicionada paralelamente e medialmente ao ligamento patelar, com angulação variando entre 0° e 20° em direção lateral. Enquanto o menisco medial foi avaliado em corte transversal, com a probe perpendicular e ligeiramente medial ao ligamento patelar.

3.3.2.5 Sequência de imagens

A elastografia é sempre associada ao tradicional ultrassom modo B (Figura 2A), sendo deste a primeira imagem obtida. Em seguida aplicava-se o software para obtenção dos elastogramas (Figura 2B) a serem avaliados qualitativa e quantitativamente.

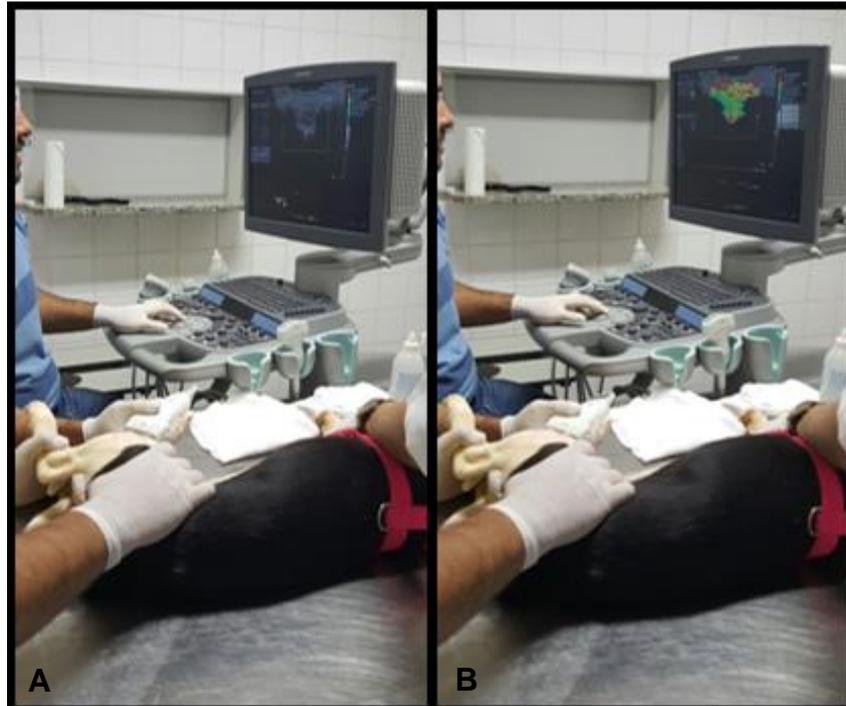


Figura 2. Imagens fotográficas da realização de ultrassonografia de joelho esquerdo de Beagle, em corte longitudinal. Em "A", imagem gerada é de ultrassom modo B tradicional e em "B", elastograma é associado à esta.

3.3.2.6 Análise qualitativa

Na avaliação elastográfica qualitativa, uma estrutura é classificada entre homogênea e heterogênea, de acordo com as cores presentes no seu elastograma. O significado das cores do software é ajustável conforme a preferência do examinador. Neste estudo, tons de azul indicam elasticidade, tons de vermelho e de amarelo determinam rigidez e o verde é a cor intermediária. Se a estrutura

compreender apenas uma categoria de cores, é definida como homogênea (Figura 3A); se abranger mais de uma classificação de cor, heterogênea (Figura 3B).

Todas as análises qualitativas foram realizadas por um mesmo avaliador.

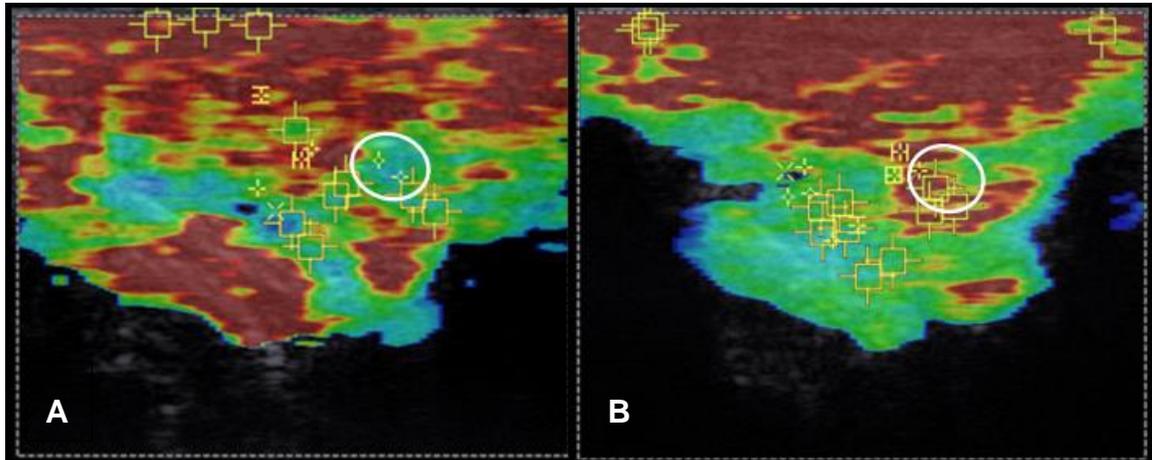


Figura 3. Imagens elastográficas de cortes longitudinais mediais de joelhos caninos distintos (A e B). Em "A", o círculo branco delimita um ligamento cruzado caudal homogêneo, pois só possui tons de azul; já em "B" o círculo branco demarca um ligamento cruzado caudal heterogêneo, pois abrange tons de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

3.3.2.7 Análise quantitativa

A análise quantitativa consiste na mensuração da velocidade de cisalhamento de cada estrutura. Para adquiri-la, o examinador posiciona uma "caixa" de interesse, e o software informa a velocidade de cisalhamento e a profundidade de tal área em uma "caixa" informativa lateral, com legendas de símbolos (Figura 4). Padroniza-se que cada estrutura receba no mínimo 3 caixas de interesse, para que seja possível fazer uma média dos valores. A caixa de interesse é de 10 mm² e a velocidade de cisalhamento máxima detectada pelo software é 10 m/s, acima disso, é legendada com "high".

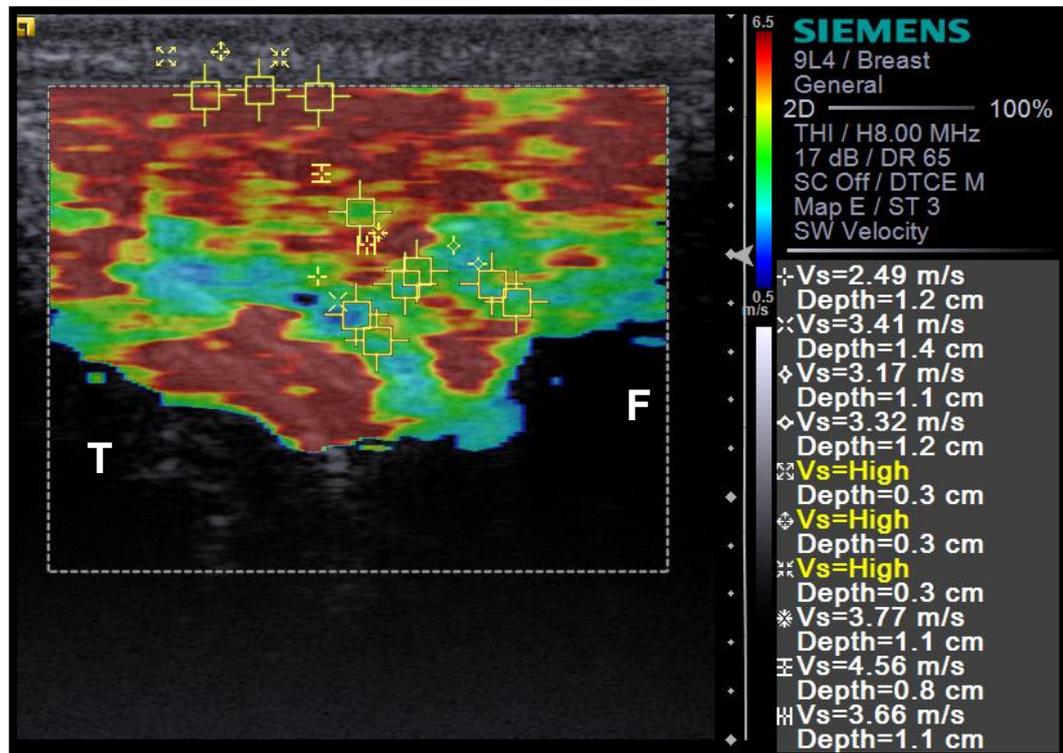


Figura 4. Imagem elastográfica obtida em plano longitudinal de joelho canino semi flexionado. Superficialmente, nota-se região linear de tonalidade avermelhada, representando o ligamento patelar. Sob este, tecido de rigidez intermediária (verde) refere-se o coxim gorduroso, dentre o qual encontram-se os ligamentos cruzados, estruturas de menor rigidez (tons de azul); sendo o cranial de formato filiforme e localizado mais próxima à tibia (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).

4.4 Análise dos resultados

As análises estatísticas foram feitas com auxílio do software R e o pacote Agricolae e os gráficos com o pacote ggplot2, foi feito o teste de Kruskal Wallis seguido (post hoc) de comparação múltipla dos tratamentos com teste de Benjamini-Hochberg (CHEN & PEACE, 2010; AVRIVA & WATSON, 2013).

5. RESULTADOS

Não foram identificadas determinadas estruturas em alguns animais: três ligamentos cruzados craniais, que não foram visibilizados em dois animais do G3, bilateralmente em um deles; seis meniscos mediais, cuja imagens não foram geradas em dois animais de forma bilateral (um do G2 e um do G3) e apenas o esquerdo em dois membros do grupo G3. O ligamento cruzado caudal esquerdo de um desses mesmos filhotes também não foi identificado.

Cinco dos animais filhotes possuíam 7 meses no momento do exame, já o sexto estava com 8 meses. A idade dos animais do G2 variou entre três e 7 anos. Os membros do G3 tiveram idade mínima de dez e máxima de 16 anos. O peso variou entre 8,8 kg e 15,7 kg, estando todos os animais dentro do escore corporal adequado à raça (Tabela 1).

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).

Grupo	Média Idade (\pmmeses)	Média Peso (kg)
G1	7 meses e 10 dias \pm 0.36	9.84 \pm 0.67
G2	4 anos \pm 21	11.78 \pm 0.79
G3	12 anos e 2 meses \pm 34	13.53 \pm 1.03

Quanto à análise qualitativa, apenas 14 das 240 estruturas avaliadas foram consideradas heterogêneas pelo avaliador, sendo estas: dois ligamentos patelares de dois animais; quatro ligamentos cruzados craniais de quatro animais; seis meniscos de quatro animais e um ligamento cruzado cranial. Nenhum animal apresentou duas estruturas heterogêneas na mesma articulação, e nenhuma destas estruturas saiu da média das análises quantitativas.

Os valores das profundidades das estruturas definiram o ligamento patelar como o mais superficial, seguido do ligamento cruzado cranial, ligamento cruzado

caudal e, finalmente, o menisco medial como o mais profundo. Esta variável não se alterou em nenhum dos grupos.

As velocidades de cisalhamento entre as estruturas demonstraram maior rigidez no ligamento patelar, seguido do ligamento cruzado caudal, menisco e ligamento cruzado cranial. Esta sequência se manteve em todos os grupos (macho/fêmea; castrados/inteiros e faixas etárias) (Tabela 2; Figura 5).

Tabela 2. Valores médios (\pm desvio padrão) das velocidades de cisalhamento de cada estrutura (ligamento patelar, ligamento cruzado caudal, menisco medial e ligamento cruzado cranial) dos joelhos de Beagles saudáveis, determinadas utilizando a elastografia quantitativa *Acosutic radiation force impulse* (ARFI).

Estrutura	VS
Ligamento Patelar	6.52 \pm 1.36
Ligamento Cruzado Caudal	3.62 \pm 0.98
Menisco Medial	3.39 \pm 0.92
Ligamento Cruzado Cranial	3.12 \pm 0.63

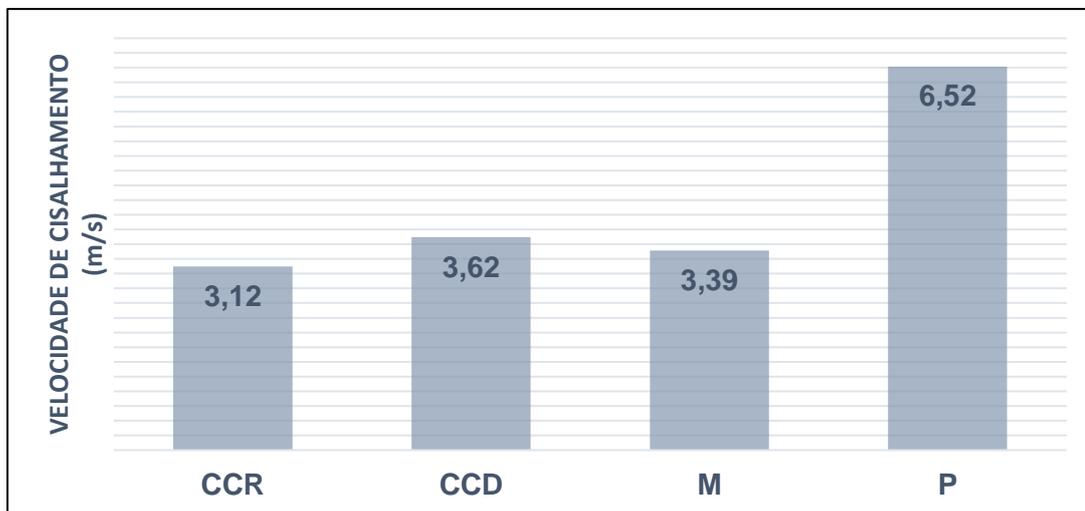


Figura 5. Gráfico mostrando a média da velocidade de cisalhamento de cada estrutura (CCR = ligamento cruzado cranial, CCD= ligamento cruzado caudal, M = menisco, P= ligamento patelar) dos joelhos de Beagles saudáveis, determinadas utilizando a elastografia quantitativa *Acosutic radiation force impulse*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

Dos 30 animais selecionados, 21 eram machos, sendo apenas 4 castrados; e 9 eram fêmeas, destas, 5 castradas. As velocidades de cisalhamento foram maiores

nas fêmeas em relação aos machos (Tabela 3; Figura 6); e, à exceção dos meniscos, as estruturas se mostraram mais rígidas nos animais castrados em relação aos inteiros (Tabela 4; Figura 7).

Tabela 3. Valores médios (\pm desvio padrão) das velocidades de cisalhamento de cada estrutura (ligamento patelar, ligamento cruzado caudal, menisco medial e ligamento cruzado cranial) dos joelhos de Beagles saudáveis relacionados ao gênero dos animais.

Estrutura	Machos	Fêmeas
Ligamento Patelar	6.43 \pm 1.22	6.73 \pm 1.63
Ligamento Cruzado Caudal	3.51 \pm 0.72	3.87 \pm 1.36
Menisco Medial	3.28 \pm 0.91	3.71 \pm 0.88
Ligamento Cruzado Cranial	3.02 \pm 0.55	3.37 \pm 0.74

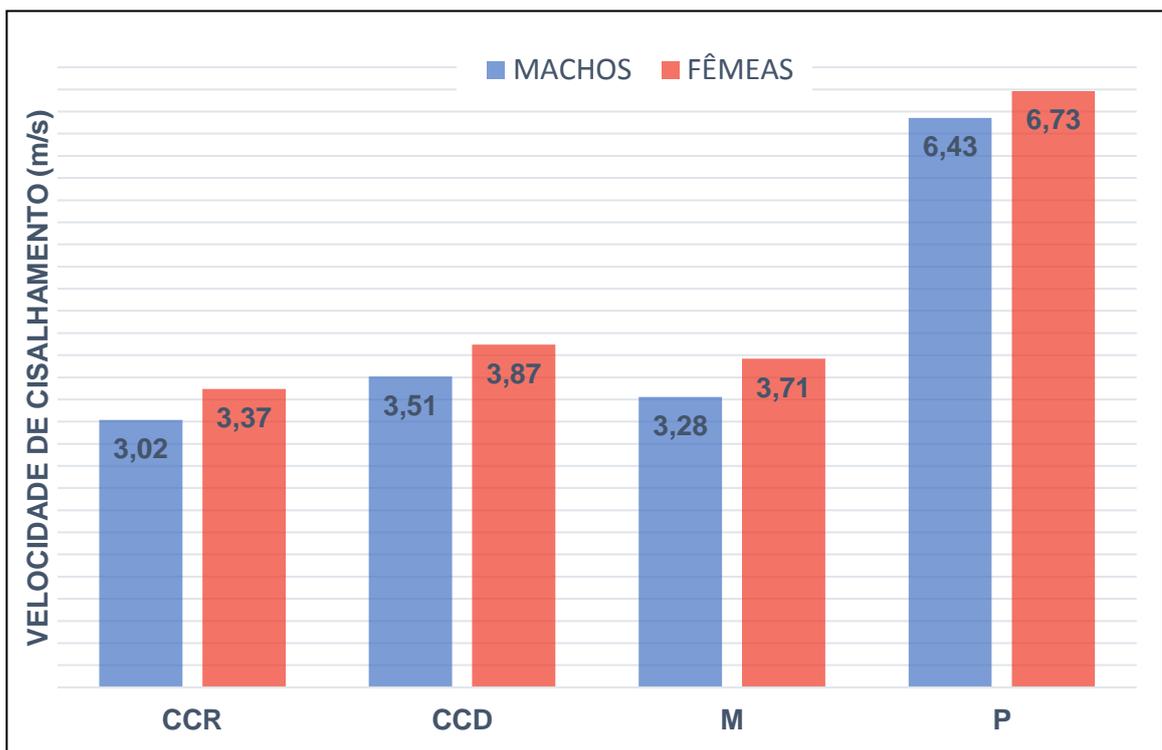


Figura 6. Gráfico mostrando a média da velocidade de cisalhamento de cada estrutura (CCR = ligamento cruzado cranial, CCD= ligamento cruzado caudal, M = menisco medial, P= ligamento patelar) dos joelhos de Beagles saudáveis relacionados ao gênero dos animais.

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).

Estrutura	Inteiros	Castrados
Ligamento Patelar	6.38 \pm 1.38	6.85 \pm 1.26
Ligamento Cruzado Caudal	3.50 \pm 0.72	3.89 \pm 1.36
Menisco Medial	3.40 \pm 1.00	3.38 \pm 0.65
Ligamento Cruzado Cranial	3.01 \pm 0.56	3.41 \pm 0.72

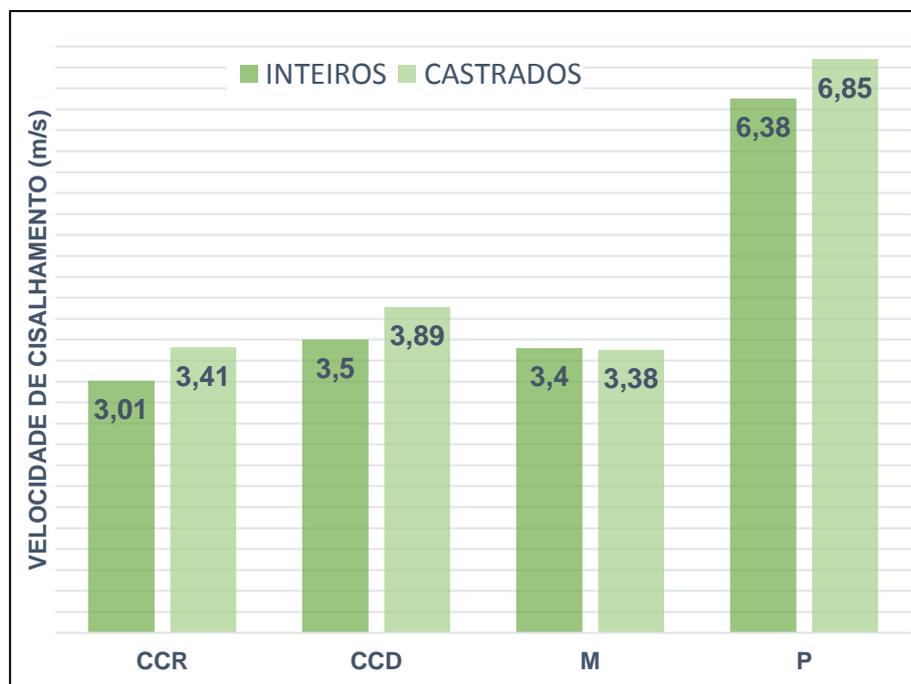


Figura 7. Gráfico mostrando a média da velocidade de cisalhamento de cada estrutura (CCR = ligamento cruzado cranial, CCD= ligamento cruzado caudal, M = menisco medial, P= ligamento patelar) dos joelhos de Beagles saudáveis relacionados à condição reprodutiva (inteiros ou castrados) dos animais.

Houve correlação positiva entre velocidade de cisalhamento e faixa etária dos animais, com significância estatística ($p= 0,012$). Ou seja, quanto mais velhos os animais, maiores as velocidades de cisalhamentos de suas estruturas intra-articulares do joelho. Entretanto, ligamento cruzado caudal e menisco apresentaram menores velocidades de cisalhamento no grupo G2, e não no G1 (Tabela 5; Figura 8).

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

Tabela 5. Valores médios (\pm desvio padrão) das velocidades de cisalhamento de cada estrutura (ligamento patelar, ligamento cruzado caudal, menisco medial e ligamento cruzado cranial) dos joelhos de Beagles saudáveis relacionados à faixa etária dos animais.

Estrutura	G1	G2	G3
Ligamento Patelar	5.95 \pm 1.76	6.441 \pm 1.07	6.90 \pm 1.28
Ligamento Cruzado Caudal	3.61 \pm 0.90	3.49 \pm 0.50	3.75 \pm 1.31
Menisco Medial	3.38 \pm 1.08	3.08 \pm 0.55	3.70 \pm 1.04
Ligamento Cruzado Cranial	3.07 \pm 0.62	3.05 \pm 0.60	3.23 \pm 0.66

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.

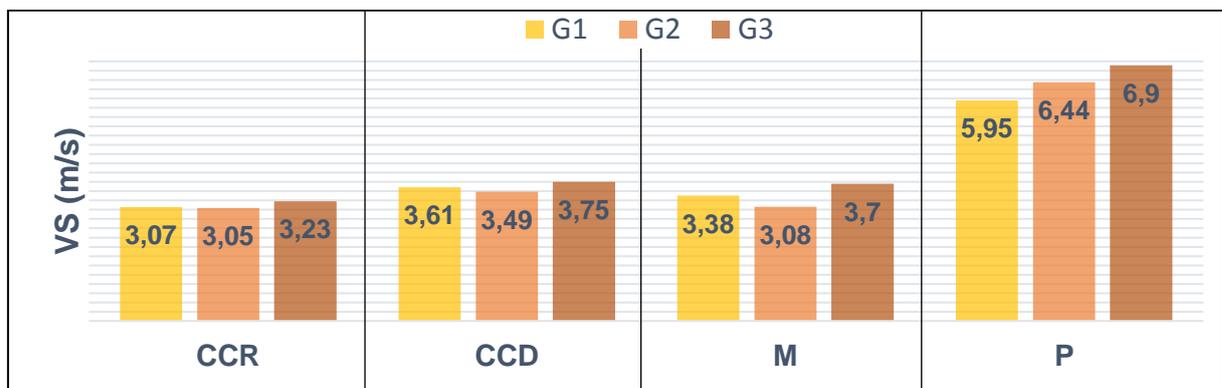


Figura 8. Gráfico mostrando a média da velocidade de cisalhamento de cada estrutura (CCR = ligamento cruzado cranial, CCD= ligamento cruzado caudal, M = menisco e P= ligamento patelar) dos joelhos de Beagles saudáveis relacionados à faixa etária (G1 = filhotes, G2= adultos e G3 = idosos) dos animais.

Não houve significância estatística na correlação peso dos animais-velocidade de cisalhamento das estruturas

6. DISCUSSÃO

O estudo deixa claro a não invasão do exame, ao ser realizado apenas com contenção física dos animais; a acessibilidade deste, ao se tratar de um software associado ao aparelho de ultrassom modo-B, o que também se torna financeiramente vantajoso e a agilidade diagnóstica, ao gerar o resultado em tempo real (13).

No caso de avaliações elastográficas de músculos, tendões e ligamentos a não utilização de contenção química se torna ainda mais importante, uma vez que esta poderia influenciar nas tensões destas estruturas. Destaque também ao fato de que a versatilidade da elastografia em ser realizada em diferentes angulações articulares seria limitada pelo tempo anestésico a qual o animal estaria submetido, além do fato de impossibilitar análises com os animais em posição quadrupedal (23).

A dificuldade de obtenção de imagem das dez estruturas, conforme citado, foi relacionada à espessura e à textura da pele dos animais dos grupos G2 e G3 e ao tamanho dos animais do grupo G1.

Os valores das profundidades das estruturas que obedeceram em todos os grupos, em ordem crescente, a seguinte sequência: ligamento patelar, ligamento cruzado cranial, ligamento cruzado caudal e menisco, condisseram com o conhecimento anatômico da articulação do joelho (2).

Acredita-se que a pequena diferença de elasticidade dos ligamentos cruzados e patelar entre os animais adultos e os filhotes, na qual os destes são mais rígidos, se dê pela melhor organização celular ligamentar ao adquirir-se maturidade óssea. Da mesma forma, o envelhecimento leva a hialinização e mineralização das fibras ligamentares; perda de fibroblastos e metaplasia condroide dos remanescentes, além de rompimento das matrizes de colágeno. A maior rigidez dos ligamentos nessa faixa etária é justificada portanto tanto pela desorganização estrutural quanto pela maior densidade celular, comprovadamente comprometedoras da elasticidade tecidual. O menisco medial apresentou enrijecimento gradual e linear provavelmente pela sua composição fibrocartilaginosa e menor metabolismo celular frente aos ligamentos (24).

A maior rigidez das estruturas em fêmeas do que em machos, corrobora os estudos epidemiológicos que mostram maior frequência de insuficiência do ligamento cruzado cranial nos animais do gênero feminino, a qual é explicada pela ação negativa da progesterona no controle da proliferação de fibroblastos (7).

Em contrapartida, os demais estrógenos atuam de forma positiva no controle da produção de fibroblastos nas estruturas ligamentares, o que justifica menor elasticidade e conseqüentemente maior propensão à ruptura destas estruturas em

animais castrados frente aos inteiros, prevalência esta também demonstrada nos estudos epidemiológicos (8).

Acredita-se que a não existência de correlação entre peso dos animais e rigidez das estruturas se deve ao fato dos cães pertencerem ao Laboratório de Nutrição e, portanto, terem controle rígido de ingestão alimentar e escore corporal, pois a teoria relacionada ao peso é de que a obesidade sobrecarrega as articulações e conseqüentemente os ligamentos e meniscos. Nesta vertente, defende-se que a maior propensão à obesidade dos animais castrados seja mais uma justificativa da maior prevalência de ruptura do ligamento cruzado cranial neste grupo (7).

Há ainda uma teoria baseada no arco reflexo muscular de relaxamento do quadríceps e contração dos músculos caudais da coxa, como forma de proteção ao ligamento cruzado cranial, que considera possível a obesidade e/ou má condição física/atrofia muscular gerar aumento repetitivo e excessivo da tensão dos ligamentos cruzados (25, 26).

7. CONCLUSÃO

As concordâncias de diferenças de elasticidades das estruturas com os estudos epidemiológicos e suas possíveis explicações não só viabiliza e indica o sucesso deste método diagnóstico para joelho, como também estimula a utilização da elastografia em outras articulações, tendões e ligamentos e dá esperanças de um futuro promissor para a saúde articular de pequenos animais no contexto de doenças articulares degenerativas, doença de ruim prognóstico e comprometedora da qualidade de vida.

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.

¹ 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.

