

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 28/02/2020.

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

**ELASTOGRAFIA *Acoustic Radiation Force Impulse*
(ARFI) EM LENTES DE CÃES COM CATARATA**

Thais Guimarães Morato Abreu

Médica Veterinária

Mestre em Cirurgia Veterinária

2019

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

**ELASTOGRAFIA *Acoustic Radiation Force Impulse*
(ARFI) EM LENTES DE CÃES COM CATARATA**

Thais Guimarães Morato Abreu

Orientador: Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Andres Ramirez Uscategui

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

2019

A162e

Abreu, Thais Guimarães Morato

Elastografia Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) em lentes de cães com catarata / Thais Guimarães Morato Abreu. -- Jaboticabal, 2019

72 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Marcus Antônio Rossi Feliciano

Coorientador: Ricardo Andres Ramirez Uscategui

1. cães. 2. ultrassom em oftalmologia. 3. catarata cirurgia. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA TESE: ELASTOGRAFIA ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE (ARFI) EM LENTES DE CÃES COM CATARATA

AUTORA: THAIS GUIMARÃES MORATO ABREU
ORIENTADOR: MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO
COORIENTADOR: RICARDO ANDRES RAMIREZ USCATEGUI

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


Prof. Dr. MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO
Setor de Diagnóstico por Imagem-UFSM / Santa Maria/RS


Prof. Dr. PAULO FERNANDES MARCUSSO
Instituto de Ciências Agrárias-UFVJM / Unai/MG


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


Pós-doutorando LUIS GUILHERME DE FARIA
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / Unesp - Jaboticabal


Dra. KARINA KAMACHI KOBASHIGAWA
Médica Veterinária Autônoma / Jaboticabal/SP

Jaboticabal, 28 de fevereiro de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

THAIS GUIMARÃES MORATO ABREU - nascida em 20 de maio de 1988, na cidade de Lavras, Minas Gerais. Graduou-se em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Viçosa, em Janeiro de 2012. Concluiu o Programa de Residência pelo MEC na Universidade Federal de Lavras, em Cirurgia e Anestesiologia de Animais de Companhia, em 2015. Obteve o título de Mestre em Cirurgia Veterinária pelo Programa de Pós-graduação em Cirurgia Veterinária, na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. José Luiz Laus e co-orientação do Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano, em fevereiro de 2017. Atualmente é aluna de doutorado do Programa de Pós-graduação em Cirurgia Veterinária, na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus Jaboticabal, sob orientação do Prof. Marcus Antônio Rossi Feliciano e co-orientação do Prof. Dr. José Luiz Laus.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por mais essa conquista em minha vida, por estar presente em todos os momentos, por me dar força no momento de fraqueza e por me proporcionar tantos momentos felizes. Me considero uma pessoa abençoada e sinto a Sua presença a cada momento, a cada decisão que preciso tomar e em cada oportunidade que me é dada.

Agradeço aos meus pais por serem meus maiores exemplos, por torcerem por mim e muitas vezes se sacrificarem para a realização de meus sonhos. Obrigada pelo apoio, torcida e doçura de minha mãe; pela exigência, disciplina e honestidade de meu pai; pela confiança e incentivo de meu irmão e colega de profissão, Eduardo; pelo companheirismo e exemplo de persistência do meu irmão Gustavo.

Agradeço ao Pedro, pela confiança, amor, alegria e por lutar pelos meus sonhos junto comigo. Obrigada também por me ensinar a ter mais confiança em mim mesma, por me incentivar a melhorar a cada dia, por estar sempre comigo em todos os momentos.

Agradeço aos professores coorientadores José Luiz Laus e Ricardo Andres Ramirez Uscategui pela oportunidade e confiança em meu trabalho. Agradeço a toda a equipe do Serviço de Oftalmologia da Unesp que contribuiu para o desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço ao professor Marcus Antônio Rossi Feliciano, por me orientar nesta importante etapa, confiando em mim e me incentivando. Agradeço pela disponibilidade em todos os momentos, pela amizade e exemplo de humildade e dedicação na profissão. Obrigada pelos conhecimentos compartilhados, por me apresentar uma equipe de trabalho competente e sempre disponível a ajudar, em especial me refiro a Marjury Maronezi pela paciência, educação e disponibilidade e por ser um exemplo de profissional.

Sou muito grata também a todos os docentes do Setor de Cirurgia de Pequenos Animais, que direta ou indiretamente contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional, aos alunos da graduação pela paciência, respeito e por me dar a oportunidade de compartilhar as experiências em oftalmologia veterinária durante as aulas ao lado do professor Laus.

Aos tutores dos cães que participaram do presente estudo, pela confiança em nossa equipe e pelo comprometimento com nosso trabalho.

Agradeço a cada paciente que passou pela minha vida em toda a enriquecedora trajetória durante o atendimento de rotina no ambulatório de Oftalmologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da Unesp – Campus Jaboticabal. Hoje me sinto mais preparada para oferecer um serviço de qualidade, baseado no conhecimento científico, na ética e na responsabilidade aos meus presentes e futuros pacientes. Me comprometo a sempre me atualizar e me esforçar para oferecer um serviço de qualidade, honesto e fazer valer a confiança de cada tutor ao deixar em minhas mãos o seu amigo ou, muitas vezes, considerado filho de quatro patas.

Aos meus filhos de quatro patas felinos: Petit, por me acompanhar desde a graduação e por me fazer entender o significado do amor incondicional; Brisa, pelo carinho mesmo nos momentos de rebeldia e Cadu que pôde superar o medo de contato com pessoas após ser resgatado da rua e confiou em mim para ser cuidado. Às minhas meninas de quatro patas: Mel, pela companhia e proteção e Margot pelo amor sem medida, por ser uma verdadeira filha para mim, por me fazer sorrir em todos os momentos.

Agradeço aos órgãos de fomento: CNPq (número do Processo 141007/2017-6) e FAPESP (número do Processo: 2013/23778-7), por apoiar meu projeto de pesquisa e pela concessão de bolsa, permitindo minha dedicação exclusiva ao programa de Pós Graduação. Agradeço à Reitoria e ao Programa de Pós Graduação em Cirurgia Veterinária da Unesp/Jaboticabal por incentivar a pesquisa de qualidade sem detrimento dos conceitos e normas éticas com as quais elas devem ser executadas.

SUMÁRIO

	Página
CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA.....	li/iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução.....	1
2. Revisão de literatura.....	2
2.1 Lente.....	2
2.2 Catarata.....	3
2.3 Ultrassonografia oftálmica.....	4
2.3.1 Ultrassonografia oftálmica modo-A.....	6
2.3.2 Ultrassonografia oftálmica modo-B.....	9
2.4 Elastografia.....	11
2.5 Facoemulsificação.....	12
3. Objetivos gerais.....	13
4. Referências bibliográficas.....	14
CAPÍTULO 2 – ACURÁCIA DA ELASTOGRAFIA ARFI NA DIFERENCIAÇÃO DOS ESTÁGIOS EVOLUTIVOS DA CATARATA EM CÃES E A CORRELAÇÃO ENTRE GRAU DE RIGIDEZ DA LENTE E PARÂMETROS AVALIADOS DURANTE A FACOEMULSIFICAÇÃO.....	24
Resumo.....	24
Introdução.....	25
Materiais e Métodos.....	28
Resultados.....	32
Discussão.....	35
Conclusão.....	40
Referências.....	51

CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "**Características elastográficas (ARFI – acoustic radiation force impulse) de lentes intraoculares em cães acometidos por catarata**", protocolo nº 005572/17, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 04 de maio de 2017.

Vigência do Projeto	05/05/2017 a 28/02/2019
Espécie / Linhagem	Canina
Nº de animais	50 (100 olhos)
Peso / Idade	Variável
Sexo	Machos ou Fêmeas
Origem	Rotina de Serviço de Oftamologia do Hospital Veterinário – FCAV / Unesp-Jaboticabal

Jaboticabal, 04 de maio de 2017.


Prof.ª Dr.ª Lizandra Amoroso
Coordenadora – CEUA

CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

DECLARAÇÃO

Declaramos que o trabalho de pesquisa intitulado "Características elastográficas (ARFI – acoustic radiation force impulse) de lentes intraoculares em cães acometidos por catarata", sob orientação do Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano e Certificado CEUA protocolo nº 005572/17, aprovado em reunião ordinária em 04 de maio de 2017, teve o número de animais alterado de 100 olhos para 145 olhos, com aprovação em reunião ordinária de 08 de março de 2018.

Jaboticabal, 08 de março de 2018.



Prof.ª Dr.ª Fabiana Pilarski

Coordenadora – CEUA

ELASTOGRAFIA *Acoustic Radiation Force Impulse* (ARFI) EM LENTES DE CÃES COM CATARATA

RESUMO - Os objetivos deste estudo foram avaliar a acurácia da elastografia *Acoustic Radiation Force Impulse* na diferenciação entre lentes normais e com catarata, além de correlacionar o grau de rigidez da lente intraocular com os parâmetros avaliados durante a facoemulsificação (tempo de ultrassom, controle de vácuo e quantitativo de solução salina balanceada). No total, 145 olhos de 98 cães foram avaliados e divididos em grupos de lentes normais e de acordo com o estágio da catarata.. A velocidade de cisalhamento (VC) (m/s) do núcleo foi estatisticamente diferente entre lentes normais e lentes com catarata, bem como entre os estágios da catarata ($P < 0,001$). As lentes saudáveis e as cataratas incipientes tinham um núcleo mais rígido do que as intumescentes, as imaturas e as hiperaturas. A catarata madura apresentou maior rigidez nuclear ($P < 0,001$). Na região cortical, a VC foi maior ($P < 0,01$) nas cataratas intumescentes e incipientes. VC inferiores a 2,67 m/s indicam que a lente apresenta catarata com sensibilidade de 72% e especificidade de 94%. Valores inferiores a 2,23 m/s sugerem catarata madura, com sensibilidade de 71% e especificidade de 76%. VC superiores a 2,66 m/s estão associadas às cataratas normal ou incipiente, apresentando sensibilidade de 94% e especificidade de 84%. O método qualitativo permitiu a diferenciação entre lentes saudáveis e cataratas e a classificação de seus estágios evolutivos da catarata. Dentre os pacientes avaliados, 42 olhos, de 26 cães, foram submetidos à facoemulsificação. Houve correlação entre o grau de rigidez da lente nas regiões cortical e nuclear ($p=0,0165$; $r=0,37$) e entre o quantitativo de solução salina balanceada utilizada e o tempo cirúrgico ($p < 0,01$; $r=0,73$). O grau de rigidez da lente não apresentou correlação com os parâmetros cirúrgicos da facoemulsificação. O tempo cirúrgico ($p=0,130$), o quantitativo de solução salina balanceada ($p=0,174$), e o vácuo aplicado ($p=0,167$) foram estatisticamente similares independente do estágio evolutivo. Embora a técnica tenha se mostrado exequível para a avaliação da lente, a sensibilidade e a especificidade não são suficientes para considerar o método como ferramenta de diagnóstico da afecção.

Palavras chave: cegueira, cães, lente, oftalmologia, rigidez, ultrassonografia

ELASTOGRAPHY Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) ON DOG LENSES WITH CATARACT

ABSTRACT - The goals of this study were to evaluate the accuracy of the acoustic radiation force impulse in the differentiation between normal and cataract lenses and correlate the degree of lens rigidity to the parameters evaluated during phacoemulsification. In total, 145 eyes of 98 dogs were assessed and divided into groups according to the cataract stage. The shear velocity of the nucleus was statistically different between the normal lenses and lenses with cataracts, and between the stages of cataract ($P < 0.001$). Healthy lenses and incipient cataracts had a more rigid nucleus than those affected by intumescent, immature and hypermature cataracts. Mature cataracts presented greater nuclear rigidity when compared to the others ($P < 0.001$). On cortical region, shear velocity was significantly higher ($P < 0.01$) in intumescent and incipient cataracts than in the other stages. SWV less than 2.67 m/s indicates cataract with a sensitivity of 72% and specificity of 94%. Values lower than 2.23 m/s suggest mature cataract, with sensitivity of 71% and specificity of 76%. Shear velocity greater than 2.66 m/s are associated with normal or incipient cataract, presenting sensitivity of 94% and specificity of 84%. The qualitative method allowed differentiation between healthy and affected lenses and the classification of the evolutionary stages of the cataract. Forty-two eyes of 26 dogs were submitted to phacoemulsification, after finding significant visual deficiency and normality of retinal parameters to the electroretinography examination. There was a correlation between the degree of stiffness of the lens in the cortical and nuclear regions ($p = 0.00165$; $r = 0.37$) and between the BSS quantitative and surgical time ($p < 0.01$; $r = 0.73$). The degree of stiffness of the lens did not correlate with surgical parameters of phacoemulsification (time, vacuum and quantitative BSS). The surgical time ($p = 0.130$), the quantitative BSS ($p = 0.174$) as well as the applied vacuum ($p = 0.167$) were similar regardless of the evolutionary stage of the cataract. Although the elastographic method proved feasible for evaluating the lens of dogs, its sensitivity and specificity were not sufficient to consider the method applicable to the diagnosis of this condition in the present study.

Keywords: blindness, canine, lens, ophthalmology, stiffness, ultrasound

LISTA DE ABREVIATURAS

ARFI	acoustic radiation force impulse
IC	intervalo de confiança
MHz	megahertz
mm	milímetros
m/s	metros por segundo
US	ultrassonografia
SWV	velocidade de cisalhamento
BSS	solução salina balanceada

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios de comprimento axial do bulbo ocular, comprimento de câmara anterior, espessura da lente e comprimento de câmara vítrea (mm) para cães com lentes normais e em diferentes estágios evolutivos de catarata.....	41
Tabela 2 - Valores mínimos, máximos, medianas e intervalos interquartis das velocidades de cisalhamento (m/s) corticais e nucleares das lentes saudáveis e nos diferentes estágios de catarata.....	42
Tabela 3 - Intervalos de confiança de 95% das velocidades de cisalhamento corticais e nucleares das lentes saudáveis e nos diferentes estágios de catarata.....	43
Tabela 4 - Valores de mediana e intervalos interquartis para a SWV corticais e nucleares das lentes de cães submetidos à focoemulsificação e para parâmetros de tempo de ultrassom, fluxo de vácuo e quantitativo de BSS verificados no ato cirúrgico.....	44
Tabela 5 - Valores de mediana e intervalos interquartis para a SWV corticais e nucleares para os diferentes estágios evolutivos de catarata em cães submetidos à focoemulsificação e para parâmetros de tempo de ultrassom, fluxo de vácuo e quantitativo de BSS verificados no ato cirúrgico para os diferentes estágios evolutivos.....	45

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Elastografia qualitativa em diferentes cores da lente de um cão com catarata incipiente. A, imagem ultrassonográfica em modo B revelando hiperecogenicidade de cápsula anterior coincidente à região de opacidade ao exame oftálmico; B, elastograma evidenciando predomínio de tonalidade azulada na região referente à opacidade causada pela catarata..... 46
- Figura 2 - Elastografia qualitativa em diferentes cores da lente de um cão com catarata intumescente. A, imagem ultrassonográfica em modo B revelando áreas de hiperecogenicidade e anecogenicidade (conteúdo aquoso); B, elastograma evidenciando predomínio de tonalidade azulada na região referente à opacidade causada pela catarata e ausência de tonalidade referente à região com possível conteúdo aquoso, característico deste estágio..... 46
- Figura 3 – Elastografia qualitativa em diferentes cores da lente de um cão com catarata imatura. A, imagem ultrassonográfica em modo B revelando hiperecogenicidade em praticamente todo o conteúdo lenticular; B, elastograma evidenciando tonalidade azulada em praticamente toda sua extensão..... 47
- Figura 4 – Elastografia qualitativa em diferentes cores da lente de um cão com catarata madura. A, imagem ultrassonográfica em modo B revelando hiperecogenicidade em todo o conteúdo lenticular; B, elastograma com predomínio da cor verde em praticamente toda a extensão da lente..... 47
- Figura 5 – Elastografia qualitativa em diferentes cores da lente de um cão com catarata hipermetura. A, imagem ultrassonográfica em modo B revelando hiperecogenicidade em todo o conteúdo lenticular e irregularidade de cápsula anterior; B, elastograma evidenciando de tonalidade azulada em praticamente toda sua extensão, algumas regiões esverdeadas (rigidez intermediária) e outras avermelhadas (alta rigidez)..... 48
- Figura 6 – Variação da velocidade de cisalhamento do núcleo, por meio da elastografia ARFI, em relação ao estágio evolutivo da catarata bem como entre lentes saudáveis ($p < 0,001$)..... 48
- Figura 7 - Velocidade de cisalhamento cortical, por meio da elastografia

ARFI, significativamente maior ($p < 0,01$) nas cataratas intumescentes e incipientes do que nos demais estágios estudados.....	49
Figura 8 – Sensibilidade e especificidade da velocidade de cisalhamento, por meio da elastografia ARFI, da lente acometida com catarata em qualquer estágio evolutivo, em estágio inicial e no estágio maduro de desenvolvimento.	50

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. Introdução

A catarata é considerada uma das principais causas de cegueira na espécie canina, sendo muito comum em pacientes senis, denotando importância singular em sua investigação, tanto pelo aumento da expectativa de vida dos pacientes caninos bem como pela sua variabilidade.

Considerando que o tratamento é exclusivamente cirúrgico, o diagnóstico e a caracterização dos estágios evolutivos da catarata são determinantes para a indicação e prognóstico do tratamento instituído. Neste contexto, diferentes técnicas ultrassonográficas permitem facilitar a classificação das cataratas em cães, complementando informações obtidas ao exame oftalmológico convencional com a avaliação das características de ecogenicidade, de ecotextura e de rigidez da lente.

A ultrassonografia (US) ocular consiste em um dos métodos mais utilizados para a triagem e o diagnóstico de diferentes afecções oftálmicas, sobretudo aquelas relacionadas ao segmento posterior e à lente. Em pacientes com catarata, o método é considerado importante não somente para o diagnóstico, como é indispensável para o planejamento cirúrgico, notadamente para a avaliação de posicionamento, tamanho e espessura da lente.

Dentre as técnicas ultrassonográficas, a elastografia tem se configurado como útil, ainda que o número de publicações sobre sua utilização em oftalmologia seja pequeno. A modalidade conhecida como Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI), foi utilizada como método para avaliação da eficácia do *crosslinking* em córneas de ratos e de suínos. Em cães, a ARFI foi recentemente utilizada para a padronização de imagens de estruturas que compõem o bulbo ocular de raças braquicefálicas.

Além de fornecer informações sobre a ecogenicidade, ecotextura e dimensão das estruturas junto ao modo B, o método elastográfico também permite a mensuração do grau de rigidez do tecido, característica esta que é extremamente importante na avaliação de tecidos orgânicos nos quais a técnica da palpação não é possível. Sugere-se que a rigidez das lentes obtida pela ARFI permita diferenciar

lentes normais e doentes, bem como os diferentes estágios evolutivos da afecção, mostrando-se importante para o diagnóstico complementar e fornecendo valor prognóstico em pacientes submetidos à facoemulsificação.

Objetiva-se, por meio do presente estudo, avaliar os graus de rigidez de lentes saudáveis e com diferentes estágios de catarata, bem como correlacionar o grau de rigidez da lente de pacientes submetidos à facoemulsificação com parâmetros de tempo de ultrassom, fluxo de vácuo e volume de BSS utilizada.

Conclusão

A técnica elastográfica mostrou-se exequível na avaliação da rigidez de lentes caninas, sendo não invasiva e de fácil execução, configurando-se segura tanto para o operador quanto para o paciente.

O método qualitativo mostrou-se de grande valia para o estudo da rigidez em cada região da lente, podendo servir de valor prognóstico cirúrgico, sobretudo em estágios avançados como em cataratas maduras e hiperaturas.

Embora o método elastográfico tenha se mostrado factível para a avaliação da lente de cães, a sensibilidade e a especificidade não são suficientes para considerar o método como ferramenta de estadiamento da afecção e, conseqüentemente, a SWV da lente pode não ter sido medida de rigidez confiável para se correlacionar aos parâmetros da facoemulsificação.

Referências

- 1 Temporini ER, Kara JN. A perda de visão – Estratégias de prevenção. *ABO*. 2004; 67: 597-601.
- 2 Ofri RL. Lens. In: Maggs DJ, Miller PE, Ofri R, editors. *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. Missouri: Elsevier; 2013. pp. 272-290.
- 3 Adkins EA, Hendrix DV. Outcomes of dogs presented for cataract evaluation: A retrospective study. *Journal of the American Animal Hospital Association*. 2005; 41: 235-240.
- 4 Pigatto JAT, Pereira FQ, Almeida ACVR, Menezes CLM, Albuquerque L, Franzen AA. Avanços e benefícios da facoemulsificação. *Acta Scientiae Veterinariae*. 2007;35: 248-249.
- 5 Safatle A. Importância do eletrorretinograma de campo total (Fullfield ERG) em cães da raça Cocker Spaniel Inglês portadores de catarata. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2010;30: 149-154.
- 6 Silva TMF. Catarata em cães: Revisão de literatura. *PUBVET*. 2010; 4: 722-731.
- 7 Carvalho CF, Cintra TCF, Chammas MC. Elastography principle and considerations for clinical research in veterinary medicine cibeles. *Journal of Veterinary Medicine Animal Health*. 2015; 7: 99-110.
- 8 Maggs DJ. Basic Diagnostic Techniques. Additional Diagnostic Testing. In: Maggs DJ, Miller PE, Ofri R, editors. *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. Saint Louis: Elsevier Saunders; 2008. pp. 84-101.
- 9 Mould JRB. Ophthalmic examination. Protocol for ophthalmic examination. In: Jones PS, Crispin MS, editors. *Bsava Manual of Small Animal Ophthalmology*. England: British Small Animal Veterinary Association; 2002. pp. 4-6.

- 10 Martins BC, Rodrigues EFJR, Souza ALG. A and B mode ultrasonography in preoperative evaluation of lens and posterior segment of dogs eyes with cataract. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 2010;30: 121-126.
- 11 Van Alphen GW, Graebel WP. Elasticity of tissues involved in accommodation. *Vision Research* 1991;31: 1417-1438.
- 12 Czygan G, Hartung C. On the correlation of mechanical and optical properties of cataractous eye lens nuclei. *Biomedizinische Technik (Berl)* 1997; 42: 2-6.
- 13 Fisher RF. The elastic constants of the human lens. *The Journal of Physiology* 1971; 212: 147-180.
- 14 Fukuda M. Rheological characteristics of human crystalline lens. *Japanese Journal of Ophthalmology* 1962; 66: 1265-1277.
- 15 Glasser A, Campbell MCW. Biometric, optical and physical changes in the isolated human crystalline lens with age in relation to presbyopia. *Vision Research* 1999; 39: 1991-2015.
- 16 Kuwahara K. Visco-elasticity of bovine lens. *Nippon Ganka Gakkai Zasshi* 1980; 84: 1360-1366.
- 17 Antunes A, Safatle AM, Barros PS, Morelhão SL. X-ray imaging in advanced studies of ophthalmic diseases. *Medical Physics online* 2006; 33: 2338-2343.
- 18 Assia EI, Rosner M, Medan I. Correlation between clinical, physical and histopathological characteristics of the cataractous lens. *Graefes Archive of Clinical and Experimental Ophthalmology* 1997; 235: 745-748.
- 19 Heyworth P, Thompson GM, Tabandeh H, McGuigan S. The relationship between clinical classification of cataract and lens hardness. *Eye* 1993; 7: 726-730.
- 20 Tabandeh H, Thompson GM, Heyworth P. Lens hardness in mature cataracts. *Eye* 1994; 8: 453-455.

- 21 Smith JM, El-Brawany M, Nassiri D, Tabandeh H, Thompson GM. The relationship between nuclear colour and opalescence on the LOCSIII scale and physical characteristics of cataract nuclei. *Eye*. 2002; 16: 543-551.
- 22 Huang C, Chen R, Tsui P, Zhou Q, Humayun MS, Shung KK. Measurements of attenuation coefficient for evaluating the hardness of a cataract lens by a high frequency ultrasonic needle transducer. *Physics in Medicine & Biology* 2009; 54: 5981-5994.
- 23 Tabandeh H, Wilkins M, Thompson G, Nassiri D, Karim A. Hardness and ultrasonic characteristics of the human crystalline lens. *Journal of Cataract Refract Surgery* 2002; 26: 838-841.
- 23 Costa APA, Silva AG, Lima AMV, Laus JL, Borges NA. Ultrassonografia ocular em cães. *Enciclopédia Biosfera*. 2014;10: 2905-2920.
- 24 Albuquerque L, Almeida ACVR, Hunning PS, Pereira FQ, Faganello CS, Pigatto JAT. Catarata em cães - revisão de bibliografia. *Veterinaria em Foco (ULBRA)*. 2010; 7: 185-197.
- 25 Fukuda M. Rheological characteristics of human crystalline lens. *Japanese Journal of Ophthalmology* 1963; 7: 47-55.
- 26 Davson H. *Physiology of the Eye*. 4th ed. New York: Academic Press; 1980.
- 27 Kuszak JR, Zoltoski RK, Tiedemann CE. Development of lens suture. *The International Journal of Developmental Biology* 2004; 48: 889-902.
- 28 Laus JL. *Oftalmologia Clínica e Cirúrgica em Cães e Gatos*. São Paulo: Roca; 2007.
- 29 Kleiner JA. Implante de lente intra-ocular acrílica dobrável de 41d em cães após facoemulsificação. *Acta Scientiae Veterinariae*. 2007;35: 623-625.

- 30 Galego MP, Safatle AMV, Otsuki D, Hvenegaard AP, Castanheira VR, Barros PSM. Comparison of anterior ocular segment structures in healthy dogs, with diabetic or no diabetic cataract, by ultrasound biomicroscopy. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2012;32: 66-71.
- 31 Gelatt KN, Wilkie DA. Surgical procedures of the lens and cataract. In: Gelatt KN, Gelatt J.P, editors. *Veterinary Ophthalmic Surgery*. Oxford: Saunders Elsevier; 2011. pp. 305-352.
- 32 Gelatt KN. *Manual de oftalmologia veterinária*. 3 ed. São Paulo: Manole; 2003. p. 227-252.
- 33 Rafferty NS. Lens morphology. In: Maisel H, editor. *The Ocular Lens*. New York: Marcel Dekker; 1985. pp. 1-60.
- 34 Kuwabara T. The maturation of the lens cell: a morphologic study. *Experimental Eye Research*. 1975; 20: 427-443.
- 35 Shah S, Laiquzzaman M, Bhojwani R, Mantry S, Cunliffe I. Assessment of the biomechanical properties of the cornea with the ocular response analyzer in normal and keratoconic eyes. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2007; 48: 3026-3031.
- 36 Paszek MJ, Zahir N, Johnson KR, Lakins JN, Rozenberg GI, Gefen A, et al. Tensional homeostasis and the malignant phenotype. *Cancer Cell*. 2005; 8: 241-254.
- 37 Dick HB, Aliyeva SE, Hengerer F. Effect of trypan blue on the elasticity of the human anterior lens capsule. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2008; 34: 1367-1373.
- 38 Kuszak JR, Zoltoski RK, Sivertson C. Fibre cell organization in crystalline lenses. *Experimental Eye Research* 2004; 78: 673-687.
- 39 Huang CC, Ameri H, DeBoer C, Rowley AP, Xu X, Sun L, Wang SH, Humayun MS, Shung KK. Evaluation of lens hardness in cataract surgery using high frequency ultrasonic parameters *in vitro*. *Ultrasound Medicine and Biology* 2007; 33: 1609-16.

40 Rodrigues GN, Clark RMO, Ranzani JJ, Brandão CV, Cremonini DN, Rodrigues ACL, Perri SHV. Facioemulsificação em cães, com e sem implante de lente intra-ocular em piggyback: estudo clinico da inflamação pós operatória. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2010;30: 103-107.

41 Tabandeh H, Thompson GM, Heyworth P, Dorey S, Woods AJ, Lynch D. Water content, lens hardness and cataract appearance. *Eye*. 1994; 8: 125-129.

42 Kurapkienė A, Raitelaitienė R, Paunksnis A, Lukoševičius A, Burnovas S, Paunksniene M, Svaldeniene E, Babrauskiene V. The relationship of ultrasonic and mechanical properties of human nuclear cataract. A pilot study. *Ultragarsas*, 2005; 1: 39-43.

43 Jaffe NS, Howitz J. Lens and cataract. In: Podos SM, Yanoff M, editors. *Text book of ophthalmology*. Nova York: Gower Medical Publishing, 1992.

44 Yamamoto S, Hitomi J, Sawaguchi S, Abe H, Ushiki T. Observation of Human Corneal and scleral colagens fibrils by atomic force microscopy. *Japanese Journal of Ophthalmology*, 2002; 46: 496-501.

45 Huang CC, Ameri H, DeBoer C, Rowley AP, Xu X, Sun L, Wang SH, Humayun MS, Shung KK. Evaluation of lens hardness in cataract surgery using high frequency ultrasonic parameters *in vitro*. *Ultrasound Medicine and Biology*. 2007; 33: 1609–16.

46 Ermis SS, Öztürk F, Inan ÜÜ. Comparing the efficacy and safety of phacoemulsification in white mature and other types of senile cataracts. *British Journal of Ophthalmology*, 2003; 87: 1356–1359.