

**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 ($p = 0.0165$; $r = 0.37$) 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.

2. Revisão de literatura

2.1. Lente

A lente consiste em um dos meios transparentes do bulbo ocular, juntamente à córnea e aos humores aquoso e vítreo, permitindo a passagem e refração dos raios luminosos do meio externo para a retina para que, enfim, ocorra o processo de fototransdução (Gelatt, 2003). Esta transparência somente é possível devido a sua composição, que consiste basicamente fibras lenticulares, e ao arranjo em lamelas extremamente organizado, sob o qual elas se encontram (Laus, 2007).

Morfologicamente, esta estrutura é composta por fibras proteicas longas e finas, organizadas em lamelas, distribuídas na forma de um núcleo primário resultante do desenvolvimento embrionário, que é revestido por fibras secundárias (Stafford, 2001). A lente canina apresenta 0,5 ml de volume, sendo, seu poder dióptrico, de 40 a 41 dioptrias (Gelatt, 2003). Apresenta-se em formato biconvexo, com alguma flexibilidade, uma vez que é composta basicamente por proteína (Dyce et al., 1997; Kuszak et al., 2004). Sua sustentação é mantida por zônulas lenticulares ou ligamentos suspensórios aderidos ao corpo ciliar (Ofri, 2013) e não há vasos sanguíneos ou terminações nervosas (Kuszak et al., 2004). A cápsula da lente é elástica e hialina (Donaldson et al., 2004), sendo constituída por fibras colágenas do tipo IV (Silver, 1987; Kato et al., 1998; Cai et al., 2005). A cápsula anterior apresenta células epiteliais cubóides (Junqueira e Carneiro, 2004).

Para a manutenção de sua transparência, é necessário o aporte de oxigênio e glicose, provenientes do humor aquoso (Honsho et al., 2002; Slatter, 2005; Ofri, 2013). Tal característica também é mantida por um arranjo organizado de fibras lenticulares com citoplasma de baixa densidade (Gelatt, 2003).

2.2 Catarata

Classificada como a principal afecção da lente em humanos e animais, a catarata consiste em uma opacidade difusa ou focal desta estrutura ou de um de seus componentes resultando em deficiência visual (Ofri, 2013) e desenvolve-se, principalmente, por mudanças estruturais decorrentes de alterações metabólicas e coagulação de proteínas que a compõem (Carneiro Filho, 1997), da desorganização das fibras lenticulares em arranjo lamelar (Kleiner, 2007; Laus, 2007; Galego et al., 2012), bem como da perda protéica e diminuição de conteúdo aquoso (Gelatt, 2003; Albuquerque et al., 2010; Gelatt e Wilkie, 2011).

O estágio evolutivo da catarata é comumente definido por meio de biomicroscopia com lâmpada de fenda após instilação de um colírio midriático (Mould, 2002; Maggs, 2008). Os métodos ultrassonográficos no modo A e B permitem complementar o diagnóstico bem como realizar o planejamento cirúrgico (Martins et al, 2010).

A catarata pode ser classificada de acordo com: 1) o estágio de desenvolvimento - incipiente, imatura, madura, intumescente, hipermadura (Albuquerque et al., 2010; Ofri, 2013); 2) a localização na lente - subcapsular anterior, subcapsular posterior, cortical periférica, cortical posterior, equatorial, nuclear, lamelar (zonular), polar posterior, axial; 3) o tempo de desenvolvimento - embrionária, congênita, de desenvolvimento juvenil, senil e adquirida; 4) a patogênese - complicada, diabética, galactosêmica, elétrica, por radiação, tóxica e pós-traumática; e 5) quanto à consistência - fluida, macia e firme (Slatter, 2005).

Dentre estas classificações, a mais comumente empregada refere-se ao estágio evolutivo (Albuquerque et al., 2010; Ofri, 2013). As cataratas incipientes caracterizam-se por opacidade de até 15% da lente, sem ocorrência de déficit visual (Ofri, 2013). Nas imaturas, a diminuição da transparência se dá de forma incompleta,

ocorrendo ou não déficit visual, a depender da região acometida (Gelatt e Wilkie, 2011). Para cataratas maduras, a opacidade é completa e há déficit visual (Rodrigues et al., 2010). Em um processo hipermaduro, ocorre desagregação das fibras lenticulares, liberação de proteases e difusão de proteínas por meio da cápsula (Gelatt e Wilkie, 2011). A catarata intumescente caracteriza-se pelo aumento do volume lenticular e por perda de proteínas (Ofri, 2013). No estadiamento morgagniano, o córtex apresenta-se liquefeito, com núcleo sólido e isolado (Nasissse, 2001).

Embora estejam disponíveis outros métodos cirúrgicos, como as facectomias intracapsulares e extracapsulares, a facoemulsificação é considerada método mais seguro e eficaz (Jaffe e Howitz, 1992; Yamamoto et al., 2002).

2.3 Ultrassonografia oftálmica

Em 1956, Mundt and Hughnes publicaram os primeiros relatos sobre a US oftálmica (Correa et al., 2002). Em medicina veterinária, as primeiras publicações datam dos meados de 1960 (Hager et al., 1987; Mattoon e Nyland, 2015).

Por meio deste método é possível avaliar características de ecogenicidade, ecotextura, espessura, comprimento e posição da lente (Bentley et al., 2003; Laus, 2007; Herrera, 2008, Martins et al., 2010). A técnica apresenta importância não somente na avaliação pré-operatória, como também pós-operatória dos pacientes submetidos ao tratamento cirúrgico e nos quais foi inserida uma lente intraocular, configurando-se útil para a avaliação do posicionamento da lente sintética (Herrera, 2008). Também estão disponíveis estudos relacionados à espessura da lente em cães com catarata (Williams, 2004; Martins et al., 2010).

Caracteriza-se por ser acessível e útil no estudo de diversas condições oftálmicas, notadamente quando há opacidade de meios transparentes (Brooks, 1999; Freitas, 2008; Dietrich, 2013), como no edema corneano, no hifema, na catarata e nas hemorragias vítreas (Dietrich, 2014; Kendall et al., 2015).

Para a realização do exame, o paciente é contido em posição sentada ou em decúbito esternal, não havendo necessidade da utilização de fármacos sedativos ou anestésicos gerais, exceto em animais irascíveis ou que apresentem muita dor

(Carvalho et al., 2013). Ocorre que, sob anestesia geral, tem-se o relaxamento dos músculos extraoculares com consequente enoftalmia e protrusão de terceira pálpebra, dificultando a realização do exame (Gonzalez et al., 2001; Spaulding, 2008).

Realiza-se contenção manual delicada do crânio do paciente, posicionando-o à frente do operador, optando-se pelas técnicas transpalpebral ou transcorneal, sendo esta última dependente da instilação de colírio anestésico. Na técnica transpalpebral, o paciente permanece com as pálpebras fechadas e o gel acústico esteril intermeia o contato entre o transdutor e as pálpebras, enquanto que na transcorneal ocorre contato direto entre o gel presente no transdutor e a córnea do paciente (McLeod e Restori, 1985; Gelatt, 2003; Fielding, 2004). Devido a não visibilização da aproximação do transdutor pelo paciente, a técnica transpalpebral apresenta como vantagem uma maior aceitabilidade, entretanto está associada à maior ocorrência de artefatos quando comparada à transcorneal. Independente da técnica recomenda-se, após o procedimento, a limpeza copiosa dos olhos (Spaulding, 2008). Pelo método transcorneal, se avaliam as estruturas vitreoretinianas e retrobulbares. Como vantagens, citam-se a menor quantidade de ar entre o transdutor e a superfície de contato (Mattoon e Nyland, 2015).

Transdutores de 20 MHz são os mais utilizados em oftalmologia veterinária (Martins et al., 2010a). As frequências variam entre 15 e 20 MHz. Priorizam-se transdutores menores, do tipo setorial, microconvexo ou lineares. Alguns equipamentos requerem a utilização de almofadas de recuo ou *stand off* para obtenção de imagens de qualidade, evitando que se formem bolhas de ar, sobretudo quando o foco é fixo. Dispositivos que aumentam a distância entre o transdutor e a córnea permitem uma melhor visibilização da córnea, da câmara anterior e da lente. Enquanto que o segmento posterior pode ser melhor avaliado quando a córnea estiver em íntimo contato com o transdutor. Importante ressaltar que transdutores de baixas frequências estão associados a imagens menos detalhadas do bulbo. No que diz respeito aos transdutores de frequência mais elevada, estes são mais utilizados para obter imagens referentes ao segmento anterior (Schmidt, 2010).

Dentre os métodos ultrassonográficos mais utilizados em oftalmologia, destacam-se as ultrassonografias modo amplitude e modo bidimensional

(Tuntivanich et al., 2007; Mattoon e Nyland, 2015). A elastografia também tem se mostrado como importante ferramenta diagnóstica nessa especialidade, sobretudo para a avaliação dos resultados terapêuticos em procedimentos de *crosslinking* corneano (Urs et al., 2014).

2.3.1. Ultrassonografia modo A

O modo Amplitude ou US modo A é utilizado na avaliação de dimensões axiais do bulbo do olho (Tuntivanich et al., 2007) e fornece traçado em gráfico contendo eixos horizontal e vertical, permitindo a avaliação do grau de impedância acústica das estruturas e a mensuração da sua amplitude a partir da formação de picos. Em veterinária, há alguns anos, a modalidade encontrava-se mais restrita a centros de ensino e pesquisa, e apresentava um traçado em modo A associado à imagem bidimensional (Gonzalez et al., 2001; Mattoon e Nyland, 2015).

Maiores amplitudes do traçado ao modo A estão relacionados às regiões de epitélio e endotélio corneal, de cápsulas anterior e posterior da lente e de complexo retina-coroide-esclera. Regiões de câmaras anterior e posterior, interior da lente e câmara vítrea, que se encontram anecogênicas ao exame em modo B em um paciente saudável, não apresentam picos ao traçado modo A (Figura 1).

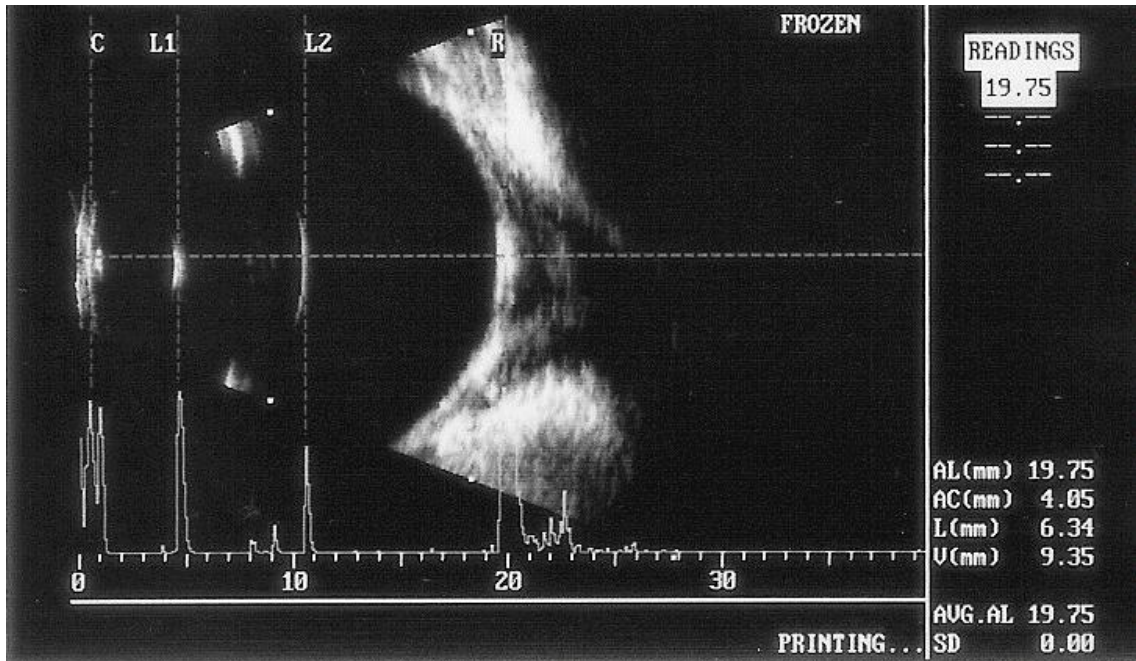


Figura 1 – Imagem ultrassonográfica em modos A/B do olho de um cão saudável. Nota-se o aumento na amplitude do traçado correspondente às regiões de endotélio corneal (C), cápsulas anterior (L1) e posterior (L2) da lente e complexo retina-córóide-esclera (R). Lateralmente à direita encontram-se as medidas do eixo axial do bulbo ocular (AL), da câmara anterior (AC), da espessura da lente (L) e da câmara vítrea (V). Serviço de Oftalmologia Veterinária – FCAV/Unesp – Jaboticabal.

A mensuração da espessura e do comprimento axial da lente intraocular tem sido útil tanto no âmbito científico, a fim de se estudar características em raças específicas bem como entre os indivíduos (Ekestén, 1994), como também na rotina clínica visto que esta avaliação é fundamental para o planejamento da implantação de lentes intraoculares em cães que serão submetidos à facoemulsificação (Gaiddon et al., 1991).

Embora a US bidimensional seja igualmente útil na mensuração das estruturas avaliadas, em alguns casos o operador pode ter dificuldade em determinar o eixo bem como o início e final das estruturas, o que não ocorre na mensuração por meio do modo amplitude, sendo este mais objetivo. Entretanto, estudos revelaram que não houve diferença estatística ao se comparar medidas axiais realizadas por meio de ambos os métodos, podendo o modo B ser tão preciso quanto o A para realização do estudo biométrico das estruturas que compõem o bulbo ocular (Cottrill et al., 1989; Hamidzada e Osuobeni, 1999).

É conhecido o fato de que com o decorrer da idade, tanto em humanos quanto em cães, ocorre um aumento na espessura da lente (Perkins, 1988; Hoffer, 1993; Williams 2004). Estudos envolvendo a variabilidade da medida da lente em cães acometidos por catarata em diferentes estágios evolutivos apresentam importância notória, sobretudo para o planejamento cirúrgico. Cataratas maduras e intumescentes cursam com aumento da espessura lenticular (Figura 2), muitas vezes a ponto de causarem uma diminuição da câmara anterior e estreitamento do ângulo iridocorneal, predispondo ao aumento da pressão intraocular. Logo, recomenda-se que pacientes com catarata em tais estágios sejam submetidos ao acompanhamento clínico quanto à pressão intraocular (Williams 2004).

À avaliação pelo modo A, pacientes com catarata apresentam picos no interior da lente (Figura 2), a depender do estágio evolutivo da afecção.

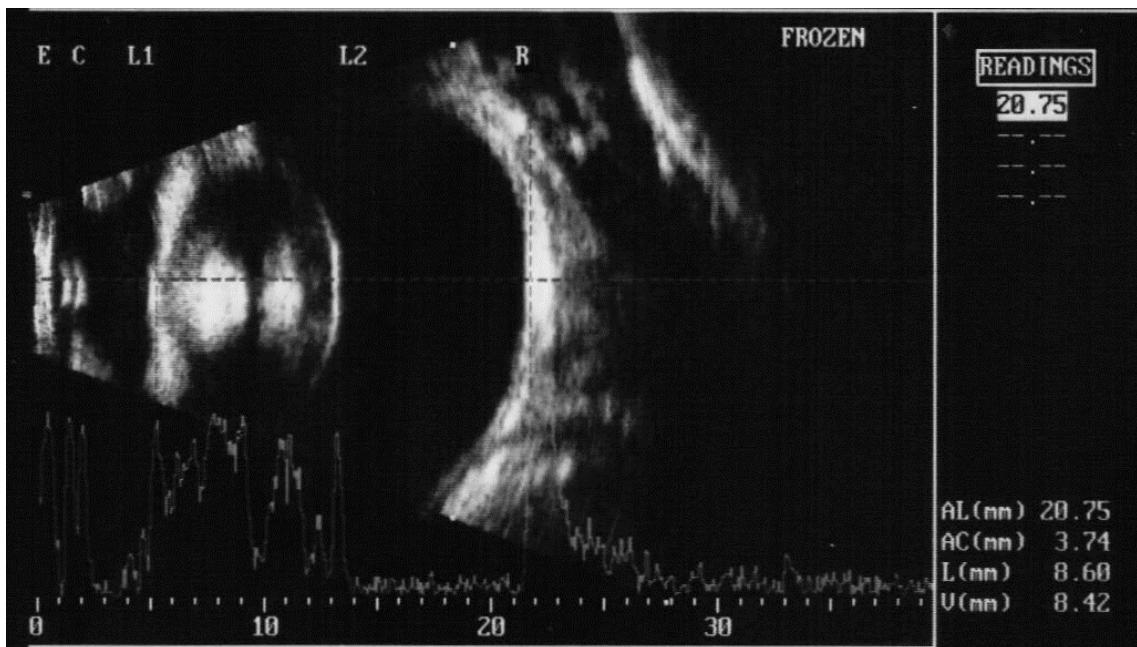


Figura 2 – Imagem ultrassonográfica ao modo A/B do olho de um cão apresentando catarata intumescente. Nota-se aumento na amplitude do traçado na região do interior da lente, bem como aumento da espessura. Picos relacionados ao endotélio corneal (C), às cápsulas anterior (L1) e posterior (L2) da lente e ao complexo retina-córóide-esclera (R). Lateralmente à direita encontram-se as medidas do eixo axial do bulbo ocular (AL), da câmara anterior (AC), da espessura da lente (L) e da câmara vítrea (V). Serviço de Oftalmologia Veterinária – FCAV/Unesp – Jaboticabal.

2.3.2 Ultrassonografia Modo B

O modo B ou US bidimensional é bastante utilizado na rotina clínica, fornecendo imagens em diferentes padrões de ecotextura e de ecogenicidade, dependendo do grau de impedância acústica da estrutura em estudo (Bentley et al., 2003; Mattoon e Nyland, 2015). Esta avaliação é importante em pacientes com catarata não apenas para informar sobre o posicionamento da lente e as características de ecogenicidade e de ecotextura da lente (Gaiddon et al., 1991; Bentley et al., 2003; Squarzone et al., 2007), mas também possibilita a identificação de descolamentos da retina (Van der Woerdt et al., 1993; Serra and Brunelli, 2005) e degenerações vítreas (Labruyere et al. 2008; Park et al., 2015); condições estas que influenciam na tomada de decisão para um tratamento cirúrgico (Serra e Brunelli, 2005; Kubal, 2008; Raymond et al., 2009; Whang et al., 2012).

O método também auxilia na mensuração da espessura e comprimento da lente, possibilitando a escolha do tamanho de lentes artificiais intraoculares (Brandão et al., 2007; Luyet et al., 2008; Barbé et al., 2016).

Ao exame bidimensional, o bulbo do olho de cães saudáveis apresenta o interior da lente de aspecto anecogênico. As cápsulas anterior e posterior apresentam-se hiperecogênicas e finas, nas formas convexa e côncava, respectivamente; bem como hiperecogenicidade na região do complexo retina-coroide-esclera (Mcnicholas et al., 1994; Herrera, 2008).

A ecogenicidade do conteúdo da lente varia de hipo a hiperecogênica, de acordo com o estágio de desenvolvimento da catarata - incipiente, imatura, madura e hiper-matura (Figura 3). Em cataratas corticais, o córtex anterior e posterior torna-se hiperecogênico. No paciente diabético, não raramente, ocorre o desenvolvimento de catarata intumescente, já que as alterações no metabolismo da glicose e consequente aumento do fluxo aquoso para o interior da lente culminam em formação de vacúolos, resultando em lentes globosas avaliadas ao modo B. (Brazitikos et al., 1999; Williams, 2004). Portanto, o tamanho da lente de pacientes com catarata intumescente tende a ser maior do que naqueles em que cursam outros estágios de catarata, podendo até mesmo acarretar em diminuição de profundidade da câmara anterior e rupturas capsulares (Williams, 2004).

Contrariamente, cataratas imaturas apresentam diminuição em espessura devido ao efluxo de material solúvel através da lente (Laursen e Fledelius 1979; Perkins, 1988).

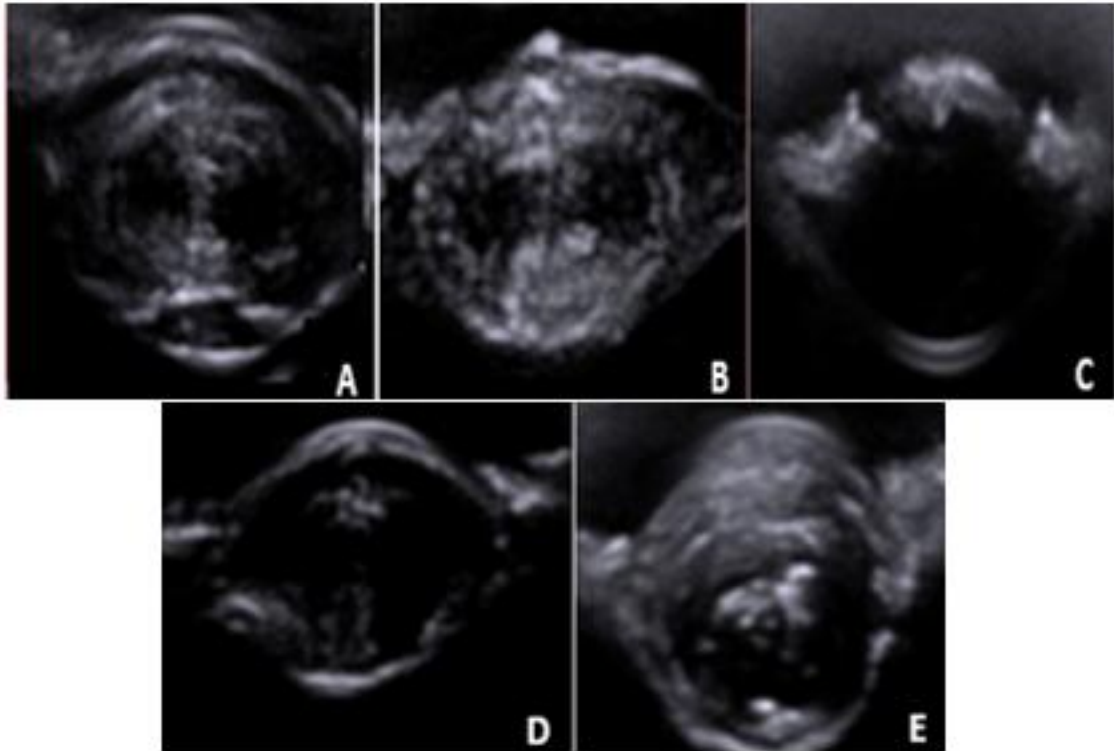


Figura 3 – Imagens ultrassonográficas modo B de olhos de cães apresentando catarata em diferentes estágios evolutivos. Evidencia-se lentes com cataratas: madura (A), hiper Madura (B), incipiente (C), imatura (D) e intumescente (E). Notar aumento da ecogenicidade de acordo com o estágio evolutivo, bem como a irregularidade da cápsula anterior na catarata hiper Madura e o formato globoso da lente com catarata intumescente. Serviço de Oftalmologia Veterinária – FCAV/Unesp – Jaboticabal.

Estudos referentes à espessura da lente em cães apresentando catarata em diferentes estágios evolutivos têm demonstrado diferentes resultados. Enquanto Martins et al. (2010) relatam não haver diferença do comprimento axial ao se comparar lentes com cataratas maduras e imaturas, Williams (2004) observou aumento significativos na espessura de lentes com catarata madura.

Estágios mais avançados desta afecção, notadamente nos casos de cataratas hiper Maduras e morganianas, apresentam irregularidades na superfície capsular e diminuição da espessura lenticular, acarretando em aumento da profundidade de câmara anterior. Além disso, quanto mais avançada a catarata, maior o peso exercido nas zônulas lenticulares e, conseqüentemente, maiores as chances de

luxações. Enquanto que na condição de subluxação os sinais de desalinhamento do eixo longitudinal ou transversal da lente, causando alterações na profundidade da câmara anterior, são discretos, na luxação tais achados são mais evidentes. Na luxação anterior observa-se a profundidade da câmara anterior diminuída e a presença da cápsula anterior da lente imediatamente posterior à córnea. Quando a luxação é posterior, a lente pode ser visível na câmara vítrea, perto da retina, como uma massa esférica, que pode se movimentar livremente (Williams, 2004).

2.4 Elastografia

Esta modalidade ultrassonográfica permite a mensuração do grau de rigidez do tecido, característica esta que é extremamente importante para o estudo biomecânico de tecidos nos quais a técnica da palpação não é factível (Konofagou, 2004). O método fornece informações em tempo real, além de ser seguro e dispensar contenção química dos pacientes (Comstock, 2011).

A elastografia é baseada no princípio da elasticidade, permitindo a avaliação da rigidez tecidual de acordo com o grau de deformação sofrido após ser submetido a uma força de compressão mecânica, sendo que, após cessada tal força o tecido retorna ao seu tamanho e formato iniciais. De tal forma que quanto maior a deformação sofrida pelo tecido, menor o grau de rigidez (Dudea et al., 2011; Bhargava et al., 2013; Cui et al., 2013; Barr et al., 2015; Kay et al., 2015; Shiina et al., 2015).

Os métodos elastográficos podem ser classificados como dinâmicos ou estáticos (Treece et al., 2011; Shiina et al., 2015), sendo que o primeiro fornece informações quantitativas referentes ao grau de rigidez tecidual a partir de uma *shear wave velocity* (SWV), e o segundo permite a avaliação da rigidez tecidual por meio de um elastograma, no qual diferentes cores representam diferentes graus de rigidez (Koenig et al., 2009).

No método quantitativo, ocorre a transmissão de um pulso com pressão acústica, que ao ser transmitida para o tecido, induz a formação de uma onda de cisalhamento elástica que se propaga por meio do tecido avaliado. A propagação dessa onda será seguida por pulsos de detecção que irão mensurar a velocidade de

propagação da onda de cisalhamento. Esta medida é diretamente relacionada com a rigidez do tecido, ou seja, quanto maior a velocidade maior a rigidez (Stock et al., 2010; Carvalho et al., 2013).

Um estudo em cães empregou a técnica ARFI em sua modalidade qualitativa, na qual diferentes tons de cinza representavam diferentes graus de rigidez, sendo que tons de cinza escuro representavam alta rigidez e tons de cinza claro estavam associados à baixa rigidez. Observou-se, ao elastograma, que as lentes de cães saudáveis apresentaram em seu interior um padrão mosaico, que consiste na mescla de tons de cinza escuros e claros. Neste mesmo estudo avaliou-se a rigidez das cápsulas lenticulares que se apresentavam em tom de cinza escuro (Figura 4) (Abreu et al., 2018).

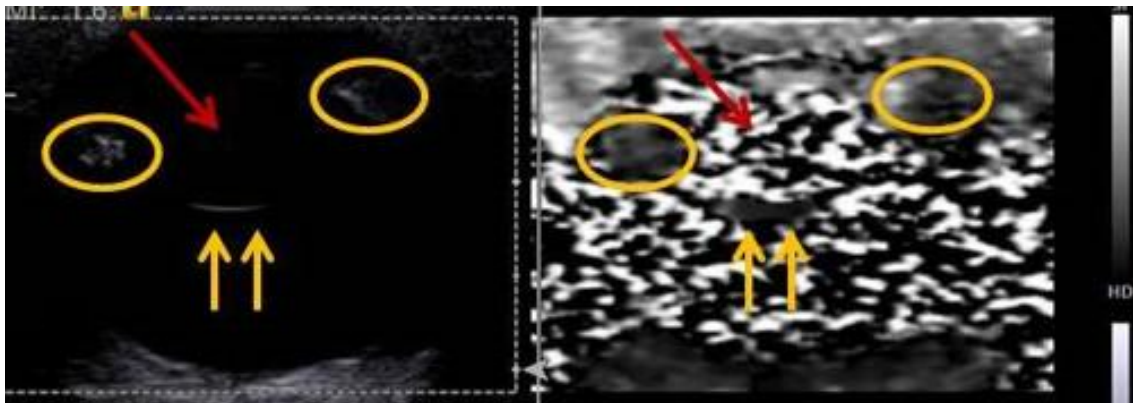


Figura 4 – Imagens ultrassonográficas ao modo bidimensional e à elastografia qualitativa do olho de um cão saudável, da raça buldogue inglês, evidenciando corpos ciliares (circulados em amarelo), interior da lente (setas vermelhas) e cápsula posterior da lente (setas amarelas). À US modo B o interior da lente encontra-se anecogênico e, ao elastograma, o interior da lente é caracterizado pelo padrão mosaico, mesclando regiões de alta e baixa rigidez (Abreu et al., 2018).

2.5. Facoemulsificação

A facoemulsificação é um procedimento cirúrgico minimamente invasivo (Honscho et al., 2007; Gelatt e Wilkie, 2011). Remove-se parte da cápsula anterior e o conteúdo da lente, introduzindo-se, ou não, uma lente artificial (Davidson, 2001; Pigatto et al., 2007; Gelatt e Wilkie, 2011; Gordo, 2012; Ofri, 2013). Lentes intraoculares melhoram a capacidade visual do paciente e reduzem a migração de

células epiteliais, diminuindo percentis de opacificação da cápsula posterior (Yi et al., 2006).

A escolha pelo melhor estágio evolutivo da catarata para se indicar a facectomia é ainda controverso. Alguns profissionais não a indicam em estágios iniciais, uma vez que o paciente ainda não apresenta déficit visual e que, uma vez realizada a cirurgia, estará sujeito a complicações, como a perda completa da visão (Ofri, 2013). No entanto, sabe-se que a facoemulsificação em cataratas imaturas pode ser realizada com um menor tempo de ultrassom e com menor índice de intercorrências pós-operatórias (Ofri, 2013).

3. Objetivos gerais

o objetivo do estudo foi avaliar a precisão da elastografia Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) na diferenciação entre lentes normais e com catarata, bem como sua acurácia na classificação dos diferentes estágios evolutivos da afecção em cães. Verificou-se, para os cães submetidos à facoemulsificação, a correlação entre os graus de rigidez das lentes obtidos pela avaliação elastográfica quantitativa, aos parâmetros observados durante a facoemulsificação (tempo de ultrassom, controle de vácuo e quantitativo de solução salina balanceada (BSS)).

REFERÊNCIAS

Abreu TGM, Feliciano MAR et al (2018) Acoustic Radiation force impulse elastography of the eyes of brachycephalic dogs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 70:1045-1052.

Adkins EA, Hendrix DV (2005) Outcomes of dogs presented for cataract evaluation: A retrospective study. **Journal of American Animal Hospital Association** 41:235-240.

Albuquerque L, Almeida ACVR, Hunning PS, Pereira FQ, Faganello CS, Pigatto JAT (2010) Catarata em cães - revisão de bibliografia. **Veterinaria em Foco (ULBRA)** 7:185-197.

Barbe C, Harran N, Gouille F (2016) Intra- and interobserver reliability of lens equatorial length measurement using 35-MHz ultrasound biomicroscopy in dogs with cataract. **Veterinary Ophthalmology** 1-6.

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

Bentley E, Miller PE, Diehl KA (2005) Evaluation of intra- and interobserver reliability and image reproducibility to assess usefulness of high-resolution ultrasonography for measurement of anterior segment structures of canine eyes. **American Journal of Veterinary Research** 66:1775–1779.

Bentley E, Miller PE, Diehl KA (2003) Use of high-resolution ultrasound as a diagnostic tool in veterinary ophthalmology. **Journal of the American Veterinary Medical Association** 223:1617-1622.

Bhargava S, Bhargava SK, Sharma S, Prakash M (2013) Elastography: A new imaging technique and its application. **Journal of International Medical Science Academy** 26:25-30.

Brandão CVS, Chiurciu JLV, Ranzani JJT et al. (2007) Tonometria, paquimetria e comprimento axial ocular em cães glaucomatosos submetidos à ablação uveal intravítrea. **Arquivo Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia** 59:914-919.

Brazitikos PD, Tsinopoulos IT, Papadopoulos NT et al. (1999) Ultrasonographic classification and phacoemulsification of white senile cataracts. **Ophthalmology** 106:2178-2183.

Brooks DE (1999) Ocular imaging. In: **Veterinary Ophthalmology** 3rd edn. (ed. Gelatt KN). Lippincott, Williams & Wilkins: Baltimore, p.471–476.

Cai F, Zhang SB, Zheng Y, le LX, Zhou ZX, Lam DSC (2005) A study of the human anterior lens capsule (ALC) by atomic force microscopy (AFM) and scanning electron microscopy (SEM). **Investigative Ophthalmology & Visual Science** 46:4213.

Carneiro Filho L (1997) **Manual de oftalmologia veterinária: um guia prático para clínicos veterinários**. São Paulo: Roca, p.89-103.

Carvalho CF, Chammas MC, Cogliati B, Carrilho FJ, Cerri GG (2013) Elastography and contrast-enhanced ultrasonography improves early detection of hepatocellular carcinoma in experimental model of NASH. **Journal of Clinical Experimental Hepatology** 3:96-101.

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

Comstock C (2011) Ultrasound elastography of breast lesions. **Ultrasound Clinics** 6:407-415.

Corrêa ZMS, Goldhardt R, Marcon AS, Marcon IM (2002) Ultrasound findings in patients with dense cataracts. **Arquivo Brasileiro de Oftalmologia** 65:6.

Costa APA, Silva AG, Lima AMV, Laus JL, Borges NA (2014) Ultrassonografia ocular em cães. **Enciclopédia Biosfera** 10:2905-2920.

Cottrill NB, Banks WJ, Pechman RD (1989) Ultrasonic and biometric evaluation of the eye and the orbit of dogs. **American Journal of Veterinary Research** 50:898.

Cui XW, Jenssen C, Saftoiu A, Ignee A, Dietrich CF (2013) New ultrasound techniques for lymph node evaluation. **World Journal of Gastroenterology** 19:4850-4860.

Davidson MG (2001) Towards a better canine intraocular lens. **Veterinary Ophthalmology** 4:1.

Dietrich CF, Cantisani V (2014) Current status and perspectives of elastography. **European Journal of Radiology** 83:403-404.

Dietrich U (2013) Diagnostic ultrasonography. In: Gelatt KN, Gilger B, Kern TJ. **Veterinary Ophthalmology** 5th. Iowa: Wiley and Sons, p.678-679.

Donaldson PA, Grey B, Merriman-smith BR, Sisley AM, Soeller C, Canell MB, Jacobs MB (2004) Functional imaging: new views on lens structure and function. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology** 31:890-895.

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

Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG (1997) *Tratado de Anatomia Veterinária*, 2th edn. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 663p.

Ekesten B (1994) Biological variability and measurement error variability in ocular biometry in Samoyed dogs. **Acta Veterinaria Scandinavica** 35:427-433.

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

Fielding JA (2004) The assessment of ocular injury by ultrasound. **Clinical Radiology** 59:301-3012.

Fierbinteanu-braticevici C, Andronescu D, Usvat R, Cretoiu D, Baicus C, Marinoschi G (2009) Acoustic radiation force imaging sonoelastography for noninvasive staging of liver fibrosis. **World Journal Gastroenterology** 15:5525-5532.

Freitas AC (2008) Ultra-sonografia oftálmica em cães (*Canis familiaris*) portadores de diabetes mellitus. **Jornal Brasileiro de Ciência Animal** 1:1.

Gaiddon J, Rosolen SG, Steru L et al (1991) Use of biometry and keratometry for determining optimal power for intraocular lens implants in dogs. **American Journal of Veterinary Research** 52:781-783.

Galego MP, Safatle AMV, Otsuki D, Hvenegaard AP, Castanheira VR, Barros PSM (2012). Comparison of anterior ocular segment structures in healthy dogs, with diabetic or no diabetic cataract, by ultrasound biomicroscopy. **Pesquisa Veterinária Brasileira** 32:66-71.

Gelatt KN, Wilkie DA (2011) Surgical procedures of the lens and cataract. In: Gelatt KN, Gelatt J.P, editors. **Veterinary Ophthalmic Surgery**. Oxford: Saunders Elsevier, p.305-352.

Gelatt KN (2003) **Manual de oftalmologia veterinária** 3 ed. São Paulo: Manole p.227-252.

Gelatt KN, Mackay EO (2005) Prevalence of primary breed-related cataracts in the dog in North America. **Veterinary Ophthalmology** 8:101-111.

Gonzalez EM, Rodriguez A, Garcia I (2001) Review of ocular ultrasonography. **Veterinary Radiology & Ultrasound** 42:485-495.

Gordo INASD (2012) **Complicações da cirurgia de cataratas por facoemulsificação em cães**. 93f. Lisboa, Portugal. Dissertacao (Mestrado Integrado em Medicina Veterinaria) - Universidade Tecnica de Lisboa, Portugal.

Hager DA, DZIEZYC J, MILLCAAMP NJ (1987) Two-dimensional real-time ocular ultrasonography in the dog. Technique and normal anatomy. **Veterinary Radiology** 28:60- 65.

Hamidzada WA, Osuobeni EP (1999) Agreement between A-mode and B-mode ultrasonography in the measurement of ocular distances. **Veterinary Radiology and Ultrasound** 40:502-507.

Herrera D (2008) **Oftalmologia Clínica em Animais de Companhia**. São Paulo: MetVet Livros, p.117-122.

Hoffer KJ (1993) Axial dimension of the human cataractous lens. **Archives of Ophthalmology** 111:914-918.

Honsho CS, Oriá AP, Laus JL (2002) Uveíte induzida pelo cristalino em cães - prevalência em estudo retrospectivo. **Clínica Veterinária** 39:16-20.

Honsho CS, Oriá AP, Pigatto JAT, Laus JL (2007) Modified extracapsular extraction versus endocapsular phacoemulsification: intraoperative and immediate postoperative events. **Arquivo Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia** 59:105-113.

Junqueira LC, Carneiro J (2004) **Histologia Básica** 10th edn. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 118p.

Kato T, Watanabe Y, Nakayasu K, Kanai A, Yajima Y (1998) The ultrastructure of lens capsule abnormalities in Alport's syndrome. **Japanese Journal of Ophthalmology** 42:401-405.

Kay M, Pepin A, Richard L, Ehman B, Kiaran P (2015) Magnetic resonance elastography (MRE) in cancer: Technique, analysis, and applications. **Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy** 90:32-48.

Kendal CJ, Prager TC, Cheng H, Gombos D, Tang RA, Schiffman JS (2015) Diagnostic Ophthalmic Ultrasound for Radiologists. **Neuroimaging Clinics of North America** 25:327-365.

Kleiner JA (2007) Implante de lente intra-ocular acrílica dobrável de 41d em cães após facoemulsificação. **Acta Science Veterinariae** 35:623-625.

Koenig Y, Bock F, Horn F, Kruse F, Straub K, Cursiefen C (2009) Short and long term safety profile and efficacy of topical bevacizumab (Avastin) eye drops against corneal neovascularization. **Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology** 10:1375-1382.

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

Kubal WS. Imaging of orbital trauma. **Radiographics** 28:1729-1739.

Kuszak JR, Zoltoski RK, Tiedemann CE (2004) Development of lens suture. The **International Journal of Developmental Biology** 48:889-902.

Labruyère JJ, Hartley C, Rogers K, Wetherill G, Mcconnell JF, Dennis R (2008) Ultrasonographic evaluation of vitreous degeneration in normal dogs. **Veterinary Radiology and Ultrasound** 49:165-171.

Laursen AB, Fledelius H (1979) Variations of lens thickness in relation to biomicroscopic types of human senile cataract. **Acta Ophthalmologica** 57:1-13.

Laus JL (2007) **Oftalmologia Clínica e Cirúrgica em Cães e Gatos**. São Paulo: Roca, 230p.

Luyet C, Eichenberger U, Moriggl B et al. (2008) Realtime visualization of ultrasound-guided retrobulbar blockade: an imaging study. **British Journal of Anesthesia** 101:855-859.

Maggs DJ (2008) Basic Diagnostic Techniques. Additional Diagnostic Testing. In: Maggs DJ, Miller PE, Ofri R, editors. **Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology**. Saint Louis: Elsevier Saunders, p. 84-101.

Martins BC, Rodrigues EFJR, Souza ALG (2010) A and B mode ultrasonography in preoperative evaluation of lens and posterior segment of dogs eyes with cataract. **Pesquisa Veterinária Brasileira** 30:121-126.

Mattoon JS, Nyland TG (2015) **Small animal diagnostic ultrasound** 3. ed. St. Louis: Copyright Elsevier Saunders, p.130-131.

Mcleod D, Restori M (1985) Rapid B-scanning in ophthalmology. In: Barnett E, Morley P **Clinical diagnostic ultrasound**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, p.111-20.

Mcnicholas MMJ, Brophy DP, Power WJ, Griffin JF (1994) Ocular sonography. **American Journal of Roentgenology** 163:921-926.

Mould JRB (2002) Ophthalmic examination. Protocol for ophthalmic examination. In: Jones PS, Crispin MS, editors. **Bsava Manual of Small Animal Ophthalmology**. England: British Small Animal Veterinary Association, p.4-6

Mundt GH, Hughes WF (1956) Ultrasonics in ocular diagnosis. **American Journal of Ophthalmology** 42:488-498.

Nasise MP (2001) **Diseases of the Lens and Cataract Surgery**. The 25th Annual Waltham/OSU Symposium Small Animal Ophthalmology October 27—28.

Ofri RL. Lens. In: Maggs DJ, Miller PE, Ofri R, editors (2013) **Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology**. Missouri: Elsevier p.272-290.

Park YW, Kim JY, Jeong MB, Kim SH, Yoon J, Seo K (2015) A Retrospective study on the association between vitreous degeneration and cataract in dogs. **Veterinary Ophthalmology** 18:304-308.

Pavlin CJ, Foster FS (1998) Ultrasound biomicroscopy: high-frequency ultrasound imaging of the eye at microscopic resolution. **Radiologic Clinics of North America** 36:1047-1058.

Perkins ES (1988) Lens thickness in early cataract. **British Journal of Ophthalmology** 72:348-353.

Pigatto JAT, Pereira FQ, Almeida ACVR, Menezes CLM, Albuquerque L, Franzen AA (2007) Avanços e benefícios da facoemulsificação. **Acta Science Veterinariae** 35:248-249.

Raymond S, Favilla I, Santamaria L (2009) Comparing ultrasound biometry with partial coherence interferometry for intraocular lens power calculations: a randomized study. **Investigative Ophthalmology & Visual Science** 50:2547-52.

Rodrigues GN, Clark RMO, Ranzani JJ, Brandão CV, Cremonini DN, Rodrigues ACL, Perri SHV (2010) Facoemulsificação em cães, com e sem implante de lente intraocular em piggyback: estudo clínico da inflamação pos-operatória. **Pesquisa Veterinária Brasileira** 30:103-107.

Safatle A (2010) Importância do eletrorretinograma de campo total (Fullfield ERG) em cães da raça Cocker Spaniel Ingles portadores de catarata. **Pesquisa Veterinária Brasileira** 30:149-154.

Schmidt V (2010) Ultrassonografia ocular e orbitária. In: Mannion, P. **Ultrassonografia de pequenos animais**. Rio de Janeiro: Revinter, p.278-300.

Serra EG, Brunelli ATJ (2005) Avaliação ultrassonográfica da lente no deslocamento da catarata. **Nosso Clínico** 8:6-14.

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

Slatter D (2005) Técnicas básicas de diagnóstico. In:_____ **Fundamentos de Oftalmologia Veterinária** 3 ed. São Paulo: ROCA, p.125-126.

Silva TMF (2010) Catarata em cães: Revisão de literatura. **PUBVET** 4:722-731.

Silver FH (1987) **Biological Materials: Structure, Mechanical Properties and Modeling of Soft Tissues**. New York: NYU Press, p.134-235.

Slatter D (2005) Técnicas básicas de diagnóstico. In: **Fundamentos de Oftalmologia Veterinária** 3 ed. ROCA: São Paulo, p.125-126.

Spaulding K. Eye and orbit. In: **Atlas of small animal ultrasonography** Blackwell: Iowa, p.49-90.

Squarzoni R, Morales MAS, Safatle AMV, BARROS PSM (2007) Avaliação ultrasonográfica do segmento posterior de olhos de cães diabéticos e não diabéticos portadores de catarata. **Pesquisa Veterinária Brasileira** 27:455-461.

Stafford MJ (2001) The histology and biology of the lens. **Optometry Today** p.23-29.

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

Syversveen T, Brabrand K, Midtvedt K, Strom EH, Hartmann A, Jakobsen JA, Berstad AE (2011) Assessment of renal allograft fibrosis by acoustic radiation force impulse quantification – a pilot study. **Transplant International** 24:100-105.

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

Tuntivanich N, Jones SMP, Steibel JP, Johnson C, Forcier JQ (2007) Postnatal development of canine axial globe length measured by B-scan ultrasonography. **Veterinary Ophthalmology** 10:2-5.

Urs R, Lloyd HO, Silverman RH (2014) Acoustic radiation force for noninvasive evaluation of corneal biomechanical changes induced by cross-linking therapy. **Journal of Ultrasound in Medicine** 33:1417-1426.

Van der woerdt A, Wilkie DA, Myer W (1993) Ultrasonographic abnormalities in the eyes of dogs with cataracts: 147 cases (1986 – 1992). **Journal of the American Veterinary Medicine Association** 203:838-841.

Whang WJ, Jung BJ, Oh TH, et al (2012) Comparison of postoperative refractive outcomes: IOLMaster versus immersion ultrasound. **Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging** 43:496-9.

Williams DL (2004) Lens morphometry determined by B-mode ultrasonography of the normal and cataractous canine lens. **Veterinary Ophthalmology** 7:91-95.

Wu C, Han Z, Wang S, Li J, Singh M, Liu CH, Aglyamov S, Emelianov S, Manns F, Larin KV (2015) Assessing Age-Related Changes in the Biomechanical Properties of Rabbit Lens Using a Coaligned Ultrasound and Optical Coherence Elastography System. **Investigative Ophthalmology & Visual Science** 56:1292-1300.

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

Yi NY, Park SA, Jeong MB, Kim WT, Kim SE, Chae JM, Seo KM et al. (2006) Phacoemulsification and acryl foldable intraocular lens implantation in dogs: 32 cases. **Journal of Veterinary Science** 7:281-285.

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 facoemulsificação¹

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 acordo com o estágio da catarata: saudáveis, incipientes, imaturas, maduras, intumescentes e hiperaturas. Ao exame elastográfico, as lentes foram avaliadas qualitativamente através da deformabilidade e quantitativamente pela medida da velocidade da onda de cisalhamento (m/s). A velocidade de cisalhamento 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 afetadas pelas cataratas intumescentes, imaturas e hiperaturas. A catarata madura apresentou maior rigidez nuclear quando comparada às demais ($P < 0,001$). Na região cortical, a velocidade de cisalhamento foi significativamente maior ($P < 0,01$) nas cataratas intumescentes e incipientes. Velocidades de cisalhamento 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

¹ Este capítulo corresponde ao artigo científico submetido à revista *Veterinary Ophthalmology* e encontra-se em avaliação para publicação.

sensibilidade de 71% e especificidade de 76%. Velocidades de cisalhamento superiores a 2,66 m/s estão associadas às lentes saudáveis ou com cataratas incipientes, apresentando sensibilidade de 94% e especificidade de 84%. O método qualitativo permitiu a diferenciação entre lentes saudáveis e afetadas e a classificação dos estágios evolutivos da catarata. Dentre os pacientes avaliados, 42 olhos, de 26 cães, foram submetidos à facoemulsificação após constatada deficiência visual significativa. Houve correlação entre o grau de rigidez da lente na região cortical e na região 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 ($p=0,174$), bem como o vácuo aplicado ($p=0,167$) foram estatisticamente similares independente do estágio evolutivo da catarata. 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 diagnóstico da afecção.

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

Introdução

A catarata é considerada a maior causa de cegueira em humanos (Temporini & Kara José, 2004) bem como em cães (Ofri, 2013). Considerando que a maior expectativa de vida representa um de seus agentes causais (Adkins & Hendrix, 2005; Pigatto et al., 2007; Safatle, 2010; Silva, 2010; Ofri, 2013), o estudo dos diferentes estágios evolutivos, bem como a implicação das características da lente do paciente, no que diz respeito ao tratamento cirúrgico, tem relevante importância no prognóstico de retorno à visão.

O método elastográfico baseia-se no princípio da elasticidade (Módulo Young), em que o tecido orgânico avaliado sofrerá determinado grau de deformação após a aplicação de uma força, a depender do grau de rigidez. De modo geral, tecidos mais rígidos tendem a sofrer menor deformidade e após cessada a força indutora de deformação, o tecido retorna à sua forma original. A técnica é realizada em tempo real, de forma não invasiva e na maioria das vezes dispensa a utilização de sedativos e anestésicos (Carvalho et al., 2015).

Os diferentes estágios evolutivos da catarata são identificados por meio da biomicroscopia com lâmpada em fenda após a instilação de colírio midriático e avaliação subjetiva do grau de opacidade lenticular (Maggs, 2008; Mould, 2002). Embora a ultrassonografia (US) modo A/B permita inferir o grau de opacidade da lente, segundo a ecogenicidade e a ecotextura (Martins et al., 2010), tal técnica nada nos diz sobre a rigidez dessa estrutura. Por conseguinte, os métodos para a classificação dos diferentes estágios evolutivos de catarata são considerados empíricos, sendo baseados apenas em parâmetros subjetivos, podendo ser limitados no que concerne à escolha da conduta terapêutica mais adequada para determinado paciente bem quanto à estabelecer valores prognósticos cirúrgicos.

Na intenção de definir o grau de dureza da lente, muitos métodos já foram executados, dentre eles o método de guilhotina automatizada hidráulica, no qual avalia-se a força necessária para seccionar o núcleo lenticular em duas metades utilizando a pressão da água contida em uma garrafa posicionada a uma determinada altura, fazendo com que uma lâmina exerça maior ou menor força para seccionar a lente (Assia et al., 1997; Heyworth et al., 1993; Tabandeh et al., 1994).

A rigidez lenticular também foi avaliada pelo sistema de compressão entre placas, no qual um equipamento elaborado para tal fim, promove uma compressão na lente, permitindo-

se inferir sobre o grau de dureza do material considerando o volume da estrutura antes e após a compressão (Smith et al., 2002).

Um outro equipamento, que permite a avaliação do grau de rigidez da lente a partir da força de compressão aplicada por um indentador, foi igualmente elaborado trazendo informações importantes no que diz respeito a escolha da melhor técnica cirúrgica para o tratamento da catarata (Czygan & Hartung, 1997).

Semelhantemente, a US já foi utilizada para se inferir sobre a rigidez da lente baseando-se na correlação entre a densidade tecidual e características acústicas do tecido e os resultados avaliados pelo método de guilhotina automatizada (Tabandeh et al., 2002). A medida do coeficiente de atenuação da lente obtida por meio da elaboração de um transdutor com agulha de alta frequência também foi relatada como método para avaliar a rigidez lenticular (Huang et al., 2009).

A maioria dos estudos relacionados à análise da rigidez e à composição lenticular, restringem-se a avaliações *in vitro* (Van Alphen & Graebel 1991; Czygan & Hartung 1997; Fisher 1971; Fukuda 1962; Glasser & Campbell 1999; Kuwahara 1980; Antunes et al., 2006) e nem mesmo abrangem a espécie canina.

Sabe-se que o tratamento da catarata é exclusivamente cirúrgico, e que o grau de rigidez da lente influencia diretamente no tempo e na potência ultrassônica necessária durante a facoemulsificação, fatores estes que, por sua vez, estão relacionados a complicações pós operatórias. Na ausência de um exame que pudesse ser realizado *in vivo* e que forneça informações relevantes sobre a rigidez da lente nos diferentes estágios evolutivos da catarata, o objetivo do estudo foi avaliar a precisão da elastografia Acoustic Radiation Force Impluse (ARFI) na diferenciação entre lentes normais e com catarata, bem como sua acurácia na classificação dos diferentes estágios evolutivos da afecção em cães. Verificou-se, para os cães

submetidos à facoemulsificação, a correlação entre os graus de rigidez das lentes obtidos pela avaliação elastográfica quantitativa, aos parâmetros observados durante a facoemulsificação (tempo de ultrassom, controle de vácuo e quantitativo de solução salina balanceada (BSS)).

Materiais e métodos

Esta pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/Jaboticabal, sob o protocolo de número 005572/17. A participação dos cães selecionados para este estudo foi autorizada pelos tutores mediante assinatura de termo de consentimento livre e esclarecido.

Os cães incluídos no estudo, oriundos da rotina dos Serviços de Oftalmologia Veterinária do Hospital Veterinário da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/Jaboticabal, Brasil, foram divididos em seis grupos sendo classificados como: saudáveis, cataratas incipiente, imatura, madura, intumescente e hipermetria. Considerando um nível de significância de 5% para os testes estatísticos, foi estabelecido mínimo de 20 olhos como número amostral para cada estágio evolutivo e para o grupo de cães saudáveis.

Para seleção dos animais, os caninos foram submetidos aos exames físico, laboratorial (hemograma e testes bioquímicos – dosagens de ALT e de creatinina) e oftálmico (reflexos pupilares direto, consensual e de ameaça, teste lacrimal de Schirmer, biomicroscopia com lâmpada em fenda, tonometria de aplanção, oftalmoscopia binocular indireta, testes da fluoresceína e da ruptura do filme lacrimal e US ocular nos modos A e B). Os cães saudáveis foram selecionados considerando os exames físicos, laboratoriais e oftálmicos dentro dos parâmetros de normalidade. Já os cães com catarata foram selecionados após a realização dos exames citados acima, classificando os olhos avaliados em diferentes grupos de acordo com o estágio evolutivo da afecção, estabelecido após teste de ameaça, seguido de instilação de uma

gota do colírio midriático à base de tropicamida a 10 mg/ml (Midriacyl, Alcon Laboratórios do Brasil LTDA, São Paulo, SP, Brasil) e avaliação da lente com lâmpada de fenda, bem como por meio dos parâmetros estudados à US modo A/B.

Foram classificados como pertencentes ao grupo de cataratas incipientes: pacientes com resposta à ameaça positiva, opacidade corneana menor que 15% da lente quando na avaliação com lâmpada em fenda (Ofri, 2013), baixa formação de picos e pequena região de hiperecogenicidade no interior da lente à US modo A/B (Costa et al., 2014). No grupo de catarata imatura os pacientes apresentavam diminuição ao reflexo de ameaça, reflexo tapetal diminuído, opacidade lenticular maior que 15% sobretudo em região central à avaliação com lâmpada de fenda, sem contudo apresentar opacidade completa (Ofri, 2013), moderada formação de picos e hiperecogenicidade incompleta no interior da lente à US modo A/B (Costa et al., 2014). Foram incluídos no grupo catarata madura os olhos de pacientes com resposta negativa ao reflexo de ameaça, opacidade lenticular completa à avaliação com lâmpada de fenda (Ofri, 2013) bem como formação de picos e hiperecogenicidade completa da lente ao exame ultrassonográfico modo A/B (Costa et al., 2014). O grupo de olhos classificados como cataratas intumescentes apresentaram reflexo de ameaça negativo, opacidade completa à avaliação com lâmpada em fenda (Ofri, 2013) bem como formação de picos e hiperecogenicidade associada a regiões hipoeecogênicas em toda a extensão da lente ao exame ultrassonográfico modo A/B; verificando-se valores de espessura lenticular maiores que 7 mm e diminuição da câmara anterior (Costa et al., 2014). O grupo catarata hipermatura incluiu pacientes com reflexo de ameaça negativo, opacidade completa e rugosidade de cápsula anterior à avaliação com lâmpada de fenda (Ofri, 2013) bem como formação de picos e hiperecogenicidade em toda a extensão da lente ao exame ultrassonográfico modo A/B;

verificando-se espessura lenticular menor que 7 mm e presença de irregularidade na cápsula anterior (Costa et al., 2014).

Para realização dos exames de US e elastografia, as córneas foram dessensibilizadas com colírio anestésico a base de cloridrato de proximetacaína 0,5% (Anestalcon, Alcon, SP, Brasil). Utilizou-se gel acústico estéril (Supra Gel, Adlin Plasticos LTDA, Jaraguá do Sul, SC) como meio de contato, empregando-se o método transcorneal (Spaulding, 2008). Os cães foram imobilizados manualmente, sem necessidade de contenção química e mantidos em sala sob luminosidade controlada.

As avaliações ultrassonográficas modo A e B foram realizadas utilizando-se equipamento Ultrascan A/B Alcon (Alcon Laboratories, INC-EUA) e probe de 20 MHz em posição axial, por um único examinador treinado. Estudaram-se parâmetros de biometria (diâmetros, comprimentos e espessuras, em mm) e padrões de ecogenicidade e de ecotextura da câmara anterior, da câmara posterior, da câmara vítrea, da lente e do complexo retina-coroide-esclera.

Após o exame ultrassonográfico em modo B e A, foi realizado o exame elastográfico empregando-se o equipamento Acuson S2000/Siemens (*Siemens* Medical Solutions USA, INC-EUA) mediante o software virtual touch que utiliza o método ARFI, com transdutor 9,0 MHz por um único operador treinado. Para o estudo qualitativo, as lentes foram avaliadas segundo a deformabilidade (deformáveis ou não deformáveis) em elastogramas de diferentes cores, sendo as estruturas de tonalidade azul menos rígidas que aquelas de cor verde (rigidez intermediária) e de cor vermelha (maior rigidez). A qualidade das imagens foi verificada utilizando-se um dispositivo de exibição no qual imagens homogêneas e esverdeadas indicam alta qualidade da técnica, enquanto imagens heterogêneas e amareladas indicam baixa qualidade. Após a análise qualitativa, no elastograma da lente foram definidas três regiões de

interesse tanto na área do cortex como do nucleo, tentando abarcar toda a extensão da lente mediante o posicionamento do calipter na mesma, com esta metodologia o software calcula automaticamente a velocidade da onda de cisalhamento (SWV), em m/s, de cada região, sendo o valor médio calculado para a análise estatística.

Pacientes que apresentavam dificuldade visual considerável e que ao exame oftalmológico, incluindo exame eletrorretinográfico, eram considerados aptos à cirurgia, foram submetidos à facoemulsificação por um mesmo cirurgião treinado. O poder de ultrassom e o fluxo de aspiração foram mantidos sempre em valores semelhantes (entre 60 e 70% e entre 20 a 30 cc/min, respectivamente) para todos os pacientes, avaliando-se os parâmetros de tempo de ultrassom, de controle de vácuo e de quantitativo de BSS, correlacionando-os aos resultados obtidos à elastografia da lente, por meio de anotação em planilha.

A análise estatística foi realizada com auxílio do software R (RTM Foundation for Statistical Computing, Áustria). As velocidades de cisalhamento do córtex e núcleo da lente foram comparadas entre os estágios da catarata pelo teste de Kruskal Wallis e pós-teste de Dunn, apresentando seus resultados como a mediana \pm intervalo interquartil (IQR). Os parâmetros que apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os estágios da catarata foram subsequentemente submetidos a uma análise de poder discriminativo através de curvas ROC e calculados valor de corte, sensibilidade, especificidade e área sob a curva (AUC), utilizando um modelo de regressão logística.

As SWV's das lentes foram correlacionadas aos parâmetros avaliados durante a facoemulsificação pelo teste de Spearman. A significância foi fixada para todos os testes em 5% ($p < 0,05$).

Resultados

Foram estudados 20 olhos com lentes saudáveis e os demais nos seguintes estágios evolutivos de catarata, sendo: 20 incipientes, 20 intumescentes, 20 imaturas, 45 maduras e 20 hiperaturas, de cães. O estudo incluiu 145 olhos de 98 cães de diferentes raças (22 Poodles, 17 sem raças definidas, 17 Shih Tzus, 11 Lhasa Apsos, 6 Pinschers, 4 Yorkshires, 4 Buldogues Franceses, 4 Labradores, 3 Malteses, 2 Filas Brasileiros; 2 Schnauzers, 1 Blue Heeler, 1 Rottweiler), adultos, com idades entre 2 e 12 anos (média de $5,85 \pm 2,88$ anos de idade), machos (23,81%) ou fêmeas (76,19%),

Quanto à US modo A, os valores referentes à biometria ocular de cães saudáveis e apresentando diferentes estágios evolutivos de catarata estão descritas na tabela 1. Em cães saudáveis não houve formação de picos no interior da lente como fora avaliado em cães com catarata.

Quanto à US modo B, cães saudáveis apresentaram padrão anecogênico nas regiões de câmara anterior, interior da lente e câmara vítrea, bem como padrão hiperecogênico nas regiões de córnea (aspecto curvilíneo convexo), de cápsulas anterior e posterior da lente (aspectos curvilíneos convexo e côncavo, respectivamente) e complexo retina-coroide-esclera, todos em padrão homogêneo. O mesmo padrão foi observado em cães com catarata incipiente, com exceção do interior da lente que apresentou pequena região hiperecogênica. Em cataratas imaturas, madura e hiperaturas, a ecogenicidade observada no interior é maior quanto mais avançado é o estágio de desenvolvimento. Em cataratas intumescentes observam-se algumas regiões de menor ecogenicidade, associadas, em maior parte, a regiões de alta ecogenicidade. Cataratas hiperaturas apresentaram irregularidades na cápsula anterior da lente, bem como hiperecogenicidade em câmara vítrea.

Ao elastograma colorido, lentes normais apresentaram baixa qualidade ao exame, não havendo homogeneidade nos padrões de cores avaliados. De modo geral, as lentes com catarata apresentaram alta qualidade ao exame bem como homogeneidade nos padrões de cores, sobretudo nas regiões de opacidade lenticular. Lentes com cataratas incipientes apresentaram-se em tonalidade azul na região de ocorrência da afecção, porém baixa qualidade ao exame nas regiões saudáveis (Figura 1). As cataratas intumescentes apresentaram córtex em tonalidade azul, algumas com pequenas regiões esverdeadas, entretanto apresentaram baixa qualidade ao exame do núcleo (Figura 2). Nas cataratas imaturas observou-se predominância da cor azul e algumas regiões de tonalidade verde, sem no entanto apresentar qualidade de imagem em sua totalidade, mas apenas nas regiões com opacidade (Figura 3). As cataratas maduras apresentaram qualidade de exame em toda a estrutura da lente, verificando-se tonalidade predominantemente azul, com algumas regiões nucleares esverdeadas (Figura 4). No estágio hipermaturo, as lentes também apresentaram alta qualidade ao exame, mostrando-se predominantemente na tonalidade azul, apresentando alguns tons esverdeados e outros avermelhados (Figura 5).

Na Tabela 2 estão descritos os valores mínimos, máximos, medianas e intervalos interquartis das velocidades de cisalhamento corticais e nucleares das lentes saudáveis e nos diferentes estágios de catarata. Em lentes saudáveis somente foi possível obter valores relacionados ao núcleo, uma vez que a região cortical apresentou velocidade de cisalhamento de XX m/s e, portanto, não mensurável pelo equipamento. Nas cataratas incipientes apenas foi possível mensurar valores de velocidades de cisalhamento relacionadas ao córtex, região na qual foi avaliada presença de opacidade e, portanto, boa qualidade ao exame. Na Tabela 3 encontram-se os intervalos de confiança de 95% das velocidades de cisalhamento corticais e nucleares das lentes saudáveis e nos diferentes estágios de catarata,

A velocidade de cisalhamento do núcleo foi estatisticamente diferente quanto ao estágio evolutivo da catarata bem como entre lentes saudáveis e aquelas acometidas pela enfermidade ($P < 0,001$) (Figura 6). Lentes saudáveis e com cataratas incipientes apresentaram núcleo mais rígido do que aquelas acometidas por cataratas hipermetura, imatura e intumescente. Lentes com catarata madura apresentaram maior rigidez nuclear quando comparadas às demais ($P < 0,001$). Quanto ao estudo da região cortical, a velocidade de cisalhamento foi significativamente maior ($P < 0,01$) nas cataratas intumescentes e incipientes do que nos demais estágios estudados (Figura 7).

Ao estudo da capacidade preditiva do estágio da catarata pela avaliação elastográfica, uma SWV do núcleo da lente menor que 2,67 m/s indica o diagnóstico de catarata com uma sensibilidade de 72%, especificidade de 94% e área sob a curva de 82% (Figura 8) e que um valor menor que 2,23 m/s é um indicativo de que a catarata é madura, com sensibilidade de 71%, especificidade de 76% e área sob a curva de 76%. Além disso, constatou-se que um valor de SWV do núcleo maior que 2,66 m/s sugere que a lente é normal ou apresenta catarata incipiente, com uma sensibilidade de 94%, especificidade de 84% e área sob a curva de 89%.

Dentre os pacientes avaliados, foram submetidos à cirurgia de facoemulsificação 42 olhos de 26 cães de diferentes raças (10 Poodles, 4 sem raças definidas, 3 Shih Tzus, 2 Lhasa Apsos, 2 Yorkshires, 2 Labradores, 1 Fila Brasileiro, 1 Buldogue Francês e 1 Pinscher), adultos, com idades entre 3 e 12 anos (média de $7,30 \pm 2,82$ anos de idade), machos (53,84%) ou fêmeas (46,16%). Relativamente aos estágios evolutivos de catarata, foram operadas: 8 intumescentes, 7 imaturas, 24 maduras e 3 hipermeturas.

Na tabela 4 encontram-se descritos as medianas e os intervalos interquartis das velocidades de cisalhamento corticais e nucleares bem como dos parâmetros obtidos durante a

facoemulsificação (tempo, vácuo e quantitativo de BSS) para todas as lentes submetidas à facoemulsificação.

Na tabela 5 encontram-se descritos as medianas e os intervalos interquartis das velocidades de cisalhamento corticais e nucleares bem como dos parâmetros obtidos durante a facoemulsificação (tempo, vácuo e quantitativo de BSS) para cada estágio evolutivo de catarata avaliado.

A velocidade de cisalhamento do núcleo variou com relação ao estágio evolutivo da catarata ($p < 0,001$). Estando em ordem decrescente de rigidez as cataratas: imaturas, intumescentes, hipermetura e madura.

Houve correlação entre o grau de rigidez da lente na região cortical e na região nuclear ($p = 0,00165$; $r = 0,37$) e entre o quantitativo de BSS utilizado 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 (tempo, vácuo e quantitativo de BSS) ($p > 0,005$).

O tempo cirúrgico ($p = 0,130$), o quantitativo de BSS ($p = 0,174$), bem como o vácuo aplicado ($p = 0,167$) foram estatisticamente similares independente do estágio evolutivo da catarata no procedimento de facoemulsificação.

Discussão

A escolha pelo estudo de lentes com catarata nos diferentes estágios de desenvolvimento, tais como incipiente, imatura, madura, hipermetura e intumescente, justifica-se por esta ser a classificação mais comumente empregada em estudos envolvendo tal estrutura (Albuquerque et al., 2010; Ofri, 2013).

A diferença de rigidez observada entre lentes saudáveis e nos diferentes estágios de catarata, tanto na técnica quantitativa quanto qualitativamente, pode ser justificada por diferenças na composição e na organização desta estrutura, ressaltando a importância da elastografia na avaliação destes tecidos. As lentes saudáveis são formadas basicamente por 33 % de fibras lenticulares de natureza protéica, altamente organizadas em lamelas (Laus, 2007) bem como conteúdo aquoso (Vidiik, 1978, Fukuda, 1963; Dayson, 1980; Kuszak et al., 2004). Com o desenvolvimento da catarata, ocorre desorganização do arranjo lamelar (Kleiner, 2007; Laus, 2007; Galego et al., 2012), além de maior perda aquosa (Albuquerque et al., 2010; Gelatt & Wilkie, 2011; Gelatt, 2003), gerando diferentes graus de opacidade, e consequentemente deficiência visual variável, de acordo com o estágio evolutivo da afecção (Rafferty, 1985; Kuwabara, 1975; Czygan & Hartung, 1997).

Sabe-se que tecidos acometidos por diferentes enfermidades cursam com alterações de seus componentes estruturais e ou de sua organização molecular, interferindo diretamente em sua biomecânica (Shah et al., 2007; Paszek et al., 2005) e, consequentemente, em seu grau de rigidez, como observado no presente estudo.

A constatação de diferença de rigidez observada entre regiões nucleares e corticais pode ser justificada pelas características anatomofisiológicas da lente. As células epiteliais que se encontram abaixo da cápsula anterior são as responsáveis pela produção das fibras lenticulares ao longo da vida, formando as regiões de córtex e de núcleo (Dick et al. 2008; Kuszak et al., 2004). As fibras presentes na região nuclear são denominadas de fibras primárias, sendo mais antigas do que aquelas que compõem o córtex, denominadas fibras secundárias (Kuskak & Zoltoski, 2004), o presente estudo evidencia que tais alterações estruturais interferem nos resultados elastográficos destas regiões da lente.

Ao elastograma, o grau de rigidez dos diferentes estágios de catarata corroboraram com estudos prévios em humanos, apesar da utilização de métodos de avaliação, como o sistema de guilhotina (Assia et al, 1997;. Heyworth et al, 1993;. Tabandeh et al., 1994), o método de compressão entre placas (Smith et al., 2002), a técnica do indentador (Czygan e Hartung, 1997) e por meio da US (Huang et al., 2007; Tabandeh et al., 2002).

Referente ao elastograma de diferentes cores é importante ressaltar que estruturas com grande quantidade de conteúdo aquoso, apresentam baixa qualidade no exame. O fato de cataratas incipientes caracterizarem-se por opacidade de até 15% da lente (Ofri, 2013), justifica as imagens com tonalidades claras (azuis), com menor rigidez tecidual, ocorrendo apenas em pequena região da lente e coincidindo com a região acometida pela opacidade, sendo que o restante da lente saudável e, conseqüentemente, com conteúdo aquoso, apresentou baixa qualidade ao exame.

As cataratas intumescentes são de maior ocorrência em pacientes diabéticos, os quais apresentam maior conteúdo aquoso devido à força osmótica induzida pela presença do sorbitol (Davidson & Nelms 1999; Bron et al 1993; Lee et al., 1995; Chylack & Kinoshita 1969; Lee & Chung 1999; Williamns 2004), tal fato justifica o padrão encontrado nesse estágio, mesclado de regiões de baixa rigidez (áreas de tonalidade azul acometidas pela cataratas) e de regiões sem qualidade ao exame (conteúdo aquoso).

Nas cataratas imaturas, a diminuição da transparência se dá de forma incompleta (Gelatt & Wilkie, 2011). Fundamentando os achados do estudo, em que a lente apresentou heterogeneidade na qualidade ao exame do seu interior (ausência de cor em regiões com conteúdo aquoso), ademais as regiões coradas apresentaram rigidez de nível intermediário (verde). As cataratas maduras, são definidas por opacidade completa e déficit visual (Rodrigues et al., 2010). Os achados corroboram pois na avaliação qualitativa, a lente se

corou homoganeamente, contendo áreas de baixos e de intermediários graus de rigidez. O mesmo ocorreu no estágio hipermaturo, entretanto devido ao maior estado de compactação das fibras e perda de conteúdo aquoso, (Gelatt & Wilkie, 2011), algumas áreas apresentaram alta rigidez (vermelha).

Estudos referentes à rigidez lenticular em humanos, são comumente realizados nas condições *ex vivo* (Assia et al, 1997; Heyworth et al, 1993; Tabandeh et al., 1994; Smith et al., 2002; Czygan e Hartung, 1997) e *in vitro* (Huang et al., 2007), sendo poucos os realizados *in vivo* (Tabandeh et al., 2002). Tais estudos mostraram que estágios mais avançados de desenvolvimento da catarata implicam em maior grau de rigidez da lente, sendo justificado pelos autores pelo aumento na concentração de proteínas e na desorganização das fibras lenticulares (Tabandeh H., Thompson G. M., Heyworth, P. et al., 1994; Kurapkienê S. et al. 2005). No presente estudo, lentes normais ou acometidas por cataratas incipientes apresentaram maior rigidez (maiores velocidades de cisalhamento) quando comparadas aos demais estágios. Esta contradição pode ser justificada pela baixa qualidade do exame observada para lentes normais e apresentando cataratas incipientes. Deduz-se que o equipamento seja mais confiável para a avaliação de lentes com catarata em estágios mais avançados, com menor conteúdo aquoso (madura e hipermaturo) justificando assim a diferença dos nossos resultados com estudos *in vitro*.

Entretanto, ainda que o método elastográfico apresente baixa qualidade no exame de estruturas que apresentam conteúdo aquoso, como foi visto em lentes normais e em estágios iniciais da catarata, as velocidades de cisalhamento superestimadas nesses casos, mesmo que não representem o valor real de sua rigidez, apresentaram valores tais que indicariam com altas sensibilidades e especificidades se a lente apresenta catarata e se esta encontra-se em estágio incipiente. Esta informação é importante, sobretudo quando, ao exame oftálmico, a

córnea ou a câmara anterior encontram-se opacas, ou mesmo quando a íris não permite a avaliação da lente.

Justificados pelo fato de que o olho do cão inflama entre 10 e 15 vezes mais que o olho humano e que as complicações pós-operatórias podem causar perda visual irreversível, muitos especialistas optam pelo tratamento cirúrgico apenas em casos de deficiência visual importante, observado em pacientes com cataratas imaturas avançadas ao estágio hipermaturo (Ofri, 2013). Considerando que cataratas em estágio maduro apresentaram valores de velocidade de cisalhamento com altas sensibilidade e especificidade, bem como elastogramas com alta qualidade à ARFI, considera-se que nesses casos a técnica poderá servir de valor prognóstico cirúrgico. Afinal, quanto mais rígida é a lente, maior tempo e potência do ultrassom durante a facoemulsificação, e maiores as chances de complicações pós operatórias (Jaffe & Howitz,1992; Czygan & Hartung, 1997).

Embora estejam disponíveis outros métodos cirúrgicos, como as facectomias intracapsulares e extracapsulares, a facoemulsificação é considerada o método mais seguro e eficaz (Jaffe & Howitz,1992; Yamamoto et al., 2002), sendo a opção de tratamento eleita no presente estudo.

Segundo os autores Jaffe & Howitz (1992); Czygan & Hartung (1997); Huang et al., 2007), quanto maior a rigidez lenticular, maior o parâmetro de tempo cirúrgico. Segundo Ofri (2013) cataratas imaturas demandam menor tempo cirúrgico; entretanto o presente estudo contraria tal afirmação já que, independentemente do grau de rigidez avaliado à elastografia ARFI para cada lente em seus diferentes estágios evolutivos, não houve diferença estatística com relação ao tempo, ao fluxo de vácuo e ao volume de BSS. Sugere-se que o tempo cirúrgico não necessariamente seja influenciado pela rigidez da lente, já que outros fatores como aderências da cápsula lenticular na região cortical e fragilidade capsular, também

elevam o grau de dificuldade do procedimento culminando em maior tempo cirúrgico (Ernis et al., 2003). Da mesma forma, também justifica-se a não correlação entre volume de BSS utilizado e o grau de rigidez da lente, já que o uso de BSS envolve não somente as fases de hidrodissecção, de nucleodissecação e de facoemulsificação, sendo igualmente importante na manutenção da câmara anterior e na proteção mecânica das estruturas intraoculares em todas as etapas cirúrgicas (Kara Júnior, 2002), inclusive daquelas que independem da rigidez lenticular. Tais afirmações também justificam a correlação encontrada entre tempo cirúrgico e volume de BSS utilizado, já que quanto maior o tempo cirúrgico, maior será a quantidade 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.

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.

Lente	Comprimento axial (mm)	Comprimento da câmara anterior (mm)	Espessura da lente (mm)	Comprimento da câmara vítrea (mm)
Normal	19,45±1,02	3,06±1,15	6,92±1,03	9,51±1,22
Incipiente	19,24±1,19	3,12±1,32	6,90±0,98	9,42±1,66
Imatura	17,02±1,32	3,20±1,04	6,69±1,78	7,12±1,47
Madura	21,33±0,92	2,31±0,97	9,03±1,37	9,35±1,58
Intumescente	21,26±1,09	4,22±1,51	9,18±0,93	7,73±1,35
Hipermatura	20,31±1,30	4,02±1,52	5,11±0,99	10,85±1,53

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.

Variável	Estágio evolutivo	Mínimo	Mediana	Máximo	IQR
SWV					
núcleo	Hipermatura	1,02	2,48	2,99	0,893
	Imatura	1,93	2,36	3	0,3875
	Incipiente	2,23	2,85	3,1	0,1775
	Intumescente	1,1	2,16	3,68	0,542
	Madura	1,09	2,05	3,46	0,78
	Normal	2,23	2,85	3,1	0,1775
SWV					
córtex	Hipermatura	1,26	2,37	3,14	0,72
	Imatura	1,5	2,205	3,39	0,435
	Incipiente	1,75	2,505	2,95	0,3025
	Intumescente	1,65	2,73	4,07	0,69
	Madura	1,18	2,11	6,79	0,81
	Normal	*	*	*	*

SWV = shear wave velocity; IQR = intervalo interquartil; * = não foi possível a avaliação pela técnica ARFI.

Tabela 3 - Intervalos de confiança de 95% das velocidades de cisalhamento corticais e nucleares das lentes saudáveis e nos diferentes estágios de catarata.

SWV núcleo	Normal	Incipiente	Imatura	Intumescente	Hipermatura	Madura
IC da mediana	2,8 - 2,9	2,8 - 2,9	2,3 - 2,6	2,1 - 2,6	2,1 - 2,8	1,8 - 2,2
SWV córtex	Normal	Incipiente	Imatura	Intumescente	Hipermatura	Madura
IC da mediana	*	2,4 - 2,6	2,1 - 2,5	2,4 - 3	1,9 - 2,6	1,8 - 2,4

SWV = shear wave velocity; IC = intervalo de confiança; * = não foi possível a avaliação pela técnica ARFI.

Tabela 4 - Valores de mediana e intervalos interquartis para a SWV corticais e nucleares das lentes de cães submetidos à facoemulsificação e para parâmetros de tempo de ultrassom, fluxo de vácuo e quantitativo de BSS verificados no ato cirúrgico.

Variável	Mediana	IQR
SWV córtex	2,21	0,9225
SWV núcleo	2,00	0,995
Tempo	4,05	2,95
Vácuo	151	149,3
BSS	500	200

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 facoemulsificação e para parâmetros de tempo de ultrassom, fluxo de vácuo e quantitativo de BSS verificados no ato cirúrgico para os diferentes estágios evolutivos.

Variável	Estágio evolutivo	Mediana	IIQ
SWV – córtex (m/s)	Hipermatura	1,79	0,6
	Imatura	2,16	0,51
	Intumescente	3,06	0,88
	Madura	1,935	0,942
SWV - núcleo (m/s)	Hipermatura	1,88	0,68
	Imatura	2,34	0,35
	Intumescente	2,135	1,118
	Madura	1,76	1,025
(P<0,001)			
Tempo (min)	Hipermatura	1,5	0,1
	Imatura	4,1	2
	Intumescente	4,1	6,17
	Madura	4,3	2,975
Vácuo (mm/cc)	Hipermatura	149	70
	Imatura	250	100
	Intumescente	175	87,8
	Madura	150,5	152
BSS (ml)	Hipermatura	300	50
	Imatura	450	200
	Intumescente	550	350
	Madura	500	187,5
(P>0,05)			

Figuras:

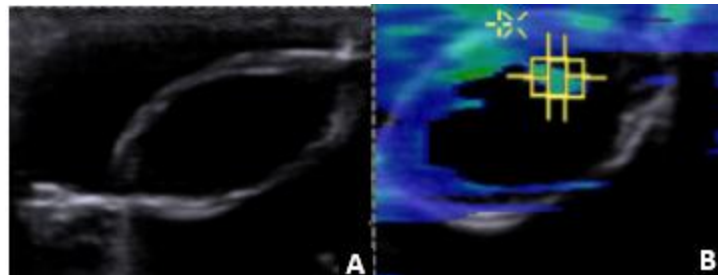


Figura 1 – Elastografia qualitativa em diferentes cores da lente de um cão com catarata incipiente. A, imagem ultrassonográfica em modo B revelando hiperecogenicidade de cápsula anterior coincidente à região de opacidade ao exame oftálmico; B, elastograma evidenciando predomínio de tonalidade azulada na região referente à opacidade causada pela catarata.

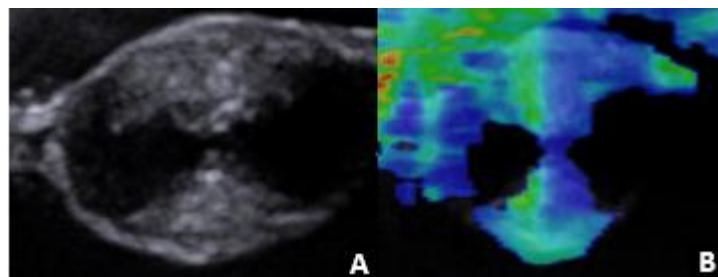


Figura 2 - Elastografia qualitativa em diferentes cores da lente de um cão com catarata intumesciente. A, imagem ultrassonográfica em modo B revelando áreas de hiperecogenicidade e anecogenicidade (conteúdo aquoso); B, elastograma evidenciando predomínio de tonalidade azulada na região referente à opacidade causada pela catarata e ausência de tonalidade referente à região com possível conteúdo aquoso, característico deste estágio.

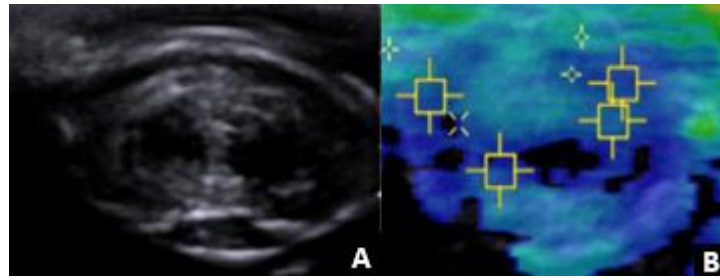


Figura 3 – Elastografia qualitativa em diferentes cores da lente de um cão com catarata imatura. Em A, imagem ultrassonográfica em modo B revelando hiperecogenicidade em praticamente todo o conteúdo lenticular; em B, elastograma evidenciando tonalidade azulada em praticamente toda sua extensão.

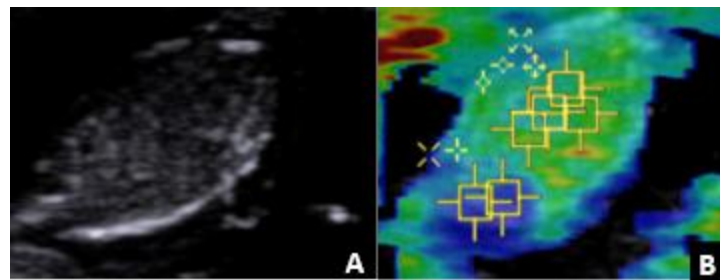


Figura 4 – Elastografia qualitativa em diferentes cores da lente de um cão com catarata madura. A, imagem ultrassonográfica em modo B revelando hiperecogenicidade em todo o conteúdo lenticular; B, elastograma com predomínio da cor verde em praticamente toda a extensão da lente.

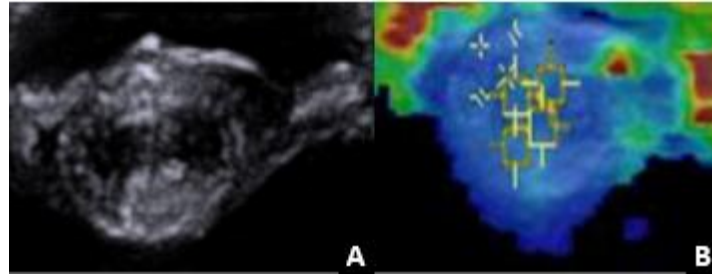


Figura 5 – Elastografia qualitativa em diferentes cores da lente de um cão com catarata hiperamatura. A, imagem ultrassonográfica em modo B revelando hiperecogenicidade em todo o conteúdo lenticular e irregularidade de cápsula anterior; B, elastograma evidenciando de tonalidade azulada em praticamente toda sua extensão, algumas regiões esverdeadas (rigidez intermediária) e outras avermelhadas (alta rigidez).

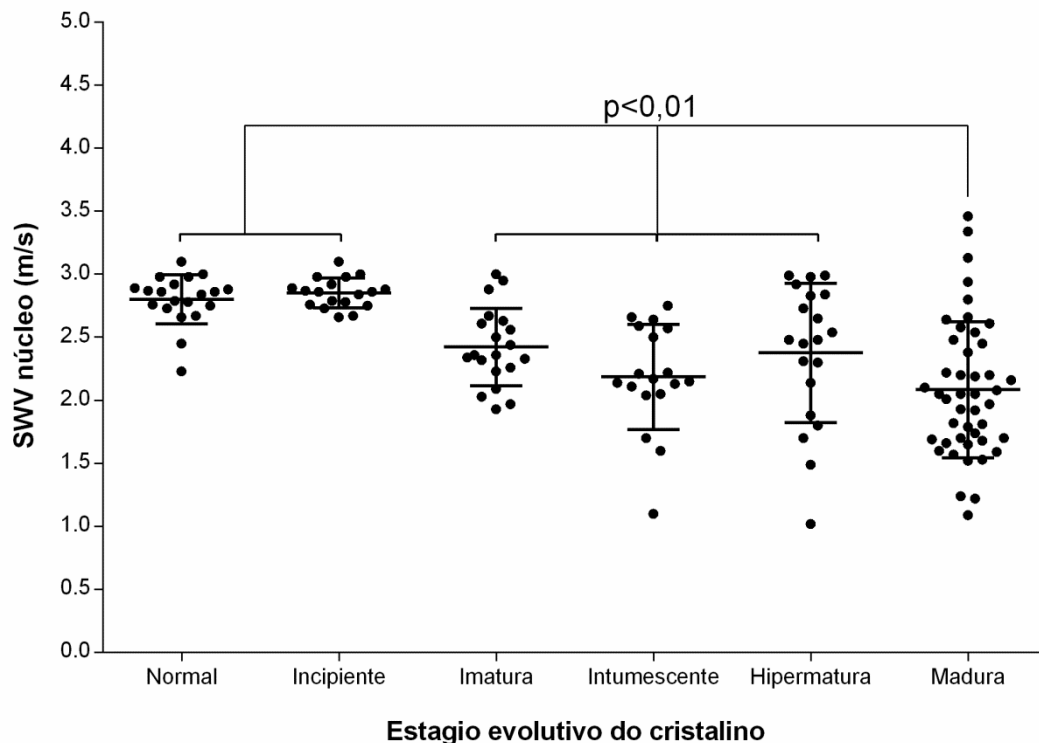


Figura 6 – Variação da velocidade de cisalhamento do núcleo, por meio da elastografia ARFI, em relação ao estágio evolutivo da catarata bem como entre lentes saudáveis ($p < 0,001$).

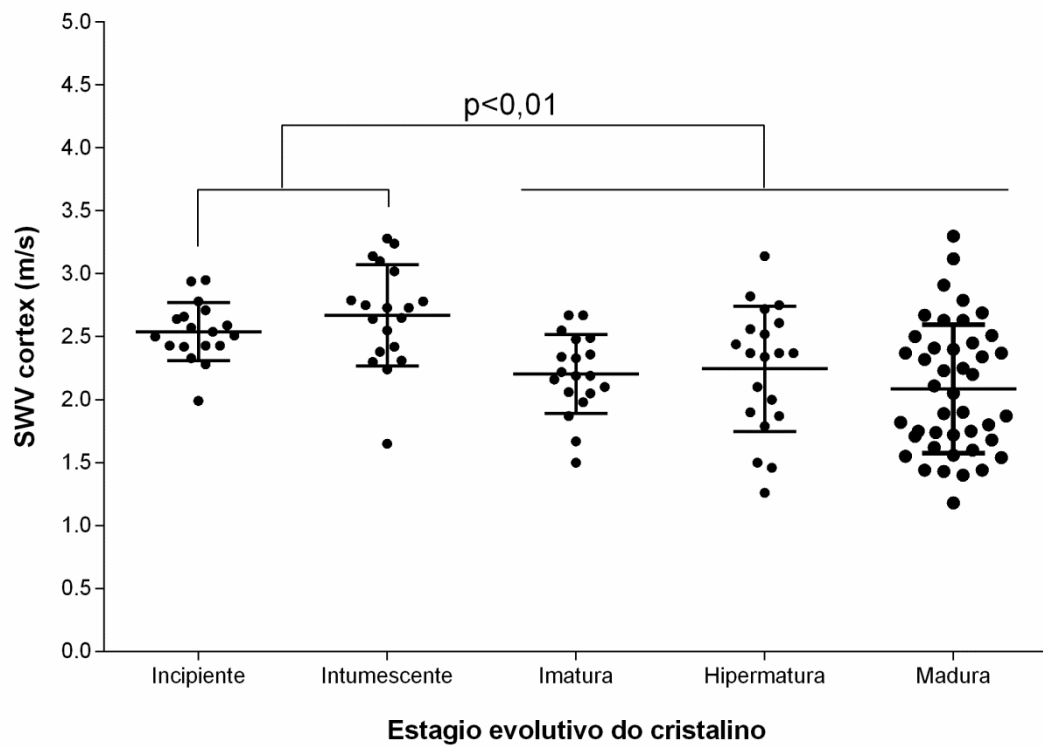


Figura 7 - Velocidade de cisalhamento cortical, por meio da elastografia ARFI, significativamente maior ($p < 0,01$) nas cataratas intumescentes e incipientes do que nos demais estágios estudados.

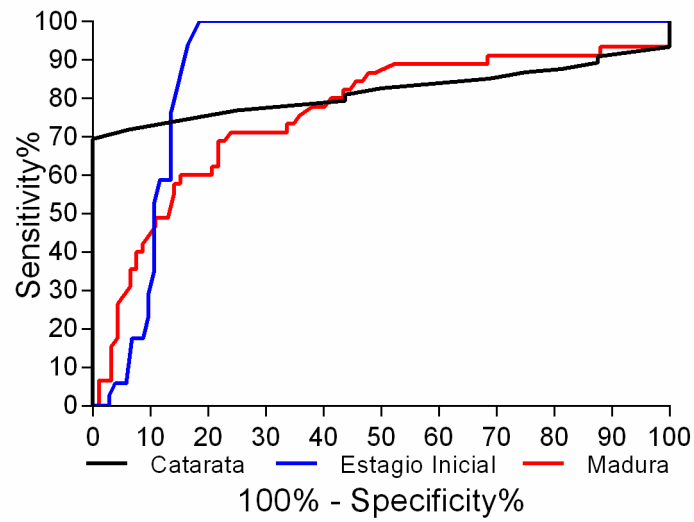


Figura 8 – Sensibilidade e especificidade da velocidade de cisalhamento por meio da elastografia ARFI em lente acometida com catarata em diferentes estágios evolutivos, no estágio inicial e no estágio maduro de desenvolvimento.

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. Faccoemulsificação 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.