

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**BIOMETRIA DO BULBO OCULAR E NERVO ÓPTICO POR MEIO DA
RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA EM
GATOS DOMÉSTICOS**

FERNANDA MICHELON

Botucatu - SP
Fevereiro 2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**BIOMETRIA DO BULBO OCULAR E NERVO ÓPTICO POR MEIO DA
RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA EM
GATOS DOMÉSTICOS**

FERNANDA MICHELON

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Animal, na área de concentração Diagnóstico por Imagem, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Botucatu, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Jaqueline
Mamprim

Botucatu - SP
Fevereiro 2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Michelson, Fernanda.

Biometria do bulbo ocular e nervo óptico por meio da
ressonância magnética e tomografia computadorizada em
gatos domésticos / Fernanda Michelson. - Botucatu, 2020

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia

Orientador: Maria Jaqueline Mamprim

Capes: 50501038

1. Diagnóstico por imagem. 2. Gato. 3. Olhos - Doenças.
4. Biometria.

Palavras-chave: Diagnostico por imagem; Gato; Oculometria;
Olho.

Nome do Autor: Fernanda Michelin

Título: BIOMETRIA DO BULBO OCULAR E NERVO ÓPTICO POR MEIO DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA EM GATOS DOMÉSTICOS

Data da defesa: 19 de fevereiro de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Maria Jaqueline Mamprim

Presidente e Orientadora

Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária, FMVZ – UNESP,
Câmpus Botucatu

Dr^a. Raquel Sartor Marcelino

Membro Titular

Médica Veterinária Autônoma

Dr^a. Danuta Pulz Doiche

Membro Titular

Médica Veterinária Autônoma

“Conhece-te a ti mesmo”

Sócrates

AGRADECIMENTOS

Desde o início, durante a germinação da ideia, execução do trabalho e, posteriormente, na sua lapidação e finalização, só tenho a agradecer às pessoas que, de uma forma ou de outra, me auxiliaram durante esse processo.

Primeiramente agradeço à minha família, em especial à minha mãe, Regina Michelin, pelo exemplo de dedicação, resiliência e paciência, por me ensinar a sempre buscar o melhor.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Jaqueline Mamprim, pela oportunidade de realização deste trabalho e orientação desde o período da residência, sempre contribuindo para o meu crescimento profissional.

Às minhas amigas: Jeana Pereira, Fernanda de Oliveira, Isis Costa, Maria Castiglioni, Stela Bonadia e Danuta Doiche, pela amizade e companheirismo, estando sempre dispostas a compartilhar as vicissitudes da vida, quaisquer que sejam.

Aos companheiros do Setor de Diagnóstico por Imagem, em especial, ao tecnólogo Heraldo Catalan Rosa, pela disponibilidade e paciência na instrução da edição das imagens utilizadas neste trabalho, ao funcionário João Cassettari, incentivador do esporte e entusiasta da vida e à funcionária Gilda Silva, exemplo de perseverança e de força de vontade, ambos sempre tornando os dias mais leves e a estadia mais tranquila.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro da bolsa de estudos concedida.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista, por, desde a residência, abrir as portas para me receber e me conceder um desenvolvimento profissional integral e singular.

A todos vocês, manifesto meu profundo apreço!

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Table 1. Anteroposterior distance mean values and standard deviations of the feline ocular components in centimeters	39
Table 2. Mean density values and standard deviations of the feline ocular components measured on CT images in Hounsfield Units.....	40
Table 3. Tabela 3 Mean diameter values and standard deviations of the feline optic nerve and optic nerve sheath measured on MRI images in millimeters.....	40

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figure 1. (A and B) Parasagittal soft-tissue window CT images of the globe (1.0 mm slice thickness). Assessment of maximum length measurements. Anteroposterior distances of the globe (a), anterior chamber (b), lens (c) and vitreous chamber (d). The same measurements were performed on MR images. (B) Region of interest measured in the center of the aqueous humor (~0.04 cm ²), lens (~0.1 cm ²) and vitreous humor (~0.2 cm ²), with corresponding densities (Hounsfield Units, HU).....	36
Figure 2. (A) Parasagittal 3D-HyCe MRI images of the globe. Assessment of maximum length measurements of the anteroposterior distances of the globe (a), anterior chamber (b), lens (c) and vitreous chamber (d). (B) Parasagittal 3D-HyCe MR images of the feline optic nerve and optic nerve sheath. Note the hyperintense cerebrospinal fluid (white) surrounding the optic nerve (grey). Arrow = optic nerve sheath.....	36

LISTA DE ABREVIATÖES

US – Ultrassonografia

RM – Ressonância magnética

TC – Tomografia computadorizada

NO – Nervo óptico

SNC – Sistema nervoso central

PIC – Pressão intracraniana

OND - Diâmetro do nervo óptico

ONSD – Diâmetro da bainha do nervo óptico

HU – Unidades Hounsfield

PACS - Picture Archiving and Communication System (sistema de comunicação e arquivamento de imagem)

DICOM – Digital Imaging and Communication in Medicine (comunicações de imagens digitais na medicina)

SUMÁRIO

Página

CAPÍTULO 1	12
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	13
2. OBJETIVOS	16
2.1 GERAIS	16
2.2 ESPECÍFICOS.....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1. ANATOMIA DO BULBO OCULAR, ÓRBITA E ANEXOS	17
3.1.1. ÓRBITA E ANEXOS	19
3.1.2. NERVO ÓPTICO.....	20
3.2. DIÂMETRO DO NERVO ÓPTICO EM RELAÇÃO À PRESSÃO INTRACRANIANA.....	21
3.3. COMPRIMENTO AXIAL DAS CÂMARAS DO BULBO OCULAR	23
3.4. RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA ..	23
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO 2 – TRABALHO CIENTÍFICO	31
CT AND MRI BIOMETRY OF THE OCULAR GLOBE AND OPTIC NERVE IN CATS.....	32
ABSTRACT	33
INTRODUCTION	33
MATERIALS AND METHODS	34
ANIMALS	34
IMAGING	34
DATA MANIPULATION	35
STATISTICAL ANALYSIS.....	36
RESULTS	37
CT SCANS.....	37
MRI SCANS.....	38
DISCUSSION.....	40
STUDY LIMITATIONS	41
CONCLUSION	41
ACKNOWLEDGEMENTS	41
REFERENCES	41

MICHELON, F. (2020). **BIOMETRIA DO BULBO OCULAR E NERVO ÓPTICO POR MEIO DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA EM GATOS DOMÉSTICOS**. Botucatu, 2020, 43 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária.

RESUMO

O presente estudo determina os valores normais das estruturas intraoculares, do diâmetro do nervo óptico e de sua bainha em gatos domésticos por meio da TC single-slice e RM de baixo-campo. Foram avaliados retrospectivamente 52 olhos na TC, 42 olhos e 60 nervos ópticos com suas bainhas correspondentes na RM. Os valores de comprimento e radiodensidade foram determinados para a câmara anterior, lente e câmara vítrea, bem como o diâmetro do nervo óptico e de sua bainha. Na TC, não houve influência da idade, sexo e peso corporal dos animais entre as medidas. Na RM, o diâmetro do nervo óptico e de sua bainha demonstraram diferença estatística ($P < 0,05$) entre as idades, sendo que animais idosos apresentaram maiores valores. Identificou-se correlação positiva fraca entre o peso corporal e o diâmetro da bainha do nervo óptico, com aumento deste valor em animais mais pesados. Não foi demonstrada influência do sexo nas mensurações realizadas. TC e RM de baixa resolução são métodos adequados para a avaliação biométrica do bulbo ocular, do nervo óptico e de sua bainha. A RM apresentou melhor resolução de imagem e possibilitou a avaliação do nervo óptico, o que não foi possível pela TC. Os valores de normalidade reportados pelo presente trabalho auxiliarão na interpretação da normalidade orbital de exames de crânio de gatos domésticos.

Palavras-chave: Diagnostico-por-imagem; Gato; Oculometria; Olho.

MICHELON, F. (2020). **CT AND MRI BIOMETRY OF THE OCULAR GLOBE AND OPTIC NERVE IN CATS**. Botucatu, 2020, 43 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária.

ABSTRACT

This study provides normal values of intraocular structures, optic nerve and optic nerve sheath complex of domestic cats on single-slice CT and low-field MRI. In total, 52 eyes were retrospectively studied on CT, 42 eyes and 60 optic nerves were evaluated using MRI. Length and radiodensity values for the anterior chamber, lens and vitreous chamber were assessed, as well as width of the optic nerve and optic nerve sheath complex diameters. On CT, there was no significant correlation between the measurements and age, sex and body weight. On MRI, measurements of the optic nerve and optic nerve sheath complex diameters had significant differences ($P < 0.05$) noted between ages, with senior cats having higher values. There was a weak correlation between body weight and optic nerve sheath complex diameter, with an increase in the optic nerve sheath complex diameter noted with increasing weight. No gender influence was found on MRI evaluation. Single-slice CT and low-field MRI are suitable methods for biometry the feline eye. MRI showed better imaging resolution and allowed adequate evaluation of the optic nerve which was not possible with CT. The normal values provided by this study may help in the interpretation of orbital normality on scans of the feline head.

Key-words: eye size, feline, optic nerve sheath diameter, MRI, CT

Capítulo 1

Introdução e justificativa

Revisão de Literatura

Referências

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A biometria ocular é definida pela medida das dimensões do olho e seus componentes, sendo útil no diagnóstico de diversas doenças e rotineiramente realizada na oftalmologia veterinária (1,2). Quando se trata de pacientes felinos, a informação sobre o assunto é limitada, principalmente acerca dos valores de normalidade, uma vez que a maioria dos trabalhos de imagem publicados discorrem sobre enfermidades oculares, principalmente em cães (1,3–8).

A ultrassonografia (US) é geralmente a primeira ferramenta de imagem utilizada na avaliação do bulbo ocular e tecidos retrobulbares por ser um exame acessível, de baixo custo e fácil execução, que não necessita de sedação ou anestesia, porém produz imagens bidimensionais e é limitado na avaliação das estruturas retrobulbares e ósseas (2,4,6,8). Em felinos, valores de referência das distâncias oculares por meio da US foram propostos, porém o nervo óptico não foi incluído na avaliação (9,10).

A Ressonância Magnética (RM) e a Tomografia Computadorizada (TC) são técnicas avançadas de imagem e consideradas os melhores métodos para a avaliação do bulbo ocular, estruturas intraoculares, tecidos retrobulbares e ossos orbitais, pois proporcionam imagens com excelente detalhamento morfológico sem a sobreposição das estruturas anatômicas (3,4,11,12). Mesmo em exames de imagem da cabeça em que o foco não é o olho, os globos oculares frequentemente estão incluídos no estudo e devem ser examinados, a fim de se fornecer uma avaliação completa ao paciente, pois ocasionalmente uma doença ocular inesperada pode ser identificada, podendo interferir na conduta terapêutica do caso (8).

Quando comparadas as técnicas supracitadas, a RM é considerada o método mais sensível na avaliação do bulbo ocular, órbita e nervo óptico, por fornecer imagens com detalhamento anatômico preciso e resolução de contraste superior (2,3). A TC

oferece imagens de elevada resolução espacial, moderado contraste e rápida aquisição, estando amplamente disponível na prática veterinária (8). Porém para a avaliação do nervo óptico, a resolução inerente ao aparelho de tomografia tem grande influência, oferecendo menor detalhamento da imagem quando comparada a RM, sendo a RM a modalidade de exame de imagem mais apropriada para avaliação desta estrutura (2,7).

Na medicina, vários estudos já demonstraram a importância da determinação das dimensões normais do bulbo ocular e do nervo óptico em diversos grupos populacionais e em diferentes modalidades de exames de imagem. Foi demonstrada correlação significativa entre a área do bulbo ocular, o comprimento axial e idade do paciente, observando-se rápido aumento das dimensões em jovens e redução significativa em idosos (13).

O diâmetro do nervo óptico é utilizado como indicador indireto do aumento da pressão intracraniana, podendo ser avaliado por meio do exame ultrassonográfico, pela RM e TC (14,15).

Quando comparadas, existe diferença entre as mensurações humanas da espessura do nervo óptico realizadas por meio da ultrassonografia e da ressonância magnética mensuradas nos mesmos pacientes saudáveis, sendo os valores obtidos na RM maiores (16). Por isso, é importante se realizar mensurações dos grupos de indivíduos estudados em todas as modalidades de exames disponíveis para se obter dados fidedignos. As mensurações ultrassonográficas do nervo óptico podem ser afetadas devido à inexperiência do examinador, obtenção de plano de imagem incorreto e pouca resolução espacial da imagem, dificultando a mensuração da espessura máxima do nervo, justificando a diferença entre os valores mensurados nas duas modalidades de exame de imagem (17).

Em gatos domésticos, dois trabalhos demonstraram a utilização da tomografia computadorizada (18) e da ressonância magnética (19) na avaliação oftalmológica definindo valores de dimensões, volumes e densidades das estruturas intraoculares e do nervo óptico. Porém, a bainha do nervo óptico não foi avaliada em ambos os estudos.

O objetivo deste estudo foi de fornecer valores de referência das medidas e densidades das estruturas do bulbo ocular e nervo óptico felinos por meio da imagem de ressonância magnética e tomografia computadorizada, que possam ser empregadas para posterior comparação no diagnóstico de alterações oftálmicas.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAIS

O presente estudo buscou estabelecer parâmetros de análise quantitativos das estruturas oculares e do nervo óptico do gato doméstico por meio da imagem de ressonância magnética e tomografia computadorizada.

2.2 ESPECÍFICOS

Definir valores de referência para as dimensões e densidades normais do bulbo ocular, das estruturas intraoculares e do nervo óptico do gato doméstico.

Comparar as mensurações entre os grupos de indivíduos adultos e idosos.

Comparar a qualidade diagnóstica dos métodos de imagem utilizados (ressonância magnética e tomografia computadorizada) na avaliação destas características.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. ANATOMIA DO BULBO OCULAR, ÓRBITA E ANEXOS

O bulbo ocular é um órgão de visão que atua por meio da recepção e processamento de estímulos luminosos em energia eletroquímica, que é interpretada pelo cérebro e resulta na formação da imagem (20,21).

O gato doméstico, como espécie predadora, possui globos oculares proeminentes e situados no aspecto frontal do crânio, inseridos na órbita (que é parcialmente ossificada) e posicionados com ângulo de 10 a 15 graus entre eles, conferindo um campo de visão binocular (20). O formato do olho felino é esferoide, em decorrência do discreto aumento da distância anteroposterior em relação aos eixos horizontal e vertical (20).

As adaptações oculares dos felinos domésticos que permitem melhor visão noturna em relação aos demais animais domésticos são: presença do *tapetum lucidum*, com capacidade de reflexão 130 vezes maior do que o fundo do bulbo ocular humano, pupila vertical que promove maior proteção da retina e controla melhor a entrada de luz, córnea grande que permite maior entrada de luz, lente localizada relativamente posterior e câmara anterior maior, resultando em imagens mais brilhantes, e retina rica em fotorreceptores (21).

Anatomicamente, o bulbo ocular é formado por três camadas (túnicas) – fibrosa, vascular e nervosa. A mais externa - a túnica fibrosa, é constituída pela córnea e esclera (20,22). A córnea é uma superfície avascular, transparente e curva, fortemente refratária, com formato discretamente cônico (20). A esclera confere a forma e tamanho do bulbo ocular (20). A camada intermediária é nomeada vascular ou úvea, composta pela íris anteriormente, pelo corpo ciliar e, posteriormente, pela

coroide (estrutura vascular pigmentada) (20,22). A camada nervosa é a terceira e mais interna do bulbo ocular, composta pela retina (20,22).

A íris forma um diafragma fino e móvel entre as câmaras anterior e posterior, controlando a quantidade de luz que adentra o bulbo ocular por meio da variação do tamanho pupilar (20,22). A coloração da superfície anterior da íris do gato adulto varia de dourada a amarelo esverdeada, sendo azul nos filhotes (20).

O corpo ciliar, localizado imediatamente posterior à íris (20,22), tem como funções a produção do humor aquoso e a sustentação da lente, apresentando tamanho reduzido no gato (20).

O bulbo ocular é dividido em três câmaras: anterior, posterior e vítrea (20). A câmara anterior é localizada entre a córnea e a íris. A câmara posterior está localizada entre a íris e a lente, e ambas são preenchidas por humor aquoso, que é secretado pelos corpos ciliares e flui entre as câmaras por meio da pupila (20). A câmara vítrea é a maior estrutura do bulbo ocular, ocupando aproximadamente 80% do seu volume, e está localizada entre a lente e a retina, sendo preenchida pelo corpo vítreo – estrutura de aspecto em gel, com 99% de água em sua composição, além de ácido hialurônico, mucopolissacarídeos e vitreína (fibras semelhantes ao colágeno) (20,23). Sua posição anatômica e grande volume permitem suporte metabólico e estrutural para os tecidos oculares, auxiliando principalmente na manutenção da pressão intraocular (20,23).

A lente é uma estrutura transparente, avascular e biconvexa (20,24,25), considerada a segunda superfície com maior poder de refração ocular, sendo responsável pelo ajuste de foco fino de objetos próximos (25). Está localizada posteriormente à íris, em contato anteriormente com a porção pupilar da íris e posteriormente com o vítreo (20,24).

A lente do gato é grande quando comparada a do cão (26), aumentando em tamanho ao longo da vida (20,25). O volume aproximado é de 0,5mL e o diâmetro varia de 0,9 a 1,2cm (26). A espessura relatada varia de 6,8 a 7,6mm (27,28), de 5,98 a 6,22mm (9) e de 7,0 a 8,1mm (29). Seu metabolismo é dependente do humor aquoso (24,25) e, conforme o avançar da idade, se torna mais densa e rígida devido a produção constante de fibras (25).

3.1.1. ÓRBITA E ANEXOS

A órbita, descrita como a cavidade que circunda o bulbo ocular, é composta pelos ossos lacrimal, palatino, esfenoide, maxilar, zigomático e frontal, sendo incompleta no gato (20,30). Os limites dorsais são formados pelos ossos frontal e esfenoide, os laterais: zigomático e maxilar, e caudais: pré-esfenoide e basiesfenoide, e ventrais: maxilar (20,30).

Estão incluídos em sua anatomia os músculos extraoculares – reto dorsal, reto lateral, reto medial, reto ventral, oblíquo dorsal, oblíquo ventral e retrator do bulbo ocular, cuja função é mover o bulbo ocular dentro da órbita, além do músculo levantador da pálpebra que movimentam a pálpebra (20,30), fáscia e gordura periorbitais, com função de proteção em conjunto das pálpebras e respectivos músculos, terceira pálpebra e conjuntiva (camada fina, transparente, vascularizada, que recobre a região anterior do bulbo ocular) (20,30,31).

O aparato lacrimal, responsável pela produção de lágrimas, cuja função é de proteção e nutrição corneal, é composto pelas glândulas lacrimal e da terceira pálpebra (20,30,31).

O bulbo ocular, músculos extraoculares, glândula lacrimal, nervos e a maioria dos vasos sanguíneos são circundados por uma bainha gordurosa em formato de

cone, chamada de periórbita ou fáscia periorbital, que demonstra direção ventrocaudal e cujo diâmetro reduz progressivamente caudalmente, circundando o canal óptico e a fissura orbital (20).

3.1.2. NERVO ÓPTICO

O nervo óptico (NO) é uma estrutura que compõe o Sistema Nervoso Periférico (SNP). É formado por axônios das células ganglionares, cujos corpos estão localizados na retina, sendo responsável pela conexão entre a retina e o SNP, considerado assim um trato e não um nervo periférico (20,23).

O disco óptico é a região de convergência da camada de células ganglionares, localizado no aspecto discretamente temporal e ventral ao polo posterior do bulbo ocular no gato (20).

O NO deixa a órbita através do canal óptico, se estendendo caudalmente para o quiasma e trato ópticos, realizando a sua primeira sinapse no núcleo geniculado lateral no metatálamo (20,23), transmitindo a informação adquirida na retina até o cérebro (20). Sendo assim, o segmento incluído do disco óptico até o quiasma óptico é nomeado nervo óptico (20). Clinicamente, o NO é dividido conforme a localização: ocular, orbital, intracanalicular (dentro do canal óptico) e intracranial, afim de auxiliar na localização de lesão (20). O segmento orbital é longo, com uma discreta flexura, já as porções intracanalicular e intracranial são curtas (20).

O NO é circundado por uma bainha, composta por duas camadas: a externa que é contígua à dura-máter intracraniana, e a interna, em contato direto com o nervo, que é contígua à pia-máter (31). Entre estas duas camadas, encontra-se o espaço intervaginal, preenchido por líquido contíguo com o do espaço subaracnoide encefálico (31). Em decorrência desta anatomia, o NO pode demonstrar envolvimento em

doenças do sistema nervoso central que resultam no aumento da pressão intracraniana (PIC), como por exemplo neoplasias e doenças inflamatória-infecciosas (32).

No gato, todos os axônios se tornam mielinizados caudalmente à área crivosa da esclera. Essa mielinização, associada da proteção meníngea, resultam em evidente aumento do diâmetro do nervo óptico após deixar o olho e entrar na periórbita (20). Os axônios da porção ocular não são mielinizados, convergindo no disco óptico em direção ao espaço retrobulbar (20).

No quiasma óptico, ocorre a decussação de 65% das fibras, com os axônios provenientes da região nasal da retina cruzando para o lado oposto, e os da região temporal permanecendo ipsilateralmente conforme a entrada nos tratos ópticos (20).

Quatro fatores são determinantes para a espessura do nervo óptico: número, calibre e mielinização dos axônios, e crescimento dos componentes gliais (33). Enfermidades que influenciam em pelo menos um dos fatores supracitados podem resultar em variações do seu diâmetro. Durante o desenvolvimento pós-natal, a espessura do nervo óptico tende a aumentar até chegar a um valor estável de aproximadamente 1,74mm no animal adulto (33).

3.2. DIÂMETRO DO NERVO ÓPTICO EM RELAÇÃO À PRESSÃO INTRACRANIANA

A pressão intracraniana é uma variável importante de ser avaliada, visto que o seu aumento é condição associada a prognóstico ruim, com risco de herniação cerebelar (34,35). Para a determinação do seu valor, faz-se o uso de métodos invasivos como a cateterização intraventricular e as probes intraparenquimatosas, que possuem alto risco de complicações, como hemorragia e infecção, e necessitam de

peçoal e material especializado, elevando a necessidade de métodos de mensuração não-invasivos (17,36).

Na medicina humana, o diâmetro do nervo óptico (OND) é um marcador indireto da pressão intracraniana (37,38), sendo demonstrada uma relação linear entre estes dois parâmetros (17,38–40).

Em humanos, conforme o avançar da idade, o nervo óptico demonstra redução no número de axônios e aumento do diâmetro axonal (41), associados de aumento da espessura da dura-máter (42) simultaneamente, sendo proposto que a espessura média da bainha do nervo óptico (ONSD) permanece a mesma durante a vida toda (43).

Em relação ao segmento do NO a ser avaliado, o terço médio do nervo óptico intraorbital é o que demonstra menor variação em tamanho em pessoas híidas, sendo que o movimento ocular (voluntário e involuntário) pode causar alteração da espessura do ONSD próximo ao bulbo (3mm de distância), não sendo a localização ideal para sua mensuração (43).

Na medicina veterinária, apenas os sinais clínicos que demonstram a progressão dos déficits neurológicos e os sinais de Cushing são os indícios diagnósticos do aumento da pressão intracraniana (44). A duração da isquemia cerebral afeta diretamente a gravidade e a reversibilidade da injúria encefálica, por isso, é necessário o desenvolvimento de um método não-invasivo para a determinação da PIC nos pacientes em risco, permitindo assim a realização do diagnóstico precoce e redução da morbidade e mortalidade (44).

3.3. COMPRIMENTO AXIAL DAS CÂMARAS DO BULBO OCULAR

O comprimento axial do bulbo ocular e da câmara vítrea está relacionado com enfermidades que influenciam na capacidade de visualização. Foi demonstrada correlação positiva do comprimento do bulbo ocular e erro de refração e variação do comprimento do bulbo ocular conforme a idade em gatos (45).

Em humanos, o comprimento do bulbo ocular está diretamente relacionado com miopia, emetropia, hipermetropia (46) e demais doenças que alteram o tamanho do globo, como glaucoma (47).

A variação do comprimento axial pode resultar em incongruência entre os comprimentos axial e focal dos elementos refrativos oculares, resultando em ametropia (48). Alterações no comprimento da câmara vítrea provocam miopia axial em cães (49). Em equinos, foi demonstrada correlação negativa entre o comprimento do corpo vítreo, idade e valores de reflexão (50).

Diversos estudos demonstram a relação entre o comprimento axial do bulbo ocular e da câmara vítrea e a idade como fatores que aumentam a prevalência de miopia em diversas espécies, como humanos (51), cães (49,52), equinos (50), macacos (53) e galinhas (54).

3.4. RESSONÂNCIA MAGNÉTICA E TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

As técnicas de imagem avançadas, como a ressonância magnética e a tomografia computadorizada, estão cada vez mais disponíveis na prática veterinária no Brasil.

A ressonância magnética (RM) é baseada no princípio de estímulo por meio de sinal de radiofrequência dos núcleos das moléculas que compõe os tecidos corporais seguida da detecção e processamento em imagem da energia emitida por estes

prótons, que é diferente para cada tecido (55), especialmente em relação aos prótons de hidrogênio, que é o elemento mais abundante do corpo (56). É uma técnica não-invasiva, com grande capacidade de diferenciação dos tecidos, não expõe o paciente à radiação ionizante e tem capacidade multiplanar (2). A depender do tempo e forma de excitação dos átomos, o que é nomeado de sequência, são obtidas imagens com diferentes contrastes: em T2, o fluido e gordura se apresentam hiperintensos (mais claros), e, em T1, o líquido é hipointenso e a gordura hiperintensa (57,58). Para a avaliação do sistema nervoso central, as sequências ponderadas em T2 são mais indicadas (59).

A tomografia computadorizada (TC), por ser uma técnica que utiliza a radiação ionizante como princípio básico, tem sido utilizada na prática clínica desde a década de 70, produzindo imagens com detalhamento ósseo excelente, porém com contraste de tecidos moles regular (2,57,58). A imagem é formada a partir da emissão de raios-x por uma fonte que circunda o paciente, e a radiação remanescente que atravessa o paciente é detectada no lado contralateral e transformada em imagem (58). A TC permite a realização de reconstrução tridimensional das estruturas anatômicas (12) e os tons de cinza na imagem podem ser mensurados por uma escala (unidades Hounsfield) (58).

Ambas as técnicas de imagem supracitadas podem ser utilizadas na avaliação do bulbo ocular, órbita e nervo óptico, por fornecerem imagens com detalhamento anatômico preciso e de alta resolução de contraste (2,3), sendo que a escolha do método diagnóstico geralmente recai à disponibilidade e preço do exame (2).

A RM e o exame ultrassonográfico são os métodos diagnósticos considerados padrão ouro para avaliação ocular e periorbital, sendo demonstrada similaridade entre os valores obtidos por meio dos exames US, TC e de RM (1,14,15,60,61).

A RM produz imagens do bulbo ocular e nervo óptico com alta resolução espacial, o que permite um bom delineamento das estruturas orbitais, evitando as desvantagens do ultrassom como baixa penetração e artefatos decorrentes dos tecidos avaliados que têm diferentes índices de refração das ondas sonoras, facilitando e produzindo medidas mais reproduzíveis (60,62,63). Em especial, os limites do nervo óptico e bainha são bem definidas na RM (64).

Devido ao alto custo e disponibilidade limitada da RM dentro da medicina veterinária, a TC ainda permanece o exame de imagem avançado mais utilizado para a avaliação em pequenos animais.

Em relação a avaliação oftalmológica em gatos domésticos, apenas dois trabalhos discorrem sobre as dimensões, volumes e densidades das estruturas intraoculares e do nervo óptico utilizando a TC (18) e a RM (19), não sendo avaliada a bainha do nervo óptico em ambos os estudos. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo fornecer valores de referência das medidas e densidades das estruturas do bulbo ocular, nervo óptico e de sua bainha em gatos domésticos por meio da imagem de ressonância magnética e tomografia computadorizada.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chiwitt CLH, Baines SJ, Mahoney P, Tanner A, Heinrich CL, Rhodes M, et al. Ocular biometry by computed tomography in different dog breeds. *Vet Ophthalmol*. 2017;20(5):411–9.
2. Penninck D, Daniel GB, Brawer R, Tidwell AS. Cross-sectional imaging techniques in veterinary ophthalmology. *Clin Tech Small Anim Pract*. 2001;16(1):22–39.
3. Armour MD, Broome M, Dell'Anna G, Blades NJ, Esson DW. A review of orbital and intracranial magnetic resonance imaging in 79 canine and 13 feline patients (2004-2010). *Vet Ophthalmol*. 2011;14(4):215–26.
4. Boroffka SAEB, Verbruggen A-M, Grinwis GCM, Voorhout G, Barthez PY. Assessment of ultrasonography and computed tomography for the evaluation of

- unilateral orbital disease in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2007;230(5):671–80.
5. Boroffka SAEB, Görig C, Auriemma E, Passon-Vastenburg MHAC, Voorhout G, Barthez PY. Magnetic resonance imaging of the canine optic nerve. *Vet Radiol Ultrasound.* 2008;49(6):540–4.
 6. Dennis R. Use of magnetic resonance imaging for the investigation of orbital disease in small animals. *J Small Animal Pr.* 2000;41:145–55.
 7. Grahn BH, Stewart W a, Towner R a, Noseworthy MD. Magnetic resonance imaging of the canine and feline eye, orbit, and optic nerves and its clinical application. *Can Vet journal* [Internet]. 1993;34(7):418–24. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1686478&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 8. Salgüero R, Johnson V, Williams D, Hartley C, Holmes M, Dennis R, et al. CT dimensions, volumes and densities of normal canine eyes. *Vet Rec.* 2015;176(15):386.
 9. Gonçalves GF, Leme MC, Romagnolli P, Eurides D, Pippi NL. Biometria Ultrassonográfica Bidimensional Em Tempo Real de Bulbo Ocular de Gatos Domésticos. *Ciência Anim Bras.* 2009;10(3):829–34.
 10. Baraldi TG, Mamprim MJ, Brandão CVS, Sartor R, Perches CS, Ackermann CL. Biometria ultrassonográfica Modo-A e Modo-B do globo ocular de gatos domésticos. *Arq Bras Med Veterinária e Zootec.* 2012;19(1):20–3.
 11. Daniel GB, Mitchell SK. The eye and orbit. *Clin Tech Small Anim Pract.* 1999;14(3):160–9.
 12. D'Anjou M-A. Principles of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. In: Thrall DE, editor. *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology.* 7th ed. St. Louis: Elsevier Inc.; 2018. p. 71–95.
 13. Tien Yin Wong, Foster PJ, Tze Pin Ng, Tielsch JM, Johnson GJ, Seah SKL. Variations in ocular biometry in an adult Chinese population in Singapore: The Tanjong Pagar survey. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2001;42(1):73–80.
 14. Patterson DF, Ho ML, Leavitt JA, Smischney NJ, Hocker SE, Wijdicks EF, et al. Comparison of ocular ultrasonography and magnetic resonance imaging for detection of increased intracranial pressure. *Front Neurol.* 2018;9(APR):1–7.
 15. Haredy M, G. Z, M. T, A. D, K. N, J.A. G. Use of neuroimaging measurements of optic nerve sheath diameter to assess intracranial pressure in craniosynostosis. *Child's Nerv Syst* [Internet]. 2018;34(5):939–46. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L620395044%0Ahttp://dx.doi.org/10.1007/s00381-018-3728-7>
 16. Bäuerle J, Schuchardt F, Schroeder L, Egger K, Weigel M, Harloff A. Reproducibility and accuracy of optic nerve sheath diameter assessment using ultrasound compared to magnetic resonance imaging. *BMC Neurol.* 2013;13.
 17. Dong HK, Jun J-S, Kim R. Measurement of the Optic Nerve Sheath Diameter with Magnetic Resonance Imaging and Its Association with Eyeball Diameter in

- Healthy Adults. *J Clin Neurosci*. 2018;14(3):345–50.
18. Chandrakumar SS, Linden A Zur, Owen M, Pemberton S, Pinard CL, Matsuyama A, et al. Computed tomography measurements of intraocular structures of the feline eye. *Vet Rec*. 2019;184(21):651.
 19. Vosough D, Shojaei B, Molazem M. Magnetic resonance imaging of feline eye. *Iran J Vet Res*. 2009;10(1):66–9.
 20. Hudson L. Special Sensory Organs. In: Hudson LC, Hamilton WP, editors. *Atlas of Feline Anatomy*. 2nd ed. Jackson, WY: Teton NewMedia; 2010. p. 243–54.
 21. Miller PE. Basic Structure and Function of the Eye. In: Maggs DJ, Miller PE, Ofri R, editors. *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. 5th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders; 2013. p. 1–12.
 22. Miller PE. Uvea. In: Maggs DJ, Miller PE, Ofri R, editors. *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. 5th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders; 2013. p. 220–46.
 23. Ofri R. Development and Congenital Abnormalities. In: Maggs DJ, Miller PE, Ofri R, editors. *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. 5th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders; 2013. p. 13–26.
 24. Ofri R. Lens. In: Maggs DJ, Miller PE, Ofri R, editors. *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. 5th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders; 2013. p. 272–90.
 25. Sapienza JS. Feline lens disorders. *Clin Tech Small Anim Pract*. 2005;20(2 SPEC. ISS.):102–7.
 26. Barnett KC., Crispin SM. Lens. In: Barnett KC, Crispin SM, editors. *Feline ophthalmology: an atlas and text*. London: W. B. Saunders; 1998. p. 112–21.
 27. Martin CL, Anderson BG. Ocular Anatomy. In: Gelatt KN, editor. *Textbook of veterinary ophthalmology*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1981. p. 12–121.
 28. Prince JH, Diesem CD, Eglitis J, Ruskell GL. Anatomy and histology of the eye and orbit in domestic animals. Oxford: Blackwell; 1960. 65–98 p.
 29. Ferreira MA, Allemann N, Dias LGGG, Honsho C dos S. Relação entre a biometria ultrassonográfica ocular e os parâmetros morfométricos do crânio, idade, peso e gênero em gatos domésticos. *Pesqui Vet Bras*. 2014;34(2):192–8.
 30. Miller PE. Orbit. In: Maggs DJ, Miller PE, Ofri R, editors. *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology*. 5th ed. St. Louis, Missouri: Elsevier Saunders; 2013. p. 372–93.
 31. Murphy CJ, Samuelson DA, Pollock RVH. The Eye. In: Evans HE, Lahunta A, editors. *Millers Anatomy of the dog*. 4th ed. St. Louis: Elsevier Saunders; 2013. p. 746–85.
 32. Killer HE, Jaggi GP, Flammer J, Miller NR, Huber AR, Mironov A. Cerebrospinal

- fluid dynamics between the intracranial and the subarachnoid space of the optic nerve. Is it always bidirectional? *Brain*. 2007;130(2):514–20.
33. NG AYK, Stone J. The Optic Nerve of the Cat: Appearance and Loss of Axons During Normal Development. *Dev Brain Res*. 1982;5:263–71.
 34. Dunn LT. Raised intracranial pressure. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2002;73(Suppl I):23–7.
 35. Balestreri M, Czosnyka M, Hutchinson P, Steiner LA, Hiler M, Smielewski P, et al. Impact of Intracranial Pressure and Cerebral Perfusion Pressure on Severe Disability and Mortality After Head Injury. *Neurocritical Care* [Internet]. 2005;4(1):8–13. Available from: <http://download.springer.com/static/pdf/154/art%253A10.1385%252FNCC%253A3%253A2%253A177.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1385%2FNCC%3A3%3A2%3A177&token2=exp=1497373800~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F154%2Fart%25253A10.1385%25252FNCC%2525>
 36. Raboel PH, Bartek J, Andresen M, Bellander BM, Romner B. Intracranial pressure monitoring: Invasive versus non-invasive methods-A review. *Crit Care Res Pract*. 2012;2012:3–7.
 37. Dubourg J, Javouhey E, Geeraerts T, Messerer M, Kassai B. Ultrasonography of optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure: A systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2011;37(7):1059–68.
 38. Hansen H-C, Helmke K. Validation of the optic nerve sheath response to changing cerebrospinal fluid pressure: ultrasound findings during intrathecal infusion tests. *J Neurosurg*. 1997;87(1):34–40.
 39. Wang LJ, Yao Y, Feng LS, Wang YZ, Zheng NN, Feng JC, et al. Noninvasive and quantitative intracranial pressure estimation using ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter. *Sci Rep* [Internet]. 2017;7(February):1–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/srep42063>
 40. Bekerman I, Sigal T, Kimiagar I, Ben Ely A, Vaiman M. The quantitative evaluation of intracranial pressure by optic nerve sheath diameter/eye diameter CT measurement. *Am J Emerg Med* [Internet]. 2016 Dec [cited 2019 May 29];34(12):2336–42. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27717720>
 41. Mikelberg FS, Yidegiligne HM, White VA, Schulzer M. Relation between Optic Nerve Axon Number and Axon Diameter to Scleral Canal Area. *Ophthalmology* [Internet]. 1991;98(1):60–3. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0161-6420\(91\)32341-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0161-6420(91)32341-8)
 42. Jimenez Hamann MC, Sacks MS, Malinin TI. Quantification of the collagen fibre architecture of human cranial dura mater. *J Anat*. 1998;192(1):99–106.
 43. Vaiman M, Gottlieb P, Bekerman I. Quantitative relations between the eyeball, the optic nerve, and the optic canal important for intracranial pressure monitoring. *Head Face Med*. 2014;10(1):1–6.
 44. Scrivani P V., Fletcher DJ, Cooley SD, Rosenblatt AJ, Erb HN. T2-Weighted

- magnetic resonance imaging measurements of optic nerve sheath diameter in dogs with and without presumed intracranial hypertension. *Vet Radiol Ultrasound*. 2013;54(3):263–70.
45. Konrade KA, Hoffman AR, Ramey KL, Goldenberg RB, Lehenbauer TW. Refractive states of eyes and associations between ametropia and age, breed, and axial globe length in domestic cats. *Am J Vet Res*. 2012;73(2):946–51.
 46. Tomlinson A, Phillips CI. Applanation tension and axial length of the eyeball. *Br J Ophthalmol*. 1970;54(8):548–53.
 47. Charman WN. Optics of the Human Eye. In: Cronly-Dillon J, editor. *Visual Optics and Instrumentation*. Boca Raton: CRC Press; 1991. p. 1–26.
 48. Mutti DO, Zadnik K, Fusaro RE, Friedman NE, Sholtz RI, Adams AJ. Optical and structural development of the crystalline lens in childhood. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1998 Jan;39(1):120–33.
 49. Mutti DO, Zadnik K, Murphy CJ. Naturally occurring vitreous chamber-based myopia in the Labrador retriever. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1999 Jun;40(7):1577–84.
 50. Grinninger P, Skalicky M, Nell B. Evaluation of healthy equine eyes by use of retinoscopy, keratometry, and ultrasonographic biometry. *Am J Vet Res*. 2010 Jun;71(6):677–81.
 51. Carroll JP. Component and correlation ametropia. *Am J Optom Physiol Opt*. 1982 Jan;59(1):28–33.
 52. Kubai MA, Bentley E, Miller PE, Mutti DO, Murphy CJ. Refractive states of eyes and association between ametropia and breed in dogs. *Am J Vet Res*. 2008;69(7):946–51.
 53. Wiesel TN, Raviola E. Myopia and eye enlargement after neonatal lid fusion in monkeys. *Nature* [Internet]. 1977;266(5597):66–8. Available from: <https://doi.org/10.1038/266066a0>
 54. Yinon U, Rose L, Shapiro A. Myopia in the eye of developing chicks following monocular and binocular lid closure. *Vision Res* [Internet]. 1980 Jan 1 [cited 2019 Jun 21];20(2):137–41. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0042698980901558>
 55. Vazquez JM, Arencibia A, Gil F, Ramirez JA, Gonzalez N, Sosa CD, et al. Magnetic resonance imaging of the normal canine larynx. *Anat Histol Embryol*. 1998 Aug;27(4):263–70.
 56. Budinger TF, Lauterbur PC. Nuclear magnetic resonance technology for medical studies. *Science*. 1984 Oct;226(4672):288–98.
 57. Gavin PR. Comparative Imaging. In: Gavin P, Bragley R, editors. *Practical small animal MRI*. Iowa: Wiley-Blackwell; 2009. p. 1–22.
 58. Amaro E, Yamashita H. Aspectos básicos de tomografía computadorizada e ressonância magnética. *Rev Bras Psiquiatr*. 2001;23(Supl I):2–3.

59. Panciera DL, Duncan IAND, Messing A, Rush JE, Turski PA. Magnetic resonance imaging in two dogs with central nervous system disease. *J Small Anim Pract* [Internet]. 1987 Jul 1;28(7):587–96. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1987.tb01274.x>
60. Shirodkar CG, Munta K, Rao SM, Mahesh MU. Correlation of measurement of optic nerve sheath diameter using ultrasound with magnetic resonance imaging. *Indian J Crit Care Med* [Internet]. 2015 Aug;19(8):466–70. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26321806>
61. Kalantari H, Jaiswal R, Bruck I, Matari H, Ghobadi F, Weedon J, et al. American Journal of Emergency Medicine Correlation of optic nerve sheath diameter measurements by computed tomography and magnetic resonance imaging. *Am J Emerg Med* [Internet]. 2013;31(11):1595–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajem.2013.07.028>
62. Tawfik EA, Walker FO, Cartwright MS. Neuromuscular ultrasound of cranial nerves. *J Clin Neurol* [Internet]. 2015/03/26. 2015 Apr;11(2):109–21. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25851889>
63. Weigel M, Lagreze WA, Lazzaro A, Hennig J, Bley TA. Fast and quantitative high-resolution magnetic resonance imaging of the optic nerve at 3.0 tesla. *Invest Radiol*. 2006 Feb;41(2):83–6.
64. Geeraerts T, Newcombe VFJ, Coles JP, Abate MG, Perkes IE, Hutchinson PJA, et al. Use of T2-weighted magnetic resonance imaging of the optic nerve sheath to detect raised intracranial pressure. *Crit Care*. 2008;12(5):1–7.

Capítulo 2

Trabalho Científico

Biometria do bulbo ocular e nervo óptico por meio da ressonância magnética e tomografia computadorizada em gatos domésticos

CT and MRI biometry of the ocular globe and optic nerve in cats

Trabalho a ser enviado para a revista:
Journal of Feline Medicine and Surgery

CT AND MRI BIOMETRY OF THE OCULAR GLOBE AND OPTIC NERVE IN CATS

Fernanda Michelon¹, Viviam Rocco Babicsak², Miriam Harumi Tsunemi³, Maria Jaqueline Mamprim¹

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Câmpus de Botucatu, São Paulo, Brasil.

²Médica veterinária autônoma

³Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, São Paulo, Brasil.

Correspondência: Fernanda Michelon - Departamento de Reprodução Animal e Radiologia Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Rua Prof. Dr. Walter Maurício Correa s/nº, 18.618-681, Botucatu, SP, Brasil.

Email: michelonf@hotmail.com

Instruções para os autores: <https://us.sagepub.com/en-us/sam/journal/journal-feline-medicine-and-surgery#submission-guidelines>

CT AND MRI BIOMETRY OF THE OCULAR GLOBE AND OPTIC NERVE IN CATS

Abstract

The eyes and orbit are frequently included in routine CT and MRI scans of the head in small animal practice and should be examined as part of a complete evaluation. This retrospective study provides normal values of domestic cat intraocular structures, optic nerve and optic nerve sheath complex on single-slice CT and low-field MRI. In total, 52 eyes were studied on CT, 42 eyes and 60 optic nerves were evaluated using MRI. Length and radiodensity values for the anterior chamber, lens and vitreous chamber were assessed, as well as width of the optic nerve and optic nerve sheath complex diameters. On CT, there was no significant correlation between the measurements and age, sex and body weight. On MRI, measurements of the optic nerve and optic nerve sheath complex diameters had significant differences ($P < 0.05$) noted between ages, with senior cats having higher values. There was a weak correlation between body weight and optic nerve sheath complex diameter, with an increase in the optic nerve sheath complex diameter noted with increasing weight. No gender influence was found on MRI evaluation. Single-slice CT and low-field MRI are suitable methods for biometry the feline eye. Low-field MRI showed better imaging resolution and allowed adequate evaluation of the optic nerve and optic nerve sheath which was not possible with CT. The normal values provided by this study may help in the interpretation of orbital normality on scans of the feline head.

Key-words: eye size, feline, optic nerve sheath complex diameter, MRI, CT

Introduction

Ocular biometry is defined as the measurements of the eye and its components, being routinely performed in veterinary medicine. Ultrasonography (US), computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) are complementary imaging modalities suited for ocular and orbital evaluation (1). As the eyes and orbit are frequently included in routine CT and MRI scans of the feline head, knowledge of the normal anatomy is essential to further identify and characterize unexpected disease which could affect the management of the case.

Although US is a cost-effective, nonionizing and quick imaging modality that does not require anesthesia, it has limited capacity to evaluate periocular structures (1). Advanced imaging modalities such as CT and MRI provide information of both ocular and orbital structures, producing cross-sectional images based on different principles of image formation: CT offers superior bone detail with high spatial and moderate contrast resolution and MRI provides better soft tissue distinction with multiplanar capabilities and no radiation exposure (1,2). Although these imaging distinctions are important, choice of the modality in veterinary medicine often depends on availability and cost-effectiveness.

In humans, the optic nerve sheath complex diameter using US, CT and MRI has been used to assess increases in intraorbital and intracranial pressure – the latter condition results in reduction of cerebral blood flow and contributes to cerebral ischemia, being associated with increased mortality and poor neurological outcome (3–7). The optic nerve sheath complex is continuous with intracranial meninges and subarachnoid space, explaining the increase in its diameter with elevation of the intracranial pressure (4,8). The gold standard techniques for measuring intracranial pressure in human medicine are expensive and invasive monitors (9), rarely used in veterinary patients (10). Because this condition also occurs in cats, reference values of the normal diameter of the optic nerve sheath complex may help to recognize changes in the morphology.

Studies determining values of normality of the ocular biometry and optic nerve diameter in felines are still scarce. To the authors' knowledge, there have been two published studies using a high-field 1.5 Tesla MRI unit (11) and a 16-slice CT unit (12) which evaluate the feline ophthalmological anatomy. None of the reports investigate the optic nerve sheath diameter. Therefore, the aim of this study was to assess the normal dimensions and densities of the intraocular structures and the diameter of the optic nerve and optic nerve sheath of domestic cats using a low-field MRI and a single-slice CT units, and investigate the associations between measurements and age, gender and body weight.

Materials and methods

Animals

A retrospective review of neurocranium scans of 56 non-brachycephalic mixed-breed domestic cats was performed. In total, 26 CT scans (52 eyes) and 30 MRI scans (60 optic nerves and 42 eyes) were assessed. Nine animals did not have one or both of the ocular globes entirely included on the image-set, therefore they were excluded from this evaluation. Patients were excluded from the study if they showed any sign of ocular and/or orbital abnormalities. All animals presented to our institution from January 2007 to December 2018, undergoing MRI or CT scans of the head for non-ophthalmic and non-orbital related disease. The medical record of each patient was reviewed, and age, sex, breed and body weight were recorded. Cats were classified into age groups (determined on the basis of birth history), as classification previously described (13) and categorized as adults (1 – 10 years) and seniors (> 10 years old).

Imaging

A 0,25 Tesla MRI unit (Vet-Grande, Esaote, Genova, Italy) and a single-slice helical CT scan (SCT-7800TC, Shimadzu, Kyoto, Japan) were used for the exams. Imaging studies were performed under general anesthesia and patients were positioned in sternal recumbency. The image set was obtained in the transverse plane in 0.80 mm and 1.0 mm slice thickness on MRI and on CT, respectively, and subsequently reconstructed in sagittal plane, in either 0.1 mm (for the optic nerve) or 1.0 mm slice

width (for the globe), using a multiplanar reconstruction software (Voxar-3D, Barco, Edinburgh, Scotland). The images were analyzed on a Picture Archiving and Communication System workstation (Synapse, Fujifilm Medical Systems, Tokyo, Japan). Measurements were performed on scans acquired before the administration of intravenous contrast and both eyes and optic nerves of all patients were evaluated.

Data manipulation

Data was collected and analyzed by a single observer and measurements were obtained based on the methodological setup described in the literature, aside from omitting skull width and lateromedial ocular values (14,15). Multiplanar reformatted parasagittal images were used in order to optimize the ocular and optic nerve sizes. All CT measurements were performed in a standard soft tissue algorithm (WW 400 WL 40). MRI 3D-Hyco images were used for measuring both intraocular structures and optic nerve. The following variables were analyzed, and for each dimension, the maximum distance was determined by visual judgment:

1. Ocular globe and intraocular measurements (Figures 1A and 2A):

A. Anteroposterior distance of the globe (axial length): from both the internal surfaces of the cornea to the retina–choroid–sclera complex, along a line perpendicular to the transverse plane and bisecting the lens.

B. Anteroposterior distance of the anterior chamber: from the internal surface of the cornea to the anterior border of the lens, measured along a line perpendicular to the transverse plane.

C. Anteroposterior distance of the lens (axial length): from the anterior to the posterior borders of the lens, measured at the widest dimension of the globe.

D. Anteroposterior distance of the vitreous chamber: from the posterior border of the lens to the internal surface of the retina–choroid–sclera, measured along a line perpendicular to the transverse plane

2. Densities of the aqueous and vitreous humours and lens: the attenuation values were assessed in the center of the anterior chamber, vitreous chamber and lens, with a region of interest of approximately 0.04, 0.2 and 0.1 cm², respectively (Figure 1B), using parasagittal CT reconstructed images of each globe.

3. Optic nerve and optic nerve sheath complex diameters: thickness was measured from the middle section of the intraorbital part of the optic nerve that best displayed the structures in parasagittal MRI reconstructed images of each nerve (Figure 2B).

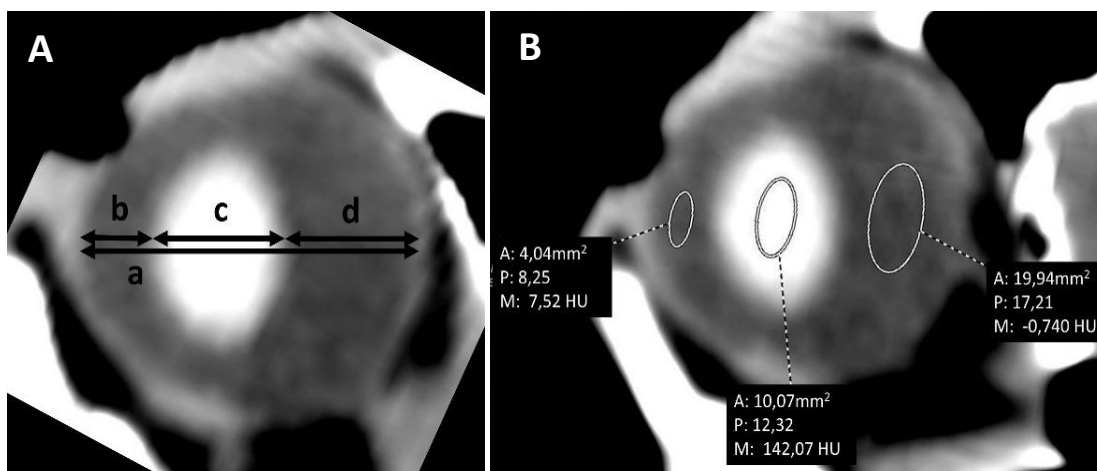


Figure 1. (A and B) Parasagittal soft-tissue window CT images of the globe (1.0 mm slice thickness). Assessment of maximum length measurements. Anteroposterior distances of the globe (a), anterior chamber (b), lens (c) and vitreous chamber (d). The same measurements were performed on MR images. (B) Region of interest measured in the center of the aqueous humor (~0.04 cm²), lens (~0.1 cm²) and vitreous humor (~0.2 cm²), with corresponding densities (Hounsfield Units, HU)

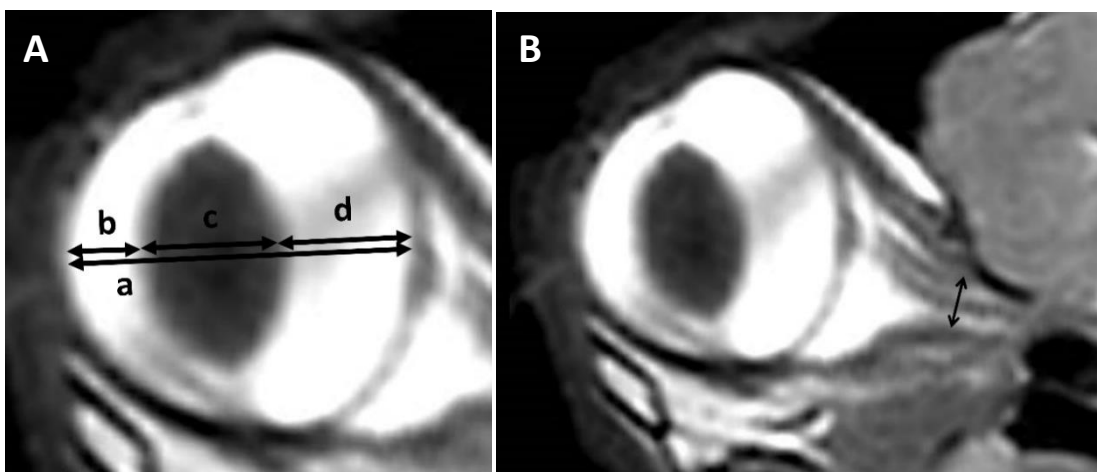


Figure 2. (A) Parasagittal 3D-HyCe MRI images of the globe. Assessment of maximum length measurements of the anteroposterior distances of the globe (a), anterior chamber (b), lens (c) and vitreous chamber (d). (B) Parasagittal 3D-HyCe MR images of the feline optic nerve and optic nerve sheath. Note the hyperintense cerebrospinal fluid (white) surrounding the optic nerve (grey). Arrow = optic nerve sheath

The measurement of all the parameters were repeated two times with at least two weeks in between to minimize bias. The mean, median, standard deviation and confidence intervals of all patients were recorded.

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using commercially available software (R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria), and the descriptive

statistics (mean, median, standard deviation, minimum and maximum values, and 95 per cent CIs) were calculated for each variable. Data were first analyzed for normality using Shapiro-Wilk test. Paired t-test or Wilcoxon rank-sum were used for parametric and non-parametric data, respectively, to compare repetitions and to assess differences between the right and left eye. Each variable was compared with body weight (using Pearson's correlation coefficient), age and sex (using an independent sample t-test or Mann-Whitney test). The baseline level of significance was set at $P < 0.05$.

Results

Imaging

On imaging evaluation, the ocular globe was readily identified within the orbit. The overall shape of normal feline eye appeared subjectively spherical. Table 1 summarizes biometric intraocular components in the study population for all eyes on CT and MRI. Table 2 contains the density values of the intraocular structures. Optic nerve and optic nerve sheath diameters have been included in Table 3.

CT scans

Age ranged from 1 to 18 years (mean and median 8 years). Of 26 patients that underwent CT scans, there were 17 (65%) adults and 7 (27%) seniors. Two cats (8%), one female and one male patients, had unknown ages, therefore were excluded from the statistical analysis but included in the descriptive analysis. On the basis of age, there were five females (29%) and 12 males (71%) in the adult group, and 5 females (71%) and 2 males (29%) in the senior group. Mean and median weights were 4.0 kg (range 2.9–7.6 kg).

The lens, anterior and vitreous chambers and retina-choroid-sclera complex were the intraocular structures distinguishable on non-contrast CT studies. The aqueous and vitreous humors were both homogeneous fluid-attenuating structures with similar subjective densities. The retina-choroid-sclera complex appeared as a single hyperdense curved linear structure on the posterior face of the vitreous chamber.

Anteroposterior distance of the globe both mean and median were 2.04 cm (range 1.91–2.17 cm).

The anteroposterior distance of the anterior chamber varied from 0.29 to 0.46 cm (mean and median 0.36 cm). Density of the aqueous humour varied from 2.87 to 31.31 HU (mean 14.47 HU, median 12.87).

The vitreous chamber was the bigger ocular structure, accounting subjectively for approximately 60% of the globe volume. The maximum anteroposterior distance of the vitreous chamber of all the eyes varied from 0.64 to 0.87 cm. Its mean and median were 0.76 cm. Density of the vitreous humour varied from -7.89 to 11.83 HU (mean 1.28 HU, median 1.73 HU).

The lens was identified as a hyperdense biconvex structure located in between the anterior and vitreous chambers. Its anteroposterior distance varied between 0.77 cm and 1.04 cm (mean 0.92 cm, median 0.93 cm). The measured density varied from 133.62 to 163.21 HU, with a mean of 150.07 HU and a median of 150.97 HU.

It was not possible to identify with precision the optic nerve and optic nerve sheath complex on CT images evaluated.

There was no statistical difference between the left and right eyes. There was no significant correlation comparing age, sex and weight with the measurements.

MRI scans

Age ranged from 1 to 15 year (both mean and median 9 years). The study population consisted of 30 cats for the optic nerve evaluation, being 17 (59%) adults and 12 (41%) seniors, and 21 cats for the ocular globe measurements, being 14 (70%) adults and 6 (30%) senior cats. 9 cats were excluded from the intraocular evaluation because one or both of the ocular globes were not entirely included on the image-set. One male cat had unknown age, therefore was excluded from the statistical analysis but included in the descriptive analysis.

For the optic nerve measurements, 13 of 17 patients were females (76%) and 4 were males (24%) in the adult group and 8 of 12 were females (67%) and 4 were males (33%) in the senior group. For the ocular globe measurements, 11 of 14 were females (79%) and 3 were males (21%) in the adult group and 5 of 6 were females (83%) and 1 was male (17%) in the senior group.

Mean and median weights were 4,1 kg and 3,8 kg, respectively (range 2.4–7.3 kg) for the optic nerve measurements and 3.8 kg and 3.5 kg (range 2.6–3.6 kg) for the ocular globe measurements.

The anterior and vitreous chambers, lens and retina-choroid-sclera complex were the intraocular structures identified on non-contrast 3D-Hyco MRI scans. The aqueous and vitreous humors were both homogeneous, isoattenuating to the cerebrospinal fluid and with similar subjective signal intensities, on pre-contrast MR images. The retina-choroid-sclera complex appeared as a single hypointense curved linear structure on the posterior face of the vitreous chamber.

Anteroposterior distance of the globe both mean and median were 2.10 cm, range 1.95–2.24 cm.

The anteroposterior distance of the anterior chamber varied from 0.35 to 0.53 cm (mean and median 0.41 cm).

The vitreous chamber was the bigger ocular structure, accounting subjectively for approximately 60% of the globe volume. Its anteroposterior distance varied from 0.71 to 0.89 cm (mean and median 0.80 cm).

The lens was identified as a hypointense biconvex structure with smooth margins. Its anteroposterior distance varied between 0.85 and 0.94 cm with both mean and median of 0.88 cm.

The optic nerve and optic nerve sheath complex were identified on all patients. Imaging characteristics of the optic nerve were similar to cerebral white matter, outlined by cerebrospinal fluid which provided contrast and better visualization of its margins. The intraconal fat and extraocular muscles which surround the optic nerve were readily identified. On transverse images, only part of the optic nerve could be visualized, therefore parasagittal images optimized for the optic nerve provided longer segments in a single image and better evaluation.

The optic nerve diameter varied from 0.90 to 1.16 mm (mean 0.99 mm and median 0.97 mm).

The optic nerve sheath complex diameter ranged from 2.51–3.70 mm (mean 3.00 mm and median 2.93 mm). Both optic nerve and optic nerve sheath complex diameters were easily identified in all images, being a little tortuous in some patients.

There was statistical difference between the left and right eyes for the optic nerve diameter ($P=0.043$) and lens ($P=0.033$). There was no significant correlation comparing sex with the measurements. Optic nerve diameter and optic nerve sheath complex diameter changed as a function of age. Senior cats were found to have a statistically significant higher value for both the optic nerve ($P=0.032$) and optic nerve sheath complex diameters ($P=0.023$). There was a weak correlation between body weight and optic nerve sheath complex diameter ($P=0.032$, $R^2=0.39$), with an increase in the optic nerve sheath complex diameter noted with increasing weight.

Table 1. Anteroposterior distance mean values in centimeters and standard deviations of the feline ocular components

	CT			MRI		
	All (n = 26)	Adults (n = 17)	Seniors (n = 7)	All (n = 21)	Adults (n = 14)	Seniors (n = 6)
Globe	2.04 ± 0.07	2.02 ± 0.06	2.05 ± 0.08	2.10 ± 0.78	2.10 ± 0.07	2.08 ± 0.07
Anterior chamber	0.36 ± 0.04	0.36 ± 0.04	0.34 ± 0.03	0.41 ± 0.04	0.40 ± 0.03	0.40 ± 0.03
Lens	0.92 ± 0.06	0.91 ± 0.06	0.95 ± 0.06	0.88 ± 0.03	0.88 ± 0.03	0.89 ± 0.03
Vitreous chamber	0.76 ± 0.06	0.76 ± 0.06	0.77 ± 0.04	0.80 ± 0.05	0.81 ± 0.05	0.78 ± 0.05

Table 2. Mean density values in Hounsfield Units and standard deviations of the feline ocular components measured on CT images

	All (n = 26)	Adults (n = 17)	Seniors (n = 7)
Aqueous humor	14.47 ± 7.56	16.08 ± 7.66	12.22 ± 6.30
Lens	150.07 ± 7.93	148.83 ± 7.93	152.01 ± 8.64
Vitreous humor	1.28 ± 5.58	1.19 ± 6.27	1.56 ± 4.40

Table 3. Mean diameter values in millimeters and standard deviations of the feline optic nerve and optic nerve sheath measured on MRI images

	All (n = 30)	Adults (n = 17)	Seniors (n = 12)
Optic nerve	0.99 ± 0.07	0.96 ± 0.04	1.02 ± 0.08
Optic nerve sheath	3.00 ± 0.29	2.91 ± 0.22	3.15 ± 0.30

Discussion

The results of this study indicate that single-slice CT and low-field MRI are suitable diagnostic tools for detailed anatomic assessment of the feline intraocular structures. CT did not allow adequate evaluation of the optic nerve and optic nerve sheath, in contrast to MRI which provided good resolution for the structures. To the authors' knowledge, this is the first study reporting the normal optic nerve sheath complex diameter in cats. In humans, the diameter of the optic nerve sheath complex and its association with neurologic and ocular diseases with intracranial and intraocular pressure increase, respectively, has been investigated (3–7). As similar pathologies also occur in cats, knowledge of normal anatomy may help to recognize changes in the diameter and may aid in the diagnosis of unexpected pathology.

In this study, statistical differences were identified in some measurements. When comparing optic nerve diameter, optic nerve sheath diameter and age, the differences found may indicate a correlation between these variables, which also has been demonstrated by a report using a 16-slice CT unit for the evaluation of the optic nerve diameter in cats (12). The differences between left and right measurements for the optic nerve diameter and lens on MRI images may be explained due to possible measurement error, because other factors related to imaging modality would be expected to affect all dimensions. Although the difference is statistically significant, the mean difference was 0.019 mm for the optic nerve and 0.013 cm for the lens, that is, unlikely to be clinically relevant.

It has been demonstrated correlation between US, CT, MRI and histologic measurements of the intraocular structures and optic nerve (16–18). Accuracy of US measurements are significantly higher in the insonation beam plane (axial plane). Moreover, height and width are not usually assessed in the clinical setting (16).

Therefore, in the present study a single plane (parasagittal) image-set optimized for the ocular globe and optic nerve was selected for better evaluation, as it also allowed inclusion of almost all segments of the optic nerve in one single image.

Feline intraocular structures and optic nerve have been assessed previously using a 16-slice CT unit (12) and a high-field 1.5 Tesla MRI unit (11) and values reported correlate well with our data, besides the optic nerve diameter, which was lower on our study when compared with both reports. As MRI has better soft-tissues contrast resolution, providing differentiation between the optic nerve and optic nerve sheath which is not possible with CT (19), the CT paper may have included the optic nerve sheath on the reported optic nerve diameter measurement, explaining the difference between the measurements. On the MRI report (11), only 6 young adult (2-2.5 years old) short-hair female cats were evaluated and it is unclear from which region of the optic nerve the measurements were taken and if the optic nerve sheath was included or not, which may explain the differences between the values obtained.

Study limitations

The retrospective nature of this study is a major limitation as it precluded specific ocular examination. Even though only patients with no ocular and periorbital abnormalities identified on image evaluation were included, this does not fully exclude related pathologies. Further studies with full ophthalmological evaluation before imaging scans may prevent inclusion of non-healthy eyes. Only a single experienced radiologist performed measurements, thus assessment of interobserver reproducibility was not allowed. However, in order to minimize measurement errors and biases, repetition of each measurement was done.

Conclusion

In conclusion, the present study provided normal values of intraocular structures on single-slice CT and low-field MRI and optic nerve and optic nerve sheath diameters on low-field MRI of domestic cats. Our results permit further studies exploring potential clinical applications of CT and MRI ocular biometry and optic nerve sheath complex diameter in cats with specific ocular and orbital pathologies, and with confirmed intracranial hypertension.

Acknowledgements

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001.

References

1. Penninck D, Daniel GB, Brawer R, Tidwell AS. Cross-sectional imaging techniques in veterinary ophthalmology. Clin Tech Small Anim Pract. 2001;16(1):22–39.
2. Bäuerle J, Schuchardt F, Schroeder L, Egger K, Weigel M, Harloff A.

- Reproducibility and accuracy of optic nerve sheath diameter assessment using ultrasound compared to magnetic resonance imaging. *BMC Neurol.* 2013;13.
3. Patterson DF, Ho ML, Leavitt JA, Smischney NJ, Hocker SE, Wijdicks EF, et al. Comparison of ocular ultrasonography and magnetic resonance imaging for detection of increased intracranial pressure. *Front Neurol.* 2018;9(APR):1–7.
 4. Hansen H-C, Helmke K. Validation of the optic nerve sheath response to changing cerebrospinal fluid pressure: ultrasound findings during intrathecal infusion tests. *J Neurosurg.* 1997;87(1):34–40.
 5. Vaiman M, Gottlieb P, Bekerman I. Quantitative relations between the eyeball, the optic nerve, and the optic canal important for intracranial pressure monitoring. *Head Face Med.* 2014;10(1):1–6.
 6. Kimberly HH, Shah S, Marill K, Noble V. Correlation of optic nerve sheath diameter with direct measurement of intracranial pressure. *Acad Emerg Med.* 2008;15(2):201–4.
 7. Dichtl A, Jonas JB. Echographic measurement of optic nerve thickness correlated with neuroretinal rim area and visual field defect in glaucoma. *Am J Ophthalmol.* 1996 Oct;122(4):514–9.
 8. Killer HE, Jaggi GP, Flammer J, Miller NR, Huber AR, Mironov A. Cerebrospinal fluid dynamics between the intracranial and the subarachnoid space of the optic nerve. Is it always bidirectional? *Brain.* 2007;130(2):514–20.
 9. Raboel PH, Bartek J, Andresen M, Bellander BM, Romner B. Intracranial pressure monitoring: Invasive versus non-invasive methods-A review. *Crit Care Res Pract.* 2012;2012:3–7.
 10. Scrivani P V., Fletcher DJ, Cooley SD, Rosenblatt AJ, Erb HN. T2-Weighted magnetic resonance imaging measurements of optic nerve sheath diameter in dogs with and without presumed intracranial hypertension. *Vet Radiol Ultrasound.* 2013;54(3):263–70.
 11. Vosough D, Shojaei B, Molazem M. Magnetic resonance imaging of feline eye. *Iran J Vet Res.* 2009;10(1):66–9.
 12. Chandrakumar SS, Linden A Zur, Owen M, Pemberton S, Pinard CL, Matsuyama A, et al. Computed tomography measurements of intraocular structures of the feline eye. *Vet Rec.* 2019;184(21):651.
 13. Vogt AH, Rodan I, Brown M, Brown S, Buffington CAT, Forman MJL, et al. Feline Life Stage Guidelines. *J Am Anim Hosp Assoc.* 2010;46:70–85.
 14. Boroffka SAEB, Görig C, Auriemma E, Passon-Vastenburg MHAC, Voorhout G, Barthez PY. Magnetic resonance imaging of the canine optic nerve. *Vet Radiol*

Ultrasound. 2008;49(6):540–4.

15. Salgüero R, Johnson V, Williams D, Hartley C, Holmes M, Dennis R, et al. CT dimensions, volumes and densities of normal canine eyes. *Vet Rec.* 2015;176(15):386.
16. Chiwitt CLH, Baines SJ, Mahoney P, Tanner A, Heinrich CL, Rhodes M, et al. Ocular biometry by computed tomography in different dog breeds. *Vet Ophthalmol.* 2017;20(5):411–9.
17. Gumpenberger M, Kolm G. Ultrasonographic and computed tomographic examinations of the avian eye: Physiologic appearance, pathologic findings, and comparative biometric measurement. *Vet Radiol Ultrasound.* 2006;47(5):492–502.
18. Votruba M, Leary S, Losseff N, Bhattacharya SS, Moore AT, Miller DH, et al. MRI of the intraorbital optic nerve in patients with autosomal dominant optic atrophy. *Neuroradiology.* 2000 Mar;42(3):180–3.
19. Ettl AR, Salomonowitz E, Koornneef L. Magnetic resonance imaging of the orbit: Basic principles and anatomy. *Orbit.* 2000 Dec;19(4):211–37.