

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 19/08/2021.

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<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. 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<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Jaqueline Mamprim

Presidente e Orientadora

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

---

Dr<sup>a</sup>. Raquel Sartor Marcelino

Membro Titular

Médica Veterinária Autônoma

---

Dr<sup>a</sup>. 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<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. 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

<b>Table 1.</b> Anteroposterior distance mean values and standard deviations of the feline ocular components in centimeters .....	39
<b>Table 2.</b> Mean density values and standard deviations of the feline ocular components measured on CT images in Hounsfield Units.....	40
<b>Table 3.</b> 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

<b>Figure 1.</b> (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 <sup>2</sup> ), lens (~0.1 cm <sup>2</sup> ) and vitreous humor (~0.2 cm <sup>2</sup> ), with corresponding densities (Hounsfield Units, HU).....	36
<b>Figure 2.</b> (A) Parasagittal 3D-Hycc 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-Hycc 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 ABREVIATÓES

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
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>12</b>
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
<b>CAPÍTULO 2 – TRABALHO CIENTÍFICO</b> .....	<b>31</b>
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:** Diagnóstico-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.

#### 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-Vastenburger 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 1):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.