

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 28/06/2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**MAPAS CORNEAIS E TOMOGRAFIA DE SEGMENTO ANTERIOR DO BULBO
OCULAR DE GATOS E COELHOS**

LETÍCIA DE ANDRADE RAMOS

Botucatu – SP

Junho de 2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**MAPAS CORNEAIS E TOMOGRAFIA DE SEGMENTO ANTERIOR DO BULBO
OCULAR DE GATOS E COELHOS**

LETÍCIA DE ANDRADE RAMOS

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de doutora no Programa de Pós-graduação em Biotecnologia Animal.

Orientadora: Prof^a. Assoc. Cláudia Valéria Seullner Brandão

Botucatu - SP

2022

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

Ramos, Letícia de Andrade.

Mapas corneais e tomografia de segmento anterior do
bulbo ocular de gatos e coelhos / Letícia de Andrade
Ramos. - Botucatu, 2022

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

Orientador: Claudia Valéria Seullner Brandão
Capes: 50501003

1. Córnea - Tomografia. 2. Topografia da córnea.
3. Segmento anterior do olho. 4. Coelho. 5. Gatos.

Palavras-chave: Dual Scheimpflug; Mapas corneais;
Topografia corneal.

LETÍCIA DE ANDRADE RAMOS

**MAPAS CORNEAIS E TOMOGRAFIA DE SEGMENTO ANTERIOR DO BULBO
OCULAR DE GATOS E COELHOS**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Assoc. Cláudia Valéria Seullner Brandão

Presidente e Orientadora

Departamento de Cirurgia veterinária e Reprodução animal FMVZ - UNESP Botucatu /SP

Prof. Assoc. Antonio Carlos Lottelli Rodrigues

Membro titular

Departamento de Oftalmologia, Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e

Pescoço FMB - UNESP Botucatu /SP

Doutora Magda Massae Hata Viveiros

Membro titular

Departamento de Oftalmologia, Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e

Pescoço FMB - UNESP Botucatu /SP

Prof. Assoc. Paulo Schor

Membro titular

Departamento de Oftalmologia - UNIFESP

Professora Doutora Sheila Canevese Rahal

Membro titular

Departamento de Cirurgia veterinária e Reprodução animal FMVZ - UNESP Botucatu /SP

Data da Defesa: 28 de Junho de 2022

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

I. INTRODUÇÃO	9
II. REVISÃO DA LITERATURA	9
1. A córnea	9
2. Princípios básicos de óptica	10
3. Óptica e o olho	12
4. Galilei: duplo Scheimpflug e disco de Plácido	14
4.1. Ectasias de córnea	15
4.2. Cirurgias Refrativas e de catarata	16
5. Mapas topográficos da córnea fornecidos pelo Galilei	18
5.1. Mapa de Curvatura axial (sagital) anterior e posterior	18
5.2. Mapa de Curvatura instantânea (tangencial) anterior e posterior	20
5.3. Elevação BFS anterior e posterior (Best fit sphere)	22
5.4. Elevação BFA anterior e posterior (Best fit asphere)	23
5.5. Elevação BFTA anterior e posterior (Best fit toric asphere)	23
5.6. Paquimetria da córnea	24
5.7. TCP (total corneal Power)	25
III. REFERÊNCIAS	26

CAPÍTULO 2

MAPAS TOPOGRÁFICOS DA CÓRNEA DE GATOS DOMÉSTICOS	34
--	----

CAPÍTULO 3

MAPAS CORNEAIS E TOMOGRAFIA DE SEGMENTO ANTERIOR DE COELHOS	63
---	----

RAMOS, L. A. Mapas corneais e tomografia de segmento anterior do bulbo ocular de gatos e coelhos, 2022. p.98. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar os mapas topográficos da córnea e imagens tomográficas de câmara anterior de gatos domésticos e coelhos fornecidos pelo Galilei G4 (Galilei G4 Lens Professional TM – Ziemer Ophthalmics System AG, Suíça). Foram avaliados 13 gatos (25 olhos) adultos sem raça definida, machos e fêmeas; e 20 coelhos (n=40 olhos) machos, entre 2 e 14 meses. Dez coelhos (*Oryctolagus cuniculus*) foram avaliados aos 2 (M2) e 5 (M5) meses. Outro grupo também composto por 10 coelhos foi avaliado aos 5 (M5), 8 (M8) e 14 (M14) meses. Os seguintes mapas foram analisados: poder total da córnea; paquimetria; anterior e posterior da curvatura axial e instantânea, elevação BFS e BFTA. Com relação aos gatos, nós observamos algumas diferenças dos mapas topográficos da córnea em relação aos humanos: os mapas de curvatura anterior e posterior e poder corneal total apresentaram-se uniformes e mais planos; e o mapa de paquimetria apresentou-se uniforme sem padrão característico do mapa de córnea humana. Nas imagens tomográficas foi observado que a superfície anterior e posterior da córnea e anterior da lente tendem ao paralelismo. Com relação aos coelhos, os padrões encontrados nos mapas se mantiveram nas diferentes faixas etárias: os mapas de curvatura apresentaram padrão esférico; o mapa de curvatura instantânea posterior apresentou anel de encurvamento (“donut”) central. Considerando o mapa de poder total da córnea foi observada multifocalidade, com o centro com maior poder que a periferia. E o mapa paquimétrico apresentou-se uniforme, diferente do padrão do mapa humano. Pelo conhecimento dos autores, esse é o primeiro estudo que descreve os mapas topográficos da córnea dos gatos e dos coelhos utilizando o Galilei. Destaca-se a necessidade de mais estudos a respeito dos mapas topográficos da córnea dos animais a fim de enriquecer o conhecimento acerca da óptica ocular.

Keywords: mapas corneais, topografia corneal, dual Scheimpflug

RAMOS, L. A. Mapas corneais e tomografia de segmento anterior do bulbo ocular de gatos e coelhos, 2022. p.98. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the topographic corneal maps and the tomography images of the anterior chamber of domestic cats and rabbits provided by the Galilei G4 (Galilei G4 Lens Professional TM – Ziemer Ophthalmics System AG, Suíça). We evaluated 13 mixed breed adult cats (25 eyes), males and females; and 20 rabbits (n=40 eyes), males, aged between 2 and 14 months. Ten rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) were evaluated at 2 (M2) and 5 (M5) months. The other 10 rabbits were evaluated at 5 (M5), 8 (M8) and 14 (M14) months. The following maps were evaluated: total corneal power; pachymetry; anterior and posterior axial and instantaneous curvature, elevation BFS and BFTA. We found some differences between corneal maps of cats and humans: more uniform and flat curvature and total corneal power maps; and uniform pachymetry map without characteristic pattern observed in humans. Considering the tomography images, the anterior and posterior corneal surface and the anterior surface of the lens tend to be parallel. Regarding the rabbits, we observed that the patterns were similar regardless of the age: aspheric curvature maps; the posterior instantaneous curvature maps presented a more curved area similar to a donut; multifocal total corneal maps, more curved at center than at periphery; and uniform pachymetry map, different than the observed in the human cornea. To the best of the authors' knowledge, this is the first work to describe topographic maps of cat's and rabbit's cornea using the Galilei. More studies are needed about the topographic maps of animal's cornea in order to improve the knowledge regarding ocular optics.

Keywords: corneal maps, corneal topography, dual Scheimpflug.

CAPÍTULO 1

tem que ser menor que 25 μm . O thinnest corneal point mais afinado e deslocado para inferior temporal pode estar relacionado à ceratocone (ARCE, 2010; ZIEMER, 2011; ARCE, 2013).

Alterações (irregularidades) no mapa paquimétrico também podem acontecer em pacientes idosos, ou com glaucoma ou edema de córnea. Em casos de edema de córnea (falência endotelial) pode haver espessamento da região central e superfície posterior da córnea menos prolata (ARCE, 2010; ZIEMER, 2011; ARCE, 2013).

5.7. TCP (total corneal Power)

O mapa TCP mostra o poder total e ilustra a funcionalidade da córnea. O Galilei utiliza a técnica de Ray tracing que fornece valores fidedignos tanto na periferia quanto na região central. Utiliza escala de cor com passos de 1D, com amarelo fixo em 47D e o verde corresponde de 41 a 46D (ARCE, 2010; ZIEMER, 2011; ARCE, 2013).

É possível observar córnea esférica monofocal ou multifocal e asférica monofocal e multifocal. No caso das córneas multifocais, há áreas com poder diferente, no caso das monofocais, não há mudança (ARCE, 2010; ZIEMER, 2011; ARCE, 2013).

III. REFÊRENCIAS

ABELL, R. G.; DARIAN-SMITH, E.; KAN, J. B.; ALLEN, P. L.; EWE, S. Y.; VOTE, B. J. Femtosecond laser-assisted cataract surgery versus standard phacoemulsification cataract surgery: outcomes and safety in more than 4000 cases at a single center. **Journal of Cataract and Refractive Surgery**. v.41, n.1, p.47-52, 2015.

ALENCAR, C. M. S. Mapas topográficos: metadados e as regras de catalogação para o acesso eficiente à informação geográfica. 2014. 180 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências de Marília, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/110782>>.

AMBEKAR, R.; TOUSSAINT J. R. K. C.; JOHNSON, A. W. The effect of keratoconus on the structural, mechanical, and optical properties of the cornea. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**. v.4, n.3, p.223–236, 2011.

ARCE, C. G.; TRATTLER, W. Keratoconus and Keratoectasia. In: Boyd S, Gutiérrez AM, McCulley JP, eds. **Atlas and text of corneal pathology and surgery**. Panamá: Jaypee Highlights Medical Publishers, 2010, p.161-225.

ARCE, C. G. Galilei: Topografia de Plácido e tomografia do segmento anterior com duplo Scheimpflug. Em: Ambrósio R Jr, Chalita MR, Vieira Netto M, Schor P, Chamon W, Fontes BM, editores. **Wavefront & topografia, tomografia e biomecânica da córnea**. 7ªed. Rio de Janeiro:Cultura Médica, 2013, p.2-26.

ARMSTRONG, B. K.; LIN, M. P.; FORD, M. R.; SANTHIAGO, M. R.; SINGH, V.; GROSSMAN, G. H.; WILSON, S. E. Biological and Biomechanical Responses to Traditional Epithelium-Off and Transepithelial Riboflavin-UVA CXL Techniques in Rabbits. **Journal of Refractive Surgery**. v.29, n.5, p.332–341, 2013.

ÁVILA, M.; SALOMÃO, M.; JUNIOR AMBROSIO, S. Tomografia da Córnea e do Segmento Anterior. Exames Complementares. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 7, p. 99-106.

BELKIN, M.; YINON, U.; ROSE, L. Effect of visual environment on refractive error of cats. **Documenta Ophthalmologica** 42, p.433–437, 1977.

BITGOOD, J. J; WHITLEY, R. D. Pop-eye: an inherited Z-linked keratoglobus in the chicken. **Journal of Heredity**. v.77, n.2, p.123-5, 1986.

BYKHOVSKAYA, Y.; RABINOWITZ, Y. S. Update on the genetics of keratoconus. **Experimental Eye Research**. v.202, 2020.

CHEN M. Refractive cataract surgery - what we were, what we are, and what we will be: A personal experience and perspective. **Taiwan Journal of Ophthalmology**. v.9, n.1, p.1-3, 2019.

CORREIA, F. F.; AMBROSIO, R. J. Aplicações clínicas do princípio de Scheimpflug na Oftalmologia. **Revista Brasileira de Oftalmologia** [online], v.75, n.2, p.160-165, 2016.

DAVID HALLIDAY, ROBERT RESNICK , JEARL WALKER. **Fundamentos de física, volume 4: óptica e física moderna**. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. p. 29- 180.

DAVIDSON, M. G.; NELMS, S. R. Diseases of the Lens and Cataract Formation. In: GELATT, K. N., GILGER, B. C., KERN, T. J. (Eds). **Veterinary Ophthalmology**. 5^a ed. John Wiley & Sons. 2013. p. 1199.

DELMONTE D. W, KIM T. Anatomy and physiology of the cornea. **Journal of Cataract and Refractive Surgery**. v.37, n.3, p.588-98, 2011.

DINIZ, C. H.; DINIZ, E. R. Exame Oftalmológico Aplicado à Seleção de Candidatos. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 6, p. 57-64.

DONG, J.; WU, Q.; WANG, X. G. Measurement of central corneal thickness and pre-corneal tear film thickness of rabbits using the Scheimpflug system. **International Journal of Ophthalmology**. v.6, n.5, p.584-587, 2013.

IOMDINA, E. N.; KORIGODSKY, A. R.; KHOROSHILOVA-MASLOVA, I. P.; ANDREEVA, L. D.; IGNATIEVA, N. Y. An experimental study of the composition for medicament corneal crosslinking as a promising means for keratoconus treatment. **Russian Ophthalmological Journal**. v.10, n. 4, 2017.

FAN, R.; CHAN, T. C.; PRAKASH, G.; KHANJU, V. Applications of corneal topography and tomography: a review. **Clinical and Experimental Ophthalmology**, v.46, n.2, p.133-146, 2018.

GILGER, B. C.; BENTLEY, E.; OLLIVIER, F. J. Diseases and surgery of the canine cornea and sclera. In: GELATT, K.N. **Veterinary Ophthalmology**. 4.ed. Iowa: Blackwell Publishing, 2007, chap. 15, p. 690-752.

GREENE, C. A.; MISRA, S. L.; LEE, H.; MCKELVIE, J.; KAPADIA, K.; MCFARLANE, R.; MCGHEE, C. N. J.; GREEN, C. R.; SHERWIN, T. The Sheep Cornea: Structural and Clinical Characteristics. **Current Eye Research**. v.43, n.12, p.1432-1438, 2018.

HERZOG NETO, G.; YAMANE, R. Visão, cor e luz. In: YAMANE, R. **Semiologia ocular**. 2^a ed. Rio de Janeiro: Cultura médica. 2003. cap. 2, p.18.

HOMEM, V. L. G. S. Ceratometria. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Óptica, refração e visão subnormal**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 26, p.291-293.

HUGHES, A. A schematic eye for the rabbit. **Vision Research**. v.12, n.1, p.123, 1972.

JOSHI, V.; VAISHNAVI, K. S.; OJHA, S. K.; SINGH, V.; BASU, S. A reliable animal model of corneal stromal opacity: Development and validation using in vivo imaging. **The Ocular Surface**. v.18, n.4, 2020.

JUNIOR AMBRÓSIO, R.; PEREIRA, M. B. PEREIRA, C. Paquimetria Corneana. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Óptica, refração e visão subnormal**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 27, p.296-303.

KIM, T., BARRIO, J. L. A. DEL, WILKINS, M., COCHENER, B., & ANG, M. Refractive surgery. **The Lancet**. v.393, n.10185, p.2085–2098, 2019.

LA CROIX, N. Cataracts: when to refer. **Topics in Companion Animals Medicine**. v.23, n.1, p.46-50, 2008.

LASSALINE-UTTER, M.; GEMENSKY-METZLER, A. J.; SCHERRER, N. M.; STOPPINI, R.; LATIMER, C. A.; MACLAREN, N. E.; MYRNA, K. E. Corneal dystrophy in Friesian horses may represent a variant of pellucid marginal degeneration. **Veterinary Ophthalmology**. v.17, p.186-194, 2014.

LAU, R. K.; MORESCO, A.; WOODS, S. J.; REILLY, C. M.; HAWKINS, M. G.; MURPHY, C. J.; HOLLINGSWORTH, S. R.; HACKER, D.; FREEMAN, K. S. Presumptive keratoglobus in a great horned owl (*Bubo virginianus*). **Veterinary Ophthalmology**. v.20, n.6, p.560-567, 2017.

LEE, C. M.; AFSHARI, N. A. The global state of cataract blindness. **Current Opinion in Ophthalmology**. v.28, n.1, p.98-103, 2017.

LEE, A. C.; QAZI, M. A.; PEPOSE, J. S. Biometry and intraocular lens power calculation. **Current Opinion in Ophthalmology**, v.19, n.1, p. 13-17, 2008.

LIN, M. P.; ARMSTRONG, B.; KRUEGER, R.; SANTHIAGO, M.; SINGH, V.; AGRAWAL, V.; WILSON, S. Transepithelial Corneal Crosslinking Methods: Femtosecond-Laser Pocket, Permeability Enhancers In Rabbits. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**. v.53, n.14, p.4125, 2012.

LIU, A. S.; BROWN, D. M.; CONN, R. E.; MCNABB, R. P.; PARDUE, M. T.; KUO, A. N. Topography and pachymetry maps for mouse corneas using optical coherence tomography. **Experimental Eye Research**. 190, 107868, 2020.

MAGGS J. D. Diseases of the cornea and sclera. In: MAGGS, D. J., MILLER, P. E., OFRI, R. (Eds). **Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology**. 6^a ed. St Louis: Saunders Elsevier. 2018. p. 213-253.

MAIA, N. C. F. **Fundamentos básicos da oftalmologia e suas aplicações**. Palmas/TO: Universidade Federal do Tocantins / EDUFT. 2018, p. 99-110.

MILLER, P. E. Basic Structure and Function of the eye. In: MAGGS, D. J., MILLER, P. E., OFRI, R. (Eds). **Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology**. 6^a ed. St Louis: Saunders Elsevier. 2018a. p. 2-7

MILLER, P. E. The eye and vision. In: MAGGS, D. J., MILLER, P. E., OFRI, R. (Eds). **Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology**. 6^a ed. St Louis: Saunders Elsevier. 2018b. p. 1-17

NETTO, A. L. Emotropias e ametropias: testes objetivos e subjetivos. In: URAS, R. **Óptica e refração ocular**. Rio de Janeiro: Cultura Médica, São Paulo: CBO: CIBA Vision, 2000, p.57

OFRI, R. Optics and physiology of vision. In: GELATT, K. N., GILGER, B. C., KERN, T. J. (Eds). **Veterinary Ophthalmology**. 5^a ed. John Wiley & Sons. 2013. p. 206 – 221.

OLSEN, T. Calculation of intraocular lens power: a review. **Acta Ophthalmologica Scandinavica**. v.85, n.5, p.472-85, 2007.

OSHITA, T.; HAYASHI, S.; INOUE, T.; HAYASHI, A.; MAEDA, N.; KUSAKA, S.; OHJI, M.; FUJIKADO, T.; TANO, Y. Topographic analysis of astigmatism induced by scleral shortening in pig eyes. **Graefe's Archieve for Clinical and Experimental Ophthalmology**. v.239, n.5, p.382-6, 2001.

PASSOS, E. C.; ANDRADE-NETO, A. V.; LEMAIRE, T. Comportamento ótico do olho humano e suas ametropias. **Caderno de física da UEFS**, v. 6, n.1 e 2, p. 7-18, 2008

POLISUK, P. Topografia Corneana na Cirurgia Refrativa. Exames Complementares. In: Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). **Cirurgia Refrativa**. Série Oftalmologia Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2008. cap. 7, p. 72-80.

RASHID, R. F.; FARHOOD, Q. K. Measurement of central corneal thickness by ultrasonic pachymeter and oculus pentacam in patients with well-controlled glaucoma: hospital-based comparative study. **Clinical Ophthalmology**, v.10, p. 359-364. 2016.

RIORDAN-EVA, P. Óptica e refração. In: RIORDAN-EVA, P.; WHITCHER, J. P. **Oftalmologia geral de Vaughan e Asbury**. 17ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2011, p. 377-398.

RODRIGUES, M. L. V. **Semiologia oftalmológica**. Medicina (Ribeirão Preto) [Internet].v.29, n.1, p.54-60. 1996. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/712>

SAHU J, RAIZADA K. Pellucid Marginal Corneal Degeneration. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562314/>

SALOUTI, R.; NOWROOZZADEH, M. H.; ZAMANI, M.; FARD, A. H.; NIKNAM, S. Comparison of anterior and posterior elevation map measurements between 2 Scheimpflug imaging systems. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, v.35, n.5, p. 856-862, 2009.

SAMUELSON, D. E. Ophthalmic Anatomy. In: GELATT, K. N., GILGER, B. C., KERN, T. J. (Eds). **Veterinary Ophthalmology**. 5ª ed. John Wiley & Sons. 2013. p. 39-170.

SAREZKY D, ORLIN SE, PAN W, VANDER BEEK BL. Trends in Corneal Transplantation in Keratoconus. **Cornea**. v.36, n.2, p.131-137, 2017.

SAVAGE, D. E.; BROOKS, D. R.; DEMAGISTRIS, M.; et al. First demonstration of ocular refractive change using Blue-IRIS in live cats. **Investigative Ophthalmology and Visual Science**. v.55, n.7, p.4603-4612, 2014.

SHIRAYAMA, M.; WANG, L.; WEIKERT, M. P.; KOCH, D. D. Comparison of Corneal Powers Obtained from 4 Different Devices. **American Journal of Ophthalmology**, v.148, n.4, p. 528-535, 2009.

VISSER, N.; BAUER, N. J.; NUIJTS, R. M. Toric intraocular lenses: historical overview, patient selection, IOL calculation, surgical techniques, clinical outcomes, and complications. **Journal of Cataract and Refractive Surgery**. v.39, n.4, p.624-37, 2013.

WALLANG, B. S.; DAS, S. Keratoglobus. **Eye**. v.27, n.9, p.1004-1012, 2013.

WANG, L.; SHIRAYAMA, M.; KOCH, D. D. Repeatability of corneal power and wavefront aberration measurements with a dual-Scheimpflug Placido corneal topographer. **Journal of Cataract & Refractive Surgery**, v.36, n.3, p. 425-430, 2010.

WEST, S. Epidemiology of cataract: accomplishments over 25 years and future directions. **Ophthalmic Epidemiology**. v.14, n.4, p.173-8, 2007.

Wolfel AE, Pederson SL, Cleymaet AM, Hess AM, Freeman KS. Anterior segment parameters in normal dogs using the Pentacam® HR Scheimpflug system. **Veterinary Ophthalmology**. v.22, n.5, p.683-694, 2019.

ZIEMER OPHTHALMIC SYSTEMS AG. Galilei Map interpretation guide. Software version 5.2. 2011. Disponível em: https://adaptltda.com.br/galilei/assets/files/GALILEI_Map_Interpretation_Guide.pdf

informações encontradas e enriquecer o conhecimento acerca da óptica ocular das diferentes espécies.

Declaração de interesses

Carlos G. Arce é consultor da Ziemer Ophthalmic Systems AG, Port, Suíça. Todos os outros co-autores não tem nenhum interesse potencial competitivo.

Referências

1. Arce CG, Trattler W. Keratoconus and Keratoectasia. In: Boyd S, Gutiérrez AM, McCulley JP, eds. *Atlas and text of corneal pathology and surgery*. Panamá: Jaypee Highlights Medical Publishers; 2010:161-225.
2. Arce CG. Galilei: Topografia de Plácido e tomografia do segmento anterior com duplo Scheimpflug. In: Ambrósio R Jr, Chalita MR, Vieira Netto M, Schor P, Chamon W, Fontes BM, editores. *Wavefront & topografia, tomografia e biomecânica da córnea*. 7aed. Rio de Janeiro:Cultura Médica; 2013:165-202.
3. Alencar CMS. Mapas topográficos: metadados e as regras de catalogação para o acesso eficiente à informação geográfica. 2014. 180 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências de Marília, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/110782>>.
4. Dong J, Wu Q, Wang XG. Measurement of central corneal thickness and pre-corneal tear film thickness of rabbits using the Scheimpflug system. *Int J Ophthalmol*. 2013;6(5):584-587.
5. Savage DE, Brooks DE, Demagistris M, et al. First demonstration of ocular refractive change using Blue-IRIS in live cats. *Investig. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2014;55(7):4603-4612.

6. Oshita T, Hayashi S, Inoue T, Hayashi A, Maeda N, Kusaka S, Ohji M, Fujikado T, Tano Y. Topographic analysis of astigmatism induced by scleral shortening in pig eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2001 Jun;239(5):382-6. doi: 10.1007/s004170100265. PMID: 11482343.
7. Liu, AS, Brown DM, Conn RE, McNabb RP, Pardue MT, Kuo AN. Topography and pachymetry maps for mouse corneas using optical coherence tomography. *Exp. Eye Res.* 2020; 190, 107868. doi:10.1016/j.exer.2019.107868
8. Greene CA, Misra SL, Lee H, McKelvie J, Kapadia K, McFarlane R, McGhee CNJ, Green CR, Sherwin T. The Sheep Cornea: Structural and Clinical Characteristics. *Curr. Eye Res.* 2018;43:12:1432-1438. DOI: 10.1080/02713683.2018.1510970.
9. Wolfel AE, Pederson SL, Cleymaet AM, Hess AM, Freeman KS. Anterior segment parameters in normal dogs using the Pentacam® HR Scheimpflug system. *Vet Ophthalmol.* 2019;22(5):683-694. doi: 10.1111/vop.12642.
10. Moodie KL, Hashizume N, Houston DL, Hoopes PJ, Demidenko E, Trembly BS, Davidson MG. Postnatal development of corneal curvature and thickness in the cat. *Vet Ophthalmol.* 2001; 4(4):267–272.
11. Stiles, J. Feline ophthalmology. In: Gelatt KN, Gilger BC, Kern TJ. (Eds). *Vet Ophthalmol.* 5^a ed. John Wiley & Sons. 2013. p. 1477-1559.
12. Narfström K, Deckman KH, Menotti-raymond M. Cats: A Gold Mine for Ophthalmology. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 2013;1:157–177.
13. Ramos LA, Brandão CVS, Arce CG, Pinho RH, Gonçalves LG, Padovani, CR. Dual-Scheimpflug-Placido-disc corneal analysis in cats. *Vet Ophthalmol.* 2022; 00: 1- 7. doi: 10.1111/vop.12993

14. Arce CG. Ziemer Ophthalmic Systems AG. Map interpretation guide. Software version 5.2. Doc. N°.410.931.012. Port, Switzerland, 2011.
http://adaptltda.com.br/galilei/assets/files/GALILEI_Map_Interpretation_Guide.pdf
15. Johnson RA, Wichern DW. *Applied multivariate statistical analysis*. 6th ed. New Jersey- Pearson Modern Classics; 2007:773.
16. Zar JH. *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice-Hall; 1996:718
17. Arce CG. Diagnóstico de queratocono con tomografía de duplo Scheimpflug y topografía de Placido. En Albertazzi R, editor. *Queratocono*. Consejo Argentino de Oftalmología, Buenos Aires, Argentina. 2^a edición. Capítulo 3, 2021:63-102
18. Ling T. Osmotically induced central and peripheral corneal swelling in the cat. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* 1987;64(9):674-677.
19. Park SH, Choi SK, Lee D, Jun EJ, Kim JH. Corneal thickness measurement using Orbscan, Pentacam, Galilei, and ultrasound in normal and post-femtosecond laser in situ keratomileusis eyes. *Cornea*. 2012;31(9):978-982.
20. Müller M, Dahmen G, Pörksen E, Geerling G, Laqua H, Ziegler A, Hoerauf H. Anterior chamber angle measurement with optical coherence tomography: Intraobserver and interobserver variability. *J Cataract Refract Surg*. 2006; 32(11):1803-1808 doi: 10.1016/j.jcrs.2006.07.014.
21. Vilupuru AS, Tsai S, Almazan A, Lee SS, Robinson MR, Burke JA. Comparative Anatomy of Angle Biometrics with Anterior Chamber OCT. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2011;52(14):6279.
22. Nagy LJ, Macrae S, Yoon G. Photorefractive keratectomy in the cat eye: Biological and optical outcomes. *J Cataract Refract Surg*. 2007;33:1051-1064.
23. Dubbelman M. Weeber HA, Van der Heijde, RGL, Volker-Dieben HJ. Radius and asphericity of the posterior corneal surface determined by corrected Scheimpflug

- photography. *Acta Ophthalmol. Scand.* 2002;80(4):379–383.
doi:10.1034/j.1600-0420.2002.800406.x
24. Wang L, Shirayama M, Koch DD. Repeatability of corneal power and wavefront aberration measurements with a dual-Scheimpflug Placido corneal topographer. *J Cataract Refract Surg.* 2010;36(3):425–430. doi:10.1016/j.jcrs.2009.09.034
25. Kasprzak HT. New approximation for the whole profile of the human crystalline lens. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 2000;20(1):31-43.
26. Chen W, Tan X, Chen X. Anatomy and Physiology of the Crystalline Lens. *Pediatric Lens Diseases.* 21–28, 2016. doi:10.1007/978-981-10-2627-0_3
27. Shoji T, Kato N, Ishikawa S, Ibuki H, Yamada N, Kimura I, Shinoda K.. In vivo crystalline lens measurements with novel swept-source optical coherent tomography: an investigation on variability of measurement. *BMJ Open Ophthalmol.* 2017;1(1). doi:10.1136/bmjophth-2016-000058
28. Jagger WS. The refractive structure and optical properties of the isolated crystalline lens of the cat. *Vis. Res.* 1990;30(5):723–738.
[https://doi.org/10.1016/0042-6989\(90\)90098-6](https://doi.org/10.1016/0042-6989(90)90098-6)
29. Atchison DA, Thibos LN. Optical models of the human eye. *Clin. Exp. Optom.* 2016;99(2):99–106. doi:10.1111/cxo.12352
30. Carrington SD, Woodward EG. Corneal thickness and diameter in the domestic cat. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 1986;6(4):385–389.
31. Ziemer Ophthalmic Systems AG. Galilei G4 operator manual. Doc. N° CM3941-0081-03. Port, Suiza, 2016.
<https://www.e-learning.ziemergroup.com/uploads/1466413051.pdf>.

32. Han K-E, Jun RM. Measurement of White-to-White Diameter and Anterior Chamber Depth by Dual Scheimpflug Camera. *J. Korean Ophthalmol. Soc.*2010;51(2):169.

5. Avila MY, Narvaez M, Castañeda JP. Effects of genipin corneal crosslinking in rabbit corneas. *J Cataract Refract Surg.* 2016 Jul;42(7):1073-7.
6. Arce CG, Polack FM. A córnea e os nucleódeos cíclicos II. A função dos nucleotídeos cíclicos na cicatrização da córnea. *Arq Inst Penido Burnier.* 1981;26:27-33.
7. Polack FM. Corneal transplantation. Grunne & Straton. New York. 1977.
8. Riau AK, Tan NYS, Angunawela RI, et al. Reproducibility and age-related changes of ocular parametric measurements in rabbits. *BMC Vet. Res.* 2012;8:1-9
9. Arce CG, Trattler W. Keratoconus and Keratoectasia. In: Boyd S, Gutiérrez AM, McCulley JP, eds. Atlas and text of corneal pathology and surgery. Panamá: Jaypee Highlights Medical Publishers; 2010:161-225.
10. Arce CG. Galilei: Topografia de Plácido e tomografia do segmento anterior com duplo Scheimpflug. Em: Ambrósio R Jr, Chalita MR, Vieira Netto M, Schor P, Chamon W, Fontes BM, editores. Wavefront & topografia, tomografia e biomecânica da córnea. 7aed. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2013:165-202.
11. Alencar CMS. Mapas topográficos: metadados e as regras de catalogação para o acesso eficiente à informação geográfica. 2014. 180 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências de Marília, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/110782>>.
12. Dong J, Wu Q, Wang XG. Measurement of central corneal thickness and pre-corneal tear film thickness of rabbits using the Scheimpflug system. *Int J Ophthalmol.* 2013;6(5):584-587.
13. Arce CG. Ziemer Ophthalmic Systems AG. Map interpretation guide. Software version 5.2. Doc. N°.410.931.012. Port, Switzerland, 2011.
http://adaptltda.com.br/galilei/assets/files/GALILEI_Map_Interpretation_Guide.pdf
14. Johnson, R. A.; Wichern, D. W. Applied multivariate statistical analysis. 6th ed. New Jersey- Pearson Modern Classics; 2007:773.

15. Zar JH. Biostatistical analysis. New Jersey: Prentice-Hall; 1996:718.
16. Ramos LA, Brandão CVS, Arce CG, Pinho RP, Gonçalves LG, Padovani, CR. Dual-Scheimpflug-Placido-disc corneal analysis in cats. *Vet Ophthalmol.* 2022; 00: 1- 7. doi: 10.1111/vop.12993
17. Zhang H, Qin X, Cao X, Zhang D, Li, L. Age-related variations of rabbit corneal geometrical and clinical biomechanical parameters. *BioMed Research International*, v. 2017, p. 1-11, 2017. ID: 3684971.
18. Asbell PA, Chiang B, Somers ME, Morgan KS. Keratometry in children. *The CLAO Journal : Official Publication of the Contact Lens Association of Ophthalmologists, Inc.* 1990 Apr-Jun;16(2):99-102. PMID: 2347079
19. Davis RW, Raasch TW, Mitchell LG, Mutti DO, Zadnik K. Corneal Asphericity and Apical Curvature in Children: A Cross-sectional and Longitudinal Evaluation. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2005;46(6):1899-1906. doi: <https://doi.org/10.1167/iovs.04-0558>.
20. Sorsby A, Sheridan M. Changes in the Refractive Power of the Cornea during Growth : Observations on the Rabbit. *British Journal of Ophthalmology.*1953;37(9):555–557. doi:10.1136/bjo.37.9.555
21. Mutti DO, Mitchell LG, Jones LA, Friedman NE, Frane SL, Lin WK, Moeschberger ML, Zadnik K. Axial Growth and Changes in Lenticular and Corneal Power during Emmetropization in Infants. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2005;46(9):3074-3080. doi: <https://doi.org/10.1167/iovs.04-1040>.
22. Ludlam WM, Twarowski CJ. Ocular-dioptric-component changes in the growing rabbit. *J. Opt. Soc. Am.* 1973;63:95-98.
23. Hayashi K, Hayashi H, Hayashi F. Topographic analysis of the changes in corneal shape due to aging. *Cornea.* 1995 Sep;14(5):527-532. PMID: 8536468.

24. Hashemi, Hassan MD; Asgari, Soheila MSc; Emamian, Mohammad Hassan MD, PhD; Mehravaran, Shiva MD, MIH; Fotouhi, Akbar MD, PhD Age-Related Changes in Corneal Curvature and Shape. *Cornea*. 2015;34(11):1456-1458 doi: 10.1097/ICO.0000000000000595.
25. Ludlam WM, Twarowski CJ. Ocular-dioptic-component changes in the growing rabbit. *J. Opt. Soc. Am.* 1973;63:95-98.
26. Topuz H, Ozdemir M, Cinal A, Gumusalan Y. Age-related differences in normal corneal topography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*. 2004;35(4):298-303. PMID: 15305553.
27. Stiemke MM, Edelhauser HF, Geroski DH. The developing corneal endothelium: Correlation of morphology, hydration and Na/K ATPase pump site density. *Current Eye Research*. 1991;10(2):145–156. doi:10.3109/02713689109001742.
28. Ehlers N, Sørensen T, Bramsen T, Poulsen EH. Central corneal thickness in newborns and children. *Acta Ophthalmologica*. 2009;54(3):285–290. doi:10.1111/j.1755-3768.1976.tb01257.x
29. Hussein MA, Paysse EA, Bell NP, Coats DK, Brady McCreery KM, Koch DD, Orengo-Nania S, Baskin D, Wilhelmus KR. Corneal thickness in children. *Am J Ophthalmol*. 2004 Nov;138(5):744-8. doi: 10.1016/j.ajo.2004.06.030. PMID: 15531308.
30. Galgauskas S, Norvydaitė D, Krasauskaitė D, Stech S, Ašoklis RS. Age-related changes in corneal thickness and endothelial characteristics. *Clinical interventions in aging*. 2013.8: 1445–1450. <https://doi.org/10.2147/CIA.S51693>
31. Hashemi H, Asgari S, Emamian MH, Mehravaran S, Fotouhi A. Age-Related Changes in Corneal Curvature and Shape: The Shahroud Eye Cohort Study. *Cornea*. 2015 Nov;34(11):1456-8. doi: 10.1097/ICO.0000000000000595. PMID: 26312623.