UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

MENSURAÇÕES DO BULBO OCULAR E CÁLCULO DO PODER DIÓPTRICO DA LENTE INTRAOCULAR EM MINIPORCOS BRASILEIROS

RODRIGO BARROS

BOTUCATU - SP

Abril / 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

MENSURAÇÕES DO BULBO OCULAR E CÁLCULO DO PODER DIÓPTRICO DA LENTE INTRAOCULAR EM MINIPORCOS BRASILEIROS

RODRIGO BARROS

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Adj. Cláudia Valéria Seullner Brandão.

BOTUCATU - SP
Abril / 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Barros, Rodrigo.
Mensurações do bulbo ocular e cálculo do poder dióptrico da lente intraocular em miniporcos brasileiros / Rodrigo Barros. - Botucatu, 2015

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Orientador: Claudia Valéria Seullner Brandão
Capes: 50501003

1. Olhos - Exame. 2. Biometria. 3. Ceratometria. 4. Lentes intra-oculares. 5. Catarata.

Palavras-chave: Biometria; Catarata; Ceratometria; Lio; Miniporco.

Nome do Autor: Rodrigo Barros

Título: MENSURAÇÕES DO BULBO OCULAR E CÁLCULO DO PODER DIÓPTRICO DA LENTE INTRAOCULAR EM MINIPORCOS BRASILEIROS

COMISSÃO EXAMINADORA

Profª Drª Adj. Claudia Valeria Seullner Brandao
Presidente e Orientadora
Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária
FMVZ – UNESP - Botucatu

Prof. Ass. Dr. José Joaquim Titton Ranzani
Membro
Departamento de Cirurgia e Anestesiologia Veterinária
FMVZ – UNESP - Botucatu

Prof. Ass. Dr. Antônio Carlos Lottelli Rodrigues
Membro
Departamento de Oftalmologia, Otorrinolaringologia e Cirurgia de Cabeça e Pescoço
FMB – UNESP – BOTUCATU

Data da Defesa: 29 de abril de 2015.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho principalmente aos meus pais, Sonia Maria Leandro Barros e José Barros Bertolo. Que possibilitaram que hoje eu esteja aqui, uma dedicação da parte deles que com certeza começou antes mesmo de eu nascer. Me dando a sorte de ter uma família estruturada, presente e amorosa, e tendo eles confiado e acreditado na profissão que eu escolhi seguir. Fornecendo todo o apoio financeiro e emocional necessário para que eu pudesse realizar todas as etapas (faculdade, residência, cursos, aprimoramentos, pós graduação) necessárias e importantes para chegar onde cheguei e poder ir ainda mais além, facilitando e muito que agora eu possa ir cada vez mais longe. Espero conseguir retribuir todo esse carinho de uma forma.

A todos os familiares que, cada um do seu modo, presente ou não, também colaboraram com toda essa caminhada. Primos, tios, tias, irmão, cunhada, avós e avôs, e agora sobrinha também.

Aos meus amigos, alguns de longas datas e que não são da mesma área, que sequer imaginam com o que eu trabalho e seja esse “mundo” da veterinária, mas que com certeza me ajudaram e apoiaram a seguir; como também aos tantos outros amigos da veterinária ou de certa forma ligados a essa incrível profissão/paixão. Desde um suporte emocional, como técnico também. Incontáveis ajudas tive o prazer de ter desses colegas, que mesmo não sendo da oftalmologia, contribuíram e muito com esse trabalho.

Aos amigos/família de Botucatu. Onde nesses últimos 2 anos a convivência tem sido intensa e prazerosa. Desde os colegas da oftalmo, da faculdade, da república e da cidade. Me proporcionaram momentos incríveis, incontáveis momento de apoio e permitiram e ajudaram com que eu amasse e tivesse o prazer de continuar estudando na unesp Botucatu e morando na cidade de Botucatu. Afinal, quem tem amigos, tem tudo.

Aos meus professores. Desde o primeiro que tive, ao primeiro que me mostrou a oftalmologia, até aos que ainda irei conhecer. Todos tiveram e têm um papel importante, que julgo ser de nos ensinar cada vez mais, nos mostrar que sempre temos algo a mais a aprender e que há um prazer nesse aprendizado. Especialmente a professora Valéria, que proporcionou essa chance de aprendizado na oftalmologia para mim e guiou todo esse trabalho.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que participaram na execução desse trabalho. Impossível citar todos. Cada um teve um papel importante e que eu agradeço muito. Quem ajudou de qualquer forma, sinta-se agradecido e parte deste trabalho.
Agradeço ao setor de oftalmologia veterinário por possibilitar todo esse trabalho e meu aprendizado.
Agradeço à Unesp Botucatu por todo suporte.
Agradeço a Capes/Cnpq pela ajuda financeira para realizar esse trabalho e etapa na minha profissão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Realização do teste lacrimal de Schirmer 17

Figura 2 - Realização da mensuração da córnea limbo-a-limbo 17

Figura 3 - Realização da mensuração da pressão intraocular 18

Figura 4 - Fotografia do auto-ceratômetro..... 19

Figura 5 - Realização da auto-ceratometria 19

Figura 6 - Fotografia do equipamento de ultrassonografia modo A..... 20

Figura 7 - Fotografia do software IOL consultant® –menu para inserção de dados para cálculo do poder dióptrico 21

Figura 8 - Fotografia do software IOL consultant® – escolha da fórmula do cálculo dióptrico 21

Figura 9 - Fotografia do ultrassom modo A – inserção dos valores oculares para cálculo da fórmula Haigis..... 22

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Valores médios da produção lacrimal do miniporco brasileiro, pelo teste lacrimal de Schirmer (TLS), pressão intraocular (PIO) e diâmetro corneal, dos olhos direito e esquerdo..... 23
TABELA 2 - Valores médios da produção lacrimal do miniporco brasileiro, pelo teste lacrimal de Schirmer (TLS), pressão intraocular (PIO) e diâmetro corneal, considerando o sexo..... 23
TABELA 3 - Média dos valores da ceratometria do miniporco brasileiro dos olhos direito e esquerdo..... 24
TABELA 4 - Média dos valores da ceratometria do miniporco brasileiro, considerando o sexo..... 24
TABELA 5 - Média dos valores da ultrassonografia modo A do olho do miniporco brasileiro, dos olhos direito e esquerdo..... 24
TABELA 6 - Média dos valores da ultrassonografia modo A do olho do miniporco brasileiro, considerando o sexo..... 25
TABELA 7 - Média dos valores do poder dióptrico da LIO, dos olhos direito e esquerdo.....25
TABELA 8 - Média dos valores do poder dióptrico da LIO, considerando o sexo..... 25
TABELA 9 - Poder dióptrico médio e medidas descritivas em miniporcos brasileiros 26
TABELA 10 - Modelos de resposta das fórmulas em relação ao padrão Holladay II... 26

LISTA DE ABREVIAÇÕES

LIO- Lente intraocular

mm - Milímetros

OCP – Opacidade de Capsula Posterior

D - Dioptrias

US - Ultrassom

US-A – Ultrassonografia modo A

m/s – Metros por segundo

°C – Graus celsos

CELs – Células Epiteliais do cristalino

OD – Olho direito

OE – Olho esquerdo

TLS – Teste Lacrimal de Schirmer

Mm/min – Milimetro por minuto

PIO – Pressão intraocular

mmHg – milímetro de mercúrio

C. Axial – Comprimento Axial

C. Anterior – Camara anterior

C. Vítrea – Camara Vitrea

Stnd – Standard

Hollad. I – Holladay I

Hollad. II – Holladay II

LI – Limite inferior

LS – Limite Superior

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 3

2. REVISÃO DE LITERATURA 6

2.1 Anatomia do Olho 6

2.1.1 Bulbo do olho 6

2.1.2 Cristalino 6

2.2 Catarata 7

2.3 Biometria Ocular 8

2.4 Lentes intraoculares artificiais e OCP 10

2.5 Fórmulas para cálculo de Lente Intraocular 11

2.6 Modelos Experimentais - Miniporco 12

3. OBJETIVO 14

3.1 Objetivos específicos 14

4. MATERIAIS E MÉTODOS 15

4.1 Comitê de Ética 15

4.2 Animais 15

4.3 Delineamento Experimental 15

4.4 Cálculo do poder dióptrico da lente intraocular 20

4.5 Procedimento Estatístico 22

5. RESULTADOS 23

5.1 Teste Lacrimal de Schirmer, Pressão Intraocular e Diâmetro Corneal 23

5.2 Ceratometria 23

5.3 Ultrassonografia modo A 24

5.4 Poder Dióptrico da LIO 25

5.4.1 Fórmulas 25

5.4.2 Comparação das Fórmulas para cálculo do poder dióptrico em relação ao padrão Holladay II 26

6. DISCUSSÃO 27

7. CONCLUSÃO 32

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 33

9. TRABALHO CIENTÍFICO.....44

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar o poder dióptrico da lente intraocular (LIO) de miniporcos brasileiro e as dimensões do bulbo do olho. Foram utilizados 17 animais (34 olhos) clinicamente sadios, adultos, machos e fêmeas com peso médio de 70 kg. Em todos os olhos, foram realizadas a ultrassonografia modo A, ceratometria e a medida da distância limbo a limbo; variáveis para o cálculo do poder dióptrico da lente intraocular. Este foi obtido utilizando-se diferentes fórmulas e o software Holladay IOL Consultant®. Foram comparadas, adicionalmente, as mensurações oculares quanto ao sexo, lateralidade do olho e as diferentes fórmulas utilizadas (Haigis, Hoffer Q, SRK/T, Holladay I e Holladay II). Na comparação entre o sexo e lateralidade do olho, não houve diferença nas variáveis biométricas e poder da lente intraocular. A aplicação das fórmulas empregadas (Haigis, Holladay II, Holladay I, SRK/T e Hoffer Q) possibilita o cálculo do poder da lente intraocular nesta espécie, e o valor observado variou entre 39,58±2,15 e 46,6±2,81 dioptrias Os miniporcos desempenham importante e crescente papel como modelo experimental para a prática e estudos de procedimento oftalmológico, especialmente relacionados ao seu menor porte e facilidade no manejo de experimentos de longa duração.

Palavras chave: Biometria, catarata, ceratometria, LIO, miniporco.

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the refractive power of intraocular lens (IOL) of Brazilian minipigs and the dimensions of the eyeball. Total of 17 animals (34 eyes) healthy, adult, males and females, with average weight of 70kg were used. For every eye, A-mode ultrasound, keratometry and the measure of limbo-to-limbo distance were conducted; all of them variables for calculating the refractive power of the IOL. That value was obtained using different formulas and Holladay IOL Consultant® Software. Were additionally compared the ocular measurements for sex, laterality of the eye and the different formulas used in this study (Haigis, Hoffer Q, SRK / T, Holladay I and Holladay II). In the comparison between sex and laterality of the eye, there is no difference in biometric variables and power of the IOL. The application of the employed formulas (Haigis, Holladay II, Hollada I, SRK / T and Hoffer Q) allows the IOL power calculation of this specie, and the observed value ranged between 39,58±2,15 and 46,60±2,81 diopters. The minipig has an important and growing role as an experimental model for the study and practice of ophthalmic procedure, specially related to their smaller size and easily management in long term experiments.

Keywords: Biometry, cataract, IOL, keratometry, minipig.

1. INTRODUÇÃO

A catarata pode ser definida como a opacidade do cristalino ou da cápsula do cristalino, decorrente de alterações da arquitetura lamelar de suas fibras ou cápsula (GLOVER e CONSTANTINESCU, 1997; SLATTER, 2005). O cristalino é biconvexo, possui alto poder de convergência e participa diretamente no mecanismo da visão, promovendo a refração convergente dos raios luminosos que penetram no olho (OFRI, 2007).

O tratamento da catarata é eminentemente cirúrgico e implica na remoção do cristalino opacificado (facectomia). Porém, a remoção desta poderosa estrutura convergente torna o olho afácico e altamente hipermetrope (GAIDDON et al., 1991, LIU et al., 2013).

A correção da afacia é feita utilizando-se o implante das lentes intraoculares (LIO) sintéticas, cujo emprego é consagrado em humanos. Na oftalmologia veterinária, inicialmente, o restabelecimento da transparência dos meios foi o único objetivo (FERREIRA et al., 1997) da facectomia. No entanto, é crescente a preocupação em promover uma visão mais emétrope possível para os animais, melhorando a qualidade de vida (MONTEIRO e ALLEMANN, 2001; HARRINGTON et al., 2013).

O cálculo do poder dióptrico da LIO a ser implantada em animais, ainda é assunto pouco explorado na medicina veterinária. Há alguns trabalhos utilizando as fórmulas humanas disponíveis, porém ainda sem conclusões totalmente estabelecidas (MONTEIRO e ALLEMANN, 2001).

Para a obtenção de resultado refrativo desejado, a biometria ocular é essencial (KANSKI e BOWLING, 2011). Várias fórmulas denominadas de terceira geração (Hoffer Q, Holladay I e SRK/T) foram desenvolvidas levando em consideração a curvatura corneal e o comprimento axial do olho. Fórmulas desenvolvidas posteriormente (Haigis e Holladay II) incluem no cálculo adicionalmente a profundidade da câmara anterior, diâmetro limbo-a-limbo e espessura do cristalino, objetivando aperfeiçoar a exatidão da previsibilidade (ARISTODEMOU et al., 2011).

A opacidade de cápsula posterior (OCP), condição conhecida também como catarata secundária, é uma complicação tardia da cirurgia de catarata, que também leva a déficit visual. Várias manobras visando minimizar seus efeitos prejudiciais foram descritos na literatura; dentre essas, destacam-se a implantação da LIO e sua concepção quanto a desenhos e formatos diferentes, adicionalmente a polimerização de substâncias e modificação superficial do material das mesmas, bem como avanços nas técnicas cirúrgicas, (COOMBES e SEWARD, 1999; NISHI e NISHI, 1999; NISHI, NISHI & WICKSTROM, 2000; PENG et al., 2000; KIM et al., 2001; NIKEGHBALI, 2002; YUEN et al., 2006; BOZUKOVA et al., 2007; LEE et al., 2007). A utilização de LIOs com adaptação adequada dentro no saco capsular é imprescindível para os estudos desta natureza, e trata-se de experimentos de longo acompanhamento pós-operatório (LEE et al., 2007; LIU et al., 2013).

Os suínos, após os primatas não humanos, são considerados a espécie mais próxima ao homem no que diz respeito à anatomia, fisiologia e fisiopatologia, bem como seus resultados podem ser transpostos à medicina veterinária, permitindo assim conduzir testes fidedignos e desenvolvimento de novas tecnologias e técnicas na área médica (MARIANO, 2003; SCHANAIDER e SILVA, 2004, BODE et al., 2010). Em decorrência da limitação do emprego de suínos de produção para experimentos biomédicos, em virtude do porte e propensão ao ganho de peso, tem sido proposto cada vez mais a utilização do miniporco. Este possui como vantagens tamanho reduzido e consequente facilidade no manuseio, menor dispêndio com alimentação, criação e adicionalmente possibilita estudos de longa duração. Suas características biológicas gerais são as mesmas do porco, porém o grande diferencial é o peso final na fase adulta, o qual se mantém entre 70 e 90kg (MOUNT e INGRAM, 1971; POND e HOUPT, 1978; McINTOSH e POINTON, 1981).

Na literatura consultada, não foram observados trabalhos descrevendo valores de referência do cálculo do poder dióptrico da LIO, bem como informações relacionadas à biometria do bulbo ocular do miniporco brasileiro, estimulando o desenvolvimento deste estudo. A determinação destas variáveis permitirão avaliar a previsibilidade das fórmulas humanas quando empregadas em olhos de animais, assim como avaliar se existe diferença entre as

mensurações oculares de machos e fêmeas, bem como entre olho esquerdo e olho direito em miniporcos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Anatomia do Olho

2.1.1 Bulbo do olho

O bulbo do olho é composto por três camadas: túnica fibrosa (córnea e esclera) que é responsável pelo formato e forma do olho, fator importante para que seja possível a visão; túnica vascular (Íris, corpo ciliar e coróide); e a túnica nervosa, formada pela retina e disco óptico. O tamanho dos olhos nos animais domésticos varia muito em relação ao tamanho do animal, apesar de normalmente possuírem relação estrutural nas dimensões das estruturas oculares (SAMUELSON, 2007).

2.1.2 Cristalino

O cristalino é uma estrutura intraocular, transparente, constituída por água (64%) e proteínas (35%), e pequena fração de carboidratos, minerais e lipídeos. Apesar dessa composição, é considerada relativamente desidratada (estado de deturgescência), assim como a córnea, devido à bomba de sódio-potássio localizada principalmente no epitélio anterior. Apresenta forma biconvexa, com superfície anterior mais plana que a posterior, e é avascular. A delimitação de sua circunferência é denominada equador, onde inúmeras irregularidades são observadas, correspondentes ao local de adesão das zônulas de Zinn, responsáveis por sua sustentação. Os centros das superfícies (anterior e posterior) são denominados de pólo anterior e posterior, respectivamente (WALDE et al., 1998; SLATTER, 2001).

O cristalino é constituído por uma estrutura de membrana basal, que o envolve (capsula lenticular), epitélio anterior e um estroma celular que consiste de fibras lenticulares, tendo a capsula anterior mais espessa que a posterior. As cápsulas são transparentes e elásticas, composta por fibras colágenas e carboidratos complexos. São responsáveis por regular a forma do cristalino pela elasticidade e região de inserção para as fibras zonulares. Permitem a

passagem de água e eletrólitos, porém são impermeáveis a moléculas grandes, como por exemplo, albumina e globulina. O epitélio cristaliniano desempenha função de transporte de cátions através da capsula lenticular, além de possuir atividade mitótica, o que a torna suscetível a influências tóxicas e mórbidas, podendo resultar em opacidade equatorial. No córtex estão localizadas células lenticulares e que estão dispostas em camadas interdigitadas, ligadas entre si pela substancia amorfa. No núcleo localizam-se células mais velhas, e na periferia estão as mais jovens (WALDE et al., 1998; GILGER, 2003).

A principal função do cristalino é focar a luz na retina, produzindo uma imagem nítida e clara. Associada à córnea trata-se das duas potenciais estruturas refrativas do olho. A transparência é mantida enquanto houver nutrição adequada. A pequena quantidade de oxigênio que o cristalino necessita é fornecida pelo humor aquoso, bem como a glicose, principal fonte de energia (OFRI, 2007; SAMUELSON, 2007; CROIX, 2008).

O cristalino cresce durante toda a vida do animal, entretanto, à medida que envelhece, o núcleo torna-se menos elástico e flexível. Concomitante a esse envelhecimento e rigidez do cristalino, ocorre a esclerose lenticular, que é um aumento da sua densidade; isso acarreta em perda da capacidade de acomodação do cristalino (GILGER, 2003; GUM et al, 2007).

2.2 Catarata

A catarata é a alteração intraocular mais comum, com consequente perda da acuidade visual, tanto em seres humanos como em animais (KARA-JOSÉ et al., 2004; LIU et al., 2013). É definida como qualquer opacidade no cristalino ou cápsula (CROIX, 2008). Alterações envolvendo a nutrição do cristalino, metabolismo energético, proteico e equilíbrio osmótico podem resultar em opacidade lenticular (BARNETT, 2006). A transparência do cristalino depende primeiramente da disposição ordenada das células lenticulares e da solubilidade e disposição física de suas proteínas. As proteínas solúveis compreendem aproximadamente 85% de todas as proteínas presentes no cristalino, porém esse número diminui com o passar da vida do animal, e essas

proteínas solúveis tornam-se insolúveis. Quando sinais de catarata são observados no cristalino, encontra-se alto nível de proteínas insolúveis. A maioria dessas proteínas encontram-se no núcleo do cristalino, enquanto que as proteínas solúveis concentram-se no seu córtex (COOK, 2007; COOK, 2008).

Os processos bioquímicos e fisiológicos da catarata são complexos, devido às inúmeras etiologias. Porém, há estudos que sugerem ser uma desordem bioquímica, que pode afetar qualquer uma das seguintes propriedades do cristalino: nutrição, energia metabólica, metabolismo proteico e balanço osmótico, podendo assim resultar na opacidade do cristalino. Ocorrem mudanças na morfologia da capsula, epitélio e fibras lenticulares, acompanhando os efeitos moleculares (desequilíbrio entre proporção de proteínas insolúveis e proteínas solúveis). Por fim, o resultado é a perda da transparência devido à ruptura das fibras do cristalino e a morte celular (BARNETT, 2006; DAVIDSON e NELMS, 2007).

Quando um olho com catarata não é corretamente tratado, pode ocorrer uveíte lente-induzida. Isso ocorre devido à produção de anticorpos, uma vez que as proteínas do cristalino são imunologicamente órgão-específica, mas não espécie-especifica. A cápsula lenticular previne que as proteínas do cristalino entrem em contato com o sistema circulatório e reticulo-endotelial pré-natal; então, caso ocorra esse contato pós-natal com o humor aquoso, o sistema defensivo a reconhecerá como corpo estranho e reagirá (SLATTER, 2001).

O tratamento cirúrgico é o único efetivo (LIU et al., 2013). A facectomia evoluiu drasticamente nas últimas décadas, devido às técnicas cirúrgicas aprimoradas, farmacologia ocular mais evoluída e o surgimento de viscoelásticos, agentes antiinflamatórios, facoemulsificação e, mais recentemente na veterinária, o implante das LIOs (BARNETT, 2006; OLLIVIER et al., 2007; KLEINER, 2007).

2.3 Biometria Ocular

Utilizando-se a biometria ocular, pode-se calcular o poder da LIO, visando assim obter o resultado refrativo pós-operatório desejado.

Basicamente, esta engloba duas variáveis: o comprimento axial do olho e a ceratometria, que estima o poder dióptrico da córnea. A ceratometria envolve a determinação da curvatura da superfície anterior da córnea, tendo seu resultado expresso em dioptrias (D) ou em milímetro de raio de curvatura. A ultrassonografia modo A é um dos métodos disponíveis para se obter o comprimento axial do olho. É um método não invasivo, indolor e de fácil e rápida execução. Pode ser utilizado pelo método de contato ou imersão, sendo o método por imersão mais preciso, porém mais desafiador, principalmente quando utilizado em espécies que não colaboram com exame oftalmológico. O feixe sonoro deve estar alinhado com o eixo visual para um resultado fidedigno, e cada superfície refletora aparece como um pico na tela do equipamento (KANSKI e BOWLING, 2011).

Os estudos em biometria ocular na oftalmologia humana são bem avançados. A classificação conforme o tamanho do bulbo ocular já está estabelecida, sendo definida pelo seu comprimento axial. Olhos com comprimento axial menor de 18mm são considerados olhos extremamente curtos; entre 18 e 22mm são considerados curtos; entre 22 e 24,50mm são considerados olhos médios; entre 24,50 e 26mm são denominados de olhos moderados a longos e olhos com comprimento axial acima de 26mm são denominados extremamente longos. Essa variável influencia diretamente na escolha da fórmula, pois sabe-se que olhos extremamente curtos ou extremamente longos não respeitam a proporção de comprimento anterior e posterior do olho. As fórmulas de terceira geração pressupõem que tal proporção é mantida em todos os olhos e estimam a profundidade da câmara anterior pela ceratometria, enquanto que fórmulas atuais necessitam da informação desse dado, aprimorando o resultado refrativo final em olhos de tamanho extremos (NARVAÉZ et al., 2006).

Gorig et al. (2006) descreveram que a velocidade da onda do ultrassom para o cristalino no miniporco foi de 1.681 metros por segundo (m/s), em uma temperatura de 36 graus celsius (°C). Para o vítreo, em temperatura de 38°C, a velocidade encontrada foi de 1.535m/s. Esse conhecimento é importante, pois a velocidade do ultrassom que irá transpor os tecidos oculares, caso estejam

equivocados, podem subestimar ou superestimar a espessura do cristalino e o comprimento axial do olho durante o exame de ultrassom modo A.

2.4 Lentes intraoculares artificiais e OCP

O intuito de introduzir uma lente intraocular (LIO) visa restabelecer a visão mais próxima ao normal, além de reduzir complicações pós-operatórias, dentre as quais a OCP merece destaque (GILGER et al., 2004). Tal complicação interfere diretamente no resultado visual final tardio da cirurgia. O implante da LIO reduz o risco de ocorrência de OCP, porém deve-se atentar também para a biocompatibilidade intraocular, formato, além da técnica cirúrgica e fatores relacionados ao paciente (BRAS et al., 2006; LIU et al., 2013).

Na cascata de desenvolvimento da OCP estão envolvidos, essencialmente, a proliferação, migração e diferenciação mesenquimal das células epiteliais do cristalino (CELs) residuais (AWASTHI, GUO e WAGNER, 2009). As CELs que permaneceram aderidas à cápsula anterior remanescente, invadem o eixo visual ocasionando a dispersão da luz e, desta maneira, novamente ocorre a diminuição da acuidade visual (WORMSTONE, 2002; RAJ et al., 2009). Bras et al. (2006) descrevem também a proliferação de novas fibras do cristalino.

Várias manobras visando minimizar os efeitos prejudiciais da OCP, para acuidade visual, são descritas na literatura. Dentre essas, destacam-se os avanços nas técnicas cirúrgicas, na concepção de LIOs, de desenhos e formatos diferentes e a polimerização de substâncias e modificação superficial do material das mesmas (COOMBES e SEWARD, 1999; NISHI e NISHI, 1999; NISHI, NISHI & WICKSTROM, 2000; PENG et al., 2000; KIM et al., 2001; NIKEGHBALI, 2002; YUEN et al., 2006; BOZUKOVA et al., 2007; LEE et al., 2007). Diferentes substâncias têm orientado os estudos para o recobrimento das mesmas com o intuito de acrescentar as características das novas substâncias aderidas e, desta maneira, conferir repelência celular (WERNER et al., 1999; YUAN, SUN e YUAN, 2004; LIU et al., 2013).

2.5 Fórmulas para cálculo de Lente Intraocular

O cálculo do poder dióptrico da LIO baseia-se na utilização de fórmulas complexas; estudos apontam certas vantagens de umas em relação a outras, dependendo do número de variáveis aplicadas na fórmula, além da variância do comprimento axial e formato do olho (MONTEIRO e ALLEMANN, 2001; DAY et al., 2012).

As fórmulas mais utilizadas são as consideradas de terceira geração, como por exemplo SRK/T, Hoffer Q e Holladay I; e as de nova geração. As fórmulas mais recentes, de nova geração, empregam mais de dois fatores para predizer a posição efetiva da LIO, dentre as quais se destacam a Holladay II e Haigis (LACAVA et al., 2007).

O conhecimento da posição efetiva da LIO é de suma importância, pois seu efeito refrativo dependerá de sua real posição no olho. As fórmulas de terceira geração supõe que o segmento anterior e o posterior sejam proporcionais em todos os olhos; tal característica não pode ser sempre pressuposta, principalmente na medicina veterinária. Esse erro acaba promovendo uma previsão da posição efetiva de LIO mais anterior, resultando em erros hipermetropes no pós-operatório (LACAVA et al., 2006).

As fórmulas de terceira geração utilizam duas variáveis, o comprimento axial e o poder corneal. Entretanto, elas diferem na maneira que utilizam tais dados para calcular a profundidade da câmara anterior no pós-operatório, ou a posição efetiva da LIO no pós-operatório. As fórmulas Holladay I e SRK/T utilizam a equação de Fedorov de altura da córnea para predizer a profundidade da câmara anterior, ao passo que a fórmula Hoffer Q utiliza uma equação desenvolvida de forma independente, em que a tangente do poder corneal é utilizada. Isso torna-se significativo, pois o resultado final na relação entre comprimento axial do olho e o de câmara anterior é uma relação linear para as fórmulas Holladay I e SRK/T e uma curva tangencial para a fórmula Hoffer Q (ARISTODEMOU et al., 2011).

Tais estudos são avançados na área da medicina humana, porém na medicina veterinária ainda há muito a se estudar, principalmente tratando-se de miniporcos, animais com alto valor para experimentos biomédicos.

2.6 Modelos Experimentais - Miniporco

Nos últimos 20 anos, os miniporcos foram amplamente reconhecidos como modelo de pesquisa e por suas características descritas (WEAVER e MCKEAN, 1965; BUSTAD e MCCLELLAN, 1966; BUSTAD e MCCLELLAN, 1968; DETTMERS e REMPEL, 1968; MOUNT e INGRAM, 1971; POND e HOUPT, 1978; MCINTOSH e POINTON, 1981).

Nos experimentos biomédicos, a aplicação dessa espécie tem sido cada vez mais frequente, pois além de ser animal de produção, é similar ao ser humano no que diz respeito à anatomia, atividade farmacodinâmica, farmacocinética, metabólica e sensibilidade às reações tóxicas (GRAF et al., 1982; SCHNAIDER e SOUZA, 2003; BODE et al., 2010).

Na década de 1940, os porcos começaram a serem utilizados com mais frequência na pesquisa biomédica. As vantagens do miniporco incluem facilidade de manejo, diminuição de requisitos como espaço, alimento, valores mais baixos de produtos farmacológicos e anestésicos envolvidos nos estudos, o que levou às primeiras tentativas de criação do miniporco. A partir de então, uma grande variedade de raças começaram a ser desenvolvidas (KOHN, 2012).

Os miniporcos são classificados taxonomicamente como *Sus scrofa*; são onívoros, não ruminantes, da Ordem Artiodactyla, família Suidade e descendentes do javali europeu. As principais diferenças entre o miniporco e o porco, é a taxa de crescimento e peso final quando adulto. O desenvolvimento do miniporco se deu há muito tempo atrás, e algumas raças, como o Yucatan do México, são naturalmente pequenas em tamanho. A maturidade sexual do miniporco é atingida entre 4 e 6 meses de idade (BALL, 2012). É importante ressaltar que o miniporco não possui nanismo (MARIANO, 2003).

Considerando a similaridade com os seres humanos, o bulbo ocular do suíno segue subsequente aos olhos dos primatas não humano e são os de escolha em cursos práticos de treinamento da técnica facoemulsificação. Os suínos assemelham-se desde a anatomia até a visão, fato pelo qual o miniporco leva vantagens em relação às outras espécies utilizadas em laboratório, como por exemplo, os roedores, que possuem bulbo ocular

pequeno, o que dificulta avaliar o fundo de olho, a produção de lágrima, a utilização em procedimentos cirúrgicos, entre outros (LOGET e SAINT-MACARY, 1998; WILLIANS, 2007; BODE et al., 2010).

A exposição exógena ou endógena a substâncias químicas ou drogas terapêuticas resulta frequentemente em alterações funcionais e estruturais no olho e sistema visual central. Em muitas vezes, alteração na função visual do animal é o primeiro ou até mesmo o único sinal clinico de toxicidade. Em contraste a outros animais de laboratório, cataratas congênitas são raras em miniporcos (EHALL, 2012).

Ressalta-se que o miniporco apresenta todas essas qualidades desejáveis e exclui a característica que dificultava seu emprego nas pesquisas, ou seja, seu porte físico avantajado, principalmente na fase adulta, como já ressaltado anteriormente. A utilização está diretamente relacionada para experimentos biomédicos, sendo de tal maneira fundamental o conhecimento prévio de seu olho saudável, bem como seus parâmetros (MARIANO, 2003; SWINDLE, 2007).

3. OBJETIVO

O presente trabalho objetivou estabelecer o cálculo do poder dióptrico da lente intraocular em miniporcos brasileiros, bem como a biometria do bulbo do olho.

3.1 Objetivos específicos

- Descrever a biometria do bulbo ocular do miniporco, utilizando-se a ultrassonografia modo A, incluindo as medidas de câmara anterior, cristalino, câmara vítrea e diâmetro limbo-a-limbo.

- Estabelecer a curvatura corneal e seu poder refrativo por meio da ceratometria.

- Calcular o poder dióptrico da lente intraocular de miniporco brasileiro utilizando diferentes fórmulas disponíveis, bem como comparar seus valores.

- Avaliar diferenças entre os valores biométricos e poder dióptrico da lente intraocular, considerando o sexo e lateralidade do bulbo do olho.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Comitê de Ética

Os procedimentos experimentais desenvolvidos foram submetidos à Câmara de Ética em Experimentação Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP – Campus de Botucatu (Protocolo nº 91/2013 – CEUA) e seguiram as normas da Association for Research in Vision and Ophthalmology (ARVO).

4.2 Animais

Foram utilizados 17 miniporcos brasileiros (*Sus scrofa domestica*), machos (n=6) e fêmeas (n=11), adultos com idade entre seis meses e um ano, e peso médio de 70 Kg. Foram avaliados tanto olho direito como esquerdo de cada um deles, constituindo-se um único grupo experimental.

Os animais foram provenientes do Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Silvestres – CEMPAS da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Botucatu, SP.

Foram selecionados animais clinicamente saudáveis, os quais foram submetidos previamente ao exame clínico e oftalmológico, com auxílio de biomicroscopia em lâmpada de fenda, oftalmoscopia monocular direta e binocular indireta. Além do teste de Schirmer, tonometria de aplanação e teste de fluoresceína para a avaliação complementar.

4.3 Delineamento Experimental

A execução experimental obedeceu a sequência abaixo:

a. Pesagem do animal;

b. Contenção física do animal a ser examinado, em decúbito lateral;

c. Teste lacrimal de Schirmer[1], realizado sempre no mesmo horário e previamente a demais exames;

d. Exame oftalmológico com lâmpada de fenda[2]:

e. Instilação de colírio anestésico[3], a base de proximetacaína 0,5%;

f. Tonometria de aplanação (Tonopen[4]) para avaliar pressão intraocular de ambos os olhos, sendo realizadas três medidas consecutivas, com 5% de confiabilidade, para obtenção da média, sempre realizada no mesmo horário do dia.

g. Avaliação do fundo do olho, utilizando-se oftalmoscopia direta[5] e indireta[6];

Após a seleção dos animais, os animais foram submetidos aos exames necessários para o cálculo do poder dióptrico da LIO:

h. Diâmetro corneal: realizada a medição do diâmetro horizontal (limbo-a-limbo) do olho com auxílio de um compasso cirúrgico[7];

i. Ceratometria: mensuração da curvatura e poder dióptrico da córnea, utilizando-se o autoceratômetro[8]. Foram realizadas três aferições consecutivas em cada olho, e medidos K1: valor do menor meridiano da córnea; K2: valor do maior meridiano da córnea; K: média de K1 e K2.

j. Ultrassonografia modo A[9]: realizada para obtenção dos valores de comprimento axial do bulbo ocular, câmara anterior, espessura do cristalino e câmara vítrea. O transdutor foi colocado em contato direto com a córnea (método de aplanação), alinhado ao eixo óptico. Velocidade do aparelho foi configurada para 1550 m/s (média), 1540 m/s (cristalino) e 1532 (câmara anterior). No modo automático, o

[1] Fita Lacrimal de Schirmer, Ophthalmos, São Paulo – SP, Brasil
[2] SL-450, Nidek Co., Japão
[3] Anestalcon, Alcon Laboratórios do Brasil Ltda, São Paulo – SP, Brasil
[4] Tonopen XL, Mentor Inc, Norwell, Mass, Estados Unidos
[5] 7100-C, Welch Allyn, Ontario, Canada
[6] OHC-3.3, Opto Eletrônica S.A., São Carlos – SP, Brasil
[7] Compasso Castroviejo reto
[8] KM-500, Nidek Co, Japão
[9] Tomey

equipamento permite realizar 10 mensurações para obtenção das medidas médias.



Figura 1 - Realização do teste lacrimal de Schirmer



Figura 2 - Realização da mensuração da córnea limbo-a-limbo



Figura 3 - Realização da mensuração da pressão intraocular



Figura 4 - Fotografia do auto-ceratômetro

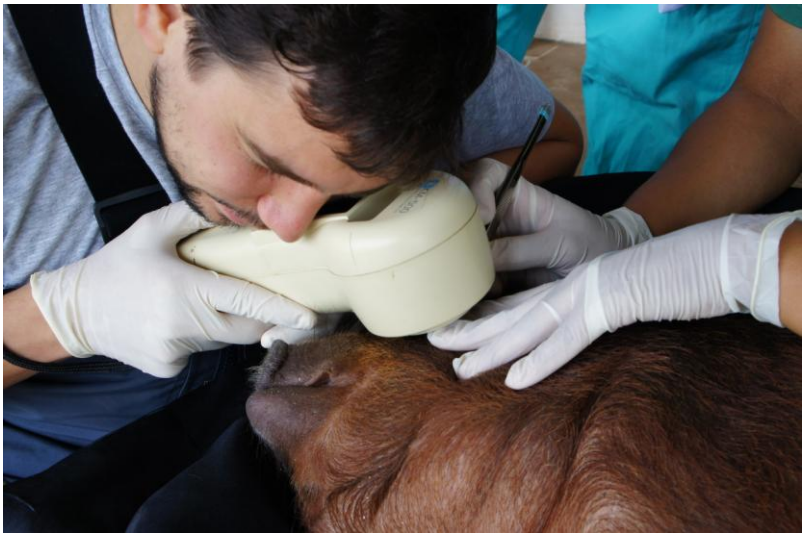


Figura 5 - Realização da auto-ceratometria



Figura 6 - Fotografia do equipamento de ultrassonografia modo A

4.4 Cálculo do poder dióptrico da LIO

Para obtenção do poder dióptrico da LIO foi utilizado o software Holladay IOL Consultant®[10], que possibilitou o cálculo pelas fórmulas Holladay II, Holladay I, Hoffer Q e SRK/T, e a fórmula Haigis foi calculada utilizando-se o software do aparelho de ultrassonografia modo A[9].

No software Holladay IOL Consultant® foram fornecidas as seguintes variáveis para cada olho: comprimento axial, profundidade de câmara anterior, espessura do cristalino, ceratometria (K1 e K2) e distância horizontal limbo-a-limbo (diâmetro corneal). Em todos os olhos supôs-se a técnica de implantação da LIO no saco capsular, refração final com valor zero (plana) e Lio com constante A de 118 (fornecido pelo fabricante e padrão pelo software).

Para a Haigis foram incluídos o comprimento axial, a profundidade da câmara anterior e ceratometria (K1 e K2).

[10] Holladay IOL Consultant Software – Professional Edition. Download disponivel em: http://www.hicsoap.com/

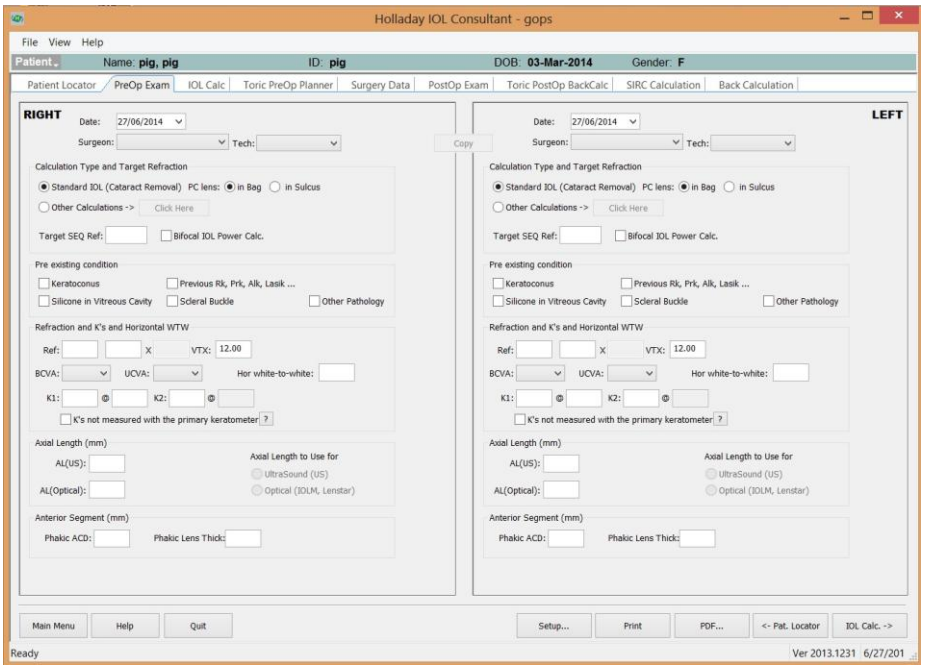


Figura 7 - Fotografia do software IOL consultant® – menu para inserção de dados para cálculo do poder dióptrico

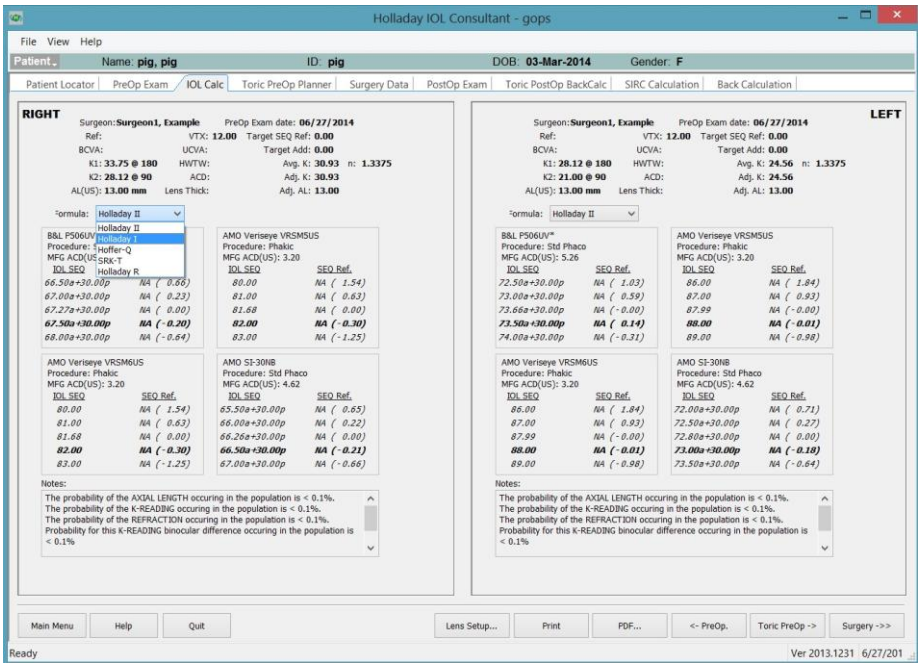


Figura 8 - Fotografia do software IOL consultant® – escolha da fórmula do cálculo dióptrico

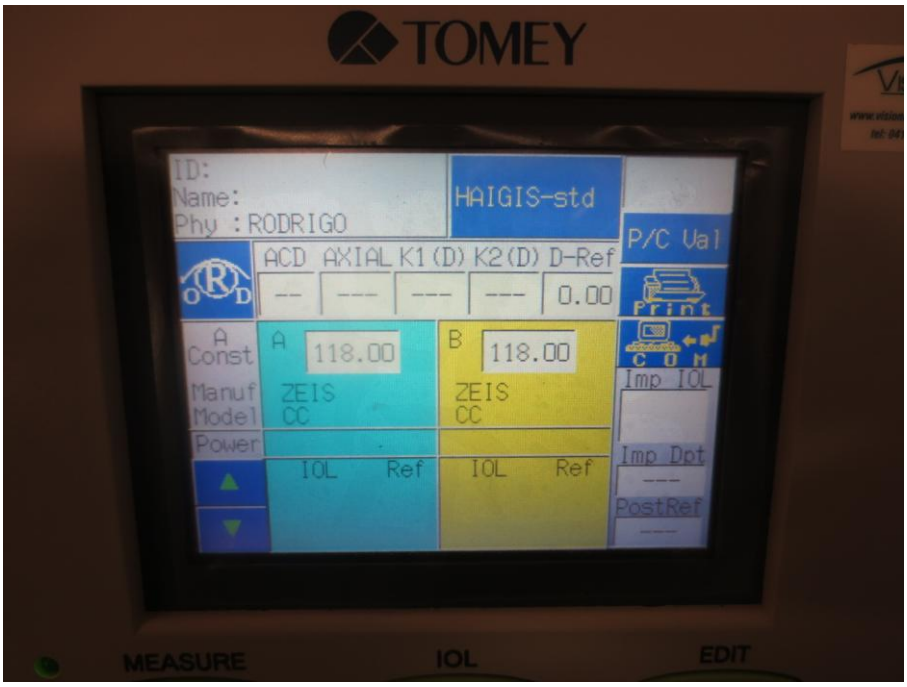


Figura 9 - Fotografia do ultrassom modo A – inserção dos valores oculares para cálculo da fórmula Haigis

4.5 Procedimento Estatístico

Para análise comparativa das variáveis biométricas considerando a lateralidade do olho e diferença entre o sexo foi utilizado o Teste t de Student para amostras dependentes e independentes, respectivamente (ZAR, 1999).

Na comparação do poder dióptrico da LIO calculado por diferentes fórmulas (Haigis, SRK-T, Hoffer Q, Holladay I e Holladay II), independente do olho, foi utilizada a técnica da análise de variância multivariada para o modelo de medidas repetidas complementada com o teste de comparações múltiplas de Bonferroni (JOHNSON e WICHERN, 1998).

A comparação dos valores do poder dióptrico pelas diferentes fórmulas (Haigis, SRK-T, Hoffer Q, Holladay I e Holladay II), considerando a fórmula Holladay II como padrão ouro, foi realizado utilizando-se o modelo de regressão linear passando pela origem (DRAPER e SMITH, 1998).

O nível de significância considerado foi de 5% para todos os dados (ZAR, 1999).

5. RESULTADOS

5.1 Teste Lacrimal de Schirmer, Pressão Intraocular e Diâmetro Corneal

Não houve diferença estatística para o teste lacrimal de Schirmer (TLS), na mensuração da pressão intraocular (PIO) e no diâmetro corneal, tanto na comparação entre lateralidade do olho (Tabela 1) como entre machos e fêmeas (Tabela 2). A média geral encontrada para o teste lacrimal de Schirmer foi de 8,12±2,65mm/min. A média geral encontrada para os valores da PIO foi de 17,92±4,81mmHg e para diâmetro corneal de 14,10±0,85mm.

TABELA 1.Valores médios da produção lacrimal do miniporco brasileiro, pelo teste lacrimal de Schirmer (TLS), pressão intraocular (PIO) e diâmetro corneal, dos olhos direito e esquerdo.

Variável	OD	OE	p
TLS (mm/min)	8,53 ±3,09	7,71 ±2,14	0,37
PIO (mmHg)	18,25 ±5,37	17,59 ±4,33	0,65
Diâmetro Corneal	14,05 ±0,95	14,16 ±0,77	0,35

OD – Olho direito; OE – Olho esquerdo; p≤0,05.

TABELA 2. Valores médios da produção lacrimal do miniporco brasileiro, pelo teste lacrimal de Schirmer (TLS), pressão intraocular (PIO) e diâmetro corneal, considerando o sexo.

Variável	Macho	Fêmea	p
TLS(mm/min)	9,25 ±3,50	7,50 ±1,87	0,06
PIO (mmHg)	19,06 ±5,08	17,31 ±4,66	0,32
Diâmetro Corneal	14,21 ±0,44	14,04 ±1,02	0,59

p≤0,05.

5.2 Ceratometria

Não houve diferença significativa na ceratometria quanto à comparação entre lateralidade do olho (Tabela 3), porém as fêmeas apresentaram valores dióptricos maiores da curvatura corneal em relação aos machos (Tabela 4). A

média geral encontrada para ceratometria foi de 42,10±2,19 dioptrias (D) para d1; 44,29±1,94D para d2; 43,15±2,00D para d.

TABELA 3. Média dos valores da ceratometria do miniporco brasileiro dos olhos direito e esquerdo.

Variável (D)	OD	OE	p
K1	41,99 ±2,20	42,21 ±2,24	0,55
K2	44,21 ±1,87	44,37 ±2,07	0,63
K	43,07 ±1,97	43,24 ±2,08	0,49

K1 – Menor curvatura da córnea; K2 – Maior curvatura da córnea; K – Média de K1 e K2; D – Dioptrias; OD – Olho direito; OE – Olho esquerdo; p≤0,05.

TABELA 4. Média dos valores da ceratometria do miniporco brasileiro, considerando o sexo.

Variável (D)	Macho	Fêmea	p
K1	40,67 ±1,08	42,88 ±2,26	0,003
K2	43,19 ±1,27	44,89 ±2,01	0,012
K	41,90 ±0,93	43,84 ±2,10	0,005

K1 – Menor curvatura da córnea; K2 – Maior curvatura da córnea; K – Média de K1 e K2; D – Dioptrias; p≤0,05.

5.3 Ultrassonografia modo A

Nas variáveis biométricas ultrassonográficas modo A não foi observada diferença significativa referente à mensuração do bulbo ocular (comprimento axial, câmara anterior, espessura do cristalino e câmara vítrea), tanto quando comparado à lateralidade do olho (apresentado na Tabela 5) como entre macho e fêmea (Tabela 6). A média geral encontrada para o comprimento axial foi de 18,30±0,48mm; para câmara anterior o valor foi de 3,12±0,38mm; para espessura do cristalino de 5,88±0,34mm e para câmara vítrea 9,39±0,55mm.

TABELA 5. Média dos valores da ultrassonografia modo A do olho do miniporco brasileiro, dos olhos direito e esquerdo.

Variável (mm)	OD	OE	p
Comprimento Axial	18,28 ±0,51	18,33 ±0,46	0,57
Câmara Anterior	3,10 ±0,32	3,15 ±0,44	0,55
Cristalino	5,87 ±0,24	5,89 ±0,43	0,80
Câmara Vítrea	9,31 ±0,49	9,46 ±0,61	0,40

Mm - Milímetros; OD – Olho direito; OE – Olho esquerdo; p≤0,05.

TABELA 6. Média dos valores da ultrassonografia modo A do olho do miniporco brasileiro, considerando o sexo.

Variável (mm)	Macho	Fêmea	p
Comprimento Axial	18,46 ±0,35	18,22 ±0,53	0,15
Câmara Anterior	3,04 ±0,17	3,17 ±0,45	0,37
Cristalino	5,92 ±0,18	5,86 ±0,41	0,63
Câmara Vítrea	9,50 ±0,28	9,32 ±0,65	0,37

Mm - Milímetro; p≤0,05.

5.4 Poder Dióptrico da LIO

5.4.1 Fórmulas

Na comparação considerando as diferentes fórmulas utilizadas (Haigis, SRK/T, Hoffer Q, Holladay I e Holladay II), foi notado diferença significativa quanto ao resultado do poder dióptrico da LIO. Entretanto, quando comparado à lateralidade do olho (Tabela 7) como entre machos e fêmeas (Tabela 8), não houve diferença estatística. O poder da LIO geral médio e suas medidas descritivas obtidos pelas fórmulas estão apresentadas na Tabela 9.

TABELA 7. Média dos valores do poder dióptrico da LIO, dos olhos direito e esquerdo.

Poder dióptrico (D)	OD	OE	p
Haigis	46,88 ±3,50	46,33 ±0,46	0,41
SRK/T	39,71 ±2,54	39,45 ±0,44	0,60
Hoffer Q	43,25 ±3,26	42,93 ±0,43	0,63
Holladay I	41,24 ±2,81	40,93 ±0,61	0,58
Holladay II	41,70 ±2,81	41,41 ±1,76	0,58

D - Dioptrias; OD – Olho direito; OE – Olho esquerdo; p≤0,05.

TABELA 8. Média dos valores do poder dióptrico da LIO, considerando o sexo.

Poder Dióptrico (D)	Macho	Fêmea	p
Haigis	47,04 ±2,17	46,37 ±3,13	0,51
SRK/T	39,90 ±1,68	39,40 ±2,38	0,52
Hoffer Q	43,28 ±2,17	42,99 ±3,13	0,78
Holladay I	41,53 ±1,84	40,84 ±2,63	0,42
Holladay II	41,82 ±1,72	41,40 ±2,61	0,62

D - Dioptrias;
Diferença estatística considerada quando p≤0,05.

Tabela 9. Poder dióptrico médio e medidas descritivas em miniporcos brasileiros.

Fórmula	Média (D)	Desvio Padrão (D)	Valor Mínimo (D)	Valor Máximo (D)
Haigis	46,6	2,81	38,05	50,75
SRK/T	39,58	2,15	33,51	43,05
Hoffer Q	43,09	2,8	35,49	48,01
Holladay I	41,08	2,38	34,42	44,82
Holladay II	41,55	2,31	34,6	45,21

D – Dioptria; p≤0,001.

5.4.2 Comparação das Fórmulas para cálculo do poder dióptrico em relação ao padrão Holladay II

Tendo como base (padrão ouro) a fórmula Holladay II, as comparações com as fórmulas Haigis, SRK/T, Hoffer Q e Holladay II estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10. Modelos de resposta das fórmulas em relação ao padrão Holladay II

Modelo de Resposta	LI	LS	Conclusão
Haigis = 1,1218 Holladay II	1,1172	1,1265	Superestima 12,18%
SRK/T = 0,9524 Holladay II	0,9489	0,9559	Subestima 5,11%
Hoffer Q = 1,0375 Holladay II	1,0306	1,0444	Superestima 3,75%
Holladay I = 0,9888 Holladay II	0,9854	0,9922	Subestima 1,46%

LI – Limite Inferior; LS – Limite Superior; p<0,05.

6. DISCUSSÃO

O miniporco é um modelo interessante para experimento biomédico, sendo crescente a sua utilização nas últimas décadas, colocando-o em papel de destaque com relação a outros mamíferos em pesquisas médicas, como por exemplo, o cão e o macaco. Tal aspecto deve-se a fatores importantes a serem considerados como manejo, reprodutivos, similaridades com os humanos e éticos (SWINDLE, 2007), os quais foram constatados neste estudo.

Todos os porcos e miniporcos são classificados como *Sus scrofa domestica*, porém sua aparência, comportamento e tamanho diferem entre si. As raças de miniporcos foram obtidas, tanto de forma natural, como criadas intencionalmente para pesquisas, sendo as mais comuns citadas pela literatura a Yucatan miniatura e suas variedades micro: Hanford, Gottingen e Sinclair. Destaca-se que existem inúmeras outros cruzamentos amplamente utilizados, dependendo da região. Um desses exemplos é no Brasil, onde o miniporco foi criado considerando o cruzamento entre algumas dessas raças citadas (SWINDLE, 2007; KOHN, 2012).

Considerando o crescente uso em treinamentos médicos, os aspectos éticos envolvidos com a utilização especialmente de cães na experimentação animal, optou-se por realizar o estudo em miniporcos. Como características positivas pode-se ressaltar a fácil aquisição, manejo e alta taxa reprodutiva, que nos permitiu ter um número de animais adequado para o desenvolvimento do experimento.

Poucos trabalhos com mensurações oftalmológicas no miniporco foram encontrados na literatura consultada. Trbolova e Ghaffari (2012) realizaram estudo avaliando valores de referência de teste lacrimal de Schirmer para porcos (n=20); Nielsen e Lind (2005) estudaram, em 30 miniporcos Gottingen, o comprimento axial do bulbo ocular, ceratometria e o erro refrativo visual do animal. Ehall (2012) relatou como proceder o exame oftálmico e alterações oculares do miniporco. As variáveis estudadas neste estudo são importantes para trabalhos futuros que necessitem de valores de referência para avaliar a saúde ocular e possíveis interferências por técnicas e medicações utilizadas. Por esse motivo realizou-se os testes oftalmológicos em todos os animais, a

fim de reconhecer olhos sadios e estabelecer um padrão em exames como tonometria e TLS. Os valores médios da produção lacrimal pelo teste lacrimal de Schirmer foram de 8,62mm/min e 17,92mmHg de pressão intraocular. Os primeiros são inferiores aos descritos para suínos por Trbolova e Ghaffari, (2012) que relataram produção lacrimal de 15,6±3,7mm/min, no entanto este estudo foi realizado em porcos, bem como para outros animais domésticos excetuando os coelhos (OLLIVIER et al., 2007). Porém, para o miniporco especificamente, não foram encontrados valores de referência para o TLS. Quanto a PIO, na maioria dos animais, esta variou entre 15 e 25mmHg (OLLIVIER et al., 2007), o qual corrobora os achados no presente estudo (17,92mmHg).

O tratamento efetivo da catarata é o cirúrgico especialmente pela facoemulsificação, no qual remove-se o cristalino opacificado e substitui-se o mesmo por LIO comercial, possibilitando que a luz atravesse todas as estruturas oculares até alcançar a retina (KECOVÁ e NECAS, 2004). Dessa maneira, objetiva-se restabelecer a visão emetrope do paciente. Cada espécie animal possui diferenças anatômicas oculares e evolutivas que determinam esse poder refrativo (GILGER et al., 2004); o conhecimento desse poder refrativo nos miniporcos brasileiros ainda não foi estabelecido, sendo importante para a seleção da LIO a ser implantada após um procedimento de facoemulsificação e realizar testes futuros com tipos, formatos e tratamento superficial da LIO, visando redução da opacidade de cápsula posterior.

Para obtenção das variáveis importantes para o cálculo do valor dióptrico, foi utilizado o auto-ceratômetro para mensurar a curvatura da córnea e ultrassonografia modo A, método de contato, para o comprimento axial do bulbo ocular. A realização destes exames nos miniporcos foi factível, porém devido agitação e conformação anatômica dos mesmos não foi possível realizar a ultrassonografia modo A pelo método de imersão, o qual apresenta alguma vantagem em relação ao método de contato (HOLLADAY, 1997).

Foi ainda optado pela ultrassonografia modo A por apresentar os melhores resultados, de forma geral, quanto à biometria ocular na comparação com a ultrassonografia modo B (GONZALEZ et al., 2001; DIETRICH, 2007). Outro método ainda mais preciso, porém ainda não acessível, principalmente

para a área da Medicina Veterinária, é o biômetro óptico de não contato, que utiliza um feixe de luz para obter as medidas biométricas no cálculo da LIO (MONTEIRO e ALLERMANN, 2001).

Oliveira et al. (2004) realizaram um trabalho comparando a precisão de dois biômetros ultrasônicos convencionais e um biômetro óptico para o cálculo da LIO em pacientes humanos. Apesar das vantagens e da tecnologia do biômetro óptico em relação ao ultrassônico, não observaram diferença estatística entre os resultados dos aparelhos, demonstrando assim uma equivalência no método optado nesse trabalho.

Os olhos do miniporco seriam classificados entre curtos a extremamente curtos comparados à classificação da oftalmologia humana. Segundo Narvaéz et al. (2006), os olhos são classificados considerando o seu comprimento axial, sendo olhos extremamente curto abaixo de 18,00 milímetros (mm); curto entre 18,00mm e 22,00mm.

Em comparação a outras espécies, encontrou-se comprimento axial de 24,00±0,86mm para corujas (SQUARZONI et al., 2010), 22,10±1,71mm para capivaras (FERREIRA et al., 2008), 17,12±0,41mm em coelhos (TONI et al., 2010), 39,23±1,26mm em cavalos (McMULLEN e GILGER, 2006), 20,91±0,53mm em felinos (GILGER et al., 1998) e 20,43±1,48mm em cães (GAIDDON et al., 1991).

As fórmulas SRK/T, Hoffer Q e Holladay foram incluídas nesse trabalho, pois ainda são amplamente utilizadas e estudadas (ARISTODEMOU et al., 2011; EOM et al., 2013a; CARIFI et al., 2015). Estas necessitam do comprimento axial do olho e o poder corneal para obter a previsibilidade da LIO. Outras desenvolvidas posteriormente, como por exemplo, Holladay II e Haigis, utilizam variáveis adicionais, como diâmetro corneal limbo-a-limbo, comprimento de câmara anterior e do cristalino. A principal diferença entre essas fórmulas e as de terceira geração é que as últimas pré determinam a posição efetiva da LIO, e consideram que todos os olhos apresentam uma proporção linear entre comprimento axial e comprimento de câmara anterior. Porém, já se sabe que em olhos curtos e extremamente curtos essa proporção nem sempre é obedecida, o que aumenta a chance de erro refrativo final no

cálculo (DAY et al., 2012; EOM et al., 2013b). As fórmulas mais recentes minimizam essa chance de erro por incluírem essas mensurações no seu cálculo. Nos miniporcos, a média encontrada de comprimento axial foi 18,30±0,48mm, classificando-o assim na oftalmologia médica, como um olho extremamente curto (DAY et al., 2012).

NIELSEN e LIND (2005) relataram, em miniporcos da raça Gottingen, comprimento axial ocular de 19mm e poder corneal de 44,1D; valores semelhantes aos obtidos neste estudo, ou seja, comprimento axial de 18,3mm e poder corneal de 42,1D.

Ao testar as diferentes fórmulas, foram observadas diferenças significativas entre as mesmas, reforçando que a aplicação prática deva ser realizada seguida de avaliação de erro refrativo; entretanto, diante do maior número de variáveis direta, acredita-se que a Holladay II seria um ponto de partida interessante, talvez reduzindo etapas do processo. Segundo Narvaéz et al. (2006), os quais testaram as fórmulas Hoffer Q, Holladay I, Holladay II e SRK/T quanto à sua previsibilidade do poder dióptrico da LIO, para olhos curtos até extremamente longos em humanos, não observaram diferença significativa no cálculo das fórmulas, porém vale lembrar que no estudo em questão não foram incluidos olhos extremamente curtos. Holladay et al. (1996) e CARIFI et al. (2015), em estudos com olhos extremamente curtos, compararam as fórmulas de terceira geração (SRK/T, Holladay I e Hoffer Q) com fórmulas ainda mais antigas (SRK/1 e SRK/2), e relataram que as fórmulas de terceira geração apresentaram resultados melhores que as mais antigas porém, ainda não apresentavam-se como ideais para esse tipo de olho.

Eom et al. (2013a) afirmaram que, em olhos curtos, não ocorre diferença significativa entre as fórmulas Hoffer Q e Haigis. Porém, à medida que o comprimento da câmara anterior fica menor que 2,40mm, começa a ocorrer diferença no resultado final entre as fórmulas. No caso dos miniporcos, nenhum valor de câmara anterior foi inferior a 2,40mm, e diferentemente foi notada diferença significativa entre as duas fórmulas citadas.

A fórmula Holladay II foi selecionada neste estudo, como padrão ouro, por ser a que necessita de mais variáveis para sua execução, como já relatado

anteriormente, e poderia assim minimizar possíveis erros relacionados às proporções do olho, supondo-se que os olhos curto a extremamente curto do miniporco possivelmente não mantenham tal relação. Frente a essa escolha, notou-se menores variações quando comparada as fórmulas Holladay I, Hoffer Q e até mesmo SRK/T, sugerindo que especialmente a primeira seria uma opção para o cálculo, devido ao menor número de variáveis necessárias. A fórmula Haigis foi a que mais superestimou os valores de poder dióptrico da LIO (12,18%).

A utilização de miniporcos machos e fêmeas e também a avaliação realizada nos dois olhos, permitiram o estudo de possíveis variabilidades dos resultados quanto ao sexo e lateralidade, o que não foi encontrado; corroborando os achados de Gaiddon et al. (1991), Ferreira et al. (2008), Squarzoni et al. (2010) e Toni et al. (2010).

É importante destacar ainda, tendo em vista o seu papel fundamental no cálculo do poder da LIO, a precisão da biometria para diminuir erros de cálculo do poder dióptrico da LIO (KANSKI e BOWLING, 2011); a adequação a métodos de imersão e biometria óptica que possam ser adaptados mais facilmente aos suínos e animais domésticos são objetivos futuros nessa linha de estudo. Dessa maneira será necessário um método preciso e adequado, minimizando erros refrativos pós-cirúrgicos.

Outra limitação deste estudo foi a ausência de implante da LIO nos miniporcos e determinação efetiva da LIO mais adequada a ser utilizada, bem como a melhor fórmula a ser aplicada. Novas pesquisas devem ser estimuladas, visando o implante de LIOs e avaliação do poder refrativo efetivo no pós-cirúrgico. Dessa maneira será possível comprovar a melhor fórmula a ser utilizada para o calculo da LIO no miniporco brasileiro.

7. CONCLUSÃO

Considerando a metologia proposta, conclui-se que:

Na comparação entre o sexo e lateralidade do olho, não há diferença nas variáveis biométricas, clínicas oftalmológicas estudadas e poder da LIO.

O bulbo do olho do miniporco, segundo ultrassonografia modo A e critérios estabelecidos na oftalmologia médica, é classificado como olho curto a extremamente curto.

A aplicação das fórmulas empregadas (Haigis, Holladay II, Holladay I, SRK/T e Hoffer Q) possibilita o cálculo do poder da LIO do miniporco, o qual apresenta-se entre 39,58 e 46,60 dioptrias.

Utilizando-se a Holladay II como fórmula ouro, menores variações no cálculo do poder dióptrico são encontradas entre as fórmulas Holladay I, Hoffer Q e SRK/T, entretanto, a Haigis superestimou os seus valores (12,18%).

Os miniporcos brasileiros são um bom modelo de pesquisa para experimento biomédico quando avaliados sob aspectos como manejo, custos e similaridades com os animais domésticos ao exame oftalmológico.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARISTODEMOU, P.; CARTWRIGHT, N.E.K.; SPARROW, J.M.; JOHNSTON, R.L. Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1 or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. *Journal Cataract Refractive Surgery*, v.37, p.63-71, 2011.

AWASTHI, N.; GUO, S.; WAGNER, B.J. Posterior capsular opacification a problem reduced but not yet eradicated. *Archives of Ophthalmology*, v.127, cap.4, p.555-562, 2009.

BALL, R.S. Husbandry and Management. In: McANULTY, P.A.; DAYAN, A.D.; GANDERUP, N.C.; HASTINGS, K.L. *The Minipig in Biomedical Research*. Florida: CRC Press, 2012. p.17-36.

BARNETT, K. *Diagnostic Atlas of Veterinary Ophthalmology*. Tottenham: Elsevier, 2006, 216p.

BODE, G.; CLAUSING, P.; GERVAIS, F.; LOEGSTED, J.; LUFT, J.; NOGUES, V.; SIMS, J. The utility of the minipig as an animal model in regulatory toxicology. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods*, v.62, n.3, p.196-220, 2010.

BOZUKOVA, D.; PAGNOULLE, C.; PAUW-GILLET, M.C.; DESBIEF, S.; LAZZARONI, R.; RUTH N.; JEROME, R.; JEROME C. Improved Performances of Intraocular Lenses by Polyethylene glycol Chemical Coatings. *Biomacromolecules,* v.8, p.2379-2387, 2007.

BRAS, I.D.; COLITZ, C.M.; SAVILLE, W.J.; GEMENSKY-METZLER, A.J.; WILKIE, D.A. Posterior capsular opacification in diabetic and nondiabetic canine patients following cataract surgery. *Veterinary Ophthalmology*, v.9, n.5, p.317-327, 2006.

BUSTAD, L.K.; McCLELLAN, R.O. Swine in biomedical research. *Battelle Memorial Institute, Pacific Northwest Laboratory,* Richland WA, 1966.

BUSTAD, L.K.; McCLELLAN, R.O. Miniature swine: development, management and utilization. *Lab Animal Care*, v.18, n.28, 1968.

CARIFI, G.; AIELLO, F.; ZYGOURA, V.; KOPSACHILIS, N.; MAURINO, V. Accuracy of the Refractive Prediction Determined by Multiple Currently Available Intraocular Lens Power Calculation Formulas in Small Eyes. *American Journal of Ophthalmology*. v.159, n.3, p.577-583, 2015.

COOK, C.S. Ocular Embriology and Congenital Malformations. In: GELATT, K.N. *Veterinary Ophthalmology*. 4 edição. ed. Iwoa: Blackwell, v.1, 2007. Cap.1, p.3-36.

CROIX, N.L. Cataracts: When to Refer. *Veterinary Ophthalmology*, v.12, n.6, p.46-50, 2008.

COOMBES, A.; SEWARD, H. Posterior capsular opacification prevention: IOL design and material. *British Journal of Ophthalmology*. v.83, p.640-641, 1999.

CROIX, N. L. Cataracts: When to Refer. *Veterinary Ophthalmology*, v.12, n.6, p.46-50, 2008.

DAVIDSON, M.G.; NELMS, S.R. Diseases of the canine Lens and Cataract Formation. In: GELATT, K.N. *Veterinary Ophthalmology*. 4 edição. ed. Iwoa: Blackwell, v. 2, 2007. Cap.18, p.859-887.

DAY, A.C.; FOSTER, P.J.; STEVENS, J.D. Accuracy of intraocular lens power calculations in eyes with axial length <22.00 mm. *Clinical and Experimental Ophthalmology*. v.40, p.855-862, 2012.

DETTMERS, A.; REMPEL, W.E. Minnesota's miniature pigs. *Lab Animal Care*, v.18, n.104, 1968.

DIETRICH, U.M. Ophthalmic Examination and Diagnostics. In: GELATT, K.N. *Veterinary Ophthalmology*. Florida: Blackwell Publishing, 2007. p.507-519.

DRAPER, N. R. e SMITH, H. *Applied Regression Analysis* 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.

EHALL, H. Ocular Examination and Background Observations. In: McANULTY, P.A.; DAYAN, A.D.; GANDERUP, N.C.; HASTINGS, K.L. *The Minipig in Biomedical Research*. Florida: CRC Press, 2012. p.293-304.

EOM, Y.; KANG, S-Y.; SONG, J.S.; KIM, Y.Y.; KIM, H.M. Comparison of Hoffer Q and Haigis Formulae for Intraocular Lens Power Calculation according to the Anterior Chamber Depth in Short Eyes. *American Journal of Ophthalmology,* v.57, n.4, p.818-824, 2013. (a)

EOM, Y.; KANG, S-Y.; SONG, J.S.; KIM, Y.Y.; KIM, H.M. Use of Corneal Power-Specific Constants to Improve the Accuracy of the SRK/T Formula. *American Journal of Ophthalmology,* v.120, n.3, p.477-481, 2013. (b)

FERREIRA, F.M.; TRUPPEL, J.; TRAMONTIN, M.H.; VILANI, R.G.D.; LANGE, R.R. The Capybara Eye: Clincial Tests, Anatomic and Biometric Features. *Veterinary Ophthalmology*, v.11, n.6, p.386-384, 2008.

FERREIRA, F.M.; LAUS, J.L.; JUPPA, C.J.J. Catarata em Pequenos Animais: Classificação e Tratamento. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.34, n.I, p.16-20, 1997.

GAIDDON,J.; ROSOLEN, S.G.; COOK, C.S.; PEIFFER JUNIOR, R. Use of Biometry and Keratometry for Determining Optimal Power for Intraocular Lens Implant in Dogs. *American Journal of Veterinary Research*, v.52, n.5, p.781-783, 1991.

GILGER, B.C. Cristalino. In: SLATTER, D. *Manual de Cirurgia de Pequenos Animais*. 3 edição. ed. Barueri: Manole, v. 2, 2003. Cap. 93, p. 1402-1417.

GILGER, B.C.; DAVIDSON, M.G.; HOWARD, P.B.; Keratometry, Ultrasonic Biometry, and Prediction of Intraocular Lens Power in the Feline Eye. *American Journal of Veterinary Research*, v.59, n.2, p.131-134, 1998.

GILGER, B. C.; WHITLEY, R.D.; McLAUGHLIN, S.A.; WRIGHT, J.C.; BOOSINGER, T.R. Clinicopathologic Findings after Experimental Implantation of Syntetic Intraocular Lenses in Dogs. *American Journal of Veterinary Research*, v.4, p.616-621, 2004.

GLOVER, T.D.; CONSTANTINESCU, G.M. Surgery for cataract. *Veterinary Clinic North America Small Animal Practice*, v.27, n.5, p.1143-1173, 1997.

GONZALEZ, E. M.; RODRIGUEZ, A.; GARCIA, I. Review of Ocular Ultrasonography. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, v.42, n.6, p.485-495, 2001

GORIG, C.; VARGHESE, T.; STILES, T.; VAN DER BROEK, J.; ZAGZEBSKI, J.A.; MURPHY, C.J.; Evaluation of acoustic wave propagation velocities in the ocular lens and vitreous tissues of pigs, dogs and rabbits. *American Journal of Veterinary Research*, v.67, n.2, p.288-294, 2006.

GRAF, C.; SEDLACEK, M.; DAICKER, B.; GLOOR, B.; MESZAROS, J. Anterior Bulbus Perforation and Vitrectomy in the minipig. *Graefe's Archive Clinical Experimental Ophthalmology*, v.218, n.2, p.141-144, 1982.

GUM, G.G.; GELATT, K.N.; ESSON, D.W. Physiology of the Eye. In: GELATT, K.N. *Veterinary Ophthalmology*. 4 edição. ed. Iwoa: Blackwell, v. 1, 2007. Cap. 3, p. 149-182.

HARRINGTON, J.T.; McMULLEN, R.J.; CLODE, A.B.; GILGER, B.C. Phacoemulsification and +14 Diopter Intraocular Lens Placement in a Saddlebred Foal. *Veterinary Ophthalmology*, v.16, n.2, p.140-148, 2013.

HOLLADAY, J.T. Standardizing Constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations. *Journal of Cataract Refract Surgery*, v.23, p.1356-1370, 1997.

HOLLADAY, J.T.; GILLS, J.P.; LEIDLEIN, J.; CHERCHIO, M. Achieving Emmetropia in Extremely Short Eyes with Two Piggyback Posterior Chamber Intraocular Lenses. *Ophthalmology*, v.103, n.7, p.1118-1123, 1996.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998. 816p.

KANSKI, J.J.; BOWLING, B. *Clinical Ophthalmology: A systematic approach*. 7th ed. Elsevier, 2011. 920p.

KARA-JOSÉ, N. J.; AVAKIAN, A.; LOWER, L.M.T.; ROCHA, A.M.; CURSINO, M.; ALVES, M.R. Facoemulsificação versus extração extracapsular manual do cristalino: análise de custos. *Arquivo Brasileiro de Oftalmologia*, v.9, p.481-489, 2004.

KECOVÁ, H.; NECAS, A. Phacoemulsification and Intraocular Lens Implantation: Recent Trends ins Cataract Surgery. *Acta Veterinaria Brno*, v.73, p.85-92, 2004.

KIM, M.K.; PARK, I.S.; PARK, H.D.; WEE, W.R.; LEE, J.H.; PARK, K.D.; KIM, S.H.; KIM, Y.H. Effect of poly (ethylene glycol) graft polymerization of polymethylmethacrylate on cell adhesion: In vitro and in vivo study. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. v.27, p.766-774, 2001.

KLEINER, J. A. Intraocular 41d hydrophilic acrylic lens implantation after phacoemulsification in dogs. *Acta Scientiae Veterinariae*, v.35, n.2, p.623-625, 2007.

KOHN, F. History and development of miniature, micro and minipigs. In: McANULTY, P.A.; DAYAN, A.D.; GANDERUP, N.C.; HASTINGS, K.L. *The Minipig in Biomedical Research*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2012. p.3-16.

LACAVA, A. C.; CABALLERO, J. C.; CENTURION, V. A previsibilidade da biométrica nas lentes intra-oculares multifocais. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, v.66, n.4, p.248-252, 2007.

LACAVA, A. C.; CARRARI, M. J.; CENTURION, V. A biometria em olhos com comprimento axial médio: Estudo comparativo de três fórmulas e a previsibilidade refracional. *Revista Brasileira de Oftalmologia*, v.65, n.3, p.157-161, 2006.

LEE H.I., KIM M.K., KO J.H., LEE H.J., WEE W.R., LEE J.H., PARK K.D. The Efficacy of an Acrylic Intraocular Lens Surface Modified with Polyethylene Glycol in Posterior Capsular Opacification. *Journal of Korean Medical Science*. v.22, p.502-507, 2007.

LIU, Y.C.; WONG, T.T.; MEHTA, J.S. Intraocular lens as a drug delivery reservoir. *Current Opinion on Ophthalmology*, v.24, n.1, p.54-59, 2013.

LOGET, O.; SAINT-MACARY, G. Comparative Study of Ophthalmological Observations in the Yucatan micropig and in the Gottingen minipig. *Scandinavian Journal of Laboratory Animal Science*, v.25, n.1, p.173-179, 1998.

MARIANO, M. Minisuíno na pesquisa biomédica experimental. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v.18, n.5, p.387-391, 2003.

McINTOSH, G.H.; POINTON, H. The Kangaroo Island strain of pig in biomedical research. *Australian Veterinary J*ournal, v.57, n.182, 1981.

McMULLEN, R.J.; GILGER, B.C. Keratometry, biometry and prediction of intraocular lens power in the equine eye. *Veterinary Ophthalmology*, v.9, n.5, p.357-360, 2006.

MONTEIRO, E. L.; ALLEMANN, N. Biometria Óptica. *Arquivo Brasileiro de Oftalmologia*, v.64, p.367-370, 2001.

MOUNT, L.E.; INGRAM, D.L. The Pig as animal. *Academic Press*, New York NY, 1971.

NARVÁEZ, J.; ZIMMERMAN, G.; STULTING, R.D.; CHANG, D.H. Accuracy of intraocular lens power prediction using the Hoffer Q, Holladay 1, Holladay 2, and SRK/T formulas. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, v.32, p.2050-2053, 2006.

NIELSEN, L.S.; LIND, N.M. Measurements of Three Ocular Parameters in the Gottingen Minipig. *Scand Journal Laboratory Animal Science*, v.32, n.1, p.9-16, 2005.

NIKEGHBALI, A. Effect of two capsulotomy methods on posterior capsule opacification after cataract surgery. *Archives of Iranian Medicine*. v.5, p.11-15, 2002.

NISHI, O.; NISHI, K.; Preventing posterior capsule opacification by creating a discontinuous sharp bend in the capsule. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. v.25, p.521-526, 1999.

NISHI, O.; NISHI, K.; WICKSTROM, K. Preventing lens epithelial cell migration using intraocular lenses with sharp rectangular edges. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. v.26, p.1543–1549, 2000.

OFRI, R. Optics and physiology of vision. In: GELATT, K.N. *Veterinary Ophthalmology.* Florida: Blackwell Publishing, 2007. p.183-219.

OLLIVIER, F. J.; PLUMMER, C. E.; BARRIE, K. P. The Eye Examination and Diagnostic Procedures. In: GELATT, K. N. *Veterinary Ophthalmology*. 4 edição. Iwoa: Blackwell, 2007. cap.9, p. 438-483.

PENG, Q.; APPLE, D.J.; VISESSOOK, N.; WERNER L.; PANDEY S.K.; ESCOBAR-GOMEZ M. Surgical prevention of posterior capsule opacification. Part II. Enhancement of cortical clean up by focusing on hydrodissection. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, v.26, p.188-197, 2000.

POND, W.G. and HOUPT, K.A. The biology of the pig. *Cornell University Press*, Ithaca, NY, 1978.

RAJ, S.M.; VASAVADA, A.R.; JOHAR, K.D.; VASAVADA, V.A.; VASAVADA, V.A. Post-Operative Capsular Opacification. *Nepalese Journal of Ophthalmology*, v.1, n.1, p.43-59, 2009.

SAMUELSON, D.A. Ophthalmic Anatomy. In: GELLAT, K. N. *Veterinary Ophthalmology*. 4 edição. ed. Iwoa: Blackwell Publishing, v. I, 2007. cap.2, p.37-148.

SCHANAIDER, A; SILVA, P. C. Uso de animais em cirurgia experimental. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v.19, n.4, p.441-447, 2004.

SCHNAIDER, T. B.; SOUZA, C. Aspectos Éticos da Experimentação Animal. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, v.53, n.2, p.278-285, 2003.

SLATTER, D. *Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* 3.ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 2005. 630p.

SQUARZONI, R.; PERLMANN, E.; ANTUNES, A.; MILANELO, L.; BARROS, P.S.M. Ultrasonographic aspects and biometry of Striped owl's eyes (*Rhinoptynx clamator*). *Veterinary Ophthalmology*, v.13, n.1, p.86-90, 2010.

SWINDLE, M.M. *Swine in the Laboratory* 2.ed. Boca Raton,FL: CRC Press, 2007. 471p.

TONI, M.C.; MEIRELLES, A.E.W.B.; GAVA, F.N.; CAMACHO, A.A.; LAUS, J.L.; CANOLA, J.C. Rabbits' eye globe sonographic biometry. *Veterinary Ophthalmology*, v.13, n.6, p.384-386, 2010.

TRBOLOVA, A; GHAFFARI, M.S. Reference values for Schirmer tear tests I and II in clinically normal pigs. *Veterinary Ophthalmology*, v.15, n.3, p.180-182, 2012.

WALDE, I.; SCHAFFER, E.H.; KOSTLIN, R.G. Considerações anatômicas e fisiológicas. In: WALDE, I.; SCHAFFER, E.H.; KOSTLIN, R.G. Atlas de clínica oftalmológica do cão e do gato. 2 edição. Ed. São Paulo: Manole, 1998. Cap. 1, p.3-16.

WEAVER, M.E. and McKEAN, C.F. Miniature swine as laboratory animals. *Laboratory Animal Care*, v.15, n.49, 1965.

WERNER, L.; LEGEAIS, J.; NAGEL, M.; RENARD, G. Evaluation of Teflon-coated intraocular lenses in an organ culture method. *Journal of Biomedical Materials Research*. v.46, n.3, p.347-354, 1999.

WILLIANS, D. L. Laboratory Animal Ophthalmology. In: GELLAT, K. N. *Veterinary Ophthalmology*. 4 edição. ed. Iwoa: Blackwell Publishing, v. II, 2007. cap.27, p.1336-1369.

WORMSTONE, I.M. Posterior capsule opacification: a cell biological perspective. *Experimental Eye Research*, v.74, p. 337-347, 2002.

YUAN, Z.; SUN, H.; YUAN, J. A 1-year study on carbon, titanium surface-modified intraocular lens in rabbit eyes. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. v.242, p.1008-1013, 2004.

YUEN, C.; WILLIAMS, R.; BATTERBURY, M.; GRIERSON, I. Modification of the surface properties of a lens material to influence posterior capsular opacification. *Clinical and Experimental Ophthalmology*. v.34, p.568–574, 2006.

ZAR, J.H. *Biostatistical Analysis* 4.ed. New Jersey: Prentice Hall. 1999, 929p.

9. TRABALHO CIENTÍFICO

Trabalho enviado para a revista:
Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia

Mensurações do bulbo ocular e cálculo do poder dióptrico da lente intraocular em miniporcos brasileiros

[Ocular bulb measurements and diopter power calculation of the lens in brazilians minipigs]

R. *Barros*[1*]; A.C. L. *Rodrigues*[1]; Ú. C. *Guberman*[1]; M.G. *Gandolfi*[1]; N. B. *Merlini*[1]; *Teixeira, C.R*[1]*, Padovani, C.R.* [1]*, Brancalion, B.B.;* J. J. T. *Ranzani*[1]; C. V. S. *Brandão*[1]

[1] Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus Botucatu.
* Autor para correspondência. Email: valeriasb@fmvz.unesp.br

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho determinar o poder dióptrico da lente intraocular (LIO) de miniporco brasileiro e as dimensões do bulbo do olho. Foram utilizados 17 miniporcos sadios, adultos, machos e fêmeas com peso médio de 70 Kg. Em todos os olhos foram realizadas a ultrassonografia modo A, ceratometria e a medida da distância limbo a limbo. O cálculo do poder dióptrico da LIO foi obtido utilizando-se as fórmulas Haigis, Hoffer Q, SRK/T, Holladay I e Holladay II e o software Holladay IOL Consultant®. Na comparação entre o sexo e lateralidade do olho, não houve diferença nas variáveis biométricas e poder da LIO. A aplicação das fórmulas (Haigis, Holladay II, Holladay I, SRK/T e Hoffer Q) possibilitaram o cálculo do poder da LIO. A Holladay II, fórmula que melhor individualiza o bulbo do olho, estima valor dióptrico ao redor de 41 D para o miniporco brasileiro. Os miniporcos brasileiros têm potencial como modelo experimental em oftalmologia, relacionados ao seu menor porte e facilidade no manejo, especialmente em experimentos de longa duração.

Palavras-chave: biometria, catarata, ceratometria, LIO, miniporco

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the refractive power of intraocular lens (IOL) of Brazilian minipigs and the dimensions of the eyeball. Total of 17 animals (34 eyes) healthy, adults, males and females, with average weight of 70kg were used. For every eye, A-mode ultrasound, keratometry and the measure of limbo-to-limbo distance were conducted; all of them variables for calculating the refractive power of the IOL. That value was obtained using different formulas and Holladay IOL Consultant® Software. Were additionally compared the ocular measurements for sex, laterality of the eye and the different formulas used in this study (Haigis, Hoffer Q, SRK / T, Holladay I and Holladay II). In the comparison between sex and laterality of the eye, there was no difference in biometric variables and power of the IOL. The application of the employed formulas (Haigis, Holladay II, Holladay I, SRK / T and Hoffer Q) allowed the IOL power calculation for this specie, and the observed value ranged between 39,58±2,15 and 46,60±2,81 diopters. Minipigs play an important and growing role as an experimental model for study and practice of ophthalmic procedures, specially related to their smaller size and easily management in long term experiments.
Keywords: biometry, cataract, IOL, keratometry, minipig

INTRODUÇÃO

Os suínos são espécie de destaque em estudos biomédicos, porém o emprego de animais de produção para pesquisa é limitado, em virtude do porte e propensão ao ganho de peso, sendo cada vez mais proposto o uso do miniporco. Este possui, como vantagens, menor tamanho, consequente facilidade no manuseio, redução no dispêndio com alimentação, criação, e, adicionalmente, possibilita estudos de longa duração (Kohn, 2012).

Suas características biológicas gerais são similares as do porco, o qual é considerado modelo experimental consagrado, porém o grande diferencial do miniporco é o peso final na fase adulta, o qual se mantém entre 70 e 90 Kg (Swindle, 2007).

A catarata é uma afecção frequente na oftalmologia, sendo definida como opacidade da lente ou cápsula lenticular, decorrente de alterações da arquitetura lamelar

(Davidson e Nelms, 2007). O seu tratamento é eminentemente cirúrgico e implica na remoção da lente opacificada (facectomia).

No entanto, o olho torna-se afácico e altamente hipermetrope após a facectomia (Gaiddon *et al*., 1991; Liu *et al.,* 2013). A correção desta afacia é feita utilizando-se o implante de lentes intraoculares (LIO) sintéticas, cujo emprego é consagrado na medicina (Day *et al*., 2012; Eom *et al*., 2013a).

Na oftalmologia veterinária, há crescente preocupação em promover uma visão mais próxima possível à emetropia, objetivando melhora na qualidade de vida dos animais (Monteiro e Allemann, 2001; Harrington *et al.*, 2013). O cálculo do poder dióptrico da LIO nas diferentes espécies, ainda é assunto pouco explorado, portanto, carente de informações estabelecidas (McMullen e Gilger, 2006).

Para a obtenção de resultado refrativo desejado, a biometria ocular é essencial, sendo a ultrassonografica modo A um método frequentemente utilizado (Kanski e Bowling, 2011). Várias fórmulas denominadas de terceira geração (Hoffer Q, Holladay I e SRK/T) foram desenvolvidas, levando em consideração a curvatura corneal e o comprimento axial do olho. Outras fórmulas mais recentes (Haigis e Holladay II) adicionaram a profundidade da câmara anterior, diâmetro limbo-a-limbo e espessura da lente, objetivando aperfeiçoar a exatidão da previsibilidade (Aristodemou *et al*., 2011).

A catarata secundária, ou opacidade de cápsula posterior (OCP), é uma complicação tardia da cirurgia de catarata e ocorre nos homens e animais. Dentre as manobras que visam minimizar seus efeitos prejudiciais na visão, destacam-se a implantação da LIO e sua concepção quanto a desenhos e formatos diferentes (Yuen *et al.*, 2006). Estudos desta natureza implicam em experimentos de longo acompanhamento pós-operatório (Liu *et al.*, 2013).

Considerando a ausência de trabalhos na literatura consultada apresentando valores de referência do bulbo do olho em miniporcos brasileiros, este trabalho teve por objetivo avaliar a biometria do bulbo ocular e o poder dióptrico da LIO nessa espécie. Adicionalmente, comparar se há diferença nestes variáveis considerando a lateralidade do olho e sexo dos animais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram aprovados pela Câmara de Ética em Experimentação Animal da FMVZ– UNESP – Botucatu (Processo nº 91/2013) e

seguiram as normas da "Association for Research in Vision and Ophthalmology" (ARVO).

Foram utilizados 17 miniporcos brasileiros (*Sus scrofa domestica*), machos (n=6) e fêmeas (n=11), adultos, com idade entre seis meses e um ano, e peso médio de 70 Kg.

Foram selecionados animais clinicamente saudáveis, após terem sido submetidos ao exame clínico e oftalmológico, com auxílio de biomicroscopia em lâmpada de fenda (SL-15, Kowa®, Japão), oftalmoscopia binocular indireta (Lente OI-20 D, Ocular Instruments inc, USA), tonômetro de aplanação (Reichert®, USA) e teste lacrimal de Schirmer.

Todos os olhos (n=34) foram avaliados, constituindo-se um único grupo experimental, e submetidos aos exames necessários para o cálculo do poder dióptrico da lente intraocular: diâmetro horizontal corneal, distância limbo-a-limbo do olho (Compasso cirúrgico Castroviejo, PrevTech®, Brasil); ceratometria (realizadas três aferições consecutivas em cada olho, e medidos K1: valor do menor meridiano da córnea; K2: valor do maior meridiano da córnea; K: média de K1 e K2.) (SP-100, Tomey®, Japão); Ultrassonografia modo A (comprimento axial do bulbo ocular, câmara anterior, espessura da lente e câmara vítrea) (AL-100, Tomey®, Japão).

Para obtenção do poder dióptrico da lente foi utilizado software Holladay IOL Consultant (HicSoap®, USA) para as fórmulas Holladay II, Holladay I, Hoffer Q e SRK/T; a fórmula Haigis foi calculada utilizando-se o software do aparelho de ultrassonografia modo A.

Para análise comparativa das variáveis biométricas, considerando a lateralidade do olho e diferença entre o sexo, foi utilizado o Teste t de Student para amostras dependentes e independentes, respectivamente (Zar, 1999).

Na comparação do poder dióptrico da lente, calculado por diferentes fórmulas, foi utilizada a técnica da análise de variância multivariada para o modelo de medidas repetidas, complementada com o teste de comparações múltiplas de Bonferroni (Johnson e Wichern, 1998).

A análise dos valores do poder dióptrico, considerando a fórmula Holladay II como padrão ouro, foi realizada utilizando-se o modelo de regressão linear (Draper e Smith, 1998). O nível de significância considerado foi de 5% para todos os testes (Zar, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o crescente uso dos porcos em treinamentos médicos, os aspectos éticos envolvidos com a utilização especialmente de cães na experimentação animal, optou-se por realizar o estudo em miniporcos. Trata-se de um modelo interessante para experimento biomédico, colocando-o em destaque com relação aos outros mamíferos, devido aos fatores importantes a serem considerados, como manejo, reprodutivos e éticos (Swindle, 2007), os quais foram constatados neste estudo.

Como características positivas, pode-se ressaltar o fácil manejo e alta taxa reprodutiva, que permitiu ter o número de animais adequado para o desenvolvimento do experimento e análise estatística.

Poucos trabalhos com mensurações oftalmológicas no miniporco foram encontrados na literatura consultada. Neste estudo, não houve diferença significativa para o teste lacrimal de Schirmer (TLS), mensuração da pressão intraocular (PIO), diâmetro corneal e nas variáveis biométricas ultrassonográficas modo A, na comparação entre lateralidade do olho e entre machos e fêmeas.

A média geral obtida foi de 8,12±2,65 mm/min no teste lacrimal de Schirmer, 17,92±4,81 mmHg na PIO e 14,10±0,85 mm no diâmetro corneal. Os primeiros são inferiores aos descritos em porcos, cuja produção lacrimal foi de 15,6±3,7 mm/min (Trbolova e Ghaffari, 2012), bem como para outros animais domésticos excetuando os coelhos (Ollivier *et al.*, 2007).

Ressalta-se que, para o miniporco especificamente, não foram encontrados valores de referência para o TLS. Quanto a PIO, na maioria dos animais, esta varia entre 15 e 25 mmHg (Ollivier *et al.*, 2007), o qual corrobora os achados do presente estudo (17,92mmHg).

A média geral encontrada para biometria ocular foi comprimento axial de 18,30±0,48 mm; câmara anterior de 3,12±0,38 mm; espessura da lente de 5,88±0,34 mm e câmara vítrea 9,39±0,55 mm. A distância limbo-a-limbo horizontal observada foi de 14,10±0,85 mm. Nielsen e Lind (2005) relataram uma média de 19 mm para comprimento axial e poder corneal de 44,10±1,50 D em 30 miniporcos Gottingen, similar ao observado.

Em comparação às outras espécies domésticas, encontrou-se comprimento axial de 39,23±1,26 mm em cavalos (McMullen e Gilger, 2006) e 20,91±0,53 mm em felinos (Gilger *et al.*, 1998) e 20,43±1,48 mm em cães (Gaiddon *et al.*, 1991).

Quanto à ceratometria, não houve diferença significativa na lateralidade do olho, porém as fêmeas (43,84±2,10 dioptrias) apresentaram valores dióptricos maiores da curvatura corneal em relação aos machos (41,90±0,93 dioptrias). A média geral da ceratometria foi de 42,10±2,19 dioptrias (D) para K1; 44,29±1,94 D para K2; 43,15±2,00 D para K.

A realização dos exames de ceratometira e ultrassonografia modo A nos miniporcos foram factíveis, porém devido à agitação e à conformação anatômica dos mesmos não foi possível realizar a ultrassonografia modo A pelo método de imersão, apesar de sua vantagem em relação ao método de contato (Holladay, 1997).

Optou-se pela ultrassonografia modo A, pois os valores obtidos na mensuração apresentam os melhores resultados, de forma geral, quanto à ultrassonografia modo B (Dietrich, 2007).

Outro método mais preciso é o biômetro óptico de não contato, que utiliza um feixe de luz para obter as medidas, porém ainda não acessível para a área da Medicina Veterinária, pois precisa da colaboração do paciente (Monteiro e Allermann, 2001). Oliveira *et al.* (2004) descreveram que apesar das vantagens e da tecnologia do biômetro óptico em relação ao ultrassônico modo A, não observaram diferença estatística entre os aparelhos em humanos.

A utilização de miniporcos machos e fêmeas e também a avaliação realizada nos dois olhos, permitiram o estudo de possíveis variabilidades dos resultados quanto ao sexo e lateralidade, o que não foi encontrado, corroborando os achados de Gaiddon *et al.* (1991), Montiani-Ferreira *et al.* (2008) e Toni *et al.* (2010).

No estudo comparativo do poder dióptrico da lente intraocular calculado, utilizando-se diferentes fórmulas (Haigis Standard, SRK/T, Hoffer Q, Holladay I e Holladay II), notou-se diferença significativa. Entretanto, quanto à lateralidade do olho e sexo não houve diferença estatística ($p>0,05$).

As fórmulas SRK/T, Hoffer Q e Holladay foram incluídas nesse trabalho, considerando que ainda são amplamente utilizadas e estudadas (Aristodemou *et al.*, 2011; Eom *et al.*, 2013b; Carifi *et al.*, 2015). Estas necessitam apenas do comprimento axial do olho e o poder corneal para obter a previsibilidade da LIO (Narvaéz *et al*., 2006; Aristodemou *et al*., 2011).

Outras fórmulas desenvolvidas posteriormente, como a Holladay II e Haigis, pressupõem o uso de variáveis adicionais, como diâmetro corneal limbo-a-limbo, comprimento de câmara anterior e da lente. A principal diferença entre essas fórmulas e

as de terceira geração é que as últimas pré-determinam a posição efetiva da lente, e consideram que todos os olhos apresentam uma proporção linear entre comprimento axial e comprimento de câmara anterior (Day *et al.*, 2012).

Os olhos do miniporco são classificados como curtos na oftalmologia médica, considerando os limites estabelecidos entre 18,00 mm e 22,00 mm. Sabe-se que em olhos curtos e extremamente curtos essa proporção nem sempre é obedecida, o que aumenta a chance de erro refrativo final no cálculo (Holladay *et al.*, 1995; Carifi *et al.*, 2015), remetendo, portanto, aos olhos dos miniporcos. As fórmulas mais recentes minimizam esse erro devido às mensurações adicionais (Narvaéz *et al.*, 2006; Eom *et al.*, 2013a).

O poder dióptico médio da lente obtidos pelas diferentes fórmulas estão apresentadas na Tab.1.

Tabela 1. Poder dióptrico médio calculado da lente intraocular, em dioptrias, segundo as diferentes fórmulas, em miniporcos brasileiros.

Fórmulas	**Média**	**Valor Mínimo**	**Valor Máximo**
Haigis	46,6±2,81	38,05	50,75
SRK/T	39,58±2,15	33,51	43,05
Hoffer Q	43,09±2,8	35,49	48,01
Holladay I	41,08±2,38	34,42	44,82
Holladay II	41,55±2,31	34,6	45,21

D – Dioptria; $p \leq 0{,}001$.

Tendo como base (padrão ouro) a fórmula Holladay II, verificou-se que a SRK/T subestima os valores de 5,11%; as fórmulas Hagis, Hoffer Q e Holladay I superestimam em 12,18%; 3,75% e 1,46%, respectivamente.

A fórmula Holladay II foi selecionada neste estudo como padrão ouro por ser a que utiliza maior número de variáveis e individualização do olho, como já relatado anteriormente, minimizando possíveis erros relacionados às proporções do olho curto.

Notou-se, no estudo de regressão, menores variações quando comparada às fórmulas Holladay I e Hoffer Q, sugerindo que, especialmente a primeira, seria uma opção factível de terceira geração para o cálculo.

A aplicação prática do poder dióptrico calculado deve ser estimulada associada à avaliação de erro refrativo pós-operatório; diante do maior número de variáveis diretas,

acredita-se que a dioptria estimada pela Holladay II seria um ponto de partida interessante.

Narvaéz *et al.* (2006) testaram as fórmulas Hoffer Q, Holladay I, Holladay II e SRK/T quanto a sua previsibilidade do poder dióptrico da LIO para olhos curto até extremamente longos em humanos e não observaram diferença significativa no cálculo das fórmulas.

Eom *et al.* (2013a) afirmaram que, em olhos curtos, não ocorre diferença significativa entre as fórmulas Hoffer Q e Haigis. Porém, à medida que o comprimento da câmara anterior fica menor que 2,40 mm, começa a ocorrer diferença no resultado final entre as fórmulas. Neste estudo com miniporco brasileiros, a diferença de 3D foi observada, mesmo com valores de câmara anterior superior a 2,40 mm.

Cada espécie animal possui diferenças anatômicas oculares e evolutivas que determinam esse poder refrativo da lente (Gilger *et al.*, 2004); o conhecimento desse poder refrativo nos miniporcos, e inclusive no brasileiros, tem sido pouco relatado.

Esta variável é fundamental para a seleção da LIO a ser implantada, para realizar testes futuros e para estudos experimentais com tipos, formatos e tratamento superficial da LIO, visando redução da opacidade de cápsula posterior, que exigem maior acompanhamento pós-operatório.

Novas pesquisas devem ser estimuladas, objetivando o implante de lentes e avaliação do poder refrativo efetivo no pós-cirúrgico. Dessa maneira será possível comprovar a real dioptria da LIO a ser implantada no miniporco brasileiro.

CONCLUSÃO

Na comparação entre o sexo e lateralidade do olho, não há diferença nas variáveis biométricas, clínicas oftalmológicas e poder da lente intraocular.

O bulbo do olho do miniporco, segundo a ultrassonografia modo A e os critérios estabelecidos na oftalmologia médica, é classificado como olho curto.

A aplicação das fórmulas empregadas possibilita o cálculo do poder da lente intraocular do miniporco.

A Holladay II, fórmula que melhor individualiza o bulbo do olho, estima valor dióptrico ao redor de 41 D para o miniporco brasileiro.

Os miniporcos brasileiros têm potencial como modelo experimental em oftalmologia, relacionados ao seu menor porte e facilidade no manejo, especialmente em experimentos de longa duração.

REFERÊNCIAS

ARISTODEMOU, P.; CARTWRIGHT, N.E.K.; SPARROW, J.M.; JOHNSTON, R.L. Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1 or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. *J. Cataract Refract. Surg.*, v.37, p.63-71, 2011.

CARIFI, G.; AIELLO, F.; ZYGOURA, V. *et al*. Accuracy of the refractive prediction determined by multiple currently available intraocular lens power calculation formulas in small eyes. *Am. J. Ophthalmol.*, v.159, p.577-583, 2015.

DAVIDSON, M.G; NELMS, S.R. Diseases of the canine lens and cataract Formation. In: GELATT, K.N. (Ed). *Veterinary Ophthalmology*. 4.ed. Florida: Blackwell Publishing, p.859-887, 2007.

DAY, A.C.; FOSTER, P.J.; STEVENS, J.D. Accuracy of intraocular lens power calculations in eyes with axial length <22.00 mm. *Clin. Experiment. Ophthalmol.*, v.40, p.855-862, 2012.

DIETRICH, U.M. Ophthalmic examination and diagnostics. In: GELATT, K.N. (Ed). *Veterinary Ophthalmology*. 4.ed. Florida: Blackwell Publishing, 2007. p.507-519.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. (Ed). *Applied regression analysis*, 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 736p.

EOM, Y.; KANG, S-Y.; SONG, J.S. *et al*. Comparison of Hoffer Q and Haigis formulae for intraocular lens power calculation according to the anterior chamber depth in short eyes. *Am. J. Ophthalmol.,* v.157, p.818-824, 2013a.

EOM, Y.; KANG, S-Y.; SONG, J.S. *et al.* Use of corneal power-specific constants to improve the accuracy of the SRK/T formula. *Am. J. Ophthalmol.,* v.120, p.477-481, 2013b.

GAIDDON, J.; ROSOLEN, S.G.; COOK, C.S.; PEIFFER JUNIOR, R. Use of biometry and keratometry for determining optimal power for intraocular lens implant in dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v.52, p.781-783, 1991.

GILGER, B. C.; WHITLEY, R.D.; McLAUGHLIN, S.A. *et al*. Clinicopathologic findings after experimental pmplantation of syntetic intraocular lenses in dogs. *Am. J. Vet. Res.*, v.4, p.616-621, 2004.

GILGER, B.C.; DAVIDSON, M.G.; HOWARD, P.B.; Keratometry, ultrasonic biometry, and prediction of intraocular lens power in the feline eye. *Am. J. Vet. Res.,* v.59, p.131-134, 1998.

HARRINGTON, J.T.; McMULLEN, R.J.; CLODE, A.B.; GILGER, B.C. Phacoemulsification and +14 diopter intraocular lens placement in a saddlebred foal. *Vet. Ophthalmol.*, v.16, p.140-148, 2013.

HOLLADAY, J.T. Standardizing Constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations. *J. Cataract Refract Surg.*, v.23, p.1356-1370, 1997.

HOLLADAY, J.T.; GILLS, J.P.; LEIDLEIN, J.; CHERCHIO, M. Achieving emmetropia in extremely short eyes with two piggyback posterior chamber intraocular lenses. *Ophthalmology*, v.103, p.1118-1123, 1995.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. (Ed). *Applied multivariate statistical analysis*. 4.ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998. 816p.

KANSKI, J.J.; BOWLING, B. (Ed). *Clinical Ophthalmology: A systematic approach.* 7.ed. Elsevier, 2011. 920p.

KOHN, F. History and development of miniature, micro and minipigs. In: McANULTY, P.A.; DAYAN, A.D.; GANDERUP, N.C.; HASTINGS, K.L. (Eds), *The minipig in biomedical research*. Boca Raton, FL: CRC Press, p.3-16, 2012.

LIU, Y.C.; WONG, T.T.; MEHTA, J.S. Intraocular lens as a drug delivery reservoir. *Curr. Opin. Ophthalmol.*, v.24, p.54-59, 2013.

McMULLEN, R.J.; GILGER, B.C. Keratometry, Biometry and prediction of intraocular lens power in the equine eye. *Vet. Ophthalmol.*, v.9, p. 357-360, 2006.

MONTEIRO, E.L.; ALLEMANN, N. Biometria óptica. *Arq. Bras. Oftalmol.*, v.64, p.367-370, 2001.

MONTIANI-FERREIRA, F.; TRUPPEL, J.; TRAMONTIN, M.H. *et al*. The capybara eye: clinical tests, anatomic and biometric features. *Vet. Ophthalmol.*, v.11, p.386-384, 2008.

NARVAÉZ, J.; ZIMMERMAN, G.; STULTING, R.D.; CHANG, D.H. Accuracy of intraocular lens power prediction using the Hoffer Q, Holladay 1, Holladay 2, and SRK/T formulas. *J. Cataract Refract. Surg.*, v.32, p.2050-2053, 2006.

NIELSEN, L.S.; LIND, N.M. Measurements of three ocular parameters in the Gottingen minipig. *Scand J. Lab. Anim. Sci.*, v.32, p.9-16, 2005.

OLIVEIRA, F.; MUCCIOLI, C.; LOPES, Y.C. *et al*. Biometrias óptica e ultra-sônica: comparação dos métodos usados para o calculo da lente intra-ocular acomodativa. *Arq. Bras. Oftalmol.*, v.67, p.887-891, 2004.

OLLIVIER, F. J.; PLUMMER, C. E.; BARRIE, K. P. The Eye Examination and diagnostic procedures. In: GELATT, K. N. (Ed). *Veterinary Ophthalmology*. 4.ed. Iwoa: Blackwell, 2007. p.438-483.

SWINDLE, M.M. (Ed). *Swine in the Laboratory.* 2.ed. Boca Raton,FL: CRC Press, 2007. 471p.

TONI, M.C.; MEIRELLES, A.E.W.B.; GAVA, F.N. *et al*. Rabbits' eye globe sonographic biometry. *Vet. Ophthalmol.*, v.13, p.384-386, 2010.

TRBOLOVA, A; GHAFFARI, M.S. Reference values for Schirmer tear tests I and II in clinically normal pigs. *Vet. Ophthalmol.*, v.15, p.180-182, 2012.

YUEN, C.; WILLIAMS, R.; BATTERBURY, M.; GRIERSON, I. Modification of the surface properties of a lens material to influence posterior capsular opacification. *Clin. Experiment. Ophthalmol.*, v.34, p.568–574, 2006.

ZAR, J.H. *Biostatistical Analysis* 4.ed. New Jersey: Prentice Hall. 1999, 929p.