



UNIVERSIDADE DE LISBOA
Faculdade de Medicina Veterinária

AVALIAÇÃO DO ERRO REFRAATIVO EM CÃES PSEUDOFÁQUICOS, AFÁQUICOS E
FÁQUICOS COM RECURSO A RETINOSCOPIA DE LUZ EM FENDA

FRANCISCO VIEIRA JORGE

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI:

Doutor José Manuel Chéu Limão Oliveira
Doutora Esmeralda Sofia da Costa Delgado
Doutora Maria de São José Sousa Deyrieux
Centeno

ORIENTADORA

Doutora Esmeralda Sofia da
Costa Delgado

2017
LISBOA



UNIVERSIDADE DE LISBOA
Faculdade de Medicina Veterinária

AVALIAÇÃO DO ERRO REFRAATIVO EM CÃES PSEUDOFÁQUICOS, AFÁQUICOS E
FÁQUICOS COM RECURSO A RETINOSCOPIA DE LUZ EM FENDA

FRANCISCO VIEIRA JORGE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI:

Doutor José Manuel Chéu Limão Oliveira
Doutora Esmeralda Sofia da Costa Delgado
Doutora Maria de São José Sousa Deyrieux
Centeno

ORIENTADORA

Doutora Esmeralda Sofia da
Costa Delgado

2017
LISBOA

In Luce Veritas

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à minha Mãe e Pai por todo o apoio e sacrifício que fizeram ao longo destes 6 anos, sem os quais seria impossível concretizar este objetivo.

A toda a minha família, irmãs, avós, tios, que de uma maneira ou outra, contribuíram para que me tornasse na pessoa que sou hoje.

À Professora Esmeralda por toda ajuda, conhecimentos, orientação durante o estágio e acima de tudo por, há três anos, ter semeado a curiosidade pela Oftalmologia Veterinária.

Ao meu tio Luís, pelo papel na escolha do tema, por toda ajuda durante o decorrer da dissertação e esclarecimento de dúvidas relacionadas com esta complexa temática.

À Hemicare, um agradecimento especial pela disponibilização do retinoscópio, sem o qual, teria sido impossível realizar este projeto.

Ao Professor Telmo pela ajuda no tratamento dos dados.

À “segunda família” Açoriana, Adriana, Carolina, Alice, Francisco, Inês, Tânia, Bea, que me acompanharam desde o início. Eternamente grato por todos os momentos!

A todos os que me acompanharam em Lisboa, Telmo, Sofia, Valadares, “Queridas”, Lory, Rita, Flo, Catarina, Luís, Patrícia, a todos!

À Jéssica, Beatriz, Maria Beatriz e Bruna por continuarem ao meu lado ao fim destes anos todos.

À Diana, Patts, Pedro, e outros os que me acompanharam nas longas noites de Sta. Maria.

A toda a equipa do HEV, um enorme obrigado pelo ambiente e pela oportunidade de todos os dias aprender cada vez mais. A todos os meus colegas estagiários, pelo melhor estágio.

Um agradecimento especial à Leonor, Joana Pontes e Diana Conceição pelo profissionalismo e amizade!

A todos os outros que não consigo enumerar, mas que fazem parte da minha vida, obrigado.

RESUMO

A ametropia é uma das causas de diminuição da acuidade visual, podendo comprometer grandemente a visão de um cão. Neste estudo pretende-se avaliar o erro refrativo em cães submetidos a cirurgia de cataratas por facoemulsificação com implante de lente intraocular, a eficácia do poder dióptrico usado das lentes intraoculares usadas atualmente, estabelecer uma correlação entre cães microftálmicos e os seus valores refrativos e em paralelo avaliar o estado refrativo de uma população de cães saudáveis que constituem o grupo controlo.

Uma população de 53 cães, perfazendo um total de 99 retinoscopias, foi dividida em 3 grupos: pseudofáquicos (n=43 olhos), afáquicos (n=4 olhos) e fáquicos (n=52) correspondendo ao grupo controlo. As retinoscopias foram feitas através da refração dos meridianos vertical e horizontal; os meridianos oblíquos apenas foram avaliados na presença de reflexos em tesoura. Não foram usados quaisquer fármacos cicloplégicos.

O estado refrativo médio foi de $+3.74 \pm 5.45D$ (-3.5; +21D) no grupo dos pseudofáquicos; $+16.94 \pm 1.39D$ (+15.5;+18.25D) nos afáquicos e $-0.03 \pm 1.64D$ (-5.0;+4D) nos fáquicos. No grupo dos pseudofáquicos 72.2% apresentaram hipermetropia e 13.8% miopia e emetropia. Foi diagnosticado astigmatismo em 3 olhos. Observou-se anisometropia em 10 cães (1;20.5D) e antimetropia em dois. A correlação entre o valor refratado e o comprimento axial sugere uma tendência para a emetropia em animais com diâmetro ocular superior ($P= 0.0845$; $\rho=-0.3$). No grupo fáquico, 44% apresentaram-se emétopes, 30% hipermétropes e 26% míopes. A hipermetropia baixa foi predominante nos cães hipermétropes (66.7%). Não foram observados casos de astigmatismo ou anisometropia. Foi encontrada uma relação entre o estado refrativo e o tamanho da raça no grupo fáquico ($P=0.002$). A análise de correlação entre o valor refratado e a idade dos cães sugere a tendência para a miopia ou diminuição de valores de hipermetropia em cães mais velhos ($P = 0.054$; $\rho = -0.273$).

As raças médias demonstraram estar mais próximas da emetropia quando comparadas com raças grandes e pequenas ($P=0.002$). No grupo operado, as raças grandes estavam mais adaptadas a IOLs de 41D, enquanto as raças médias e pequenas apresentaram grande variabilidade no estado refrativo. Os cães microftálmicos operados apresentaram alta hipermetropia. Mais estudos devem ser conduzidos para relacionar características biométricas individuais com o poder dióptrico necessário, levando assim a uma oferta mais alargada de IOLs em cães.

Palavras-chave: emetropia; erro refrativo; ótica, refração ocular; retinoscopia; visão nos cães, lentes intraoculares.

ABSTRACT

Ametropia is a possible cause for diminished visual acuity in dogs and may lead to a severe compromise of their vision. In this study under this master thesis, we aimed to evaluate the refractive error in dogs with IOL implants, the efficacy of the dioptric power used in nowadays IOL implants, attempt to establish a correlation between microphthalmic dogs and refractive values and in parallel to evaluate the refractive state on a healthy control population of dogs.

A population of 53 dogs, corresponding to a total of 99 retinoscopies, was divided in 3 groups: pseudophakic (n=43 eyes), aphakic (n=4 eyes) and a phakic healthy control group (n=52 eyes). Streak retinoscopy was performed by horizontal and vertical refraction. Oblique meridians were refracted only when swirling or scissor like reflexes were observed. No cycloplegic drugs were administered.

Mean refractive state in the different groups corresponded to: pseudophakics $+3.74 \pm 5.45D$ (-3.5; +21D); aphakics $+16.94 \pm 1.39D$ (+15.5;+18.25D) and phakic group $-0.03 \pm 1.64D$ (-5.0;+4D). On the pseudophakic group 72.2% were hyperopic, 13.8% myopic and emmetrope. Astigmatism was diagnosed in 3 eyes. Anisometropia was observed in 10 patients (1; 20.5D) and antimetropia in 2. Correlation between refractive values and optic axial length suggested a tendency towards emmetropia in animals with higher ocular diameter ($P= 0.0845$; $\rho=-0.3$). On the phakic group 44% were emmetrope, 30% hyperopic and 26% myopic. Low hyperopia predominated on hyperopic eyes (66.7%). No cases of astigmatism or anisometropia were registered. An association between refractive state and animal size was found in phakic dogs ($P=0.002$). Correlation analysis between retinoscopy values and age suggested a tendency towards lower hyperopic values or myopia in older animals ($P = 0.054$; $\rho = -0.273$).

Medium size breeds were closer to emmetropia than small/ large breeds ($P=0.002$). On the operated group larger breeds were more adapted to 41D IOLs, small/medium size breeds presenting higher variability in refractive state. Microphthalmic operated patients showed high hyperopia.

More studies should be conducted to correlate individual biometric characteristics with needed diopter strength, leading to a wider range of available IOLs in dogs.

Keywords: emmetropia; refractive error; optics; ocular refraction; retinoscopy, vision in dogs; intraocular lens.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABELAS.....	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XII
CAPÍTULO I - RELATÓRIO DE ESTÁGIO CURRICULAR.....	1
1. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	2
2. ATIVIDADES COMPLEMENTARES:	4
2.1 Comunicações no decorrer do estágio:.....	4
2.2 Comunicações Científicas:	4
CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. ANATOMOFISIOLOGIA DAS ESTRUTURAS REFRAATIVAS, CORPO CILIAR E RETINA.....	6
2.1 Córnea	6
2.2 Lente.....	8
2.3 Corpo Ciliar e Zónulas	10
2.4 Retina	11
3. VISÃO E REFRAÇÃO OCULAR	13
3.1 Visão nos cães	13
3.1.1 Luz e movimento.....	14
3.1.2 Percepção de Profundidade - Estereopsia.....	15
3.1.3 Acuidade Visual	15
3.1.4 Percepção de Cor.....	17
3.2 Refração	18
3.3 Refração nos meios e superfícies Oculares	19
3.4 Acomodação.....	20
3.5 Aberrações Óticas	22

3.5.1 Aberração esférica.....	23
3.5.2 Aberração cromática.....	24
4. FACOEMULSIFICAÇÃO E LENTES INTRAOCULARES	24
4.1 Facoemulsificação.....	24
4.2 Lentes intraoculares.....	25
4.2.1 Seleção do poder dióptrico	25
4.2.2 Lentes em Medicina Veterinária.....	26
5. EMETROPIA E ERRO REFRACTIVO	28
5.1 Hipermetropia.....	29
5.2 Miopia	30
5.3 Astigmatismo	31
5.4 Anisometropia	32
5.5 Ametropia no cão	33
6. AVALIAÇÃO DO ERRO REFRACTIVO	35
6.1. Retinoscopia.....	35
6.1.1 Princípios básicos	35
6.1.2 Componentes do retinoscópio e Régua de esquiocopia	36
6.1.3 Método	37
6.1.4 Erros de Retinoscopia.....	42
6.1.5 Conclusões sobre Retinoscopia em Medicina Veterinária	43
6.2 Retinoscopia de Mohindra	43
6.3 Autorrefração	44

CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DO ERRO REFRACTIVO EM CÃES

PSEUDOFÁQUICOS, AFÁQUICOS E FÁQUICOS COM RECURSO A

RETINOSCOPIA DE LUZ EM FENDA.....45

1. OBJETIVOS	45
2. MATERIAL E MÉTODOS	45
2.1 Amostra em estudo.....	45
2.2 Seleção dos pacientes	45
2.3 Avaliação dos meios óticos e Erro refrativo	46
2.4 Análise estatística.....	47
3. RESULTADOS.....	48
3.1 Amostra em estudo.....	48
3.2 Seleção dos Pacientes.....	48
3.3 Estado Refrativo	49
3.3.1 Grupo Pseudofáquico	49

3.3.1.1 Animais Microftálmicos	50
3.3.2 Grupo Fáquico	50
3.3.3 Grupo afáquico	52
4. DISCUSSÃO.....	53
4.1 Técnica de Retinoscopia.....	53
4.2 Estado Refrativo	53
4.2.1 Animais Fáquicos	53
4.2.1.1 Tamanho da Raça	54
4.2.2 Animais Afáquicos	55
4.2.3 Animais Pseudofáquicos	55
4.3 Limitações do estudo.....	57
5. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	58
BIBLIOGRAFIA.....	60
LISTA DE ABREVIATURAS DOS ANEXOS I E II.....	67
ANEXO I - CASUÍSTICA DESCRIMINADA NOS SERVICOS DE MEDICINA INTERNA, ECOGRAFIA E RADIOLOGIA	68
ANEXO II - CASUÍSTICA DESCRIMINADA NO SERVIÇO DE CIRURGIA	72
ANEXO III – ABSTRACT PUBLICADO NO LIVRO DE RESUMOS DO CONGRESSO E VERSÃO ON-LINE DA REVISTA <i>VETERINARY OPHTHALMOLOGY</i>	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fotografia e corte histológico de córnea de cão.....	6
Figura 2 - Modelo estrutural do estroma da córnea.....	8
Figura 3 - Representação do cristalino e sua relação com o corpo ciliar.....	9
Figura 4 - Corte longitudinal do globo ocular felino e canino.....	10
Figura 5 - Fotografia e corte histológico de retina de cão.....	12
Figura 6 - Comparação do campo visual entre o ser humano e duas raças caninas.....	15
Figura 7 - Mapa de isodensidade de células ganglionares na retina.....	16
Figura 8 - Picos de captação da luz visível pelos fotopigmentos da retina humana e canina..	17
Figura 9 - Representação esquemática do efeito de uma lente sobre raios paralelos.....	18
Figura 10 - Representação de três tipos de acomodação ocular.....	21
Figura 11 - Aberração esférica numa lente esférica e no cristalino.....	23
Figura 12 - Representação esquemática do globo ocular de três espécies diferentes.....	26
Figura 13 - Modelos de IOLs e sua localização relativa no saco capsular.....	27
Figura 14 - Representação esquemática da convergência de raios luminosos num olho emétrepe, míope e hipermetrópe.....	28
Figura 15 - Efeito de um erro refrativo de 5D e 15D.....	30
Figura 16 - Representação esquemática de diferentes tipos de astigmatismo.....	32
Figura 17 - Régua de esquiocopia e retinoscópio.....	37
Figura 18 - Representação esquemática do comportamento do reflexo retiniano consoante o erro refrativo.....	40
Figura 19 - Realização de retinoscopia num dos pacientes pseudofáquicos incluídos no estudo.....	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Amplitude acomodativa de diferentes espécies	22
Tabela 2 - Estado refrativo em olhos pseudofáquicos, fáquicos e afáquicos.....	49
Tabela 3 - Média do erro refrativo nas várias raças integradas no grupo fáquico	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Frequência da casuística observada em cada especialidade médica durante o estágio curricular.....	2
Gráfico 2 - Distribuição da frequência do valor refratado nos cães pseudofáquicos.....	49
Gráfico 3 - Correlação entre o erro refrativo e o comprimento axial	50
Gráfico 4 - Correlação entre o erro refrativo e o comprimento axial, por tamanho de raça ...	50
Gráfico 5 - Distribuição da frequência do valor refratado nos cães fáquicos.....	51
Gráfico 6 - Estado refrativo por tamanho da raça em animais fáquicos	51
Gráfico 7 - Correlação entre a idade e o estado refrativo de animais fáquicos.	51

LISTA DE ABREVIATURAS

ACD – profundidade da câmara anterior	mm – milímetro
AL – comprimento axial	n – número
AIC – ângulo iridocorneal	n_{xxxxxx} – índice refrativo
ATPase - adenosinatrifosfatase	nm – nanómetro
Ca^{2+} – íão cálcio	Na^{+} – íão sódio
D – dioptria	OD – olho direito
DS – dioptria esférica	OS – olho esquerdo
e.g. – exemplo	OU – ambos olhos
f – comprimento focal	<i>P</i> – probabilidade
HEV-FMV – Hospital Escolar Veterinário, Faculdade de Medicina Veterinária	PAAF – Punção aspirativa por agulha fina
K^{+} – íão potássio	PCO – Opacificação da cápsula posterior
IOL – lente intraocular	pg - página
LIU – uveíte induzida por lente	PMMA – polimetilmetacrilato
m – metro	PPM – membrana pupilar persistente
	σ – desvio padrão

CAPÍTULO I - RELATÓRIO DE ESTÁGIO CURRICULAR

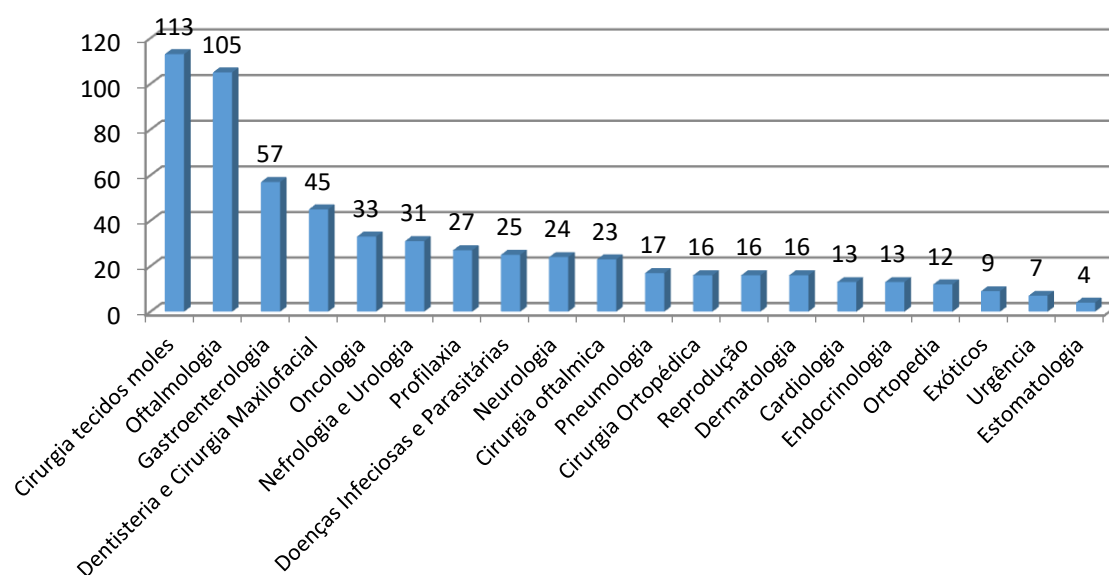
O estágio curricular foi realizado no Hospital Escolar Veterinário da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, no período compreendido entre o dia 15 Setembro de 2016 e o dia 30 de Março de 2017, perfazendo um total de 1092 horas nos vários serviços do hospital, sob orientação da Professora Doutora Esmeralda Sofia Costa Delgado.

As atividades, no âmbito da clínica de animais de companhia, foram desenvolvidas em 6 principais áreas: cirurgia, medicina interna, internamento, unidade de isolamento de doenças infecciosas, radiologia (serviços de raio-x e tomografia axial computadorizada) e ecografia. Os turnos compreenderam rotações com duração de 8 horas em cirurgia, medicina interna, radiologia e ecografia; 5 horas na unidade de isolamento; 12 horas de internamento geral incluindo tanto turnos diurnos como noturnos. Os turnos permitiram acompanhar várias especialidades médicas de que são exemplo: cardiologia, clínica de exóticos, comportamento animal, dermatologia, doenças infecciosas e parasitárias, estomatologia e dentisteria, imagiologia, medicina interna, neurologia, oftalmologia, oncologia, ortopedia e reprodução e obstetrícia. O gráfico 1 representa o número de casos assistidos em cada área (a coluna “Profilaxia” representa as consultas de medicina interna onde foram exclusivamente realizadas vacinações, desparasitações e colocação de microchip).

O estágio permitiu uma evolução excecional por ter proporcionado o desenvolvimento a nível de raciocínio clínico; comunicação com a equipa formada por todos os técnicos e auxiliares, assim como para com os tutores dos animais; e autonomia na prática clínica.

A casuística e frequência observada ao longo do estágio nos serviços de medicina interna, imagem, internamento geral e unidade de isolamento encontram-se discriminadas no Anexo I.

Gráfico 1 - Frequência da casuística observada em cada especialidade médica durante o estágio curricular.



1. Atividades desenvolvidas

Em medicina interna o estagiário teve a oportunidade de participar ativamente no decorrer de consultas de primeira e segunda opinião sendo, na maioria das vezes, responsável por realizar a recepção do tutor e animal e recolher uma anamnese detalhada, terminando na realização do exame físico geral ou específico consoante o estímulo iatrotrópico ou tipo de consulta (e.g. oftalmologia – exame oftálmico completo). Após finalização da consulta, o estagiário tinha a oportunidade de discutir o caso com o médico responsável de cada consulta, abordando diagnósticos diferenciais, exames de diagnóstico e terapêutica mais adequada ao caso. O estagiário teve a oportunidade de realizar vários procedimentos, entre os quais: auscultação cardiopulmonar; palpação abdominal; colheitas de sangue e transfusões sanguíneas; realização de punções aspirativas por agulha fina (PAAF), drenagem torácica e abdominal; administração de vacinas, microchipagem; realização de eutanásias; cateterização; administrações intramusculares, endovenosas e subcutâneas; estabilização de pacientes críticos; realização de citologias cutâneas e auriculares; observação ao microscópio de vários esfregaços de sangue e citologias.

Na cirurgia o estagiário teve como função a recepção dos animais, sendo também responsável pela visualização prévia das análises hematológicas e bioquímicas pré cirúrgicas, tendo um papel ativo, com o auxílio do cirurgião encarregue do caso, na admissão dos animais à intervenção cirúrgica. Era também requerido, sempre sob supervisão do médico cirurgião, a seleção e preparação da pré-medicação anestésica adequada ao animal de modo a estimular o

raciocínio clínico; intubação; indução anestésica; tricotomia e antisepsia da região a interencionar. Foi possível participar em várias cirurgias adotando várias funções – ajudante cirurgião, circulante, anestesista. A casuística por área cirúrgica assistida pelo estagiário encontra-se disponível no Anexo II.

No internamento geral foi dada ao estagiário a possibilidade de realizar várias atividades entre as quais: monitorização dos animais internados (incluindo: pós cirúrgicos; animais sujeitos a transfusão; curvas de glicémia); preparação de sistemas de soro (ajuste de fluidoterapia consoante o débito urinário); colocação de cateter endovenoso; preparação de medicação e a sua administração; oxigenoterapia; realização e avaliação de traçados de eletrocardiograma; alimentação dos animais, algaliação, medição de pressão arterial; manutenção da higiene dos animais; planeamento de alta médica. Sempre que necessário ou solicitado o estagiário auxiliou os membros da equipa destacada, auxiliares, enfermeiros ou médicos, aprendendo assim as melhores técnicas de contenção que asseguram a segurança do animal e equipa. O estagiário teve ainda a possibilidade de contactar e intervir em casos de emergência clínica como paragem cardiorrespiratória realizando suporte básico e avançado de vida; reversão de *status epilepticus*.

Na unidade de isolamento de doenças infecciosas, destinada ao internamento em isolamento de pacientes provenientes do HEV-FMV ou referenciados por veterinários externos, o estagiário teve a possibilidade de efetuar tarefas semelhantes às do internamento geral mas em ambiente controlado, sendo obrigatório o uso de equipamento de proteção individual (máscara, luvas, bata, touca e proteção de calçado descartáveis) e a troca deste equipamento aquando da manipulação de outro doente.

Por fim, no serviço de imagiologia o estagiário contactou com diversos meios de diagnóstico imagiológico incluindo: ecografia, raio-x, tomografia axial computadorizada, endoscopia e vídeo-fluoroscopia. No serviço de raio-x o estagiário teve a possibilidade de efetuar posicionamentos e realizar radiografias de abdómen, tórax, esqueleto axial e apendicular; na tomografia, auxiliar o veterinário responsável na indução anestésica e posicionamento dos animais. Associado a outras especialidades nomeadamente Oftalmologia, Cirurgia e Dentisteria, foi facultada a possibilidade de assistir a uma dacriocistografia retrógrada, uso de fluoroscopia na colocação de um *bypass* ureteral subcutâneo e ainda a realização autónoma de inúmeras radiografias intra-orais. Na ecografia o estagiário teve a possibilidade de efetuar diversas ecografias abdominais, sob supervisão da médica, treinar o correto posicionamento da sonda para visualização das estruturas intra-abdominais e consolidar conhecimentos

prévios relativamente à aparência ecográfica de estados normais e das várias alterações patológicas que decorrem tanto a nível abdominal como torácico. O estagiário teve ainda a oportunidade de assistir a várias endoscopias nomeadamente: endoscopia digestiva anterior, rinoscopia, colonoscopia e vaginoscopia.

2. Atividades complementares:

2.1 COMUNICAÇÕES NO DECORRER DO ESTÁGIO:

No decorrer do estágio foi realizada, por parte do estagiário, uma apresentação destinada a todos os médicos, estagiários e enfermeiros do HEV. A apresentação “Diagnósticos diferenciais e abordagem do Olho Vermelho” com a duração de aproximadamente 1 hora, abordou o exame oftálmico completo e várias doenças oculares (conjuntivite, queratite, uveíte, glaucoma) referindo etiologias, apresentação clínica, diagnósticos diferenciais e abordagem terapêutica.

2.2 COMUNICAÇÕES CIENTÍFICAS:

Os resultados deste estudo foram apresentados, sob a forma de comunicação oral, no Congresso da Sociedade Europeia de Oftalmologia Veterinária (ESVO – *European Society of Veterinary Ophthalmology*), que se realizou entre 7 e 10 de Setembro de 2017, em São Petersburgo, Rússia.

O respetivo *abstract*, no Anexo III, será publicado no livro de resumos do Congresso e na versão on-line da revista *Veterinary Ophthalmology*.

CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. Introdução

A visão do cão sempre foi alvo de grande interesse por parte da comunidade veterinária e população em geral (P. E. Miller, 2001). Este interesse não se resume apenas a uma curiosidade intelectual, cada vez mais o cão depende das suas capacidades visuais para as variadas atividades a que propomos a espécie canina – cães guia de apoio a invisuais, cães de proteção, cães polícia, cães de treino de obediência, de corrida ou caça (P. Miller & Murphy, 1995).

A visão é um fenómeno complexo que envolve a captação de luz proveniente dos objetos do meio ambiente, a sua transmissão eficaz e focagem a nível da retina; por sua vez, a retina deteta e transmite a imagem ao cérebro pelas vias óticas onde é posteriormente processada (P. E. Miller, 2008a). O olho é constituído por vários componentes e superfícies óticas que, com ação aditiva, refratam a luz, convergindo-a com precisão na retina (num olho emétrepe), sendo elas a córnea, o humor aquoso, o cristalino e o corpo vítreo (Murphy, Samuelson, & Pollock, 2012). Qualquer alteração das capacidades refrativas características do olho leva à formação de uma imagem que não é focada na retina, resultando em diversos erros refrativos como miopia, hipermetropia e astigmatismo (Gelatt, 2014). Dependendo do grau, a presença destes erros de refração levam à diminuição significativa da acuidade visual e comprometimento da visão (P. Miller & Murphy, 1995).

Para além de aberrações de ótica existem várias doenças oculares que resultam em perda de visão, até cegueira total, destacando-se as principais: doenças de córnea, cataratas, glaucoma e doenças degenerativas da retina (Gelatt & Wilkie, 2011). A presença de cataratas leva à incorreta refração da luz sendo o único tratamento a sua remoção cirúrgica, tendo várias técnicas sido desenvolvidas ao longo dos anos (Peterson-Jones, 2002). A remoção da lente leva a afaquia, deixando o doente com um erro refrativo grave, em cães emétrepes ou com ametropias baixas. No início da década de 80, o resultado visual para animais com cataratas, sofreu uma grande revolução com a introdução das primeiras lentes intraoculares em medicina veterinária (Ofri, 2013). Estas lentes tentam compensar o défice de refração induzido pela ausência da lente, reabilitando a função ótica normal do olho (M.G. Davidson et al., 1993).

2. Anatomofisiologia das estruturas refrativas, corpo ciliar e retina

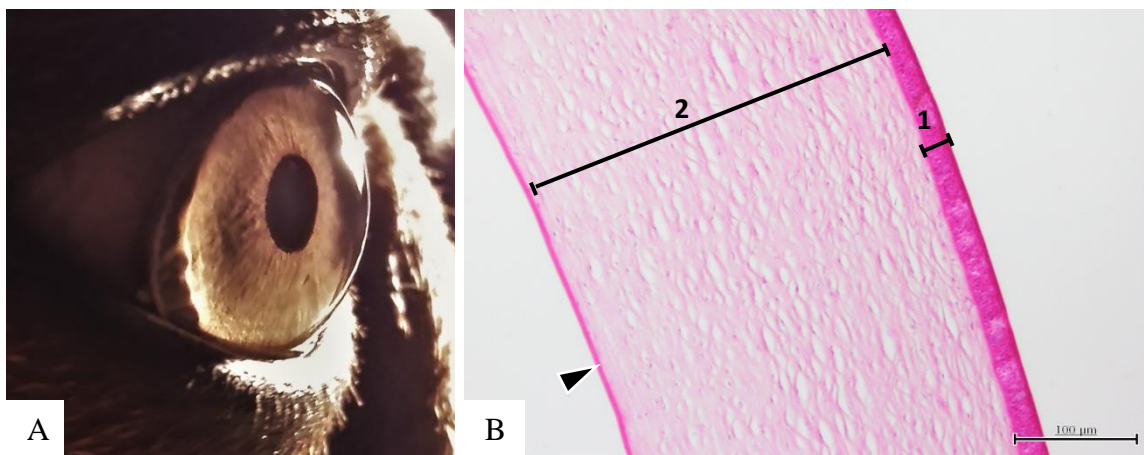
2.1 CÓRNEA

A córnea é a estrutura transparente localizada no quinto anterior da túnica fibrosa do globo ocular (Fig.1A). Tem como funções, além do suporte do conteúdo intraocular, a refração e transmissão da luz devido à sua curvatura e transparência respectivamente (Samuelson, 2013). No cão e gato é elíptica sendo o diâmetro horizontal superior ao vertical, contudo a diferença entre diâmetros é mínima aparentando a maior parte das vezes ser circular. A espessura da córnea apresenta variações interespecíficas, intraespecíficas e ainda individuais (Gelatt, 2014). No cão é mais espessa na região periférica temporal e periférica superior do que na central, tornando-se progressivamente mais espessa com a idade (Gilger, Whitley, McLaughlin, Wright, & Drane, 1991).

O raio de curvatura da córnea de um cão tem aproximadamente 8.5 a 9.0 mm. Raças maiores têm córneas mais planas (raio de curvatura maior) do que raças médias a pequenas (Murphy et al., 2012)

Histologicamente a córnea apresenta 4 a 5 camadas, correspondendo da camada mais externa para a mais interna: epitélio anterior, membrana de Bowman (raramente presente), estroma, membrana de Descemet e endotélio (Fig.1B) (Samuelson, 2013) .

Fig. 1 A - Córnea de cão. B - corte histológico de córnea de cão. É possível observar as várias camadas constituintes da córnea: 1) epitélio anterior; 2) estroma da córnea; e membrana de Descemet (cabeça de seta) ampliação x100 (originais).



O epitélio anterior é estratificado pavimentoso apresentando numerosas terminações nervosas livres tornando a córnea uma estrutura extremamente sensível. A cicatrização e renovação celular desta camada é altamente eficaz sendo todas as células renovadas em 7 dias (Junqueira & Carneiro, 2013), desde que preservada a membrana basal (Samuelson, 2013). A membrana

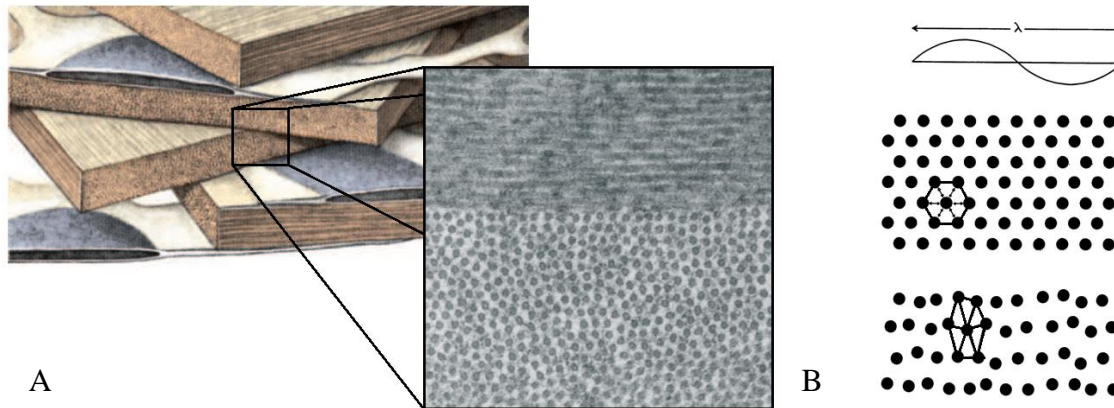
de Bowman é uma camada composta por fibras de colagénio conferindo suporte estrutural e resistência adicional à córnea. O estroma, constituindo 90% da espessura da córnea (Samuelson, 2013), é composto por várias camadas de fibras de colagénio, orientadas paralelamente, interpostas com fibroblastos ou queratócitos estromais (Junqueira & Carneiro, 2013). A membrana de Descemet é uma estrutura fina acelular composta apenas por fibras de colagénio (Junqueira & Carneiro, 2013) produzidas ao nível do epitélio posterior, que se comporta como uma camada elástica (Samuelson, 2013). Por último, o epitélio posterior ou endotélio é uma camada única de células do tipo pavimentoso (Junqueira & Carneiro, 2013). Sendo uma estrutura avascular, a sua nutrição e oxigenação dá-se pelo humor aquoso (endotélio e estroma posterior), película lacrimal pré-corneal e atmosfera (córnea anterior) e ainda pelos capilares adjacentes da esclera e conjuntiva palpebral (Maggs, 2008).

A córnea é constituída por cerca de 75-85% de água sendo no entanto um tecido relativamente desidratado quando comparado com outros (Gelatt, 2014). Esta desidratação – deturgescência – é mantida por bombas ATPase Na^+/K^+ dependentes de energia, enzimas como a anidrase carbónica que proporcionam o ião bicarbonato para co-transporte de Na^+ , bombas de Na^+ e Ca^{2+} principalmente no endotélio mas também no epitélio anterior, que movem ativamente a água presente no estroma para o humor aquoso e lágrima (Samuelson, 2013).

A transparência da córnea deve-se a várias razões: 1) ausência de vasos sanguíneos, 2) ausência de pigmentos, 3) manutenção de um estado relativamente desidratado, 4) uma superfície ótica lisa (proporcionada pela película lacrimal pré-corneal), 5) ausência de queratinização, 6) baixa densidade celular e 7) um arranjo lamelar altamente organizado das fibrilhas de colagénio no estroma mantido por uma matriz de mucoproteínas e glicoproteínas, entre outras (Fig.2A) (Maggs, 2008). Maurice (1957) atribui a transparência da córnea à sua intrínseca forma estrutural lamelar de fibrilhas de colagénio, propondo que a separação equidistante entre fibrilhas leva à eliminação da dispersão da luz por interferência destrutiva. Qualquer perturbação neste arranjo lamelar, como por exemplo a entrada de água no estroma da córnea e conseqüentemente aumento aleatório do espaço entre as fibrilhas, leva à dispersão da luz e opacificação da córnea (Maurice, 1957).

Na verdade, qualquer alteração no funcionamento das bombas ou lesão a nível do endotélio ou epitélio anterior levará à entrada de fluido para o estroma da córnea – edema – resultando num desarranjo da estrutura lamelar e conseqüente perda de transparência (Fig.2B) (Maggs, 2008).

Fig. 2 A) Estroma da córnea com as camadas sucessivas de lamelas distribuídas paralelamente interpostas por queratócitos. A eletromicrografia mostra as fibrilhas de colagénio. B) Representação esquemática em corte transversal das fibrilhas dispostas equidistantemente de uma córnea normal (acima) e uma córnea anormal (e.g. edema) (adaptado de Maurice, 1957; Maggs 2008; Daniel G. Dawson, John L. Ubels & Henry F. Edelhauser 2011 em “Adler’s Physiology of the Eye”).



Outra característica, à semelhança do cristalino, é a expressão de proteínas cristalinas por parte dos queratócitos, associadas à transparência celular essencialmente no estroma. Pensa-se que estas proteínas tenham uma função estrutural por controlarem diretamente a dispersão de luz tanto na córnea como no cristalino (Jester, 2008).

2.2 LENTE

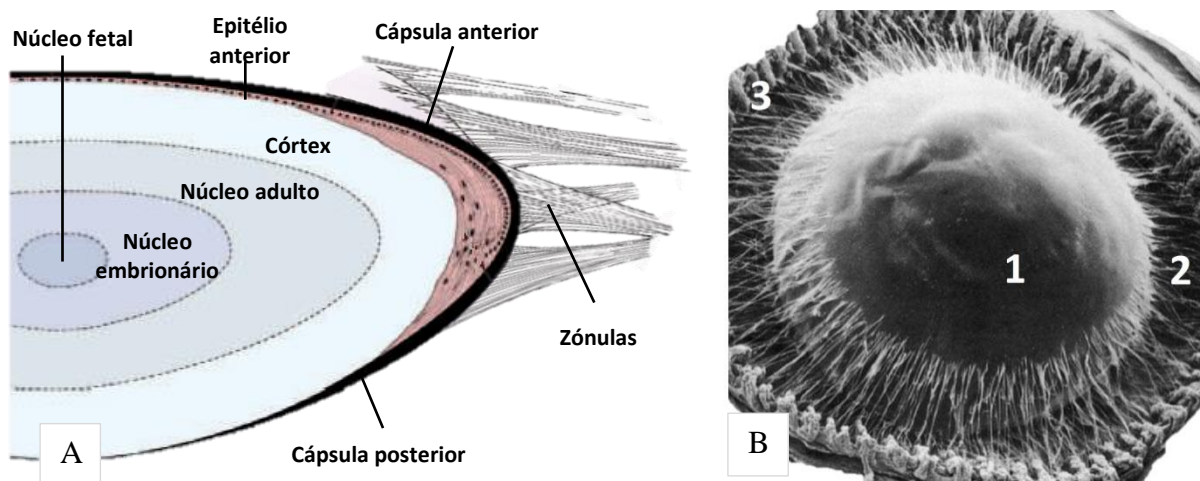
A lente é uma estrutura transparente, avascular, biconvexa, com uma superfície anterior mais achatada e uma superfície posterior mais curva (Ofri, 2008a). Encontra-se suspensa por ligamentos zonulares, provenientes do epitélio ciliar, que se inserem a nível da cápsula da lente na zona equatorial (Fig.3B) (Samuelson, 2013) Em muitos mamíferos, aves e répteis o grau de convexidade da lente é alterado durante o processo de acomodação devido à elasticidade da cápsula e flexibilidade do interior da lente (Gelatt, 2014).

Anatomicamente é constituído pela cápsula, córtex e núcleo. O cristalino é de crescimento contínuo, são depositadas continuamente camadas de fibras a partir da zona equatorial sobre as camadas formadas previamente, forçando as camadas mais antigas para o centro (Ofri, 2008a). Este crescimento por etapas divide o núcleo em camadas visíveis na biomicroscopia: núcleo adulto, fetal e embrionário (Fig.3A) (Ofri, 2008a).

Histologicamente, a cápsula é um revestimento acelular homogéneo elástico, formado por colagénio e glicoproteínas (Junqueira & Carneiro, 2013). A cápsula tem como funções servir como ponto de inserção das fibras zonulares do corpo ciliar e mediar as trocas com o humor aquoso e vítreo, sendo uma barreira seletiva. É impermeável a moléculas de maiores

dimensões como a albumina e globulinas, mas deixa passar água e eletrólitos (Gum & MacKay, 2013).

Fig. 3 A – Lente adulta representando o córtex e as várias regiões do núcleo. B – Eletromicrografia da lente: 1) lente 2) zónulas 3) processos ciliares (adaptado de Ofri, 2008a em “Slatter’s Fundamentals of Veterinary Ophthalmology”; e C. J. Murphy et al. 2012 em “Miller’s Anatomy of the Dog”.



O epitélio subcapsular, constituído por um epitélio simples cubóide, é responsável por originar as fibras da lente ao longo do crescimento (Junqueira & Carneiro, 2013). Este epitélio encontra-se apenas no polo anterior da lente até ao equador. É no equador que estas células continuam a proliferar, a alongar-se e a formar as fibras do cristalino que alongam até atingir os polos da lente formando as suturas do cristalino (Murphy et al., 2012). As fibras do cristalino são células altamente diferenciadas que acabaram por perder o núcleo originando elementos prismáticos finos e alongados (Junqueira & Carneiro, 2013) As suturas da lente formam dois “Y” (um normal no polo anterior e outro invertido no polo posterior) sendo visíveis em cães adultos e sendo por vezes sede de cataratas (Peterson-Jones, 2002).

A porção nuclear sofre progressivamente maior desidratação e compressão pelas fibras que se vão depositando em seu redor, levando a um processo de condensação, endurecimento e perda de elasticidade da lente – esclerose nuclear (Ofri, 2008a). O desenvolvimento de esclerose nuclear em cães idosos está associado a uma viragem no erro refrativo para a miopia (Murphy, Zadnik, & Mannis, 1992).

A lente é proporcionalmente maior nos animais domésticos quando comparada com a dos humanos (Samuelson, 2013). Para desempenhar a sua função esta tem que ser transparente e, tal como a córnea, avascular (Gelatt, 2014). A transparência das células e cápsula são mantidas desde que estas sejam bem nutridas. Essa nutrição dá-se principalmente pelo humor aquoso, que proporciona as pequenas quantidades de oxigénio que o cristalino necessita, e pela glucose (metabolismo anaeróbico da glucose) (Samuelson, 2013). Esta transparência

deve-se ao seu estado relativamente desidratado (mantido por bombas Na^+/K^+ , principalmente no epitélio anterior), superfície lisa e uniforme proporcionada pela cápsula, arranjo lamelar das fibras e solubilidade das proteínas do cristalino (Samuelson, 2013).

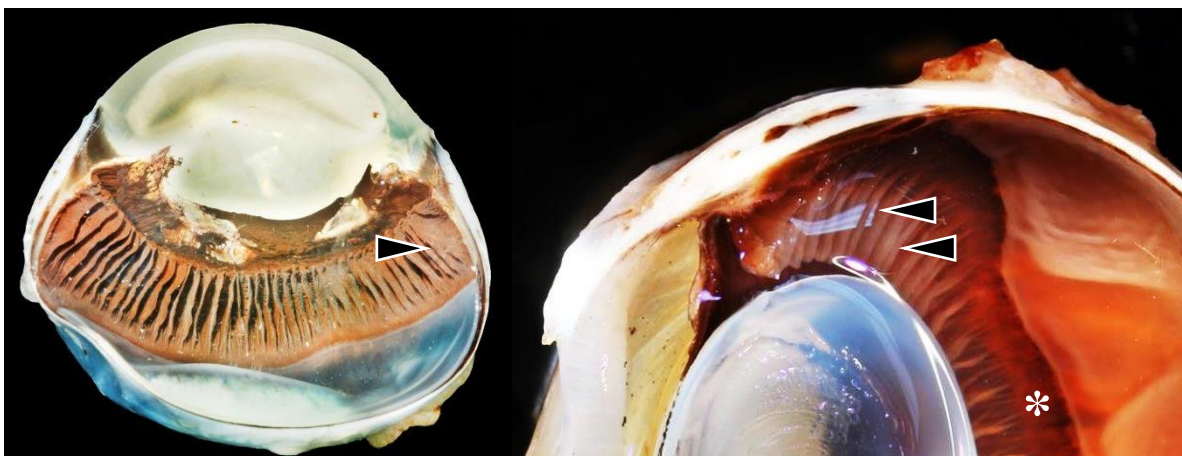
A sua constituição é principalmente proteína (35%) e água (60-75%) sendo as proteínas divididas em solúveis (proteínas cristalinas) e insolúveis (albuminóides) (Ofri, 2008a; Samuelson, 2013). Assim como na córnea, estão descritas várias proteínas cristalinas em cães (α -cristalina; β -cristalina; γ -cristalina) responsáveis pela preservação estrutural e funcional da lente (Murphy et al., 2012).

2.3 CORPO CILIAR E ZÓNULAS

O corpo ciliar é uma estrutura de secção triangular com localização imediatamente posterior à íris, formando juntamente com esta, a úvea anterior (P. E. Miller, 2008b). O corpo ciliar produz o humor aquoso que nutre e remove produtos de metabolização das estruturas que focam e refratam luz - a córnea e o cristalino (Samuelson, 2013). Tal como a coróide, é uma estrutura altamente vascularizada (Murphy et al., 2012). Histologicamente o corpo ciliar é dividido em 3 partes: processos ciliares do corpo ciliar, músculo ciliar e ângulo de drenagem ou iridocorneal (Gelatt, 2014)

Na sua porção posterior, o corpo ciliar apresenta várias estruturas pregueadas conhecidas como processos ciliares pertencentes à *pars plicata* (Fig4). A *pars plicata* funde-se posteriormente com a *pars plana* que se prolonga até contactar com a retina (P. E. Miller, 2008b).

Fig. 4 Corte longitudinal do globo ocular felino (à esquerda) e canino (à direita). Processos ciliares maiores bem visíveis na pars plicata (cabeça de seta) seguida da pars plana (asterisco) (fotografias reproduzidas com autorização do Comparative Ocular Pathology Laboratory of Wisconsin - COPLOW).



Os processos ciliares do corpo ciliar dividem-se em processos maiores e menores e o seu número apresenta grande variabilidade de espécie para espécie (aproximadamente 76 processos maiores no cão) (Murphy et al., 2012).

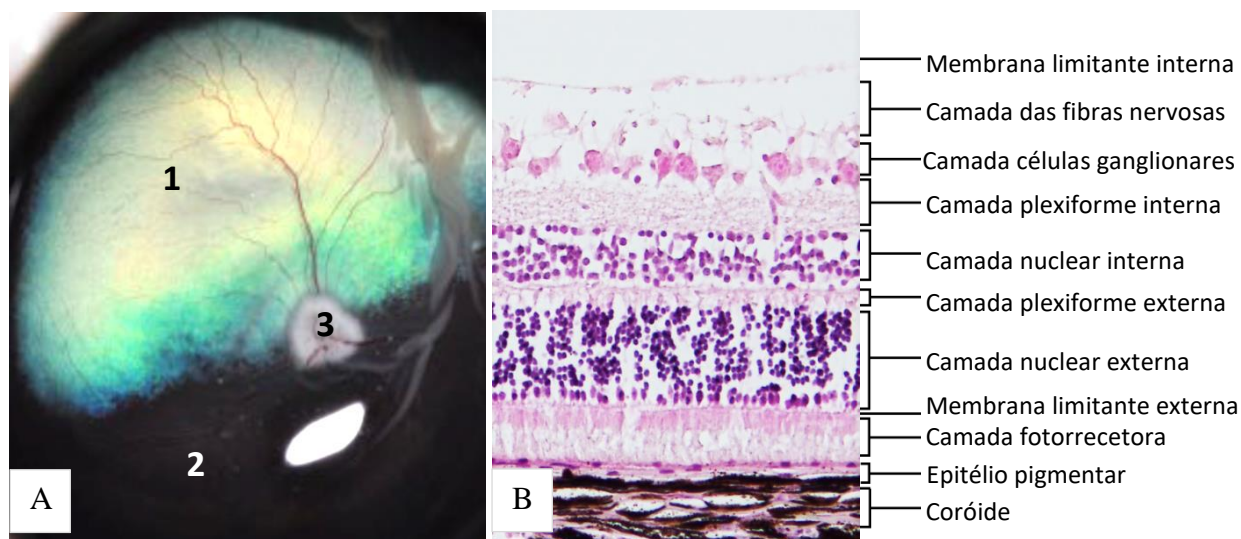
Os processos aumentam bastante a área de produção de humor aquoso (Samuelson, 2013). Adicionalmente à produção de humor aquoso, os processos ciliares têm um papel variável na acomodação do cristalino. Em anuros, aves e alguns répteis os processos ciliares contactam diretamente com o cristalino. Em comparação, nos mamíferos, os processos ciliares também servem como ponto de inserção das zónulas ou ligamento suspensor do cristalino (Gelatt, 2014). É da *pars plana* e processos ciliares que se originam as fibras zonulares que suspendem a lente (P. E. Miller, 2008b).

As fibras musculares lisas do músculo ciliar juntamente com vasos sanguíneos, tecido conjuntivo e tecido nervoso ocupam a maior parte do corpo ciliar (P. E. Miller, 2008b). Enquanto nos primatas o músculo ciliar é organizado em fibras musculares circulares e fibras meridionais, que lhes confere um extenso poder de acomodação, nos cães apenas as fibras meridionais se encontram presentes (Murphy et al., 2012). Nos mamíferos, a contração do músculo ciliar, proporcionada essencialmente por fibras do sistema nervoso parassimpático provenientes do par craniano III (Samuelson, 2013) e algumas do simpático (Gilmartin, 1986), resulta num aumento da drenagem do humor aquoso da rede trabecular a nível do AIC e diminuição da tensão sobre as zónulas da lente (P. E. Miller, 2008b). Quando a tensão diminui, o cristalino torna-se mais esférico, ficando apto a uma distância focal menor, proporcionando a focagem de objetos próximos (Murphy et al., 2012).

2.4 RETINA

A retina é a camada mais interna do olho sendo composta por três partes: *pars iridica retinae*, *pars ciliaris retinae*, e *pars optica retinae* sendo que apenas a última é fotossensível (Murphy et al., 2012). Tanto a retina como o nervo ótico derivam do diencéfalo, conseqüentemente, a sua morfologia e fisiologia são semelhantes às do cérebro (Gelatt, 2014). A retina é o órgão responsável por traduzir luz em sinais nervosos, que são posteriormente interpretados como uma imagem visual (Ofri, 2008b). A retina é um dos órgãos com maior exigência a nível metabólico quando comparada com outros tecidos, sendo nutrida por vasos retinianos, vasos que emergem da coróide e em muito pequenas quantidades pelo vítreo (Samuelson, 2013). O exame de fundo do olho de um cão apresenta várias diferenças quando comparado com um olho humano: a presença de um tapete lúcido a nível da coróide (dividindo o fundo do olho em área tapetal e não tapetal (Fig.5A), área não tapetal altamente pigmentada e ausência de mácula ou fóvea (Parry, 1953).

Fig. 5 A - Fotografia da retina de cão: área tapetal (1) área não tapetal (2) nervo ótico (3). (adaptado de Gelatt & Plummer 2017 em “Color Atlas of Veterinary Ophthalmology”). B – corte histológico de retina de cão ampliação x100 (original).



A nível estrutural, a retina é composta por 10 camadas, sendo elas da camada mais externa (partindo da coróide) para dentro: epitélio pigmentar, camada fotorreceptora, membrana limitante externa, camada nuclear externa, camada plexiforme externa, camada nuclear interna, camada plexiforme interna, camada de células ganglionares, camada das fibras nervosas do nervo ótico e membrana limitante interna (Fig.5B) (Ofri, 2008b).

O epitélio pigmentar é constituído por uma camada simples de células cúbicas com prolongamentos que envolvem as células fotorreceptoras (Junqueira & Carneiro, 2013). Esta camada apresenta 3 funções distintas: reciclar os foto-pigmentos degradados, mediar metabolitos necessários e remover os degradados das camadas mais externas da retina (Ofri, 2008b). Contêm ainda, no seu citoplasma, grânulos de melanina que têm como função absorver a luz que estimulou os fotorreceptores (Junqueira & Carneiro, 2013).

Existem dois tipos de células com capacidades fotorreceptoras: os cones (funcionam em intensidade luminosa elevada – visão fotópica) e os bastonetes (ambientes pouco iluminados – visão escotópica). Os cones proporcionam uma acuidade visual elevada e sensibilidade à cor, por sua vez os bastonetes permitem a deteção de forma e movimento (Gelatt, 2014).

Em humanos e outros primatas, a região intersectada pelo eixo ótico é constituída exclusivamente por cones, sendo a zona com maior acuidade visual (Goldberg, 2011). Esta região é responsável pela perceção de diferentes tonalidades de cor, alta resolução de imagem, fixação binocular e noção de profundidade (Samuelson, 2013). Nos animais domésticos, incluindo os cães, não existe fóvea mas sim uma área denominada de *area centralis* – *visual streak* - com alta densidade populacional de cones e células ganglionares. Ainda que

considerada a área de maior acuidade visual, em nada se compara com a do ser humano por não ser exclusivamente constituída por cones e por não haver diminuição do espessamento da retina nessa região (Murphy et al., 2012; Peichl, 1992). Em toda a retina vários bastonetes convergem numa só célula bipolar. O mesmo não acontece com os cones, especialmente na *area centralis*, onde cada cone comunica exclusivamente com uma célula bipolar permitindo uma alta resolução da imagem captada (Samuelson, 2013).

A membrana limitante externa é formada pela junção entre os cones e bastonetes com as células de Müller (células de sustentação com função metabólica, de armazenamento de energia e regulação iónica) (Ofri, 2008b). A camada nuclear externa contém a soma dos corpos celulares dos fotorreceptores (Samuelson, 2013). A camada plexiforme externa é a camada em que são estabelecidas as sinapses entre os axónios dos cones e bastonetes com as dendrites das células horizontais (células que estabelecem comunicação entre vários fotorreceptores) e bipolares (Junqueira & Carneiro, 2013). A camada nuclear interna engloba a soma das células horizontais, bipolares, amácrinas e de Müller. A segunda camada sináptica ou camada plexiforme interna estabelece conexão entre os axónios das células bipolares, horizontais e amácrinas com as dendrites das células ganglionares (Ofri, 2008b). A camada de células ganglionares contém os núcleos das células ganglionares, vasos retinianos e algumas células da neurógliia. Desta camada saem os axónios das células ganglionares, que concorrem todos para o polo posterior do globo ocular, formando o nervo ótico. Para manter a transparência da retina, os axónios não têm bainha de mielina (Samuelson, 2013). Por último a membrana limitante interna corresponde à fusão das terminações das células de Müller e separa a retina do corpo vítreo (Junqueira & Carneiro, 2013).

3. Visão e Refração Ocular

3.1 VISÃO NOS CÃES

Devido à multitude de fatores que intervêm na visão, é difícil estimar com exatidão a capacidade visual do cão. De um modo geral contribuem para capacidade visual a percepção da luz e movimento; perspectiva visual, campo visual e profundidade de campo; acuidade visual; capacidade de percepção de cor e forma (P. Miller & Murphy, 1995)

3.1.1 LUZE MOVIMENTO

A visão dos cães não está adaptada para uma visão estritamente diurna ou noturna mas para uma existência fótica arrítmica (Pretterer, Bubna-Littitz, Windischbauer, Gabler, & Griebel, 2004). Pavlov afirma que a capacidade dos cães analisarem a intensidade luminosa em condições de baixa iluminação é tão desenvolvida que o ser humano é incapaz de determinar os seus limites usando os seus próprios sentidos (P. Miller & Murphy, 1995).

Os cães usam vários mecanismos para melhorar a sua capacidade visual em ambiente escotópico. Tanto os cães como o ser humano usam os bastonetes em ambientes pouco iluminados (P. Miller & Murphy, 1995). A retina do cão é composta predominantemente por bastonetes, sendo os cones apenas 3% de todas as células fotorreceptores (no ser humano 5%). Na região central da retina o seu número sobe para 20% mas a partir daí o rácio cone/bastonete diminui (Pretterer et al., 2004). Na mesma região, no ser humano, predominam cones, importantes para a visão em ambiente fotópico e percepção de cor (P. Miller & Murphy, 1995). A rodopsina, pigmento existente nos bastonetes, também apresenta diferenças entre o cão e o ser humano. Embora tenha picos de sensibilidade para luz com comprimentos de onda semelhantes ($\lambda=506-510\text{nm}$ no cão; $\lambda=496\text{nm}$ no ser humano), no cão, este pigmento continua a aumentar a sensibilidade à luz até durante 1 hora (Miklosi, 2014; P. E. Miller, 2001). A presença de um tapete lúcido refletor também contribui favoravelmente para a capacidade visual em ambiente noturno. No gato sabe-se por exemplo que o tapete lúcido faz com que a reflexão ocular seja 130 vezes superior à do ser humano. O mesmo acontece no cão, mas não de forma tão exuberante como no gato (P. Miller & Murphy, 1995). O sistema visual canino também está adaptado para um bom desempenho em ambiente fotópico. Tipicamente, a porção superior da retina recebe luz proveniente do chão e planos inferiores (mais escuros) e a parte inferior recebe luz mais brilhante proveniente do céu (P. E. Miller, 2001). Vários mecanismos permitem ao cão uma boa visão fotópica: ajustamento reflexo do diâmetro pupilar; alteração da sensibilidade dos bastonetes; recrutamento de cones. Adicionalmente foi sugerido que células amácrinas especializadas que estabelecem contacto entre as regiões superior e inferior da retina consigam equilibrar as diferenças de incidência luminosa na retina (P. Miller & Murphy, 1995). O tapete, localizado superiormente, também pode ser responsável por melhorar a visualização do chão, normalmente escuro. Inferiormente a região altamente pigmentada da retina reduz a dispersão de luz originada pelo excesso de brilho do céu (Pretterer et al., 2004).

Tal como o ser humano, o cão é muito mais sensível à percepção de objetos em movimento do que objetos estáticos (P. Miller & Murphy, 1995). Os cães conseguem ver objetos em

movimento a distâncias entre 800-900 m. Estas distâncias descem para os 500-600 m em objetos estáticos (Miklosi, 2014).

3.1.2 PERCEÇÃO DE PROFUNDIDADE - ESTEREOPSIA

A percepção de profundidade é maior nas regiões onde o campo visual dos dois olhos se sobrepõe (P. Miller & Murphy, 1995). O campo visual e grau de sobreposição binocular varia entre raças nos cães. Raças dolicocefálicas têm um campo visual superior ao das braquicefálicas. Em termos de campo de visão, a amplitude do campo de visão monocular é estimada em cerca de 135-150° e binocular em 30-60°, resultando num campo visual de cerca de 240° (Fig.6) (P. E. Miller, 2001; Pretterer et al., 2004).

Fig. 6 Comparação do campo visual entre o ser humano (esquerda) e duas raças caninas: braquicéfala (centro) e dolicocefala (direita). Note-se o aumento progressivo de campo visual em detrimento da visão binocular (original).



No ser humano, o campo visual, abrange por volta de 160-200° com uma sobreposição de 120°. A visão binocular é responsável pela melhoria significativa da noção de profundidade, o que se torna relativamente vantajoso em predadores (Harwerth & Schor, 2011). Embora os campos monoculares não se cruzem de forma tão marcada como no ser humano, a percepção de profundidade nos cães é suficiente para o seu estilo de vida (P. Miller & Murphy, 1995). Ainda que não tão eficaz, a noção de profundidade monocular é mantida pelo brilho relativo e sombra dos objetos, sobreposição de objetos e movimento de paralaxe (P. E. Miller, 2001).

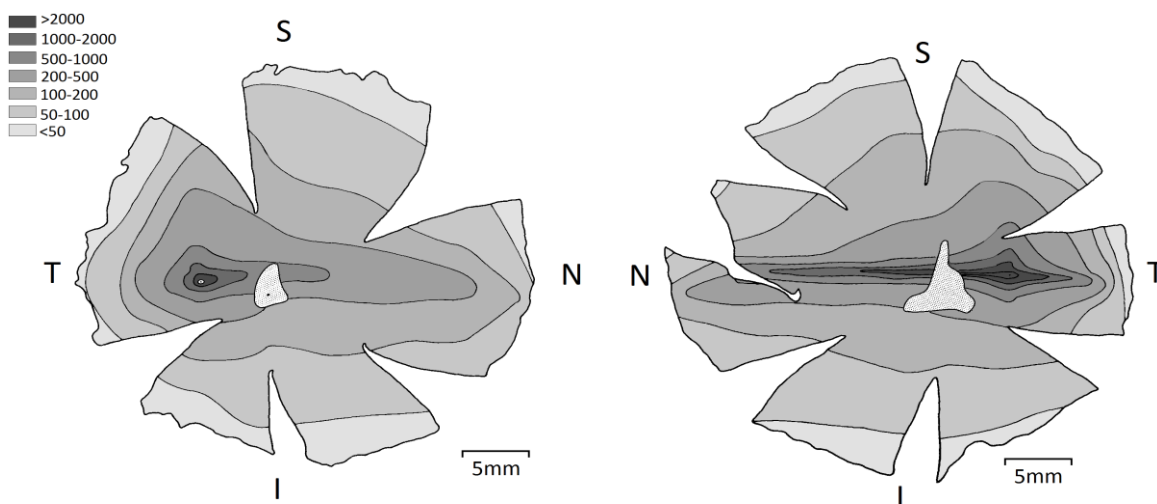
3.1.3 ACUIDADE VISUAL

A acuidade visual refere-se à capacidade de perceber detalhe. Esta capacidade depende de vários fatores: capacidade do olho gerar uma imagem focada na retina (funcionalidade dos meios refrativos); da capacidade da retina receber e processar a imagem; interpretação da imagem a nível do córtex visual (Cline, Hofstetter, & Griffin, 1997). Pensa-se que os cães tenham uma acuidade visual limitada pela retina e não pelas capacidades óticas do olho. Retinas com excelente capacidade de resolução têm um grande rácio de células ganglionares/fotorreceptores; um grande número de células ganglionares e fibras nervosas no

nervo ótico e grande densidade de fotorreceptores. O nervo ótico humano contém 1,2 milhões de fibras nervosas enquanto o cão contém apenas 167.000 (P. Miller & Murphy, 1995). O cão apresenta um total de cerca de 115.000-150.000 células ganglionares, atingindo uma concentração máxima de 14.400 células/mm² na região de maior acuidade, *visual streak* (Fig.7) (Peichl, 1992; Pretterer et al., 2004). No ser humano, o número estimado de células ganglionares na fóvea ronda as 38.000 células/mm² (Curcio & Allen, 1990). Curiosamente os lobos apresentam todos os valores e rácios superiores ao cão, o que sugere que apresentem uma acuidade visual superior à do cão (Peichl, 1992). Enquanto a proporção de cones para células ganglionares na fóvea, em humanos, é de 1:1, na região equivalente no cão é de 1:4. Testes de acuidade visual realizados em cães sugerem que os cães apresentam uma acuidade visual 3 a 4 vezes pior quando comparada com humanos. Significaria que um cão apenas conseguiria distinguir detalhadamente um objeto a 6 m enquanto uma pessoa veria da mesma maneira a 22.5 m (Miklosi, 2014).

Existem várias técnicas de avaliação de acuidade visual. Uma das mais conhecidas é a da fração de Snellen que descreve a acuidade visual de uma pessoa normal como 20/20 (pés) ou 6/6 (metros) (D. Miller & Schor, 2011). O numerador representa a distância a que o paciente consegue ver os detalhes de uma imagem (letra) e o denominador o que uma pessoa normal veria a 20 pés. O cão tem uma acuidade estimada para 20/75 ou 6/23 (P. E. Miller, 2001).

Fig. 7 Mapa de isodensidade de células ganglionares na retina esquerda de um pastor alemão (esquerda) e direita de um lobo (direita) (adaptado de Peichl, L. (1992) em “*Journal of Comparative Neurology*”).

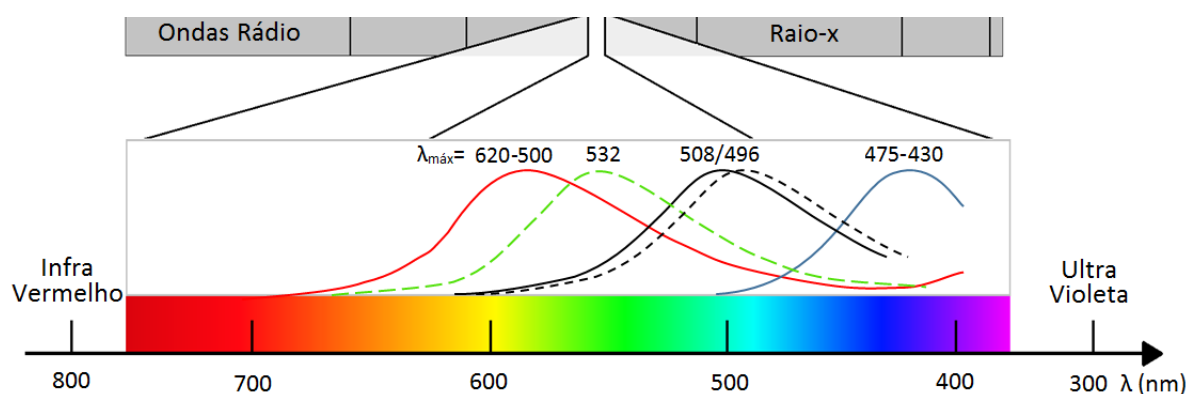


Legenda: S – superior; I – inferior; T – temporal; N - nasal

3.1.4 PERCEÇÃO DE COR

A retina do cão apresenta dois tipos de fotorreceptores: os bastonetes representando 97% das células, responsáveis pela visão monocromática em ambiente escotópico e os cones (3%). Os cones podem ser divididos em duas classes dependendo do tipo de fotopigmento, a opsina. (Miklosi, 2014). No cão os cones apresentam picos de sensibilidade para comprimentos de onda de duas regiões do espectro: entre 430-435 nm (88%) e outros entre 550-560 nm (12%), o que faz com que tenham uma visão dicromática (Jacobs, Deegan, Crognale, & Fenwick, 1993). O ser humano apresenta mais um tipo, com um pico próximo dos 530 nm responsável pela percepção dos verdes (Mancuso, Kuchenbecker, & Neitz, 2011). Das espécies de mamíferos a que foram realizados testes para avaliação da percepção de cor, a grande maioria apresenta dicromacia. Pensa-se que a visão tricromática seja característica dos primatas (Neitz, Geist, & Jacobs, 1989). Uma característica interessante presente na espécie canina, é a capacidade de distinguir tons de cinzento muito semelhantes, que não são distinguíveis para o ser humano, característica que se torna vantajosa em espécies adaptadas à visão escotópica (mais importante que uma visão tricromática, uma vez que os cones não são estimulados neste tipo de ambientes) (P. Miller & Murphy, 1995). Na verdade a visão canina assemelha-se muito à deuteranopia humana (tipo de dicromacia humana que resulta na ausência de um tipo de cones, um dos vários tipos de daltonismo ou discromatopsia). Deste facto resulta uma visão que divide o espectro visível em duas áreas: do violeta ao azul (430-475nm), sendo predominantemente visível o azul; do verde-amarelado ao amarelo e vermelho (500nm-620nm) sendo percecionado predominantemente o amarelo (Mancuso et al., 2011; P. E. Miller, 2001; Neitz et al., 1989). Esta característica, pouca ou nenhuma implicação apresenta na vida de um cão exceto em cães guia na distinção da cor nos semáforos pedonais, onde nesses casos os cães são treinados pela localização do sinal e não pela cor (P. E. Miller, 2001).

Fig. 8 Picos de captação da luz visível pelos fotopigmentos da retina humana e canina. A curva a vermelho e azul correspondem às opsinas caninas. A verde traçada está presente apenas no ser humano. As pretas, contínua e traçada, correspondem à rodopsina canina e humana respetivamente (original).



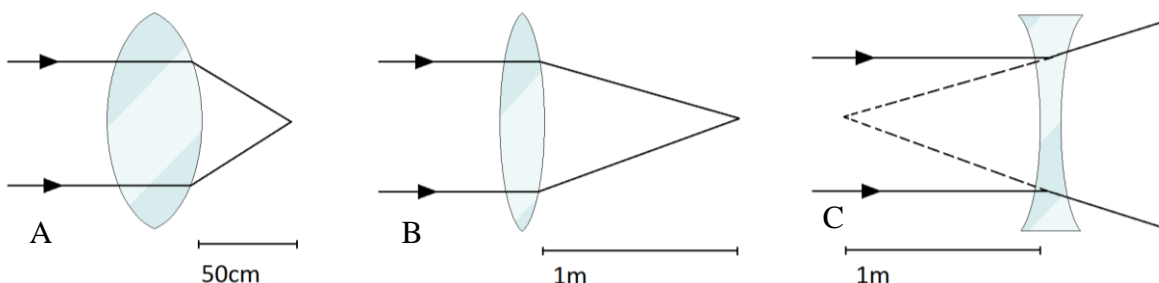
3.2 REFRAÇÃO

Quando um feixe de luz incide obliquamente numa superfície que separa dois meios com índices refrativos (n) diferentes, a sua direção muda, quando passa do primeiro meio para o segundo. Esta mudança de direção, designada por refração, é causada pela mudança de velocidade da luz refratada no novo meio (Keirl & Christie, 2007) e é determinada pelo ângulo de incidência e o índice refrativo dos dois meios (Ofri, 2013). O índice refrativo de um material varia consoante o comprimento de onda da luz incidente (Keirl & Christie, 2007).

Um objeto que refrate luz é denominado lente. Quando um foco de luz atinge uma lente, este sofre refração, podendo os raios resultantes sofrer aproximação (convergência) ou afastamento (divergência) (Ofri, 2013). Quando um feixe luminoso atravessa uma lente côncava, os seus raios sofrem vergência negativa ou divergência; por sua vez, quando atravessam uma lente convexa, sofrem vergência positiva ou convergência (Corboy, 2003).

O poder de vergência de uma lente é medido numa unidade designada por dioptria (D). Uma dioptria é o poder de vergência de uma lente com um comprimento focal (f) de 1 m no ar: $D=1/f$. O comprimento focal de uma lente é diretamente proporcional ao seu raio de curvatura (Ofri, 2013). Dioptrias positivas descrevem convergência e dioptrias negativas, divergência. Por exemplo uma lente convexa com um comprimento focal de 0.25 m terá um poder dióptrico de +4D, enquanto uma lente convexa com comprimento focal de 0.5 m terá um poder de +2 D (Corboy, 2003). O poder positivo de uma lente convexa forma uma “imagem real” (desde que o objeto esteja localizado a uma distância igual ou superior ao comprimento focal da lente), ou seja, o ponto de intersecção dos raios do feixe ocorre do outro lado da lente; o poder negativo de uma lente negativa forma uma “imagem virtual”, sendo o ponto de convergência a intersecção do prolongamento dos feixes divergentes, mas do mesmo lado do objeto quando comparado com a lente (Fig.9) (Ofri, 2013).

Fig. 9 Representação esquemática do efeito sobre raios paralelos provenientes do infinito de uma lente positiva (convergente) com +2D (A) +1D (B) e negativa (divergente) com -1D (C) (original).



A distância a partir da qual os feixes de um objeto ou foco de luz deixam de ter divergência quantificável é designada por infinito ótico, sendo, em ótica clínica, considerado a partir de 6 m (Brown, 2007). A convergência dos raios efetuada por um sistema ótico, nos raios

provenientes de um objeto a 6 m, seria 1/-6, o equivalente a -0.16(6)D. Na prática, a diferença entre 0.16D e 0D não é detetável para o olho e pode ser desprezada (L. Vieira, comunicação pessoal, Abril 7,2017). Na realidade os raios nunca deixariam de divergir mas a vergência torna-se mínima, podendo os raios ser considerados paralelos (Brown, 2007).

3.3 REFRAÇÃO NOS MEIOS E SUPERFÍCIES OCULARES

Uma das funções primárias do olho é formar uma imagem focada na retina. Os componentes oculares que a luz atravessa até chegar à retina são: a córnea, humor aquoso, cristalino e corpo vítreo (Glasser, 2011). O poder refrativo dos componentes óticos é aditivo e determinado pelo seu índice refrativo, espessura, curvatura das superfícies e diferença de índice refrativo entre os meios. Quanto maior a diferença, maior o poder refrativo (Murphy et al., 2012; Ofri, 2013).

A primeira superfície ótica é a película lacrimal pré-corneal com índice refrativo de 1.337 e por essa razão poder-se-ia afirmar que seria a estrutura com maior poder refrativo do olho devido à grande diferença de índice refrativo na interface ar/película lacrimal (1/1.337) (Ofri, 2013).

A segunda estrutura é a córnea, tendo um índice refrativo de 1.375 (Coile & O'Keefe, 1988). A refração é maior em estruturas com superfícies mais curvas, ou seja, com raio de curvatura menor (Murphy et al., 2012). Foi realizado um estudo, envolvendo 126 olhos de cães, que calculou o potencial dióptrico da córnea em $39.94 \pm 2.61D$, sendo as variações atribuídas à diferença entre raças; como já referido anteriormente, raças mais pequenas têm um raio de curvatura menor (maior potencial refrativo) do que raças grandes (Jacque Gaiddon, Rosolen, Steru, Cook, & Peiffer, 1991).

O poder refrativo da córnea e da película lacrimal não é aditivo. A diferença dos índices refrativos entre a película lacrimal e córnea acrescenta a esta última 5 D, no entanto este aumento perde-se quando os raios entram no humor aquoso que tem um índice refrativo, para o cão, de 1.336, semelhante ao da película lacrimal. Por essa razão se atribui à película pré-corneal combinada com a córnea um poder refrativo total de cerca de 40 D (Coile & O'Keefe, 1988; Courville, Smolek, & Klyce, 2004; Ofri, 2013).

De uma maneira global a passagem da luz pelo humor aquoso não tem grande significado, sendo a próxima “estrutura” no trajeto a pupila. A abertura pupilar não é considerada uma estrutura refrativa porque não tem índice refrativo mas contribui grandemente para o poder de resolução do olho (Ofri, 2013), que será descrito posteriormente.

A segunda superfície de refração mais potente no olho é o cristalino (Gum & MacKay, 2013). Embora a córnea tenha o maior efeito refrativo, o cristalino é a estrutura de aperfeiçoamento

da refração ocular convergindo o foco na camada fotorreceptora da retina (Gelatt, 2014). O cristalino tem maior índice refrativo do que qualquer dos componentes óticos (1.528) (Coile & O'Keefe, 1988), tendo um poder dióptrico equivalente a +41.5D no ar, com base no cálculo da potência da IOL usada em cirurgia de cataratas (M.G. Davidson et al., 1993). No entanto, encontra-se rodeado por meios com índices semelhantes ($n_{\text{humor aquoso}}=1.3364$; $n_{\text{vítreo}} = 1.3359$) (Murphy et al., 2012), o que faz com que contribua para a refração ocular total com apenas cerca de 14 D, o equivalente ao erro refrativo de um animal afáquico (R. Ofri, comunicação pessoal, Junho 10, 2017). Nos mamíferos, o cristalino é a única estrutura capaz de alterar o seu poder refrativo através de um processo designado por acomodação (Samuelson, 2013).

Alterações de transparência tanto da córnea (e.g. edema) como do cristalino (e.g. catarata) levam a uma visão pouco nítida, com perda de contraste devido à dispersão aleatória de luz pelo globo ocular. A grande maioria das cataratas acaba por ter mais um efeito de dispersão do que propriamente bloqueio físico à passagem de luz (D. Miller & Schor, 2011).

O próximo órgão refrativo é o vítreo. A refração da luz quando passa do cristalino para o vítreo é muito reduzida. No entanto, o vítreo desempenha um papel importante no desenvolvimento refrativo do olho (Ofri, 2013) (discutido na seção - Emetropia e Erro refrativo).

O poder dióptrico total de um olho humano corresponde a cerca de 60D, contribuindo a córnea com, em média, 43 D (70%) (Courville et al., 2004) e o cristalino 18-20 D em relaxamento, podendo somar 12-16 D (em jovens) em acomodação (Glasser, 2011). No cão, o poder refrativo será idêntico, com 40 D por parte da córnea, contribuindo o cristalino com os restantes 30-35% da refração ocular total (Jacque Gaiddon et al., 1991; Ofri, 2008a). Em meios aquáticos, a córnea perde o seu poder refrativo, por essa razão, em vertebrados aquáticos, aves marinhas, mamíferos semiaquáticos e marinhos, a maior parte do poder refrativo deve-se ao cristalino, chegando a ser quase totalmente esférico em peixes e mamíferos aquáticos (Glasser, 2011; Ott, 2006).

3.4 ACOMODAÇÃO

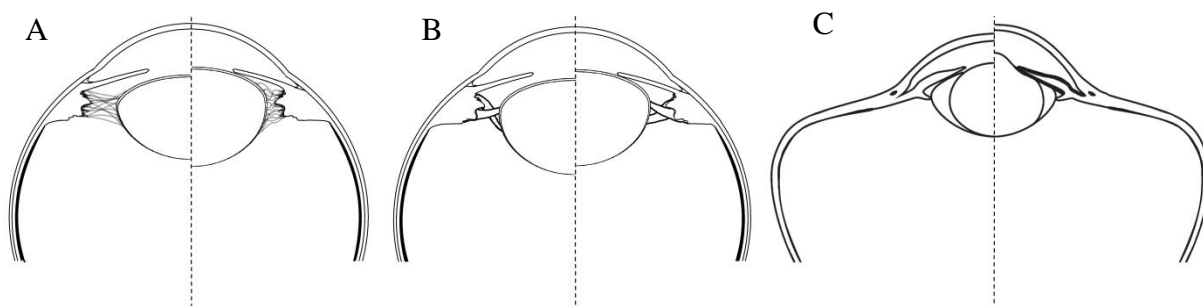
Um olho emétrepe está programado para a visão à distância, por essa razão tem que acomodar para uma visão mais próxima (D. Miller & Schor, 2011). A acomodação ocular traduz-se num processo neuromuscular que permite ao olho focar objetos a diferentes distâncias, através da alteração do seu poder refrativo (Gray & Winn, 2017). A acomodação pode ser classificada como: tónica (a quantidade de acomodação presente na ausência de estímulo); convergente (a acomodação estimulada pela convergência binocular); acomodação proximal (acomodação

estimulada pela noção de proximidade de um objeto) e acomodação reflexa (resposta involuntária normal a uma imagem desfocada) (Keirl & Christie, 2007).

Na acomodação, para focar objetos próximos, o olho aumenta o seu poder dióptrico – acomodação positiva. Quando um olho altera o seu foco, de um objeto próximo para um mais distante, diminui o seu poder dióptrico – acomodação negativa (Keirl & Christie, 2007).

Dada a diversidade de vertebrados, existem diferentes mecanismos de acomodação adaptados ao ambiente em que vivem e modo de alimentação (Glasser, 2011). Em vertebrados, a acomodação é atingida através de vários mecanismos: alterando a curvatura da córnea, alterando a distância entre a córnea e retina, mudando a curvatura e posição do cristalino ou tendo dois ou mais trajetos óticos com diferentes poderes refrativos (Ofri, 2013). O modelo mais conhecido de acomodação é o proposto por Helmholtz em 1855 que descreve o processo acomodativo em humanos e primatas (Fig.10A) (Ott, 2006). Segundo este modelo, quando o músculo ciliar está em relaxamento, os processos ciliares do corpo ciliar mantêm as zónulas sobre tensão conferindo ao cristalino uma forma mais discóide (menor comprimento axial, menor poder refrativo) permitindo ver objetos distantes (Keirl & Christie, 2007; Ofri, 2013). No processo de acomodação positiva, o músculo ciliar contrai movendo o corpo ciliar concentricamente no sentido do eixo ótico reduzindo a tensão exercida sobre as zónulas (Keirl & Christie, 2007). As propriedades elásticas da cápsula do cristalino comprimem a lente, forçando-a a adotar uma forma mais esférica: o diâmetro diminui, a espessura do núcleo aumenta, a espessura do córtex mantém-se, a superfície anterior é movida anteriormente e a superfície posterior é movida posteriormente (Glasser, 2011). O aumento da curvatura das superfícies, anterior e posterior, resultam no aumento do poder dióptrico do cristalino (Ofri, 2013).

Fig. 10 Representação de três tipos de acomodação ocular. Da esquerda para a direita: acomodação lenticular humana; lenticular felina pelo mecanismo de translação da lente; ave marinha pelos dois mecanismos lenticular com protusão de um lenticone anterior e corneal (original).



Nas aves marinhas a acomodação dá-se por dois mecanismos, corneal e lenticular (Fig.10C), pela diminuição do raio de curvatura da córnea central e por compressão direta entre o cristalino e a íris que por sua vez, devido a uma potente musculatura circunferencial, deformam a superfície anterior do cristalino formando um lenticone anterior pela pupila

(Cronin, 2012; Ott, 2006). A acomodação é muito variável nos mamíferos. As ratazanas e ratos não acomodam de todo (nalgumas espécies verifica-se mesmo ausência de músculo ciliar) (Ott, 2006) e os herbívoros domésticos (ovinos, equinos, bovinos) praticamente não têm capacidade acomodativa (Glasser, 2011; Ofri, 2013). A cápsula do cristalino dos felinos tem 5% da elasticidade da de um humano. Por essa razão, acomoda, não alterando a curvatura da superfície capsular, mas por um movimento anteroposterior de translação onde o cristalino é movido na sua totalidade (Fig.10B) (Ofri, 2013).

Embora não esteja completamente explicado o mecanismo acomodativo nos cães, pensa-se que ocorra uma conjugação do mecanismo descrito nos primatas por Helmholtz, com o descrito nos felinos de translação da lente. Sabe-se, no entanto, que os cães têm uma amplitude de acomodação bastante reduzida, entre 1 a 3 D, dependendo do autor (P. E. Miller, 2008a; P. Miller & Murphy, 1995; Murphy et al., 2012; Ofri, 2013; Ott, 2006). Devido a esta amplitude acomodativa, os cães têm uma profundidade de campo para objetos próximos de 33-100 cm, sendo objetos mais próximos percebidos pelo olfato (Ofri, 2013).

Tabela 1. Amplitude acomodativa de diferentes espécies

Espécie	Amplitude acomodativa (D)
Cavalo (<i>Equus ferus caballus</i>)	1D ^d
Cão (<i>Canis lupus familiaris</i>)	1-3D ^{a,b}
Gato (<i>Felis catus</i>)	2-8D ^d
Humano (<i>Homo sapiens</i>)	10-15D ^c
Guaxinim (<i>Procyon lotor</i>)	20D ^c
Macaco Rhesus (<i>Macaca mulatta</i>)	34-40D ^{c,d}
Corvo-marinho (<i>Phalacrocorax spp</i>)	50D ^c
Lontra marinha (<i>Enhydra lutris</i>)	60D ^a

Legenda: a (Ott, 2006); b (Paul E Miller, 2008); c (Glasser, 2011); d (Ofri, 2013);

3.5 ABERRAÇÕES ÓTICAS

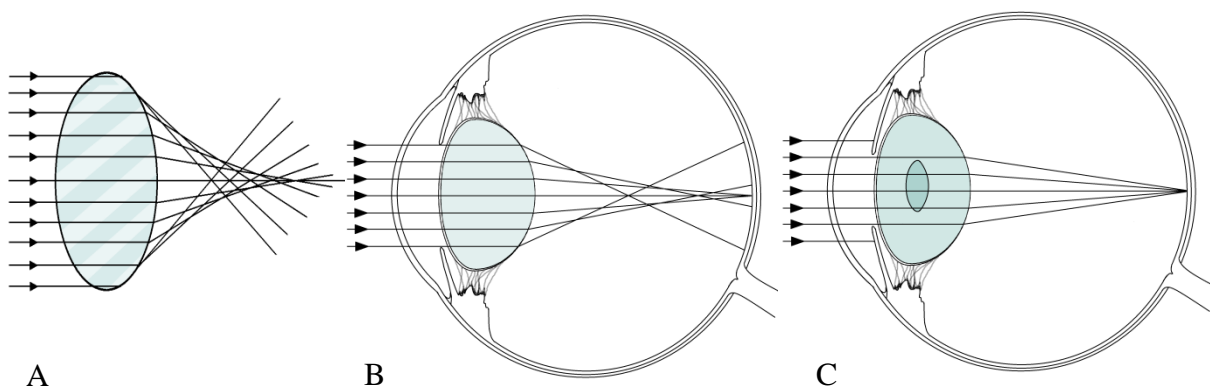
Num sistema ótico perfeito, raios paralelos, emergentes de uma imagem, convergem todos num ponto único. Na realidade tal não acontece num sistema ótico como o olho (D. Miller, Schor, & Magnante, 2009). Os raios luminosos provenientes de um objeto vão sofrendo distorção à medida que atravessam os componentes óticos do olho. Estas distorções são referidas como aberrações óticas, podendo ser agrupadas em aberrações de ordem maior (aberração esférica, cromática, coma) ou de ordem menor (hipermetropia, miopia e astigmatismo) (Tobaigy & Azar, 2009). Dois dos problemas óticos mais importantes são a aberração esférica e cromática (Ofri, 2013).

3.5.1 ABERRAÇÃO ESFÉRICA

A aberração esférica é característica das lentes esféricas e uma das maiores distorções causadas pelos componentes oculares de alto poder refrativo, como a córnea e o cristalino (D. Miller & Schor, 2011). Isto deve-se ao facto de os raios periféricos sofrerem um grau de refração diferente quando comparados com os axiais e paraxiais (Fig.11A). Como consequência, a imagem não se forma uniformemente na retina, resultando numa imagem desfocada (Dai & Boulton, 2009). Tanto a córnea como o cristalino apresentam adaptações anatómicas que permitem minimizar esta aberração; o cristalino apresenta densidades diferentes e índices refrativos diferentes, tendo a região cortical periférica menor poder refrativo do que o núcleo (Murphy et al., 2012). Na verdade, o cristalino do cão apresenta aberração esférica negativa (os raios refratados pela periferia do cristalino convergem mais distalmente do que os refratados pelo núcleo). Pensa-se que seja um mecanismo compensatório para a aberração esférica positiva induzida pela córnea (P. Miller & Murphy, 1995). Por outro lado, a córnea não é uma lente esférica perfeita, sendo mais achatada e mais espessa na periferia (D. Miller & Schor, 2011; Ofri, 2013).

Uma das estruturas fundamentais na redução da aberração esférica é a pupila. A redução do diâmetro pupilar bloqueia a passagem dos raios luminosos que entram no olho pela região mais periférica da córnea (Fig.11C) (Ofri, 2013). A acomodação por si só, juntamente com a redução do diâmetro pupilar, representam dois mecanismos de redução desta aberração (López-Gil & Fernández-Sánchez, 2010). Em espécies com baixa amplitude acomodativa, de que é exemplo o cão, a íris desempenha um papel crítico, uma vez que diminuindo o diâmetro pupilar, diminuem também os efeitos da aberração esférica, resultando num aumento do poder de resolução do olho (Ofri, 2013)

Fig. 11 Aberração esférica numa lente esférica e no cristalino. Note-se que raios de luz incidentes periféricos são mais convergidos que os axiais e paraxiais (A;B). Em C é possível ver o efeito de bloqueio da íris sobre os raios mais periféricos e vergência diferente entre os raios que atravessam o núcleo e córtex devido à densidade e índice refrativo diferentes (original).



3.5.2 ABERRAÇÃO CROMÁTICA

Quando uma luz branca atravessa uma lente ponderosa ou um prisma, sofre refração e separação nas diferentes cores do espectro (Sepulveda & Krueger, 2011). O mesmo acontece quando a luz atravessa o cristalino (Dai & Boulton, 2009). Como referido anteriormente, este fenómeno ocorre porque o índice refrativo não é constante mas sim dependente do comprimento de onda de um feixe (Ofri, 2013). Embora tenha alguma importância em humanos, este erro ótico perde o seu significado em espécies com visão dicromática, como é o caso do cão. Uma vez que os comprimentos de onda desfocados podem não ser absorvidos pelos fotorreceptores, esta aberração tem implicações funcionais na visão muito reduzidas (P. Miller & Murphy, 1995; Ofri, 2013).

4. Facoemulsificação e Lentes Intraoculares

4.1 FACOEMULSIFICAÇÃO

A facoemulsificação envolve a fragmentação através de ultrassons e aspiração do cristalino, sendo atualmente a técnica de eleição para resolução de cataratas (Yi et al., 2006). Veio revolucionar completamente a abordagem cirúrgica de cristalinos com cataratas, que até à introdução desta técnica, eram removidos pela técnica de extração extracapsular com riscos pós cirúrgicos superiores (Gelatt & Wilkie, 2011). O procedimento envolve a criação de um abertura a nível da cápsula anterior do cristalino, capsulorréxis, que permite o acesso ao material lenticular. Após emulsificação e aspiração da lente são realizados ciclos de irrigação/aspiração para remoção de fibras residuais. De seguida a cápsula é polida e rotineiramente é colocada uma lente intraocular (IOL) no saco capsular (Peterson-Jones, 2002). Uma das fases mais críticas da cirurgia de cataratas é a capsulorréxis uma vez que uma abertura demasiado grande não será suficiente para manter uma IOL no saco capsular e a rutura intracirúrgica accidental da cápsula impedirá completamente a colocação de uma IOL capsular, deixando o animal afáquico (Gelatt & Wilkie, 2011). Outra causa de impossibilidade de implantação de IOL no saco capsular é a luxação do cristalino onde há deslocamento da lente relativamente à sua posição original por rutura das zónulas (Peterson-Jones, 2002). Em casos de luxação da lente esta deve ser removida cirurgicamente (facoemulsificação ou extração intracapsular) pelo risco de desenvolvimento glaucoma secundário (Gelatt & Wilkie, 2011) Relativamente às complicações pós facoemulsificação e colocação de IOL, a mais prevalente de todas é a opacificação da cápsula posterior (PCO) com uma incidência de 69-100%, uma percentagem muito superior à de medicina humana, talvez devido à capacidade de resposta inflamatória superior nos cães (Gift, English,

Nadelstein, Weigt, & Gilger, 2009). A PCO é causada por uma resposta regenerativa de células epiteliais residuais do cristalino, que sofrem uma alteração funcional comportando-se como células tipo miofibroblasto. Estas células migram ao longo da cápsula até à zona interstada pelo eixo ótico comprometendo a visão (Gift et al., 2009). As restantes complicações no pós-cirúrgico incluem: uveíte transitória, hifema, instabilidade da lente ou luxação da lente, glaucoma, descolamento da retina, sinérese do vítreo e doenças da córnea (queratoconjuntivite seca, edema, úlcera) (Lim, Bakker, Waldner, Sandmeyer, & Grahn, 2011; Yi et al., 2006).

4.2 LENTES INTRAOCULARES

4.2.1 SELEÇÃO DO PODER DIÓPTRICO

Em medicina humana, o cálculo da potência da IOL é obtida através da medição do poder refrativo da córnea (por queratometria) e comprimento axial (AL) do globo ocular através de biometria. Os valores medidos são posteriormente aplicados em fórmulas de cálculo da IOL para cada paciente individualmente (Norrby, 2008).

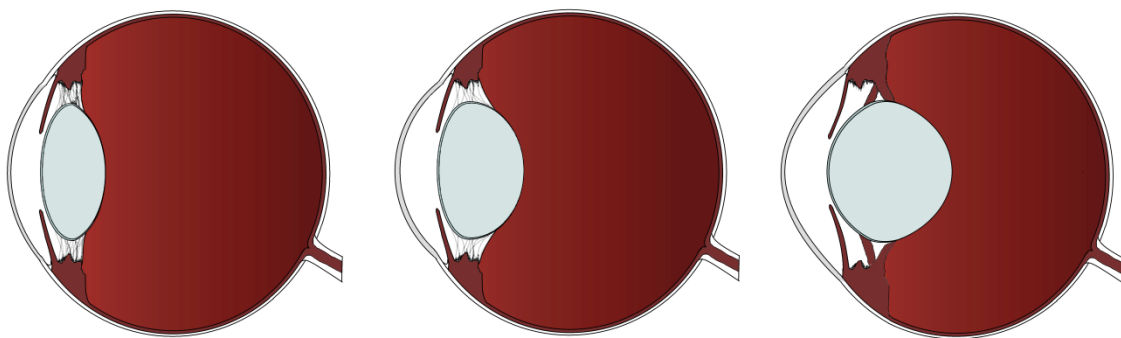
A medição do potencial refrativo da córnea baseia-se no grau de curvatura da córnea. Esta medição pode ser feita com queratómetros, topógrafos ou com vídeoqueratografia computadorizada, a última fornecendo resultados mais precisos, uma vez que a maioria dos queratómetros e topógrafos, não fornecem informação suficiente para o cálculo do poder refrativo exato da córnea (Courville et al., 2004). O comprimento axial é definido como a distância entre a superfície corneal anterior e o epitélio pigmentar da retina. A sua medição pode ser feita através de métodos óticos ou ecográficos (*A-scan*) (de contacto ou de imersão) (Shahzad, Patel, & O'Brien, 2015). O de contacto implica o apoio da sonda diretamente sobre a córnea, no de imersão a sonda contacta com um recipiente escleral repleto de solução salina que envolve o globo ocular. Ambos os métodos estão associados a erros: o primeiro causa um erro de aplanamento por apoiar a sonda diretamente na córnea, o segundo por dificultar o alinhamento com o eixo ótico. (Lee, Qazi, & Pepose, 2008; Shahzad et al., 2015) O comprimento da câmara anterior (ACD) tem sido adicionado recentemente às fórmulas de cálculo da potência das IOL para minimizar erros refrativos pós cirurgia (Lee et al., 2008). Tanto a medição do ACD como AL podem ser feitos por métodos óticos – *Laser Interference Biometry* – onde é usado um interferómetro que, com recurso a laser, consegue retirar as medições sem haver contato com o paciente. Este método apresenta uma precisão superior aos métodos ecográficos (Haigis, Lege, Miller, & Schneider, 2000).

4.2.2 LENTES EM MEDICINA VETERINÁRIA

Os primeiros artigos referentes a implantação de IOLs em cães referem que lentes com um poder dióptrico de 30-40D seria o melhor para um modelo “*one size fits all*” a aplicar em cães (Peiffer & Gaiddon, 1991). Em 1991 Peiffer e Gaiddon realizaram um estudo que envolvia o uso de lentes com 25 e 30D afirmando que uma lente de 30D seria suficiente para aproximar 90% dos cães operados até 5D da emetropia. Na mesma altura, através de fórmulas semelhantes às aplicadas em humanos e com recurso a biometria e queratometria, Gaiddon et al., (1991) concluíram que os cães precisariam de IOLs com 40D para reestabelecer a emetropia. Em 1993, Davidson et al., conduziram um estudo onde usaram lentes com vários poderes dióptricos (+14.5D;+30D;+34D;+36D e +38D), posteriormente avaliaram o erro refrativo pós cirúrgico. Através de análise de regressão linear concluíram que o poder de uma IOL canina deveria ter de +39.62 a +43.14D resultando nas lentes de 41 e 42D usadas hoje em dia para todos os cães operados a cataratas.

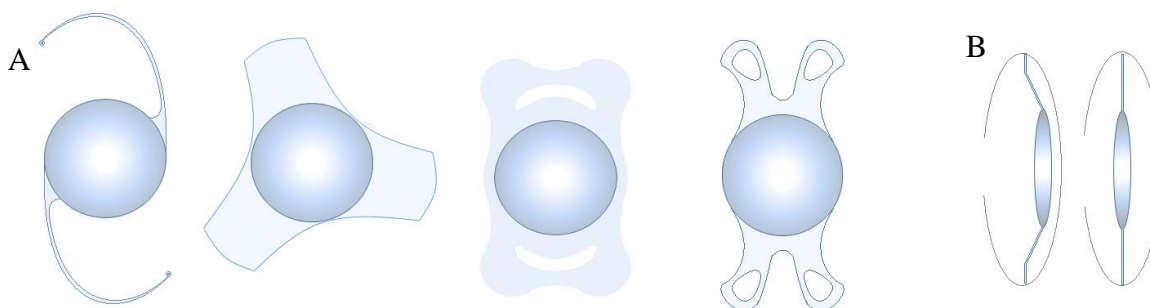
A potência das IOLs varia muito devido à grande variedade da morfologia ocular nos animais: comprimento da câmara anterior, profundidade do vítreo e espessura e curvatura do cristalino (Fig.12). Enquanto as lentes intraoculares para cães apresentam um poder de +41D, nos cavalos estão calculadas para +14D, +19-22D em humanos, nos gatos +53.5D, e +58D nos coelhos (Kuhn et al., 2015; Ofri, 2013; Sanchez, Becker, Dawson, Lam, & Escanilla, 2016).

Fig. 12 Representação esquemática do globo ocular de três espécies diferentes (por ordem: humano, canino, felino). Note-se o aumento progressivo de curvatura e espessura do cristalino, aumento progressivo da câmara anterior e diminuição da profundidade do vítreo (original).



Relativamente a materiais e *design* das lentes existem vários modelos disponíveis, consoante o fabricante. De um modo geral uma IOL intracapsular é uma peça única composta pelo corpo central – ótica – que corresponde à estrutura refrativa e extensões periféricas – hápticos – que mantêm a lente no saco capsular (Fig.13A) (J. A. Gaiddon, Lallement, & Peiffer, 2000). Os biomateriais mais comuns para IOLs caninas incluem o polimetilmetacrilato (PMMA), acrílico (hidrofílico ou hidrofóbico), silicone e hidrogel, sendo que os mais usados na prática clínica veterinária são PMMA ou acrílico (Wilkie & Colitz, 2013).

Fig. 13 A - Modelos de IOLs, da esquerda para a direita: i-Lens® PMMA; CANI/JAG®; IOL acrílico; Acrivet® 60V acrílico hidrofílico. B- Localização relativa da lente no saco capsular no caso de uma lente com hápticos angulados (à esquerda) comparada com hápticos planos (direita) (original).



As lentes de PMMA foram as primeiras a ser usadas. Estas lentes são rígidas e, entre outras, têm a principal desvantagem intraoperatória, o facto de o local de incisão na córnea ter de ser alargado até aos 8 mm para introdução da lente (J. A. Gaiddon et al., 2000). De modo a garantir que a IOL não sai do saco capsular, a maioria das lentes apresenta um diâmetro de IOL superior à do diâmetro do cristalino (10-12mm). O diâmetro das lentes de PMMA varia de 15-17mm, enquanto nas lentes de acrílico varia entre 12-14mm (Peiffer & Gaiddon, 1991; Wilkie & Colitz, 2013). As lentes de acrílico são flexíveis, o que permite que sejam dobradas durante a sua introdução no saco capsular. Consequentemente leva à realização de uma incisão na córnea muito inferior (2.5-3.5mm) quando comparada às lentes de PMMA (Yi et al., 2006).

O *design* da ótica e dos hápticos (angulação e bordos), a biocompatibilidade do material, o contacto direto máximo entre a cápsula posterior e superfície posterior da lente têm implicações diretas na formação de PCO (Gift et al., 2009). Contrariamente aos humanos, as lentes PMMA em cães estão associadas a maior resposta inflamatória ocular (espessamento da córnea, irritação da úvea anterior, edema da córnea) quando comparada a outras lentes (Gilger, Whitley, McLaughlin, Wright, & Boosinger, 1993). As lentes de acrílico hidrofóbico promovem bioadesão entre a lente e a cápsula posterior do cristalino (Gift et al., 2009). A ótica biconvexa e angulação anterior dos hápticos das lentes PMMA (Fig.13B) permitem o contacto entre a cápsula posterior do cristalino e a ótica da lente, diminuindo a severidade de migração de células epiteliais do cristalino. IOLs de acrílico com hápticos quadrangulares truncados atuam como uma barreira física à migração de células epiteliais e formação de PCO no eixo axial da lente. (Wilkie & Colitz, 2013). Um estudo conduzido por Gift et al. (2009) comparou o grau de PCO e as variações de erro refrativo entre três tipos diferentes de IOL (PMMA, acrílico hidrofóbico e acrílico hidrofílico) em cães pós facoemulsificação. Tanto as

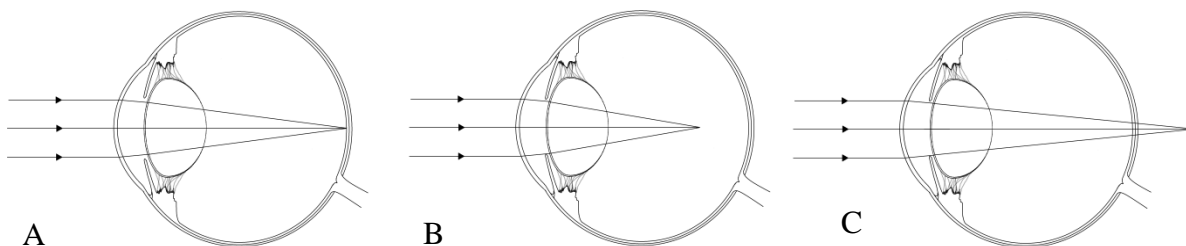
lentes hidrofóbicas como as hidrofílicas de acrílico apresentaram grau inferior de PCO quando comparadas às de PMMA. Notaram ainda que, com lentes de acrílico hidrofílico, os animais apresentavam desvio para a hipermetropia. Através de ecografia viram que estas lentes apresentavam uma posição relativa no saco capsular mais proximal à retina do que as PMMA, sendo uma causa contribuinte para este desvio. Atribuíram esta mobilidade da lente ao *design* dos hápticos por não exercerem tanta tensão sobre a cápsula como os hápticos de uma PMMA. Outro estudo refere uma eficácia na recuperação da visão 44.7% superior em lentes de acrílico relativamente a lentes PMMA (Ahmad, Saini, Mahajan, Mohindroo, & Singh, 2017).

Algumas lentes apresentam orifícios que permitem suturar a lente ao sulco ciliar, necessário em casos de instabilidade do saco capsular, sacos capsulares demasiado grandes (e.g. cataratas intumescentes diabéticas), subluxação e luxação do mesmo (Wilkie & Colitz, 2013).

5. Emetropia e Erro refrativo

A emetropia (olho normal em termos de ótica) é definida como um estado refrativo em que raios luminosos paralelos, provenientes do infinito, são focados na zona sensitiva da retina em estado não acomodativo (Khurana, 2008). O erro refrativo ou ametropia está presente quando, na ausência de acomodação, os raios luminosos não são focados na retina, classificada como aberração de ordem menor. Os raios convergidos podem ser focados anterior ou posteriormente à retina ou ainda ao longo de vários pontos focais correspondendo a miopia, hipermetropia e astigmatismo, respetivamente (Fig.14) (American Academy of Ophthalmology Refractive Management/ Intervention Panel Preferred Practice Pattern®, 2013; Tobaigy & Azar, 2009). Na ametropia estão envolvidos vários fatores entre os quais: poder refrativo da córnea, ACD, poder refrativo do cristalino e AL (D. Miller & Schor, 2011).

Fig. 14 Representação esquemática da convergência de raios luminosos num olho emétrepe (A) míope (B) e hipermétrepe (C) (original).



A emetropização é o processo pelo qual, durante o desenvolvimento do olho, desde a fase neonatal até à fase adulta, o olho passa de um estado de ametropia para um estado emétrepe.

Embora não seja um fenômeno completamente compreendido sabe-se que envolve alterações estruturais do globo ocular desencadeadas ativamente pela estimulação visual da retina, por fenômenos ambientais, fatores genéticos e bioquímicos (Koretz, Rogot, & Kaufman, 1995; Yackle & Fitzgerald, 1999)

5.1 HIPERMETROPIA

Na hipermetropia há um déficit de poder ótico e a luz emergente do objeto atinge a retina antes de haver convergência dos feixes de luz (American Academy of Ophthalmology Refractive Management/ Intervention Panel Preferred Practice Pattern®, 2013). A hipermetropia pode ser dividida, clinicamente em: hipermetropia simples ou fisiológica (devido a variação morfológicas dos componentes óticos – etiologia axial ou refrativa), hipermetropia patológica (malformações oculares congênitas, doença ocular ou trauma) ou hipermetropia funcional (resultante de paralisia de acomodação) (Moore et al., 2006).

Em humanos as causas fisiológicas são as mais comuns de hipermetropia. Na hipermetropia fisiológica o comprimento axial do globo ocular é demasiado pequeno para o poder dos componentes refrativos. Pode também estar associada a fatores lenticulares quando o eixo axial apresenta valores normais. Neste último caso incluem-se pacientes com uma curvatura da córnea diminuída ou um cristalino com poder refrativo diminuído (Rosenfield, 2006). A hipermetropia patológica compreende qualquer etiologia que não as causas de variação biológica dos componentes refrativos - alterações de desenvolvimento pré-natal, alterações patológicas lenticulares (córnea plana, esclerocórnea, síndrome de segmentação da câmara anterior). A microftalmia em humanos chega a ser responsável por um erro refrativo até +20D (Moore et al., 2006). Outra causa de hipermetropia é a ausência de cristalino – afaquia. Um animal afáquico (por sub-luxação ou luxação traumática, catarata ou mesmo congênita) perde 1/3 do poder refrativo total do sistema ótico resultando em hipermetropia alta (Khurana, 2008).

Em medicina humana estão descritos vários sintomas em pacientes hipermétropes. A dificuldade em focar objetos próximos (acima de 4D a visão de objetos distantes também se encontra comprometida) (Fig.15), disfunção acomodativa, astenopia, disfunção binocular e estrabismo são os principais (Carlos et al., 2015; Moore et al., 2006). Astenopia envolve um conjunto de sintomas associados a um esforço acomodativo excessivo. Envolve fadiga ocular, cefaleia frontal e frontotemporal, diplopia, corrimento ocular e ligeira fotofobia (Khurana, 2008).

A correção ótica da hipermetropia é feita com recurso a lentes esféricas de poder dióptrico positivo que compensam o déficit de convergência dos raios de luz (Khurana, 2008). A

hipermetropia pode ser caracterizada consoante o grau de erro refrativo - baixa hipermetropia até +2D, hipermetropia moderada de +2.25D a +5D e alta hipermetropia quando um erro superior a +5D está presente (Moore et al., 2006).

Fig. 15 Efeito de um erro refrativo de 5D (centro) e 15D (inferior) comparada com uma imagem formada na retina (superior) (original).



5.2 MIOPIA

A miopia resulta de um excesso de poder refrativo para o comprimento axial do globo ocular. Está associada ou a um aumento do comprimento axial não acompanhado de diminuição de poder lenticular ou a um excesso de convergência dos raios para um AL normal (Rosenfield, 2006). Nos humanos está descrito um modo de miopia fisiológica (não por ser um estado normal mas por ser uma resposta fisiológica ao stress e esforço acomodativo) relacionada com o excesso de trabalho próximo (D. Miller & Schor, 2011). Das causas lenticulares, destacam-se dois casos extremos, o lenticone e queratocone (Bhattacharyya, 2009). Alterações patológicas no cristalino como cataratas incipientes, e esclerose nuclear senil do cristalino são responsáveis tanto em cães como em pessoas por um desenvolvimento progressivo de miopia ou um sistema ótico mais potente. Sobrecorreção do estado refrativo em olhos pseudofáquicos (com lente intraocular) também pode ser responsável pela indução de miopia (Khurana, 2008).

Relativamente a sintomas, estão descritos um déficit de visão à distância, moscas volantes e nictalopia. Na miopia a correção ótica é feita com recurso a lentes esféricas de poder dióptrico negativo que compensam o excesso de convergência dos raios de luz (Bhattacharyya, 2009; Khurana, 2008).

5.3 ASTIGMATISMO

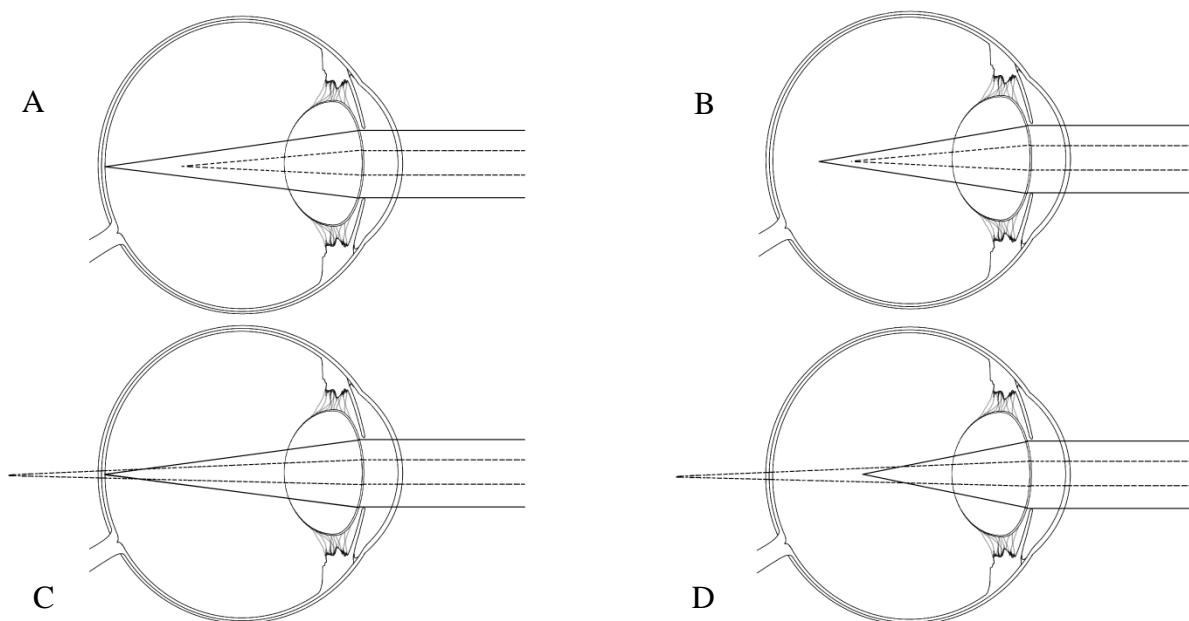
No astigmatismo, os raios incidentes paralelos são refratados numa linha de foco ou múltiplos pontos focais, em vez de um ponto focal a nível da retina, devido a desigualdades na curvatura dos diferentes meridianos (Bhattacharyya, 2009). Existem meridianos de poder refrativo superior e inferior (Atchison, 2009). O astigmatismo é dividido em regular e irregular. No primeiro caso, o poder refrativo, constante ao longo de todo um meridiano, é diferente em relação a outro meridiano da mesma superfície ótica, conseqüentemente, os raios luminosos convergidos formam duas linhas de convergência, uma principal e outra orientada a 90° de distância (Sepulveda & Krueger, 2011).

Existem três causas de astigmatismo descritas no ser humano, por ordem de prevalência são: corneal, lenticular e retiniano. No astigmatismo com origem na córnea há uma curvatura anormal na córnea resultando num poder dióptrico diferente entre eixos. O lenticular (menos frequente) é dividido em astigmatismo de curvatura (igual ao corneal); posicional, a angulação/má colocação do cristalino induz astigmatismo (congénito ou traumático na subluxação) e de índice quando há alterações focais do índice refrativo do cristalino (e.g. diabetes; esclerose senil e estadios iniciais de catarata) (Khurana, 2008; Sepulveda & Krueger, 2011). O retiniano raramente é diagnosticado e envolve um posicionamento oblíquo da mácula da retina (Khurana, 2008). No astigmatismo irregular não há uma separação de 90° entre os meridianos máximo e mínimo, podem haver vários meridianos envolvidos que não permitem análise geométrica. Resulta principalmente de lesões cicatriciais na córnea podendo ser visto em alguns casos de queratocone (Rosenfield, 2006). O astigmatismo pode ainda ser classificado consoante a orientação dos eixos. No astigmatismo “a favor da regra” o meridiano vertical apresenta maior poder refrativo do que o horizontal, no “contra a regra” ocorre o oposto, no astigmatismo oblíquo há uma rotação dos meridianos principais de 180 e 90° para 135 e 45°, respetivamente (Khurana, 2008; Rosenfield, 2006)

No astigmatismo regular, um olho poderá ser hipermetrope/míope num meridiano e emétrepe no meridiano oposto, hipermetrope ou míope em ambos ou hipermetrope num meridiano e míope noutro designando-se por astigmatismo simples, composto e misto, respetivamente (Fig.16) (M. Davidson, 1997).

A cirurgia de cataratas, ou qualquer outro procedimento que envolva incisão e sutura da córnea, poderá resultar na indução de astigmatismo devido ao alinhamento imperfeito dos bordos ou tração excessiva em determinados pontos, alterando assim a curvatura da córnea (Kim, Jeong, Han, & Williams, 2008). No entanto, este tipo de astigmatismo induzido cirurgicamente é frequentemente resolvido com o passar do tempo, dependendo do grau de astigmatismo induzido (Ofri, 2013). Kim et al. (2008) referem uma estabilização do astigmatismo ao fim de 3 semanas. Num estudo recente, realizado em humanos, mediram sucessivamente o astigmatismo ao fim de: 1 dia, 1, 4 e 6 semanas. Concluíram, entre outras coisas, que o astigmatismo, cirurgicamente induzido, estabilizava ao fim de 4 semanas (Yang, Wang, Zhang, Pang, & Wei, 2017).

Fig. 16. Representação esquemática de diferentes tipos de astigmatismo. As linhas a traçado representam a luz refratada pelo meridiano horizontal, as linhas a cheio representam a luz refratada pelo meridiano vertical. A) Astigmatismo simples míope; B) Astigmatismo composto míope; C) Astigmatismo simples hipermetrope; D) Astigmatismo misto (original).



Em humanos os sintomas incluem visão desfocada (e.g. círculos ficam ovalados) e astenopia nalguns casos. A resolução ótica é feita com recurso a lentes cilíndricas que compensam o erro refrativo para cada eixo (Khurana, 2008).

5.4 ANISOMETROPIA

A anisometropia é simplesmente um estado em que existe uma diferença de erro refrativo entre os olhos, do mesmo indivíduo, superior ou igual a 1D. Isoanisometropia e antimetropia são subdivisões da anisometropia onde no primeiro caso existe uma diferença de estado refrativo entre olhos mas ambos são hipermétropes (anisohipermetropia) ou míopes

(anisomiopia); no segundo caso um olho é hipermetrope e o contralateral é míope (Deng & Gwiazda, 2012; Khurana, 2008; Rosenfield, 2006).

A etiologia pode ser hereditária (glaucoma congênito, cataratas congênitas, condições que provoquem encerramento palpebral) ou adquiridas (trauma, causas iatrogênicas como afaquia, cirurgia refrativa ou queratoplastia) (Rosenfield, 2006). No entanto, a maioria dos casos de anisometropia, aparenta ser de causa axial tanto em humanos como animais (Deng & Gwiazda, 2012).

5.5 AMETROPIA NO CÃO

A raça, predisposição familiar, porte, ambiente e idade influenciam grandemente o erro refrativo de cada indivíduo (Murphy et al., 1992). Inúmeros estudos tentaram já caracterizar a espécie canina relativamente ao seu erro refrativo.

Kubai et al. (2008) realizou um estudo em grande escala que envolveu a avaliação do estado refrativo de 1.440 cães, representando 90 raças diferentes. Concluiu que a maioria apresentava emetropia (-0.05 ± 1.36 D; mínimo refratado -6.00 e máximo $+6.00$ D). Conseguiu associar o erro refrativo a diferentes raças. Várias raças apresentaram-se predominantemente emétopes – Springer Spaniel Inglês, Pastor Alemão, Golden Retriever, Husky Siberiano, Pastor de Shetland, Fox Terrier, Terrier Escocês, Terrier Belga, Boston Terrier, Bull Terrier, Labrador Retriever, Border Collie, e o Samoiedo – ainda assim, algumas apresentaram alguma predisposição para a miopia, o Labrador (22.1%) e o Springer Spaniel (21.7%), afetando inclusive ninhadas inteiras dos mesmos progenitores, sugerindo algum envolvimento hereditário. Outras apresentaram-se predominantemente míopes (Rottweiler, Collie, Schnauzer Miniatura e o Caniche miniatura (76.6%)). Apenas 3 raças se apresentaram hipermétropes incluindo o Pastor Australiano, o Boieiro de Flandres e o Malamute do Alasca. Outros estudos referem uma tendência para baixos graus de hipermetropia (Black, Browning, Collins, & Phillips, 2008; Mobaricci et al., 2009; Ranzani, Mobaricci, Carvalho, & Brandão, 2008). Ranzani et al. (2008) referem ainda uma prevalência de anisometropia em 5.8% dos cães fáquicos, variando entre 1 a 2 D. Um estudo avaliou 104 olhos para caracterizar a raça cão de Fila Brasileiro concluindo que a raça é predominantemente hipermetrope com média de $1,12 \pm 0,41$ D (Soares et al., 2004).

Vários estudos referem uma tendência para a miopia com o progresso da idade devido a esclerose nuclear do cristalino (Hernandez et al., 2016; Kubai, Bentley, Miller, Mutti, & Murphy, 2008; Murphy et al., 1992).

Num estudo que envolveu a avaliação do erro refrativo em 240 animais, Murphy et al. diagnosticaram miopia em 24% da população. Notaram uma prevalência superior (53%) de

miopia, não associada a alterações escleróticas do cristalino, em três raças, Pastor Alemão ($-0.86 \pm 1.31D$), Rottweiler ($-1.77 \pm 1.84D$) e Schnauzer Miniatura ($-0.66 \pm 1.05D$). Dos 240, 39 (16.25%) apresentaram anisometropia de pelo menos 0.5D. Após medição do AL nos Pastores Alemães os resultados sugeriram a causa como sendo lenticular. A miopia canina ocorre com baixa frequência e de magnitude relativamente baixa também, parecendo haver envolvimento de uma componente hereditária (Murphy et al., 1992).

Após avaliação biométrica ocular – profundidade das câmaras vítrea e anterior, espessura do cristalino, poder dióptrico da córnea, raio de curvatura anterior e posterior do cristalino, poder dióptrico do cristalino – de vários cães míopes, comprovaram que a miopia no Labrador é análoga à miopia humana juvenil, causada por alongamento da câmara vítrea (alongamento do eixo axial) (Donald O. Mutti, Zadnik, & Murphy, 1999). Adicionalmente, foi comprovado também a heritabilidade e componente genética associada à miopia em Labradores (Black et al., 2008)

De um modo geral, quando presente, a miopia parece estar mais associada a raças pequenas e médias, e a hipermetropia a raças grandes. Cães que passem mais tempo em *indoor* apresentam com maior frequência miopia (valor médio $-0.64D$) enquanto cães que passem mais tempo em *outdoor* apresentam um valor médio de $+0.17D$ (J. Gaiddon, Lallement, & Bouhana, 1997)

A remoção do cristalino traduz-se num erro refrativo alto resultando em hipermetropia grave, por volta das $+14D$ e redução da acuidade visual para 20/800; 6/240 ou pior e perda total de capacidade acomodativa (P. Miller & Murphy, 1995). Davidson et al. (1993) referem valores médios refratados de animais afáquicos de $+14.14D$ (de $+10.5$ a $+18.5D$). Outros referem valores médios de $+18,50D$ em cães afáquicos e valores de hipermetropia de baixa a moderada (média de $2.00D$) em cães submetidos a facoemulsificação e posterior colocação de IOL (Mobr Ricci et al., 2009).

Ao contrário dos humanos, o astigmatismo nos cães é raro, com apenas 1% de prevalência (Kubai et al., 2008). Murphy et al., (1992) referem a presença de astigmatismo em 10 (4%) dos 240 analisados no total, onde 8/10 apresentava apenas um olho afetado. O mesmo não ocorre em animais sujeitos a cirurgia de cataratas, Mobricci et al. (2009) relatam astigmatismo induzido cirurgicamente (avaliado no pós operatório) de $-0.85D$. O uso de lentes PMMA está associado a graus de astigmatismo bastante superiores devido a incisões da córnea na ordem dos 8-9mm para a passagem da lente rígida (Yi et al., 2006).

Um estudo comparou o astigmatismo induzido por facoemulsificação em dois grupos: um em que a incisão foi suturada e outro não. Concluíram que o grupo não sujeito a sutura não

apresentou astigmatismo, não houve alterações na neovascularização da córnea nem de pressão intraocular pós operatória (Kim et al., 2008).

Nos estudos efetuados até hoje não foi encontrada nenhuma associação entre o sexo e o erro refrativo (Murphy et al., 1992; Soares et al., 2004).

6. Avaliação do erro refrativo

Existem várias técnicas de refração que permitem avaliar o erro refrativo de um indivíduo. De grosso modo podem ser divididas em refração manual com recurso a um retinoscópio ou autorrefração com recurso a autorrefratómetros (Atchison, 2009). A refração pode ser objetiva, com recurso a retinoscopia (não depende da resposta do doente) e subjetiva (depende da resposta do doente) (Lens, 2006). Na objetiva existem várias variantes: estática (a avaliação é feita pedindo ao doente para fixar um objeto distante), dinâmica (é pedido que o doente fixe um ponto próximo permitindo avaliar a sua capacidade acomodativa), retinoscopia com cicloplegia (fornece o poder refrativo total do olho num estado não acomodativo), e retinoscopia de Mohindra (Glasser, 2011; Moore et al., 2006). Neste capítulo serão abordadas as técnicas aplicadas à medicina veterinária – refração estática com retinoscópio e autorrefração – e ainda a refração pelo método de Mohindra.

6.1. RETINOSCOPIA

6.1.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS

A retinoscopia, também conhecida como esquiascopia, é o método objetivo mais comum para a determinação do erro refrativo na ausência de acomodação (Bhattacharyya, 2009; Featherstone & Heinrich, 2013). Esta técnica tem sido usada para definir o estado refrativo normal, patológico e induzido cirurgicamente em olhos de cães e outros animais domésticos. A retinoscopia permite a veterinários oftalmologistas a determinação quantitativa do erro refrativo de um olho com 0.25-0.5D de margem de erro do seu verdadeiro estado refrativo (M. Davidson, 1997).

A técnica é baseada em dois pressupostos: primeiro, que raios luminosos emergentes de um globo ocular seguem o mesmo trajeto que os raios incidentes e segundo, que o reflexo fúndico tem origem nos segmentos mais externos da retina (Featherstone & Heinrich, 2013). Se os pressupostos se confirmarem, então podemos assumir que raios luminosos emergentes de um olho emétrepe são paralelos, divergentes num olho hipermetrópe e convergentes num míope (M. Davidson, 1997). No entanto, o segundo não é totalmente certo porque o reflexo fúndico não é originado nos segmentos mais externos mas sim nos segmentos mais proximais ao observador, muito provavelmente a nível da membrana limitante interna (Glickstein &

Millodot, 1970). Existe um erro (relacionado com a espessura da retina) responsável por variações nos valores de refração designado por artefacto da retinoscopia. Este erro é relativamente menor, até +0.25D, em crianças mas torna-se significativo em olhos pequenos atingindo valores tão altos quanto +10 e +11D na ratazana e gerbo, respetivamente (Featherstone & Heinrich, 2013). No entanto, posteriormente, foi sugerido que o reflexo é originado nas camadas mais externas da retina, em vez da membrana limitante interna e que o valor deste erro é sobrestimado (D. O. Mutti, Ver Hoeve, Zadnik, & Murphy, 1997)

A retinoscopia envolve o estudo da forma e movimento da luz emitida pela retina, refletida pela pupila do paciente no retinoscópio (Atchison, 2009; Bhattacharyya, 2009). Com base na direção e velocidade da luz refletida, designada por reflexo, são colocadas lentes à frente do olho do paciente até que o movimento do reflexo seja infinitamente rápido chamado de “ponto de reversão” ou neutralização (Atchison, 2009). Para o examinador a neutralização do reflexo ocorre quando toda a pupila do paciente é iluminada e nenhum tipo de movimento é visível (M. Davidson, 1997).

O aspeto do reflexo retiniano depende da localização do retinoscópio em relação ao ponto remoto do olho sujeito ao exame e se os raios emergentes: 1) são divergentes ou paralelos, 2) chegaram a um estado de convergência e cruzaram ou 3) estão exatamente no ponto remoto ou na eminência de cruzarem (M. Davidson, 1997). O ponto remoto é definido como o local em que raios emergentes de um olho formam um ponto de focagem ou plano. Por outras palavras, pode ser definido como o ponto no espaço que é conjugado na fóvea na ausência de acomodação (Corboy, 2003; Featherstone & Heinrich, 2013). O ponto remoto localiza-se no infinito, mais proximal ao infinito e depois do infinito para um olho emétrepe, míope e hipermetrópe, respetivamente (Featherstone & Heinrich, 2013).

Fazendo varrimentos sucessivos pelos principais meridianos do olho e observando o comportamento do feixe refletido pela retina é possível detetar erros refrativos como miopia, hipermetropia e astigmatismo (Corboy, 2003).

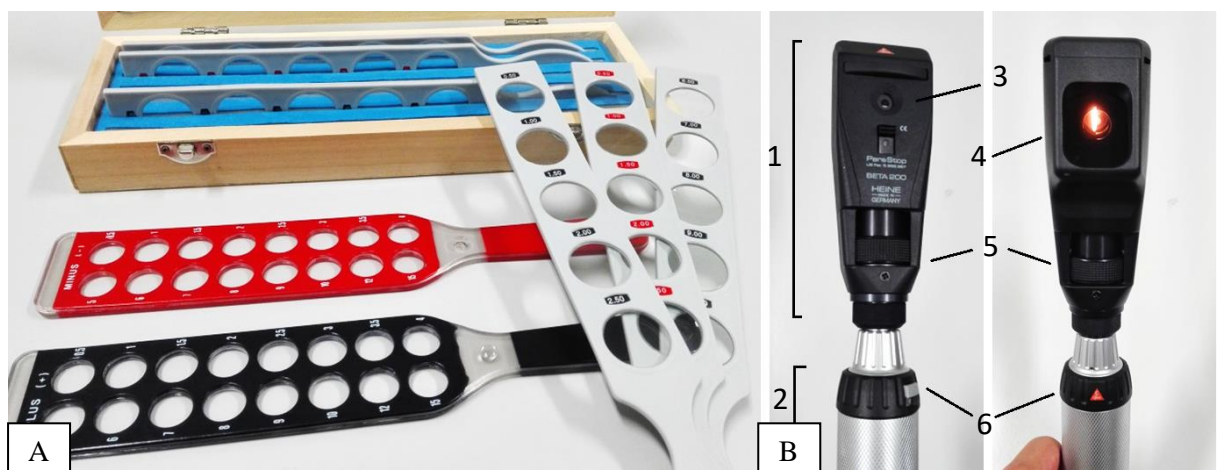
6.1.2 COMPONENTES DO RETINOSCÓPIO E RÉGUAS DE ESQUIASCOPIA

Um retinoscópio é composto por um sistema de projeção de luz e um sistema de observação (Fig.17B). O sistema de projeção de luz é composto por uma lâmpada de tungsténio que, para os retinoscópios de luz em fenda, projeta um feixe linear para o olho do paciente. A luz é emitida pela lâmpada, atravessa uma lente (condensador) e é refletida por um espelho plano angulado (Bhattacharyya, 2009; M. Davidson, 1997; Featherstone & Heinrich, 2013). O espelho localizado no sistema de observação tem uma orientação de 45° relativamente ao

punho do retinoscópio e reflete o feixe que atravessa o condensador diretamente na pupila do paciente (Bhattacharyya, 2009). O retinoscópio tem um cursor que, quando movido para cima ou para baixo altera a localização da lente condensadora relativamente à lâmpada, alterando assim a vergência da luz emitida. Alterando a distância entre estes dois componentes é possível emitir raios divergentes ou efeito de espelho plano (para retinoscópios Wech Allyn[®] e Heine[®] o cursor é colocado o mais baixo possível) ou raios convergentes - efeito de espelho côncavo (para retinoscópios Keeler[®] e Copeland[®] o cursor é colocado o mais para cima possível) (Bhattacharyya, 2009; Featherstone & Heinrich, 2013). Os componentes que se movem dependem do fabricante, por exemplo em retinoscópios Copeland[®] o cursor move a lâmpada estando o condensador fixo, o contrário acontece noutros: Welch Allyn[®], Keeler[®] e Heine[®]. O cursor altera ainda a orientação do feixe emitido em 360° permitindo aferir o erro refrativo ao longo dos diferentes meridianos (Bhattacharyya, 2009).

Durante o exame são utilizadas lentes individuais ou régua de esquiascopia contendo várias lentes positivas ou negativas com incrementos de 0.25-1D. Estas lentes são interpostas entre o retinoscópio e o olho do paciente permitindo avaliar o estado refrativo (Fig.17A). As régua constituem, relativamente às lentes individuais, uma maneira mais simples, conveniente, prática e mais rápida de quantificar o erro. Régua marcadas com preto ou totalmente pretas são normalmente compostas por lentes positivas e a vermelho lentes negativas (M. Davidson, 1997; Featherstone & Heinrich, 2013).

Fig. 17 Régua de esquiascopia (A) e retinoscópio (B) (original).



Legenda: 1 – cabeça; 2 – punho; 3 – sistema de observação; 4 – sistema de projeção; 5 – cursor; 6 – regulador de intensidade luminosa.

6.1.3 MÉTODO

O primeiro passo envolve a diminuição da intensidade luminosa da sala para permitir um grau razoável de dilatação pupilar e reduzir os reflexos na superfície das lentes (Atchison, 2009). O infinito ótico (6m) é uma distância demasiado grande para realizar o exame. No entanto, o

infinito pode ser recriado posicionando o retinoscópio a uma distância conhecida do olho do paciente – distância de trabalho – e colocando uma lente de trabalho no trajeto da luz refletida (M. Davidson, 1997).

Dependo da preferência pessoal, o examinador é posicionado a uma distância de trabalho de 50 ou 67 cm ao nível do olho do paciente (Atchison, 2009; Bhattacharyya, 2009). Sendo uma dioptria (D) o poder de vergência de uma lente com uma distância focal (f) de 1 m no ar ($D=1/f$), usando uma lente de trabalho de +1.5D a distância mais correta a usar será de 67 cm, o equivalente à distância de um braço (Bhattacharyya, 2009; Featherstone & Heinrich, 2013). Uma lente de +1.5D traria raios de luz paralelos, como acontece num olho emétrepe, a um ponto remoto a 67 cm, por isso, fazendo retinoscopia a um olho emétrepe a 67 cm ocorre neutralização com uma lente de +1.5D (M. Davidson, 1997). Por exemplo, uma distância de trabalho de 50 cm requer a utilização de uma lente de trabalho de +2D (Bhattacharyya, 2009). Enquanto a cicloplegia por midríase é importante na refração em pacientes humanos e primatas, o mesmo não ocorre na maioria dos animais domésticos devido à sua baixa capacidade de acomodação, sendo por isso desnecessária (M. Davidson, 1997; Herring, 2013). Quando usada, a cicloplegia por midríase pode ser atingida com administração tópica de atropina 1%, ciclopentolato 1%, ou tropicamida 1% embora tenha sido demonstrado, por vários ensaios, não haver diferenças significativas nos valores de refração entre animais em que se usaram cicloplégicos quando comparados a animais em que não se usaram (M.G. Davidson et al., 1993; Groth et al., 2013; Kubai et al., 2008; Murphy et al., 1992)

É importante manter os dois olhos abertos. A inclinação natural do examinador é fechar o olho esquerdo enquanto faz a retinoscopia com o olho direito. Isto acaba por se tornar não só fatigante mas induz também um cansaço e desfoque da imagem quando o olho é reaberto. Para ajudar a suprimir a imagem do olho que não está a ser usado, as luzes devem ser mantidas numa intensidade baixa durante todo o exame (Corboy, 2003).

O retinoscópio é segurado no punho com a palma da mão e o polegar é usado para controlar o cursor regulando o condensador e a direção do feixe (M. Davidson, 1997). Mover o cursor para cima e para baixo altera a vergência da luz emitida (Corboy, 2003). Rodando o feixe no sentido a favor ou contra os ponteiros do relógio, é possível alterar a orientação do feixe, permitindo a refração dos diferentes meridianos. A rotação do feixe torna-se extremamente útil em casos de astigmatismo onde diferentes meridianos têm pontos de neutralização diferentes (Bhattacharyya, 2009).

O feixe de luz é direcionado para o olho do paciente e um ponto fundamental é efetuado – o alinhamento ótico – que assegura ao examinador que a luz projetada incidente no olho está alinhada com o eixo ótico. O alinhamento ótico é atingido alinhando as imagens de Purkinje

da córnea anterior e superfície do cristalino (M. Davidson, 1997). As imagens de Purkinje são imagens que se formam na superfície dos componentes refrativos do olho: superfície anterior e posterior da córnea e superfície anterior e posterior da cápsula do cristalino (Jóźwik, Siedlecki, & Zajac, 2014). Erros de alinhamento com o eixo ótico podem ser responsáveis por grandes erros de neutralização (M. Davidson, 1997). O retinoscópio deve ser apoiado contra a sobrancelha do examinador, posicionado a 67 cm e ao mesmo nível do olho do paciente com o cursor na posição mais baixa (e.g. para modelo Heine®) para que a luz emitida seja ligeiramente divergente (efeito de espelho plano) e o feixe é colocado verticalmente (Featherstone & Heinrich, 2013).

O exame inicia-se realizando varrimentos sucessivos ao longo dos principais meridianos – 180°, 90°, 45° e 135° - para se ter uma ideia geral do erro refrativo do paciente (Corboy, 2003). É importante referir que a retinoscopia mede o poder dióptrico dos meridianos oculares na direção do varrimento e não na orientação do feixe em si (M. Davidson, 1997). Colocando o feixe vertical e movendo o retinoscópio horizontalmente pela pupila, o examinador avalia o meridiano a 180°, por sua vez, colocando-o horizontal e movendo o feixe verticalmente avalia o meridiano a 90° (Atchison, 2009).

À medida que o feixe é passado pela pupila, o reflexo fúndico mover-se-á no mesmo sentido do retinoscópio ou no sentido contrário ao movimento, dependendo do erro refrativo do paciente. Sem a adição de lentes e para uma distância de trabalho de 67cm, o reflexo move-se na mesma direção do retinoscópio num olho emétrepe, míope até -1.5D e hipermétrepe designando-se um movimento “a favor” e no sentido contrário em olhos com miopia superior a -1.5D designado por movimento “contra” (Featherstone & Heinrich, 2013). O movimento a favor resulta do facto de a luz emergente do olho ainda não ter convergido no ponto remoto, por isso, o reflexo move-se na mesma direção do varrimento. O movimento “contra” resulta por sua vez do facto do raios emergentes já terem atingido o ponto remoto, cruzado e começado a divergir (Fig.18) (M. Davidson, 1997).

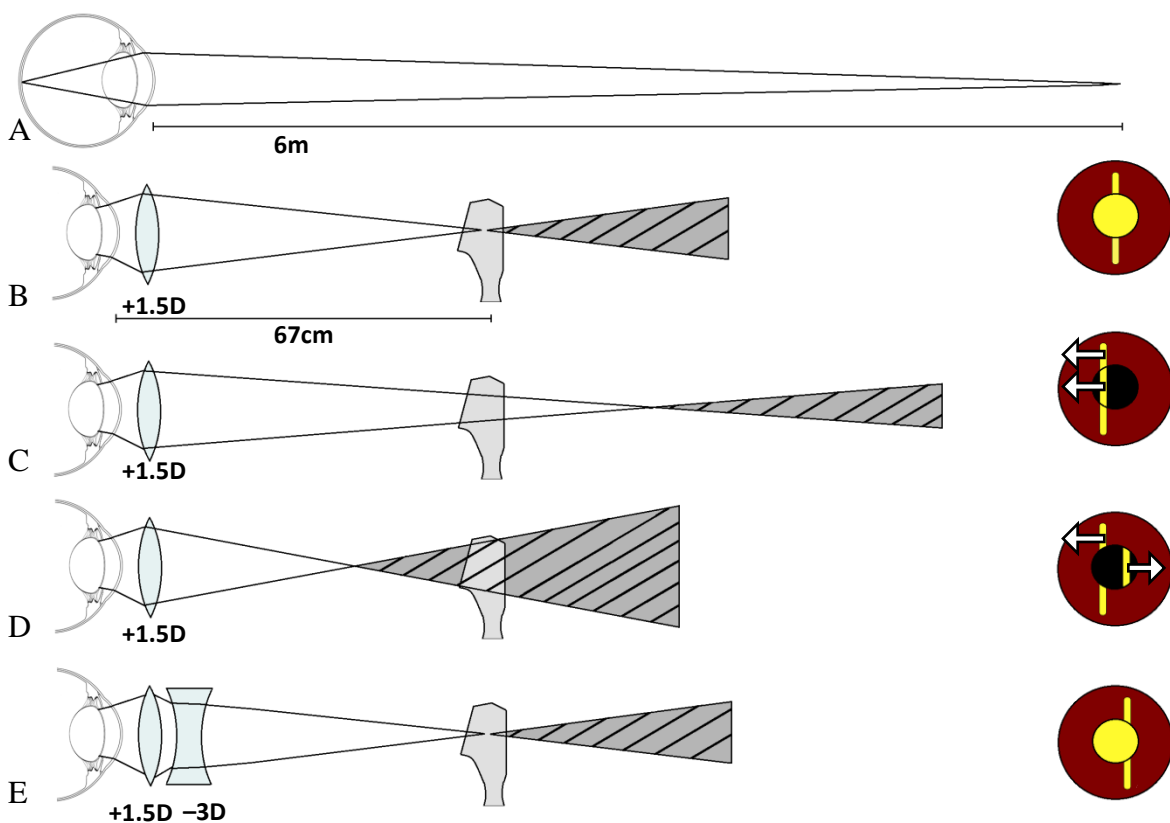
É crucial determinar se o reflexo retiniano está a favor, contra ou neutralizado antes de colocar qualquer tipo de lente ou régua. Para a correção de ametropias esféricas (hipermetropia e miopia) adicionam-se lentes esféricas (Atchison, 2009). Para uma distância de 67 cm, na hipermetropia e baixa miopia, o movimento a favor é neutralizado pela adição de lentes positivas de poder dióptrico superior. Em pacientes com miopia superior a -1.5D o movimento contra é neutralizado com lentes negativas (M. Davidson, 1997). As régua de esquiastopia ou lentes individuais deverão ser colocadas a 1-2 cm de distância da córnea do paciente e o processo é repetido a cada incremento dióptrico até que se atinja a neutralização (Featherstone & Heinrich, 2013). Manter a distância córnea-lente, definida como a distância

do vértice, num valor mínimo é especialmente importante especialmente em lentes de grande poder dióptrico ($\geq 10D$) (M. Davidson, 1997).

A neutralização é caracterizada por um reflexo fúndico que preenche completamente a pupila em que não é reconhecível nenhum tipo de movimento (Featherstone & Heinrich, 2013). Não é um ponto mas sim uma zona entre o último movimento a favor identificável e o primeiro movimento contra, ou o inverso (M.G. Davidson et al., 1993).

As características do reflexo retiniano – velocidade, largura do feixe e intensidade do brilho – indicam ao examinador quão próximo se encontra da neutralização do reflexo. (Atchison, 2009).

Fig. 18 Representação esquemática do comportamento do reflexo retiniano consoante o erro refrativo. A - convergência dos feixes luminosos a nível do plano da retina num olho emétrepe num estado não acomodativo. Um olho emétrepe apresenta o seu ponto de neutralização com uma lente de $+1.5D$ para uma distância de trabalho de $67cm$ (B). Num olho hipermétrope o reflexo move-se a favor do movimento do retinoscópio (C) e contra num míope (D). Em (E) encontra-se representado a neutralização de um olho míope com $-1.5D$ (original).



A grandes distâncias do ponto remoto, como se verifica em casos de ametropia elevados, o reflexo é fraco, lento e o feixe francamente largo. A 4D da neutralização o feixe torna-se mais estreito e definido, ficando mais largo a partir das 2D da neutralização (M. Davidson, 1997). O reflexo observado durante o exame torna-se progressivamente mais largo, mais rápido e

mais brilhante à medida que o examinador se aproxima do ponto de neutralização (Bhattacharyya, 2009). Em animais com tapete lúcido, o brilho do reflexo é superior quando comparado ao ser humano, o que se torna especialmente vantajoso na determinação do ponto de neutralização (M. Davidson, 1997).

A neutralização do reflexo deverá ser realizada tanto no meridiano horizontal como vertical, separadamente para cada olho. Em olhos esféricos, como um sem astigmatismo (ou emétrepe ou com ametropia esférica) a neutralização ocorrerá no mesmo ponto para ambos os meridianos e o erro é corrigido com a mesma lente (Bhattacharyya, 2009). O erro refrativo é calculado subtraindo 1.5D, quando usada uma distância de 67 cm, ao poder dióptrico alcançado na neutralização. Por exemplo, se o ponto de neutralização é atingido a +3.50 DS – $(1/0.67) = + 2.00$ DS ou a -3.00 DS – $(1/0.67) = -4.5$ DS (Atchison, 2009; M. Davidson, 1997).

No astigmatismo, os raios incidentes paralelos são refratados numa linha de foco em vez de um ponto focal a nível da retina devido a desigualdades na curvatura dos diferentes meridianos (Bhattacharyya, 2009). Existem meridianos de poder ocular superior e inferior, por essa razão, o feixe do retinoscópio deverá ser rodado alinhando-o com os meridianos e cada um deverá ser neutralizado e corrigido individualmente com lentes de potências diferentes (Atchison, 2009; M. Davidson, 1997). Quando se faz retinoscopia num olho com astigmatismo oblíquo poderá ocorrer um fenómeno de quebra do feixe emitido. Isto só é visível normalmente acima de 1D dioptria de diferença entre meridianos e traduz-se na ausência de paralelismo entre o reflexo retiniano e feixe na íris (M. Davidson, 1997; Lens, 2006). Outro fenómeno frequente no astigmatismo é o aparecimento de movimentos ondulante ou feixe em tesoura em que o reflexo se divide e as duas porções se movem em sentidos opostos. Surgem não só no astigmatismo mas também em pupilas muito dilatadas (Lens, 2006) e córneas com superfície irregular (e.g. queratocone) (Atchison, 2009).

Existem dois métodos para a neutralização de um olho astigmata. O primeiro usa lentes esféricas para neutralizar cada meridiano individualmente. O segundo método recorre a lentes cilíndricas, ou positivas ou negativas, sendo as negativas mais comuns em optometria por permitirem melhor controlo de acomodação quando um ou os dois meridianos são hipermétropes (Atchison, 2009). Primeiro neutraliza-se o meridiano com maior erro refrativo (o mais hipermétrepe ou menos míope) com uma lente esférica, isto deixa o outro meridiano míope (movimento contra) que é corrigido com lentes cilíndricas negativas alinhadas com segundo meridiano até à sua neutralização (Atchison, 2009; M. Davidson, 1997).

Este segundo método de refração esferocilíndrica tem maior precisão do que refração com recurso exclusivo de lentes esféricas, sendo ainda mais crucial em humanos (M. Davidson, 1997).

6.1.4 ERROS DE RETINOSCOPIA

A acomodação pode ser uma das causas para sobrestimar miopia e subestimar hipermetropia em humanos jovens (Atchison, 2009). Como foi referido anteriormente, os cães têm capacidade de acomodação limitada e a diferença de leitura do erro refrativo entre animais que fazem ciclopeia e os que não fazem é insignificante (Groth et al., 2013).

A obliquidade é outro problema quando se faz retinoscopia em humanos. Em humanos a retinoscopia é realizada com um desvio ligeiramente temporal do examinador relativamente ao paciente, para que este possa focar um determinado ponto designado pelo examinador. Esta angulação pode ser responsável por erros de leitura até 0.5D (Atchison, 2009). O mesmo não acontece em cães, uma vez que não lhes pode ser pedido que foquem um ponto. A luz proveniente do retinoscópio é alinhada diretamente ao longo do eixo ótico (M. Davidson, 1997).

A aberração cromática pode ser responsável por alterações até 0.2D de hipermetropia quando comparada com o resultado de exames subjetivos, devido às diferenças na refração ocular dos diferentes comprimentos de onda (Atchison, 2009).

O artefacto da retinoscopia diz que olhos mais pequenos são mais propensos a demonstrar hipermetropia aparente, devido a variações de comprimento das camadas da retina (Glickstein & Millodot, 1970).

O diâmetro pupilar também interfere com o exame, pupilas muito pequenas representam um problema, particularmente se o reflexo for ténue devido a opacidades nos meios de refração. Subir ligeiramente o cursor leva à diminuição da largura do feixe e aumenta o brilho do reflexo, o que pode ajudar no exame (Atchison, 2009). Por outro lado, segundo Davidson (1997) fazer retinoscopia num olho com uma pupila demasiado dilatada, leva ao aumento proporcional da zona de neutralização aumentando assim a dificuldade da sua identificação. A midríase total é responsável pelo já referido efeito de tesoura do feixe, induzidos pelas diferentes propriedades refrativas entre a córnea central, periférica e cristalino (M. Davidson, 1997). É importante fixar apenas os reflexos no centro da pupila e ignorar os periféricos (Lens, 2006).

Opacidade dos meios refrativos também dificulta a retinoscopia. Reduzir a distância de trabalho poderá ajudar por proporcionar um aumento do brilho do reflexo (Atchison, 2009).

Em pacientes afáquicos ou pseudofáquicos não é incomum encontrar obstruções à passagem da luz devido a edema da córnea, *aqueous flare* e opacificação capsular, que irão dificultar a refração. Mais uma vez é crucial focar o centro da IOL e ignorar a região marginal – afáquica (M. Davidson, 1997). Esclerose nuclear também pode ser observada durante a retinoscopia (Kommerell, 1993).

O veterinário é frequentemente confrontado com a falta de cooperação do paciente à semelhança do que ocorre em pediatria. Sedação ou, raramente, anestesia podem ser utilizadas se necessário. No entanto, o uso de quetamina deverá ser evitado (poderá induzir nistagmos), a acepromazina geralmente causa elevação da membrana nictitante e o uso de opióides poderá causar miose (M. Davidson, 1997).

6.1.5 CONCLUSÕES SOBRE RETINOSCOPIA EM MEDICINA VETERINÁRIA

Em medicina humana os valores de retinoscopia são normalmente confirmados com refração subjetiva por oftalmologistas e optometristas experientes até 0.25D do verdadeiro estado refrativo. O objetivo de atingir um valor afastado até $\pm 0.50D$ do verdadeiro estado para um oftalmologista veterinário pode ser considerado razoável (M. Davidson, 1997).

A retinoscopia tornou-se um exame firmemente estabelecido na oftalmologia veterinária. A generalização da sua aplicação, contribuirá para melhorar a seleção de lentes intraoculares para pacientes submetidos a facoemulsificação e também assistir na avaliação de problemas de performance relacionados com ametropias em animais de trabalho (Featherstone & Heinrich, 2013).

6.2 RETINOSCOPIA DE MOHINDRA

A retinoscopia de Mohindra foi desenvolvida especialmente para bebês e crianças. Tal como nos pacientes pediátricos, aos animais não pode ser pedido que fixem objetos distantes e podem muitas vezes mostrar-se intolerantes à manipulação/contenção, não cooperando com o procedimento. O uso de cicloplégicos também apresenta alguns obstáculos na avaliação refrativa pediátrica, a maioria das crianças apresenta desconforto da instilação de colírios e por vezes, alguns pais não permitem a administração de fármacos no caso de haver soluções alternativas (Atchison, 2009; Saunders & Westall, 1992), o que pode ser transposto para a medicina veterinária.

A retinoscopia de Mohindra é em quase tudo semelhante à retinoscopia estática mas apresenta algumas diferenças. O exame é realizado em escuridão absoluta (ambiente escotópico total), o que faz com que a atenção da criança seja atraída para o único estímulo presente na sala. Esta técnica é sempre realizada com uma distância de trabalho de 50 cm independentemente do

examinador. (Moore et al., 2006). Seria de esperar que o valor a subtrair da distância de trabalho correspondesse a 2D, no entanto Mohindra descreve a subtração de apenas 1.25D devido a um fenómeno de acomodação tónica conhecido como miopia noturna (Saunders & Westall, 1992). A miopia noturna é um processo de acomodação do olho que ocorre naturalmente em ambiente escotópico, calculado num total de +0.75D em crianças com idade inferior a 2 anos, 1D em crianças com idade superior a dois anos e 1.25 em adultos (Atchison, 2009). Mohindra faz então dois pressupostos 1) que a luz do retinoscópio não constitui um estímulo acomodativo, adotando o olho um estado de acomodação tónica e 2) a acomodação tónica é de 0.75D. Por essa razão nesta técnica são levados em conta estes dois fatores de correção (subtração de 2D da distância de 50 cm +0.75 da acomodação tónica) resultando nas 1.25D finais (Atchison, 2009).

6.3 AUTORREFRAÇÃO

Os refratómetros automáticos ou autorrefratómetros são aparelhos usados frequentemente por optometristas e oftalmologistas humanos como alternativa à refração tradicional com retinoscópio (Moore et al., 2006). Tem como principais vantagens dar resultados fiáveis (equivalente esférico e cilíndrico) rapidamente, ser bem tolerado pelos pacientes, apresentando-se especialmente útil para profissionais que não dominem a refração manual ou não tenham prática suficiente (Groth et al., 2013). Um estudo em humanos demonstrou que, de uma maneira geral, os autorrefratómetros apresentam valores mais negativos na miopia e menos positivos na hipermetropia, havendo alguma discrepância entre os vários modelos usados no estudo. Concluíram que, quando realizada por um clínico com experiência, a retinoscopia apresenta valores mais exatos (Queirós, Jorge, & Parafita, 2005).

Estudos relativamente recentes aplicaram esta técnica em cães, mostrando que, embora desenhados para humanos, estes aparelhos apresentam aplicabilidade em cães (Groth et al., 2013; Hernandez et al., 2016). Comparando valores refratados com retinoscópio e autorrefratómetro (com e sem cicloplegia para ambas as técnicas), concluíram que não havia diferenças significativas nos valores obtidos entre técnicas (Groth et al., 2013).

Embora sejam úteis para profissionais pouco experientes ou como ponto de partida para uma retinoscopia, a retinoscopia manual permanece a técnica “*Gold standart*” para a avaliação do erro refrativo (Moore et al., 2006).

CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DO ERRO REFRACTIVO EM CÃES PSEUDOFÁQUICOS, AFÁQUICOS E FÁQUICOS COM RECURSO A RETINOSCOPIA DE LUZ EM FENDA

1. Objetivos

No âmbito da presente dissertação de mestrado, foi realizado um estudo onde se pretendeu avaliar, quantitativa e qualitativamente, o erro refrativo na população canina sujeita a cirurgia de cataratas por facoemulsificação; a eficácia do poder dióptrico das lentes intraoculares usadas atualmente; estabelecer uma correlação entre cães microftálmicos e os seus valores refratados; e paralelamente, a avaliação de um grupo de controlo constituído por pacientes saudáveis não sujeitos a cirurgia.

2. Material e métodos

2.1 AMOSTRA EM ESTUDO

Da amostra em estudo fizeram parte 53 cães que resultaram num total de 99 retinoscopias (n=99). O erro refrativo foi avaliado em três grupos de animais, sendo o primeiro (n=47) por animais sujeitos a cirurgia de cataratas e estando neste grupo incluídos dois subgrupos: pseudofáquicos e afáquicos; e por um terceiro grupo de animais (n=52), não sujeito a cirurgia, que constituiu o grupo controlo.

Os animais do grupo controlo – fáquicos – foram animais considerados saudáveis que se apresentaram à consulta de medicina interna ou que estavam internados por outras causas, que não oculares e com quadro clínico estável, na Unidade de Internamento do HEV-FMV da Universidade de Lisboa.

Os animais sujeitos a cirurgia foram divididos em dois subgrupos: o grupo dos animais pseudofáquicos, sujeitos a cirurgia de facoemulsificação e posterior colocação de LIO, e um segundo grupo – afáquicos – nos quais, quer pela condição clínica anteriormente à cirurgia (luxação total ou parcial do cristalino), quer por fatores inerentes à cirurgia, não foi possível colocar lente.

2.2 SELEÇÃO DOS PACIENTES

Os animais do grupo fáquicos foram selecionados ao acaso, independentemente da raça, sexo e idade. O único pré-requisito foi a ausência de doenças oculares, para assegurar esse factor foi realizado um exame oftálmico sumário para que qualquer animal com alteração ocular, que interferisse significativamente com os meios e superfícies de refração, fosse identificado e excluído.

Os animais incluídos no grupo com lente intraocular (pseudofáquicos; n=43) foram sujeitos a cirurgia de facoemulsificação com colocação de IOL no HEV-FMV no período compreendido

entre Junho de 2011 e Março de 2017. Adicionalmente foi considerado um grupo de animais que foram submetidos a cirurgia de extração intracapsular do cristalino e que ficaram afáquicos (n=4), operados no mesmo período de tempo. Todos os pacientes dos grupos de animais pseudofáquicos e afáquicos foram previamente sujeitos a exames complementares para a cirurgia de cataratas, nomeadamente eletrorretinografia e ecografia ocular.

2.3 AVALIAÇÃO DOS MEIOS ÓTICOS E ERRO REFRACTIVO

O exame oftalmológico sumário incluiu várias etapas, nomeada e ordenadamente:

- 1) Observação externa dos olhos, pálpebras e estruturas perioculares com recurso a um foco de luz;
- 2) Avaliação da resposta de ameaça e do reflexo palpebral, corneano, pupilar direto e consensual, de ambos os olhos;
- 3) Medição tripla e consecutiva da PIO de cada olho com o tonómetro TonoVet (Icare Finland OY, Espoo, Finland). Pressões entre 15 mm Hg e 25 mm Hg foram consideradas normais (Featherstone & Heinrich, 2013);
- 4) Biomicroscopia com lâmpada de fenda (Kowa SL15, Tóquio, Japão) em condições de luminosidade reduzida.

A avaliação do erro refrativo foi realizada por retinoscopia refratando tanto o meridiano horizontal como o vertical para cada olho com um retinoscópio Beta200 Heine[®] (Heine Optotechnik, Herrsching Alemanha). Os meridianos oblíquos apenas foram avaliados na presença de reflexos em tesoura. A retinoscopia dos animais pseudofáquicos e afáquicos foi realizada em ambiente de luz reduzida com uma distância de trabalho de 67 cm.

O reflexo fúndico moveu-se no sentido “a favor” ou no sentido “contra”, dependendo do erro refrativo do animal. Na presença de hipermetropia esférica e miopia baixa (<-1.5D) foi observado um movimento “a favor” e foram colocadas lentes esféricas positivas à frente do olho do animal; nos casos de miopia (>-1.5D) foi observado um movimento “contra” e por sua vez foram colocadas lentes esféricas negativas. As régua de esquiocopia foram colocadas a uma distância de 1-2cm da córnea e o varrimento com o retinoscópio foi repetido a cada lente adicionada. A técnica de neutralização usada nos cães astigmatas foi a esférica uma vez que não dispúnhamos de lentes cilíndricas que proporcionassem uma neutralização esferocilíndrica.

Fig. 19 Realização de retinoscopia num dos pacientes pseudofáquicos incluídos no estudo (original).



Numa tentativa de aproximação do método de Mohindra, os cães fáquicos foram observados em ambiente escotópico total, não tendo sido utilizados quaisquer fármacos cicloplégicos. Foi utilizada uma distância de 67 cm com uma lente de trabalho de +1.5D em vez dos 50 cm e lente de +1.25D, como definido pela técnica.

Previamente à facoemulsificação, todos os animais fizeram ecografia ocular (sonda de 8MHz) para a medição da dimensão do cristalino e avaliação do comprimento dos hápticos que determinam o comprimento total da lente a inserir (12,13 ou 14 mm). Desta avaliação ecográfica foi retirado também o comprimento axial do globo ocular, utilizado nos dados desta dissertação.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados referentes à população estudada foram analisados por idade, raça e tamanho de raça sendo este último parâmetro dividido em raças: pequenas (≤ 10 kg); médias (>10 kg ≤ 25 kg) e grandes (>25 kg). No decorrer das cirurgias foram utilizadas lentes intraoculares de duas potências diferentes: +41D (n=28) e +42D (n=15). Para uniformização dos dados, foi subtraída 1D ao valor refratado total nos animais que receberam uma IOL de +42D. Os animais com um erro refrativo entre -0.5 e +0.5D foram considerados emétopes, abaixo de -0.5D foram considerados míopes e $\geq +0.5$ D foram considerados hipermetropes. A hipermetropia foi dividida em baixa ($\leq +2$ D); moderada (de +2.25 a +5D) e alta ($> +5$ D). Considerou-se anisometropia nos casos em que o valor refratado entre os olhos, do mesmo indivíduo, apresentou uma diferença superior ou igual a 1D.

Quando observada uma diferença igual ou superior a 0.5D entre dois meridianos do mesmo olho, foi diagnosticado astigmatismo.

Para a análise estatística dos dados recolhidos foi usado o programa de R versão 3.3.3. Para a correlação entre o erro refratado e a idade e comprimento axial ótico foi feito o teste de correlação de Spearman. O teste *One-way* ANOVA foi usado para tentar encontrar correlação entre o valor obtido em retinoscopia e o tamanho das raças. Foi atribuída significância estatística aos testes quando $P < 0.05$.

3. Resultados

3.1 AMOSTRA EM ESTUDO

A divisão por tamanho da raça resultou num total de 28 olhos para as raças grandes, 28 para raças médias e 43 olhos de animais de raça pequena. Nos animais fáquicos as idades variaram entre os 4 meses e os 12 anos. Nos animais submetidos a cirurgia (pseudofáquicos e afáquicos) as idades estiveram compreendidas entre os 2 e os 15 anos.

No grupo pseudofáquico, o comprimento axial médio foi de $17.3 \pm 1.6\text{mm}$ (de 14.0 a 20.9mm).

3.2 SELEÇÃO DOS PACIENTES

No grupo de animais fáquicos foram realizadas retinoscopias a animais de diversas raças incluindo: Boerboel (2); Chihuahua (3); Yorkshire Terrier (2); Labrador Retriever (5); Jack Russel Terrier (5); Cocker Spaniel (2); Pastor Australiano (2); Weimareiner (2); Cão D'Água Português (2); Leão da Rodésia (6); Fox terrier (1); Saluki (2); Golden Retriever (4) Cane Corso (2); Beagle (2); Springer Spaniel (2); Dachshund (4) e indefinida (4).

Nos grupos de animais pseudofáquicos e afáquicos, as retinoscopias incluíram várias raças: Chihuahua (3); Rafeiro Alentejano (2); Cocker Spaniel (10); Jack Russel Terrier (3); Fox Terrier (1); Pequinês (2); Leão da Rodésia (2); Labrador Retriever (4); Dachshund (2); Schnauzer miniatura (2); Yorkshire Terrier (8); Caniche (4) e raça indefinida (4).

3.3 ESTADO REFRACTIVO

O estado refrativo médio nos animais pseudofáquicos foi de $+3.7 \pm 5.45D$ (de -3.5 a +21D), $-0.03 \pm 1.64D$ (de -5.0 a +4D) no grupo fáquico e no grupo afáquico $+16.9 \pm 1.39D$ (de +15.5 a +18.25D) (Tabela 2).

Tabela 2. Estado refrativo em olhos pseudofáquicos, fáquicos e afáquicos.

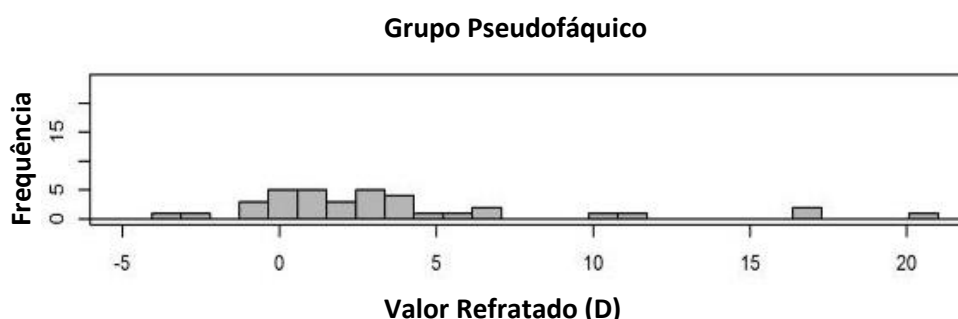
Grupo	n	Média $\pm \sigma$	Mínimo	Máximo
Pseudofáquico	36	$+3.74 \pm 5.45D$	-3.5D	+21D
Fáquico	50	$-0.03 \pm 1.64D$	-5.0D	+4D
Afáquico	4	$+16.94 \pm 1.39D$	+15.5D	+18.25D

3.3.1 GRUPO PSEUDOFÁQUICO

No grupo de animais pseudofáquicos a hipermetropia foi o erro refrativo mais prevalente (Gráfico 2), sendo identificado em 72.2% dos olhos (baixa hipermetropia - 30.8%; hipermetropia moderada - 38.4%; alta hipermetropia - 30.8%). Apenas 13.9% dos olhos se apresentaram míopes e emétopes. Foi diagnosticado astigmatismo (8.3%) em 3 olhos: $+2.5+1 \times 180^\circ$, $+3+1 \times 90^\circ$ e $+5+3 \times 135^\circ$. Nos 20 cães em que foi possível obter o erro refrativo de ambos os olhos (incluindo cães com IOL e afáquicos), 10 apresentaram anisometropia (variando de 1 a 20.5D de diferença entre os dois olhos), e destes, 2 apresentaram antimetropia. A média de valor refratado nas raças grandes foi $+1.91 \pm 1D$; $+8.28 \pm 5.9D$ nas raças médias e $2.32 \pm 5.02D$ nas raças pequenas.

De um modo geral, 86% apresentou erro refrativo, sendo este considerável em 74% dos animais.

Gráfico 2 - Distribuição de frequência do valor refratado nos cães pseudofáquicos.



Foi impossível avaliar o estado refrativo em 7 olhos dos 43 iniciais devido a um elevado grau de PCO (57.1%); edema da córnea (28.6%) e um caso isolado de pigmentação da IOL devido a rutura de um quisto iridociliar (14.3%).

A correlação entre o estado refrativo e o comprimento do eixo axial ($P=0.0845$; $\rho=-0.3$) sugere uma tendência para a emetropia em animais com diâmetros oculares superiores (Gráfico 3). A mesma análise, para os diferentes tamanhos de raça, demonstrou significância estatística ($P=0.0278$; $\rho=-0.725$) no subgrupo de raças médias (Gráfico 4).

Gráfico 3 - Correlação entre o erro refrativo e o comprimento axial.

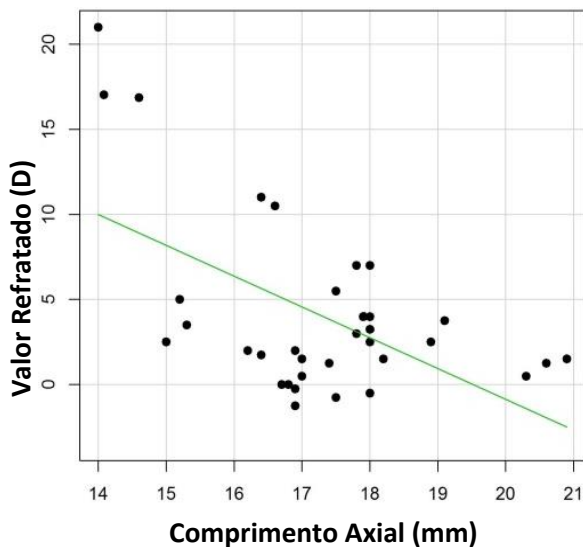
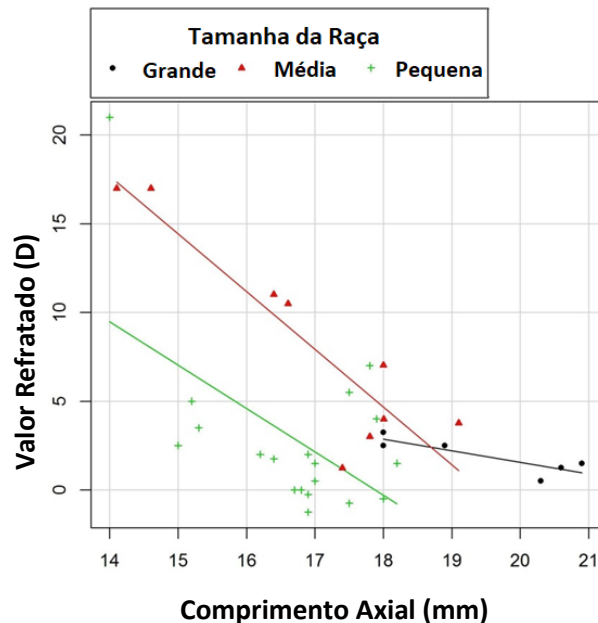


Gráfico 4 - Correlação entre o erro refrativo e o comprimento axial por tamanhos de raça.



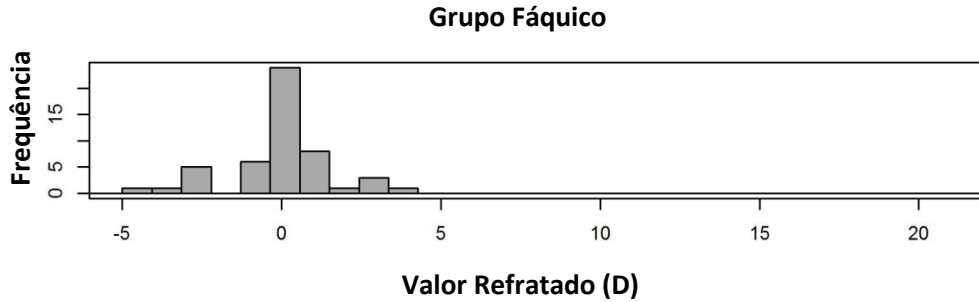
3.3.1.1 Animais Microftálmicos

Foi diagnosticado microftalmia em 3 cães, sendo 2 deles da raça Cocker Spaniel e 1 Schnauzer Miniatura, previamente à cirurgia. Estes animais apresentaram várias malformações oculares congênitas: microfaquia, membrana pupilar persistente (PPM) e nistagmos. Os seus erros refrativos foram de +9.5D no olho esquerdo (OS) e +11D no olho direito (OD) num dos animais; de +16D nos dois olhos (OU) e de +21D OD do terceiro animal. Em todo o estudo, o animal que apresentou o maior erro refrativo (+21D) foi também o que apresentou o menor comprimento axial (14 mm).

3.3.2 GRUPO FÁQUICO

No grupo de animais fáquicos o estado refrativo com maior prevalência foi a emetropia que foi detetada em 44% dos olhos avaliados (Gráfico 5). A hipermetropia mostrou-se o segundo estado refrativo mais prevalente (30%) tendo a maioria apresentado valores de baixa hipermetropia 66.7% e 33.3% de hipermetropia moderada. Apenas 26% da população apresentou miopia. Não foram registados nenhuns casos de astigmatismo ou anisometropia.

Gráfico 5 - Distribuição de frequência do valor refratado nos cães fáquicos.



Foi encontrada uma relação entre o estado refrativo e o tamanho da raça ($P=0.002$). Quando divididas por tamanho, as raças médias apresentaram o estado refrativo médio mais próximo da emetropia ($0.27 \pm 1.03D$). Em raças grandes, o estado refrativo médio foi de $+0.82 \pm 1.52D$ e $-1 \pm 1.75D$ para as raças pequenas (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Estado refrativo por tamanho da raça em animais fáquicos.

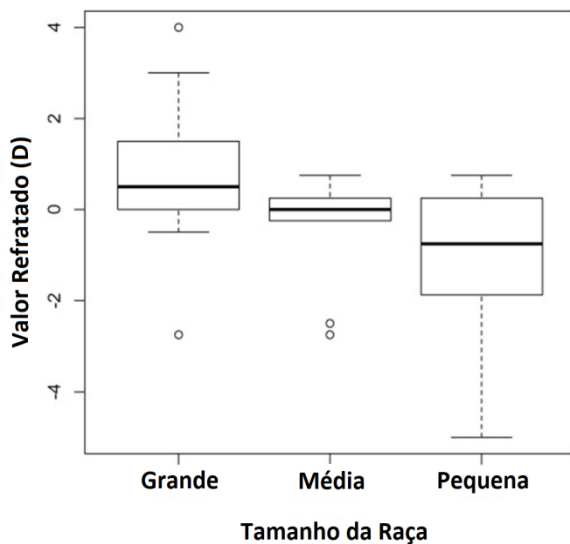
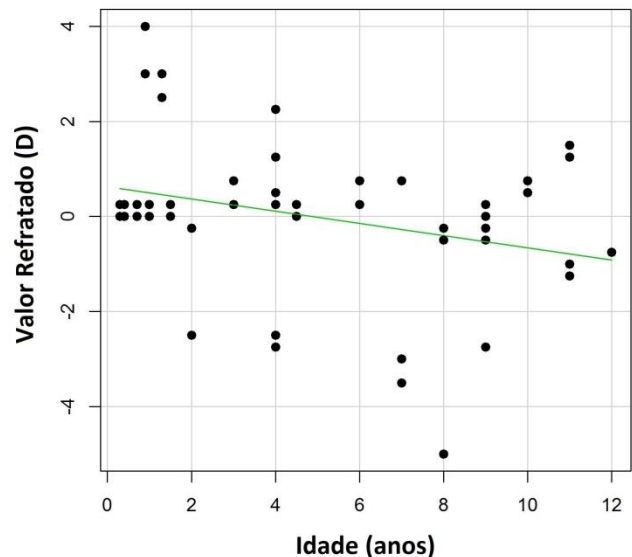


Gráfico 7 - Correlação entre a idade e o estado refrativo de animais fáquicos.



A análise de correlação entre o erro refrativo e a idade sugere uma tendência para valores de hipermetropia mais baixos ou valores de miopia com o aumento da idade do animal ($P = 0.054$; $\rho = -0.273$) (Gráfico 7).

Do grupo fáquico inicial ($n=52$), foi excluído da análise estatística um Beagle de 8 meses por não cumprir os critérios de inclusão necessários. Apresentava várias malformações oculares congênitas: microftalmia, cataratas corticais congênitas, nistagmos, e PPM. Os resultados da sua retinoscopia revelaram hipermetropia e ainda anisometropia: $+13D$ OS e $+11D$ OD.

A maioria das raças mostrou consistência no seu estado refrativo (marcadas a asterisco) (Tabela 3).

Tabela 3. Média do erro refrativo nas várias raças integradas no grupo “Fáquico”

Raça	n	Média do erro refrativo da Raça (D)
Boerboel	2*	+1.38D
Cane Corso	2*	+2.75
Cão D’Água Português	2*	+0.13D
Chihuahua	3	-0.5D
Cocker Spaniel	2*	+0.5D
Dachshund	4*	-0.9D
Fox terrier	1	-5D
Golden Retriever	4*	+2.06D
Jack Russel	5	+0.35D
Labrador	5*	-0.85D
Leão da Rodésia	6	+0.58D
Pastor Australiano	2*	+0.13D
Saluki	2*	-0.25D
Springer Spaniel	2*	+0.13D
Weimareiner	2	+0.75D
Yorkshire Terrier	2*	-3.25D
Indefinida (raça média)	4	-1.25D

As raças Boerboel, Cane Corso, Cocker Spaniel e Golden Retriever (4/4) apresentaram-se predominantemente hipermétropes. A emetropia foi o estado refrativo mais notado nas raças Cão D’Água Português, Jack Russel Terrier (3/5), Leão da Rodésia (4/6), Pastor Australiano, Saluki e Springer Spaniel. A miopia foi o erro refrativo mais comum nas raças Dachshund (4/4), Labrador (5/5) e Yorkshire Terrier.

3.3.3 GRUPO AFÁQUICO

No grupo de animais afáquicos todos se apresentaram altos hipermétropes (+15.5D; +16D; +18D; +18.25D) resultando num erro médio total de +16.94 ±1.39D.

4. Discussão

4.1 TÉCNICA DE RETINOSCOPIA

No conhecimento dos autores, a técnica de retinoscopia descrita por Mohindra, não foi até à data, aplicada em medicina veterinária. Nesta técnica é descontado +1.25D em crianças com idade inferior a dois anos, para uma distância de trabalho de 50 cm (fator de correção de acomodação tónica de 0.75D). Neste estudo a técnica foi adaptada, embora não tenhamos usado cicloplégicos e as retinoscopias tenham sido realizadas em ambiente escotópico total, foi usada uma distância de trabalho de 67 cm e uma lente de trabalho de +1.5D. A realização da técnica na sua totalidade torna-se extremamente importante em crianças e no ser humano no geral, torna-se no entanto irrelevante em cães devido à sua baixa amplitude acomodativa (1-3D no cão; 10-15D no ser humano). Caso tenha havido variações nos dados recolhidos, relativamente ao erro refrativo real, estas são consideradas desprezíveis, uma vez que corresponderiam apenas a ¼ de dioptria. A adaptação de Mohindra mostrou-se eficaz uma vez que não foram utilizados quaisquer fármacos cicloplégicos, não foi necessária grande contenção dos animais e a grande maioria dos animais permaneceu calmo e com o foco direcionado para o único estímulo visual presente na sala, a luz do retinoscópio. A preocupação em controlar a acomodação em animais pseudofáquicos e afáquicos não existe, uma vez que esta capacidade se perde completamente nestes animais.

4.2 ESTADO REFRAATIVO

4.2.1 ANIMAIS FÁQUICOS

Neste estudo, a emetropia foi o estado refrativo mais comum nos animais fáquicos, o que está de acordo com estudos previamente realizados por outros autores (Kubai et al., 2008; Murphy et al., 1992). No entanto, estes valores diferem dos obtidos por estudos semelhantes (mas com apenas 10 animais) que sugerem uma tendência para a hipermetropia baixa em cães fáquicos (Ranzani et al., 2008). Ainda assim 30% dos animais fáquicos apresentaram hipermetropia, sendo a hipermetropia baixa a mais frequente (66.7%).

A miopia foi o erro refrativo menos comum com apenas 26% dos casos. A miopia nos cães poderá estar associada a 1) processos de esclerose nuclear em animais geriátricos e 2) ao alongamento da câmara vítrea, sem acompanhamento da diminuição do poder das estruturas refrativas (Black et al., 2008; Hernandez et al., 2016). Neste estudo foi possível comprovar esse facto, os animais com idade superior apresentaram valores de hipermetropia mais baixos e miopia quando comparados aos mais jovens. Vários estudos tentaram relacionar a miopia

com a raça e a sua heritabilidade (Kubai et al., 2008; Murphy et al., 1992; Donald O. Mutti et al., 1999).

Várias raças são já conhecidas por apresentarem predisposição para a miopia: Pastor Alemão, Schnauzer Miniatura, Rottweiler, Collie e Caniche miniatura. A miopia no Labrador já foi caracterizada como secundária ao alongamento do vítreo (Black et al., 2008; Donald O. Mutti et al., 1999). Curiosamente, 5 dos 5 olhos de Labrador incluídos neste estudo apresentaram miopia. O astigmatismo em veterinária é considerado raro, estimando-se que esteja presente em apenas 1% dos cães. Neste estudo, no grupo fáquico, não foi registado nenhum caso de astigmatismo nem de anisometropia.

Como referido anteriormente um dos animais fáquicos inicialmente inserido no grupo não foi incluído na análise estatística por apresentar várias alterações oculares: microftalmia, catarata cortical congénita, nistagmos e PPM. No entanto, consideramos os resultados da sua retinoscopia importantes, revelando-se um alto hipermetrope com +13D OS e +11D OD. A hipermetropia fisiológica humana ocorre devido a um comprimento axial curto para o poder refrativo da córnea e cristalino. Em humanos com microftalmia, podem surgir erros refrativos tão altos como +20D em casos extremos (Moore et al., 2006). Este caso sugere que, tal como em humanos, a microftalmia não é simplesmente uma alteração estrutural do olho em que há diminuição proporcional das estruturas do globo (microfaquia, microcórnea) ou morfológica como colobomas ou PPM na íris, havendo mesmo comprometimento e redução da funcionalidade em termos de ótica e refração ocular.

4.2.1.1 Tamanho da Raça

Na divisão do grupo fáquico por tamanhos obtivemos um erro refrativo médio de +0.8 \pm 1.52D para raças grandes, 0.3 \pm 1.03D para raças médias e -1 \pm 1.75D para raças pequenas; estando as raças médias mais próximas da emetropia.

Foi demonstrado que as raças maiores estão mais associadas a valores ligeiramente hipermétropes e, quando presente, a miopia parece estar mais associada a raças pequenas ($P=0.002$). Isto poderá dever-se ao facto da córnea apresentar variações entre estes dois grupos. A córnea de raças pequenas apresenta um raio de curvatura inferior, o que resulta num aumento do poder dióptrico da mesma, aproximando o foco da imagem para o centro do corpo vítreo. Por sua vez, raças grandes estão associadas a raios de curvatura maiores, o que se traduz numa diminuição de poder dióptrico da córnea e foco da imagem para lá da retina. Esta tendência é também observável nas médias das raças na tabela 3 (pg.52).

4.2.2 ANIMAIS AFÁQUICOS

A remoção do cristalino traduz-se num erro refrativo grave, uma vez que é retirado 1/3 do poder refrativo do sistema ótico. Resulta em hipermetropia alta, redução da acuidade visual e perda total da função acomodativa do olho (P. Miller & Murphy, 1995). Estudos anteriores demonstram erros refrativos na ordem das +14 a +18.5D como já referido anteriormente. Os valores encontrados neste estudo vão ao encontro dos já publicados para cães afáquicos: $+16.9 \pm 1.4D$.

4.2.3 ANIMAIS PSEUDOFÁQUICOS

Nos animais pseudofáquicos observámos uma prevalência elevada de hipermetropia estando presente em 72.2% dos animais. O uso de lentes de +41D apenas se provou adequada em 13.9% dos casos. Um estudo que avaliou o erro refrativo de 10 cães pseudofáquicos refere o valor médio de erro refrativo de +2D (Mobricci et al., 2009). Davidson et al. (1993) refere que com lentes até +38D não foi registado nenhum caso de miopia (sobrecorreção do estado afáquico). Neste estudo foi observada sobrecorreção em 6 olhos atingindo valores até -3.5D. Neste último caso por exemplo, ao invés da lente de +41D utilizada, deveria ter sido implantada uma IOL de +36D para atingir a emetropia (1D de diferença em refração corresponde a 1,5D na IOL).

Embora 30.8% dos hipermétropes tenha apresentado hipermetropia baixa ($\leq +2D$), os restantes apresentam hipermetropia moderada a alta (38.4 e 30.8% respetivamente), sendo o último caso bastante preocupante. Como referido anteriormente, foi diagnosticado, previamente à cirurgia, microftalmia em 3 cães (2 Cocker Spaniels e 1 Schnauzer Miniatura).

Tanto no Beagle como no Schnauzer Miniatura, estão já associadas e descritas a presença de cataratas congénitas e microftalmia hereditárias (Cook, 2013; Spiess & Pot, 2013). No Cocker Spaniel está também descrita microftalmia associada a malformações congénitas múltiplas (catarata cortical, PPM, hipotonia e nistagmos) (Michael G. Davidson & Nelms, 2013). Os cães microftálmicos incluídos neste estudo apresentaram malformações oculares congénitas: microfaquia, membrana pupilar persistente (PPM) e nistagmos. Foi precisamente nestes animais que se registaram os valores mais altos de hipermetropia: 1) +9.5D (+42D IOL) OS, +11D (+41D IOL) OD; 2) +16D (+42D IOL) OU e 3) +21D (+41 IOL) OD. De todos os pseudofáquicos, o animal que apresentou o maior erro refrativo (+21D) foi também o que apresentou o menor comprimento axial (14 mm). Neste caso específico, a lente necessária a introduzir deveria ter +62D ao invés da IOL de +41D usada.

Embora não tenha sido obtida significância estatística ($P=0.08$) para todo o grupo pseudofáquico, a relação do comprimento axial com o erro refrativo nas raças médias

($P=0.0278$; $\rho=-0.725$) prova que as lentes de +41D estão mais adaptadas para animais com diâmetro ocular superior quando comparadas a olhos relativamente mais pequenos.

Existe uma relação direta positiva entre as dimensões do globo ocular e o tamanho/peso do animal (Chiwitt et al., 2016). Não foi estudada a existência de relação das raças (grande/média/pequena) com o erro refrativo nos cães pseudofáquicos. Esta relação não seria possível uma vez que, nos animais de raça média, estavam incluídos animais microftálmicos que, pela relação globo ocular/tamanho deveriam estar incluídos nas raças pequenas. Por esta razão os animais foram analisados por comprimento axial e não por raça.

Apesar da maioria dos animais pseudofáquicos apresentar hipermetropia, é possível constatar no gráfico 2 que não existe nenhum padrão de distribuição nos animais hipermétropes. No gráfico 3, é ainda possível verificar que para o mesmo comprimento axial existem alguma variabilidade de erro refrativo. Isso deve-se ao facto de haver variações individuais da posição relativa do saco capsular no globo ocular, havendo variações da relação câmara anterior com corpo vítreo. Adicionalmente, para sacos capsulares com a mesma distância relativa aos limites do globo ocular, ainda existe o fator localização relativa da lente dentro do saco capsular.

O astigmatismo mostrou-se com uma prevalência de 8.3% nos animais pseudofáquicos. A cirurgia de cataratas ou outro procedimento que envolva incisão e sutura da córnea poderá levar ao desenvolvimento de astigmatismo, por má aposição dos bordos, que normalmente resolve com o passar do tempo (Kim et al., 2008; Ofri, 2013). Numa retinoscopia, quando realizada no período pós-operatório, não é incomum diagnosticar astigmatismo, por vezes irregular (M. Davidson, 1997). Dois dos animais apresentaram $+2.5+1 \times 180^\circ$ (astigmatismo regular composto hipermetrope “contra a regra”); $+3+1 \times 90^\circ$ (astigmatismo regular composto hipermetrope a “favor da regra”), apresentando estes cães um período pós-operatório de 3 e 4 anos respetivamente. Estes dois casos já estariam estabilizados uma vez que teria ocorrido cicatrização da córnea, e conseqüente estabilização do astigmatismo induzido. O terceiro caso, correspondendo ao mais grave, apresentou astigmatismo irregular com o maior poder refrativo no meridiano oblíquo a 135° : $+5+3 \times 135^\circ$. Sendo o olho direito, este meridiano corresponde exatamente com a localização da sutura da incisão principal (local de injeção da IOL), levando-nos a crer que este astigmatismo tenha sido induzido cirurgicamente, que não estivesse já presente, previamente ao procedimento. A retinoscopia neste animal foi realizada imediatamente após a cirurgia, por essa razão é impossível estimar quanto do astigmatismo desaparecerá até à cicatrização total da córnea.

As complicações cirúrgicas mais comuns, no pós-operatório da uma cirurgia de cataratas, incluem PCO, doenças da córnea, glaucoma, sinéquias focais posteriores, descolamento da

retina, alterações do vítreo, instabilidade da lente e uveíte persistente (Lim et al., 2011; Yi et al., 2006). Como já referido foi impossível executar o exame em 7 olhos devido a opacificação dos meios refrativos.

Nestas opacificações incluíram-se 4 de casos PCO (57.1%); 2 de edema da córnea (28.6 %) e um caso isolado de pigmentação da IOL secundária a rutura de um quisto iridociliar (14.3%). O pós-operatório destes casos variou entre 3-6 anos.

O grau de PCO foi variável nestes 4 animais, estando relacionado com o intervalo de tempo entre a retinoscopia e a intervenção cirúrgica. Nos animais com um período de pós-operatório inferior foi possível ver o reflexo fúndico mas impossível perceber para que lado o feixe se movia. O caso mais extremo de PCO impediu completamente a passagem da luz do retinoscópio e não se obteve qualquer tipo de reflexo. Podemos dizer que para a avaliação do erro refrativo, em animais pseudofáquicos, se conseguem melhores resultados em animais com um período pós-operatório inferior, uma vez que a PCO é progressiva (respeitando, obviamente, a cicatrização da córnea e a estabilização de eventual astigmatismo).

Relativamente à anisometropia foram registados 10 casos: 1D; 1.25D; 1.5D (2); 2D; 3D; 3.75D; 5.25D; 15.25D e 20.5D. O animal que apresentou 15.25D de diferença entre olhos, colocou uma IOL no OS (+3D) e ficou afáquico no OD (+18.25D). O caso com maior diferença (20.5D), correspondendo ao caso com antimetropia, resultou da intervenção cirúrgica em apenas um olho: +18D no OD (afáquico) e -2.5D OS (fáquico).

Em graus menores de anisometropia, a binocularidade é preservada. Uma diferença de 1D entre dois olhos, causa uma diferença de tamanho de 2% na imagem formada na retina. Uma diferença até 5% (2.5D) é bem tolerada. Uma diferença até 4D poderá ser tolerada, dependendo da sensibilidade do animal. Diferenças superiores a 4D não são toleradas e comprometem gravemente a visão (Khurana, 2008). A anisometropia grave e antimetropia, como observado em alguns animais afáquicos e pseudofáquicos, pode induzir efeitos deletérios na visão dos mesmos, levando a ambliopia e exclusão do olho defeituoso em termos de visão (Peiffer & Gaiddon, 1991). A supressão total da imagem, do olho afáquico, está descrita em pacientes humanos pediátricos e adultos (Davis & Ansons, 2013).

4.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

O tamanho da amostra poderá ter condicionado os resultados, pois, provavelmente, teríamos obtido significância estatística em mais testes estatísticos se a população em estudo fosse maior.

A quantidade de animais intervencionados para cirurgia de cataratas no período em estudo, foi consideravelmente maior; no entanto, tornou-se impossível avaliar todos uma vez que nem

todos os tutores se mostraram disponíveis para se deslocar ao HEV ou porque alguns animais já tinham morrido. Adicionalmente, em 7 dos animais avaliados, foi impossível obter qualquer tipo de resultado, que teriam também contribuído para um número de casos superior. Teria sido interessante estabelecer correlações com outros parâmetros biométricos como ACD, profundidade do vítreo e comprimento do cristalino, no entanto estes valores não foram recolhidos na avaliação pré cirúrgica, apenas o comprimento axial.

Relativamente à revisão bibliográfica, reconhecemos as referências como não sendo muito atuais ou o uso frequente de fontes relativas a medicina humana. Isto deve-se à oftalmologia veterinária ter sido, ao longo dos anos, muito virada para as alterações patológicas propriamente ditas do globo ocular, em detrimento da componente ótica e refração ocular. Existem efetivamente poucos artigos referentes ao erro refrativo em cães, especialmente em animais pseudofáquicos.

5. Conclusões e perspectivas futuras

A grande maioria dos cães fáquicos apresenta uma boa visão a nível ótico, sendo o estado refrativo mais prevalente a emetropia. Com menor frequência surgem animais com miopia ou hipermetropia, mesmo em raças onde tal não seria de esperar. Isto dever-se-á ao facto do apuramento e seleção de raças ao longo dos anos ter tido em conta características fenotípicas apreciáveis, não tendo sido considerados outros fatores, como o seu potencial visual e erro refrativo.

A retinoscopia demonstrou ser um bom método de avaliação do estado refrativo em cães, sendo bem tolerada pela maioria dos animais. A adaptação da técnica de Mohindra à medicina veterinária apresentou bons resultados, uma vez que a maioria dos animais permaneceu calma, sem grande necessidade de contenção e com o olhar direcionado para o retinoscópio durante o procedimento.

Nos animais pseudofáquicos verificou-se grande variabilidade entre os diferentes animais. As lentes de +41D demonstraram ser adequadas para uma percentagem bastante baixa dos animais avaliados. Existe uma relação direta entre as dimensões oculares (comprimento axial) e o erro refrativo, apresentando animais com comprimentos inferiores maiores erros refrativos. Embora o resultado final de um animal pseudofáquico seja melhor que o de um afáquico em termos visuais, mais de metade dos animais apresenta um erro refrativo considerável.

Idealmente, à semelhança do que decorre em medicina humana, cada animal deveria ser avaliado individualmente, sendo a IOL calculada para cada um. Enquanto a biometria ocular,

incluindo a queratometria, não se tornar prática corrente entre oftalmologistas em medicina veterinária, deverão ser realizados mais estudos na tentativa de correlacionar características biométricas de diferentes grupos de cães (comprimento do eixo axial/profundidade da câmara vítrea) com as necessidades refrativas pós-operatórias. Isto levará a uma oferta superior de IOLs diminuindo, assim, a prevalência de erros refrativos.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Ahmad, R., Saini, N. S., Mahajan, S. K., Mohindroo, J., & Singh, S. S. (2017). Comparison of rigid polymethylmethacrylate and foldable square edge acrylic lens replacement for management of cataract after phacoemulsification in 22 eyes of dogs. *Indian J. Anim. Res.*, 51(1), 146–150.
- 2) American Academy of Ophthalmology Refractive Management/ Intervention Panel Preferred Practice Pattern®, G. (2013). *Refractive Errors & Refractive Surgery*. American Academy of Ophthalmology. San Francisco, CA.
- 3) Atchison, D. A. (2009). Objective refraction. In M. Rosenfield, N. Logan, & K. H. Edwards (Eds.), *Optometry: Science, Techniques and Clinical Management* (2nd Ed., pp. 187–202). Elsevier Health Sciences.
- 4) Bhattacharyya, B. (2009). *Textbook of Visual Science and Clinical Optometry*. (B. Bhattacharyya, Ed.) (1st Editio). Jaypee Brothers Medical Publishers. Ltd.
- 5) Black, J., Browning, S. R., Collins, A. V., & Phillips, J. R. (2008). A canine model of inherited myopia: Familial aggregation of refractive error in Labrador retrievers. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 49(11), 4784–4789.
- 6) Brown, B. (2007). *The Low Vision Handbook for Eyecare Professionals*. (J. K. Ledford, K. Daniels, & R. Campbell, Eds.) (2nd Ed.). SLACK Incorporated.
- 7) Carlos, J., Beltrão, I., Martins, D. S., Tavares, L., Nóbrega, A., Navarro, M. O., ... Dias, T. J. (2015). Correlation between the use of the accommodation and symptoms of asthenopia in hyperopic patients. *Rev Bras Oftalmol.*, 74(4), 225–230.
- 8) Chiwitt, C. L. H., Baines, S. J., Mahoney, P., Tanner, A., Heinrich, C. L., Rhodes, M., & Featherstone, H. J. (2016). Ocular biometry by computed tomography in different dog breeds. *Veterinary Ophthalmology*, 1–9.
- 9) Cline, D., Hofstetter, H. W., & Griffin, J. R. (1997). *Dictionary of Visual Science* (4th ed.). Boston: Butterworth-Heinemann.
- 10) Coile, D. C., & O’Keefe, L. P. (1988). Schematic eyes for domestic animals. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 8(2), 215–219.
- 11) Cook, C. S. (2013). Ocular Embryology and Congenital Malformations. In K. Gelatt, B. Gilger, & T. Kern (Eds.), *Veterinary Ophthalmology* (5th ed., pp. 3–38). Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc.
- 12) Corboy, J. M. (2003). *The Retinoscopy Book: An Introductory Manual for Eye Care Professionals* (5th Ed.). SLACK Incorporated, 2003.
- 13) Courville, C. B., Smolek, M. K., & Klyce, S. D. (2004). Contribution of the ocular surface to visual optics. *Experimental Eye Research*, 78(3), 417–425.
- 14) Cronin, T. W. (2012). Visual optics: Accommodation in a splash. *Current Biology*, 22(20), 871–873.

- 15) Curcio, C. A., & Allen, K. A. (1990). Topography of ganglion cells in human retina. *Journal of Comparative Neurology*, 300(1), 5–25.
- 16) Dai, E., & Boulton, M. E. (2009). Basic Science of the Lens. In M. Yanoff, J. Duker, & A. R. Augsburger (Eds.), *Ophthalmology* (3rd ed., pp. 380–393). Elsevier Health Sciences.
- 17) Davidson, M. (1997). Clinical retinoscopy for the veterinary ophthalmologist. *Veterinary and Comparative Ophthalmology*, 7(2), 128–137.
- 18) Davidson, M. G., Murphy, C. J., Nasisse, M. P., Hellkamp, A. S., Olivero, D. K., Brinckmann, M. C., & Campbell, L. H. (1993). Refractive state of aphakic and pseudophakic eyes of dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 54, 174–176.
- 19) Davidson, M. G., & Nelms, S. R. (2013). Diseases of the Lens and Cataract Formation. In K. N. Gelatt, T. Kern, & B. C. Gilger (Eds.), *Veterinary Ophthalmology* (5th ed., pp. 1199–1233). Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc.
- 20) Davis, H., & Ansons, A. M. (2013). *Diagnosis and Management of Ocular Motility Disorders* (4th ed.). John Wiley & Sons, 2013.
- 21) Deng, L., & Gwiazda, J. E. (2012). Anisometropia in children from infancy to 15 years. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 53(7), 3782–3787.
- 22) Featherstone, H. J., & Heinrich, C. L. (2013). Ophthalmic Examination and Diagnostics. In K. N. Gelatt, B. C. Gilger, & T. J. Kern (Eds.), *Veterinary Ophthalmology* (5th Ed., pp. 533–613). Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- 23) Gaiddon, J. A., Lallement, P. E., & Peiffer, R. L. (2000). Implantation of a foldable intraocular lens in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 216, 875–877.
- 24) Gaiddon, J., Lallement, P. E., & Bouhana, N. (1997). Study of refraction by retinoscopy of normal, aphakic and pseudophakic canine eyes: advantages of using a 41 diopter intraocular lens. *Prat. Med. Chir. Anim. Comp.*, 32, 531–535.
- 25) Gaiddon, J., Rosolen, S. G., Steru, L., Cook, C. S., & Peiffer, R. (1991). Use of biometry and keratometry for determining optimal power for intraocular lens implants in dogs. *American Journal of Ophthalmology*, 52(5), 781–783.
- 26) Gelatt, K. N. (2014). *Essentials of Veterinary Ophthalmology*. (K. N. Gelatt, Ed.) (3rd.). Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc.
- 27) Gelatt, K. N., & Wilkie, D. A. (2011). Surgical procedures of the lens and cataract. In K. N. Gelatt & J. P. Gelatt (Eds.), *Veterinary Ophthalmic Surgery* (1st., pp. 303–355). Elsevier Saunders.
- 28) Gift, B. W., English, R. V., Nadelstein, B., Weigt, A. K., & Gilger, B. C. (2009). Comparison of capsular opacification and refractive status after placement of three different intraocular lens implants following phacoemulsification and aspiration of cataracts in dogs. *Veterinary Ophthalmology*, 12(1), 13–21.

- 29) Gilger, B., Whitley, R., McLaughlin, S., Wright, J., & Boosinger, T. (1993). Clinicopathologic findings after experimental implantation of synthetic intraocular lenses in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 54(4), 616–621.
- 30) Gilger, B., Whitley, R., McLaughlin, S., Wright, J., & Drane, J. (1991). Canine corneal thickness measured by ultrasonic pachymetry. *American Journal of Veterinary Research*, 52(10), 1570–1572.
- 31) Gilmartin, B. (1986). A Review of the Role of Sympathetic Innervation of the Ciliary Muscle in Ocular Accommodation. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 6(1), 23–37.
- 32) Glasser, A. (2011). Accommodation. In L. A. Levin, S. F. E. Nilsson, J. Ver Hoeve, & S. M. Wu (Eds.), *Adler's Physiology of the Eye* (11th ed., pp. 39–70). Elsevier Saunders.
- 33) Glickstein, M., & Millodot, M. (1970). Retinoscopy and Eye Size. *Science*, (I), 605–606.
- 34) Goldberg, J. L. (2011). Optic Nerve. In L. A. Levin, S. F. E. Nilsson, J. Ver Hoeve, & S. M. Wu (Eds.), *Adler's Physiology of the Eye* (11th ed., pp. 550–573). Elsevier Saunders.
- 35) Gray, L. S., & Winn, B. (2017). Accommodation dynamics. In P. Artal (Ed.), *Handbook of Visual Optics, Volume One: Fundamentals and Eye Optics*. CRC Press, 2017.
- 36) Groth, A. D., Hollingsworth, S. R., Ofri, R., Kass, P. H., Reed, Z., & Murphy, C. J. (2013). Clinical comparison of the Welch Allyn SureSight™ handheld autorefractor versus streak retinoscopy in dogs. *Veterinary Ophthalmology, Volume 16*(5), 319–323.
- 37) Gum, G. G., & MacKay, E. O. (2013). Physiology of the Eye. In K. N. Gelatt, B. C. Gilger, & T. J. Kern (Eds.), *Veterinary Ophthalmology* (5th ed., pp. 171–207).
- 38) Haigis, W., Lege, B., Miller, N., & Schneider, B. (2000). Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for intraocular lens calculation according to Haigis. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*, 238, 765–773.
- 39) Harwerth, R. S., & Schor, C. M. (2011). Binocular Vision. In L. A. Levin, S. F. E. Nilsson, J. Ver Hoeve, & S. M. Wu (Eds.), *Adler's Physiology of the Eye* (11th ed., pp. 677–697). Elsevier Saunders.
- 40) Hernandez, J., Moore, C., Si, X., Richer, S., Jackson, J., & Wang, W. (2016). Aging dogs manifest myopia as measured by autorefractor. *PLOS ONE*, 11(2), 1–10.
- 41) Herring, I. P. (2013). Clinical Pharmacology and Therapeutics - Part 4: Mydriatics/Cycloplegics, Anesthetics, and Tear Substitutes and Stimulators. In K. N. Gelatt, B. C. Gilger, & T. J. Kern (Eds.), *Veterinary Ophthalmology* (5th ed., pp. 423–434). Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- 42) Jacobs, G. H., Deegan, J. F., Crognale, M. A., & Fenwick, J. A. (1993). Photopigments of dogs and foxes and their implications for canid vision. *Visual Neuroscience*, 10(1), 173.
- 43) Jester, J. V. (2008). Corneal Crystallins and the Development of Cellular Transparency. *Semin Cell Dev Biol.*, 19(2), 82–93.
- 44) Józwiak, A., Siedlecki, D., & Zając, M. (2014). Analysis of Purkinje images as an

- effective method for estimation of intraocular lens implant location in the eyeball. *Optik*, 125(20), 6021–6025.
- 45) Junqueira, L. C., & Carneiro, J. (2013). *Histologia Básica, Texto e Atlas* (12 ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan LTDA.
- 46) Keirl, A., & Christie, C. (2007). *Clinical Optics and Refraction: A Guide for Optometrists, Contact Lens Opticians and Dispensing Opticians*. (A. Keirl & C. Christie, Eds.). Elsevier Health Sciences.
- 47) Khurana, A. K. (2008). *Theory And Practice Of Optics And Refraction*. (Khurana, Ed.) (2nd ed.). Elsevier.
- 48) Kim, J. Y., Jeong, S. W., Han, H. J., & Williams, D. L. (2008). Evaluation of sutureless cataract surgery in the dog. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, 6(2), 101–110.
- 49) Kommerell, G. (1993). Strichskiaskopie, Optische Prinzipien und praktische Empfehlungen. *Klinische Monatsblatt Augenheilkunde*, 203, 10–18.
- 50) Koretz, J. F., Rogot, A., & Kaufman, P. L. (1995). Physiological strategies for emmetropia. *Trans Am Ophthalmol Soc*, 93, 105–122.
- 51) Kubai, M. A., Bentley, E., Miller, P. E., Mutti, D. O., & Murphy, C. J. (2008). Refractive states of eyes and association between ametropia and breed in dogs. *American Journal of Veterinary Research*, 69(7), 946–951.
- 52) Kuhn, S. E., Hendrix, D. V. H., Jones, M. P., Ward, D. A., Baine, K. H., & Franklin, S. R. (2015). Biometry, keratometry, and calculation of intraocular lens power for the bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*). *Veterinary Ophthalmology*, 18(1), 106–112.
- 53) Lee, A. C., Qazi, M. A., & Pepose, J. S. (2008). Biometry and intraocular lens power calculation. *Curr Opin Ophthalmol*, 19(1), 13–17.
- 54) Lens, A. (2006). *Optics, Retinoscopy, and Refractometry*. (J. K. Ledford, K. Daniels, & R. Campbell, Eds.) (2nd ed.). SLACK Incorporated.
- 55) Lim, C. C., Bakker, S. C., Waldner, C. L., Sandmeyer, L. S., & Grahn, B. H. (2011). Cataracts in 44 dogs (77 eyes): A comparison of outcomes for no treatment, topical medical management, or phacoemulsification with intraocular lens implantation. *Canadian Veterinary Journal*, 52(3), 283–288.
- 56) López-Gil, N., & Fernández-Sánchez, V. (2010). The change of spherical aberration during accommodation and its effect on the accommodation response. *Journal of Vision*, 10(13), 12.
- 57) Maggs, D. J. (2008). Cornea and Sclera. In D. J. Maggs, P. E. Miller, & R. Ofri (Eds.), *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (pp. 175–202). Elsevier Saunders.
- 58) Mancuso, J. N. K., Kuchenbecker, J. A., & Neitz, M. (2011). Color Vision. In L. A. Levin, S. F. E. Nilsson, J. Ver Hoeve, & S. M. Wu (Eds.), *Adler's Physiology of the Eye* (11th ed., pp. 648–654). Elsevier Saunders.

- 59) Maurice, D. M. (1957). The Structure and Transparency of the Cornea. *The Journal of Physiology*, 136(2), 263–286.
- 60) Miklosi, A. (2014). *Dog Behaviour, Evolution, and Cognition* (2nd ed.). OUP Oxford.
- 61) Miller, D., & Schor, P. (2011). Optics. In L. A. Levin, S. F. E. Nilsson, J. Ver Hoeve, & S. M. Wu (Eds.), *Adler's Physiology of the Eye* (11th ed., pp. 1–27). Elsevier Saunders.
- 62) Miller, D., Schor, P., & Magnante, P. (2009). Optics of the normal eye. In M. Yanoff, J. S. Duker, & J. J. Augsburger (Eds.), *Ophthalmology* (3rd ed., pp. 51–60). Elsevier Health Sciences.
- 63) Miller, P. E. (2001). Vision in Animals - What do Dogs and Cats See? In *Waltham/OSU Symposium: Small Animal Ophthalmology*.
- 64) Miller, P. E. (2008a). Structure and Function of the Eye. In P. E. Miller, D. J. Maggs, & R. Ofri (Eds.), *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (4th ed., pp. 1–19). Elsevier Saunders.
- 65) Miller, P. E. (2008b). Uvea. In P. E. Miller, D. J. Maggs, & R. Ofri (Eds.), *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (4th ed., pp. 203–229). Elsevier Saunders.
- 66) Miller, P., & Murphy, C. J. (1995). Vision in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 207(12), 1623–34.
- 67) Mobricci, L. A. L., Ranzani, J. J. T., Steagall, P. V. M., Rodrigues, A. C. L., Carvalho, L. R., & Brandão, C. V. S. (2009). Retinoscopia com luz em faixa em cães fáxicos, afáxicos e pseudofáxicos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*, 61, 20–26.
- 68) Moore, B. D., Augsburger, A. R., Ciner, E. B., Cockrell, D. A., Fern, K. D., & Harb, E. (2006). *Optometric Clinical Practice Guideline - Care of the Patient with Hyperopia*. American Optometric Association.
- 69) Murphy, C. J., Samuelson, D. A., & Pollock, R. V. H. (2012). The Eye. In H. Evans & A. de Lahunta (Eds.), *Miller's Anatomy of the Dog* (4th ed., pp. 746–785). Elsevier Saunders.
- 70) Murphy, C. J., Zadnik, K., & Mannis, M. J. (1992). Myopia and refractive error in dogs. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 33(8), 2459–2463.
- 71) Mutti, D. O., Ver Hoeve, J. N., Zadnik, K., & Murphy, C. J. (1997). The artifact of retinoscopy revisited: comparison of refractive error measured by retinoscopy and visual evoked potencial in the rat. *Optometry and Vision Science*, 74(7), 483–488.
- 72) Mutti, D. O., Zadnik, K., & Murphy, C. J. (1999). Naturally occurring vitreous chamber-based myopia in the labrador retriever. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 40(7), 1577–1584.
- 73) Neitz, J., Geist, T., & Jacobs, G. H. (1989). Color vision in the dog. *Visual Neuroscience*, 3(2), 119–125.

- 74) Norrby, S. (2008). Sources of error in intraocular lens power calculation. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 34(3), 368–376.
- 75) Ofri, R. (2008a). Lens. In D. Maggs, P. Miller, & R. Ofri (Eds.), *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (4th ed., pp. 258–276). Elsevier Saunders.
- 76) Ofri, R. (2008b). Retina. In D. Maggs, P. Miller, & R. Ofri (Eds.), *Slatter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology* (4th ed., pp. 285–317). Elsevier Saunders.
- 77) Ofri, R. (2013). Optics and Physiology of Vision. In K. N. Gelatt, B. C. Gilger, & T. J. Kern (Eds.), *Veterinary Ophthalmology* (5th ed., pp. 208–270). Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- 78) Ott, M. (2006). Visual accommodation in vertebrates: mechanisms, physiological response and stimuli. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, 192(2), 97–111.
- 79) Parry, H. B. (1953). Degenerations of the dog retina - Structure and development of the retina of the normal dog. *British Journal of Ophthalmology*, 37(7), 385–404.
- 80) Peichl, L. (1992). Topography of Ganglion-Cells in the Dog and Wolf Retina. *Journal of Comparative Neurology*, 324(4), 603–620.
- 81) Peiffer, R. L., & Gaiddon, J. (1991). Posterior Chamber Intraocular Lens Implantation in the Dog: Results of 65 Implants in 61 Patients. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 27, 453–462.
- 82) Peterson-Jones, S. (2002). The lens. In S. Petersen-Jones & S. Crispin (Eds.), *BSAVA Manual of Small Animal Ophthalmology* (2nd ed.). British Small Animal Veterinary Association.
- 83) Pretterer, G., Bubna-Littitz, H., Windischbauer, G., Gabler, C., & Griebel, U. (2004). Brightness discrimination in the dog. *Journal of Vision*, 4(3), 10.
- 84) Queirós, N. I. O., Jorge, J., & Parafita, M. A. (2005). Retinoscopy/Autorefractometry: Which Is the Best Starting Point for a Noncycloplegic Refraction? *Optometry and Vision Science*, 82(1), 64–68.
- 85) Ranzani, J. J. T., Mobicci, L. A. L., Carvalho, L. R., & Brandão, C. V. S. (2008). Refração por retinoscopia com luz em faixa em cães. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*, 60, 353–355.
- 86) Rosenfield, M. (2006). Refractive status of the eye. In W. J. Benjamin (Ed.), *Borish's Clinical Refraction* (2nd ed.). Elsevier Health Sciences.
- 87) Samuelson, D. A. (2013). Ophthalmic Anatomy. In K. N. Gelatt, B. C. Gilger, & T. J. Kern (Eds.), *Veterinary Ophthalmology* (5th ed., pp. 39–170). Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- 88) Sanchez, R. F., Becker, R., Dawson, C., Lam, R., & Escanilla, N. (2016). Calculation of posterior chamber intraocular lens (IOL) size and dioptric power for use in pet rabbits

undergoing phacoemulsification. *Veterinary Ophthalmology*, 1–8.

89) Saunders, K. J., & Westall, C. A. (1992). Comparison between Near Retinoscopy and Cycloplegic Retinoscopy in the Refraction of infants and Children. *Optometry and Vision Science*, 69(8), 615–622.

90) Sepulveda, R. N., & Krueger, R. (2011). Optical Aberrations and Wavefront Sensing. In L. A. Levin, S. F. E. Nilsson, J. Ver Hoeve, & S. M. Wu (Eds.), *Adler's Physiology of the Eye* (11th ed., pp. 28–39). Elsevier Saunders.

91) Shahzad, H. S. F., Patel, A. S., & O'Brien, C. (2015). Biometry for Intra-Ocular Lens (IOL) power calculation. *American Academy of Ophthalmology*. Acedido em Maio 22, 2017 disponível em:
[http://eyewiki.aao.org/Biometry_for_IntraOcular_Lens_\(IOL\)_power_calculation#Axial_length_.28AL.29](http://eyewiki.aao.org/Biometry_for_IntraOcular_Lens_(IOL)_power_calculation#Axial_length_.28AL.29)

92) Soares, A. M. B., Laus, J. L., Provenzano, J., Ayeres, B., Marssilac, P. de, Millward, C., & Galera, P. D. (2004). Refração ocular por retinoscopia em faixa em cães da raça Fila Brasileiro. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 11(1–2), 104–108.

93) Spiess, B. M., & Pot, S. A. (2013). Diseases and Surgery of the Canine Orbit. In B. Gilger, K. N. Gelatt, & T. Kern (Eds.), *Veterinary Ophthalmology* (5th ed., pp. 793–831). Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Inc.

94) Tobaigy, F. M., & Azar, D. T. (2009). Wavefront-Guided (Customized) Excimer Laser Refractive Surgery. In M. Yanoff, J. S. Duker, & J. J. Augsburger (Eds.), *Ophthalmology* (3rd ed., pp. 166–173). Elsevier Health Sciences.

95) Wilkie, D. A., & Colitz, C. M. H. (2013). Surgery of the Lens. In K. N. Gelatt, B. C. Gilger, & T. J. Kern (Eds.), *Veterinary Ophthalmology* (5th ed., pp. 1234–1286). John Wiley & Sons, Inc.

96) Yackle, K., & Fitzgerald, D. E. (1999). Emmetropization: An Overview. *Journal of Behavioral Optometry*, 10(2), 38.

97) Yang, J., Wang, X., Zhang, H., Pang, Y., & Wei, R. (2017). Clinical evaluation of surgery-induced astigmatism in cataract surgery using 2.2 mm or 1.8 mm clear corneal micro-incisions. *International Journal of Ophthalmology*, 10(1), 68–71.

98) Yi, N. Y., Park, S. A., Jeong, M. B., Kim, W. T., Kim, S. E., Chae, J. M., & Seo, K. M. (2006). Phacoemulsification and acryl foldable intraocular lens implantation in dogs: 32 Cases. *Journal of Veterinary Science*, 7(3), 281–285.

LISTA DE ABREVIATURAS DOS ANEXOS I E II

APR – atrofia progressiva da retina
ARD – diarreia responsiva a antibióticos
CAE – conduto auditivo externo
CE – corpo estranho
CEC – carcinoma espinocelular
CGEF – complexo gengivo-estomatite feline
COHAT – *comprehensive oral health assessment and treatment*
DAPP – dermatite alérgica á picada da pulga
DDMVM – doença degenerativa mixomatosa da válvula mitral
DRA – doença renal aguda
DRC – doença renal crónica
FLUDT – doença do trato urinário inferior felino
HBP – hiperplasia benigna da próstata
ICC – insuficiência cardíaca congestiva
KCS – querato-conjuntivite seca
LIO – lente intraocular
MN – membrana nictitante
MP – membro posterior
nº – número
OVH – ovário histerectomia
PDA – persistência do ducto arterioso
SARD – degenerescência da retina súbita aguda
SUB – *bypass* ureteral subcutâneo
TTA – avanço da tuberosidade da tibia

**ANEXO I - CASUÍSTICA DESCRIMINADA NOS SERVICOS DE MEDICINA INTERNA,
ECOGRAFIA E RADIOLOGIA**

Especialidade	Patologia	Nº de casos
Gastroenterologia	Gastrite aguda	6
	Gastroenterite	5
	Enterite aguda	12
	Enterite crónica	3
	Enterocolite	2
	ARD	3
	Volvo Gástrico	1
	Pancreatite aguda	5
	Pancreatite crónica	1
	Hepatite	3
	Lipidose hepática	1
	Tríadite Felina	1
	Mucocelo Biliar	2
	Megaesófago	2
	Hérnia do hiato	3
	Obstrução por CE	3
	Prolapso rectal	2
Fecaloma	2	
Estomatologia	CGEF	3
	Sialocelo/Sialólito	1
Cardiologia	Tetralogia Fallot	1
	PDA	2
	Derrame pericárdico	3
	DDMVM	3
	ICC	4
Pneumologia	Pneumonia	5
	Derrame Pleural	4
	Colapso traqueal	1
	Asma felina	1
	Síndrome do Braquicéfalo	2

Pneumologia (continuação)	Fibrose Pulmonar do Westie	1
	Edema pulmonar	2
	Piotórax	1
Oftalmologia	Descemetocelo	3
	Úlcera córnea	7
	Úlcera herpética	1
	Conjuntivite alérgica	3
	Conjuntivite bacteriana	2
	Quisto dermóide	2
	Uveíte	5
	Queratite	1
	KCS	2
	Sequestro da córnea	2
	Degenerescência da córnea	2
	Entrópion/Ectrópion	3/2
	Prolapso da glândula de Harder	4
	Hematoma retrobulbar	1
	Laceração córnea/Prolapso da Iris	2/2
	Papiloma Palpebral	3
	Glaucoma	3
	Descolamento da Retina	2
	APR	3
	SARD	1
	Cataratas	6
	Luxação anterior/posterior do cristalino	1/2
	Microftalmia	3
	Malformação ocular múltipla congénita	3
	Sinérese do Vítreo	1
Atrofia da íris	1	
Quisto granulomatoso/massa na MN	1/1	
Nefrologia e Urologia	DRA	3
	DRC	10
	Cistite	3
	Cistite enfisematosa	1

Nefrologia e Urologia (continuação)	Displasia Renal	1
	FLUTD	9
	Urolitíase	3
	Hidro-ureter	1
Endocrinologia	Hiperadrenocorticismo	2
	Hipoadrenocorticismo	1
	Hiperparatiroidismo secundário	1
	Hipertiroidismo	2
	Diabetes <i>mellitus</i>	6
	Poliendocrinopatia autoimune (Síndrome de Schmidt)	1
Neurologia	Hérnia vertebral	9
	Epilepsia	3
	Convulsão de causa desconhecida	3
	Ataxia cerebelar	1
	Síndrome vestibular periférico/geriátrico	1/2
	Parésia dos MP de causa desconhecida	2
	Hidrocefalia	1
	Síndrome de Horner	2
Ortopedia	Claudicação	3
	Doença degenerativa articular	2
	Osteodistrofia hipertrófica (Síndrome Imunodeficiência do Weimareiner)	1
	Osteomielite	1
	Luxação da patela	3
	Rotura do ligamento cruzado anterior	2
Oncologia	Mastocitoma	4
	Fibrossarcoma	2
	Carcinoma das células de transição	1
	Hemangiossarcoma esplénico/cardíaco	3/1
	CEC do pênis	1
	CEC plano nasal/pavilhão auricular	4/2
	Carcinomatose	1
	Lipoma	3
	Linfoma multicêntrico	2

Oncologia (continuação)	Linfoma intestinal	4
	Osteossarcoma	1
	Neoplasia mamária	4
Dermatologia	Dermatofitose	3
	Dermatite atópica	4
	Otite bacteriana	4
	Otite por malassezia	3
	DAPP	1
	Alopécia de diluição de cor	1
Reprodução	Metrite	1
	Piômetra	11
	HBP	1
	Neoplasia testicular	2
	Infecção do pedículo testicular	1
Hematologia	Anemia hemolítica imunomediada	2
Doenças Infecciosas e Parasitárias	Parvovirose intestinal/forma medular	3/1
	Traqueobronquite infecciosa	2
	Leptospirose	5
	Leishmaniose	4
	Dirofilariose	3
	Hemoparasitas	5
	Aspergilose	1
	Esgana	1
Profilaxia	Vacinação	27
Trauma	Fratura óssea/Laceração tecidos moles	2/3
Urgência	Paragem cardio-respiratória	4
	Choque anafilático	1
	Intoxicação paracetamol/rodenticidas	1/1
Outros	Peritonite difusa	3
	Fleimão	1
	Eutanásia	7
	Ingestão acidental de medicamentos	2
	Exóticos	9

ANEXO II - CASUÍSTICA DESCRIMINADA NO SERVIÇO DE CIRURGIA

Área	Procedimento	Nº de casos
Dentisteria e Cirurgia Maxilofacial	Exodontia	7
	COHAT	16
	Endodontia com restauro de coroa	2
	Amputação de coroa	3
	Palatorrafia	1
	Maxilectomia	1
	Exérese melanoma oral/labial	1/1
	Amputação da trufa/ pavilhão auricular (CEC)	3/2
	Exérese linfonodo submandibular	2
	Exérese glândula parotídea	1
	Marsupialização de sialocelo	1
	Odontoplastia (coelho/cobaio)	1/1
	Drenagem de abscesso muscular (masséter)	1
	Dilatação de estenose nasofaríngea	1
Cirurgia cardiotorácica	PDA	2
	Resseção traqueal (2 anéis)	1
Cirurgia de Tecidos moles	Orquiectomia	25
	OVH cadela e gata/coelha	16/2
	Mastectomia	13
	Nodulectomia	10
	Cistotomia	2
	Cistostomia	1
	Uretrostomia	2
	SUB	1
	Remoção do CAE cão /coelho	2/1
	Otohematoma	2
	Esplenectomia	3
	Herniorrafia perineal/inguinal	2/2
	Piômetra	4
	Exérese testículo intra-abdominal	1
Cesariana	2	

Cirurgia de Tecidos moles (continuação)	Exérese massa vaginal	1
	Exérese de remanescente ovárico	1
	Exérese de fibrossarcoma subcutâneo/abdominal	1/1
	Laparotomia exploratória	1
	Esofagostomia (sonda de alimentação)	3
	Traqueostomia	1
	Gastropexia	2
	Remoção de CE	4
	Exérese de massa na ampola rectal	1
	Colopexia	1
	Biopsia cutânea/hepática/medular/intestinal	1/1/1/3
Cirurgia Oftálmica	Exérese nódulo palpebral	3
	Facoemulsificação e colocação de IOL	6
	Remoção de quisto dermóide	1
	Enucleação	2
	Evisceração e colocação prótese intraescleral	1
	Queratectomia superficial	2
	Correção de eversão da cartilagem da MN	1
	Tarsorrafia	2
	Recolocação da glândula de Harder	2
	Exérese de neoplasia na MN	1
	Drenagem abscesso retrobulbar	1
	Sutura de laceração de córnea e recolocação da íris	1
Cirurgia Ortopédica	Osteossíntese esqueleto apendicular placa/cerclage	2/1
	Ressessão da cabeça do fémur	1
	Rotura do ligamento alar	1
	TTA	5
	Hemilaminectomia	2
	Ventral-slot	3
	Amputação do dígito	1

Evaluation of the refractive error in pseudophakic, aphakic and phakic dogs using streak retinoscopy

Francisco Vieira¹, Esmeralda Delgado¹

¹ CIISA, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

Purpose: To evaluate refractive error in dogs with IOL implants and healthy controls.

Material/methods: A population of 52 dogs (total of 99 retinoscopies) was divided in 3 groups pseudophakic (n=43 eyes), aphakic (n=4 eyes) and phakic healthy control (n=52 eyes). Streak retinoscopy was performed by horizontal and vertical refraction. No cycloplegic drugs were administered.

Results: Mean refractive state was: pseudophakics $+3.74 \pm 5.45D$ (-3.5; +21D); aphakics $+16.94 \pm 1.39D$ (+15.5;+18.25D); phakic group $-0.03 \pm 1.64D$ (-5.0;+4D). On the pseudophakic group 72.2% were hyperopic, 13.8% myopic and emmetrope. Astigmatism was diagnosed in 3 eyes. Anisometropia was observed in 10 patients (1; 20.5D) and antimetropia in 2. Correlation between refractive values and optic axial length suggested a tendency towards emmetropia in animals with higher ocular diameter ($P= 0.0845$; $\rho=-0.3$). On the phakic group 44% were emmetrope, 30% hyperopic and 26% myopic. Low hyperopia predominated on hyperopic eyes (66.7%). No cases of astigmatism, anisometropia or antimetropia were registered.

An association between refractive state and animal size was found in phakic dogs ($P=0.002$). Correlation analysis between retinoscopy values and age suggested a tendency towards lower hyperopic values or myopia in older animals ($P = 0.054$; $\rho = -0.273$).

Discussion: Medium size breeds were closer to emmetropia than small/ large breeds ($P=0.002$). On the operated group larger breeds were more adapted to 41D IOLs, small/medium size breeds presenting higher variability in refractive state. Microphthalmic operated patients showed high hyperopia. More studies should be conducted to evaluate individual biometric characteristics, leading to a wider range of available IOLs.

Support: UID/CVT/00276/2013.