

Relatório Final de Estágio
Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

**Abordagem oftalmológica em aves de rapina: em que é que a
visão influencia a recuperação?**

Ana Mafalda Rocha Oliveira

Orientador: Augusto Manuel Rodrigues Faustino

Co-orientador: Roberto Filipe Joaquim Sargo

Porto, 2021

Relatório Final de Estágio
Mestrado Integrado em Medicina Veterinária

**Abordagem oftalmológica em aves de rapina: em que é que a
visão influencia a recuperação?**

Ana Mafalda Rocha Oliveira

Orientador: Augusto Manuel Rodrigues Faustino

Co-orientador: Roberto Filipe Joaquim Sargo

Porto, 2021

RESUMO

O exame oftalmológico em aves de rapina, bem como o conhecimento das particularidades da sua visão, é uma componente fundamental da medicina de recuperação destes animais. Possíveis lesões oftalmológicas que estas possam apresentar podem ser determinantes na sua sobrevivência no meio selvagem, e são um aspeto essencial para a decisão final entre libertar um animal ou proceder à sua eutanásia.

O objetivo deste trabalho é uma exploração abrangente e concreta da anatomia e fisiologia da visão em aves de rapina, bem como uma abordagem ao diagnóstico oftalmológico, com base na bibliografia existente atualmente. Concluirei por uma exposição dos vários parâmetros em que se pode basear a decisão de libertar ou não uma ave de rapina que sofreu uma lesão ocular de volta ao seu habitat natural.

PALAVRAS-CHAVE: Oftalmologia; Diagnóstico; Aves de rapina; Recuperação; Visão

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
2. O meu estágio no Centro de Recuperação de Animais Selvagens do Hospital Veterinário da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.....	1
3. Anatomia e fisiologia do olho.....	3
3.1. Anatomia do olho.....	3
3.2. Fisiologia da visão.....	8
3.2.1. O sistema ótico.....	8
3.2.2. O sistema analítico.....	10
3.2.3. Medidas de resolução espacial.....	12
3.2.4. Medidas de resolução temporal.....	13
4. O exame oftalmológico.....	13
4.1. O exame físico.....	14
4.2. Exames complementares.....	17
4.3. Inovação no diagnóstico oftalmológico em aves.....	19
5. Avaliação antes da libertação.....	21
5.1. Métodos de recondicionamento físico de uma ave de rapina.....	22
5.2. Parâmetros de decisão para a libertação de uma ave de rapina.....	25
6. Conclusão.....	28
Referências.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Alimentação de uma cria de ouriço durante o meu estágio no CRAS.....	2
Figura 2. Ilustração da anatomia de um corte transversal do olho.....	5
Figura 3. Imagem do crânio de uma Águia-cobreira obtida por tomografia contrastada....	8
Figura 4. Realização do exame de oftalmoscopia direta num exemplar de coruja-do-mato.....	16
Figura 5. Açor com uma úlcera da córnea.....	18
Figura 6. Estrutura da retina de um Gavião-de-asa-larga obtida por tomografia de coerência ótica de alta resolução.....	20
Figura 7. Imagem do fundo ocular de uma Águia-de-asa-redonda obtida através de oftalmoscopia digital.....	21
Figura 8. Imagem do fundo ocular de uma Águia-de-asa-redonda obtida através de tomografia de coerência ótica.....	21
Figura 9. Túnel de voo do CRAS-HVUTAD.....	23
Figura 10. Exemplar de coruja-do-mato que vai ser libertado no CRAS-HVUTAD, após ter sido sujeito a uma enucleação.....	28

ABREVIATURAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
ABV	Bornavírus Aviário
AAV	Association of Avian Veterinarians
AAVAC	Association of Avian Veterinarians Australasian Committee
CAAF	Citologia aspirativa por agulha fina
FFF	Frequência de fusão de estímulos
LWS	Onda larga
MHz	Megahertz
Nm	Nanómetros
OCT	Tomografia de coerência ótica
OMT	Transmitância ocular média
PIO	Pressão Intraocular
RH1	Rodopsina tipo 1
RH2	Rodopsina tipo 2
SDO	Oftalmoscopia digital
SWS1	Onda curta tipo 1
SWS2	Onda curta tipo 2
UEPV	Unusual and Exotic Pet Veterinarians
UV	Ultravioleta
UVA	Radiação ultravioleta de comprimento de onda entre 400 e 320 nm
UVB	Radiação ultravioleta de comprimento de onda entre 320 e 280 nm

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do meu estágio no Centro de Recuperação de Animais Selvagens do Hospital Veterinário da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (CRAS-HVUTAD), fui-me apercebendo que as aves de rapina constituem um grupo de aves com grande probabilidade de dar entrada nos Centros de Recuperação de Animais Selvagens em Portugal. Este facto deve-se largamente à sua nidificação em zonas urbanas por perda do seu habitat, ao facto de serem muitas vezes alvo de tentativas de abate a tiro ou envenenamento, e à elevada probabilidade de serem encontrados feridos ou deslocados do seu ninho na periferia de áreas urbanas, que têm vindo a expandir-se ao longo das décadas, ou então devido ao impacto da construção de infraestruturas como moinhos de vento, barragens e estradas (Palma, 2012).

Ao longo do meu estágio, de Março a Junho de 2021, foi admitido um total de 122 aves no CRAS-HVUTAD, das quais 39 eram aves de rapina, 9 diurnas e 30 noturnas, pertencendo a um total de 35 espécies, 20 famílias e 11 ordens diferentes.

As aves de rapina são largamente dependentes da visão para a sua sobrevivência no seu habitat, nomeadamente em relação à sua capacidade de voo e de alimentação, pelo que estas patologias, por muito contornáveis que se tornariam noutras espécies e noutro tipo de animais, são nestes casos de extrema importância para a recuperação da ave, e muitas vezes o fator decisivo entre uma libertação e a necessidade de uma eutanásia. Foi esta a relação que me cativou para a exploração deste tema.

Assim, este trabalho visa avaliar, da forma mais concreta possível, de que modo a patologia ocular influencia a possibilidade de recuperação de aves de rapina noturnas e diurnas. Para isso, começarei por explorar as particularidades anatómicas e fisiológicas do olho destes animais, incluindo uma abordagem à sua avaliação oftalmológica. Terminarei por desenvolver os parâmetros oftalmológicos que poderão ser usados para tomar a decisão final acerca da aptidão da ave para ser libertada.

Ao longo deste trabalho, basear-me-ei na bibliografia, bem como na minha experiência no CRAS-HVUTAD durante o meu estágio.

2. O MEU ESTÁGIO NO CRAS-HVUTAD

O meu período de estágio curricular realizou-se no Centro de Recuperação de Animais Selvagens do Hospital Veterinário da UTAD (CRAS), entre o dia 8 de Março de 2021 e o dia 25 de Junho do mesmo ano. Ao longo deste, participei na rotina diária do

CRAS, que inclui não só na realização de exames gerais e na administração de medicações aos animais já internados como também no seu manejo, tanto em termos da sua higiene como da alimentação. Para além desta rotina, participei na receção de animais selvagens, em consultas, no processo de diagnóstico e na instituição de terapêutica para cada paciente.



Figura 1. Alimentação de uma cria de ouriço durante o meu estágio no CRAS.

Mais concretamente, ao longo do meu período de estágio, participei em 25 consultas, das quais 8 foram a coelhos (*Oryctolagus cuniculus domesticus*); 6 a aves domésticas de várias espécies; 4 a porquinhos-da-índia (*Cavia porcellus*); 2 a tartarugas (*Glyptemys insculpta*); 2 a furões (*Mustela putoris furo*); 1 a um hamster (*Cricetus cricetus*) e 1 a um gecko (*Eublepharis macularius*).

Assisti a 24 cirurgias, das quais 9 ortopédicas (7 a aves selvagens e 2 a um Muflão (*Ovis orientalis musimon*)); 7 castrações (6 de coelhos e 1 de uma ratazana (*Ratus norvegicus*)); 5 de correção dentária em coelhos; uma drenagem de um abscesso em coelho; uma limpeza de ferida a um papagaio (*Eclactus roratus polychloros*) e uma exploração de uma ferida numa ratazana.

Em relação aos métodos diagnósticos imagiológicos, participei na execução de 42 radiografias, 19 das quais a aves selvagens de várias espécies; 12 a coelhos; 3 a geckos; 2 a porquinhos-da-índia; uma a um ouriço (*Erinaceus europaeus*); uma a um muflão; uma a um corço (*Capreolus capreolus*); uma a uma raposa (*Vulpes vulpes*) e uma a uma fuinha (*Martes foina*).

Assisti à realização de 11 ecografias, 6 das quais a aves selvagens; 4 a coelhos e uma a um gecko. Assisti também a uma endoscopia a um gavião-da-europa (*Accipiter*

nisus), e a 5 tomografias, 4 das quais a coelhos; 1 a um bufo-real (*Bubo bubo*) e 1 a um ouriço.

Ainda na categoria dos métodos de diagnóstico, assisti a duas citologias aspirativas por agulha fina (CAAF) em coelhos; a 4 colheitas de sangue, 3 das quais em aves selvagens e uma a um furão; e participei ativamente em 4 exames dirigidos ao sistema oftalmológico de 4 exemplares de coruja-do-mato (*Strix aluco*).

Assisti a 5 eutanásias, 3 a aves selvagens; 1 a uma raposa e 1 a uma fuinha, participando ativamente na eutanásia de um exemplar de coruja-do-mato. Assisti também à necrópsia de uma ninhada de canários (*Serinus canaria*).

O contacto frequente com todos estes procedimentos e a participação ativa em alguns deles permitiu-me desenvolver a minha confiança, tanto no maneo e manipulação de animais selvagens como através da aquisição de conhecimentos em relação à sua identificação e particularidades fisiológicas e comportamentais. A integração na equipa do CRAS permitiu-me desenvolver as minhas capacidades sociais e de trabalho em equipa, e também tive a oportunidade de perceber melhor como funcionam este tipo de estabelecimentos, e como são geridos nos diferentes níveis.

Através da realização diária de atividades diferentes do que tinha realizado em estágios anteriores, e também do contacto diário com as diferentes espécies, consegui melhorar significativamente a minha independência e capacidade de resolver problemas e situações à medida que vão surgindo, com base em conhecimentos teóricos que o contacto com o corpo clínico do CRAS me foi proporcionando, e também no estudo independente das várias temáticas que fui realizando ao longo destes meses.

No geral, acabei o estágio uma pessoa mais confiante, mais segura nos meus conhecimentos médico-veterinários, tanto a nível teórico como prático, que não teria desenvolvido se não tivesse realizado este estágio.

3. ANATOMIA E FISIOLOGIA DO OLHO

A importância do olho das aves é demonstrável fisicamente pelo seu grande tamanho relativamente ao tamanho da sua cabeça. Contudo, este tamanho, em conjunto com a falta de proteção orbital do globo ocular, fazem com que esta seja uma das áreas mais suscetíveis a sofrerem lesões na eventualidade de qualquer tipo de trauma, bem como as estruturas adjacentes (Pollock & Murphy, 2010b).

3.1. Anatomia do olho

Há algumas propriedades que distinguem as pálpebras das aves das dos restantes animais. Estas são estruturas finas e normalmente a sua margem é pigmentada. As Glândulas Meibomianas estão ausentes. A pálpebra inferior possui uma elasticidade manifestamente maior do que a superior e cobre a maior parte da córnea. Uma particularidade desta estrutura é que possui uma placa fibroelástica denominada tarso, que contribui para o seu suporte estrutural. Cada uma das pálpebras possui pontos de drenagem lacrimal que direcionam as secreções lacrimais para a cavidade nasal (Gelatt et al., 2013; Pollock & Murphy, 2010a).

A membrana nictitante, ou terceira pálpebra, é muito desenvolvida nas aves, aparecendo na maior parte das espécies como uma estrutura fina, quase transparente e com alta mobilidade. Encontra-se coberta por uma camada de epitélio papilar. Esta estrutura é movida pela contração do músculo piramidal, localizado na região retrobulbar e com origem na parte de trás da esclera, numa direção de dorsonasal para ventrotemporal, na maior parte das aves de rapina (Pollock & Murphy, 2010a).

As glândulas lacrimais estão presentes ventro-lateralmente ao globo ocular. Para além disso, agindo como uma glândula lacrimal secundária, as aves possuem uma glândula de Harder na base da membrana nictante, não constituindo esta, contudo, parte integrante desta estrutura (Gelatt et al., 2013).

Os globos oculares estão separados entre si por um septo que pode ser completamente ósseo em algumas espécies ou, em outras, parcialmente fibroso. A estrutura óssea da órbita em si não constitui uma fonte relevante de proteção para o globo ocular, uma vez que a maior parte do aspeto lateral deste se localiza fora da sua circunferência (Pollock & Murphy, 2010a).

Em relação à forma do globo ocular, esta varia entre espécies e é determinada pela forma dos ossículos esclerais, que formam um anel contínuo de ossos que se sobrepõem e formam uma base de sustentação para os músculos ciliares, e também pela cartilagem hialina da esclera do segmento posterior. Normalmente, o globo ocular como estrutura é muito volumoso em relação ao tamanho corporal das aves de rapina, e o segmento posterior é muito mais desenvolvido do que o anterior. O globo ocular pode ser achatado em algumas espécies de aves de rapina diurnas de menor dimensão, como é o caso do falcão peneireiro (*Falco tinnunculus*); globóide em aves de rapina diurnas de maiores dimensões, como é o caso das aves do género *Buteo*, e tubular nas corujas (Pollock & Murphy, 2010a).

Em qualquer destas espécies, a mobilidade do globo ocular é limitada, e o músculo retrator do globo ocular está ausente. Os seus movimentos de torção, contudo, são muito importantes para a nutrição da retina (Williams, 2012).

Clinicamente, interessa mencionar a proximidade da órbita das aves ao divertículo infraorbital do seio nasal com o mesmo nome, cujo aumento de tamanho, por exemplo no caso de uma sinusite, pode ter consequências oftalmológicas nestes animais (Williams, 2012).

Para efeitos de organização anatômica, dividirei o globo ocular das aves nos seus segmentos anterior e posterior ao longo dos próximos parágrafos.

A figura 2 corresponde a uma ilustração representativa da anatomia do corte transversal do olho de uma ave (Proctor & Lynch, 1993).

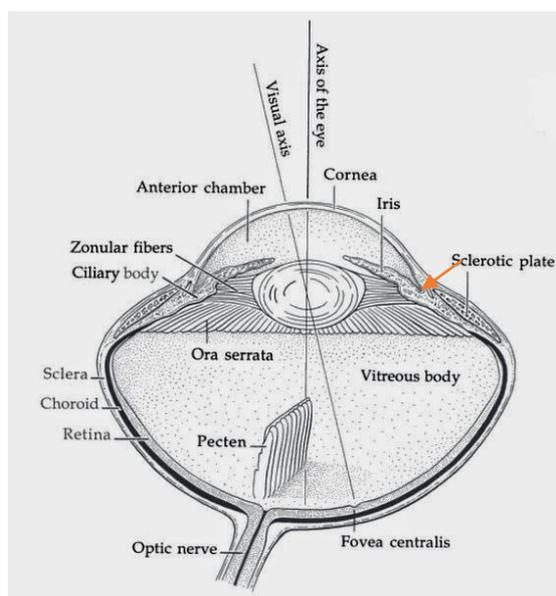


Figura 2. Ilustração da anatomia de um corte transversal do olho de uma ave. A seta cor-de-laranja indica o ângulo iridocorneal (Proctor & Lynch, 1993).

O segmento anterior do globo é constituído pela córnea, a íris, o ângulo iridocorneal (indicado na figura anterior pela seta cor-de-laranja), o corpo ciliar e o cristalino.

A córnea constitui essencialmente uma barreira entre o ar e a câmara ocular repleta de líquido. Tem a mesma estrutura geral que a córnea dos mamíferos, apesar de consideravelmente mais fina, sendo constituída por cinco camadas distintas: o epitélio corneal anterior; uma marcada membrana de Bowman (ou lâmina limitante anterior); o estroma, que produz e organiza a matriz celular da membrana de Bowman; a camada de Descemet (ou membrana limitante posterior); e finalmente o epitélio posterior, ou endotélio (Gelatt et al., 2013; Pollock & Murphy, 2010a).

A íris é uma estrutura muito vascularizada, composta por músculo estriado, músculo liso, bem como um músculo dilatador mioepitelial, cada uma destas componentes em quantidades variáveis consoante a espécie em questão. O uso de parassimpaticolíticos, como a atropina, é geralmente ineficaz na indução da dilatação da íris, uma vez que esta possui um esfíncter de músculo estriado. Assim, a contração da pupila é influenciada pela

estimulação da retina, bem como pelo controlo voluntário da parte da ave (Gelatt et al., 2013; Pollock & Murphy, 2010a).

A íris contém também pigmentos no seu estroma que são responsáveis pela variação da sua cor, que pode sugerir a idade relativa de um determinado indivíduo, bem como o seu sexo. Esta cor é normalmente vívida, contrastando com a pupila e, em conjunto com a contração voluntária desta, permite a comunicação entre indivíduos através de sinais visuais (Gelatt et al., 2013; Williams, 2012).

O ângulo iridocorneal está bem desenvolvido em aves de rapina, mas particularmente em corujas, e é constituído por tecido trabecular responsável pela drenagem da maior parte do humor aquoso (Williams, 2012).

Os músculos ciliares, responsáveis pelo mecanismo de focagem ocular, são estriados nas aves. Estes músculos estão divididos em duas porções distintas, sendo a porção anterior o músculo de Crampton, cuja ação leva a um achatamento periférico e aumento do poder refrativo da córnea, e a porção posterior o músculo de Brucke, cuja contração provoca pressão contra o cristalino, aumentando a sua convexidade. Ambos aumentam o poder acomodativo da lente (Pollock & Murphy, 2010a; Williams, 2012).

O cristalino, ou lente, é muito diferente da estrutura homónima que se encontra nos mamíferos, sendo nas aves de rapina uma estrutura biconvexa moldável e rodeada por uma cápsula epitelial que tem atividade metabólica na sua porção anterior. O seu interior não é homogéneo, sendo composto por uma estrutura complexa de camadas transparentes de diferentes densidades. Na região equatorial da cápsula existe uma almofada anular sem função ótica, mas que permite a aderência do cristalino aos músculos responsáveis pela focagem. Considera-se também que possa ter uma função nutritiva no metabolismo do cristalino. Esta almofada é normalmente muito mais extensa em aves de rapina diurnas do que em corujas (Pollock & Murphy, 2010a; Williams, 2012).

Em relação ao segmento posterior do globo ocular, as estruturas a ser descritas são a coróide, a retina e o pécten (Pollock & Murphy, 2010a).

A retina é a superfície curva no fundo do olho contra a qual a imagem ótica é projetada. É uma estrutura avascular, lisa, uniforme e escura, e não possui tapete lúcido. Assim sendo, a vasculatura coróide e a sua pigmentação dominam a imagem do fundo ocular. O tipo de fotorreceptores da retina das aves varia consideravelmente, tanto entre espécies como indivíduos. Ambos cones e bastonetes estão presentes, mas em proporções variáveis. Esta variância será discutida com mais detalhe no próximo capítulo (Gelatt et al., 2013; Pollock & Murphy, 2010a; Williams, 2012).

A maior parte das aves possui pelo menos uma fóvea, que representa uma área em que há uma maior densidade de fotorreceptores e, assim, maior resolução de imagem.

Quanto mais côncava esta estrutura, maior o número de fotoreceptores e, conseqüentemente, melhor a resolução da imagem. As aves de rapina diurnas, famosas pela sua elevada resolução visual, possuem duas fóveas distintas, uma central e uma temporal. Acredita-se que uma delas tem a função de melhorar a resolução da imagem a longa distância, e a outra de melhorar a resolução da imagem a curta distância. Já as aves de rapina noturnas possuem apenas uma fóvea localizada temporalmente (Gelatt et al., 2013; Pollock & Murphy, 2010^a; Williams, 2012).

A coróide é uma estrutura vascular muito bem desenvolvida em aves, sendo mais fácil de identificar em aves de rapina noturnas do que em aves de rapina diurnas (Pollock & Murphy, 2010a).

O pecten é uma estrutura muito vascularizada e pigmentada com origem no disco óptico, e que se estende em direção ao vítreo, normalmente numa posição ventrotemporal no olho. A sua função primária é a de nutrir a retina, e é normalmente mais desenvolvido em aves de rapina diurnas do que em noturnas. Para além desta função, pensa-se que também tenha uma função importante na manutenção do equilíbrio ácido-base intraocular e na mistura de fluidos no segmento posterior do globo ocular (Pollock & Murphy, 2010a). Os movimentos contínuos de torção do globo ocular promovem a difusão de oxigénio e nutrientes dos vasos do pecten para a retina (Williams, 2012). O tamanho do pecten não tem relação com o tamanho do olho em si, mas depende da filogenia e difere entre espécies de aves de rapina diurnas e noturnas, sendo maior nas primeiras (Potier et al., 2020).

A figura 3 representa uma tomografia com contraste realizada ao crânio de uma Águia-cobreira (*Circaetus gallicus*), onde é possível observar a vascularização do pecten e da coróide.

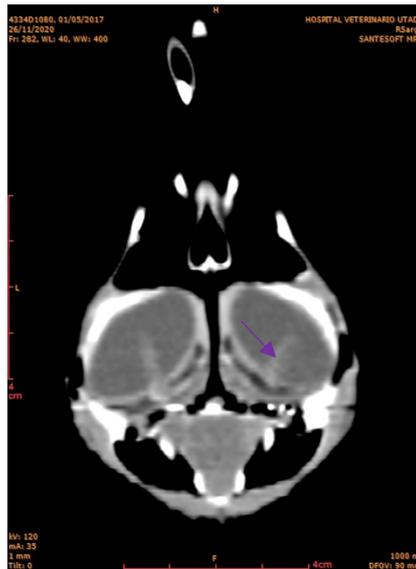


Figura 3. Imagem do crânio de uma Águia-cobreira obtida por tomografia contrastada. Na imagem é possível observar a vascularização do pecten (seta roxa) e da coróide. Imagem cedida pelo Dr. Roberto Sargo do CRAS-HVUTAD.

3.2. Fisiologia da visão

São considerados dois sistemas funcionais principais quando nos referimos à fisiologia da visão. O primeiro é o sistema ótico, composto pela córnea e pelo cristalino, que é responsável pela captação da imagem. O segundo é o sistema analítico, que analisa a informação contida nessa imagem, começando pela projeção da mesma na retina.

3.2.1. O sistema ótico

Em relação ao sistema ótico, há duas propriedades essenciais que causam variação na qualidade da imagem. Estes são a quantidade de luz que é capturada para construir a imagem e a qualidade da imagem, em termos de precisão, com a qual a luz da imagem é focada. A qualidade da imagem é tanto melhor quando mais alinhados se encontram a córnea e o cristalino, que corresponde ao eixo ótico do sistema visual do globo ocular (Martin, 2017).

A córnea e o cristalino têm a função adicional de absorver toda a radiação UVB (280-315 nm de comprimento de onda) e alguma da radiação UVA (comprimento de onda 315-400 nm). Esta absorção varia muito entre espécies de aves de rapina diurnas, e esta variância é definida pela transmitância ocular média (OMT), que corresponde ao comprimento de onda em que 50% da luz que chega ao olho é transmitida para a retina (Martin, 2017).

A curvatura da superfície da córnea é muito importante para a formação da imagem, correspondendo uma maior curvatura a uma imagem produzida mais pequena. Já a lente

tem a função de fazer pequenos ajustes de focagem à imagem já produzida pela córnea. Qualquer alteração em qualquer característica destas duas estruturas, incluindo o seu tamanho, curvaturas, ou posição relativa, tem o potencial de alterar profundamente as propriedades de captação de imagem pelo globo ocular. Esta é uma das diferenças entre o sistema ótico da maioria das aves e o dos mamíferos, que por sua vez apenas conseguem alterar a curvatura da lente (Martin, 2017; Potier et al., 2020).

Como já foi mencionado, os músculos responsáveis pelo aumento do potencial de focagem do olho são o músculo de Crampton, cuja ação leva a um achatamento periférico e aumento do poder refrativo da córnea, e o músculo de Brucke, cuja contração provoca pressão da almofada anular contra o cristalino, aumentando a sua convexidade (Martin, 2017).

A maioria das aves de rapina diurnas conseguem fazer uma focagem simétrica, quando os objetos a focar se encontram no campo visual binocular, ou com um só globo ocular, se o objeto se encontrar no seu campo visual. Já as corujas apenas apresentam uma acomodação simétrica nos dois globos oculares, e a maior parte destes animais não apresenta acomodação corneal. A inabilidade resultante de focar objetos que estejam muito perto nestes animais é compensada pela constrição da pupila, que aumenta a profundidade da focagem (Potier et al., 2010).

Em relação aos campos visuais das aves, consideramos o campo de visão total como campo de visão ciclopeano. Este pode ser dividido no setor monocular, correspondente ao campo de visão de um só globo ocular, e no setor binocular, correspondente à área de visão onde se sobrepõem os dois campos monoculares. O eixo ótico corresponde à linha imaginária que incide de forma perpendicular a lente, passando pelo seu centro ótico. Este eixo imaginário insere-se no campo monocular do globo ocular.

Atrás da cabeça da maior parte das aves existe um campo visual cego, que é normalmente mais amplo em aves de rapina noturnas do que em diurnas.

A divergência entre eixos óticos é normalmente maior em aves de rapina diurnas, e o seu campo de visão total tende a ser mais amplo.

A amplitude de cada campo visual varia de espécie para espécie, podendo chegar aos 360 graus no total, como é o caso da Galinhola-americana, *Scolopax minor*, que não possui o habitual campo visual cego atrás da cabeça (Martin, 2017; Pollock & Murphy, 2010b; Potier et al., 2020).

Os campos de visão podem ser influenciados por várias estruturas, incluindo o bico e as penas, que podem representar zonas cegas para a ave. Para além disso, a amplitude dos movimentos do globo ocular também influencia o campo visual, e estas amplitudes são

normalmente superiores em aves de rapina diurnas do que noturnas. Estes movimentos podem ser de um só globo ocular ou dos dois em simultâneo (Potier et al., 2020).

No geral, as aves de rapina procuram alimento em voo, com a cabeça dobrada para manter o campo visual para baixo. O facto de esta posição deixar uma zona cega dorsal na direção da progressão de voo pode justificar muitas das colisões e traumatismos que estes animais sofrem (Potier et al., 2020).

3.2.2. O sistema analítico

A retina contém milhões de elementos individuais, que são os fotorreceptores, cuja função é a deteção os fotões individuais de luz que compõem a imagem, e as células ganglionares às quais estes se ligam, e que por sua vez comunicam com o cérebro por via do nervo ótico. Estas células são o único elo de comunicação do olho para o cérebro, e por isso a densidade espacial de células ganglionares, em conjunto com o poder de focagem do sistema ótico, são os fatores que definem a resolução da imagem de um olho. A retina é mais espessa em aves de rapina diurnas do que noutras aves (Martin, 2017; Potier et al., 2020).

Algumas espécies de aves detetam luz numa maior variedade de comprimentos de onda do que os humanos, e pensa-se que consigam detetar um maior número de cores dentro do seu espectro. Algumas aves detetam luz na parte ultravioleta do espectro, mas isto não se verifica em todas as espécies. A função primária da visão a cores é a maior distinção de detalhes espaciais do ambiente, incluindo informação sobre a diferenciação da natureza do objeto presente. Esta capacidade permite à ave distinguir tipos de frutas e plantas na natureza, por exemplo, e a deteção de comportamentos de exibição e de padrões de plumagem (Martin, 2017).

Os fotorreceptores, apesar de apenas existirem num número limitado de variedades, podem distribuir-se numa quantidade muito variável de padrões e densidades em cada retina, sendo a retina de cada espécie provavelmente única na sua variação. A explicação para estas diferenças está provavelmente relacionada com a importância diferencial de diferentes funções da visão nos diferentes ambientes em que cada espécie se insere (Martin, 2017).

De uma forma geral, os fotorreceptores são de dois tipos funcionais - cones e bastonetes. Podemos distinguir estes dois tipos de várias formas, mas a maior diferença funcional é que os bastonetes funcionam primariamente a níveis baixos de luminosidade, enquanto os cones funcionam a níveis de luz elevados, sendo mais sensíveis à luz. Uma vez que apenas os bastonetes funcionam a baixos níveis de luz, e sendo que apenas existe

um tipo destas estruturas, não é possível ver a cores nestes níveis de luminosidade (Martin, 2017).

Os bastonetes constituem apenas 20-25% dos fotoreceptores das aves de rapina diurnas, e tendem a estar ausentes nas suas foveas de forma a aumentar a sua densidade em cones. Já nas corujas os bastonetes são o tipo de fotoreceptor mais frequente, constituindo 90% ou mais de todos os fotoreceptores da retina destes animais (Potier et al., 2020).

Os cones são classificados de acordo com a posição no espectro para os quais os fotopigmentos que contêm têm máxima sensibilidade. Estes pigmentos captam fótons da imagem e iniciam uma cascata de reações químicas que os sinalizam ao sistema nervoso, e podem ser de cinco classes gerais: RH1, ou rodopsina tipo 1, com uma sensibilidade máxima de cerca de 500 nm; RH2, ou rodopsina do tipo 2, com sensibilidade máxima de 505 nm; SWS1, ou onda curta tipo 1, com sensibilidade máxima na ordem dos 365 nm no caso de a ave possuir sensibilidade visual no espectro ultravioleta ou 410 nm no caso de apenas existir sensibilidade no espectro do violeta; SWS2, ou onda curta tipo 2, cuja sensibilidade máxima é de 470 nm; e finalmente LWS, ou onda larga, cuja sensibilidade máxima está na ordem dos 565 nm. Destes tipos, apenas o RH1 é encontrado nos bastonetes, e todos os outros são encontrados nos cones (Martin, 2017; Potier et al., 2020).

Para além disto, todos os cones possuem uma gotícula de óleo na parte proximal do seu segmento externo que, em todos exceto nos cones SWS1 sensíveis ao violeta, contêm pigmentos que variam consoante carotenóides derivados da dieta da ave. Estes têm a função de filtrar e afinar a sensibilidade espectral dos receptores cónicos em 70-90%, promovendo uma sensibilidade máxima na ordem de comprimentos de onda mais longos (Potier et al., 2020).

A combinação dos diferentes tipos de fotopigmentos e gotículas de óleo fazem com que existam quatro principais tipos de receptores cónicos simples na retina das aves, responsáveis pela visão tetracromática, e um tipo de receptor cónico duplo, responsável pela perceção de movimento (Martin, 2017).

Os cones duplos contêm sempre o pigmento LWS, e nestes a filtração espectral das gotículas de óleo não ocorre, tendo estas o efeito de bloquear a luz ultravioleta de chegar ao fotopigmento. Estes cones são mais frequentes em aves de rapina noturnas, sendo o pigmento LWS o mais expresso nestes animais, mas a função destes receptores ainda não é conhecida. Já os cones singulares, devido à sua grande afinidade espectral e ao seu espaçamento constante ao longo do espectro, têm a função de codificar a informação que está na base do mecanismo da visão a cor nas aves (Martin, 2017; Potier et al., 2020).

A distribuição e abundância dos fotoreceptores varia entre espécies, mas também entre os olhos do mesmo indivíduo, sendo possível que este extraia informação diferente da mesma imagem consoante a visualize com o olho esquerdo ou direito (Martin, 2017).

A presença de fóveas na retina também está profundamente ligada à resolução espacial da imagem. A fóvea central tem uma curvatura mais pronunciada e confere a melhor resolução de imagem. Já a fóvea temporal é mais achatada e está associada a uma menor resolução (Martin, 2017; Potier et al., 2020).

Para além destes fatores, a distribuição ganglionar também varia em diferentes retinas, e pensa-se que possa refletir a adaptação da visão das aves aos desafios únicos proporcionados pelo ambiente em que se insira (Martin, 2017). Esta hipótese foi explorada por Hughes (1977), que descobriu que animais inseridos em habitats abertos têm maior probabilidade de ter uma faixa horizontal de maior densidade de recetores ganglionares ao longo da retina.

3.2.3. Medidas de resolução espacial

A forma mais comum de medir a resolução espacial de uma imagem é através da acuidade, ou da capacidade do olho para identificar detalhe espacial quando o contraste do estímulo visual é alto. Em geral, a acuidade visual nas aves é duas a oito vezes superior à dos mamíferos. Esta pode ser testada através de padrões de listas pretas e brancas com igual espaçamento, e a acuidade será tanto maior quanto menor a distância entre as riscas a que a ave consiga ainda perceber o padrão, para uma distância fixa entre o olho e o padrão (Martin, 2017). Esta maneira de medir a acuidade é subjetiva, contudo, e acaba por ser influenciável pelo comportamento de cada indivíduo.

Anatomicamente, usamos a densidade de células ganglionares da retina ou de cones para estimar a resolução espacial. Uma vez que a distribuição das células ganglionares da retina é centrífuga em relação à fóvea, sendo a sua concentração muito maior nessa área em relação à sua periferia, a densidade dos cones é a melhor maneira de estimar a resolução espacial em aves de rapina diurnas. Já em aves de rapina noturnas, uma vez que a sua retina é dominada por bastonetes, a densidade de células ganglionares acaba por ser a melhor forma de estimar a resolução espacial máxima neste tipo de animais. Mesmo assim, em algumas espécies de coruja, como é o caso da Coruja-das-torres (*Tyto alba*), a resolução comportamental é muito mais baixa do que a estimada anatomicamente (Potier et al., 2020).

A performance dos indivíduos é particularmente influenciada pela luz, sendo melhor em altos níveis de luminosidade. Como tal, é lógico que tenhamos variações marcadas na acuidade visual das diferentes espécies, havendo uma relação de compromisso entre a

resolução visual e a sensibilidade à luz. Assim sendo, à medida que a luminosidade desce, a acuidade desce dramaticamente nas aves de rapina diurnas. Já nas aves de rapina noturnas, como é o caso da Coruja-das-torres, nunca chegam a altos níveis de acuidade visual em alta luminosidade, mas também não experienciam a mesma redução dramática que as aves diurnas à medida que a luminosidade baixa (Martin, 2017).

A resolução é um fator particularmente importante em aves de rapina de maior tamanho devido à sua importância na detecção de objetos maiores a grandes distâncias (Martin, 2017).

Há uma relação entre a resolução espacial e a visão no espectro ultravioleta. É mais difícil focar luz em menores comprimentos de onda do que nas partes verde e amarela do espectro visível. Este fenômeno é chamado aberração cromática de um ponto de luz focado. Faz sentido, então, que as aves de rapina, que têm no geral a maior acuidade ótica de todas as aves, não possuam sensibilidade à luz UV. No geral, quanto maior seja a sensibilidade da ave para a luz UV, menor será a sua acuidade visual (Martin, 2017).

A sensibilidade ao contraste é o outro fator que usamos para medir a resolução espacial. As suas funções são medidas com o objetivo de determinar o mínimo contraste detectável em listas de diferentes larguras, na forma de grades de diferentes frequências espaciais. As aves demonstram ter menor sensibilidade ao contraste do que os mamíferos, ou seja, nestes animais o contraste entre bandas de uma dada largura tem que ser maior para ser detectado (Martin, 2017).

3.2.4. Medidas de resolução temporal

A rápida integração dos fotoreceptores está na base da visão das aves de rapina diurnas, que possuem uma visão rápida mas menos sensível do que a das aves de rapina noturnas.

A frequência de fusão de estímulos (FFF) é definida como a frequência a que um estímulo de luz intermitente aparenta ser estático para um observador. Esta é a medida que usamos para testar a velocidade da visão. Das aves de rapina diurnas testadas, o Falcão peregrino (*Falco peregrinus*) foi o a ave que demonstrou a maior FFF, ou seja, foi capaz de distinguir estímulos visuais à maior velocidade de intermitência (Potier et al., 2010).

4. O EXAME OFTALMOLÓGICO

É importante a execução de um exame oftalmológico adequado em aves, uma vez que nestes animais as lesões oculares são muitas vezes manifestações de patologias sistémicas, e particularmente importante em aves de rapina, sendo que em mais de 30% dos animais que sofreram um trauma apresentam lesões oculares decorrentes deste (Pollock & Murphy, 2010b). Contudo, algumas características do globo ocular dificultam este trabalho e exigem que seja adaptado, como é o caso do seu reduzido tamanho em relação aos mamíferos, do facto de a musculatura intraocular ser estriada e não lisa, da ausência de vascularização no fundo ótico e da existência de pécten (Korbel, 2012).

Devemos começar, como em qualquer situação, por recolher a maior quantidade de informações que conseguirmos acerca da ave. Alguns dos fatores mais importantes para a avaliação do funcionamento do sistema oftalmológico são a capacidade da ave de se alimentar e de voar, a postura da cabeça e a reação a estímulos. Uma ave com patologia ocular pode apresentar uma reação exacerbada a estímulos que tem dificuldade em ver. Esta avaliação deve ser feita com a ave em liberdade, apenas por observação do seu comportamento natural (Pollock & Murphy, 2010c).

Depois de esta avaliação estar concluída, podemos passar para o exame da ave em contenção. Neste caso, interessa saber as diferenças de comportamento entre as várias espécies de aves, e a sua reação natural à contenção, que pode ser um fator de stress considerável. Por exemplo, uma Águia-de-asa-redonda (*Buteo buteo*) apresentar-se-á, regra geral, mais calma à contenção do que um Gavião-da-europa. Assim, se for necessária contenção prolongada de um accipiter, deve ser feito o uso de fármacos anestésicos (Pollock & Murphy, 2010c).

4.1. O exame físico

Em primeiro lugar, a aparência geral da cabeça, e em particular da área peri-ocular, deve ser avaliada. Visualiza-se de forma geral o tamanho, forma e simetria dos globos oculares, bem como das estruturas anexas. Ainda na cabeça, deve ser visualizado o interior das orelhas, uma vez que um trauma craniano pode deixar um hematoma visível no canal auricular destas aves (Pollock & Murphy, 2010c).

De seguida, para uma avaliação mais detalhada, é utilizada uma fonte de luz focada para avaliar a posição do olho, bem como a simetria dos globos oculares e das pupilas. Pode ser normal algum nível de anisocoria intermitente nestas espécies, devido ao músculo pupilar estriado mencionado anteriormente, mas é provável que uma diferença marcada no tamanho das pupilas possa ter relevância clínica (Pollock & Murphy, 2010c).

O reflexo de contração da pupila à luz deve ser muito rápido, e caso isto não se verifique é possível que seja um sinal de trauma craniano profundo. Mesmo assim, há que

ter em conta o facto de esta contração poder ser voluntária nestas espécies, tendo assim um valor diagnóstico mais concreto a resposta positiva ao estímulo, que nos garante que os nervos ótico e oculomotor estão intactos. Devido à interseção completa das fibras do nervo ótico, as respostas da pupila aos estímulos luminosos não são consensuais. Se o aparentarem ser, é possível que a retina contralateral tenha sido estimulada inadvertidamente através do fino septo intraósseo que separa os globos oculares (Gelatt et al., 2013; Pollock & Murphy, 2010c).

O reflexo de ameaça em aves de rapina diurnas pode ser de piscar o olho ou movimentar a cabeça de forma a visualizar a ameaça, mas em corujas é possível que apenas ocorra uma alteração no tamanho das pupilas ou movimento da terceira pálpebra. Este reflexo é inconsistente mesmo em aves saudáveis, por isso é possível que a sua ausência não tenha significado clínico (Gelatt et al., 2013; Pollock & Murphy, 2010c).

Uma vez que o músculo retrator do globo ocular não se encontra presente nestas espécies, a retração do globo ocular não é uma das respostas ao qualquer dos reflexos avaliados (Gelatt et al. 2013).

O movimento das pálpebras pode ser avaliado através do toque dos cantos medial ou lateral do olho e, apesar de ser possível e fisiológico as pálpebras não cerrarem completamente ao estímulo, a terceira pálpebra deve ser observada a fechar-se completamente e muito rapidamente (Pollock & Murphy, 2010c).

Depois de avaliados os reflexos, podemos proceder para o exame das estruturas oculares.

Começamos pelo segmento anterior, usando uma fonte de luz com ampliação, certificamo-nos que a córnea está límpida e húmida e que a textura da íris é lisa e uniforme (Pollock & Murphy, 2010c).

É possível o exame do segmento posterior do olho por oftalmoscopia indireta, mas mais frequentemente este é realizado de forma complementar ao exame por oftalmoscopia direta usando uma fonte de luz focada. Mais uma vez impõe-se o problema do músculo estriado da pupila, que faz com que os fármacos midriáticos normalmente usados, como a atropina e a tropicamida, não são eficazes nestes animais. Escurecer a sala na qual este exame está a ocorrer é normalmente suficiente para induzir suficiente dilatação para examinar o fundo do olho sem recurso a fármacos (Pollock & Murphy, 2010c). Se for necessário um exame mais profundo, pode fazer sentido o uso de anestesia inalatória, incluindo por perfusão dos sacos aéreos, através de um cateter via o saco aéreo torácico. Este tipo de anestesia tem a vantagem de manter livre a cabeça da ave para um possível acesso cirúrgico ao globo ocular, de manter a pressão intraocular estável e de induzir apneia reversível com imobilização completa da ave. Outra opção é a administração tópica

local de vecurónio, um relaxante muscular que induz uma completa midríase e arreflexia do globo ocular (Korbel, 2012).

A designação do fundo do olho engloba todas as estruturas que se situam atrás do cristalino. A imagem do fundo do olho das aves de rapina noturnas, principalmente em juvenis, é dominada pela vasculatura coroidal que é, contudo, de maior dificuldade de avaliação em aves de rapina diurnas, devido à pigmentação do epitélio da retina que a cobre. O pécten, localizado temporoventralmente no olho, é facilmente identificável, e a periferia do disco ótico pode ser identificada como uma linha branca que rodeia a periferia desta estrutura (Pollock & Murphy, 2010c).

A figura 4 foi obtida por mim durante o meu período de estágio curricular e representa a realização de uma avaliação do fundo do olho de um exemplar de Coruja-do-mato através de oftalmoscopia direta.



Figura 4. Realização do exame de oftalmoscopia direta num exemplar de Coruja-do-mato, durante o meu período de estágio no CRAS.

A tonometria em aves é dificultada pelo reduzido tamanho do globo ocular e da córnea na maioria das espécies, e também pela elevada rigidez da córnea e da esclera destes animais. Devido a estes fatores, o uso de tonómetros convencionais não é apropriado em aves. No geral, usamos dois tipos de tonómetros para a avaliação da pressão intraocular (PIO): os tonómetros de aplanção e de “rebound”. Na tonometria de aplanção, a PIO é medida com base na pressão que é necessária exercer na córnea para a aplanar uma área da sua superfície. Já na tonometria de “rebound”, o valor da PIO é

obtido a partir do valor da velocidade de desaceleração do tonómetro à medida que este contacta com a córnea. Quando maior a PIO, maior será esta velocidade (Korbel, 2012).

Os valores de pressão intraocular medidos recorrendo ao tonómetro de rebound TonoVet® demonstram variações em relação aos valores manométricos que são específicas para a espécie avaliada. Estas variações devem ser tidas em consideração. Para além disso, um estudo demonstrou que os valores de PIO medidos pelo tonómetro de “rebound” TonoVet® sobrestimam os valores detetados pelo tonómetro de aplanção TonoPen® XL, e que o TonoVet® é geralmente bem tolerado pelas aves mesmo sem o uso de anestesia local. A escolha entre estes dois métodos dependerá das vantagens e desvantagens de cada um, bem como a preferência do clínico (Jeong et al., 2007; Korbel, 2012; Reuter et al., 2010).

4.2. Exames complementares

A avaliação da produção lacrimal pode ser feita com um teste de Schirmer modificado, tal como nas espécies domésticas, com o uso de fitas estandardizadas de 2, 3 e 5 mm de largura. Mesmo assim, em muitas espécies, o globo ocular é demasiado pequeno para a largura da fita, e a quantidade de lágrimas produzidas pela ave num minuto não seriam suficientes para quantificar. Neste caso, uma opção seria cortar a fita ao meio, utilizando o olho contralateral normal como controlo. Outra alternativa seria o uso do teste do vermelho de fenol, em que o corante amarelo em algodão muda para vermelho quando em contacto com as lágrimas. Um estudo demonstrou que os resultados deste teste em falconiformes são consistentes, e fáceis de obter. As corujas, particularmente Strigiformes, demonstram valores consistentemente mais baixos de produção lacrimal do que as outras espécies de aves de rapina (Pollock & Murphy, 2010c; Smith et al., 2015; Williams, 2012).

No caso de existir a suspeita de uma úlcera da córnea, é possível a utilização de corantes tópicos como a fluoresceína, um corante cor-de-laranja que adere às áreas ulceradas do olho e, através da incidência de uma luz azul, as demarca com uma tonalidade verde. A figura 5, obtida por mim no CRAS durante o estágio, representa um Açor (*Accipiter gentilis*) com uma úlcera da córnea decorrente da sua exposição a atrito durante uma cirurgia, corada a verde com fluoresceína.



Figura 5. Açor com uma úlcera da córnea, evidenciada pela coloração com fluoresceína. Imagem obtida no CRAS durante o meu estágio curricular.

É possível a obtenção de amostras para cultura, com o uso de uma gota de anestésico tópico alguns segundos antes da sua colheita. A amostra deve ser recolhida do local da lesão corneal, e também da sua periferia. Deve ser evitado o contacto com a pele e as penas na periferia do olho. Se houver suspeita de descemetocelo, ou uma protrusão anterior da membrana de Descemet devido à ausência do epitélio e do estroma da córnea, a amostra deve ser recolhida sob anestesia geral (Pollock & Murphy, 2010c).

No caso de estarem presentes conjuntivites, úlceras da córnea com infiltrado inflamatório ou massas peri-oculares, devemos proceder a uma citologia. Deve ser administrada uma gota de anestésico tópico 15-20 segundos antes da colheita da amostra por exfoliação suave das células da córnea ou da conjuntiva. No caso de presença de massas, procedemos à realização de uma CAAF. (Pollock & Murphy, 2010c).

Caso o globo ocular apresente elevado grau de opacidade corneal ou do cristalino, fecho da pupila, ou no caso de ser necessária uma exploração mais profunda das estruturas do olho e retrobulbares, procedemos a técnicas de imagiologia. Estas incluem radiografia, tomografia e ressonância magnética, mas a mais frequentemente utilizada é a ecografia ocular, usando uma sonda de 12 MHz (Pollock & Murphy, 2010c).

Um estudo relativamente recente determinou que as limitações da ecografia ocular em algumas aves devido ao reduzido tamanho do seu globo ocular podem ser colmatadas utilizando a técnica de imersão, muitas vezes usada na oftalmologia humana. Consiste na imersão da sonda em líquido e no seu afastamento fixo da córnea por uma concha cilíndrica de imersão. Esta técnica tem a vantagem de ser menos irritante para o olho e de não provocarem a indentação da córnea, que poderia resultar em medições falsas. É, então,

uma forma de melhorar a qualidade da investigação da câmara anterior por ecografia, quando é possível anestesiar o globo ocular (Hufen & Korbel, 2011).

A tomografia é uma boa forma de obter informação sobre o crânio ósseo e os ossículos da esclera, bem como sobre a forma, o tamanho e as margens do globo ocular. Não diferencia, contudo, entre as estruturas da câmara posterior, como por exemplo o pecten ou uma hemorragia (Gumpenberger & Kolm, 2006).

A eletroretinografia é uma forma não-invasiva de verificar a função da retina, nomeadamente dos seus fotoreceptores, medindo a sua resposta a estímulos luminosos através de um eléctrodo colocado em contacto com a córnea previamente dessensibilizada. Concretamente, o que é medido são os sinais eléctricos dos fotoreceptores, bem como das células intermediárias entre estes e as células ganglionares, em resposta a diferentes níveis de luminosidade. Este exame é útil, por exemplo, para avaliar a função da retina antes de uma cirurgia de catarata (Pollock & Murphy, 2010c). Um estudo foi realizado em papagaios-da-hispaniola (*Amazona ventralis*) para definir as latências, amplitudes e a presença de potenciais oscilatórios em indivíduos normais desta espécie, e foi concluído que alguns valores, nomeadamente os que foram obtidos a baixos níveis de luminosidade, eram semelhantes aos da retina normal de cães, enquanto que a altos níveis de luminosidade as amplitudes eram mais longas do que as apresentadas pelos cães (Hendrix & Sims, 2004).

4.3. Inovação no diagnóstico oftalmológico em aves

A tomografia de coerência ótica (OCT) é uma técnica usada na oftalmologia humana, e que permite avaliar a retina e o segmento anterior do olho, através de uma imagem das diferentes camadas dos tecidos que é obtida por via da diferença entre a luz emitida e a luz captada pelo aparelho. Um estudo determinou que esta técnica é aplicável a aves, e tem a vantagem de expandir o diagnóstico de patologias oculares, nomeadamente no que diz respeito à sua identificação e prognóstico. Esta informação adicional acerca do prognóstico do tratamento das patologias oculares seria particularmente interessante no tratamento destas patologias em aves de rapina, no sentido em que facilitaria o processo de decisão da libertação da ave (Rauscher et al., 2013).

Na figura 6, retirada de Ruggeri et al. (2010), podem ser observadas as várias camadas da retina identificadas num Gavião-de-asa-larga (*Buteo platypterus*).

Para além da monitorização de lesões oculares pós-traumáticas, também é possível a identificação de lesões relacionadas com o recente Bornavírus aviário (ABV). A vantagem deste método de diagnóstico é ser não-invasivo e ser assim o método ideal para a investigação contínua e repetida do mesmo indivíduo, para a realização de estudos sobre a progressão de doenças (Korbel et al., 2016).

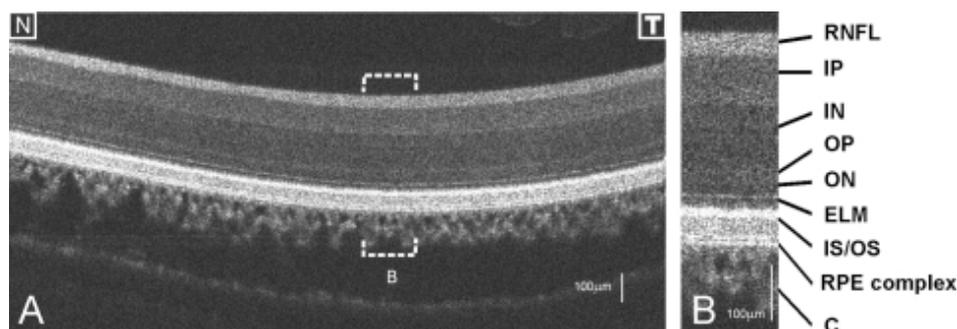


Figura 6. Estrutura da retina de um Gavião-de-asa-larga (*Buteo platypterus*) obtida por tomografia de coerência óptica de alta resolução. Da parte superior da imagem para baixo, pode ser observada a camada de fibras nervosas (RNFL); a camada plexiforme interna (IP); a camada nuclear interna (IN); a camada plexiforme externa (OP); a camada nuclear externa (ON); a membrana limitante externa (ELM); a junção entre as diferentes camadas de fotoreceptores (IS/OS), o complexo dos fotoreceptores com o pigmento (complexo RPE); e finalmente a coróide (C) (Ruggeri et al., 2010).

Outra técnica imagiológica que ainda não é usada de forma rotineira na medicina veterinária mas que poderia ter interesse na oftalmologia de aves é a ecografia tridimensional (3D), como complemento à ecografia 2D. Esta técnica permite a visualização do volume do olho, bem como do pécten ocular, originando perspectivas que não são possíveis de alcançar com a tradicional ecografia bidimensional (Korbel et al., 2016).

A oftalmoscopia digital, ou SDO, é uma técnica de oftalmologia humana, cuja adaptação a aves de rapina permitiu observar o fundo do olho em aves com o diâmetro pupilar tão pequeno como 3mm. As vantagens desta técnica incluem a possibilidade da captação de imagens, tanto em formato fotográfico como de vídeo. Estas imagens parciais do fundo ocular são aglomeradas por um programa de computador específico para formarem uma imagem completa (Korbel et al., 2016).

As seguintes imagens são representações do fundo ocular de uma Águia-de-asa-redonda, obtidas através alguns dos métodos diagnósticos descritos neste capítulo. Ambas as imagens foram retiradas de Korbel (2016).

Na figura 7, obtida por oftalmoscopia digital, podemos identificar facilmente o pécten ocular a dominar a imagem, bem como o aspecto avascular do fundo ocular e a ausência de tapete lúcido nesta espécie. A cabeça do nervo ótico pode ser observada a branco, e a fóvea central pode ser identificada no canto superior direito da imagem.

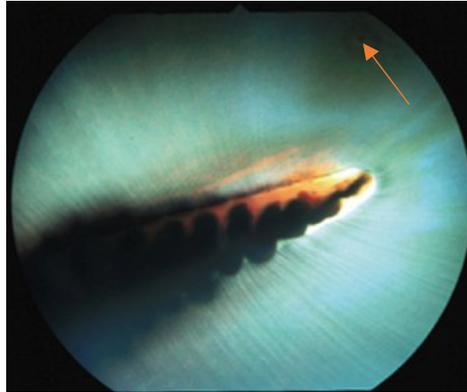


Figura 7. Imagem do fundo ocular de um exemplar de Águia-de-asa-redonda obtida através de oftalmoscopia digital. Na imagem, pode ser observado o pécten ocular a dominar a imagem, a cabeça do nervo ótico a branco e a fóvea central (seta cor-de-laranja), localizada no canto superior direito da imagem (Korbel et al., 2016).

Na figura 8, obtida por tomografia de coerência ótica, são observadas componentes fisiológicas do olho, tal como a fóvea central e o pécten ocular no canto inferior direito da imagem, mas também uma formação cicatricial na retina, observável no centro da imagem e prolongando-se para a direita.

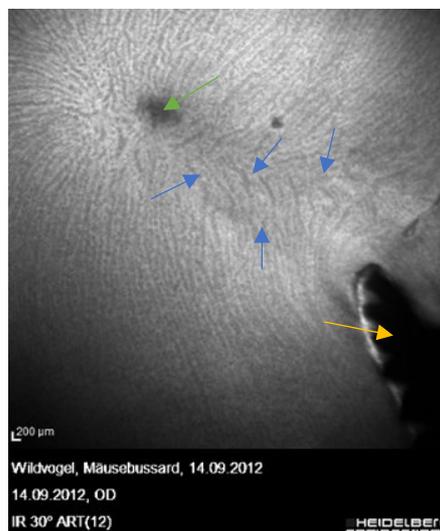


Figura 8. Imagem do fundo ocular de um exemplar de Águia-de-asa-redonda, obtida por tomografia de coerência ótica. Na imagem é possível a identificação da fóvea central (seta verde), do pécten (seta amarela) e de uma formação cicatricial da retina (setas azuis) (Korbel et al., 2016).

5. AVALIAÇÃO ANTES DA LIBERTAÇÃO

5.1. Métodos de condicionamento físico de uma ave de rapina

Após a recuperação de todas as lesões e patologias apresentadas pela ave de rapina, é dado início ao processo de condicionamento físico, cujo objetivo é o treino desta até um nível de performance que lhe permita sobreviver no meio selvagem. Durante o treino será verificado se a ave, após a recuperação da lesão ocular, manteve a sua visão a um nível que lhe permita ter um desempenho de caça que indique uma grande probabilidade de sobrevivência no meio selvagem após a libertação. É esta a fase final que será determinante na decisão de libertação ou eutanásia da ave, e para isso teremos que observá-la durante o treino e determinar se qualquer dificuldade que esta apresente se deve a uma má condição física em geral ou a uma falha ao nível da visão que se possa revelar irrecuperável.

Ao longo do treino, os principais objetivos serão o aumento da massa muscular e da resistência da ave, e por isso é crítico assegurar a adequada nutrição desta, e manter a sua condição corporal cuidadosamente controlada. De forma a potenciar o aumento da massa muscular, é indicado aumentar gradualmente o peso da carga que a ave tem que conseguir levantar e, para aumentar a capacidade aeróbica desta, é o mais aconselhado utilizar treino em pequenos intervalos repetitivos de trabalho, intercalados com breves períodos de descanso (Ponder, 2011).

As duas metodologias de treino mais usadas são o treino em túneis/jaulas de voo e o uso de técnicas de falcoaria. As vantagens associadas aos túneis de voo são o baixo compromisso de tempo que implicam, o facto de a meteorologia não implicar atrasos no treino, de ser o método menos stressante para a ave, e de implicar o mínimo de contacto com seres humanos, minimizando a probabilidade da sua habituação aos mesmos. Algumas opiniões, contudo, apontam para uma maior carga de stress associada a este tipo de treino devido ao facto de as aves terem tendência a permanecerem em descanso no poleiro na maior parte do tempo em que se encontram no túnel/jaula, necessitando de encorajamento para voar (Ponder, 2011). Outra desvantagem para além dessa necessidade é a possibilidade de as aves poderem recusar a alimentação ou serem vítimas de auto-traumatismo em cativeiro, durante o treino (Granati et al., 2021).

Outro fator importante, especificamente quando falamos de aves com lesões oftalmológicas, é que é possível que a ave se habitue ao espaço controlado em que está inserida, e apresente uma maior facilidade na caça não por uma verdadeira melhoria na sua habilidade de caçar, mas porque, apesar de ter um défice de visão que a impediria de caçar eficazmente no meio selvagem, o seu conhecimento acerca do espaço à sua volta, que se mantém constante, faz com que esta consiga alimentar-se quase sem o auxílio da

visão. Isto pode induzir-nos a tirar conclusões erróneas acerca da habilidade da ave para se alimentar sozinha e por isso é importante, quando é usado o método de treino em túnel ou em jaula, ir adicionando obstáculos à caça que alterem o ambiente em que a ave está inserida, e observar a maneira como esta se adapta.

A figura 9 corresponde a uma fotografia do túnel de voo do CRAS-HVUTAD. O protocolo de treino de aves de rapina no CRAS-HVUTAD passa, numa fase inicial, por observar a capacidade da ave de se apoiar nos poleiros dentro de um túnel sem obstáculos. Quando esta capacidade é observada, são introduzidos progressivamente obstáculos dos quais as aves têm que se desviar. Na fase seguinte, é introduzida a presa exposta no túnel. Quando é verificado que a ave se conseguiu alimentar, introduzem-se esconderijos para a presa, e numa fase final observa-se se a ave se consegue alimentar sozinha nestas condições. Se esta capacidade for verificada, a ave é preparada para libertação.



Figura 9. Túnel de voo do CRAS-HVUTAD. Imagem cedida pela Mélanie Cardoso.

Em relação ao uso de técnicas de falcoaria, dois estudos utilizando os níveis de lactato no sangue das aves, que é um bom indicador da capacidade atlética destas, mostraram que as aves de rapina que foram treinadas através de técnicas de falcoaria apresentam um melhor desempenho imediatamente após a sua libertação do que aves treinadas em túnel/jaula, tendo picos de lactato mais baixos, tempos de recuperação mais rápidos, e uma mais rápida recuperação das condições físicas necessárias à sua libertação. Das 27 aves recapturadas 5 a 20 dias após a sua libertação, todas as aves que tinham sido recondiçionadas através de técnicas de falcoaria tinham apresentado ganho de peso, enquanto que das aves treinadas em túnel/jaula, apenas uma tinha aumentado de peso. Esta diferença de desempenho pode justificar-se pelo facto de o treino das aves

através de técnicas de falcoaria implicar voos mais logos, um maior esforço da parte da ave devido ao peso do equipamento de falcoaria, e a necessidade de compensar por fatores meteorológicos como o vento (Ponder, 2011).

A desvantagem deste tipo de treino, para além da mão-de-obra necessária e do gasto de tempo implicado, é a necessidade de assegurar que as condições da área de treino são adequadas, ou seja, que não existem predadores na área, que as temperaturas estão entre os 12°C e os 29°C, que o vento não ultrapassa os 25km/h, e que a humidade se mantém inferior a 75%. Em algumas áreas de maior frio pode ser necessário fazer um período de adaptação da ave ao meio exterior, através da sua transferência para um túnel no exterior por 2 semanas antes do início do treino (Ponder, 2011).

Recentemente, foi apresentada por Granati et al. (2021) uma alternativa de alta-tecnologia a estes dois métodos de treino, através do uso de drones e de mini-aviões programados para o treino de aves de rapina. As vantagens globais associadas a este novo método são o facto de preparar as aves mais rapidamente para a sua libertação, diminuindo a probabilidade da ocupação da sua área de habitat original por competidores; de ser mais barato e de minimizar, em relação a todos os outros métodos, o contacto da ave com os seres humanos, anulando efetivamente o risco de habituação desta. Para além disso, a habilidade dos drones e dos mini-aviões em imitar o voo a presa, especificada para a ave que está a ser treinada, incluindo as curvas e contra-curvas do voo normal e as suas tentativas de fuga, permite uma simulação mais fiel da caça no meio selvagem o que, principalmente em aves com patologia ocular, seria uma vantagem uma vez que nos permitiria uma melhor avaliação do impacto que a dificuldade visual de um indivíduo teria na caça em condições normais, tanto na perseguição ativa da presa em velocidade através de um campo de obstáculos como na reação ao movimento imprevisível da mesma.

Este método de treino inclui um período de aquecimento muscular, seguido de um regime de treino personalizado em relação à espécie da ave, à tipologia e severidade da patologia ou lesão apresentada, ao nível de stress com que esta é capaz de lidar, à sua idade, ao seu peso e ao nível de contacto humano a que esta possa estar habituada. O treino de um exemplar de Águia-de-asa-redonda, por exemplo, focar-se-á mais no desenvolvimento da sua resistência, enquanto que o treino de um Gavião-da-europa será focado no desenvolvimento do uso explosivo da sua força (Granati et al., 2021).

Num primeiro estudo envolvendo este método, avaliaram-se quatro indivíduos no total, especificamente uma Ógea (*F. subbuteo*); um Falcão peregrino; um híbrido *F. peregrinus* x *F. biarmicus* e um Açor. Os parâmetros a avaliar foram o rápido aumento da velocidade de voo das aves, o rápido desenvolvimento da sua massa muscular e da resistência e, finalmente, a reintrodução eficaz da ave no seu habitat. Ao longo dos três

meses de duração do estudo, foi verificado que todos os animais apresentaram um aumento rápido de velocidade, massa muscular e capacidade aeróbica através deste método de treino, mas apenas a Ógea foi eficazmente reintroduzida no seu meio-ambiente, uma vez que foi a única ave que demonstrou, nesse período de tempo, a sua habilidade de apanhar, agarrar e levantar a sua presa em todos os testes. O híbrido *F. peregrinus* x *F. biarmicus* foi treinado inicialmente com técnicas convencionais de falcoaria e apenas mais tarde através do uso de drones, e foi verificado que este se demonstrou mais responsivo na perseguição de presas através do treino com recurso a drones (Granati et al., 2021). Nenhuma destas aves apresentava patologia ocular, mas estes resultados iniciais levam a acreditar que seria interessante e benéfico estudar e adaptar este método de treino a aves com esse tipo de patologia.

5.2. Parâmetros de decisão para a libertação de uma ave de rapina

Há pouca informação acerca das consequências a longo prazo das lesões oculares em animais libertados, e como estas, mesmo após a recuperação das capacidades do olho, podem afetar a sua sobrevivência no seu habitat natural. É difícil fazer uma boa avaliação da visão de aves de rapina em cativeiro, uma vez que o grau de visão que estes necessitam para sobreviver em meio controlado pode não se relacionar com o exigido para sobreviver em meio selvagem. Isto torna-se particularmente complicado quando consideramos as diferenças entre espécies, e a maneira específica como estas usam a visão para sobreviver (Pauli et al., 2007; Pollock & Murphy, 2010c).

Aquando da avaliação da visão da ave, há alguns fatores que nos dão informação acerca do grau de défice visual que esta apresenta. Aves com défice visual num olho têm tendência a posicionar a sua cabeça de forma a posicionar o olho saudável na direção do objeto de interesse, por exemplo, e caso este défice seja grave é possível que sejam observáveis sinais mais óbvios deste défice, como colisões contra objetos ou paredes, ou dificuldades a pousar em poleiros. Estes sinais podem informar-nos acerca do estado visual da ave, mas mesmo que estejam ausentes e a ave aparente estar completamente saudável, com uma boa performance no túnel de voo, não é certo que a ave esteja completamente recuperada, ou apta para sobreviver no meio selvagem (Pauli et al., 2007; Pollock & Murphy, 2010c).

Em geral, antes da libertação, há uma série de parâmetros que podemos ter em conta para determinar se a libertação o animal é a decisão correta.

Um dos fatores a considerar é a cronicidade da lesão. Podemos distinguir cicatrizes de lesões ativas através da sua aparência à oftalmoscopia, sendo as primeiras bem demarcadas e aplanadas e as lesões ativas irregulares e com margens mal definidas. Em

geral, uma ave com uma lesão crónica e não progressiva é mais favoravelmente considerada para libertação do que uma ave com uma lesão de carácter agudo e ativo (Pollock & Murphy, 2010c).

Uma das lesões mais comuns de observar em aves que sofreram um traumatismo é o descolamento da retina que, devido a esta não ser uma estrutura vascularizada, não é de fácil identificação ao oftalmoscópio, sendo muitas vezes necessário recorrer a ecografia. Estas lesões podem ou não ser crónicas, e tanto descolamentos da retina como lesões corioretinais inflamatórias ativas podem progredir, sendo necessária uma monitorização ativa deste tipo de lesões de forma a indagar o impacto que terá na visão da ave. Assim, devido ao potencial de progressão deste limpo de lesão, estas aves não são boas candidatas para libertação (Pauli et al., 2007).

A localização das lesões também tem o seu peso na decisão, sendo as mais graves as lesões localizadas axialmente no segmento posterior do olho e nas fóveas da retina. As lesões de fóvea são particularmente importantes em aves de rapina diurnas, principalmente se localizadas na fóvea central, responsável pela elevada acuidade ótica destas espécies. Para além da sua localização, a extensão das lesões deve também ser considerada, sendo que lesões mais extensas têm mais peso na visão da ave, principalmente se envolverem mais do que uma estrutura no olho (Pauli et al., 2007; Pollock & Murphy, 2010c).

Aves de rapina com danos oculares bilaterais não são consideradas para libertação, mas há quem defenda que aves com dano extenso num só olho o poderão ser. Está opinião é controversa, contudo. No geral, todos os fatores apresentados neste capítulo, bem como o estado geral da ave, devem ser tidos em conta antes de tomar uma decisão. Se esta for saudável e apresente apenas perda de visão unilateral, então entre a libertação e a eutanásia, será considerada mais favoravelmente a sua libertação (Pauli et al., 2007).

O impacto de qualquer lesão ocular pode ser exacerbado pela presença concomitante de patologias noutros sistemas. A sobrevivência de uma ave pode ser dificultada por uma lesão ocular ou por uma lesão ortopédica, por exemplo, mas enquanto que esta seria capaz de sobreviver no meio selvagem com apenas umas das lesões, com as duas em simultâneo a probabilidade de sobrevivência torna-se baixa o suficiente para fazer mais sentido proceder a uma eutanásia do que considerar a libertação da ave. Sempre que se encontrem lesões concomitantes no mesmo animal, deve ser investigada a possibilidade de uma relação entre a lesão ocular e o trauma, e se há a possibilidade de a lesão ocular ter sido a causa primária deste, principalmente se o traumatismo tiver ocorrido do mesmo lado em que se identifique uma lesão ocular que aparente cronicidade (Pauli et al., 2007; Pollock & Murphy, 2010c).

As características da ave, principalmente a sua idade e espécie, também têm impacto quando consideramos a sua libertação. As aves mais jovens e menos experientes, no geral, terão menos probabilidade de sobrevivência no meio selvagem se libertadas com qualquer tipo de lesão, e por isso é menos provável que se considere a libertação de um juvenil do que de uma ave adulta com a mesma patologia (Pollock & Murphy, 2010c).

Para além da idade, a espécie da ave influenciará a decisão no sentido em que qualquer espécie de ave de rapina noturna terá, em princípio, melhor probabilidade de sobrevivência com uma dada lesão ocular do que uma diurna, uma vez que as aves noturnas possuem um sentido de audição extremamente bem desenvolvido, que acaba por compensar algum défice oftalmológico que possam ter desenvolvido. As Corujas-das-torres, por exemplo, conseguem caçar ratos em escuridão total, usando apenas a sua audição. As aves de rapina diurnas também são manifestamente mais dependentes da sua visão binocular para sobreviver do que as aves noturnas, sendo que uma lesão severa num só olho terá mais peso neste tipo de animais (Pauli et al., 2007; Pollock & Murphy, 2010c).

Todos os parâmetros apresentados podem auxiliar na decisão de libertar ou eutanasiar a ave, mas não representam um sistema rígido e linear para a fazer. A decisão final será sempre subjetiva e dependerá, em última análise, da experiência do clínico responsável.



Figura 10. Exemplar de coruja-do-mato que vai ser libertado no CRAS-HVUTAD, após ter sido sujeito a uma enucleação. Fotografia cedida pela Dra. Filipa Cardoso do CRAS-HVUTAD.

A figura 10 corresponde um exemplo de um exemplar de Coruja-do-mato que foi sujeita a uma enucleação no CRAS-HVUTAD, e que após ter demonstrado a sua capacidade de se alimentar sozinha, está a ser preparada para libertação nos próximos dias.

Na minha opinião, talvez influenciada pelo meu tempo no CRAS-HVUTAD, a eutanásia deve ser considerada apenas se o animal não se consegue alimentar sozinho. Há vários estudos que apresentam casos de animais que são libertados apenas com um olho e mesmo assim conseguem sobreviver e prosperar, sendo Hamilton et al. (1988) e Hegemann et al. (2007) bons exemplos da adaptabilidade destes animais em relação ao

seu déficit de visão. Quaisquer teorias acerca da tradução da capacidade de alimentação em cativeiro para o meio ambiente não se podem sobrepor à necessidade de devolver o animal ao meio ambiente, onde este tem uma função trófica e populacional a desempenhar, independentemente de a quantidade de tempo que este conseguirá sobreviver poder ser reduzida devido à sua lesão, ou por qualquer outra razão.

6. CONCLUSÃO

Analisando a anatomia e fisiologia da visão em aves de rapina, bem como a forma como estas variam entre espécies, e até mesmo entre indivíduos da mesma espécie, percebemos facilmente como é essencial cultivar um conhecimento abrangente destas particularidades para fazer um bom trabalho na sua recuperação para o meio selvagem, e também para conseguir interpretar as informações obtidas ao exame físico e oftalmológico.

Estudos adicionais são necessários na fisiologia da visão em aves de rapina, nomeadamente na área das aberrações cromáticas em aves de rapina; da sensibilidade ao contraste em espécies necrófilas; das características dos fotoreceptores na retina das aves de rapina diurnas, bem como na discriminação de cores por estas espécies. Estudos foram realizados em aves de rapina e identificou-se uma baixa razão de convergência entre cones e células ganglionares na retina central, mas ainda não temos informação acerca destes valores em aves necrófilas. Em algumas aves de rapina foi identificada uma ausência de cones duplos e bastonetes na retina central, mas ainda são necessários estudos para determinar a extensão das áreas sem cones duplos e bastonetes. Finalmente, seria útil a realização de experiências controladas do comportamento das aves à noite para avaliar a visão destas a baixos valores de luminosidade.

O exame oftalmológico é semelhante ao realizado noutras espécies, mas as particularidades mencionadas ao longo do texto fazem com que alguns métodos tenham que ser adaptados para estes animais, e isso implica a realização de estudos e investigação para colmatar a incompatibilidade de alguns métodos de diagnóstico com as diferentes espécies de aves de rapina, bem como para definir valores de referência e peculiaridades referentes a cada espécie.

Em conclusão, este trabalho veio ilustrar a importância do conhecimento das particularidades das diferentes espécies de aves de rapina nas diversas áreas da oftalmologia, e também enfatizar algumas falhas neste conhecimento que ainda carecem de investigação e estudo para que possam ser colmatadas. A libertação de aves com lesões oculares, da forma como a consideramos nos dias correntes, é baseada em parâmetros subjetivos, e esta avaliação está largamente dependente da experiência do

clínico responsável. A colmatação destas falhas de conhecimento traria alguma objetividade para a base desta decisão, e seria uma forma de atingir algum consenso entre a comunidade médico-veterinária, nomeadamente em relação aos limites concretos a partir dos quais, afinal, seria a melhor decisão libertar uma ave que sofreu uma lesão ocular.

REFERÊNCIAS

- Gelatt, KN, Gilger, BC, Kern, TJ (Eds.) (2013). *Veterinary Ophthalmology: Volume Two* (5th Ed., pp. 1765-1775). New Jersey, United States: Wiley-Blackwell.
- Granati, G, Cichella, F, Ludici, P (2021). High-Tech training for birds of prey. *Animals* (Basel) 11(2): 530.
- Gumpenberger, M, Kolm, G (2006). Ultrasonographic and computed tomographic examinations of the avian eye: physiologic appearance, pathologic findings, and comparative biometric measurement. *Vet Radiol. Ultrasound*, 47(5): 492-502.
- Hamilton, LL, Zwank, PJ, Olsen, GH (1988). Movements and survival of released, rehabilitated hawks. *J. Raptor Res.*, 22(1): 22-26.
- Hegemann, A, Hegemann, ED, Krone, O (2007). Successful rehabilitation and release with a subsequent brood of a one-eyed eagle owl (*Bubo bubo*). *Berl Munch Tierarztl Wochenschr*, 120(4-6): 183-8.
- Hendrix, DVH, Sims, MH (2004). Electroretinography in the Hispaniolan Amazon Parrot (*Amazona ventralis*). *Journal of Avian Medicine and Surgery* 18(2): 89-94.
- Hufen, H, Korbelt, RT (2011). Investigations in the appliance of immersion shells in avian ocular ultrasonography. *Proc 11th European Conference AAV, Madrid, Spain*.
- Jeong, MB, Kim, YJ, Yi, NY, Park, SA, Kim, WT, Kim, SE, Chae, JM, Kim, JT, Lee, H, Seo, KM (2007). Comparison of the rebound tonometer (TonoVet) with the applanation tonometer (TonoPen XL) in normal Eurasian Eagle owls (*Bubo bubo*). *Vet Ophthalmol.*, 10(6): 376-379.
- Korbelt, RT (2012). *Avian Ophthalmology: Principles and Application*. AAVAC/UEPV Conference, Melbourne, United States.
- Korbelt, RT, Sigg, R, Peschel, A, Moster, K (2016). *Recent Developments in Avian and Reptile Ophthalmology*. Pacific Veterinary Conference, Ludwig-Maximilian University of Munich, Oberschleissheim, Germany.

- Martin, GR (2017). *The Sensory Ecology of Birds* (1st ed.). Oxford, United Kingdom: Oxford University Press.
- Palma, L (2012). A Preliminary Overview of Monitoring for Raptors in Portugal. *Acrocephalus*, 33: 309-313.
- Pauli, A, Klauss, G, Diehl, K, Redig, P (2007). Clinical Techniques: Considerations for Release of Raptors with Ocular Disease. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 16(2): 101-103.
- Pollock, C, Murphy, C (2010a). *Raptor Ophthalmology: Anatomy of the Avian Eye*.
- Pollock, C, Murphy, C (2010b). *Raptor Ophthalmology: Ocular lesions*.
- Pollock, C, Murphy, C (2010c). *Raptor Ophthalmology: The Ophthalmic Exam*.
- Ponder, JB (2011). *Avian Physiotherapy and Reconditioning in a Rehabilitation Program*. AAV Master Classes, The Raptor Center, University of Minnesota, Minnesota, USA.
- Potier, S, Mitkus, M, Kelber, A (2020). Visual adaptations of diurnal and nocturnal raptors. *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 106: 116-126.
- Proctor, NS, Lynch, PJ (1993). *Manual of Ornithology: Avian Structure and Function* (1st ed.). Connecticut, United States: Yale University Press.
- Rauscher, FG, Azmanis, P, Körber, N, Koch, C, Hübel, J, Vetterlein, W, Werner, B, Thielebein, J, Dawczynski, J, Wiedemann, P, Reichenbach, A, Francke, M, Krautwald-Junghanns, ME (2013). Optical coherence tomography as a diagnostic tool for retinal pathologies in avian ophthalmology. *Invest Ophthalmol Vis Sci.*, 54(13): 8259-69.
- Reuter, A, Müller, K, Arndt, G, Eule, JC (2010). Accuracy and reproducibility of the TonoVet® rebound tonometer in birds of prey. *Vet Ophthalmol.*, 13: 80-5.
- Ruggeri, M, Major, JC Jr, McKeown, C, Knighton, RW, Puliafito, CA, Jiao, S (2010). Retinal structure of birds of prey revealed by ultra-high resolution spectral-domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.*, 51(11): 5789-5796.
- Smith, SP, Barbon, AR, Forbes, NA (2015). Evaluation of the phenol red thread tear test in falconiformes. *J Avian Med Surg.*, 29(1): 25-9.
- Williams, DL (2012). *Ophthalmology of Exotic Pets*. West Sussex, UK: Wiley-Blackwell.