



ACESSO ABERTO

ELETROFISIOLOGIA DA VISÃO DO GATO

Data de Recebimento:
20/07/2024

Mary'Anne Rodrigues de Souza^a, Emily dos Santos^b, Mariana Soares Santos^c, Livia Raquel Santos Fontes^d

Data de Aceite:
25/11/2024

^a Departamento de Medicina Veterinária, professora, Faculdade Pio Décimo. Av. Pres. Tancredo Neves, 5655 - Jabotiana, Aracaju – SE, 49095-000.

Data de Publicação:
24/12/2024

^b Médica Veterinária Autônoma, Rua Santa Clara, 506, Jardim Centenário, Aracaju, Sergipe, 49090490.

^c Departamento de Medicina Veterinária, Acadêmico, Faculdade Pio Décimo. Av. Pres. Tancredo Neves, 5655 - Jabotiana, Aracaju – SE, 49095-000.

^d Departamento de Medicina Veterinária, Acadêmico, Faculdade Pio Décimo. Av. Pres. Tancredo Neves, 5655 - Jabotiana, Aracaju – SE, 49095-000.

***Autor correspondente:**

Mary'Anne Rodrigues de Souza,
Doutora em Biociência Animal
pela Universidade Federal Rural
de Pernambuco, Condomínio
Alphaville 1, Bloco Delta, 1201,
Av. Gonçalo Rolemberg Leite,
1960 - Suissa, Aracaju - SE,
49050-370.

Dados de contato: 79-
999569575; maryanne_vet@
hotmail.com.

Citação:

SOUZA, M.A.R et al.
Eletrofisiologia da visão do gato.

**Revista Multidisciplinar em
Saúde**, v. 5, n. 4, 2024. [https://
doi.org/10.51161/integrar/
rem/4434](https://doi.org/10.51161/integrar/rem/4434)

RESUMO

A visão dos gatos é fascinante por conta das suas peculiaridades, frente a essa intrigante condição, esse trabalho visou realizar uma revisão de literatura sobre a eletrofisiologia da visão de gato, abrangendo as particularidades anatômicas e funcionais do sistema visual, bem como explicar como ocorre o processo de formação da imagem e estruturas envolvidas. Para tanto, no período entre 2019 e 2023, através de uma revisão extensiva da literatura científica, consultando bases de dados como *National Center for Biotechnology Information* (NCBI), Scielo e Google acadêmico, além de livros especializados, alicerçados em descritores direcionados. Os resultados revelam que a visão dos gatos é caracterizada por adaptações únicas, a sua conformação anatômica tem função primordial no processo de formação da imagem, a exemplo disso o *tapetum lucidum*, uma estrutura altamente reflexiva que aumenta a captação de luz, e a pupila em fenda, que se dilata e contrai rapidamente para controlar a entrada de luz. Além disso, a retina felina possui uma densidade de bastonetes significativamente maior que a humana, o que confere aos gatos uma sensibilidade à luz muito superior. Assim, através dessa revisão de literatura evidenciamos informações importantes sobre anatomia e fisiologia da visão do gato, destacando para o fato de que essas peculiaridades o tornam um animal com capacidade visual superior a outras espécies.

Palavras-chave: Retina; Via visual; Fototransdução; Visão.

DOI: 10.51161/integrar/
rem/4434

Editora Integrar© 2024.

Todos os direitos reservados.

ABSTRACT

The cat's vision is something fascinating due to its specific peculiarities. Given this intriguing condition, this study aimed to carry out a literature review on the electrophysiology of cat vision, covering the anatomical and functional particularities of the visual system, as well as explaining how the process of image formation and the structures involved occurs. To this end, between 2019 and 2023, an extensive review of the scientific literature was conducted, consulting databases such as National Center for Biotechnology Information (NCBI), Scielo, and Google Scholar, in addition to specialized books, based on targeted descriptors. The results reveal that the cat's sight is characterized by unique adaptations. Its anatomical conformation plays a primary role in the image formation process, with structures such as the tapetum lucidum, a highly reflective structure that increases light capture, and the slit-shaped pupil, which expands and contracts quickly to control the entry of light. Furthermore, the feline retina has a significantly higher density of rods than the human retina, which gives cats a much higher sensitivity to light. Thus, through this literature review, we highlighted important information about the anatomy and physiology of cat vision, highlighting the fact that these properties make it an animal with superior visual capacity compared to other species.

Keywords: Retina; Visual way; Phototransduction; Vision

INTRODUÇÃO

O gato tem um visão peculiar quando comparado as outras espécies, ele tem um poder de adaptação e eficiência visual noturna que chama atenção pois conta com estruturas como o *tapetum lucidum*, pupila em forma de fenda, córnea com uma grande curvatura que refletem diretamente na eficiência da retina, que por sua vez funciona com uma sensibilidade sete vezes maior que a retina humana (FALCÃO, 2016).

Da mesma forma que em outras espécies, o estímulo luminoso deve atravessar a retina, ser detectado pelos fotorreceptores e transmitido pelo nervo óptico e trato óptico ao tálamo, e depois pela via das radiações ópticas (DANTAS, 2021). Tal processamento ocorre fundamentado em um sistema neurológico complexo no qual estão inclusos desde o sistema visual sensorial que se estende da retina ao córtex visual; o sistema nervoso autônomo; sistema oculomotor e o sistema sensorial somático trigêmico dos olhos e anexos (LUSTOZA, 2008).

Frente a complexidade do processo que representa um modelo fascinante para o estudo da percepção visual em condições de baixa luminosidade, associado a lacuna de informações sobre o tema, o presente estudo visou realizar uma revisão de literatura sobre a eletrofisiologia da visão de gato, abrangendo as particularidades anatômicas e funcionais do sistema visual, bem como a compreensão de como ocorre o processo de formação da imagem e estruturas envolvidas, contribuindo com a comunidade acadêmica no quesito conhecimento de tomada de decisão em tratamentos para esta espécie.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo teve como base uma revisão bibliográfica abrangente e se deu no período de 2019 a 2023. Os bancos de dados científicos consultados foram NCBI, Scielo, Google acadêmico, além de livros especializados. Os decritores utilizados foram “gato”, “felino”, “visão retina”, “fototransdução”, “via visual” e “capacidade visual”. Dentre os artigos encontrados, 24 foram incluídos nesta revisão, que levou em consideração a relevância das informações para o tema abordado, bem como a qualidade das publicações, com preferência por artigos publicados em revistas indexadas e com alto fator de impacto na área da medicina veterinária. É importante destacar que a escassez de publicações científicas sobre o tema

em questão representou um dos principais desafios desta pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando comparado as outras espécies, o felino tem um poder de adaptação e eficiência visual noturna que chama atenção pois conta com estruturas como o *tapetum lucidum*, pupila em forma de fenda, córnea com uma grande curvatura que refletem diretamente na eficiência da retina, que por sua vez funciona com uma sensibilidade 7 vezes maior que a retina humana (FALCÃO, 2016). O fundo de olho (tapetal) felino é extenso e amarelo, o disco óptico é pequeno e branco, com três pares de artérias e veias retinianas superficiais que formam um Y (BEDFDORD, 2009).

A luz penetra pela córnea, ganha a fenda pupilar e enfim chega ao cristalino que junto com o humor aquoso e o humor vítreo tem a função de transmissão e refração do raio luminoso sobre a retina (LAUS, 2009). A partir do momento que a luz atinge a retina ela percorrerá um caminho até os centros visuais superiores no cérebro, este por sua vez é chamado de via óptica que é constituída nos primatas por retina, nervo óptico, quiasma ótico, trato óptico, corpo geniculado lateral, radiação óptica e o córtex occipital (DANTAS, 2021).

Da mesma forma que em outras espécies o estímulo luminoso deve atravessar a retina, ser detectado pelos fotorreceptores e transmitido pelo nervo óptico e trato óptico ao tálamo (núcleo geniculado lateral), e depois pela via das radiações ópticas (FAHLE e BACH, 2006). Tal processamento ocorre fundamentado em um sistema neurológico complexo no qual estão inclusos desde o sistema visual sensorial que se estende da retina ao córtex visual; o sistema nervoso autônomo; sistema oculomotor e o sistema sensorial somático trigêmico dos olhos e anexos (LUSTOZA, 2008).

3.1 RETINA

A retina é primariamente responsável pela visão, é uma estrutura fotossensorial complexa, capaz de fazer a transdução da luz em sinais neuronais que são percebidos como imagem visual, mais especificamente, a luz alcança os fotorreceptores (cones e bastonetes) este, por sua vez, contém fotopigmentos que produzem energia química na exposição à luz, sendo essa energia processada e transformada em energia elétrica ou sinal neuronal (MAGGS; MILLER; OFRI, 2017).

Anatomicamente é considerada como uma projeção do cérebro (DANTAS, 2021). É uma camada fotossensível que reveste todo o segmento anterior do olho, se origina no prosencéfalo e tem morfologia e fisiologia tal qual o nervo óptico, este por sua vez, tem a função de conectar a retina ao córtex visual, via quiasma óptico, tratos ópticos e corpo geniculado lateral (SAMUELSON, 2008).

Existem duas formas de classificar a retina, quanto a sua função ou quanto a sua anatomia. Funcionalmente, a retina é dividida em camada interna (pars optica) e camada externa (pars ceca), respectivamente neuroretina (subdividida em 9 camadas) e epitélio pigmentar. Anatomicamente podemos dividi-la em 10 camadas, desde seu exterior em direção ao centro do vítreo (PIPPI e GONÇALVES, 2009; FALCÃO, 2016; MAGGS; MILLER; OFRI, 2017).

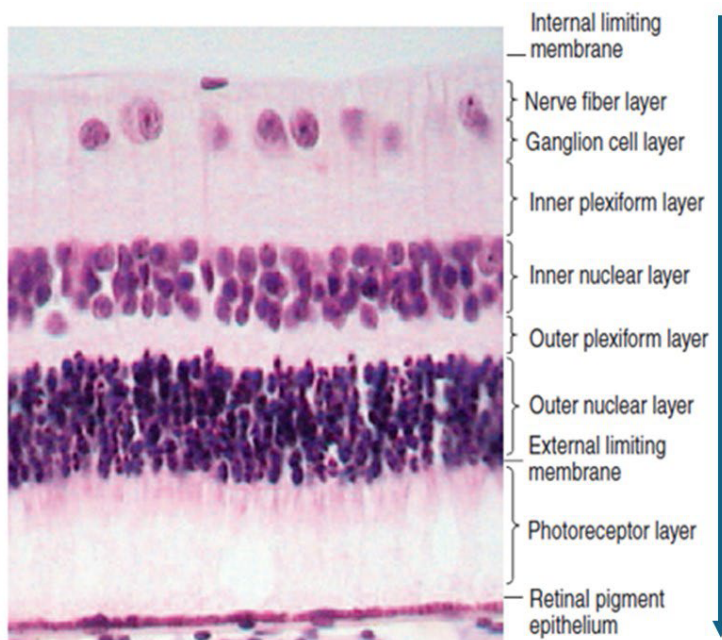
3.1.1 Camadas da Neuroretina

Conforme mencionado anteriormente, a retina pode ser dividida funcionalmente. Neste tópico,

abordaremos a neuroretina e suas camadas, cuja responsabilidade é de converter a luz em impulso nervoso, fototransdução, e pela subsequente modificação destes impulsos à medida que atravessam o nervo óptico (BEDFDORD, 2008; BEDFDORD, 2009; PIPPI e GONÇALVES, 2009).

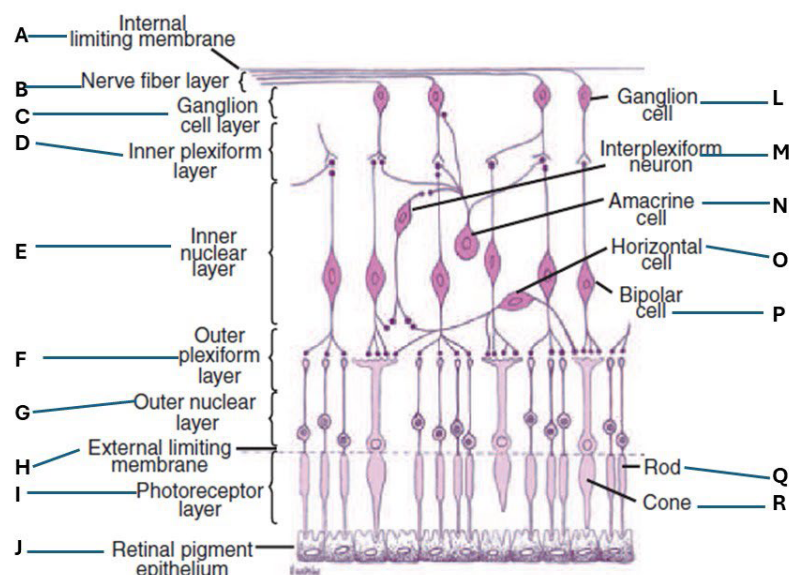
São camadas da neuroretina: membrana limitante interna, membrana limitante externa, camada de fibras nervosas, camada de células ganglionares, camada plexiforme interna, camada plexiforme externa, camada nuclear interna, membrana nuclear externa e fotorreceptores, (Figuras 1 e 2) (BEDFDORD, 2008; BEDFDORD, 2009; OFRI, 2017).

Figura 1: Corte histológico evidenciando as 10 camadas retinianas, nesse caso observamos no sentido da seta, a Membrana Limitante interna, Camada de Fibras Nervosas, Camada de Células Ganglionares, Camada plexiforme interna, Camada Nuclear interna, Camada plexiforme externa, Camada Nuclear externa, Membrana Limitante externa, Camada de Fotorreceptores e Epitélio Pigmentado da Retina.



Fonte: Slatter, 2013.

Figura 2: Imagem evidenciando as 10 camadas da retina e as suas principais células, (A) Membrana Limitante interna, (B) Camada de Fibras Nervosas, (C) Camada de Células Ganglionares, (D) Camada plexiforme interna, (E) Camada Nuclear interna, (F) Camada plexiforme externa, (G) Camada Nuclear externa, (H) Membrana Limitante externa, (I) Camada de Fotorreceptores, (J) Epitélio Pigmentado da Retina, (L) Células Ganglionares, (M) neurônio interplexiforme, (N) Célula Amácrina, (O) Célula Horizontal, (P) Célula Bipolar, (Q) Bastonete, (R) Cone.



Fonte: Slatter, 2013.

3.1.1.1 Membrana limitante interna

É uma camada basal no qual as células de Müller estão fortemente aderidas, bem como os elementos vítreos que se introduzem na sua estrutura para proporcionar uma forma de sujeição entre a neuroretina e o corpo vítreo (BEDFDORD, 2008; OFRI, 2017).

3.1.1.2 Membrana limitante externa

Foi inicialmente chamada de membrana porque no corte sargital a microscopia óptica tinha esse aspecto, no entanto, quando foi avaliada por microscopia eletrônica foi possível perceber que era uma região de complexos juncionais, que separa a camada nuclear fotorreceptora dos segmentos externos e apenas apresenta as junções celulares zonulares aderentes, as quais existem entre os segmentos externos e as células de Müller, não tem uma função definida, especula-se que sirva para fortalecer a estrutura retiniana e aja como barreira entre as camada de células visuais e o resto da retina (BEDFDORD, 2009; DANTAS, 2021).

3.1.1.3 Camada de fibras nervosas

É formada por bandas de fibras nervosas formadas pelos axônios das células ganglionares, esta

camada passa paralelamente à superfície retiniana para o disco óptico e lâmina cribiforme, nos quais eles são mielinizados para formar as fibras do nervo óptico. Esses axônios fazem sinapse com o corpo geniculado lateral (UEMURA, 2015).

3.1.1.4 Camada de células ganglionares

É constituída pelos corpos celulares de grandes células ganglionares e seus dendritos, os quais fazem sinapses com os axônios de células bipolares na camada plexiforme interna precedente. Tem geralmente a espessura de uma célula (BEDFDORD, 2008, OFRI,2017).

3.1.1.5 Camada plexiforme interna

É constituída pelos axônios de células bipolares, horizontais e amácrinas e dendritos de células ganglionares. Ocorrem várias sinapses nesta camada e sinapses laterais entre as células horizontais e amácrinas, do mesmo modo que células ganglionares servem para coordenar e integrar a função retiniana (BEDFDORD, 2008, OFRI,2017).

3.1.1.6 Camada plexiforme externa

É composta por expansões axonais de fotorreceptores, inclusos no citoplasma das células de Müller. Nas áreas internas da camada plexiforme as terminações dos fotorreceptores se dilatam para formar as expansões sinápticas que fazem sinapse com as células bipolares (BEDFDORD, 2008).

3.1.1.7 Camada nuclear interna

É formada por quatro tipos de núcleos: células de Müller, bipolares, horizontais e amácrinas (OFRI,2017). A interação entre as três últimas modifica e contribui para organizar aos estímulos neuronais transmitidos pelos neuroreceptores, já as fibras das células de Müller subministram assistência interna e estão vinculadas com a nutrição retiniana (BEDFDORD, 2008; BEDFDORD, 2009).

As células bipolares fornecem a conexão entre as células fotorreceptoras e ganglionares, as células horizontais possibilitam a comunicação entre cones e bastonetes e as amácrinas estabelecem a comunicação entre terminais bipolares e dendritos das ganglionares, assim, modulam o volume do impulso nervoso transmitido (BEDFDORD, 2009; KLEIN, 2021). Consequentemente, muitas células bipolares convergem em uma célula ganglionar (UEMURA, 2015).

Os axônios das células ganglionares cruzam a superfície mais interna da retina e convergem ao disco óptico para deixar o olho como nervo óptico, enviando potenciais de ação para o cérebro. Dois tipos celulares de interneurônios modificam o fluxo de informação nas sinapses entre os fotorreceptores, as células bipolares e as células ganglionares: as células horizontais e as células amácrinas (KLEIN, 2021).

As células horizontais medeiam as interações laterais entre os fotorreceptores e as células bipolares (KLEIN, 2021). Elas formam sinapses excitatórias (glutaminérgicas) e inibitórias (GABAérgicas) com fotorreceptores circundantes. Este padrão sináptico único é projetado para afiar a borda de um campo

receptivo de células bipolares (UEMURA, 2015).

As células amácrinas intercedem nas interações laterais entre as células bipolares e as células ganglionares (KLEIN, 2021). Elas estendem seus processos por longas distâncias, em sinapse com células bipolares e ganglionares e ainda modificam a saída da célula bipolar (UEMURA, 2015).

3.1.1.8 Camada nuclear externa

É formada pelos núcleos dos cones e bastonetes, e fibras conectoras que unem a célula aos segmentos internos de fotorreceptores na membrana limitante externa (OFRI, 2017).

3.1.1.9 Camada de Fotorreceptores

Na retina existem fotorreceptores, cones e bastonetes (OFRI, 2017). Os neurônios, receptores primários da luz, são estruturalmente divididos em três partes, o terminal sináptico, segmento interno e externo. A primeira parte faz sinapse com as células bipolares. O interno inclui o núcleo, a mitocôndria e outras estruturas citoplasmáticas. Estes seguimentos estão conectados por cílios contendo microtúbulos, as porções externas são especializadas para fotorrecepção. Elas contêm um arranjo de discos membranosos empilhados, no qual estão os fotopigmentos visuais que nada mais é que um complexo molecular sensível à luz que inicia uma cadeia de eventos bioquímicos, que a converte em energia elétrica que será interpretada no córtex visual (OFRI, 2017; KLEIN, 2021).

Os cones têm um limiar mais alto de excitabilidade do que os bastonetes isso se deve por conta da iodopsina que requer luz de intensidade relativamente alta para ser estimulada. Desse modo, são menos sensíveis à luz, assim como, são responsáveis pela percepção de cores, misturando e contrastando o efeito de cada cone. Quando a intensidade da luz diminui até um ponto fraco demais para estimular as células cônicas, a visão colorida desaparece. A distribuição dos cone e bastonete também difere retina. A maioria destas células está na área centralis, o local onde o olho obtém imagens mais nítidas (UEMURA, 2015).

3.1.2 Epitélio pigmentar da retina

Do ponto de vista anatômico, o epitélio pigmentar (EPR) está mais próximo a coroide e ele não fazer parte da neuroretina (PIPPI e GONÇALVES, 2009; OFRI, 2017). Sua função é essencial para a integridade e funcionalidade da retina (ANDRADE, 2008), ele proporciona o meio de transporte para os metabolitos essenciais, para as lâminas externas da neuroretina e além de reciclar os materiais segmentares já empregados no processo da visão (BEDFDORD, 2008; BEDFDORD, 2009). É capaz de enviar processos citoplasmáticos que isolam as extremidades dos fotorreceptores do brilho luminoso, aumentando a sensibilidade de cada um deles (SAMUELSON, 2008, ANDRADE, 2008).

Trata-se de uma monocamada de células cúbicas ou hexagonais (SAMUELSON, 2008; ANDRADE, 2008; BEDFDORD, 2009). De acordo com Dantas (2010), estas células possuem pleomorfismo marcante, principalmente na região periférica da retina, em que elas variam em tamanho e forma. Seu núcleo está no terço basal, com a cromatina difusa, tem a capacidade de sintetizar RNA mensageiro que passa para o citoplasma afim de sintetizar proteínas. A superfície basal do EPR se deposita sobre a membrana basal, que

é parte da membrana de Bruch, ao passo que a superfície apical é projetada para dentro dos microvilos, os quais circundam e depositam os fotorreceptores externos da camada celular visual (BEDFDORD, 2009).

O EPR embriologicamente é proveniente da camada externa da via visual óptica. Fica mais aderido à coroide ou ao coriocapilar pela membrana de Bruch e anteriormente aos segmentos externos dos fotorreceptores (BEDFDORD, 2009). Essa forma de ligação gera um espaço potencial entre a camada sensorial e camada de EPR, o que facilita o deslocamento de retina nesse local (SAMUELSON, 2008, ANDRADE, 2008).

Esta estrutura complexa deve ser entendida como uma unidade funcional única, assim, permitindo a compreensão dos mecanismos patogênicos e como consequência facilitando o desenvolvimento de terapias para diferentes formas de doenças degenerativas que levam à cegueira (STRAUSS, 2005).

O EPR é pigmentado na parte não tapetal do fundo de animais domésticos e confere coloração amarronzada nesta área, pela presença. Normalmente, é não-pigmentado no fundo tapetal e não pode ser visto clinicamente, pois é transparente e isso permite que a luz atinja o tapete e seja refletida de volta, através da camada fotorreceptora, fazendo com que o *tapetum* atue como um amplificador (9) no processo de fototransdução melanina (BEDFDORD, 2009; OFRI, 2017).

Em gatos, essa estrutura é bastante elaborada, com projeções especializadas em lâminas da superfície apical do epitélio pigmentar que envolvem os segmentos externos dos cones e, em menor grau, dos bastonetes. Esse arranjo mais próximo pode facilitar o papel do epitélio pigmentar na regeneração da rodopsina, o pigmento visual dos bastonetes e a remoção de lamelas membranosas degeneradas destes pela fagocitose das células pigmentares (DELAHUNTA, 2009).

3.2 FOTOTRANSDUÇÃO

A fototransdução é o processo que transforma a energia química em impulso nervoso, e através da via óptica (retina, nervo óptico, quiasma ótico, trato óptico, corpo geniculado lateral, radiação óptica e o córtex occipital) chegará até aos centros visuais superiores no cérebro, ou seja, o córtex visual para a interpretação (OFRI, 2017; DANTAS, 2021).

Nesse processo de transformação da energia química em elétrica, este processo ocorre em nível de cones e bastonetes quando o Na^+ é guiado pelo GMPc e passam pelos canais na membrana do segmento externo e K^+ passa para o segmento interno. A abertura desses canais de fluxo se dá mediante a presença ou ausência de luz, assim, mantendo o equilíbrio nessa bomba. Este processo de transdução de sinal requer opsinas presentes na rodopsina dos bastonetes e a iodopsina dos cones (UEMURA, 2015; KLEIN, 2021).

A rodopsina e a iodopsina estão embebidas na membrana do disco do segmento externo. A transdução de sinais visuais ocorre via opsinas, que é o receptor acoplado à proteína G. As opsinas contêm o cromóforo 11 - cis - retinal, que é covalentemente ligado ao receptor da opsina. Quando atingido por um fóton, a 11 - cis - retinal sofre fotoisomerização para toda a - transretinal. Isso altera a conformação da opsina e desencadeia uma cascata de transdução de sinal estimulando uma proteína G conhecida como transducina. Ativa o cGMP PDE, que hidrolisa o cGMP. Isso reduz a concentração de GMPc, levando ao fechamento dos canais de Na^+ do GMPc. Esta condição impede o influxo de Na^+ , causando hiperpolarização dos bastonetes. Assim, na presença de luz, eles são hiperpolarizados, essas células tem alta sensibilidade para detectar fótons (UEMURA, 2015; KLEIN, 2021).

Esta sensibilidade reflete na grande quantidade de fotopigmentos presentes no segmento exterior e na capacidade da rodopsina para ativar centenas de moléculas de transdução e a capacidade da PDE para hidrolisar muito rapidamente um grande número de moléculas de GMPc. Os cones possuem mecanismos semelhantes de fototransdução para gerar hiperpolarização da membrana. Assim, na transdução de sinais visuais não é a mesma que a de outros sinais sensoriais em que os receptores sensoriais são despolarizados em resposta a estímulos (UEMURA, 2015).

Na escuridão, os fotorreceptores são despolarizados em função do aumento de níveis de cGMP presentes nos fotorreceptores. O cGMP liga-se ao Na⁺ + cGMP localizados no segmento externo do fotorreceptores, desencadeando a abertura de Na⁺ + cGMP e o influxo para o segmento externo, gerando uma interior corrente chamada a corrente escura. Este influxo de Na⁺ dirige o potencial de membrana em direção ao Na⁺ potencial de equilíbrio, polarizando os bastonetes que no escuro são despolarizados e liberam o neurotransmissor glutamato nos locais sinápticos das células bipolares e horizontais da retina. Assim, as células bastonetes e cônicas geram apenas potenciais receptores e não potenciais de ação (UEMURA, 2015).

3.3 COMPONENTES DA VIA ÓPTICA

Após a fototransdução, no qual converte a luz em sinais elétricos, a informação visual é transmitida ao cérebro pela via óptica, composta pela retina, o nervo óptico, o quiasma óptico, o trato óptico, a radiação óptica, o corpo geniculado lateral e o córtex occipital, no qual ocorre a percepção visual (SWENSON, 1996; UEMURA, 2015; DANTAS, 2021, KLEIN, 2021).

3.3.1 Nervo óptico

Não é considerado um nervo verdadeiro, apesar de sua nomenclatura, pois seus axônios emergem das células ganglionares da retina, sendo, embriologicamente, parte do cérebro. É estruturalmente formado por um sistema de fibras mielinizadas do encéfalo, são fibras aferentes somáticas especiais e nascem do estrato de células ganglionares da retina (DANTAS, 2021).

3.3.2 Quiasma óptico

Podemos identificar como uma elevação da substância cinzenta, situada entre os corpos mamilares. Lateralmente, é contínuo com a massa cinzenta da substância perfurada anterior e, anteriormente, com a lâmina terminal. De sua superfície inferior, o infundíbulo, que é um processo cônico, passa por baixo e pela frente e, através de um orifício na parte posterior do diafragma da sela, liga-se ao lobo posterior da hipófise. O infundíbulo está, assim, em íntimo contato com a parte inferior e posterior do quiasma, ao qual se liga em ângulo agudo, unindo-se em cima com o terceiro ventrículo e com a raiz do trato olfatório, embaixo, com a hipófise e, um pouco mais para fora, com o seio cavernoso (DANTAS, 2021).

O quiasma óptico é o resultado da convergência dos dois nervos ópticos, em que se destacam os dois tratos ópticos que terminam nos respectivos corpos geniculados laterais (MACHADO; HAERTEL, 2014). Em animais domésticos, a maioria dos axônios em cada nervo óptico se cruza para entrar no trato

óptico oposto. Esses axônios são destinados a influenciar os lobos occipitais contralaterais dos hemisférios cerebrais (DELAHUNTA, 2009).

Em espécies de peixes e aves, todos os axônios do nervo óptico se cruzam no quiasma óptico. Nos mamíferos, a decussação parcial se desenvolve em relação ao desenvolvimento de um campo de visão binocular, com o posicionamento frontal dos olhos e a capacidade de realizar movimentos coordenados conjugados dos globos oculares, incluindo a convergência. Nos primatas, nos quais esse recurso é mais desenvolvido, o grau de decussação é ligeiramente superior a 50%. Estimativas sugerem que o grau de decussação no gato é de 65%; em cães, 75%; e no cavalo e animais de fazenda, 80% a 90% (DELAHUNTA, 2009).

O gato se parece mais com o primata em grau de decussação, posicionamento frontal dos olhos e presumivelmente movimentos conjugados dos globos oculares. À medida que o sistema visual se torna mais complexo, juntamente com a capacidade de visão binocular, a decussação no quiasma óptico diminui. Descreve-se que o gato siamês e o tigre persa branco têm um número maior de axônios que se cruzam no quiasma óptico, o que reflete em uma laminação alterada do corpo geniculado caudal em relação à cápsula interna para atingir o núcleo geniculado lateral (DELAHUNTA, 2009).

3.3.3 Trato óptico

É composto por fibras da retina temporal de seu próprio lado e da retina nasal do lado oposto, e emerge no ângulo posterior do quiasma, se dirige para trás e assim alcança o corpo geniculado lateral (MACHADO; HAERTEL, 2014; DANTAS, 2021).

Cada trato óptico contém axônios principalmente da retina medial do globo ocular contralateral e da retina lateral do globo ocular ipsilateral. Portanto, o trato óptico esquerdo contém os axônios dos neurônios estimulados pela luz da metade direita do campo visual dos globos oculares direito e esquerdo. O termo campo visual é definido como a área no espaço observada por cada globo ocular quando fixada em qualquer momento (DELAHUNTA, 2009).

Objetos no campo visual direito de cada globo ocular são, portanto, representados nas vias visuais centrais esquerdas. Quando o trato óptico atinge o nível do núcleo geniculado lateral, dois cursos básicos são seguidos, um caminho para a percepção consciente e um caminho reflexo (DELAHUNTA, 2009).

3.3.4 Corpo geniculado lateral

É formado por camadas concêntricas das substâncias branca e cinzenta. Recebe pelo trato óptico fibras provenientes da retina, através do genículo-calcarino para a via visual primária do córtex (MACHADO; HAERTEL, 2014).

3.3.5 Radiação óptica

É a última parte da via óptica antes de chegar ao córtex, é formada pelos segmentos dorsal, lateral e ventral. Desses três segmentos, somente os dois primeiros se dirigem diretamente para trás, para terminar no córtex occipital (DANTAS, 2021).

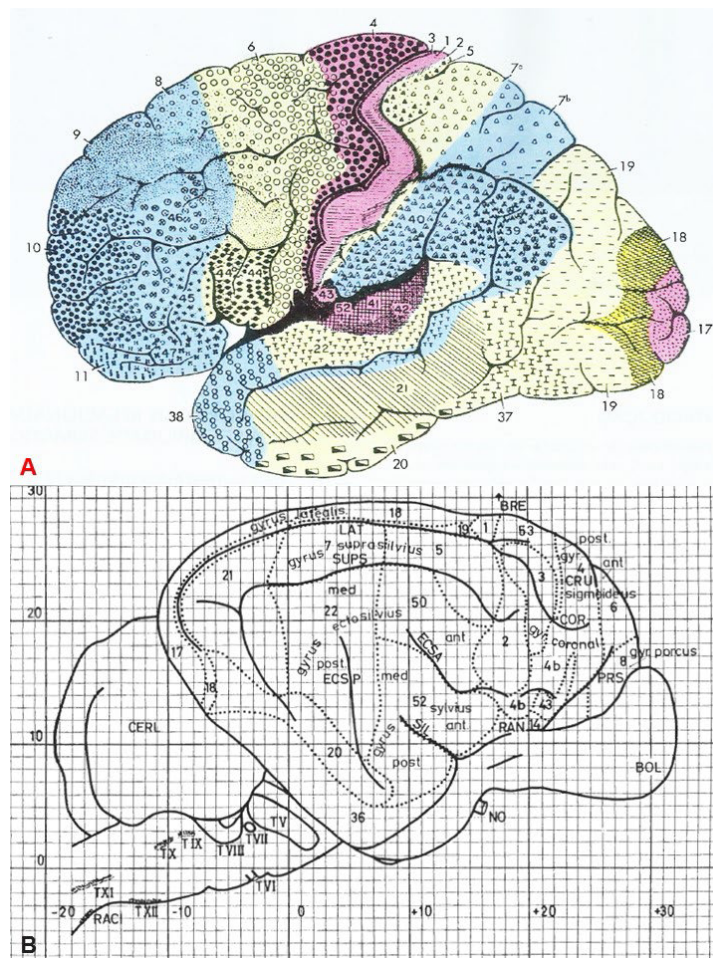
3.3.6 Córtex occipital

É a última parte da via visual cujo aspecto básico da visão é a habilidade de perceber luz e movimento e isso como já visto, se dá com a integração neural das vias visuais que detectam e analisam as características do estímulo (LUSTOZA, 2008).

O córtex cerebral não é uma estrutura homogênea, o que permite a individualização de várias áreas sob critérios anatômicos, citoarquiteturais, filogenéticos e funcionais. Do ponto de vista anatômico, pode ser feita a divisão baseada nos sulcos, giros e lobos. Quando se usa a divisão anatômica é oportuno lembrar que não corresponde a divisão funcional ou estrutural, pois em um mesmo lobo tem áreas corticais de funções e estruturas diferentes (MACHADO; HAERTEL, 2014).

De maneira funcional, o cérebro felino e canino é usualmente dividido em lobos frontal, piriforme, parietal, temporal e o occipital (LORENZ; COATES; KENT, 2011). Outra forma de classificá-lo é de forma citoarquitetural, que nos dias atuais, para a medicina humana a mais aceita é a de Brodman, pois divide o córtex em áreas específicas as atividades realizadas e as identifica por meio de números (Figura 3) (MACHADO; HAERTEL, 2014).

Figura 3: Demarcação das Áreas de Brodman (A) e de Reinoso-Suárez (B).



Fonte: MACHADO; HAERTEL (2014).

A área visual primária (V1) está localizada nos lábios do sulco calcarino e corresponde a área 17 de Brodman ou córtex estriado. Em humanos, as estimulações elétricas da área 17 causam alucinações visuais e nunca permitem a formação da imagem de objetos definidos. Quando se estimula a retina em pontos específicos com luz filiforme pode estimular potenciais elétricos evocados em partes específicas da área 17, assim, foi possível verificar que a metade superior da retina se projeta no lábio superior do sulco calcarino, e a metade inferior, no lábio inferior deste mesmo sulco (MACHADO; HAERTEL, 2014).

Em mamíferos, o sentido da visão não está concentrado no córtex e pode persistir sensação luminosa, o que permite aos animais desviarem dos objetos, mesmo depois de lesão da área visual central, isso acontece porque possíveis esboços visuais são melhorados nas vias visuais secundárias, situadas nas áreas 18, 19, 20, 21 e 37 de Brodman e uma pequena parte do lobo parietal (MACHADO; HAERTEL, 2014).

São poucos os trabalhos que estabelecem parâmetros de normalidade para a função retiniana de gatos (SUSSADEE et al. 2014; DEL SOLE et al. 2017). Tendo em visto que a retina é um órgão alvo de doenças como retrovíroses (FIV/FELV), hipertireoidismo relacionado a doença cardíaca com hipertensão e diabetes melitus, torna-se importante estabelecer a inexistência dessas afecções quando se almeja padronizar a normalidade (ZANUTTO et al. 2011; PYPENDOP; ILKIW, 2015).

CONCLUSÃO

Através dessa revisão de literatura evidenciou-se informações importantes sobre anatomia e fisiologia da visão do gato, destacando a compreensão mais aprofundada da eletrofisiologia e da fototransdução, descrevendo o percurso que a luz realiza até chegar ao cérebro suscitando na formação da imagem.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. L. Semiologia do sistema visual dos animais domésticos. In: FEITOSA, 359 F.L.P. Semiologia veterinária. São Paulo: Roca, 2008.
- BEDFDORD, P. G. C. Doenças Oculares. In: ANDREWS, A. H.; BLOWEY, R. W.; BOYD, H.; EDDY, R. G. Medicina bovina: doenças e criação de bovinos. São Paulo: Roca, 2008.
- BEDFDORD, P. G. C. Vision in Vertebrates. 34 th World Small Animal Veterinary Association Congress. São Paulo, Brasil, 21-24 julho 2009. Acessado em 18 jul 2024. Disponível em: <http://www.vin.com/proceedings/Proceedings.plx?CID=WSAVA2009&Category=8079&O=Generic>
- DANTAS, A. M.; SULZBACHER, A.; DINIS, A. C.; MENDONÇA, R. H. F. de; TAKAHASHI, W. Eletrofisiologia da visão. 1. ed. Curitiba: Editora CRV, 2021.
- DANTAS, A. M.; SULZBACHER, A.; MENDONÇA R. H. F. de; DINIS, A. C.; TAKAHASHI, W. Y. Eletrofisiologia da visão. 2. Ed. – Rio de Janeiro: Cultura Médica: Guanabara Koogan, 2010.
- DELAHUNTA, A. Veterinary Neuroanatomy and clinical Neurology. 3. ed. ST Louis: Elsevier Inc, 2009.
- DEL SOLE, M. J. et al. Comparison of two sedation protocols for short electroretinography in cats. Journal of Feine Medicine and Surgery, v. 20, n. 2, p. 172-178, 2017.

FAHLE, M.; BACH, M. Origin of the visual evoked potentials. In: HECKENLIVELY, J. R.; ARDEN, G. B. Principles and practice of clinical electrophysiology of vision. 2.ed. Massachusetts: Mit Press, p. 207-234, 2006.

FALCÃO, M. S. A. Anatomia e fisiologia ocular. In: MAZZOTTI, G. A.; ROZA, M. R. Medicina Felina Essencial. 1. Ed. Curitiba: Equalis, 2016. v. 1, cap. 16, p. 813-818.

KLEIN, B. G. Cunningham Tratado de Fisiologia Veterinária. 6 ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2021.

LAUS, J. L. Oftalmologia clínica e cirúrgica em cães e em gatos. São Paulo: Roca, 2009.

LORENZ, M. D.; COATES, J. R.; KENT, M. Handbook of Veterinary Neurology. Missouri: Elsevier, 2011.

LUSTOZA, A. C. Potencial visual evocado por flashes de luz em cães diabéticos com catarata. 2008. Dissertação de mestrado – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, São Paulo, 2008.

MACHADO, A.; HAERTEL, L. M. Neuroanatomia funcional: 4. Ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2022.

OFRI, Ron. in Satter's Fundamentals of Veterinary Ophthalmology. MAGGS, David; MILLER, Paul; OFRI, Ron. 6. ed. Saunders, 2017.

PIPPI, N. L.; GONÇALVES, G. F. Anatomofisiologia ocular. In: José Luiz Laus. (Org.). oftalmologia clínica e Cirúrgica em cães e gatos. 1ed. São Paulo: Roca, 2009, v. 1, p. 1-10.

PYPENDOP, B. H., & Ilkiw, J. E. Anestesia e Cuidados Pericirúrgicos. In: Little, S. E. O Gato: Medicina Interna. São Paulo: Roca. 2016.

SWENSON, Melvin J., REECE, W.O. Dukes/Fisiologia de animais domésticos. 11 a. ed. São Paulo: Roca. 1996.

SAMUELSON, Don A. Tratado de histologia veterinária. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2008.

SLATTER, D. Fundamentos de Oftalmologia Veterinária. 4. Ed. São Paulo: Roca, p. 460-495, 2013. ISBN-10: 8572415475

STRAUSS, O. The Retinal Pigment Epithelium in Visual Function. Physiological Reviews, 2005.

SUSSADEE, M. et al. Normal electroretinogram in domestic shorthair cats using a short protocol of HMsERG. Thai Journal of Veterinary Medicine, v. 44, n. 2, p. 237–242, 2014.

UEMURA, E. E. Fundamentals of canine neuroanatomy and neurophysiology. 1o ed. Iowa: Wiley Blackwell, 2015.

ZANUTTO, M. S. et al. Características clínicas da fase aguda da infecção experimental de felinos pelo vírus da imunodeficiência felina. Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 31, n. 3, p. 255–260, 2011.

