

9. A visão

Estrutura do olho

Numa visão frontal, a porção mais central do olho é a pupila, que pode regular a entrada da luz ao se contrair ou ao dilatar-se. A pupila nos parece preta, pois ela é um orifício por onde entra a luz. Colocando-se um raio luminoso e uma lente de aumento bem próximo à pupila, conseguimos enxergar no interior de nosso olho. É o que os oftalmologistas e neurologistas fazem com o uso de um oftalmoscópio.

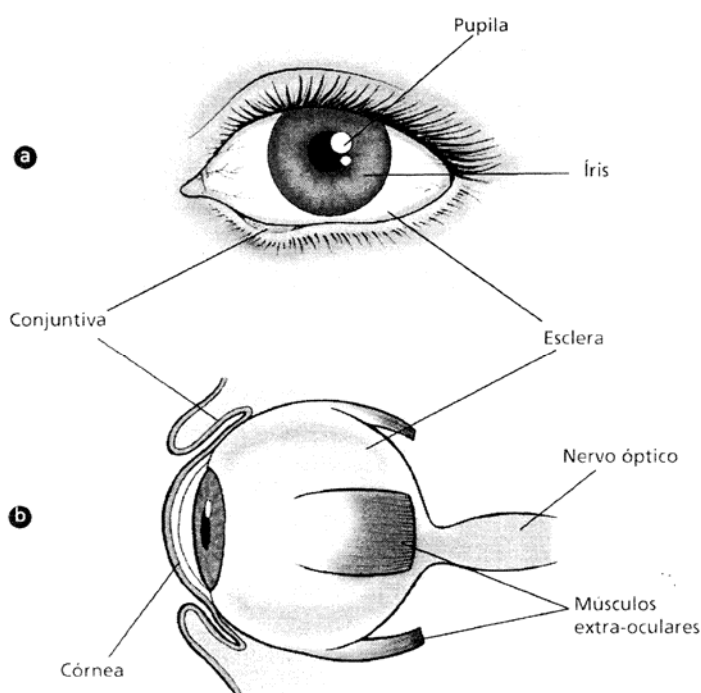


Figura 9.1: (a) vista frontal do olho humano evidenciando todas as estruturas externas, sem remoção de tecido: esclera, conjuntiva, íris, pupila e pálpebras. (b) vista lateral do globo ocular, retirada a pele, evidenciando a córnea, expondo parte dos músculos extrínsecos do olho (reto lateral, oblíquos superior e inferior), o nervo óptico e as demais estruturas presentes em (a).

Ao redor da pupila está a íris (a porção que proporciona a cor diferenciada entre os olhos) onde estão os músculos que controlam o grau de abertura da pupila. A pupila e a íris são recobertas em sua superfície externa (transparente) pela córnea, uma primeira lente onde incidem os raios

Disciplina Corpo Humano e Saúde: Uma Visão Integrada - Módulo 1

luminosos. A córnea é contínua à esclera, que corresponde a toda a região branca em nosso olho (Figura 9.1a). Inseridos na esclera temos três pares de músculos, os **músculos extra-oculares**, responsáveis pelo movimento do olho no interior da órbita (Figura 9.1b).

Cortando-se transversalmente o olho (Figura 9.2), podemos identificar outras estruturas além das já citadas. O cristalino, por exemplo, é uma estrutura transparente que funciona como lente, localizado atrás da íris, e ligado pelos músculos ciliares à esclera. Sua função é a de ajustar o foco para diferentes distâncias, além de dividir o olho em dois compartimentos distintos: o anterior, preenchido pelo **humor aquoso** e o posterior, preenchido pelo **humor vítreo**. O nervo óptico (Figura 9.1b e 9.2) é formado por axônios dos neurônios de projeção retinianos (células ganglionares da retina, veja adiante) e situa-se na parte posterior do olho, sendo o responsável por carrear a informação visual para outras estruturas do SNC.

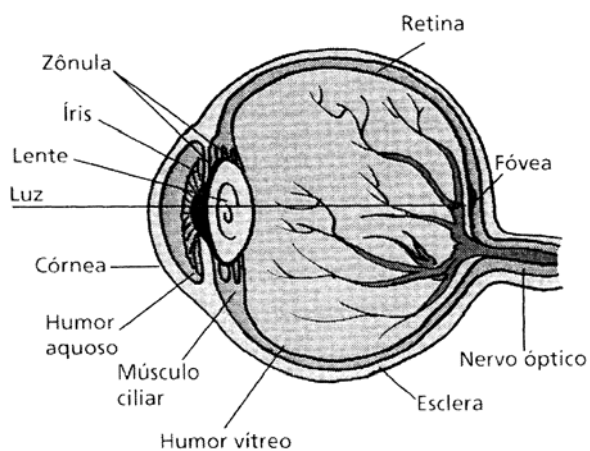


Figura 9.2: Corte sagital do olho evidenciando uma câmara anterior e outra posterior. No fundo da câmara posterior situa-se a retina, onde os estímulos visuais são inicialmente processados e decodificados em impulsos elétricos para o SNC.

No corte sagital do olho, observamos também o percurso que a luz deve percorrer até atingir a retina: córnea -> humor aquoso -> cristalino -> humor vítreo -> retina.

Disciplina Corpo Humano e Saúde: Uma Visão Integrada - Módulo 1

O feixe luminoso é difratado pela córnea e pelo cristalino, mudando a direção da onda em relação ao ângulo de incidência na superfície do olho. Assim, atravessa o humor vítreo até alcançar a retina.

Na retina, o feixe deve atravessar todas as camadas deste tecido até chegar aos segmentos externos dos fotorreceptores, onde se inicia todo o processo de transdução do sinal luminoso, a partir da absorção de fótons pelos pigmentos visuais.

Após conversão do sinal luminoso em sinal elétrico, a informação visual é processada e decomposta em qualidades específicas através dos demais tipos neuronais da retina, de modo que ao final estas qualidades convergem para as células ganglionares. Estas células são os neurônios de projeção da retina, responsáveis por gerar potenciais de ação e por propaga-los, ao longo do nervo óptico, até os centros visuais superiores.

Com o uso de um oftalmoscópio é possível, ainda, observarmos o fundo do olho, mais especificamente a retina e os vasos que a nutrem. Identificamos a região da mácula lútea (fóvea) localizada centralmente, e os vasos sanguíneos que penetram na retina pelo disco óptico - por onde o nervo óptico tem sua saída do tecido retiniano (Figura 9.3). A região do disco óptico é insensível à luz, uma vez que não apresenta fotorreceptores, e está localizada mais próximo à **linha média** do que a fóvea.

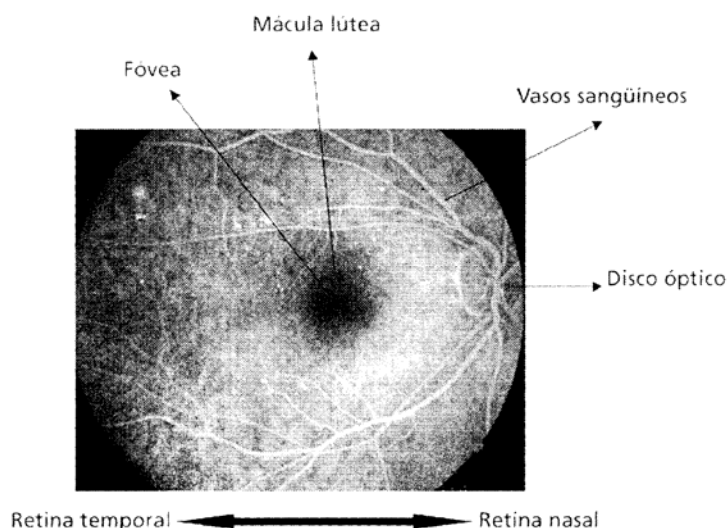


Figura 9.3: Fundo de olho humano visto com o auxílio de um oftalmoscópio, e onde é possível identificar a região da mácula lútea, a fóvea, a região do disco óptico e diversos vasos sanguíneos.

Disciplina Corpo Humano e Saúde: Uma Visão Integrada - Módulo 1

A fóvea é uma região especializada localizada centralmente em cada retina com aproximadamente 2mm de diâmetro e que representa nosso maior ponto de acuidade visual. Ela é utilizada como ponto de referencia anatômico na divisão da retina em quadrantes.

Cada retina é tecnicamente dividida em quadrantes com referência a uma linha vertical imaginária que corta a linha média, delimitando desta forma a hemi-retina nasal (próxima ao nariz) e a hemi-retina temporal (próxima à região das têmporas). Cada metade da retina é ainda subdividida em porções superior e inferior.

Formação da imagem na retina

O olho coleta os raios de luz do ambiente e os focaliza sobre a retina para formar as imagens. A função da córnea, neste sistema óptico, é fazer a refração da luz, pois os raios que incidem sobre ela tendem a convergir para a região posterior do olho, onde está localizada a retina. A distância entre a superfície de refração (córnea) e o ponto de convergência (retina) é denominada distância focal, e depende da curvatura da córnea.

O cristalino atua como uma lente, uma vez que possui uma elasticidade natural que pode aumentar sua curvatura (aumentando o seu poder de refração) gerando um poder de focalização adicional denominado, **acomodação**.

A capacidade elástica do cristalino e sua conseqüente mudança de curvatura quando da contração da musculatura ciliar varia com a idade. A compensação para esta perda se dá com o uso de lentes artificiais. A correspondência entre regiões do campo visual e a imagem ao nível da retina pode parecer complicada, a princípio. Uma característica do cristalino é que ele inverte a imagem na retina, num processo idêntico ao das máquinas fotográficas comuns (Figura 9.4).

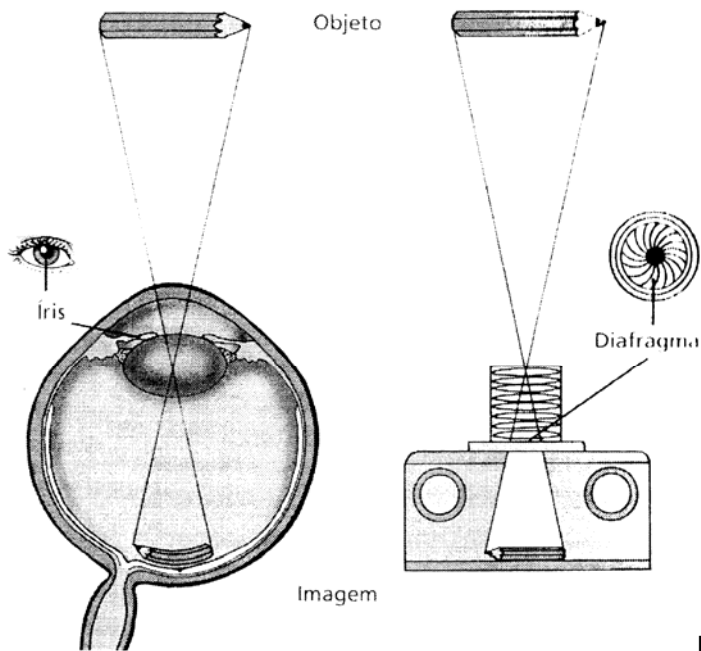


Figura 9.4: A formação da imagem na retina pode ser comparada com a formação da imagem em um filme fotográfico feito por uma câmera. O sistema de abertura e fechamento do diafragma seria representado pela íris e pupila.

A pupila funciona como um diafragma, se contraindo e dilatando de acordo com a intensidade luminosa. O aumento da iluminação promove a constrição pupilar bilateral, enquanto a diminuição luminosa leva à dilatação das pupilas.

Organização celular da retina

A retina de animais vertebrados se organiza em cinco camadas principais, por onde a luz deve passar até chegar ao receptor sensorial. Três destas camadas são compostas por corpos celulares e duas por prolongamentos neuríticos (Figura 9.5). Na camada nuclear externa estão contidos os corpos das células fotorreceptoras. Esta é a última camada onde chega a luz para alcançar os segmentos externos dos fotorreceptores, que contêm o pigmento fotossensível. A camada nuclear interna contém os corpos das células horizontais, células bipolares, células amácrinas e células da glia (denominadas, na retina, de glia de Muller). Já a camada de células ganglionares é a mais interna das camadas e contém os corpos celulares de

células ganglionares. É desta camada que emergem os axônios das células ganglionares que formam o nervo óptico. Esta camada é a mais próxima do humor vítreo.

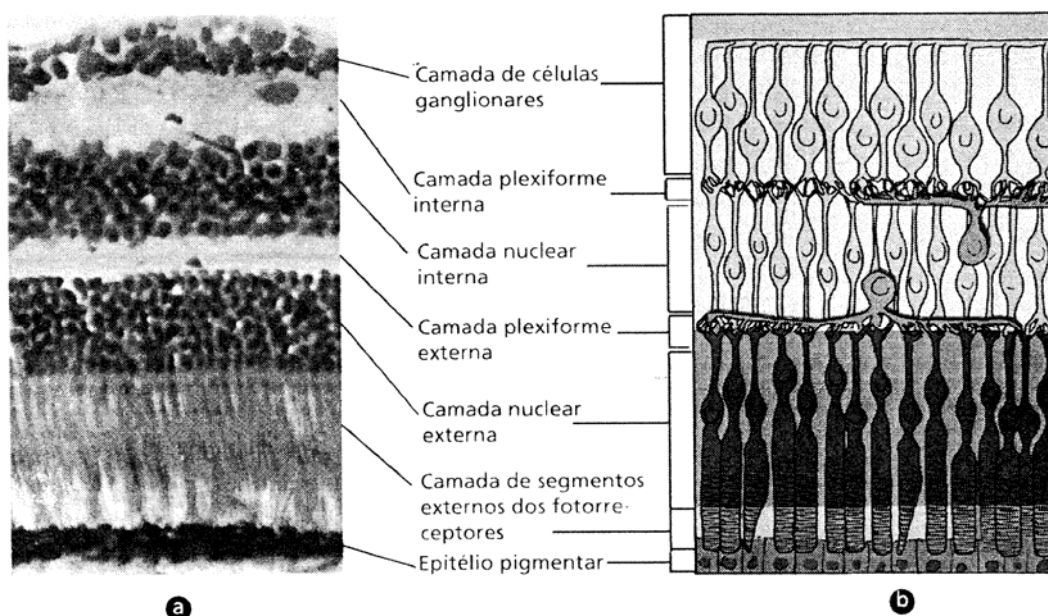


Figura 9.5: Organização da retina. Em (a) uma fotomicrografia mostrando as camadas celulares e camadas sinápticas da retina de um rato adulto, e em (b) a indicação esquemática dessas camadas.

As camadas de neuritos (ou sinápticas) se interpõem às camadas celulares. Na camada plexiforme externa, encontramos os contatos sinápticos entre os fotorreceptores e as células horizontais e bipolares. Já a camada plexiforme interna, localizada entre a camada nuclear interna e a camada de células ganglionares, é a camada de conexões sinápticas entre células bipolares, células amácrinas e células ganglionares.

A via mais direta do fluxo de informação visual, relacionado ao processamento da informação visual é feita na seguinte ordem: fotorreceptores -> células bipolares -> células ganglionares (Figura 9.6). Estas últimas são as responsáveis pelo disparo de potenciais de ação e propagação destes pelo nervo óptico até as diferentes áreas cerebrais.

Disciplina Corpo Humano e Saúde: Uma Visão Integrada - Módulo 1

Existem dois tipos de fotorreceptores: os cones e os bastonetes. Os bastonetes apresentam uma maior concentração de fotorpigmento, o que os torna mais sensíveis à luz. De fato, na visão por contraste (escotópica), os bastonetes são os responsáveis pela detecção de luz, e os cones, pela visão em cores (fotópica). Outra diferença entre estes fotorreceptores é que os bastonetes apresentam apenas um tipo de fotorpigmento, ao passo que, os cones apresentam três tipos (com sensibilidades distintas a comprimentos de onda específicos, verde, vermelho e azul). Nos bastonetes, o fotorpigmento é a rodopsina, que absorve a luz de comprimento de onda em torno de 495nm. Os cones apresentam pigmentos diferentes, capazes de absorver a luz azul (comprimento de onda em torno de 420nm), verde (comprimento de onda em torno de 530nm) ou vermelha (comprimento de onda em torno de 560nm).

A região mais especializada, de alta resolução, é a fóvea (porção central da mácula). Isto se deve ao fato de haver um deslocamento lateral das células ganglionares desta região, permitindo que a luz chegue mais facilmente aos fotorreceptores, aumentando a acuidade visual desta região. Outra peculiaridade é que na fóvea só encontramos cones.

As células ganglionares são os neurônios de projeção da retina. Estas células são classificadas conforme sua aparência, conectividade e propriedades eletrofisiológicas. As células ganglionares apresentam campos receptores, cujos tamanhos variam de acordo com a localização na retina. Na fóvea, os campos receptores são pequenos e em regiões periféricas, maiores. A exemplo do que ocorre no sistema somestésico, quanto menor o tamanho do campo receptor, maior a resolução espacial de um estímulo, já que este será analisado por um número maior de neurônios centrais.

Vias visuais

A retina coleta e integra inicialmente as informações visuais, enviando-as a seguir para processamento no cérebro através do nervo óptico. Este é formado por axônios das células ganglionares da retina que cruzam parcialmente a linha média ao nível do **quiasma óptico**. Axônios da retina nasal cruzam para o lado oposto do cérebro, enquanto axônios da retina temporal ultrapassam o quiasma e permanecem do mesmo lado do cérebro.

Disciplina Corpo Humano e Saúde: Uma Visão Integrada - Módulo 1

Os axônios após o quiasma constituem o trato óptico. Assim, o trato óptico esquerdo contém os axônios da retina temporal esquerda mais os axônios da retina nasal direita (hemicampo visual direito), ao passo que o trato óptico direito é composto por axônios da retina temporal direita e por axônios da retina nasal esquerda (hemicampo visual esquerdo). Portanto, são os tratos ópticos esquerdo e direito que carregam uma representação completa dos hemicampos visuais direito e esquerdo, respectivamente.

Os axônios do trato óptico fazem sinapses no núcleo geniculado lateral dorsal do tálamo. Os axônios deste núcleo por sua vez se projetam, através da radiação óptica, para o córtex visual primário (área 17 de Brodmann ou córtex estriado) (Figura 9.7). Além desta projeção retino-geniculo-estriada, células ganglionares da retina projetam-se para estruturas mesencefálicas como o colículo superior, os núcleos pré-tectais e o núcleo supraquiasmático (hipotálamo) relacionados com movimentos conjugados dos olhos, os **reflexos pupilares** e o **ritmo circadiano**, respectivamente.

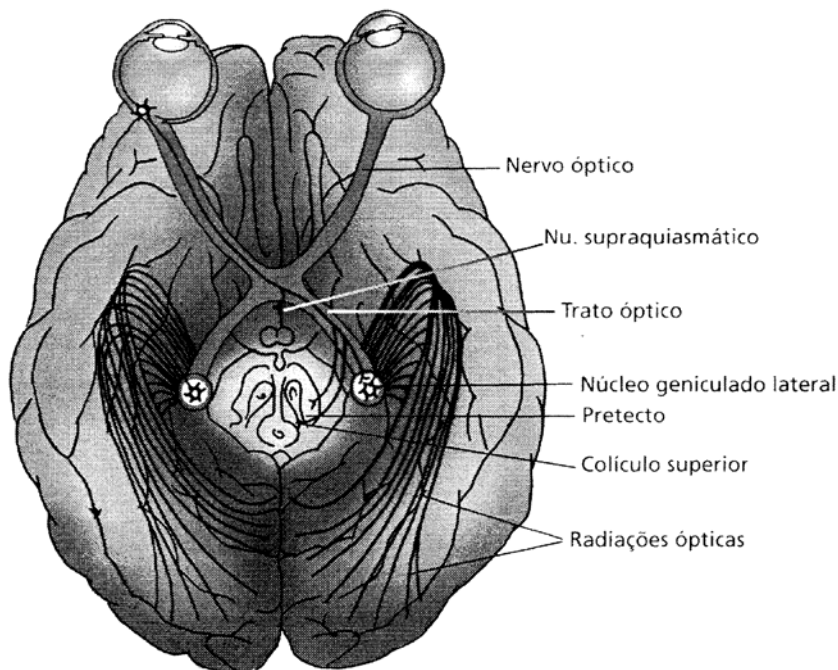


Figura 9.7: Vias visuais desde a retina, passando pelo quiasma óptico, trato óptico, tálamo, radiações visuais e córtex.

RESUMO

Os sistemas sensoriais se apresentam como uma via que carrega informações do meio externo (periferia) para o SNC. Os cones e bastonetes, receptores sensoriais do sistema visual, estão localizados na retina. Estas células são capazes de captar a energia luminosa e transformá-la em impulsos elétricos que são propagados até o nosso córtex (passando por níveis intermediários de processamento), para que sejam decodificados e compreendidos. Os estímulos visuais convergem para o córtex visual primário, ou V1, localizado no lobo occipital, e daí partem para outras áreas corticais encarregadas do processamento de atributos específicos da visão (cor, movimento, contraste etc).

Texto de:

Alfred Sholl-Franco

Adaptador por:

Roberta F. Ribeiro Rolando