



SISTEMA FOTORRECEPTOR

curso • **Histologia**

GLOBO OCULAR

Os olhos são órgãos fotossensíveis complexos que possibilitam uma análise quanto à forma dos objetos, cor e a intensidade de luz refletida. Cada olho fica dentro de uma caixa óssea protetora - a órbita - e apresenta basicamente uma câmara escura, uma camada de células receptoras sensoriais, um sistema de lentes para focalizar a imagem e um sistema de células para iniciar o processamento dos estímulos enviá-los ao córtex cerebral.

O olho possui três túnicas:

1. Camada externa: esclera (ou esclerótica) e córnea;
2. Camada média (túnica vascular): coróide, corpo ciliar e íris;
3. Camada interna ou retina, que se comunica com o cérebro pelo nervo óptico;

Na realidade, a retina e o nervo óptico são partes do sistema nervoso central, tanto por suas estruturas como por suas funções e origens embriológicas. Além desses envoltórios, o olho apresenta o cristalino ou lente, uma estrutura biconvexa transparente que é mantida em posição graças a zônula ciliar, um ligamento que se insere sobre um espessamento da camada média. Em frente ao cristalino há uma expansão pigmentada e opaca da camada média, que recobre, em parte, a íris.

O olho possui três compartimentos (1) a câmara anterior, situada entre a íris e a córnea; (2) a câmara posterior, entre a íris e o cristalino; e (3) o espaço vítreo, situado atrás do cristalino e circundado pela retina. Na câmara anterior e na posterior existe um líquido que contém proteínas: o humor aquoso. O espaço vítreo, que é limitado pela retina e pelo cristalino, apresenta-se cheio de uma substância viscosa e gelatinosa, o corpo vítreo.



CAMADA EXTERNA OU TÚNICA FIBROSA

Apresenta-se opaca e esbranquiçada em grande parte do seu território, na região denominada esclera. É formada por tecido conjuntivo rico em fibras colágenas que se entrecruzam. A superfície externa da esclera apresenta-se envolta por uma camada de tecido conjuntivo denso - a cápsula de Tenon à qual se prende por um sistema muito frouxo de fibras colágenas que correm dentro de um espaço chamado espaço de Tenon. Graças a essa disposição, o globo ocular pode sofrer movimentos de rotação em todas as direções.

Entre a esclera e a coroide encontra-se a lâmina supracoróideia, uma camada de tecido conjuntivo frouxo, rica em células que contêm melanina, em fibroblastos e fibras elásticas. Em um pequeno trecho, localizado anteriormente, a túnica fibrosa apresenta-se transparente e recebe o nome de córnea.

CÓRNEA

Um corte transversal da córnea distinguem-se cinco regiões: epitélio anterior, membrana de Bowman, estroma, membrana de Descemet e epitélio posterior ou endotélio.

O epitélio corneano anterior é estratificado pavimentoso não queratinizado, contém numerosas terminações nervosas livres, o que explica a sensibilidade da córnea. Habitualmente são observadas mitoses na camada basal do epitélio. As células mais superficiais desse epitélio apresentam microvilos mergulhados em um fluido protetor que contém lipídios e glicoproteínas. Abaixo do epitélio e de sua membrana basal observa-se uma camada homogênea constituída por delgadas fibras colágenas cruzadas, a membrana de Bowman. Uma formação de grande resistência, contribuindo para reforçar a estrutura da córnea.

O estroma da córnea apresenta-se constituído por múltiplas camadas de fibras colágenas. Cada camada apresenta fibras orientadas paralelamente e diversos fibroblastos. Observam-se também, com frequência, leucócitos, principalmente linfócitos, migrando no estroma corneano, que é avascular. A membrana de



Descemet é uma estrutura constituída de fibrilas colágenas organizadas como uma rede tridimensional.

LIMBO

É a zona de transição da córnea, que é transparente, para a esclera. O colágeno da córnea de homogêneo e transparente transforma-se em fibroso e opaco. Essa zona é altamente vascularizada, atuando em processos inflamatórios da córnea.

Observação: como a córnea é uma estrutura avascular e sua nutrição se dá pela difusão de metabólitos dos vasos sanguíneos e do fluido da câmara anterior do olho.

Nota-se também no estroma um canal de contorno irregular, revestido por endotélio, que circunda o limbo, o denominado canal de Schlemm. Nesse canal, o humor aquoso produzido nos processos ciliares é drenado para o sistema venoso. Isso é possível em razão de um sistema de espaços em labirinto. O epitélio corneano, nessa região, transforma-se gradualmente no epitélio da conjuntiva.

Quando ocorre defeito no fluxo do humor aquoso, por obstrução dos canais encontrados no ângulo iridiano, aumenta a pressão intraocular; esta afecção é denominada glaucoma.

CAMADA MÉDIA OU TÚNICA VASCULAR:

Constituída por três regiões, que vistas da parte mais posterior para a mais anterior são: coroide, o corpo ciliar e a íris.

Coroide: camada rica em vasos sanguíneos, e, por isso chamada de túnica vascular. Entre os vasos observa-se um tecido conjuntivo frouxo. É frequente a presença de células contendo melanina, que conferem cor escura a essa



camada. A porção mais interna da coroide é especialmente rica em capilares sanguíneos, recebendo o nome de região coriocapilar. Essa região é importante na nutrição da retina, e, é separada dessa por uma membrana hialina, chamada **Membrana de Bruch**.

O **corpo ciliar** é uma dilatação da coroide na altura do cristalino. Tem aspecto de um anel espesso, contínuo, revestindo a superfície interna da esclera. Apresenta contornos irregulares, formando saliências, que recebem o nome de processos ciliares. Formada basicamente por tecido conjuntivo próximo ao músculo ciliar.

Esse músculo é constituído por três feixes de fibras musculares lisas que se inserem de um lado na esclera e, do outro, em diferentes regiões do corpo ciliar. Um desses feixes tem a função de distender a coroide, enquanto o outro, quando contraído, relaxa a tensão do cristalino. Essas contrações musculares são importantes no mecanismo de acomodação visual para focalizar objetos situados em diferentes distâncias. As faces do corpo ciliar são revestidas por um prolongamento da retina, constituído por duas camadas celulares, uma que se liga ao corpo ciliar e outra que recobre a primeira camada.

A camada diretamente aderente ao corpo ciliar é formada por células colunares ricas em melanina. A segunda camada, que cobre a primeira, é derivada de uma região sensorial e formada por epitélio simples colunar.

Os processos ciliares são extensões de uma das faces do corpo ciliar. São formados por um eixo conjuntivo recoberto por camada dupla de células epiteliais. A camada externa não possui pigmento, enquanto a camada interna é constituída por células com melanina. Essas estruturas são importantes na produção do humor aquoso.

A **íris** é um prolongamento da coroide que cobre parte do cristalino, possui um orifício circular central, a pupila. A face anterior da íris é irregular e revestida por epitélio pavimentoso simples, continuação do endotélio da córnea. Segue-se um tecido conjuntivo pouco vascularizado, com poucas fibras e grande



quantidade de fibroblastos e células pigmentares, seguido, por sua vez, de uma camada rica em vasos sanguíneos, imersos em um tecido conjuntivo frouxo. A íris é coberta, na sua superfície posterior (lisa), pela mesma camada epitelial dupla que recobre o corpo ciliar e seus processos. Nessa região, entretanto, a camada é rica em melanina.

A abundância de melanina nas várias porções do olho tem como função principal impedir a entrada de raios luminosos, com exceção dos que vão formar a imagem na retina. Os melanócitos da íris influenciam na cor da íris. Quando a pessoa tem poucas células pigmentares na íris, a luz refletida aparece como azul, devido à absorção do seu componente vermelho durante o trajeto iridiano. À medida que maiores quantidades de melanina se acumulam no trajeto, a cor da íris vai escurecendo.

Feixes de fibras musculares lisas que se originam do músculo ciliar e prosseguem em direção radial para as bordas da pupila se bifurcam, formando um Y de haste alongada. Seus ramos se entrelaçam, formando um anel muscular com fibras circulares, o **esfíncter da pupila**. As hastes alongadas formam o **músculo dilatador da pupila**, que tem uma ação oposta à do esfíncter.

CRISTALINO

Fibras do cristalino: citoplasma com poucas organelas e levemente corado. Suas fibras são unidas por desmossomos.

Cápsula do cristalino: apresenta-se como um revestimento acelular homogêneo, hialino e espesso na face anterior do cristalino. É uma formação muito elástica, constituída principalmente por colágeno tipo IV e glicoproteínas.



Epitélio subcapsular: é formado por uma única camada de células epiteliais cuboides, onde se originam as fibras responsáveis pelo aumento gradual do cristalino durante o processo de crescimento do globo ocular.

O cristalino é mantido em posição por um sistema de fibras orientadas radialmente, chamado zônula ciliar. Esse sistema de fibras é importante no processo de acomodação, que possibilita focalizar objetos próximos e distantes, o que se faz por mudança na curvatura do cristalino. Em resumo, quando o olho está em repouso ou focalizando objetos distantes, o cristalino é mantido tracionado pela zônula ciliar. Quando, entretanto, se focaliza um objeto próximo, o músculo ciliar se contrai, promovendo um deslocamento da coroide e do corpo ciliar na direção da região anterior do olho.

CORPO VÍTREO

O corpo vítreo ocupa a cavidade do olho que se situa atrás do cristalino. Tem aspecto de gel claro, transparente, com raras fibrilas de colágeno. Seus componentes principais são água e glicosaminoglicanos altamente hidrofílicos, com destaque para o ácido hialurônico. Contém poucas células, que participam da síntese do material extracelular.

RETINA

A retina origina-se de uma evaginação do diencéfalo, formando uma estrutura de paredes duplas, o **cálice óptico**. A parede mais externa dá origem a uma camada constituída de epitélio cúbico simples com células ricas em pigmento, o epitélio pigmentar da retina. A camada pigmentar da retina adere fortemente à coroide. A região basal dessas células se prende fortemente à membrana de Bruch; apresenta invaginações da membrana plasmática e muitas mitocôndrias, o que sugere forte atividade de transporte iônico. O ápice celular apresenta dois



tipos de prolongamentos: microvilos e bainhas cilíndricas que envolvem a extremidade dos fotorreceptores.

O citoplasma das células pigmentares contém abundante retículo endoplasmático liso, o que tem sido relacionado com os processos de transporte e esterificação da vitamina A, que será usada pelos fotorreceptores. As células pigmentares sintetizam melanina, que se acumula sob a forma de grânulos.

Os **cones e bastonetes** são células com dois polos, cujo um único dendrito é fotossensível, enquanto o outro polo forma sinapse com outras células bipolares. Os prolongamentos fotossensíveis assumem a forma de cone ou de bastonete, daí os nomes dados a essas células. Tanto os cones como os bastonetes atravessam uma estrutura homogênea, a membrana limitante externa, formada por uma série de complexos juncionais entre as células fotorreceptoras e as células de Muller.

- Os **bastonetes** são finos, alongados e constituídos por uma parte externa formada por microvesículas achatadas, separado do restante da célula por uma constricção, do qual se origina um cílio. Enquanto a parte interna é rico em glicogênio e proteínas, sendo assim, um local de síntese de proteínas. Os bastonetes são extremamente sensíveis à luz, e por isso, considerados os principais receptores para baixos níveis de iluminação, porém possibilitam uma visão menos precisa.
- Já os **cones** são células alongadas, corpo basal com cílio e acúmulo de mitocôndrias. A sua porção externa possui uma série de discos empilhados, elementos de percepção da luz em intensidade normal e possibilitam grande acuidade visual.

Os discos migram, gradualmente, para a extremidade dos bastonetes, onde se despregam, sendo fagocitados e digeridos pelas células do epitélio pigmentar. Nos cones, a formação de novos discos se restringe ao período de crescimento.



VISÃO E FORMAÇÃO DA IMAGEM

Após atravessar várias camadas da retina os raios luminosos alcançam os cones e bastonetes, iniciando o processo visual. Este processo é extraordinariamente sensível, porque um fóton é suficiente para desencadear a produção de potenciais elétricos no bastonete. Admite-se que a luz haja promovendo a descoloração dos pigmentos visuais. Esse processo fotoquímico causa potenciais de membrana que são transmitidos pelo nervo óptico até o cérebro, se dá a percepção visual. O pigmento visual inicialmente descolorado é restaurado, e o processo pode iniciar-se novamente.

Os pigmentos visuais se localizam nas vesículas dos cones e bastonetes e são constituídos pelo retineno, um derivado da vitamina A ligado a proteínas específicas. Em humanos, os cones contêm três pigmentos diferentes, base química para a teoria tricolor da visão em cores. Acúmulos de mitocôndrias, perto da porção fotossensitiva dos cones e bastonetes, indicam que o processo consome muita energia.

Na camada das células fotossensíveis a vascularização é praticamente inexistente. Admite-se que essa vascularização deficiente explique o predomínio do metabolismo glicolítico na retina. Além disso, a observação clínica da retina lesionada no deslocamento indica que a maior parte de seus nutrientes provém da camada coriocapilar, difundindo-se até a camada das células fotossensíveis.

A fóvea é uma pequena região situada no eixo óptico da retina, onde a visão tem maior nitidez, se apresenta como uma depressão rasa, devido a um afastamento das células bipolares e ganglionares para a periferia, com o centro da fóvea constituído apenas por cones. Na fóvea, portanto, a luz atinge as células fotorreceptoras diretamente, sem ter de passar por outras camadas da retina, o que contribui para a nitidez da imagem lá formada. A luz não absorvida pelos cones e bastonetes é absorvida pelo pigmento do epitélio e pela coroide.



A informação recebida pelos receptores é selecionada e agrupada, durante o seu trajeto, pelas células da própria retina. Essas células codificam e integram a informação fornecida pelos fotorreceptores, enviando-as ao córtex cerebral. A retina é, portanto, uma estrutura receptora e integradora.

ESTRUTURAS ACESSÓRIAS DO OLHO

- **Conjuntiva:** membrana mucosa que reveste a parte anterior da esclerótica e a superfície interna das pálpebras. O epitélio da conjuntiva é estratificado prismático e sua lâmina própria é de tecido conjuntivo frouxo.
- **Pálpebras:** dobras flexíveis de tecidos, que protegem o globo ocular. É constituído por pele, ou seja, epitélio estratificado pavimentoso queratinizado e tecido conjuntivo frouxo. Possuem ainda feixes de músculos estriados que formam o músculo orbicular do olho. Além de um espessamento de tecido conjuntivo denso na extremidade das pálpebras, a placa palpebral (tarso), cujo interior também estão as glândulas sebáceas (de Meibomius ou tarsais). Finalmente, existe uma camada mucosa, constituída por epitélio prismático e tecido conjuntivo frouxo.
- **Glândulas lacrimais:** glândulas serosas do tipo túbulo alveolar composto, sendo o canal formado pela confluência de conjuntivas. A sua porção secretora é envolvida por células mioepiteliais. Essas glândulas produzem uma secreção salina, um fluido pobre em proteínas e que contém uma única enzima, a lisozima, que digere a cápsula de certas bactérias. A secreção lacrimal dirige-se para as carúnculas lacrimais, e, nessa região, penetra em um sistema de ductos lacrimais, revestidos por epitélio pavimentoso estratificado não queratinizado, que desembocam no meato nasal inferior.
- **Interno:** glicogênio e muitas mitocôndrias, local de síntese de proteínas.

