

Oftalmologia e Otorrinolaringologia

Capítulo 8

Edição VII

ANATOMIA OCULAR

ANA CLARICE MARQUES CARNEIRO¹
ANDRÉ GONÇALVES REZENDE¹
ANNE GABRIELA SILVA BATISTA¹
ANTONIO DAVID SOUSA SILVA¹
DARA GABRIELA MACEDO SILVA¹
ESTER CUNHA DA SILVA¹
FERNANDA ALVES MADARÁS¹
JORDAN VICENTINI ROBERTO¹
LETÍCIA AYUMI IMAI¹
MARCO ANTONIO ALVES DE SANTANA¹
MARCIO VICENTE FERREIRA²

1. Discente – Medicina na Faculdade de Medicina Santo Amaro.

2. Docente – Departamento de Medicina na Faculdade de Medicina Santo Amaro.

Palavras-chave: Anatomia; Olho; Anatomia Ocular.

INTRODUÇÃO

A anatomia ocular constitui um sistema integrado composto pela órbita, pálpebras, bulbo ocular, músculos extrínsecos e anexos, cuja função primordial é possibilitar a visão. A órbita, uma cavidade óssea formada por sete ossos (frontal, zigomático, maxilar, nasal, esfenóide, etmoide e lacrimal), protege o bulbo e suas estruturas acessórias. As pálpebras e o aparelho lacrimal atuam conjuntamente na proteção mecânica contra detritos e luz excessiva, além de manterem a lubrificação constante da córnea através do piscar e da distribuição do filme lacrimal sobre a conjuntiva.

O bulbo ocular abriga o aparelho óptico e divide-se em três túnicas: a fibrosa (esclera e córnea), que confere forma e resistência; a vascular (coróide, corpo ciliar e íris), responsável pela nutrição, regulação da luz e acomodação; e a interna (retina), onde ocorre a fototransdução e formação da imagem. O interior do bulbo contém os meios transparentes (humor aquoso, cristalino e humor vítreo) essenciais para a refração e condução da luz.

A mobilidade ocular é regida pelos músculos extrínsecos (levantador da pálpebra, retos e oblíquos), que permitem movimentos nos três eixos espaciais. A inervação é mista: o nervo óptico (II) é puramente sensitivo, conduzindo impulsos visuais ao cérebro; já os nervos oculomotor (III), troclear (IV) e abducente (VI) são motores, controlando a musculatura extrínseca. O nervo oculomotor também transporta fibras parassimpáticas para a constrição pupilar e acomodação do cristalino.

A vascularização arterial provém majoritariamente da artéria oftálmica (ramo da carótida interna) e suas ramificações (como a central da retina e as ciliares), garantindo o suprimento de oxigênio e nutrientes. A drenagem venosa é re-

alizada pelas veias oftálmicas superior e inferior, fundamentais para a manutenção da pressão intraocular e remoção de metabólitos (DALLEY & AGUR, 2024).

Nos tópicos subsequentes, serão detalhadas as estruturas do bulbo ocular e seus anexos, enfatizando a anatomia, correlação clínica e relevância funcional.

ESCLERA E CÓRNEA

A túnica fibrosa do bulbo ocular é composta por duas estruturas distintas: a córnea e a esclera. A córnea, localizada anteriormente, é transparente e altamente especializada para permitir a passagem e a refração da luz. A esclera, por sua vez, é opaca e resistente, compondo a maior parte da parede do olho e servindo como ponto de inserção para os músculos extrínsecos oculares (KANSKI & BOWLING, 2016).

A córnea é a principal estrutura responsável pela refração da luz que penetra no olho, contribuindo com aproximadamente dois terços do poder refrativo ocular. Trata-se de uma estrutura avascular, altamente inervada e composta por tecido conjuntivo organizado de forma a garantir sua transparência (ROSS & PAWLINA, 2016).

Morfometricamente, a córnea apresenta diâmetro horizontal de 11 a 12 mm e vertical de 10 a 11 mm. Sua espessura varia de 0,5 mm no centro a 1 mm na periferia. Sua curvatura é mais acentuada que a da esclera, o que favorece sua função óptica (DALLEY & AGUR, 2024).

A estrutura da córnea é composta por cinco camadas principais, de anterior para posterior (ROSS & PAWLINA, 2016):

- Epitélio corneano: epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado, com 5 a 6 camadas celulares.

- Membrana de Bowman: camada acelular de colágeno denso, que oferece resistência a traumas.

- Estroma: representa cerca de 90% da espessura da córnea; contém lamelas de colágeno organizadas e queratinócitos.

- Membrana de Descemet: membrana basal do endotélio, cuja espessura aumenta com a idade.

- Endotélio corneano: epitélio simples pavimentoso; atua como bomba iônica, mantendo a córnea desidratada e transparente.

A córnea possui inervação densa proveniente do ramo oftálmico do nervo trigêmeo (V1), tornando-a extremamente sensível. Sua nutrição é suprida pelo humor aquoso, pelo filme lacrimal e pelos capilares do limbo corneano.

A esclera constitui cinco sextos da túnica fibrosa ocular. É formada por tecido conjuntivo denso e opaco, com fibras colágenas pouco organizadas. Sua função primordial é conferir proteção e manter a forma do globo ocular (DALLEY & AGUR, 2024). A esclera é formada por três camadas (SNELL & LEMP, 1998):

1. Epiesclera: camada superficial, frouxa e vascularizada.

2. Estroma escleral: camada intermediária, densa e rica em colágeno.

3. Lâmina fusca: camada mais interna, pigmentada, em contato direto com a coroide.

A esclera possui vascularização menos abundante que outras estruturas oculares, recebendo ramos das artérias ciliares anteriores e posteriores. Sua inervação é realizada por ramos do nervo trigêmeo (KANSKI & BOWLING, 2016). Anteriormente, a esclera continua-se com a córnea na região do limbo esclerocorneano. Posteriormente, funde-se com a bainha dural do nervo óptico. É atravessada por vasos e nervos, sendo a região posterior perfurada pela lâmina crivosa (DALLEY & AGUR, 2024).

ÍRIS, CORPO CILIAR E PUPILA

A íris é uma estrutura anatômica circular e pigmentada, responsável pela coloração ocular e pela regulação da quantidade de luz que atinge a retina através do controle pupilar. Anatomicamente, é delimitada anteriormente pela córnea e posteriormente pelo cristalino, servindo como marco divisório entre as câmaras anterior e posterior do olho. Compõe o trato uveal juntamente com o corpo ciliar e a coroide. A íris divide-se em duas zonas: a zona pupilar (borda da pupila) e a zona ciliar (periférica e mais espessa).

A coloração da íris é determinada pela densidade de melanina depositada no estroma e no epitélio posterior. Olhos castanhos e pretos possuem alta concentração de melanina, enquanto olhos claros (azuis ou verdes) resultam da escassez desse pigmento e do espalhamento da luz pelo efeito Tyndall. O albinismo, caracterizado pela falta de pigmentação, torna a íris avermelhada devido ao reflexo vascular (DAVIS-SILBERMAN & ASHERY-PADAN, 2008; MCDUGAL & GAMLIN, 2015; HALL & HALL, 2021; DALLEY & AGUR, 2024).

A pupila é a abertura central da íris, atuando como um diafragma óptico (diâmetro variável de 2 a 8 mm). Seus movimentos são controlados autonomamente por dois músculos intrínsecos da íris:

- Músculo esfíncter da pupila: fibras circulares inervadas pelo sistema parassimpático (Nervo Oculomotor/NC III, núcleo de Edinger-Westphal), responsável pela miose (contração) em resposta à luz ou acomodação.

- Músculo dilatador da pupila: fibras radiais inervadas pelo sistema simpático (tronco simpático cervical), responsável pela midríase (dilatação) em ambientes escuros ou situações de estresse (MCDUGAL & GAMLIN, 2015; SZABADI, 2018; SPITSCHAN, 2019; HALL & HALL, 2021; DALLEY & AGUR, 2024).

A irrigação da íris é suprida pelas artérias ciliares (anteriores e posteriores) que formam o círculo arterial maior da íris. A drenagem venosa ocorre pelas veias ciliares anteriores em direção às veias vorticosas. Alterações pupilares são clinicamente relevantes, como a anisocoria (assimetria), a pupila de Argyll Robertson (comum na neurosífilis) e a pupila tônica de Adie (BRASILEIRO FILHO, 2021; PORTO, 2019; HALL & HALL, 2021).

O corpo ciliar localiza-se entre a íris e a coroide, formando um anel ao redor do cristalino. Classifica-se em duas divisões:

- Pars plicata (Corona ciliaris): região anterior com processos ciliares ricos em capilares, responsáveis pela secreção do humor aquoso.
- Pars plana (Orbicular ciliaris): porção posterior lisa que se estende até a ora serrata, sendo local de acesso cirúrgico (vitrectomia).

O músculo ciliar, composto por fibras longitudinais, radiais e circulares, atua na acomodação do cristalino. Inervado pelo nervo oculomotor (parassimpático), sua contração relaxa as fibras zonulares, permitindo o arredondamento do cristalino para a visão de perto. O corpo ciliar é fundamental para a produção do humor aquoso, manutenção da pressão intraocular e imunidade local (LOU *et al.*, 2022; KNAUS *et al.*, 2021; CIVAN & MACKNIGHT, 2004; KIEL *et al.*, 2011; PORTO, 2019; HALL & HALL, 2021; DALLEY & AGUR, 2024).

Portanto, íris, pupila e corpo ciliar formam um sistema integrado essencial à homeostase ocular, regulando a entrada de luz e a focalização, além de manter a pressão intraocular, cuja desregulação está associada ao glaucoma.

LENTE CRISTALINA (CRISTALINO)

O cristalino é uma estrutura biconvexa, transparente e avascular localizada atrás da íris e à frente do humor vítreo. Juntamente com a

córnea, compõe o sistema refrativo do olho (GHOSH & KOCH, 2023). Sua principal função é a acomodação visual, alterando seu formato para focalizar objetos a diferentes distâncias (DALLEY & AGUR, 2024).

Anatomicamente, é envolto por uma cápsula elástica de colágeno. O epitélio subcapsular anterior produz fibras que se organizam concentricamente, garantindo transparência (ROSS & PAWLINA, 2016). A acomodação ocorre pela interação com o músculo ciliar: a contração muscular relaxa a zônula de Zinn, tornando o cristalino mais esférico (visão de perto); o relaxamento muscular tenciona a zônula, achatando a lente (visão de longe) (GHOSH & KOCH, 2023; DALLEY & AGUR, 2024). O envelhecimento leva à perda de flexibilidade (presbiopia) e opacificação (catarata).

COROIDE E VASCULARIZAÇÃO OCULAR

A coroide é um tecido conjuntivo vascular esponjoso localizado entre a retina e a esclera. É a estrutura mais vascularizada do olho, responsável por nutrir a retina externa. Sua espessura (cerca de 200 µm ao nascimento) diminui com o envelhecimento e varia com o comprimento axial do olho, sendo mais fina em olhos míopes e mais espessa em hipermetropes (ZHANG *et al.*, 2024; LEJOYEUX *et al.*, 2022).

Divide-se em cinco camadas: membrana de Bruch, coriocapilar (capilares fenestrados), camada de Sattler (vasos médios), camada de Haller (vasos grandes) e supracoroidal. A região submacular apresenta maior densidade vascular que a periferia.

A vascularização arterial da órbita provém principalmente da artéria oftálmica (ramo da carótida interna). Seus ramos incluem a artéria

central da retina (penetra o nervo óptico), artéria lacrimal, e as artérias ciliares (posteriores longas, curtas e anteriores). As artérias ciliares suprem a coroide, os músculos extrínsecos e o círculo arterial maior da íris (VAUGHAN & ASBURY, 2018).

A drenagem venosa é realizada pelas veias oftálmicas superior e inferior, que drenam as veias vorticosas, ciliares e central da retina, comunicando-se com o seio cavernoso e o plexo pterigoideo. A veia oftálmica superior forma-se pela união das veias supraorbital e supratrocLEAR (HAYREH, 2006).

MÚSCULOS EXTRAOCULARES E MOVIMENTAÇÃO

Os músculos extraoculares garantem a mobilidade do globo ocular. Sete músculos principais compõem este grupo. No ápice da órbita, encontra-se o anel tendíneo comum (anel de Zinn), estrutura fibrosa que circunda o canal óptico e serve de origem para os quatro músculos retos (HAŁADAJ, 2019). O anel também é atravessado pelo nervo óptico, artéria oftálmica e ramos dos nervos III e VI.

O bulbo ocular movimenta-se em três eixos (DALLEY & AGUR, 2024):

- Vertical: adução e abdução.
- Transversal: elevação e abaixamento.
- Anteroposterior: rotação medial (intorsão) e lateral (extorsão).

Músculo levantador da pálpebra superior (LPS): origina-se na asa menor do esfenóide, acima do anel de Zinn. Insere-se no tarso superior e na pele da pálpebra, sendo responsável pela elevação palpebral (HAŁADAJ, 2019).

Músculos retos (superior, inferior, medial e lateral): originam-se no anel de Zinn e inserem-se na esclera anterior. Seus comprimentos variam, sendo os retos laterais e superiores geralmente mais longos (VILLARREAL-SILVA *et*

al., 2013). Realizam movimentos primários de elevação, abaixamento, adução e abdução, respectivamente (DALLEY & AGUR, 2024).

Músculos oblíquos:

- Oblíquo superior: origina-se no corpo do esfenóide, passa pela tróclea e insere-se na esclera posterolateral superior. Realiza primariamente intorsão e abaixamento (ABDELHADY *et al.*, 2019).

- Oblíquo inferior: origina-se no assoalho da órbita (único fora do ápice) e insere-se na esclera posterolateral inferior, realizando extorsão e elevação (SHUMWAY & WADE, 2019; HALL & HALL, 2021).

INERVAÇÃO

A inervação motora dos músculos extraoculares é provida pelos nervos cranianos III, IV e VI.

- Nervo oculomotor (NC III): divide-se em ramo superior (inerva o reto superior e o levantador da pálpebra) e ramo inferior (inerva o reto medial, reto inferior e oblíquo inferior).

- Nervo troclear (NC IV): inerva exclusivamente o músculo oblíquo superior.

- Nervo abducente (NC VI): inerva exclusivamente o músculo reto lateral, penetrando sua face medial.

Esses nervos formam o "plexo terminal" ao se ramificarem nos ventres musculares (ABDELHADY *et al.*, 2019).

HUMOR VÍTREO E AQUOSO

Os meios intraoculares mantêm a pressão interna e a forma do globo.

- Humor aquoso: fluido transparente produzido ativamente pelo epitélio ciliar (via transporte de íons sódio e bicarbonato). Circula da câmara posterior, através da pupila, para a câmara anterior. É drenado via malha trabecular

para o Canal de Schlemm e veias aquosas. O equilíbrio entre produção e drenagem regula a pressão intraocular (PIO); obstruções nesse fluxo causam glaucoma (CIVAN & MACK-NIGHT, 2004; HALL & HALL, 2021; DALLEY & AGUR, 2024).

- Humor vítreo: substância gelatinosa (água e proteoglicanos) na câmara vítrea. Sustenta a retina e o cristalino. Patologias como hemorragias e descolamentos vítreos podem exigir intervenção cirúrgica (HALL & HALL, 2021; DALLEY & AGUR, 2024).

RETINA E NERVO ÓPTICO

A retina é a camada neurosensorial composta por fotorreceptores (cones e bastonetes) e células gliais. Os cones concentram-se na mácula e captam cores/alta resolução; os bastonetes contêm rodopsina (dependente de vitamina A) e atuam na visão noturna.

A retina possui dez camadas histológicas (KUMAR & KUMAR, 2023):

1. Membrana limitante interna;
2. Camada de fibras nervosas (axônios do nervo óptico);
3. Camada de células ganglionares;
4. Camada plexiforme interna;
5. Camada nuclear interna;
6. Camada plexiforme externa;
7. Camada nuclear externa;
8. Membrana limitante externa;
9. Camada de fotorreceptores;
10. Epitélio pigmentar da retina (EPR).

A mácula é a área de maior acuidade, rica em luteína e zeaxantina. O nervo óptico (NC II), formado pelos axônios das células ganglionares, conduz o estímulo visual ao cérebro. Revestido por meninges, divide-se em porções intraocular, intraorbital, intracanalicular e intracraniana. É irrigado pelas artérias ciliares posteriores curtas (DALLEY & AGUR, 2024; WEBER & McCULLOCH, 2004).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELHADY, E. *et al.* Morphological and morphometric study of human extraocular muscles and their neurovascular supply. *Folia Morphologica*, v. 78, p. 131, 2019.
- BRASILEIRO FILHO, G. *Bogliolo: patologia*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.
- CIVAN, M.M. & MACKNIGHT, A.D. The ins and outs of aqueous humour secretion. *Experimental Eye Research*, v. 78, p. 625, 2004. doi: 10.1016/j.exer.2003.09.021.
- DALLEY II, A.F. & AGUR, A.M.R. *Moore: anatomia orientada para a clínica*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2024.
- DAVIS-SILBERMAN, N. & ASHERY-PADAN, R. Iris development in vertebrates: genetic and molecular considerations. *Brain Research*, v. 1192, p. 17, 2008. doi: 10.1016/j.brainres.2007.03.043.
- FOSTER, C.S. & ZHOU, L. Overview of the cornea: structure, function, and development. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, v. 134, p. 7, 2015.
- GHOSH, S. & KOCH, D.D. *Lens anatomy and physiology*. StatPearls, 2023.
- HAŁADAJ, R. Normal anatomy and anomalies of the rectus extraocular muscles in human: a review of the recent data and findings. *BioMed Research International*, v. 2019, 2019. doi: 10.1155/2019/8909162
- HALL, J.E. & HALL, M.E. *Guyton & Hall: tratado de fisiologia médica*. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.
- HAYREH, S.S. Orbital vascular anatomy. *Eye*, v. 20, p. 1130, 2006. doi: 10.1038/sj.eye.6702377.
- KANSKI, J.J. & BOWLING, B. *Kanski's clinical ophthalmology: a systematic approach*. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- KIEL, J.W. *et al.* Ciliary blood flow and aqueous humor production. *Progress in Retinal and Eye Research*, v. 30, 2011. doi: 10.1016/j.preteyeres.2010.08.001.
- KNAUS, K.R. *et al.* The action of ciliary muscle contraction on accommodation of the lens explored with a 3D model. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, v. 20, p. 879, 2021. doi: 10.1007/s10237-021-01417-9.
- LEJOYEUX, R. *et al.* Choriocapillaris: fundamentals and advancements. *Progress in Retinal and Eye Research*, v. 87, p. 100997, 2022. doi: 10.1016/j.preteyeres.2021.100997.
- LOU, B. *et al.* A single-cell transcriptomic atlas of the human ciliary body. *Cellular and Molecular Life Sciences*, v. 79, p. 528, 2022. doi: 10.1007/s00018-022-04559-w.
- MCDUGAL, D.H. & GAMLIN, P.D. Autonomic control of the eye. *Comprehensive Physiology*, v. 5, p. 439, 2015. doi: 10.1002/cphy.c140014.
- PORTO, C.C. *Semiologia médica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019.
- RADA, J. A. Scleral structure, organisation and disease: a review. *Experimental Eye Research*, v. 78, p. 609, 2004.
- ROSS, M.H. & PAWLINA, W. *Histologia: texto e atlas*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.
- SHUMWAY, C.L. & WADE, M. *Anatomia, cabeça e pescoço, músculos extraoculares do olho*. StatPearls, 2019.
- SNELL, R.S. & LEMP, M.A. *Clinical anatomy of the eye*. 2. ed. Oxford: Blackwell Science, 1998.
- SPITSCHAN, M. Photoreceptor inputs to pupil control. *Journal of Vision*, v. 19, p. 5, 2019. doi: 10.1167/19.9.5.
- SZABADI, E. Functional organization of the sympathetic pathways controlling the pupil: light-inhibited and light-stimulated pathways. *Frontiers in Neurology*, v. 9, p. 1069, 2018. doi: 10.3389/fneur.2018.01069.
- VAUGHAN, D. & ASBURY, T. *General ophthalmology*. 19. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2018.
- VILLARREAL-SILVA, E.E. *et al.* A morphometric study of the extraocular muscles. *International Journal of Morphology*, v. 31, p. 312, 2013. doi: 10.4067/S0717-95022013000100049.
- WEBER, A.J. & McCULLOCH, D.L. A history of the optic nerve and its diseases. *Eye*, v. 18, p. 1149, 2004.
- ZHANG, W. *et al.* The structure and function of the human choroid. *Anatomischer Anzeiger*, v. 254, p. 152239, 2024. doi: 10.1016/j.aanat.2024.152239.