

Figuur 9.18 Bovenanzicht van een schematische horizontale doorsnede van het rechter oog.

met het vaatvlies (choroidea) dat rijk is aan bloedvaten, de pigmentlaag en het netvlies (retina) dat de lichtgevoelige sensoren bevat. Aan de retina kunnen histologisch negen lagen worden onderscheiden waarvan van buiten naar binnen de drie belangrijkste zijn:

- de laag van sensoren, de *staafjes en kegeltjes*;
- de laag van *bipolaire ganglioncellen*;
- de laag van ganglioncellen van de oogzenuw (*n. opticus*).

Om de fotosensoren te bereiken, moeten de lichtstralen dus eerst de beide laatste lagen passeren. Dat is echter niet het geval op de zogenaemde gele vlek (*macula lutea*), de plaats waar de gezichtsas van het oog de retina snijdt. Hier liggen uitsluitend kegeltjes, waarvan de verbindingen met de bipolaire ganglioncellen van hieruit radiaal afbuigen, waardoor als het ware een pijp (*fovea centralis*) ontstaat (zie ook figuur 9.27 op pag. 207). De vezels van de n. opticus begeven zich over het netvlies naar de zogenaemde blinde vlek (*discus nervi optici*), gelegen aan de nasale zijde van de fovea centralis. Hier verlaten de vezels van de n. opticus de oogbol en treden ook de bloedvaten (de a. en v. centralis retinae) in en uit. Op de blinde vlek ontbreken de fotosensoren. De blinde vlekken van beide ogen liggen echter op niet-identieke punten (zie pag. 211) waardoor geen gat in het gezichtsveld ontstaat. Met behulp van figuur 9.19 kan men de blinde vlek eenvoudig aantonen.

De voorzijde van de oogbol wordt nog overdekt door een zeer dun vlies, de *conjunctiva*. Bij een ontsteking hiervan (conjunctivitis) verwijden de haarvaatjes in het vlies zich, waardoor het wit van de sclera schijnbaar achter de rode kleur van de verwijde bloedvaatjes.



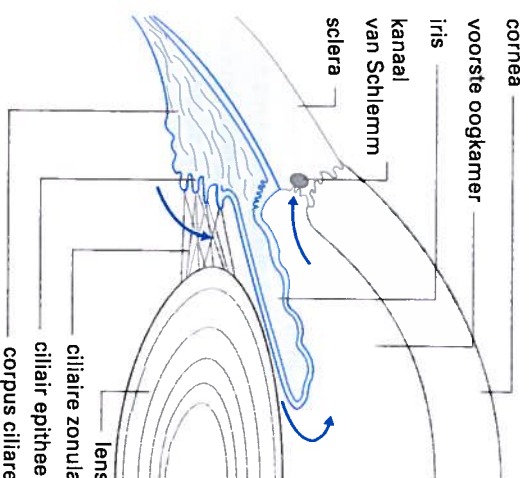
Figuur 9.19 Waarneming van de blinde vlek. Sluit het rechter oog en fixeer met het linker oog en kruisje op leesstand verwijnt de ronde vlek. Op andere afstanden wordt hij weer zichtbaar.



### De druk in het kamervater verleent stevigheid aan de oogbol

In verband met de optische functie moet het oog een zekere stevigheid hebben: om een scherp beeld op de retina te kunnen vormen is een vaste afstand tussen het voorvlak van de cornea en het netvlies noodzakelijk. De stevigheid wordt bereikt doordat in het kamervater een druk van gemiddeld  $2,0 \pm 0,2$  kPa ( $15 \pm 2$  mm Hg) gehandhaafd blijft. Per minuut wordt  $2$  à  $3$   $\mu$ l kamervater geproduceerd; het epitheel van het corpus ciliare en van de achterzijde van de iris is hierbij actief betrokken. De productie berust op een actief transport van  $\text{Na}^+$ -ionen, die onder invloed van de onstane elektrische gradiënt, passief gevolgd wordt door  $\text{Cl}^-$  en  $\text{HCO}_3^-$ . Het hierdoor ontstane osmotisch drukverschil zorgt voor transport van water. Voorts worden actief, of door ondersteunde diffusie, voedingsstoffen meegevoerd, zoals aminozuren, glucose en ascorbinezuur.

Het kamervater stroomt vanuit de achterste oogkamer tussen de ligamenten van de lensophanging door, via de pupilopening naar de voorste oogkamer (figuur 9.20). Het verlaat de voorste oogkamer in de hoek die wordt gevormd door de voorzijde van de iris en de achterzijde van de cornea, waar het door een netwerk van trabeculae draineert naar het kanaal van Schlemm. Dit cirkelvormige kanaal is een dunwandige vene met een endotheel dat demate grote poriën heeft, dat zelfs grote eiwitmoleculen en deeltjes zo groot als erytrocyten de wand kunnen passeren. Het kanaal staat in open verbinding met het veneuze systeem door middel van de zogeheten *watervenen* die het lymfeachtige vocht afvoeren naar de bloedbaan. Behalve voor het handhaven van de oogbaldruk is het kamervater tevens van functioneel belang



Figuur 9.20 Afvoerweg van het door het ciliaire epitheel geproduceerde kamervater.

voor de voeding van de lens en de cornea aangezien geen van beide is voorzien van bloedvaatjes.

Bij een constante kamervaterproductie wordt de druk bepaald door de uitstroomweerstand van de trabeculae en het kanaal van Schlemm. Bij de bovengenoemde gemiddelde druk is de uitstroom gelijk aan de productie. Neemt de productie enigszins toe, dan stijgt de druk, maar neemt ook de afvloed toe (zie intermezzo 9.6).

De stevigheid van de oogbol kan men duidelijk constateren wanneer men bij het gesloten oog met de vingers even op de oogbol drukt. Houdt men dit langere tijd vol, dan zal men bij loslaten eerst enige tijd wazig zien. Door de druk op het oog wordt namelijk de productie geremd en de afvloed vergroet.

### De zuurstofvoorziening van de cornea is dag en nacht gewaarborgd

De cornea bevat geen bloedvaatjes, zodat er geen zuurstofaanbod via de bloedbaan mogelijk is. In het kamervater, aan de binnenzijde van de cornea, heerst een  $\text{P}_{\text{O}_2}$  van circa 6 kPa (50 mm Hg). Aan de buitenzijde van de cornea zorgt, bij geopende ogen, de zuurstofspanning van de buitenlucht (20 kPa, of 150 mm Hg) voor een ruim voldoende zuurstofaanbod. Bij gesloten ogen, zoals in de slaap, is de zuurstofvoorziening van de buitenzijde van de cornea afhankelijk van diffusie via de binnenzijde van de oogleden. Het is daarom zaak contactlenzen, die de diffusie van zuurstof belemmeren, 's nachts te verwijderen.

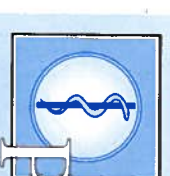
### De transecretie en de lidslagreflex voorkomen uitdroging van de cornea

Uitdroging van de cornea gaat gepaard met vervorming van het oppervlak, waardoor de lichtbreking ernstig wordt verstoord. Om dat te voorkomen wordt de cornea voortdurend vochtig

gehouden door het traanvocht afkomstig van de traanklieren. Deze klieren liggen zijdelings boven de oogbolleten. Door het regelmatig sluiten van het bovenste ooglid (lidslag) wordt het traanvocht over de oogbol verdeeld. Het traanvocht wordt afgevoerd via het traankanaal tussen de binnenste ooghoek en de neushoel. De traanklieren worden parasympathisch geïmmerveerd. Zowel de transecretie als de lidslagbeweging komen reflector tot stand. Door verdamping neemt de osmolariteit van het traanvocht toe en daardoor worden in de conjunctiva aanwezige zenuwuiteinden van de n. ophthalmicus geïrriteerd. Dit leidt tot een toename van de transecretie en tot de *lidslagreflex*: een kortstondige contractie van de sluitspier (m. orbicularis oculi) van het oog, die geïmmerveerd wordt door de n. facialis. De lidslagreflex treedt ook op bij lichte aanraking van de oogbol.

### Scherpe beeldvorming op de retina van voorwerpen in de omgeving wordt reflector geregeld

De lichtstralen die het oog binnentreden passeren verschillende media: cornea, kamervater, lens en corpus vitreum. Bij het normale (*emmetrope*), in rust verkerende, dat wil zeggen in de vertekijkende oog, wordt van de evenwijdig aan de oogas invallende stralen van een voorwerp in de ruimte een zo scherp mogelijk, omgekeerd beeld gevormd op de retina. De verwerking in het centrale zenuwstelsel is echter zodanig dat het voorwerp niet op zijn kop wordt gezien. Door microscopische trillingen van het oog en de niet-optimale brekingseigenschappen laat de scherpte van de afbeelding op de retina te wensen over, maar de beeldvorming wordt aangepast door de neuronale bewerking van de impulsen, zoals door laterale inhibitie.



#### Intermezzo 9.6

### Glaucoom

Wanneer de druk in de oogbol boven een bepaalde kritische waarde ( $3\text{--}4$  kPa =  $20\text{--}30$  mm Hg) stijgt, dreigt bij lang aanhouden verlies van gezichtsvermogen op te treden; dit kan leiden tot blindheid. De axonen van de n. opticus komen, ter plaatse van hun uittredeplaats aan de blinde vlek (discus nervi optici), onder druk te staan waardoor het axonale transport in de microtubuli demate wordt gehinderd dat de zenuwvezels te gronde gaan. Bovendien wordt de bloedstroom ter plaatse van de papilla in gevaar gebracht. Dit leidt tot een plaatselijke ischemische necrose (afsterven door gebrek aan doorbloeding). Bij een verhoogde oogbaldruk spreekt men van groene staar of glaucoom. Bij ontstekingsprocessen in het oog kan de afvoer van kamervater door de ontstekingsproducten ernstig worden belemmerd, waardoor de druk snel stijgt (acutglaucoom). Op oudere leeftijd neemt de weerstand in de afvoer langzaam toe, waarschijnlijk door fibreuze veranderingen in de trabeculae (chronisch glaucoom of glaucoma simplex).