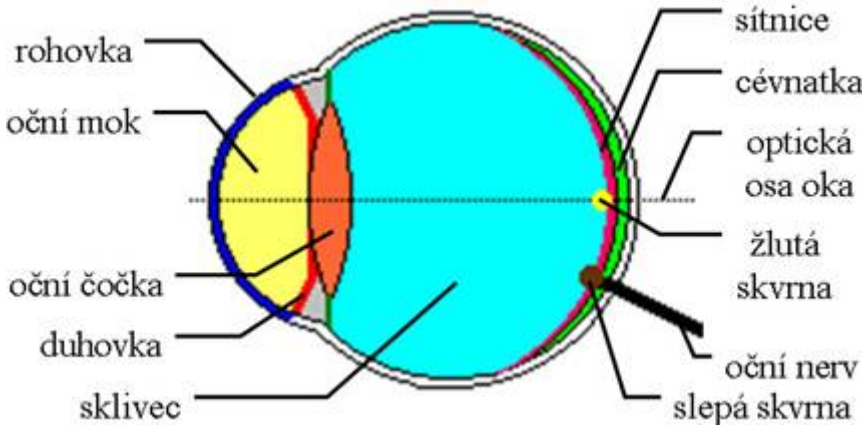
Stavba oka

Z biologického hlediska je oko složitý orgán, jehož zjednodušené schéma je na obr. 121. Na optickém zobrazení se podílejí průhledná prostředí s různým indexem lomu - rohovka, 2 optické plochy oční čočky. K největší změně chodu paprsků dochází na rohovce - tam se rozhoduje o optické mohutnosti oka.

Při vstupu do oka prochází světlo rohovkou a očním mokem. Otvorem duhovky pokračuje do oční čočky, pak prochází sklivcem a dopadá na sítnici.

Duhovka obsahuje barevné pigmenty, které určují barvu oka a zabraňují vstupu velkého množství světla do oka.



Obr. 121

Pohled na oko zobrazený na obr. 121 je horizontální řez, nikoliv vertikální. To znamená, že oční nerv směřuje směrem k nosu.

Základní části lidského oka jsou:

1. oční koule (*bulbus oculi*) - mírně asymetrická koule, jejíž sagitální průměr (průměr oční koule měřený v horizontální rovině procházející středem oka v předozadním směru) je asi 25 mm, transversální průměr je asi 24 mm. Hloubka přední komory, v níž je komorová voda, je 3,5 mm. Mezi komorovou vodou a čočkou je duhovka (iris), sloužící jako clona. Duhovka určuje barvu očí, která je dědičná a závisí na množství pigmentu i jeho uložení v duhovce. Její radiální a kruhová svalová vlákna dokážou měnit průměr otvoru v intervalu od 2 mm do 6 mm v závislosti na dopadajícím světelném toku. Tento otvor se nazývá zornice (zřítelnice, pupilla). Nejčastější průměr zornice bývá 4 mm. Tvar oční koule je udržován tuhou bělimou a nitroočním tlakem (přetlakem) 2 kPa až 3 kPa. S věkem tento tlak mírně stoupá. Stálost nitroočního tlaku udržuje vyrovnaná produkce komorové vody. Pohyb oční koule zabezpečují 3 páry okohybných svalů.
2. bělima (*sclera*) - tuhá, vazivová blána tloušťky 0,3 mm až 1 mm, tvořící 80 % povrchu oční koule. V přední části přechází v průhlednou rohovku.
3. rohovka (*cornea*) - průhledná ve svém středu 0,5 mm silná blána, jejíž průhlednost závisí na jejím stálém zvlhčování. Skládá se z více vrstev, z nichž každá je funkčně nepostradatelná. Rohovka je jedna z velmi citlivých součástí lidského těla. Již nepatrné podráždění cizím tělesem vede k tomu, že oči mhouříme a slzíme. To je způsobeno velkým množstvím nervů, které rohovka obsahuje. Světelný paprsek se po dopadu na ní nejvíce láme při své cestě na sítnici - jedná se totiž o první výrazně hustší prostředí (ve srovnání se vzduchem), kterým světelný paprsek prochází. Rohovka tak vlastně nejvíce ovlivňuje směr šíření světelného paprsku v optickém aparátu oka.

Dále se totiž světelný paprsek šíří vnitřkem oka. Ačkoliv prochází různými prostředími, mají

všechna velmi podobný index lomu.

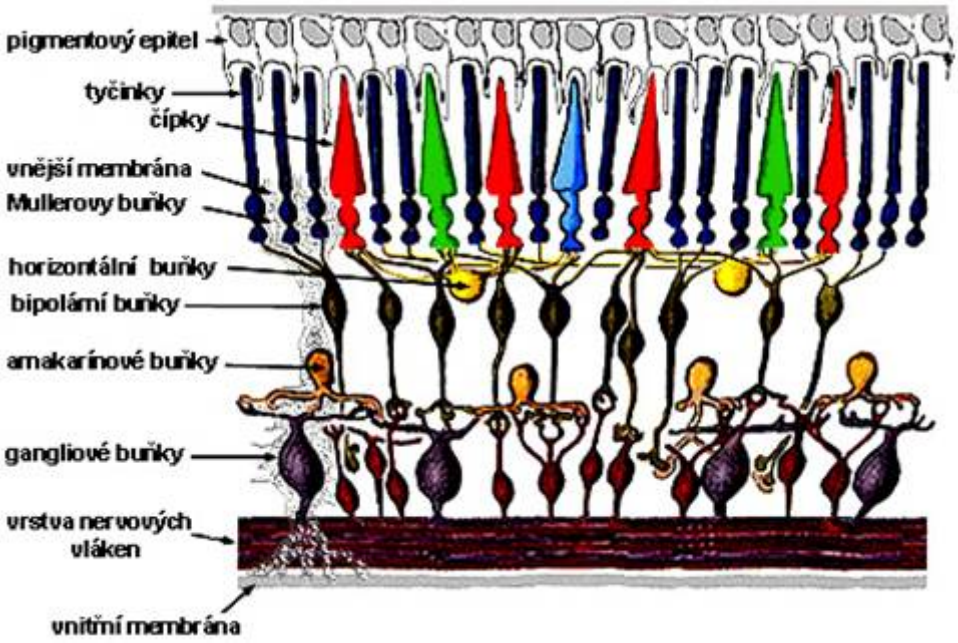
4. cévnatka (*choroidea*) - pigmentová vrstva, vyživující cévy na vnitřní stěně oční koule - tvoří 67 % její vnitřní zadní stěny. Zabraňuje rozptylu světelných paprsků uvnitř oka. Cévnatka vpředu pokračuje jako tzv. řasnaté těleso, jehož podkladem je drobný hladký sval. Od jeho okrajů vybíhají tenká vlákna připojující pouzdro čočky. Smrštěním svalu povolí tah vláken a čočka se vlastní pružností vyklene. Při uvolnění svalu se čočka zploští. Tím se mění její optická mohutnost resp. ohnisková vzdálenost.

Tímto způsobem je tedy schopno oko zaostřit na různě vzdálené předměty.

5. čočka (*lens crystalina*) - nehomogenní těleso tvaru dvojvypuklé čočky z tuhé, rosolovité, dokonale průhledné hmoty. Je asi 4 mm silná, její povrchové části mají index lomu 1,38 a vnitřní části 1,41. Během života přibývají na čočce vrstvy, které s přibývajícím stářím tvrdnou a snižují akomodaci oka. Optická mohutnost samotné čočky je 18 D. Po šedém zákalu se vyjmutá čočka může nahradit spojkou o optické mohutnosti minimálně 15 D.

Snižování akomodace znamená menší schopnost měnit ohniskovou vzdálenost čočky a tedy i horší zaostřování.

6. sítnice (*retina*) - vystýlá vnitřní povrch cévnatky; je silná 0,2 mm až 0,4 mm. Tvoří ji 11 vrstev (viz obr. 122). V sítnici je 120 milionů tyčinek a 5 až 7 milionů čípků (jejich hustota na sítnici je zobrazená na obr. 123); tyto buňky obsahují zrakový pigment rhodopsin. Tyčinky slouží k vnímání světla (jsou citlivé na jeho intenzitu) a citlivost jejich buněk je taková, že dokážou reagovat na dopad jednoho až dvou fotonů. Čípky jsou receptory barevného vidění, které jsou méně citlivé než tyčinky, zato jsou schopné vnímat barvy. Existují ve třech druzích podle pigmentu: červené, zelené a modré; jejich citlivost na vlnovou délku je zobrazena na obr. 124. Mícháním těchto tří základních barev dokáže oko rozlišit velké množství barevných odstínů. Ve světločivých buňkách dochází k jedinečnému jevu nazývanému **transdukce**: energie světla se fotochemickými reakcemi přeměňuje na elektrické impulzy. Noční vidění (tzv. skotopické vidění) je černobílé proto, že na světlo malé intenzity reagují více tyčinky (které nejsou schopny rozlišit barvy) než čípky. Při denním vidění (tzv. fotopické vidění) se uplatňují zejména čípky citlivé na barevná světla. Sítnice je citlivá na barevné světlo s vlnovou délkou 390 nm až 790 nm. Citlivost oka je při denním vidění největší při 555 nm (zelená barva), při nočním vidění je oko nejcitlivější na světlo vlnové délky přibližně 450 nm (modrá barva); toto lze vidět v grafu na obr. 125. Poruchami barvocitu trpí asi 4 % lidí (9 % mužů a 0,4 % žen).



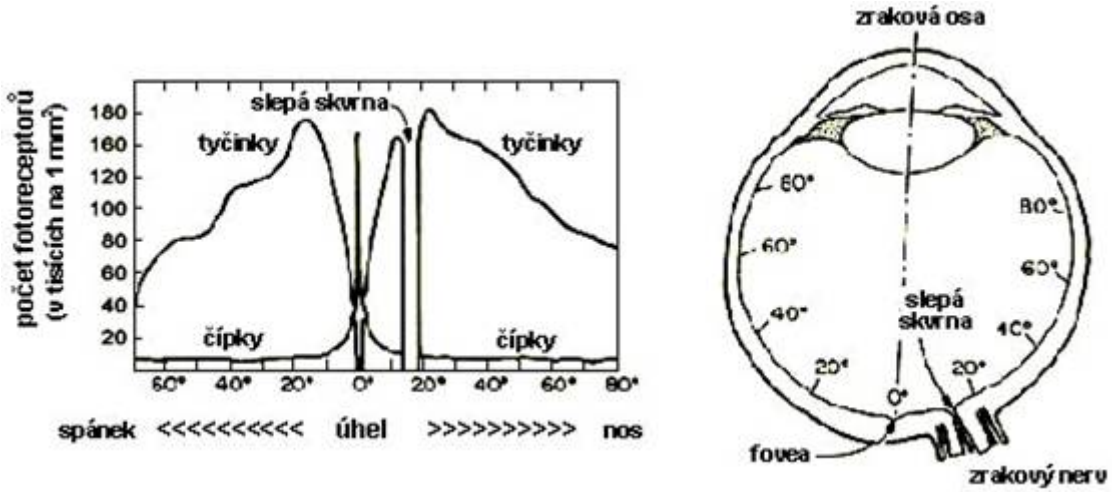
Obr. 122

U člověka je navíc zajímavé to, že světlo prochází nejdříve vyživovací vrstvou sítnice, a až poté dopadá na vrstvu světlocitlivých buněk, v níž dochází k vlastnímu zpracování světla a jeho přeměně na elektrické impulsy. Ostatní savci mají oko vystavěné tak, že vyživovací vrstvy sítnice jsou až za vrstvou, v níž dochází k transdukci.

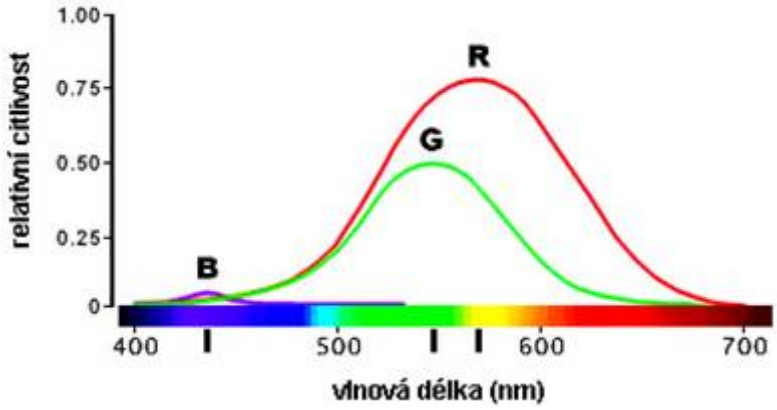
7. žlutá skvrna - místo nejostřejšího vidění, má průměr asi 1 mm. Převládají v ní čípky.
8. slepá skvrna - místo bez čípků a tyčinek, kde zrakový nerv opouští oční kouli. Je asi 5 mm vzdálená od žluté skvrny.

O existenci slepé skvrny je možné se přesvědčit pokusem podle obr. 126: Zavřete levé oko a pravým pozorujte křížek. Přibližujete-li, případně vzdalujete-li oko od obrázku, pak při určité vzdálenosti kruh zmizí ze zorného pole oka - to znamená, že jeho obraz právě dopadl na slepou skvrnu.

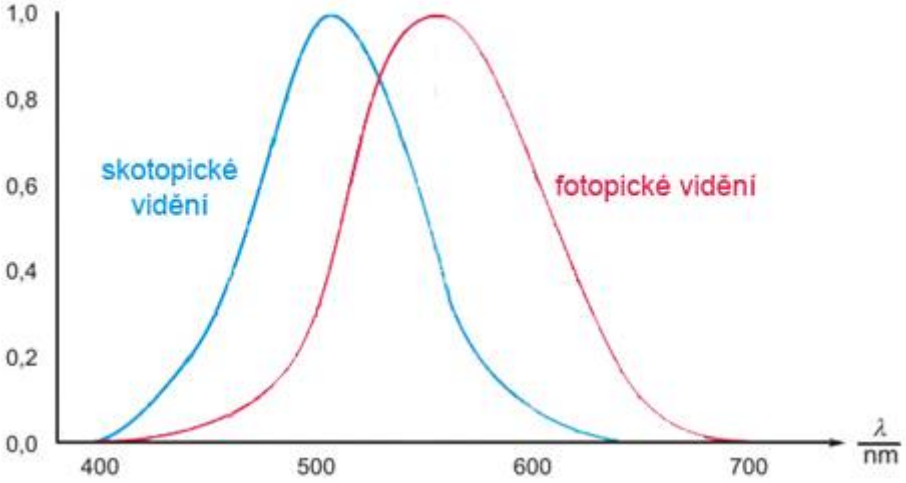
Pokud provedeme experiment s obr. 127, černý kruh zmizí, ale obě kružnice, které se pod kruhem dotýkají, budou vidět po celém svém obvodu. A přitom z místa černého kruhu dopadly paprsky na slepou skvrnu v oku. Příčnou je fakt, že mozek „domýšlí“ i to, co nevidí. Předpokládá, že za černým kruhem jsou kružnice a tak je zobrazí!



Obr. 123

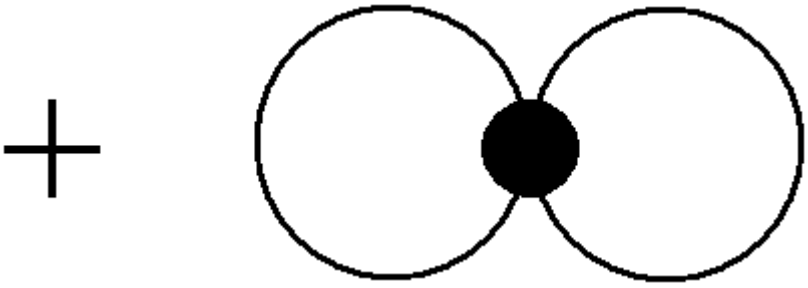


Obr. 124



Obr. 125


Obr. 126


Obr. 127

9. oční komory - štěrbinovité prostory mezi rohovkou a duhovkou (přední komora) a duhovkou a čočkou (zadní komora). V nich cirkuluje komorová voda tvořená krevní plazmou.
10. sklivec - gelová tkáň. Kromě jiného zachovává oku jeho tvar a dále slouží pro fixaci sítnice na cévnatce.
11. oční nerv - párový senzorický mozkový nerv. Vede jednotlivé impulsy ze sítnice do mozku.

Kontrast světla, který vnímá oko při skotopickém vidění pro malé a střední úrovně jasu je 1:10, kontrast vnímaný při fotopickém vidění při středním jasu a jasu vysoké úrovně je 1:1000.

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.