

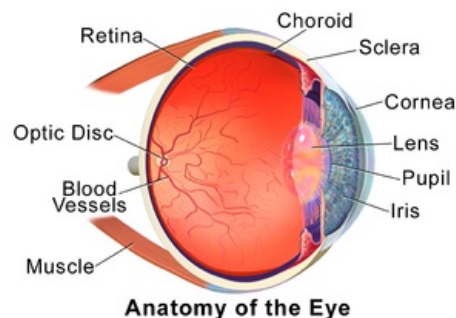
# Zrak

Zrak je pro člověka nejdůležitějším smyslem. Člověk získává až 90 % informací z vnějšího prostředí pomocí zraku. Vidění je složitý proces, jehož podstatou je příjem a zpracování signálů ve formě fotonů, proto jako viditelné světlo označujeme to, které má vlnovou délku v rozpětí 400–760 nm. Hlavní orgán zraku je oko. Lidské oko je kulovitý orgán o průměru asi 24 mm.

## Základní části oka

Mezi základní části oka patří:

- **sítnice** (*retina*)
- **cévnatka** (*chorioidea*)
- **bělina** (*sclera*)
- **sklivec** (*corpus vitreum*)
- **závěsný aparát čočky**
- **čočka** (*lens*)
- **zadní oční komora**
- **přední oční komora**
- **zornice** (*pupilla*)
- **duhovka** (*iris*)
- **rohovka** (*cornea*)
- **řasnaté těleso** (*corpus ciliare*)
- **limbus**



Anatomie oka

Cévnatka se rozšiřuje v řasnaté těleso, jehož je součástí je hladký sval *musculus ciliaris*. Cévnatka vytváří také souvislou přepážku zvanou duhovka, která obsahuje 2 hlavní svaly a to: *m. sphincter pupillae* inervovaný parasympatikem a *m. dilator pupillae* inervovaný sympatikem. V centru duhovky je kruhový otvor zvaný zornice. Za duhovkou je uložena čočka, na jejíž okraj se upínají jemná vlákna (*fibrae zonulares*), která vychází z řasnatého tělesa. Vnitřní vrstvu stěny bulbu tvoří sítnice. V oblasti zadního pólu oka je sítnice náhle zúžená, celý tento okresek má průměr asi 3 mm a nazývá se *macula lutea* (žlutá skvrna) a místem nejostřejšího vidění. Celý prostor bulbu za čočkou vyplňuje sklivec. Obě oční komory jsou vyplněny komorovou oční vodou.

## Funkce komorové oční vody

Komorová voda slouží k zajištění optimálních optických vlastností oka. Vytváří určitý tlak na sklivec a stěnu bulbu, a tím vytváří správný tonus oční koule. Tlak komorové vody se označuje jako nitrooční tlak a jeho velikost je okolo 15 mmHg. Tato správná velikost je udržována rovnováhou mezi tvorbou a odtokem komorové vody. Pokud dojde ke vzrůstu tlaku komorové vody, tak toto onemocnění nazýváme *glaukom* (zelený oční zákal). Komorová voda má obdobné složení jako krevní plazma a neustále cirkuluje, je tvořena řasnatým tělesem a nejprve odtéká do zadní oční komory, odkud následně přechází do přední oční komory, odtéká do Schlemmova kanálu a poté do venózního systému oka.

## Optický systém

Paprsek světla musí projít 4 různými prostředím (rohovka, komorová voda, čočka a sklivec). Na sítnici vzniká reálný, převrácený a zmenšený obraz. CNS si ho sám transformuje do skutečné podoby. Celková optická mohutnost oka při pohledu do dálky je 59 D. Světelné paprsky vycházející z předmětu, který se nachází dále než 6 m, přichází již rovnoběžně a protínají se v ohniskové rovině. Když je oční čočka oploštěná, má nejmenší optickou hmotnost 19 D. Pokud by se však objekt přiblížil na méně než 6 m, tak by paprsky přicházely jako rozbíhané. Na základě tohoto musí dojít v oku ke změně, jinak by se paprsky protínaly až za sítnicí. Při pohledu na blízké předměty proto vzrůstá optická mohutnost oka a tento proces se nazývá *akomodace*. **Blízky bod** je místo nejbližší k oku, kdy předmět stále ještě vidíme ostře. **Daleký bod** je místo nejdále od oka, kde stále vidíme předmět ostře, pro právně fungující oko leží daleký bod v nekonečnu. **Mechanismus akomodace** je poměrně jednoduchý. Čočka je zavěšena prostřednictvím vláken na závěsném aparátu na řasnatém tělese a při pohledu do dálky jsou vlákna napjata - čočka je oploštěná a její mohutnost je nejmenší. Při akomodaci dochází ke kontrakci ciliárního svalu - posun řasnatého tělesa dopředu a dovnitř, což způsobí, že napětí vláken ochabne, čočka se vyklene a zvětší svoji mohutnost.

## Sítnice

Axony gliových buněk se sbíhají k papille zrakového nervu (*discus nervi optici*) a tu opouští oční bulbus jako *n. opticus*. Na sítnici jednoho oka je okolo 120 milionů tyčinek a 6 milionů čípků. Nervus opticus obsahuje 1 milion axonů. Fotopigment tyčinek pohlcuje světlo vlnové délky 505 nm (modrozelené) a fotopigment čípků pohlcuje světlo vlnové délky 420 nm (modré), 531 nm (modré), 531 nm (zelené) a 558 nm (červené). V oblasti centrální jamky je největší koncentrace čípků a tyčinky zde úplně chybí. V tomto místě je nejlépe vnímáno barevné vidění, ale zároveň je zde nižší citlivost ke světlu. V 20° úhlu od centrální jamky je největší koncentrace tyčinek a čípků téměř úplně chybí. V tomto místě je vysoká citlivost na světlo, ale je tu vnímáno pouze jednobarevné vidění. Slepá skvrna se nachází v oblasti papilly zrakového nervu a tyčinky a čípků zde chybí.

## Transformace signálu

Dopad vhodného světla na membránu disků způsobuje rozpad fotopigmentu (rhodopsin, který je složen z 11-cis retinal a opsin) - GP, který má charakter hyperpolarizace (za tmy jsou sodné kanály otevřené a membrána fotoreceptoru je depolarizovaná (−30mV), světlo poté rozloží pigment na all-trans-retinal, jeden z jeho meziproduktů aktivuje transducin (g-protein), ten aktivuje fotodiesterázu, která následně odbourává cGMP na GMP, poté dochází k uzavření sodných kanálů a hyperpolarizaci). Za tmy poté dochází k regeneraci trans-retinalu na 11-cis retinal. V krvi cirkuluje alkohol trans-retinol - 11-cis retinol a ten se oxiduje na 11-cis retinal.

## Vady

### ▪ Myopie (krátkozrakost)

Bulbus je příliš dlouhý vzhledem k optické mohutnosti oka. Paprsky se ze vzdáleného objektu sbíhají před sítnicí. Vzdálený bod proto neleží v nekonečnu, ale ve vzdálenosti menší než 6 m. Korekce pomocí rozptylek.

### ▪ Hypermetropie (dalekozrakost)

Bulbus je vzhledem k jeho optické mohutnosti příliš krátký. Paprsky se ze vzdáleného objektu sbíhají za sítnicí. Vzdálený bod tedy neleží v nekonečnu, ale za sítnicí. Korekce pomocí spojek.

### ▪ Astigmatismus

Za normálních okolností je rohovka zakřivena stejně ve všech rovinách. Pokud je rohovka v některé z rovin zakřivena více než v ostatních, tak v této rovině vykazuje větší optickou mohutnost. Osoba s tímto onemocněním objekt, jenž je složen z vertikálních a horizontálních čar, vidí ostře pouze horizontálně. Ani rohovka zdravého oka není všude stejně zakřivena - *fyziologický astigmatismus*. Korekce pomocí cylindrické čočky (při přesahu 1 D).

### ▪ Presbyopie (stařecká vetchozrakost)

Jedná se o ztrátu akomodační schopnosti čočky. Dá se korigovat spijkami.

### ▪ Šeroslepoty

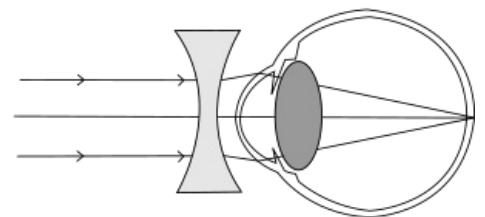
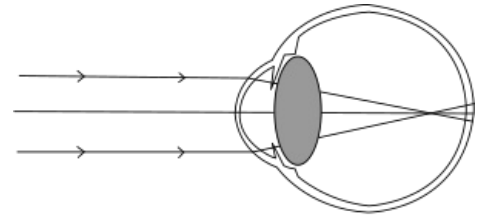
11-cis retinol se tvoří z metabolitů vitamínu A. Jeho nedostatek vede ke snížené tvorbě a to způsobí sníženou citlivost na světlo hlavně při nízkých intenzitách světla.

### ▪ Diabetická retinopatie

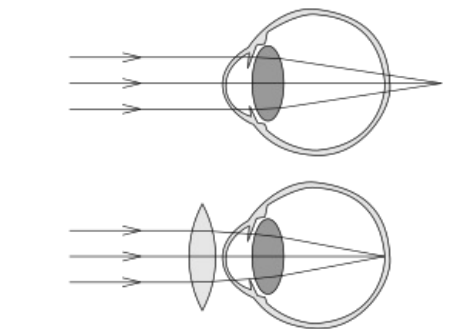
Jedna z nejčastějších onemocnění sítnice. Buňky okolo malých krevních cév (*pericyty*) tvoří při zvýšené potřebě glukózy sorbitol, který způsobí zduření a zúžení cév a následnou ischemii tkání. Tvorba angiotenzinu II, který stimuluje tvorbu VEGF - zvýšená permeabilita cév a novotvorba cév a krvácení, nastává zakalení.

### ▪ Uzávěr centrální artérie

Vede k zániku amakrinních, bipolárních a gangliových buněk a tím k oslepnutí.



Myopie



Hypermetropie

## Odkazy

### Související články

- Zraková fototransdukce (Zrakový cyklus)
- Katarakta
- Glaukom

### Použitá literatura

- KRÁLÍČEK, Petr. *Úvod do speciální neurofyzologie*. 3. vydání. Praha : Galén, c2011. ISBN 97-880-7262-618-2.
- SILBERNAGL, Stefan a Florian LANG. *Atlas patofyzologie*. 2. vydání. Praha : Grada, 2012. ISBN 978-80-247-3555-9.



Fundus photo showing scatter laser surgery for diabetic retinopathy EDA09