


Oko (biofyzika)

Oko je smyslový orgán zraku, skládá se z světločivné vrstvy obsahující světlocitlivé buňky a optického systému, který usměrňuje paprsky tak, aby dopadaly na sítnici.

Oko má přibližně tvar **koule o poloměru 12 mm**.

Světlolomný systém oka

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Světlolomný systém oka.*

Světlo před svým dopadem na fotoreceptory prochází postupně následujícími částmi oka:

1. **Rohovka** - index lomu 1,377;
2. **přední komora oční** - vyplněná očním mokem o indexu lomu 1,336;
3. **duhovka**, resp. otvor v duhovce zvaný **zornička**;
4. **zadní komora oční** - mezi zadní plochou duhovky a ciliárním aparátem, $n = 1,336$;
5. **čočka** - $n = 1,42$, která může prostřednictvím ciliárního aparátu měnit zakřivení a tím i optickou mohutnost;
6. **sklivec**;
7. **sítnice** - člověk má tzv. inverzní typ sítnice, tedy fotoreceptory jsou až na straně odvrácené od čočky.

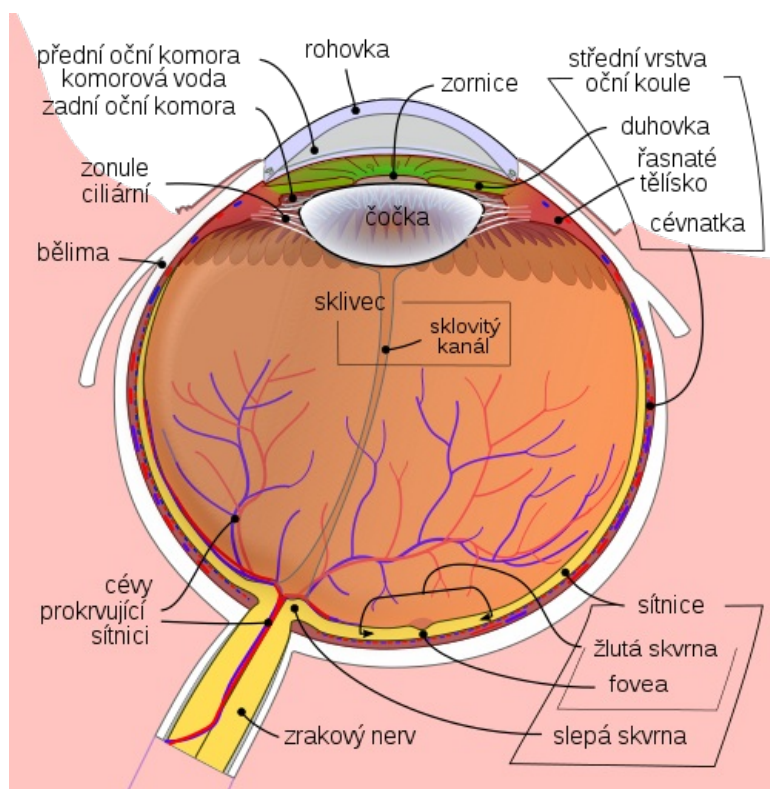


Schéma lidského oka

Optická mohutnost zdravého oka jako optické soustavy je pro předmět v nekonečnu, při akomodaci se zvětšuje.

Světlocitlivé buňky

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Světlocitlivé buňky a jejich funkce.*

Světlocitlivé buňky sítnice jsou buňky vytvářející nervovou stimulaci na základě absorpce fotonu přicházejícího na sítnici. Tyto buňky jsou dvojího typu: tyčinky a čípky.

Čípky jsou citlivé na světlo různé barvy, čili různé vlnové délky, různé intenzity a různé sytosti barev. Jsou prvními neurony sítnice. Zajišťují **fotopické** vidění, jsou zodpovědné za zrakovou ostrost. Nacházejí se v nejhojnějším počtu v centrální jamce (*fovea centralis*), což je malá jamka ve žluté skvrně. Směrem k periférii sítnice jejich hustota postupně klesá. Celkově nacházíme na sítnici 6 milionů čípků. Rozlišujeme 3 typy čípků, které je možné rozlišit pouze podle pigmentu v cytoplasmě, nikoliv podle tvaru buňky.

Tyčinky jsou světlocitlivé buňky reagující na nižší intenzitu osvětlení než čípky, ale nejsou schopny rozeznávat barvy. Zajišťují **skotopické** vidění.

Oblasti vidění

Fotopické (denní) vidění

- Barevné vidění;
- zajištěné hlavně čípky;
- vnímaný jas $>10^2 \text{ cd/m}^2$;
- rychlá adaptace na světlo (20–60 s);
- maximální citlivost pro vlnovou délku 555 nm;
- vnímané vlnové délky 400 až 750 nm.

Skotopické (noční) vidění

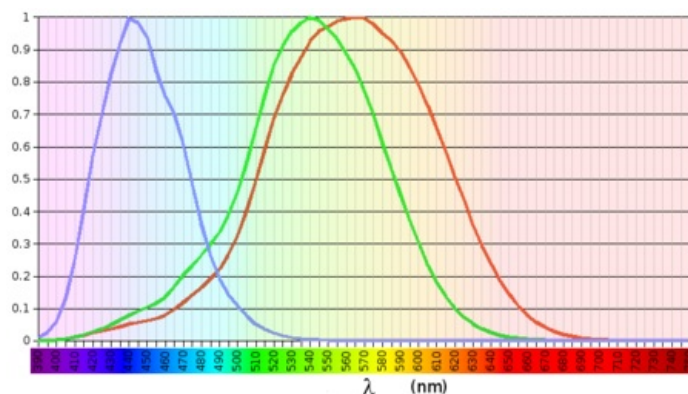
- Vnímání pouze jasu (změny intenzity);
- zajištěno pouze tyčinkami;
- vnímaný jas 10^{-3} cd/m^2 ;
- adaptace dvoufázová, plná adaptace po 40 až 60 minutách;
- maximum pro vlnové délky se pohybuje okolo 500 nm.

Mezopické (soumračné) vidění

- Jas mezi oběma předchozími hodnotami;
- vidění zajišťují jak tyčinky, tak čípky;
- spektrální citlivost oka se liší od spektrální citlivosti při fotopickém vidění.

Spektrální citlivost lidského oka

Lidské oko je schopno vnímat pouze malou část elektromagnetického záření. Při běžné intenzitě osvětlení je sítnice citlivá v oblasti záření o vlnové délce od **380 nm do 760 nm** (oblast viditelného světla elektromagnetického spektra). Tato oblast se také kryje s jedním z pásem propustnosti zemské atmosféry. Dalším z důvodů, proč lidské oko nejvíc vnímá právě v této oblasti je fakt, že odpovídá **maximu spektrálního vyzařování Slunce**. Z grafu spektrální citlivosti lidského oka vidíme, že lidské oko je citlivé i na červené světlo vlnové délky např. 760 nm. Aby však byl dosažen zrakový vjem stejné intenzity jako pro záření světla o vlnové délce 550 nm, musí být světelný tok ze stejné plochy 10 000x větší.



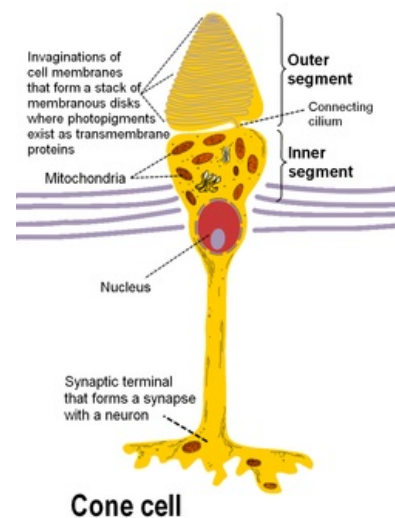
Spektrální citlivost čípků

Světlocitlivé buňky lidského oka

V lidské sítnici je asi 6 milionů čípků. Existují **tři funkční typy**, obsahující různé druhy fotopsinu. Každý z nich totiž má poněkud jiný jodopsin (specializace na zelenou barvu modrou a červenou barvu). Čípky potřebují ke své práci poměrně hodně **velké osvětlení**, ale na druhou stranu zajišťují **preciznější** vidění než tyčinky. ^[1]

Veličiny důležité k určení spektrální citlivosti oka

Jestliže z určitého zdroje vychází elektromagnetické záření, pak $E(t)/S$ se nazývá **zářivý tok Φ_e** , jednotka – Watt (W). Výkon zářivé energie, zhodnocený podle velikosti světelného vjemu, který vyvolá se nazývá **světelný tok Φ** , jednotka – lumen (lm). Φ/Φ_e nazýváme **světelnou účinností záření**. Normalizovaná funkce světelné účinnosti pro různé vlnové délky se nazývá **relativní světelnou účinností záření** její 3 exempláře vidíme v grafu výše. Maximum světelné účinnosti je $680 lm/W$. Jinak řečeno: monochromatické záření o vlnové délce 550 nm při výkonu 1 W je rovno světelnému toku 680 lm .



Stavba čípku

Adaptace oka na intenzitu světla

Adaptaci rozumíme schopnost zraku přizpůsobit se různým hladinám osvětlení.

Dopadá-li světelný tok na těleso, je jeho povrch **osvětlen**. Tuto vlastnost tělesa charakterizuje veličina **osvětlenost**. Hlavní jednotkou osvětlenosti je **lux** (lx). Plocha o obsahu 1 m^2 má osvětlenost 1 lx , dopadá-li na ni rovnoměrně **světelný tok** 1 lumen. Zdravé lidské oko je schopno registrovat předmět, jehož osvětlenost je aspoň 2 nlx . Na tuto osvětlenost reagují pouze tyčinky, čípky až na větší. Osvětlenost předmětu za jasného slunného dne je asi 0,1 mlx . Doporučená hodnota pro čtení je 100 lx , pro jemné mechanické operace a rýsování 200 lx , pro osvětlení chodeb 20 lx .

Citlivost sítnice

Citlivost sítnice je velmi vysoká, asi 10^4 krát větší než citlivost fotografické emulze, není však všude stejná. Největší je v okolí průsečíku optické osy oka, kde leží tzv. **žlutá skvrna**. Je známo, že při přechodu ze světla do tmy lze rozeznávat jednotlivé předměty s dostatečnou citlivostí až po určité době (asi 10-20 min, max za 45 min). Za tuto dobu se oko adaptuje na tmu. Dříve jsou rozeznávány předměty, jejichž obraz vzniká v periferních oblastech sítnice. Při přechodu ze tmy do světla potřebuje oko rovněž určitou dobu na adaptaci, tato doba je však podstatně kratší. Po prudkém osvětlení jsou oči oslněny, ale díky rychlé reakci zornic se rychle přizpůsobují (mióza, mydriáza).

Funkce tyčinek a čípků

Čípky a tyčinky mají relativně nezávislé vlastnosti. Při velkých intenzitách zajišťují vidění čípky, při nízkých intenzitách se tyčinky stanou citlivějšími než čípky. Všechny barvy jsou registrovány jak čípky, tak tyčinkami, na červenou barvu jsou však citlivé pouze čípky.

Rozdíly v **rychlosti adaptace oka** na tmu po předchozím osvětlení vysvětluje funkce tyčinek. Tyčinky obsahují rodopsin-tzv. zrakový purpur, složený z proteinu opsinu a z retinalu, což je aldehyd vitamínu A. Působením světla se rodopsin rozkládá na tyto složky a mění svoji barvu na žlutou. Reakce je reverzibilní a velmi rychlá. Při příliš silném osvětlení se však retinal mění na retinol a jeho barva na bílou, tato reakce je reverzibilní pomalým procesem. Regenerace rodopsinu tedy může probíhat pomalou nebo rychlou cestou.

Hemeralopie (šeroslepost) je snížená adaptační schopnost. Může být dědičná nebo vzniknout např. při avitaminóze A. Nevytváří se dostatečné množství rodopsinu, což se projeví poruchou vidění za šera, šeroslepostí.

Vady oka

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Refrakční vady oka.*

Refrakční vady oka jsou způsobeny špatnými vlastnostmi jeho lomivých ploch. Rovnoběžné paprsky vstupující do oka nejsou koncentrovány na sítnici. Neleží na ní tedy obrazové ohnisko optické soustavy oka. Tento jev nemusí být způsoben pouze nesprávným lomem světelných paprsků. Častěji jsou problémy způsobené osovými vadami oka – lomivá prostředí jsou v pořádku, ale oko má různou délku. Osové i refrakční vady se projevují stejně a mohou se i kombinovat. Obecně platí, že větší refrakční vady způsobují menší vedlejší obtíže. Obraz je zamlžený, nebo rozmazaný a oko nedokáže tuto vadu korigovat. Jinak je tomu u menších refrakčních vad. Ty je oko schopno do určité míry vykompenzovat, toto úsilí vede k svalovému a nervovému vyčerpání. To má za následek únavu a slzení očí, bolesti hlavy a další projevy. U oka bez refrakční vady se paprsky procházející optickou soustavou protínají v ohnisku na ploše sítnice, takové oko se nazývá emetropické. Velice často se setkáváme s okem ametropickým, kdy se paprsky na sítnici neprotínají. Rozlišujeme vady sférické a asférické. Sférické vady se korigují sférickými čočkami. Patří mezi ně myopie – Krátkozrakost a hypermetropie – Dalekozrakost. **Myopie** – oko fyziologicky příliš dlouhé. Ostrý obraz se promítá před sítnicí. Pacient vidí špatně na dálku, ale dobře na blízko. **Hypermetropie** – oko fyziologicky příliš krátké. Ostrý obraz by se promítal za sítnicí, na sítnici je obraz neostří. Asférické vady korigujeme asférickými, tzv. torickými, čočkami. Nejčastější asférická porucha je **astigmatismus**, kdy pacient vidí neostře na blízko i do dálky. Vyskytuje se při něm asymetrie optické mohutnosti rohovky, případně vzácně čočky.

Rohovka má ve dvou na sebe kolmých osách rozdílné zakřivení.

Mezi oční defekty se řadí i presbyopie (vetchozrakost). Zde se ovšem jedná o přirozený proces ztráty pružnosti optického aparátu oka a tedy snížení akomodačních schopností ve vyšším věku.

Korekce vad oka

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Způsoby korekce refrakčních vad.*

Vady oka lze korigovat čočkami (brýle, kontaktní čočky) nebo laserovou operací, cílem je navození emetropie. Na korekci myopie se používají rozptylky. Ideální optická mohutnost rozptylky je taková, aby pacient viděl ostře do nekonečna (v praxi 5 - 6 metrů). Na korekci hypermetropie se používají spojky, volí se taková optická mohutnost, aby pacient přečetl text ve vzdálenosti 25 cm. Astigmatismus se koriguje cylindrickými nebo torickými skly, v případě nepravidelného astigmatismu je korekce obtížná. U Presbyopie může pacient používat jednoohniskové brýle na více vzdáleností nebo bifokální (a multifokální) skla.

Odkazy

Související články

- Vady oka
- Princip vidění
- Optický systém oka
- Oko (histologie)
- Biochemie procesu vidění
- Poleptání rohovky a spojivky

Zdroj

- KUBATOVA, Senta. *Biofot* [online]. [cit. 2011-01-31]. <<https://uloz.to/!CM6zAi6z/biofot-doc>>.
- SVOBODA, Emanuel a Karel BARTUŠKA, et al. *Přehled středoškolské fyziky*. 4. vydání. Praha : Prometheus, 2006. 531 s. ISBN 80-7196-307-0.
- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA, et al. *Medicínská biofyzika*. 1. vydání. Praha : Grada, 2005. 524 s. ISBN 80-247-1152-4.
- PRAMACOM-HT, spol. s r. o. *infrared.cz : Spektrální citlivost lidského oka* [online]. [cit. 2012-12-28]. <<http://www.infrared.cz/domains/infrared.cz/cz/>>.
- PROCHÁZKOVÁ, Simona. *Korekce refrakčních vad* [online]. Brno, 2006, dostupné také z

Reference

1. JUNQUEIRA, Luiz Carlos Uchôa a José CARNEIRO. *Basic histology : text & atlas*. 11. vydání. New York : McGraw-Hill, c2005. ISBN 0071440917.

Externí odkazy

- Kyplová Jaroslava: Oko a oční vady. Multimediální podpora výuky klinických a zdravotnických oborů :: Portál 1. lékařské fakulty Karlovy Univerzity v Praze [online] 19.2.2008, poslední aktualizace 19.2.2008 [cit. 2011-12-22] Dostupný z WWW: <<https://portal.lf1.cuni.cz/clanek-810-oko-a-ocni-vady>>. ISSN 1803-6619