

4.2.1 Zrak (vizuální smysl)

Zrak je spolu se sluchem nejdůležitějším lidským smyslem. Vizuelní vjemy jsou živou, pestrou a proměnlivou komponentou naší vnitřní zkušenosti. **Zrakovým podnětem** je zvláštní forma energie, tzv. **elektromagnetické vlnění**, na kterou sítnice oka citlivě reaguje.

Fyzikální vlastnosti světla

Základem pro vidění je sluneční elektromagnetické vlnění. Ve skutečnosti existuje mnoho druhů elektromagnetického záření, přičemž každé z nich má svou charakteristickou **vlnovou délku**, což je vzdálenost mezi vrcholky dvou sousedních vln. Například gama-paprsky, které vznikají při radioaktivním rozpadu, mají extrémně krátkou vlnovou délku – asi 4×10^{-12} m. Délku rádiových vln lze naproti tomu měřit v kilometrech. Uvnitř rozsáhlého spektra elektromagnetického záření se nachází úzké pásmo vlnových délek, na které lidský zrak senzitivně reaguje. (Morris a Maisto, 1998, str. 101.) Jeho rozsah se pohybuje přibližně mezi **350 až 750 nanometry**. Nanometr (nm) je jedna miliardtina metru. V české psychologické literatuře se vlnová délka často udává v tzv. **milimikronech** (mμ), což je jedna miliontina milimetru. Milimikron je tudíž synonymum pro pojem nanometr.

Fyziologie vidění

Recepčním orgánem zrakového vnímání je **sítnice (retina)**, což je tenká vrstva buněk, která vystýlá zadní část oční koule. Zrakové podněty jsou na ni přiváděny optickým aparátem oka, který se skládá z rohovky, zornice a čočky. **Rohovka** je průhledný vnější povrch oka, jímž do něj vstupuje světlo. Světelné paprsky se zde ohýbají. Proces zaostřování světla na sítnici dokončuje **čočka**, která může měnit svůj tvar. Při zaostřování blízkých předmětů se zaobluje, zatímco při zaostřování vzdálených předmětů se zplošťuje. Tento proces se nazývá **akomodace čočky**. **Zornice** je kruhový otvor v barevné duhovce. Jeho velikost se mění v závislosti na intenzitě světla. Nejširší je za šera a nejužší za jasného světla. Rozšířená zornice umožňuje, aby do oka vstoupilo velké množství světelných paprsků, zatímco zúžená zornice jejich vstup znesnadňuje.

Sítnice je síť buněk, které transformují světlo do podoby nervových vzruchů. Vlastními světločivnými buňkami jsou tyčinky a čípky, které se liší nejen tvarem, ale také počtem, umístěním a citlivostí na světlo. Rovné a tenké **tyčinky** se nacházejí na periférii sítnice. Jejich počet se odhaduje na 120 milionů. Tyčinky jsou určeny k nočnímu vidění, neboť pracují při nízkých intenzitách osvětlení (např. za svitu měsíce) a neslouží k barevnému vidění. Umožňují rozlišovat pouze černou a bílou barvu a různé odstíny šedi. **Čípky** fungují za denního světla a při jasném umělém osvětlení. Jejich počet se odhaduje na 6 až 8 milionů. Čípky mají klínovitý tvar a jsou silnější než tyčinky. Umožňují barevné vidění. Velký počet čípků se nachází ve středu

sítnice, v místě tzv. **žluté skvrny (fovea)**, s jejíž pomocí nejlépe vidíme detaily. Abychom si zajistili dobrou zrakovou ostrost, neustále pohybuje očima tak, aby obraz předmětu dopadal do oblasti žluté skvrny, jejíž zorné pole je poměrně malé. (Lidské tělo, 1992, str. 254–255.) Na okraji sítnice se nachází tak malý počet čípků, že to nestačí k vytvoření ostrého obrazu. Jestliže se na okraji zorného pole, a tím i na periférii sítnice, objeví něco, co vzbudí pozornost, oční koule se okamžitě natočí do pozice, v níž se předmět zobrazí na žluté skvrně. (Fürst, 1997, str. 20.)

Podstatou transdukce světla do podoby nervových impulsů jsou fotochemické procesy. Tyčinky a čípky obsahují chemické látky pohlcující světlo, tzv. **fotoceptor**. Těmito látkami je v procesu absorpce světla zahájen složitý děj, jehož výsledkem je vznik nervového vzruchu, který putuje optickými nervy do mozku. Tyčinky obsahují zrakový pigment **rhodopsin** (též **zrakový purpur**), který působením světla ztrácí své červené zabarvení, jež vybledá a mění se na žlutavě bílé. Právě toto „blednutí“ má za následek vznik nervového impulsu, čímž je vliv světla eliminován a rhodopsin se vrací do původního stavu. Celý proces se může znovu opakovat. Tyčinky fungují velmi dobře při slabém osvětlení, protože k biochemickému rozpadu rhodopsinu postačuje malé množství světla. Čípky nejsou vůči světlu tak senzitivní jako tyčinky a vyžadují intenzivnější stimulaci. Nervové impulsy se v nich rovněž vytvářejí na biochemickém principu „blednutí“ pigmentů a jejich následné obnovy. Vědci zjistili, že čípky obsahují tři různé fotosenzitivní látky, které reagují na světlo různých vlnových délek. (Kern et al., 1999, str. 35.) Právě tyto světločivné látky omezují naše vidění na relativně malou oblast elektromagnetického vlnění. Toto barevné spektrum pravděpodobně vnímá nejen člověk, ale prakticky všichni obratlovci. Existují samozřejmě výjimky: noční ptáci, např. sovy, mají nepatrný počet čípků, takže jsou zcela barvoslepé. (Fürst, 1997, str. 20.)

Nervové vzruchy vznikající na sítnici jsou optickými nervy přiváděny do **primární zrakové oblasti mozkové kůry** v zadní části okcipitálního (týlního) laloku. V místě, kde zrakový nerv opouští oko, se nenacházejí žádné receptory. Těto části sítnice říkáme **slepá skvrna**. Své částečné slepoty si nejsme vědomi, neboť mozek neúplně sensorické informace automaticky vyplňuje do podoby celistvých vjemů. Primární zraková oblast však není jedinou oblastí mozku, v níž jsou vizuální podněty zpracovávány. Podílejí se na něm i rozsáhlé, tzv. **asociační oblasti mozku**, do nichž sensorické nervy nesměřují. Například spodní část temporálních laloků se podílí na rozpoznávání a rozlišování různých tvarů. (Atkinsonová et al., 1995, str. 59–60.)

Adaptace zraku

Fotochemické procesy citlivě reagují na změny osvětlení. **Adaptace na světlo** je snížení senzitivity zrakových receptorů při změně osvětlení od slabého k velmi jasnému. Probíhá například ve chvíli, kdy vycházíme z kina na prosluněnou ulici. Podstatou světelné adaptace je relativně **rychlý posun** od vidění zprostředkovaného tyčinkami k vidění, jehož základem je stimulace čípků. **Adaptace na tmou** je naproti tomu vý-

sledkem postupného zvyšování senzitivity zraku při snížení osvětlení. Probíhá například v okamžiku, kdy za slunečního odpoledne vcházíme do divadla. Její podstatou je relativně *pomalý posun* od vidění na základě dráždění čípků k „tyčinkovému“ vidění.

Adaptační procesy se podílejí na vzniku tzv. **paobrazů**, což je senzorický fenomén, k němuž dochází při rozdílné stimulaci různých oblastí sítnice. Například díváme-li se asi 15 sekund upřeně na tmavý kruh a pak přesuneme oči na bílou plochu, vnímáme následný šedý obraz. Jeho vznik lze vysvětlit přizpůsobením zrakových receptorů světlým a tmavým podnětům. Ty oblasti sítnice, které sledovaly bílé části obrazce, se adaptovaly na světlo (jejich senzitivita se snížila), zatímco citlivost oblastí, které sledovaly tmavý kruh, se zvýšila. Vznik následného paobrazu při pohledu na bílou plochu je důsledkem momentální rozdílné senzitivity různých částí sítnice, která ovšem rychle odeznívá. (Gleitman, 1987, str. 129–130.)

Oční pohyby a ostrost vidění

Základní podmínkou zřetelného vnímání je to, aby co nejvíce světla dopadalo na žlutou skvrnu. Chceme-li však předmět skutečně jasně vidět, musíme s pomocí okohybných svalů, které provádějí bezděčné i záměrné pohyby, neustále „přejíždět očima“ po jeho povrchu. Díky těmto očním pohybům se vizuální podněty přesunují vždy na „svěží“ část sítnice, takže nedochází k přetížení kterékoliv skupiny receptorů. Tím je trvale zachováno ostré a jasné vidění. (Lidské tělo, 1992, str. 256.)

Nutnost očních pohybů lze dramaticky ověřit na základě pokusů, při nichž badatelé s pomocí důmyslného zařízení zajistí, aby proximální zrakové stimuly dopadaly na stále stejné oblasti sítnice. Za těchto podmínek viditelný svět během několika sekund zmizí. Zařízení pro znehybnění obrazu na sítnici využívá systém několika čoček. Jedinec pozoruje vnější svět skrze silnou čočku, která je připevněná ke kontaktní čočce, jež s pomocí přísavného zařízení pevně lpí na rohovec. S každým pohybem oční koule se silná čočka pohne, což zabezpečuje, že vnější podněty působí na stále stejná místa sítnice. Po několika sekundách zrakový vjem bledne a ztrácí se. Tento jev je následkem procesu adaptace. Zrakový systém přestává reagovat na neměnné podněty, což ukazuje, že je (stejně jako ostatní lidské smysly) určen především ke vnímání změny. (Atkinsonová et al., 1995, str. 148.)

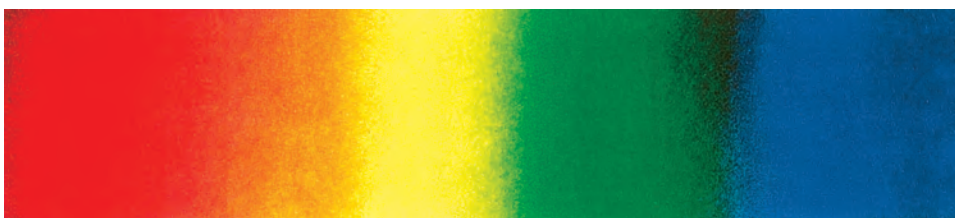
Barevné vidění

Fyziology, neurology i psychology už dlouhou dobu fascinuje otázka, jak lidské oči převádějí světelné vlny do podoby nervových impulsů, které lidský mozek, respektive mysl, interpretují jako blankytně modrou, šarlatovou nebo zlatou barvu. Výzkumy ukázaly, že různé fyzikální vlastnosti elektromagnetického vlnění mají své psychické koreláty. Důležitou fyzikální vlastností je **vlnová délka**, což je vzdálenost mezi dvěma sousedními vrcholy světelných vln, která koresponduje se **subjektivním zážitkem určité barvy**.

Slavný fyzik Isaac Newton v roce 1672 zjistil, že sluneční světlo procházející skleněným hranolem se rozkládá do spektra duhových barev. (McGreal, 1997, str. 284.) To **barevné spektrum** tvoří tzv. **monochromatické barvy**, které jsou vyvolány světelnými

nými paprsky s jedinou vlnovou délkou. Při přechodu od krátkovlnného elektromagnetického kmitání k dlouhovlnnému se barevné odstíny mění tímto způsobem: podněty s krátkými vlnovými délkami jsou vnímány jako *fialové* (asi 390 nm), pak následuje *modrá, modrozelená, zelená, žlutozelená, žlutá, oranžová a červená* (asi 760 nm) (viz obr. 8). Monochromatické barevné odstíny do sebe vzájemně přecházejí a vytvářejí nepřerušovanou řadu, kterou je možné přeměnit v uzavřený kruh barev tím, že se k ní přidají purpurové (fialovo-červené) barevné odstíny, které nejsou monochromatické (viz obr. 9). Zrakový systém je schopen rozlišovat velmi jemné odstíny barev. Celkový počet různých odstínů monochromatických barev dosahuje počtu 159–200, přičemž nejmenší rozdílový práh odpovídá 1 milimikronu. (Janoušek et al., 1993, str. 38.)

Výška vlnové délky, tj. její amplituda, koresponduje s **jasností** vnímané barvy. Čím je amplituda větší, tím se barva zdá být jasnější. Světlo je charakterizováno také **čistotou**, což je množství paprsků různé vlnové délky, které se podílejí na vzniku barevného vjemu. Čím je světlo čistší, tj. čím méně záření různých vlnových délek obsahuje, tím je barva sytější. **Sytost** souvisí také s druhem barvy. Například modrá, červená či purpurová se jeví jako syté i při nízké úrovni osvětlení. (Janoušek et al., 1993, str. 39.)



Obrázek 8 *Barevné spektrum* (Janoušek, Hoskovec a Štikar, 1993, příloha, obr. III.)



Obrázek 9 *Kruh barevných odstínů* (Janoušek, Hoskovec a Štikar, 1993, příloha, obr. VI.)