



STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA SDĚLOVACÍ TECHNIKY

110 00 Praha 1, Panská 856/3

URL: www.panska.cz

☎ 221 002 111, 📠 221 002 666

e-Mail: sekretariat@panska.cz

MATURITNÍ ZKOUŠKA

PRAKTICKÁ ZKOUŠKA Z ODBORNÝCH PŘEDMĚTŮ

Fyzika lidského těla
(fyzika smyslů)

<i>Studijní obor:</i>	78-42-M/001 Technické lyceum	
<i>Třída:</i>	4.K	Jakub Schneider
<i>Školní rok:</i>	2006/2007	

Anotace

Práce obsahuje teoretickou část, která se zabývá lidskými smysly z pohledu fyziky. Propojuje se zde teorie fyziky týkající se daného smyslu s jeho podrobným popisem z pohledu medicíny. Jsou zde uvedeny a vysvětleny také různé vady jednotlivých smyslových orgánů a je zde také mnoho zajímavostí o daném smyslu či smyslovém orgánu. V závěru je popsána série pokusů, přiřazených k jednotlivým smyslům, které nastiňují jejich funkci. Díky této práci má každý možnost pochopit, jakým způsobem fungují orgány, které nám zprostředkovávají veškeré informace z okolí.

Executive summary

This work contains a theoretical part, which deals with human senses from the point of view of physics. It interconnects the theory of physics concerning the given sense with its detailed description from the point of view of medicine. Various defects of individual sense organs are stated and explained herein as well as many interesting facts regarding the given sense or sense organ. A series of experiments in connection with individual senses, describing their function is depicted in the final part. Due to this work, everybody has the ability to understand, how the organs which mediate all information from the surrounding environment to us, work.

Zusammenfassung

Die Arbeit enthält einen theoretischen Teil, der sich mit menschlichen Sinnen aus dem physikalischen Blickpunkt befasst. Es wird hier die Theorie der Physik in Verbindung mit dem konkreten Sinn und dessen detaillierter Beschreibung aus dem Blickpunkt der Medizin verbunden. Es werden hier auch verschiedene Defekte von einzelnen Sinnesorganen angeführt und erklärt und es gibt hier auch viele interessante Informationen zum konkreten Sinn oder Sinnesorgan. Im abschließenden Teil ist eine Versuchsserie in Verbindung mit einzelnen Sinnen beschrieben, die ihre Funktion andeuten. Dank dieser Arbeit hat jeder die Möglichkeit zu verstehen, auf welche Art und Weise die Organe, die uns alle Informationen aus unserer Umgebung vermitteln, funktionieren.

Úvod

Téma pro svou práci jsem si vybral s ohledem na své dva velké zájmy – fyziku a medicínu. Fyziku mám rád už od šesté třídy, zásluhu na tom mají nemalou měrou moji učitelé ze základní i střední školy. Můj zájem o medicínu vznikl na střední škole, kdy jsem se stal členem Českého červeného kříže. Stále přede mnou však stála těžká otázka, na co se zaměřit a jak to spojit dohromady. Nakonec jsem se rozhodl pro lidské smysly.

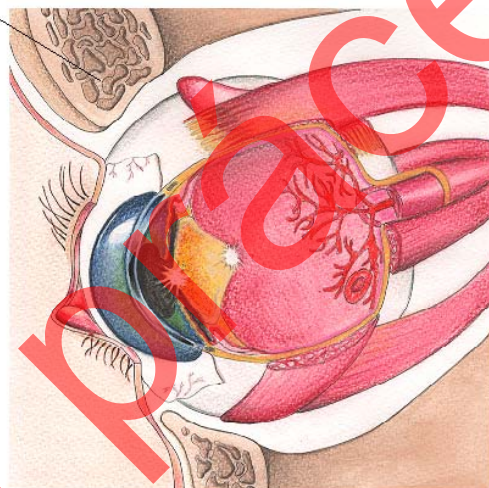
Prostřednictvím smyslů totiž vnímáme své okolí. Pět samostatných smyslových systémů reaguje na různé podněty: oči umožňují interpretovat zrakové informace, sluch zprostředkovává zvuk, nos a jazyk reagují na pachy a chutě a smyslové nervy v kůži umožňují cítit fyzický kontakt, změny teploty a bolest. Chceme-li se blíže seznámit s tím, jak naše smysly vlastně fungují, je třeba se především seznámit se základními fyzikálními zákonitostmi. Zrakem vnímáme světlo, jeho intenzitu a barvu, pro pochopení jeho funkce je třeba mít znalosti z optiky. Ucho, po zraku druhý nejdůležitější smysl, umožňuje vnímání zvuků, proto potřebujeme vědět něco o akustice. Čich je stejně jako chuť chemickým smyslem, chceme-li je blíže poznat, měli bychom znát něco o mechanice tekutin a molekulové fyzice. Ze všech lidských smyslů je k poznávání okolního světa pravděpodobně nejlépe vybaven hmat, pro lepší pochopení jeho funkce jsou potřebné mj. znalosti zákonů mechaniky.

Ve své práci jsem se snažil spojit své znalosti z fyziky s poznatky o lidských smyslech a jejich funkci, součástí práce jsou též informace o různých smyslových vadách. Práci doplňují různé praktické pokusy, které pomáhají pochopit funkci smyslových orgánů. Pro zpestření jsou zde uvedeny rovněž různé zajímavosti - věděli byste například, o který z pěti smyslů během umírání přijdeme nejdříve?

Fyzika smyslů

1. část - Zrak

(aneb lidské oko z pohledu fyziky)



Zrak

Abychom se mohli podrobněji zabývat zrakem, jedním z pěti smyslových orgánů, musíme nejdříve vědět něco o světle a jeho fyzikálních vlastnostech.

Optika

Vlastnosti záření

V 19. století vytvořil J. C. Maxwell teorii elektromagnetického pole, z níž vyplývá, že elektromagnetické záření (tedy i světlo) je elektromagnetické vlnění, které je tvořeno elektrickým a magnetickým polem. Časová změna elektrického pole vyvolává časově proměnné magnetické pole, které v následujícím čase vede ke vzniku časově proměnného elektrického pole atd. Proces se neustále opakuje a vede k šíření elektromagnetického vlnění prostorem od daného zdroje elektromagnetického vlnění – nestacionárního elektrického dipólu. Tyto elektromagnetické vlny se šíří ve vakuu rychlostí o velikosti $c = 299792498 \text{ m.s}^{-1}$



James Clark Maxwell (1831–1879)

Rodák z Edinburgu, absolvent Cambrigské univerzity, od roku 1871 její profesor teoretické fyziky. Matematicky vyjádřil Faradyovy siločáry, matematicky odvodil, že existují elektromagnetické vlny, které se šíří rychlostí světla, vypočítal velmi přesně rychlost světla.

Poměr rychlosti světla ve vakuu c a rychlosti v jiném prostředí v se nazývá index lomu prostředí. Ten je závislý na vlnové délce světelného vlnění λ :

$$n_{\lambda} = \frac{c}{v_{\lambda}}$$

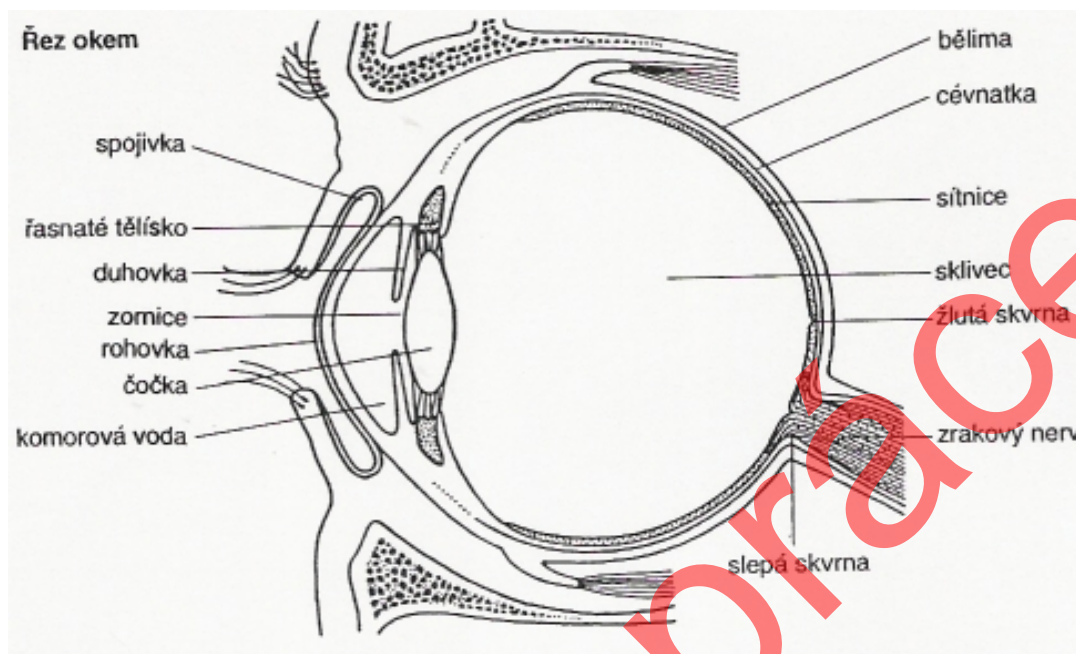
Ze světelného zdroje se světlo šíří jako vlnění, které má ve vakuu vlnovou délku:

$$\lambda = \frac{c}{f}, [\lambda] = \text{m},$$

kde $[f] = \text{Hz}$ je frekvence světelného vlnění.

Lidské oko

Stavba lidského oka



Obr. 7 – Příčný řez okem

Zrakové ústrojí tvoří **párový orgán - oči** (viz obr. 7). Oko je velmi složitý orgán, který umožňuje vnímání světla, barev a usnadňuje orientaci v prostoru okolního prostředí. Je měkce uloženo v tukovém vazivu a dobře chráněno kostěnou očníci. Ochranu zepředu zabezpečují víčka a slzný aparát, který oko zvlhčuje a smývá z jeho povrchu nečistoty. Spojení mezi okem a víčky zajišťuje slabá blanka - spojivka. Pohyby oka obstarává šest okohybných svalů. Okohybné svaly, víčka, spojivky a slzný aparát se souhrnně nazývají **přídavné orgány oka**. Oko má téměř tvar koule a jeho celková optická mohutnost je přibližně +60D. Jeho délka bývá 24,3 - 26 mm (nejčastěji 25 mm), výška 23,6 mm a šířka 23,7 mm. Tento tvar udržuje kulovité pouzdro z pevného vaziva. Nitrooční tlak se u zdravého oka pohybuje pod hodnotou 22 torru (cca 2,9 kPa). Stěnu oční koule tvoří tři vrstvy:

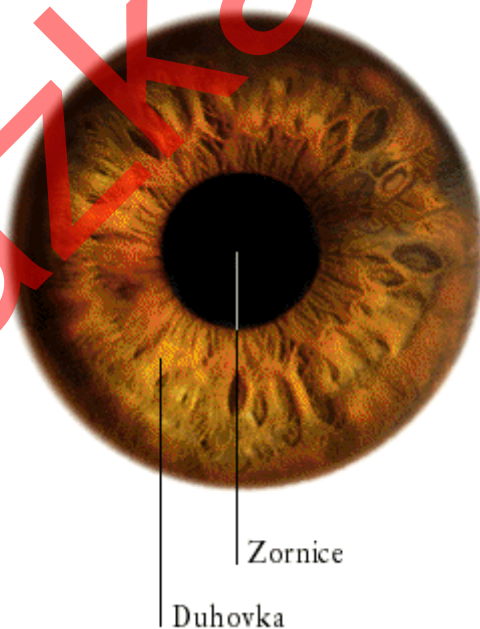
❖ Vnější vrstva (*tunica fibrosa*)

Tvoří ji **bělma** (*skléra*) která kryje téměř 80 % povrchu oční koule. Skládá se z hustého vaziva, jehož pruhy se ve všech směrech proplétají. Vzhledem připomíná šlachy a je mléčně bílá. Tvoří pevný obal zrakového čidla a je to jedna z nejpevnějších struktur lidského těla. Na přední straně je do bělimy zasazena na způsob hodinového sklíčka **rohovka** (*cornea*), která zaujímá zbylých 20 % povrchu oční koule. Je zcela bezcévná a absolutně průhledná. Má přibližně kulovitý tvar. Soustřeďuje dopadající paprsky světla a směřuje je do centra oka. Má velmi přesné zakřivení, na okrajích se ztenčuje, čímž se zamezuje odchyilkám, které by jinak výsledný obraz zkreslovaly. Rohovka je živou tkání, takže ke svému životu a dobré funkci potřebuje trvalý přísun živin a kyslíku. Ostatní tkáně v těle dostávají živiny a kyslík prostřednictvím krve. V rohovce by však přítomnost cév vadila v průchodu světla, a tak si většinu kyslíku získává sama z okolního vzduchu absorpcí prostřednictvím slz, živiny pak z komorové tekutiny vyplňující prostor za ní. Rohovka patří mezi nejcitlivější části lidského těla. Má index lomu 1,37 a její optická mohutnost je cca +42D. Tato hodnota je konstantní po celou délku života i pro jakékoli zaostření oka.

❖ Střední vrstva (*tunica vaskulosa*)

Střední vrstvu oční koule tvoří **cévnatka** (*choridea*) - vrstva s velkým množstvím krevních cév, které vyživují nejdůležitější část oka – sítnici (viz vnitřní vrstva). Navíc cévnatka obsahuje vrstvu s velkým množstvím tmavého pigmentu – melaninu, který absorbuje nadbytečné množství světla dopadajícího do oka a zajišťuje, že uvnitř oka zůstává tma. To je nezbytné pro vytváření zřetelných obrazů na sítnici oka. Bezprostředně za rohovkou přechází cévnatka v **duhovku** (*iris*). Při pohledu zepředu má duhovka tvar mezikruží, uprostřed něhož se nachází **zornička** neboli panenka. Svalové buňky duhovky jsou uspořádány do dvou systémů, na pohled vypadající jako dětská kresba sluníčka (viz obr. 8). Svěrač zornice - cirkulárně orientované svalové buňky způsobují zúžení zornice. Rozvěrač zornice - radiálně uspořádané svalové buňky způsobují rozšíření zornice. Průměr zorničky určuje množství světla vstupujícího do oka. Je-li světla dostatek, může se otvor v duhovce zmenšit až na 1 mm. Naopak za šera či tmy se otvírá, aby se zachytilo tolik světla, kolik jen lze - až na 8 mm. A to vše přibližně za 0,7 s. Veškerá tato aktivita probíhá zcela automaticky a může ji vyvolat nejen intenzita dopadajícího světla, ale i silné emoce (zlost, strach, láska), nebo některé léky.

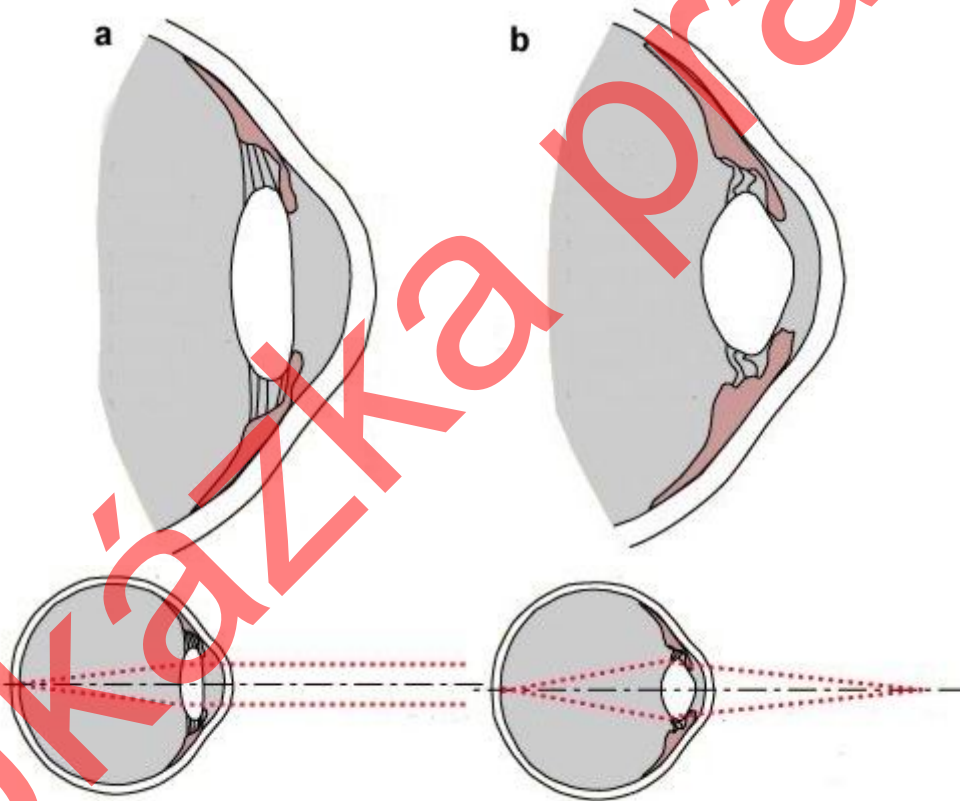
Když se někomu podíváte do očí, první, čeho si všimnete, je jejich barva. Celé spektrum barevnosti očí způsobuje množství melaninu v cévnatce v kombinaci s červenou barvou cév v duhovce. U modrých a zelených očí je melaninu minimálně, u šedých až tmavě hnědých je ve větším objemu. Albíni mají oči červené, protože jim tento pigment zcela chybí a prosvítají cévy cévnatky a duhovky. Barva očí a typ kresby cév a svalových buněk je u každého jedince jiný a využívá se v genetice. Duhovka dělí prostor mezi zadní stěnou rohovky a přední stranou čočky na přední a zadní komoru oční. Komory jsou vyplněny komorovou tekutinou, sestávající se z 98 % vody, z NaCl a stop bílkovin a sacharidů. Svou funkcí se podílí jednak na výživě rohovky a také na lomu světla přicházejícího do oka.



Obr. 8 – Duhovka (*iris*)

Čočka (*lens*) je dobře průhledná s lehce nažloutlým zbarvením a velice pružná. Má čočkovitý tvar, přední stěna má menší zakřivení, zadní větší. U dospělého člověka má průměr 9 - 10 mm, tloušťku 3,7 - 4,4 mm. Ve své pozici ji udržuje 70 - 80 jemných, 2-3 mm dlouhých, dokola rozprostřených vazů **řasnatého tělíska** (*corpus ciliare*) /viz obr. 13/, které je prstenčité a trojúhelníkového průřezu. Tyto vazy ční z jednoho okraje, druhým jsou srostlé

s vnějším okrajem duhovky a třetím jsou připojeny kruhovým ciliárním svaem k cévnatce. Je-li oko v klidu, tj. ciliární sval je uvolněn, způsobuje přirozená elasticita cévnatky a krevní tlak jejích cév posunutí řasnatého tělíska směrem vně oka a mírně dozadu, a tím tah vazů směrem do periferie, tj. čočka se zplošťuje /akomoduje/ (viz obr. 9), klesá její dioptrická mohutnost a dochází k zaostření oka na dálku. Pro člověka to znamená, že vidí ostře¹ vše za hranicí 5-6 m. Naopak při zaostření na blízko je potřeba, aby ciliární sval kontrahoval směrem dovnitř, uvolnil napětí vazů, a tím dovolil čočce, aby se vlastním pružným napětím vyklenula a zvětšila svojí dioptrickou mohutnost. Z výše napsaného vyplývá, že dioptrická mohutnost čočky není konstantní, ale proměnlivá a pohybuje se v rozmezí přibližně 17 - 20 D. Normální oko je schopno dobře zaostřit na předměty, které jsou vzdáleny minimálně 15 - 17 cm. Bližší cíle pak vidí více či méně rozmazaně. Čočka se skládá z několika vrstev, podobně jako cibule. Během života se vytvářejí vrstvy nové a zároveň se ty staré přetváří v tvrdou a nepoddajnou kůru. Ta snižuje flexibilitu čočky a postupně omezuje rozsah její akomodační schopnosti - zvětšuje se minimální vzdálenost, na kterou je oko schopno zaostřit (tzv. nemoc krátkých rukou). K poruchám akomodace oka na blízko může dojít také únavou (např. při čtení). Oko se nemůže unavit pohledem do dálky, protože v tu chvíli není v činnosti žádný akomodační sval (akomodaci do dálky udržuje elasticita cévnatky a krevní tlak v ní).



Obr. 9 – Akomodace oka (a – vzdálený objekt b- blízký objekt)

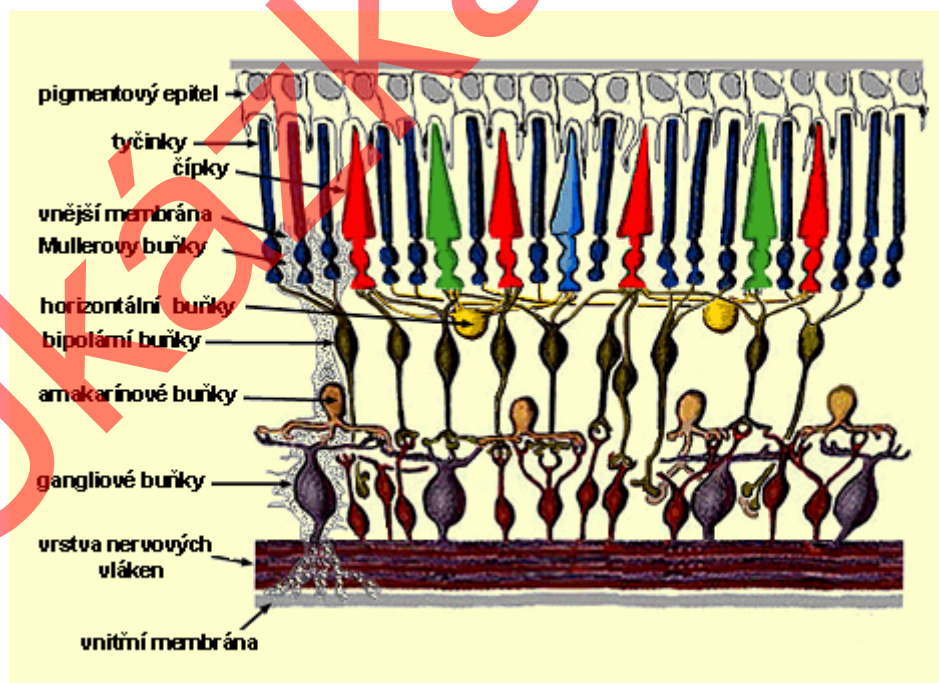
❖ **Vnitřní vrstva (*tunica nervosa*)**

Vnitřní vrstvu oka tvoří **sítnice (retina)** /viz obr. 10 a 11/ - vystýlá celou dutinovou stranu oční koule až k okraji duhovky. Můžeme ji rozdělit na dvě vrstvy. Tu zevní, přiléhající k cévnatce tvoří buňky s pigmentem. Tato vrstva se spolu s pigmentem v cévnatce podílí na černé barvě sítnice a podporuje absorpční funkci cévnatky. Vrstva vnitřní obsahuje vlastní smyslové buňky a neurony, které z nich sbírají informace a odvádějí je prostřednictvím

¹ platí pro zdravé oko

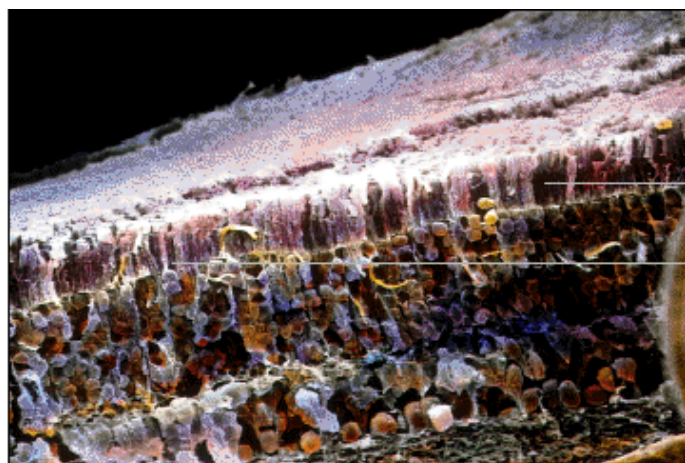
optického nervu do mozku. Smyslové buňky v sítnici se vyskytují ve dvojí podobě - v podobě tyčinek a čípků. Tyčinky jsou dostatečně citlivé, aby reagovaly na dopad jediného fotonu, jako základní jednotky světla. Proto se zapojují do činnosti především za šera a tmy. Dohromady však mohou vytvořit pouze hrubý šedivý obraz. V lidském oku je jich asi 130 milionů. Čípky jsou receptory, které dokáží rozlišovat barvy a jemné detaily. Potřebují k tomu však více světla a pracují proto nejlépe přes den. V lidském oku je jich asi 7 milionů. Čípky a tyčinky jsou na sítnici rozmístěny tak, aby se dosáhlo ve dne i v noci co nejlepší kombinace vidění. Nejvíce čípků je v tzv. žluté skvrně (viz obr. 12), mělké prohloubenině nacházející se na zadní straně sítnice, 5° vpravo od optické osy. Žlutá skvrna je čípky doslova nacpána, proto je místem nejostřejšího vidění. Má průměr 2-3 mm a je zde kolem 100 000 čípků. Průměr čípku zde nepřekračuje 0,0015 - 0,002 mm a každý má svůj neurit, což dále v periferii neplatí.

Z celého zorného pole zaujímá vidění žluté skvrny jen 1,5°. Celé zorné pole má rozsah asi 8° ve vodorovné rovině a 6° v rovině svislé. Směrem od žluté skvrny na všechny strany počet čípků klesá a na okrajích sítnice již lze nalézt prakticky pouze tyčinky. Ty umožňují dobré periferní vidění, ovšem bez příslušných detailů. Pokud chceme vidět detaily, musíme se za objektem zájmu otočit a soustředit se na něj². Průměr čípku v periferii se zvětšuje až na 0,005 mm. Mimo žlutou skvrnu je každý čípek obklopen věncem tyčinek, jejichž počet se vzdáleností od skvrny výrazně stoupá. V těsném sousedství žluté skvrny se nachází místo, kde se spojují nervová vlákna oka. Ta vytvářejí zrakový nerv, který vzápětí vystupuje ven z oční koule. Tomuto místu odpovídá na sítnici slepá skvrna (viz obr. 14). Nejsou zde žádné fotoreceptory, tudíž se zde nevytváří žádný obraz. Za normálních okolností si s tím, že ze slepé skvrny nepřichází žádný obrazový signál, mozek poradí a my žádnou „díru“ v obraze nevidíme. Vnitřní dutinu oční koule vyplňuje **sklivce** - rosolovitá čirá tekutina, která má podobné složení jako komorový mok. (Místo sacharidů obsahuje kyselinu hyaluronovou.) Jeho úkolem je, podobně jako u vzduchu v míči, udržovat pod tlakem oční kouli a zachovávat tím i její kulovitý tvar.



Obr. 10 – Zjednodušené schéma struktury sítnice

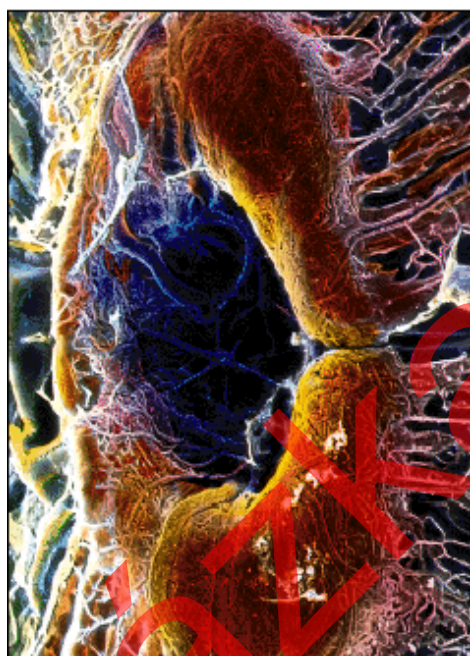
² Muži mají užší periferní vidění než ženy.



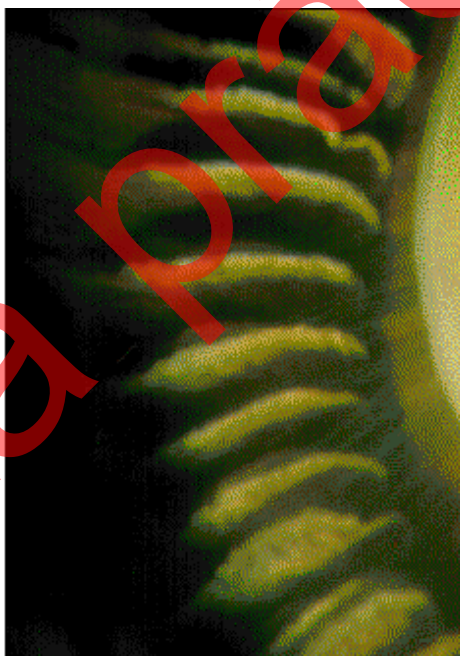
Čípek

Tyčinka

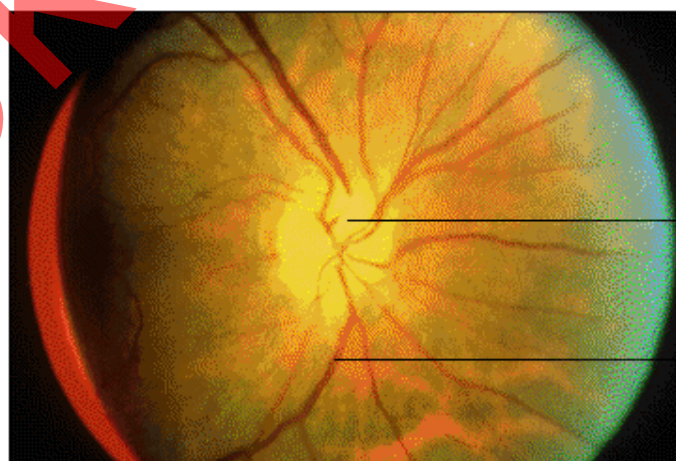
Obr. 11 – Sítnice



Obr. 12 – Žlutá skvrna



Obr. 13 – Řasnaté tělísko



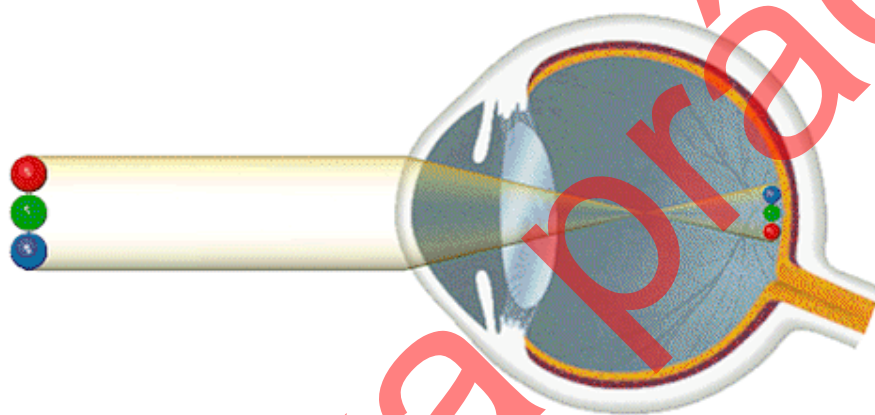
Slepá skvrna

Krevní cévy

Obr. 14 – Slepá skvrna

Vidění

Ted', když už víme, z čeho se oko skládá, tak na něj můžeme aplikovat naše znalosti z optiky (viz obr. 15). Pokud sledujeme určitý objekt, pak světlo odražené či vyzářené tímto objektem dopadá na rohovku našeho oka. Zde nastává první a největší lom světla, neboť kromě čočkovitých vlastností rohovky (myšleno optickou čočku spojkou) je zde ještě rozdíl indexů lomů mezi vzduchem a rohovkou. Lomené světlo je centrováno do středu oka. Dále prochází zornicí k čočce přes komorovou vodu, kde nastává druhý lom světla. Poté se světlo dostává přes čočku, jejíž každá vrstva přispívá k lomu světelného paprsku svým dílem, což dohromady vytváří jemný a stupňovaný efekt. Nakonec se světlo zaostřené za pomoci čočky po průchodu sklivcem promítne na sítnici. Zde končí optická část děje. Na sítnici světlo zaznamenají světločivé buňky a odehraje se přeměna světelné energie na elektrické nervové impulsy, k čemuž dochází chemickým procesem. Vzniklé impulsy se pak za pomoci nervů dostanou do mozku, který je vyhodnotí a my vidíme.

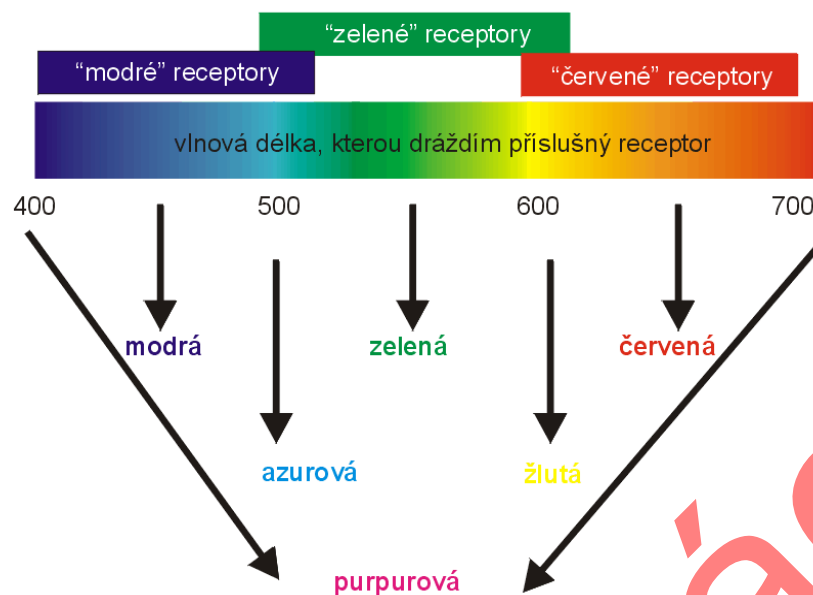


Obr. 15 – Průchod světla okem

Barevné vidění

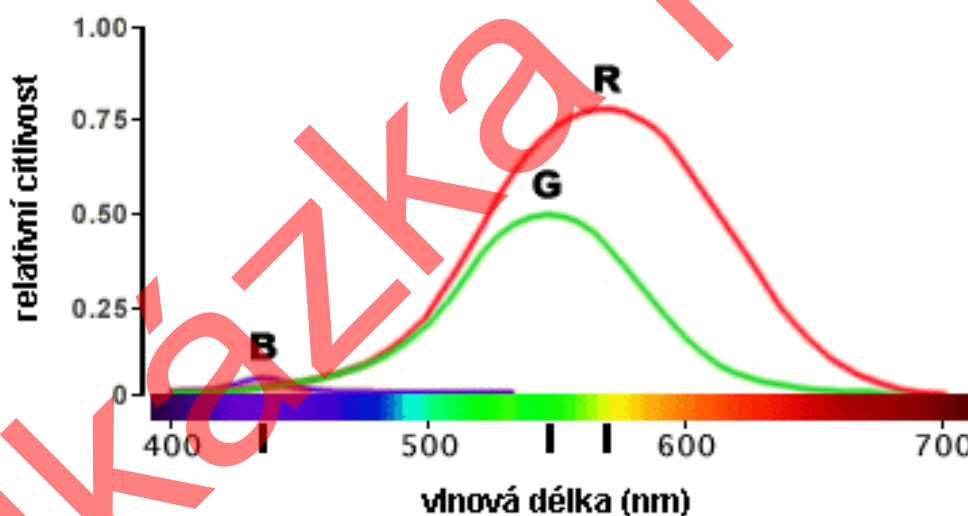
Lidské oko skládá obraz ze tří jednobarevných dílčích obrazů - tzv. výtažků. Toto složení je umožněno tím, že lidské oko obsahuje tři druhy barevných receptorů, které jsou citlivé zhruba v oblastech 400 nm – 500 nm, 500 nm – 600 nm a 600 nm – 700 nm. Bude-li na sítnici dopadat záření s vlnovou délkou 450 nm, bude podrážděn první typ receptorů a budeme mít vjem modré barvy. Záření o vlnové délce 550 nm podráždí druhý typ receptorů a způsobí vjem zelené barvy. Záření o vlnové délce 650 nm podráždí třetí typ receptorů a získáme tak vjem červené barvy.

Další zajímavou vlastností oka je skutečnost, že spektrální citlivosti receptorů se částečně překrývají. Pokud tedy budeme receptory dráždit hraniční vlnovou délkou 500 nm, získáme odezvu jak z modrocitlivých, tak i ze zelenocitlivých receptorů a získáme výsledný vjem azurové barvy. Při dráždění vlnovou délkou 600 nm získáme odezvu ze zelenocitlivých a červenocitlivých receptorů a uvidíme barvu žlutou. Při současném dráždění modrocitlivých a červenocitlivých receptorů získáme vjem purpurové barvy (viz obr. 16).



Obr. 16 – Barevné vjemy způsobené jednotlivými vlnovými délkami

Barevné vidění je především záležitostí čípků, i když existují důkazy, že i tyčinky se na něm mohou za jistých okolností částečně podílet. To, že vidíme barevně, je způsobeno tím, že existují tři druhy iodopsinu – fotoaktivního pigmentu, jenž čípky obsahují. Tyto pigmenty jsou spektrálně selektivní a každý druh je citlivý na jiný rozsah vlnových délek (viz obr. 17).

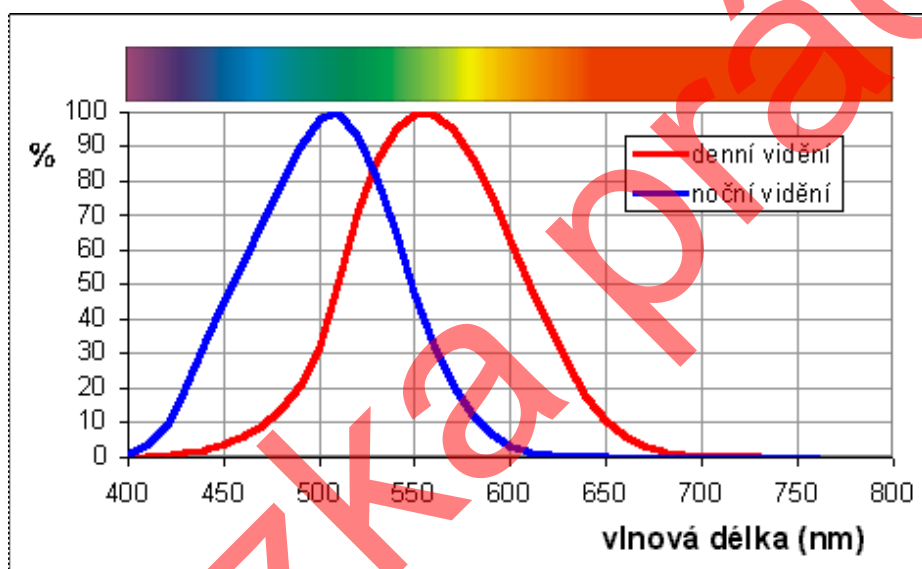


Obr. 17 – Relativní citlivost čípků v závislosti na barvě

Tyčinky se od čípků liší kromě rozdílné fyzické stavby a systému nervových propojení především pigmentem, který obsahují. Pigment obsažený v tyčinkách, rhodopsin, je více či méně citlivý na všechny vlnové délky viditelného spektra. Maximum citlivosti se u něj pohybuje kolem 500 nm. Dopadá-li na sítnici intenzivní světlo, dochází ke kompletnímu vybělení a vidění pak zprostředkovávají pouze čípky (tzv. fotopická oblast vidění) a naopak, dolní práh citlivosti čípků je poměrně vysoký, takže za šera vidíme jen díky tyčinkám (tzv. skotopické vidění). Proto, jak ubývá světla, začínáme hůře vidět barvy, až nakonec za šera nevidíme barvy vůbec. Zajímavý efekt, který vzniká při adaptaci zraku na šero, je tzv. Purkyňův jev (viz obr. 18). S tím, jak ubývá světla, dojde u člověka v jistém okamžiku k znatelnému posunu toho, jak se mu jeví barvy okolních objektů. Zatímco červené objekty se jeví stále méně barevné a tmavší, modré tóny naopak začnou být jasnější. Důvodem je to, že

zatímco kombinovaná spektrální citlivost čípků má maximum kolem 550 nm, tak maximum citlivosti tyčinek se nachází v okolí 500 nm, a proto s tím, jak čípky přestávají stačit a na vidění se postupně stále více podílejí tyčinky, se citlivost oka postupně posunuje směrem ke kratším vlnovým délkám, tj. relativní citlivost na modré světlo roste, zatímco na červené klesá.

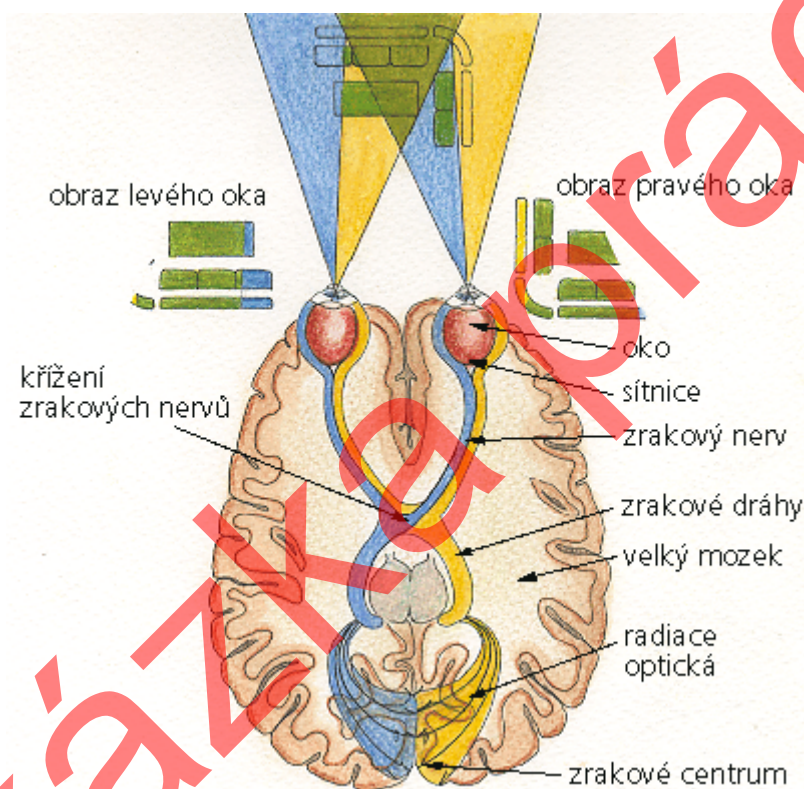
Tyčinek je v sítnici asi 20x více než čípků a jsou propojené ve větších skupinách. To zvyšuje citlivost zrakového vnímání při velmi nízkých hladinách světla, nicméně dochází k tomu na úkor prostorového rozlišení. Za tmy vidíme daleko méně ostře, a proto také nejsme při nedostatku světla schopni číst. Dalším rysem zvyšující se citlivosti tyčinek je delší časová integrace dopadajícího světla. I když naše oko neobsahuje závěrku, tak nicméně fotoreceptory oka i tak mají svůj jistý „expoziční čas“. Má to za následek např. to, že velmi rychlé blikání se nám slévá (díky tomu může existovat např. film a televize). Při vyšších hladinách osvětlení, kdy vidění zprostředkovávají hlavně čípky, jsme schopni rozlišit změny i 10x rychlejší, než když je náš zrak adaptovaný na tmu.



Obr. 18 – Purkyňův jev

Zpracování obrazu

Zachycení obrazu na sítnici a jeho převedení na nervové signály je pouze jednou z částí procesu vidění. Abychom skutečně něco viděli, musí převzít iniciativu mozek a všechny tyto signály zpracovat. Neurony z jednotlivých receptorů se spojují ve zrakový nerv, který odvádí informaci do mozku. Zrakový nerv je rozdělen na dvě poloviny - jedna vede vjemy z vnitřní poloviny sítnice, druhá z vnější. A to u obou očí. Zrakové nervy, vedoucí vjemy z vnitřních stran sítnic, se po chvíli kříží a směřují k opačným mozkovým hemisférám. Výsledkem toho je, že pravá hemisféra dostává signály z levých zorných polí obou očí, levá z pravých (viz obr. 19). Mозek tento obraz zpracuje tak, že ho spojí dohromady, poté ho převrátí a ještě postupně rozliší detaily. Toto křížení částí očních nervů také napomáhá výslednému trojrozměrnému vidění.



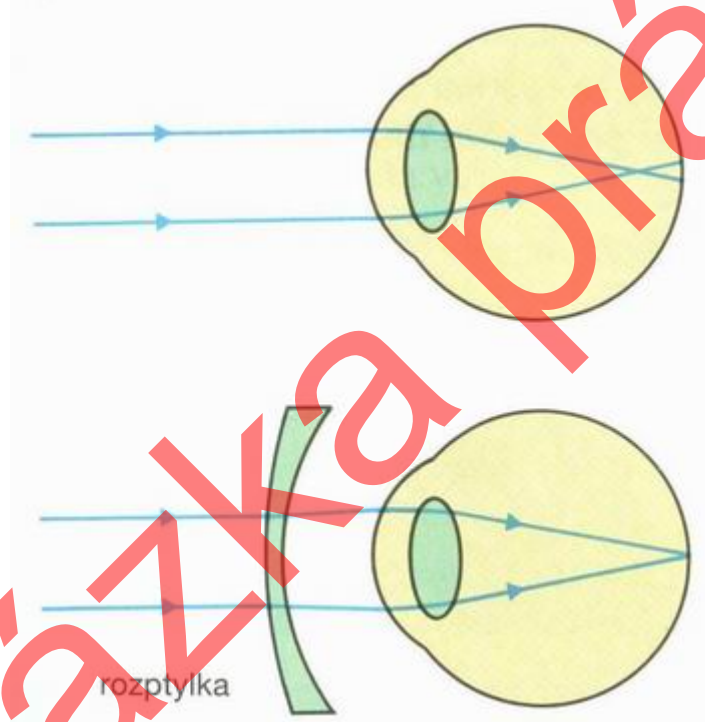
Obr. 19 – Schéma vidění

Vady oka

Naše oči mohou mít řadu vad. Některé bývají jenom malé a při vidění nevadí, jiné se musí korigovat brýlemi a některé mohou vést až k oslepnutí. Nejběžnějšími vadami jsou krátkozrakost a dalekozrakost (ametropie).

Myopie (krátkozrakost)

je nejčastější oční dioptrickou vadou, která postihuje až 30 % obyvatel. U krátkozrakého (myopického) oka se obraz vzdálených předmětů vytvoří už před sítnicí. Blízké předměty se zobrazují na sítnici ostře, proto mohou krátkozrací lidé běžně číst a psát i bez brýlí. Krátkozraké oko má buď čočku s velkou lámavostí, nebo je oční koule příliš dlouhá. Krátkozrakost se odstraňuje vhodnou rozptylkou, která rozšíří svazek paprsků tak, aby se sbíhaly na sítnici a vytvořily na ní ostrý obraz vzdálených předmětů (viz obr. 20).



Obr. 20 – Krátkozrakost (myopie)

Výpočet počtu dioptrií:

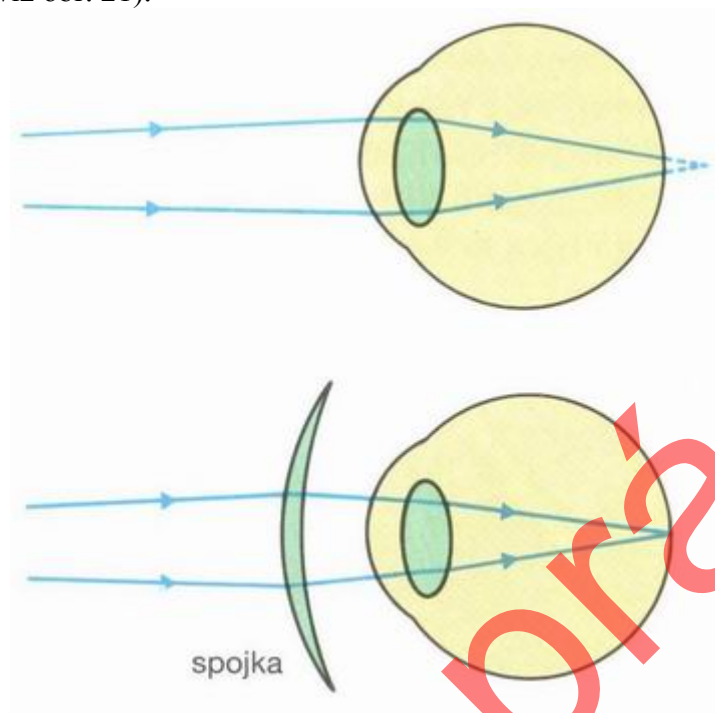
$$\frac{-1}{a} = \varphi_B ,$$

kde a je maximální vzdálenost, na kterou je oko schopné zaostřit v metrech a φ_B je počet dioptrií, toto číslo je záporné, neboť se jedná o rozptylnou čočku.

Hypermetropie (dalekozrakost)

postihuje asi 10 % obyvatel. Když oko vytváří obraz blízkých předmětů až za sítnicí, jedná se o dalekozrakost (hypermetropii). Dalekozrací lidé proto při čtení bez brýlí umísťují text co nejdále od oka. Dalekozraké oko má buď čočku s malou lámavostí, nebo je oční koule příliš krátká. Ve stáří se i původně zdravé oko stává dalekozrakým. Oční svaly ochabnou a

ztrácejí schopnost dostatečně zakřivit oční čočku. Dalekozrakost se odstraňuje vhodnou spojkou, která zajistí, aby se paprsky z blízkých předmětů sbíhaly přesně na sítnici a vytvořily na ní ostrý obraz (viz obr. 21).



Obr. 21 – Dalekozrakost (*hypermetropie*)

Výpočet počtu dioptrií:

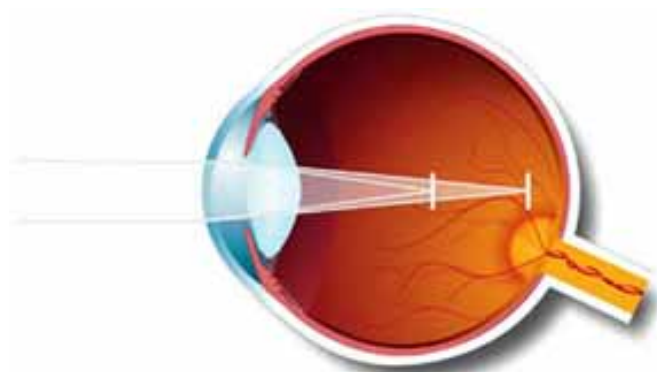
$$\frac{1}{0,2} - \frac{1}{a} = \varphi_B,$$

kde a je minimální vzdálenost, na kterou je oko schopné zaostřit v metrech a φ_B je počet dioptrií. Toto číslo je kladné, neboť se jedná o spojnou čočku. (Číslo 0,2 je průměr, neboť někteří, zvláště mladší lidé, jsou schopni zaostřit i na vzdálenost kratší než 0,2 m.)

Astigmatismus

je neschopnost vidět ostře na jakoukoli vzdálenost pro nepravidelný tvar oční rohovky. Rohovka nemá pravidelný polokulovitý tvar, ale je v některých osách zploštělá nebo naopak více zakřivená. Část světelných paprsků se tak sbíhá mimo místo nejostřejšího vidění a na sítnici dopadá rozostřený, zamlžený a deformovaný obraz (viz obr. 22). Astigmatismus se může vyskytovat izolovaně nebo v kombinaci s krátkozrakostí či dalekozrakostí.

Tato vada se obvykle napravuje cylindrickými brýlovými skly (cylindrické sklo lomí paprsky jen v jedné rovině) a jen obtížně kontaktními čočkami.



Obr. 22 – Astigmatické oko

Kontaktní čočky:

Zásluhou jednoho z nejvýznamnějších československých vědců 20. století, akademika Wichterleho, byl vynalezen hydrofilní gel, který je v neutrální formě oční rohovkou dobře snášen. Tento objev umožnil pokrok v rozvoji kontaktních čoček, které mohou nahradit brýle u běžných ametropií.

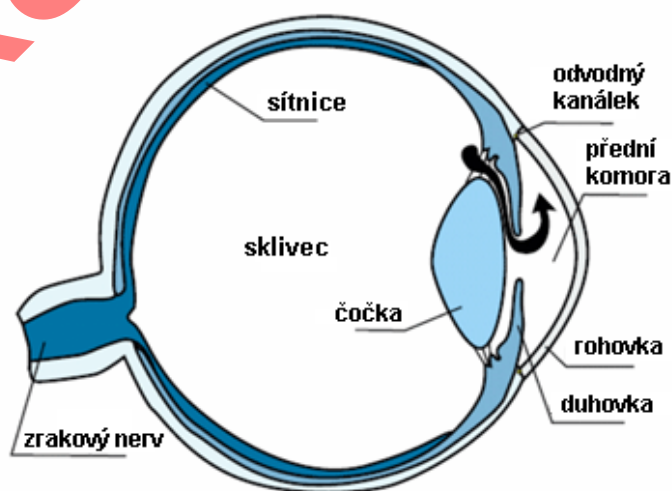
Otto Wichterle (1913 – 1998)



V roce 1935 absolvoval Vysokou školu chemickotechnologického inženýrství a v roce 1936 dosáhl doktorátu technických věd. Od roku 1952 se zde zabýval syntézou síťovaných hydrofilních gelů, které vodou bobtnají, s cílem najít vhodný materiál pro oční implantáty. V roce 1958 byl jmenován ředitelem vzniklého Ústavu makromolekulární chemie Československé akademie věd. V roce 1990 byl profesor Otto Wichterle, člen mezinárodních společností, držitel řady zahraničních cen a čestný doktor zahraničních univerzit, zvolen předsedou Československé akademie věd a tuto funkci vykonával až do rozdělení Československa v roce 1993. V roce 1993 byla jedna z planetek naší sluneční soustavy pojmenována Wichterle.

Zelený zákal (glaukom)

bolestivý tlak očního moku vede k neostřému vidění, při operačním léčení se dnes používá laser. Z mnoha příčin, které se na vzniku glaukomu podílejí, je nejzávažnější vysoký nitrooční tlak a narušené prokrvení sítnice a zřetelného nervu (viz obr. 23).



Obr. 23 – Řez okem se znázorněním směru proudění nitrooční tekutiny

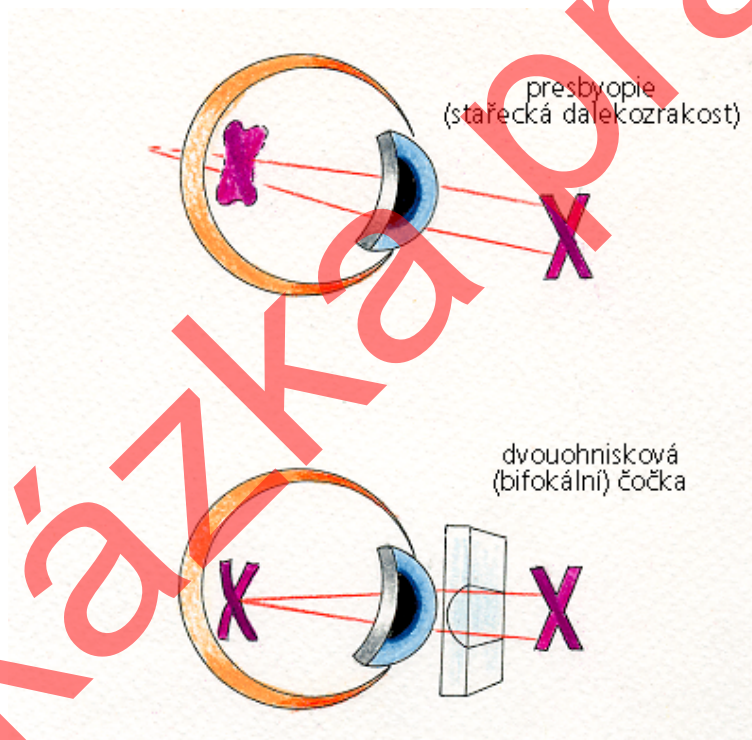
Šedý zákal (*katarakta*)

čočka se zakalí a člověk vidí, jako by se díval přes zamlžené okno. Vidění se zhorší, protože světlo se nedostane na sítnici kvůli vrstvě bílkovin. Nemoc se dnes léčí nahrazením poškozené čočky tenkou umělou čočkou. Po operaci pacienti vidí sice lépe než před ní, ale nejsou schopni přestřevovat mezi vzdáleným a blízkým bodem. Proto se pracuje na vývoji tzv. multifokální čočky, které by fungovaly jako bifokální čočky v brýlích, ale nemají viditelnou rozdělovací linii bifokálních čoček. Multifokální čočky se skládají z pěti soustředných kroužků, které zaostřují na krátkou, na střední nebo dlouhou vzdálenost.

Presbyopie (vetchozrakost)

je s věkem spojená dioptrická vada postihující všechny lidi starší 45 let. Projevuje se obtížemi při čtení na blízko. Čočka uvnitř oka má do 40 až 45 let věku dostatečnou pružnost k tomu, aby účinkem zaostřovacích svalů měnila svůj tvar, a tím i optickou mohutnost podle vzdálenosti pozorovaného předmětu. S věkem pružnosti čočky ubývá a člověk ztrácí schopnost zaostřit na blízko (viz obr. 24).

Tato vada se obvykle řeší předpisem brýlí na čtení nebo technikou monovision, při které kontaktními čočkami či lékařským zákrokem korigujeme jedno oko na dálku a druhé na blízko.



Obr. 24 – Vetchozrakost (presbyopie)

Barvoslepost

porucha vnímání barev (absence jednoho typu čípků); nelze ji léčit, ale většinou nezpůsobuje vážnější problémy. Zvláštní je, že mohou chybět jen čípkové citlivé na červené nebo zelené světlo, nikdy však nechybí čípkové citlivé na světlo modré. Tato vada se vyskytuje spíše u mužů než u žen.³ Jak vnímá barvy barvoslepé oko vidíme na obrázku 25.

³ Podle statistik je barvoslepý jeden muž z dvanácti, ale jen jedna žena ze dvou set.

Viděné barvy	NORMÁLNÍ OKO	BARVOSLEPÉ OKO	
		na červenou barvu	na zelenou barvu
	červená	špinavě zelená	žlutočervená
	oranžová	žlutá	žlutá
	žlutá	světle žlutá	žlutá
	žlutozelená	šedožlutá až bílá	žlutá
	zelená	šedá	šedožlutá až bílá
	modrá	světle modrá	světle modrá
	fialová	modrá	modrá

Obr. 25 – Vnímání základních barev spektra normálním a barvoslepým okem

Achromatopsie

je řídká genetická vada, která postihuje sítnici. Člověk, který jí trpí, nevidí za denního světla a někdy ani za ostrého umělého osvětlení a vůbec nerozezná barvy. Žije v černobílém světě. Při normální barvosleposti lidé nedokáží rozeznat pouze některé barvy jako je červená a zelená, ale lidé trpící achromatopsií nevidí barvy vůbec. Vidí pouze odstíny šedé. V dětství se jim spolužáci často posmívají, protože se zdá, že nadměrně mrkají.

Aby vůbec viděli, musí lidé postižení touto chorobou nosit neustále tmavé brýle (venku i v místnosti, během dne a někdy i večer). V pubertě je proto dospělí často podezírají, že berou drogy – „Proč by jinak někdo nosil tmavé brýle večer?“

Barevná vada

paprsky různých barev se nesbíhají všechny v jednom bodě. Tato vada obvykle uniká pozornosti, protože citlivost sítnice je pro barvy z okraje spektra mnohem menší než pro světlo žlutozelené

Otvorová vada

projevuje se zejména při pozorování jasně svítících bodů: jasná plocha se zdá větší než stejná plocha méně osvětlená.

Zajímavosti aneb co možná o oku nevíte

- **Může pevně utažená kravata poškodit zrak?**
 - Ano, v jedné studii zahrnující 94 úředníků bylo zjištěno, že 67 % z nich má vady zraku způsobené těsnou kravatou. Příliš utažená kravata brání průtoku krve do očí. A dle některých vědců může mít špatný vliv i na krevní tlak, který může poškodit zrak.
- **Je možné mít jedno oko hnědé a druhé modré?**
 - Ano, je to možné. A také celkem časté, vyskytuje se u jednoho člověka z pěti set. Tento stav se nazývá heterochromia iridis a nejsou s ním spojeny žádné další zdravotní problémy.
- **Proč oči nemrznou?**

Každý jistě viděl filmy o horolezcích vystupujících na Mount Everest či cestovatelích vracejících se z polárních oblastí s ledovými rampouchy u nosu. Proč v takových podmínkách nezamrznou i oči?

- Většina oka je chráněna v oční jamce před chladem i teplem a ačkoli je pravda, že oční bulva je naplněna dvěma roztoky obsahujícími vodu, které by měly v extrémně nízkých podmínkách zmrznout, tyto roztoky mají vysoký obsah chemických látek, které nemrzou (sodík, draslík a chlor). Takže oči jsou v naprostém bezpečí.

- **Kdo první nosil brýle?**

- Podle historických pramenů byl jedním z prvních, kdo nosil brýle, římský císař Nero. Používal zakřivený kus smaragdu, aby se mohl kochat podívanou na gladiátory bojující v cirku. Dále pak římský spisovatel a filozof Seneka, který četl knihy skrze sklenici s vodou. Ta mu zvětšovala písmena a fungovala tudíž jako čočka. Pravděpodobně nejstarší brýle v Evropě byly vyrobeny v italských Benátkách roku 1280 pro úpravu dalekozrakosti tehdejší smetánky, neboť až do počátku 16. století byly brýle nesmírně drahé a není proto divu, že se jimi lidé na starých portrétech často pyšní.

- **Jak rychle oko mrká?**

- Mrknutí je složitá fyziologická a psychická reakce a existují rozdíly mezi jednotlivými lidmi. Podle výzkumu Státní univerzity ve Stony Brooku trvá lidské mrknutí asi 50 až 75 milisekund. Člověk ročně mrkne cca 7 884 300krát. Při mluvení mrkne člověk asi patnáctkrát za minutu, při čtení asi jenom šestkrát. Čím víc se člověk soustředí, tím méně často mrkne.

- **O který z pěti smyslů během umírání přijdeme nejdříve?**

- Když člověk umírá, nejdříve přijde o zrak, nejdéle mu zůstává sluch.

- **Konstrukční vada oka**

Oko obratlovců má jednu závažnou konstrukční vadu. Vrstva světločivných buněk sítnice, čípků a tyčinek, leží pod vrstvou nervových buněk, které snímají signál zachycený sítnicí.

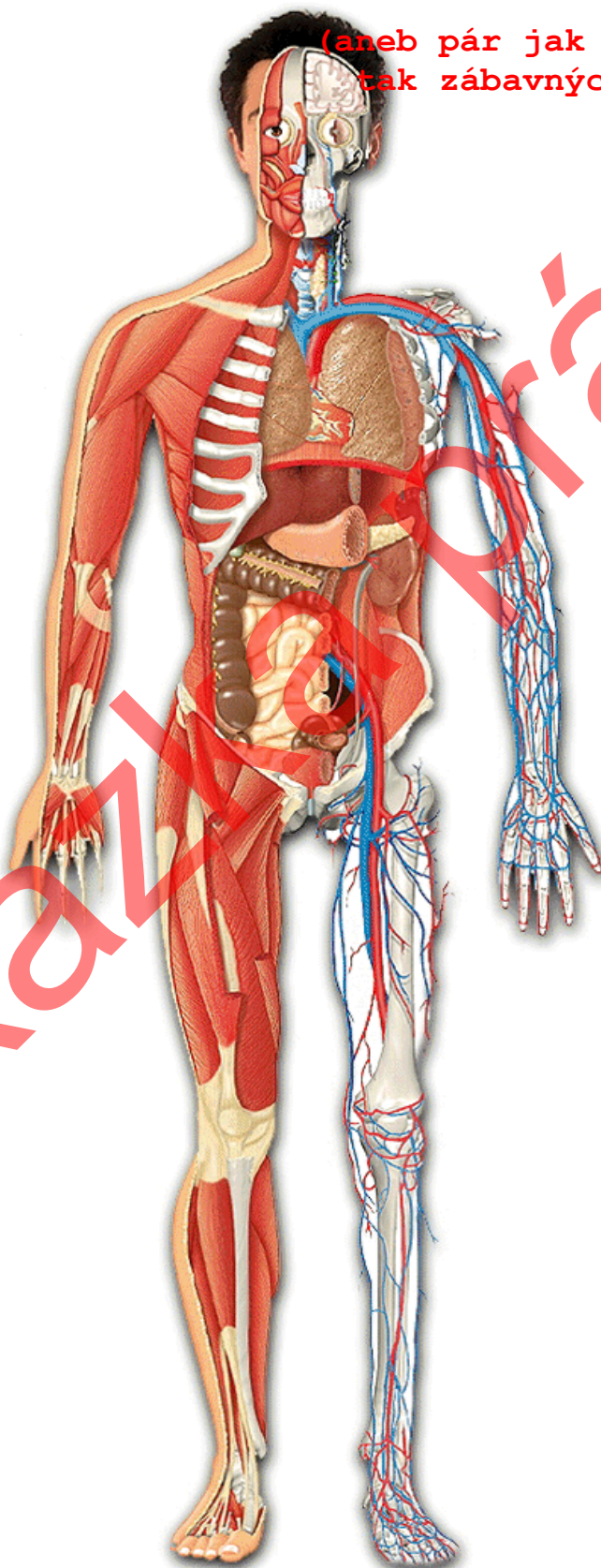
Světlo tedy nejprve prochází nervovými buňkami, které jsou k světlu necitlivé, a teprve přes ně se prodere k buňkám, jež jsou určeny k jeho zachycení. Je zajímavé, že oko hlavonožců takovým konstrukčním problémem netrpí. U něj přicházejícímu světlu leží jako první v cestě světločivné buňky a za nimi jsou pak uloženy nervové buňky odvádějící signál zachyceného světla do mozkových uzlin.

- Žádné dvě oči nejsou úplně stejné.
- Vzdálenost mezi očima se rovná šířce jednoho oka.
- Oči jsou po celý život přibližně stejně velké jako v šesti letech.
- Sítnice oka potřebují kyslík, aby člověk lépe viděl, neměl by zadržovat dech, když se dívá dalekohledem, ale dýchat zhluboka.
- Zřítelnice oka se rozšíří, když se na někoho díváme s láskou. (Ale tento jev nelze spolehlivě využívat, abychom si vyzkoušeli náklonnost svého společníka. Oči se také rozšíří, když se na někoho díváme s nenávistí.)
- Lidské oko dokáže rozlišit přibližně pět set různých odstínů šedé.
- Slepí lidé ve snech nevidí, když mají sny, vnímají život stejně jako když jsou vzhůru.
- Starším lidem šediví nejen vlasy, ale i oči.

Fyzika smyslů

5. část - Praktická část

(aneb pár jak zajímavých,
tak zábavných pokusů)



Pokusy

Sluch

Vyrovňávání tlaku mezi uchem a okolím (viz strana 44 Eustachova trubice)

Potřeby: *nic*

Postup: *Stiskneme kořen nosu a snažíme se vyfouknout vzduch zacpaným nosem. Všimáme si zalehnutí uší. Po puštění kořene nosu se tlak v uchu opět srovná s okolním tlakem.*

Vysvětlení: *Vzduch, který se snažíme vyfouknout se skrz Eustachovu trubici dostane do středního ucha, a tím omezí přenos zvuku do ucha. Tohoto využívají třeba potápěči pokud si pod vodní hladinou potřebují srovnat tlak v uších.*

Vyšetření sluchu (viz strana 50 vyšetření sluchu)

Potřeby: *ladička (nejlépe s nízkými tóny), stopky*

Postup:

Weberova zkouška:

Rozkmitanou ladičku patkou přiložíme na temeno hlavy ve střední čáře. A zeptáme se pokusné osoby, zda mu zní ladička v obou uších stejně, či ve kterém mu zní zřetelněji.

U zdravého člověka zní tato ladička v obou uších stejně. Je-li sluch jednostranně poškozen, je ladička zřetelněji slyšet v jednom uchu. Říkáme, že zvuk se lateralizuje, a to při převodní poruše na stranu nemocnou, při percepční poruše na stranu zdravou.

Rinneho zkouška:

Při této zkoušce zjišťujeme rozdíl vedení zvuku vzdušnou a kostní cestou. Rozezvučenou ladičku přiložíme na processus mastoideus (kost za uchem). V okamžiku, kdy pokusná osoba (vyšetřovaný) přestane ladičku slyšet, přeneseme ji pře zvukovod tak, aby se ladička nedotýkala boltce a vlasů. Zjišťujeme čas, o kolik je delší slyšení vzduchem než kostí. Normální ucho slyší ladičku před zvukovodem 2x tak dlouho, než trvá vnímání téhož zvuku kostním vedením.

Tento poměr zůstává i při percepční poruše. U převodní poruchy trvá déle vnímání zvuku kostním vedením než vzduchem. V takovém případě je potřeba postup zkoušky obrátit, tj. napřed nechat ladičku vyznít před zvukovodem a potom ji přiložit na processus mastoideus.

Schwabachova zkouška:

Rozezvučenou ladičku přiložíme na processus mastoideus. Na stopkách se pak změříme, za jak dlouho ji vyšetřovaná osoba přestane slyšet. Získaný časový údaj pak porovnáme s dobou, změřenou na kontrolním zdravém uchu (např. našem).

Při převodní poruše je doba slyšení delší než norma, při percepční poruše je kratší.

Pozn.: převodní poruchu můžeme simulovat ucpáním zvukovodu vatou.

Vnímání zvuku různých frekvencí

Potřeby: *CD se zvukem o různých frekvencích, či tónový generátor*

Postup: *Pouštíme tóny různých frekvencí a všimáme si, které tóny slyšíme a které ne. Tímto způsobem můžeme zjistit, na jakém rozsahu frekvencí funguje naše ucho. Měření může být ještě zajímavější, když u každého tónu budeme vždy pomalu zvyšovat hlasitost, a tudíž zjišťovat při jaké hlasitosti už slyšíme jaký tón.*

Hmat

Citlivost na dotyk

- **Pokus, jenž nám pomůže zjistit, která místa jsou na dotyk více citlivá a která méně:**

Potřeby: tenká vlákna různých materiálů, délek a tloušťek upevněná jedním koncem na držadle

Postup: Vlákna se dotýkáme kůže na různých místech a zjišťujeme, která místa jsou citlivější a která naopak méně citlivá.

Vysvětlení: To, která část kůže je více citlivá, je dané větším množstvím dotykových receptorů v ní umístěných. Místa s největším množstvím těchto receptorů jsou špička jazyka, bříška prstů a dlaň, naopak nejméně jich je na stehnech a zádech mezi lopatkami.

Kdy „cítíme“, že se hmotnost zdvojnásobila

Potřeby: Dvě závaží, která mají stejný objem (jsou na pohled stejná), jedno má však hmotnost přesně dvojnásobnou k druhému; šátek

Postup: Pokusné osobě zavážeme oči a podáme jí první (lehčí) závaží, aby si jej potěžkal. Pak jí podáme druhé (těžší) závaží a zeptáme se jí, o kolik je těžší. Pokusná osoba není schopná poznat, že závaží má dvojnásobnou hmotnost, pouze že druhé závaží je těžší než první.

Vysvětlení: Důvodem je že i hmat se, stejně jako čich, adaptuje.

Čich

Pomáhá nos při určování chutí

- **Pokus, jenž nám pomůže zjistit, jak pomáhá čich u zjišťování chutí:**

Potřeby: plátky cibule, ředkvičky, brambory, jablka atd., nosní tlačka, šátek

Postup: Pokusné osobě ucpeme nos, zavážeme oči a pak ji klademe na jazyk v různém pořadí plátky cibule, jablka atd. A ptáme se, jak ona věc chutná?

Vysvětlení: Proč nepokusná osoba u některých vzorků zcela zmýlí, se můžete dočíst na straně 73 v kapitole vady chuti.

Adaptace čichu

- **Pokus, který dokáže že se nos při dlouhém působení jedné „vůně“ snadno adaptuje:**

Potřeby: aromatická látka (např. voňavka)

Postup: Po místnosti rozptýlíme danou aromatickou látku a všimáme si, že po určité době my danou vůni necítíme, ale čerstvě přichází ji cítí.

Chuť

Vnímání chutí na jazyku

- **Pokus, jenž nám pomůže zjistit, které části jazyka vnímají jaké chutě:**

Potřeby: roztoky 2 % chininu, 10 % cukru, 1 % kuchyňské soli a 1 % kyseliny citrónové, filtrační papírky

Postup: Na vyplazený oschlý jazyk pokusné osoby klademe na různá místa filtrační papírky napuštěné v roztocích viz pomůcky. Pokusná osoba nesmí vědět, jakým roztokem je papírek napuštěn. Rozložení chutí si zakreslíme do obrázku. Ono rozložení by mělo být podobné jako na obr. 8 v kapitole Chuť.

